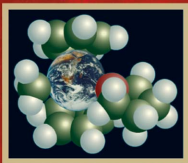


Χημεία

I. Άτομα & Μόρια



Κωνσταντίνος Α. Τσίπης

Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα
ή-και τη σφραγίδα του εκδότη

© Copyright 1996, Κ. Τσίπης

*Απαγορεύεται η με κάθε τρόπο αντιγραφή ή αναπαραγωγή μέρους
ή ολου του βιβλίου χωρίς την έγγραφη άδεια του συγγραφέα και του εκδότη.*



**Φωτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση**

Βιβλιοπωλείο

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

Σόλωνος 79-81 ● ☎ (031) 825.453, 849.178
Θεσσαλονίκη 542 48 ● Fax (031) 825.453, 849.178

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Αρμενοπούλου 27 ● ☎ (031) 203.720
Θεσσαλονίκη 546 35 ● Fax (031) 211.305

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό με τίτλο **«Ατομα και Μόρια»** αποτελεί τον πρώτο τόμο μιας σειράς μαθημάτων που αναφέρονται στην επιστήμη της Χημείας, έτσι όπως αυτά θα πρέπει να διαμορφώνονται με βάση τις σύγχρονες τάσεις παρουσίασης στο κοινό, του πορτραίτου της πολύ σημαντικής αυτής επιστήμης για τη ζωή μας.

Η πολυετής ενασχόλησή μου με τη διδασκαλία, αλλά και την έρευνα ποικίλων πεδίων της επιστήμης της Χημείας, μου επιτρέπουν να καταθέσω τις δικές μου απόψεις και αντιλήψεις, καθώς και την αγωνία μου ως προς τον τρόπο με τον οποίο η σύγχρονη επιστήμη της Χημείας πρέπει να παρουσιάζεται και να γίνεται κτήμα του κάθε ανθρώπου της σύγχρονης κοινωνίας μας. Κι' αυτό, γιατί πιστεύω ότι κάθε σύγχρονος άνθρωπος πρέπει να μάθει να μιλάει με άνεση και τη γλώσσα της Χημείας, αφού η Χημεία επηρεάζει τη ζωή όλων μας κατά πολλούς τρόπους. Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ευχαρίστηση που νοιώθουμε κοιτάζοντας τον κόσμο γύρω μας γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όταν το «μάτι» του μυαλού μας μπορεί να διαπεράσει την επιφάνεια των υλικών και να «δει» την εσωτερική τους δομή.

Στο μαθητή, αλλά και σε οποιονδήποτε άνθρωπο που ασχολείται ή όχι με την επιστήμη, η Χημεία φαίνεται σαν μια πολύ δύσκολη και δυσνόητη επιστήμη, σαν μια ξένη γλώσσα θα έλεγα, που δεν επιτρέπει την εύκολη επικοινωνία, ώστε να αποκαλυφθεί και εκτιμηθεί η σημασία και η προσφορά της στην ανθρωπότητα. Ας μου επιτραπεί, όμως, να παραθέσω αυτούσια μια φράση ενός μεγάλου σύγχρονου χημικού που τιμήθηκε με δύο βραβεία Nobel, το βραβείο Nobel Χημείας το 1954 και το βραβείο Nobel Ειρήνης το 1963, του Linus Pauling που είπε ότι «*κάθε τι στο σημερινό μας κόσμο-ακόμη και η πολιτική και οι διεθνείς σχέσεις-επηρεάζονται από τη Χημεία*». Αυτό, λοιπόν, δείχνει ξεκάθαρα την αναγκαιότητα του καθενός μας ν' αποκτήσει κάποιες στοιχειώδεις γνώσεις Χημείας.

Γνωρίζοντας πολύ καλά τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των εννοιών της Χημείας, εννοιών που σχετίζονται άμεσα με τις κύριες φυσικές δυνάμεις που ελέγχουν τη ζωή μας και τη φύση του υλικού μας κόσμου,

θα προσπαθήσω με το βιβλίο αυτό να δώσω τον καλύτερο δυνατό οδηγό για ένα ευχάριστο ταξίδι στον άγνωστο χώρο της Χημείας, που θα μας επιτρέψει να μάθουμε τη γλώσσα του και να γνωρίσουμε τα μυστικά του. Πιστεύω πως και με μια δική σας λογική προσπάθεια θα διαπιστώσετε ότι η Χημεία είναι τόσο ενδιαφέρονσα, όσο και ευχάριστη επιστήμη.

Στο κάθε βήμα της συγγραφής του βιβλίου αυτού, οι σκέψεις μου επηρεαζόταν κύρια από την αγωνία και τη θέλησή μου να δώσω στο μαθητή και στο φοιτητή τόσο έναν καλό οδηγό, όσο και μια πηγή πληροφοριών που θα τους βοηθήσει στην κατανόηση της Χημείας που συμβαίνει γύρω μας, καθώς επίσης και ένα μέσο διευκρίνησης του τρόπου απόκτησης των γνώσεων αυτών, το πώς αυτές χρησιμοποιούνται και πώς αναπτύσσονται οι νέες ιδέες. Μεγάλη προσπάθεια κατέβαλα ώστε ο αναγνώστης να ευχαριστείται το διάβασμα της καθε παραγράφου του βιβλίου αυτού και ακόμη να είναι σε θέση ν' αναπτύξει μόνος του τις απαραίτητες μαθηματικές δεξιότητες καθώς θα σπουδάξει τη Χημεία. Επίσης μεγάλη προσπάθεια κατεβλήθη στο να φανεί πώς και πού η Χημεία παίζει το σημαντικό της ρόλο στη ζωή του καθενός μας, στην οικονομία ή στην κοινωνία, γενικότερα.

Στον πρώτο τόμο της σειράς αυτής των μαθημάτων Χημείας η ύλη που περιλαμβάνεται διαιρείται σε δώδεκα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη γνωριμία με την επιστήμη της Χημείας, μυείται ο αρχάριος αναγνώστης στις αρχές της επιστημονικής έρευνας και παίρνει μια γεύση από το είδος και την ακρίβεια των μετρήσεων που αποτελούν αντικείμενο της επιστήμης αυτής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται διεξοδικά οι έννοιες της ύλης και της ενέργειας, δίνονται οι ιδιότητες, οι καταστάσεις και η σύσταση της ύλης, καθώς και η ποικιλία των μορφών της ενέργειας και η σχέση που υπάρχει ανάμεσά τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσονται μερικές σπουδαίες τεχνικές που χρησιμοποιεί ο Χημικός στο εργαστήριο ή στο εργοστάσιο για το διαχωρισμό μιγμάτων ουσιών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται διεξοδικά οι θεμελιώδεις έννοιες της Χημείας που είναι τα άτομα και τα μόρια, τα τόσο μικρά αυτά σωματίδια από τα οποία δομείται ο κόσμος όλος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη προσπάθεια για την εκμάθηση της γλώσσας της Χημείας.

Στο έκτο κεφάλαιο αρχίζει ο αναγνώστης να παίρνει μια πρώτη γεύση των χημικών υπολογισμών και να γνωρίζει τις τόσο σπουδαίες χημικές μονάδες μέτρησης, που είναι το mole και ο αριθμός του Avogadro.

Στο έβδομο κεφάλαιο το «μάτι» του μυαλού του αναγνώστη εισδύει στο εσωτερικό του μικρόκοσμου των ατόμων και ανιχνεύει την εσωτερική τους δομή.

Στο όγδοο κεφάλαιο ο αναγνώστης θα γνωρίσει την πλέον σύγχρονη θεωρία για την κατανόηση της δομής των ατόμων και μορίων, αυτήν της κβαντομηχανικής, με την απλούστερη δυνατή της γλώσσα.

Στο έννατο κεφάλαιο δίνονται τρόποι οργάνωσης της μελέτης της συμπεριφοράς της ύλης με την εισαγωγή και διεξοδική ανάλυση του Περιοδικού Πίνακα των στοιχείων, του τόσο όμορφου αυτού πορτραίτου της Χημείας.

Στο δέκατο κεφάλαιο διαπιστώνει κανείς τη σημασία του Περιοδικού Πίνακα των στοιχείων στη μελέτη της Χημείας, με την παρουσίαση του τρόπου μεταβολής ενός συνόλου ιδιοτήτων των ατόμων σε σχέση με τη θέση τους στον Πίνακα.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια κατανόησης του τρόπου συνδυασμού των ατόμων για το σχηματισμό των χημικών ενώσεων, περιγράφονται τα είδη των χημικών δεσμών, καθώς και άλλοι τύποι αλληλεπιδράσεων που κυριαρχούν στο χώρο της Χημείας και δίνονται ορισμένοι κανόνες της χημικής ονοματολογίας.

Τέλος, στο δωδέκατο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τρισδιάστατη εικόνα της Χημείας με την εισαγωγή των κατάλληλων μοντέλων που καταδεικνύουν την ομορφιά που κυριαρχεί στη Φύση με την απaráμιλλη συμμετρία της.

Υποδείξεις σχετικές με λάθη και τυπογραφικές αβλεψίες, που τυχόν υπάρχουν στο βιβλίο, θα είναι ευπρόσδεκτες.

Θεσσαλονίκη 1996

Κωνσταντίνος Α. Τσίπης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ

1.1.	Η επιστήμη της χημείας	3
1.2.	Η επιστημονική έρευνα	6
1.3.	Ποιοτικές παρατηρήσεις και ποσοτικές μετρήσεις	8
1.4.	Ακρίβεια των μετρήσεων και σημαντικά ψηφία	10
1.5.	Το μετρικό σύστημα των μονάδων	13
1.6.	Τρόπος χειρισμού των μονάδων	16
1.7.	Παρουσίαση αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα με το σύστημα Guggenheim	19
	<i>Προβλήματα</i>	21

2. ΥΛΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1.	Ιδιότητες της ύλης	27
2.2.	Καταστάσεις της ύλης	28
2.3.	Σύσταση της ύλης	31
2.4.	Ενέργεια και οι μορφές της	37
	<i>Προβλήματα</i>	42

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ

3.1.	Εισαγωγή	49
3.2.	Τεχνικές διαχωρισμού των συστατικών ετερογενών μιγμάτων	50

3.3.	Τεχνικές διαχωρισμού των συστατικών ομογενών μιγμάτων	53
	<i>Προβλήματα</i>	58
 4. ΑΤΟΜΑ ΚΑΙ ΜΟΡΙΑ		
4.1.	Εισαγωγή	61
4.2.	Ατομική θεωρία του Dalton	62
4.3.	Ατομικές και μοριακές μάζες	63
4.4.	Ερμηνείες και προβλέψεις της ατομικής θεωρίας του Dalton	68
4.5.	Μοντέλα των ατόμων και μορίων	70
	<i>Προβλήματα</i>	73
 5. ΧΗΜΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ		
5.1.	Εισαγωγή	79
5.2.	Χημικά σύμβολα, το αλφάβητο της χημείας	79
5.3.	Χημικοί τύποι, οι λέξεις της χημείας	82
5.4.	Χημικές εξισώσεις, οι προτάσεις της χημείας	84
5.5.	Χημική ονοματολογία	89
	<i>Προβλήματα</i>	93
 6. ΧΗΜΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
6.1.	Εισαγωγή	97
6.2.	Το γραμμομόριο (Mole)	97
6.3.	Ο αριθμός του Avogadro	102
6.4.	Εμπειρικός τύπος, ο απλούστερος χημικός τύπος	105
6.5.	Ανάλυση καύσης	111
6.6.	Μοριακός τύπος, ο πιο κοινός στοιχειομετρικός τύπος	115
6.7.	Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί	117
6.8.	Απόδοση των αντιδράσεων	129
	<i>Προβλήματα</i>	133

7. ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΟΜΗ

7.1.	Εισαγωγή	143
7.2.	Στοιχειώδη σωματίδια των ατόμων	143
7.3.	Ατομικό πρότυπο Rutherford	149
7.4.	Ατομικό πρότυπο Bohr	152
7.5.	Η φύση του πυρήνα - Ισότοπα στοιχεία	159
7.6.	Φασματογράφος μαζών	163
	<i>Προβλήματα</i>	166

8. ΥΛΟΚΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

8.1.	Εισαγωγή	171
8.2.	1900, μια νέα θεωρία γεννιέται, η κβαντική θεωρία	172
8.3.	Υλοκυματική φύση της ύλης	174
8.4.	Το ηλεκτρόνιο σαν υλόκυμα. Η εξίσωση Schrödinger	178
8.5.	Ατομικά τροχιακά και συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας	179
8.6.	Αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg	182
8.7.	Κβαντικοί αριθμοί και η σημασία τους	183
8.8.	Συμβολισμός των τροχιακών και των καταστάσεων	187
8.9.	Γραφική παράσταση των τροχιακών	190
8.10.	Το spin του ηλεκτρονίου και η απαγορευτική αρχή του Pauli	196
8.11.	Ηλεκτρονικές διαμορφώσεις των ατόμων. Η αρχή της δόμησης και ο κανόνας του Hund	199
8.12.	Στοιβάδες σθένους και η σημασία τους	204
	<i>Προβλήματα</i>	207

9. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

9.1.	Εισαγωγή	215
9.2.	Οι πρώτες προσπάθειες για την ταξινόμηση των στοιχείων	215

9.3.	Νόμος της περιοδικότητας των στοιχείων. Περιοδικός πίνακας	220
9.4.	Ανάλυση του σύγχρονου περιοδικού πίνακα	224
9.5.	Περιοδικός πίνακας και ηλεκτρονική δομή των ατόμων	232
	<i>Προβλήματα</i>	236

10. ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

10.1.	Εισαγωγή	243
10.2.	Ενέργειες ιονισμού των ατόμων	243
10.3.	Ηλεκτροσυνγένειες των ατόμων	248
10.4.	Ηλεκτραρνητικότητες των ατόμων	250
10.5.	Ατομικές και ιονικές ακτίνες των στοιχείων	252
	<i>Προβλήματα</i>	255

11. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ. Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ

11.1.	Εισαγωγή	261
11.2.	Χημική συγγένεια και σθένος των στοιχείων	261
11.3.	Σύμβολα Lewis και ηλεκτρονικοί τύποι των μορίων	265
11.4.	Τύποι χημικών δεσμών	266
11.5.	Ετεροπολικός ή ιοντικός δεσμός	267
11.6.	Ομοιοπολικός δεσμός	273
11.7.	Συντακτικοί τύποι των μορίων	280
11.8.	Μόρια ελλειπή ηλεκτρονίων και υπερσθενή μόρια	283
11.9.	Ελεύθερες ρίζες και πολυατομικά ιόντα	284
11.10.	Πολωμένοι ομοιοπολικοί δεσμοί και πολικά μόρια	287
11.11.	Ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής ή δοτικός δεσμός	289
11.12.	Συντονισμός ή μεσομέρεια	293
11.13.	Μεταλλικός δεσμός	294
11.14.	Δυνάμεις van der Waals	297
11.15.	Δεσμός υδρογόνου ή γέφυρα υδρογόνου	300
11.16.	Ο αριθμός οξείδωσης και η σημασία του	302
11.17.	Γραφή των χημικών τύπων	306

11.18. Ονοματολογία απλών ανόργανων ενώσεων	308	
<i>Προβλήματα</i>	312	
 12. ΣΤΕΡΕΟΧΗΜΕΙΑ. Η ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ		
12.1. Εισαγωγή	323	
12.2. Στερεοχημικοί τύποι των μορίων	324	
12.3. Θεωρία VSEPR	327	
12.4. Στερεοϊσομέρεια	333	
<i>Προβλήματα</i>	342	
 ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ		345
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ		357

Κεφάλαιο 1

ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ



- **1.1. Η επιστήμη της χημείας**
- **1.2. Η επιστημονική έρευνα**
- **1.3. Ποιοτικές παρατηρήσεις και ποσοτικές μετρήσεις**
- **1.4. Ακρίβεια των μετρήσεων και σημαντικά ψηφία**
- **1.5. Το μετρικό σύστημα των μονάδων**
- **1.6. Τρόπος χειρισμού των μονάδων**
- **1.7. Παρουσίαση αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα με το σύστημα Guggenheim**

Προβλήματα

1.1. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Χημεία είναι ένας συγκεκριμένος κλάδος των φυσικών επιστημών, δηλαδή των επιστημών εκείνων που ασχολούνται με τη μελέτη των βασικών εννοιών του περιβάλλοντός μας που ονομάζονται **ύλη** και **ενέργεια**. Πιο συγκεκριμένα, Χημεία είναι ο κλάδος της επιστήμης που μελετά τις ιδιότητες –τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα– των διαφόρων **ουσιών**, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο οι ουσίες αυτές αντιδρούν μεταξύ τους. Είναι φανερό πως όταν κρατάει κανείς το βιβλίο αυτό κρατάει στα χέρια του ύλη, όταν θαυμάζει κανείς τα χρώματα της φύσης θαυμάζει την ύλη, όταν τρώει και πίνει κανείς απολαμβάνει την ύλη, όταν ντύνεται κανείς χαίρεται την ύλη και γενικά ό,τι αγγίζει κανείς είναι ύλη. Ακόμη, όταν οδηγεί κανείς το αυτοκίνητό του χρησιμοποιεί τη **χημική ενέργεια**, όταν αθλείται κανείς καταναλώνει τη χημική ενέργεια, όταν θαυμάζει κανείς τις δυνατότητες των διασθημοπλοίων θαυμάζει τη χημική ενέργεια, όταν απολαμβάνει κανείς τη ζέστη του τζακιού του ή του καλοριφέρ του απολαμβάνει τη χημική ενέργεια και όταν αποθηκεύει κανείς την ηλιακή ενέργεια αποθηκεύει χημική ενέργεια. Δεν γεννάται, λοιπόν, καμιά αμφιβολία, ότι η Χημεία παίζει ένα ρόλο ζωτικής σημασίας για όλη μας τη ζωή. Εξάλλου, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτή καθεαυτή η ζωή μας είναι Χημεία, αφού το ίδιο το ανθρώπινο σώμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ένα Χημικό Εργαστήριο.

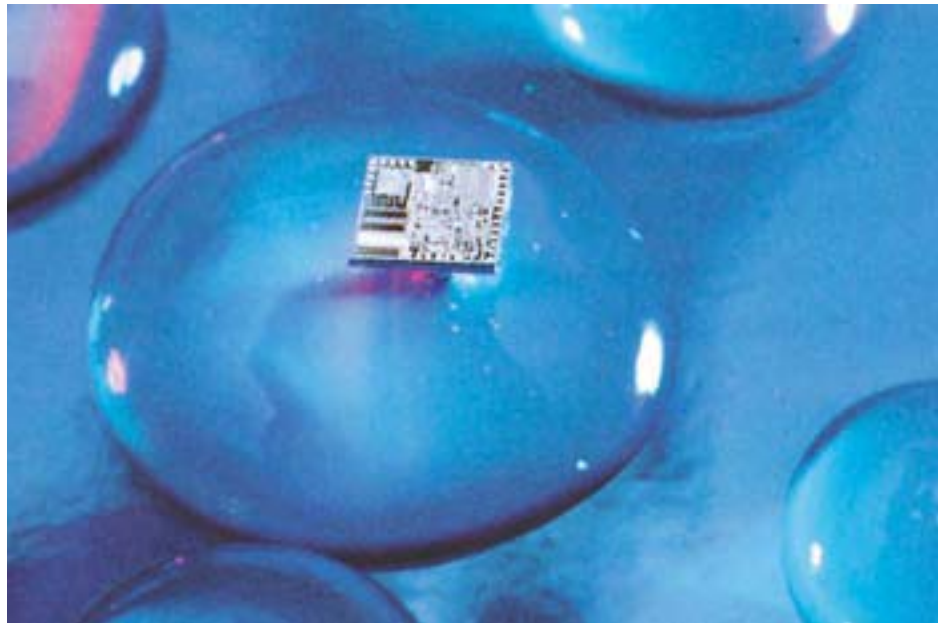
- Ύλη είναι κάθε τι που έχει μάζα και καταλαμβάνει όγκο.
- Ουσίες είναι διάφορα είδη της ύλης.
- Χημική ενέργεια είναι η ενέργεια που περιέχουν οι χημικές ουσίες.



Ειχ.1.1. Μερικά σύγχρονα είδη τουαλέτας.

Οι εκατοντάδες των υλικών που χρησιμοποιούμε καθημερινά άμεσα ή έμμεσα αποτελούν προϊόντα της χημικής έρευνας. Αλήθεια, ποιός από μας δεν χρησιμοποιεί το σαπούνι ή κάποιο σαμπουάν, την οδοντόπαστα, τ' αντιηλιακά, τα καλλυντικά κ.ά.; Ποιός από μας δεν γνωρίζει τα πλαστικά, όπως το νάϋλον, το πολυαιθυλένιο, το Teflon, τη φορμάικα, τους πολυεστέρες, τη σιλικόνη κ.ά., αλλά και τα λιπάσματα και φυτοφάρμακα που αποτελούν τα κυριότερα προϊόντα της Χημικής Βιομηχανίας; Ποιός από μας δεν έχει χρησιμοποιήσει κάποιο αντιβιοτικό ή κάποιο παυσίπονο για ν' ανακουφιστεί από μια γρίπη ή κάποιο κρυολόγημα; Η μοντέρνα ιατρική που στηρίζεται άμεσα πάνω στη Χημεία πέτυχε ν' αυξήσει το όριο της ζωής κατά 15 περίπου χρόνια από το 1920 και μετά. Είναι δύσκολο να πιστέψει κανείς ότι πριν από έναν αιώνα πολλοί άνθρωποι πέθαναν από απλές μολυσματικές ή άλλες ασθένειες, που σήμερα σχεδόν έχουν εξαφανιστεί. Σήμερα, πολλές ελπίδες στηρίζει η ανθρωπότητα στη Χημεία για την ανακάλυψη αποτελεσματικών φαρμάκων κατά του καρκίνου και του AIDS.

Θα ήταν μεγάλη παράλειψη αν αγνοούσαμε το σημαντικό ρόλο της Χημείας στην Επιστήμη των Υλικών και της Τεχνολογίας, όπως είναι η κατασκευή των τσιπς (chips) για τους υπολογιστές, οι οπτικές ίνες, τα προϊόντα του ξύλου και του

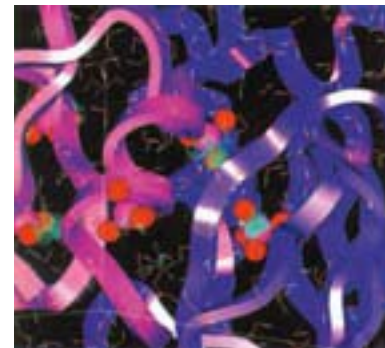


Εικ. 1.2. Τσιπς πάνω σε μια σταγόνα νερού. Τα τσιπς αποτελούν βασική μονάδα στα ολοκληρωμένα κυκλώματα των ηλεκτρονικών συσκευών.

χαρτιού, ο χάλυβας και τ' άλλα ελαφρά κράματα, όπως είναι αυτό του τιτανίου και του αλουμινίου που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πλοίων και των αεροπλάνων.

Όλα τα παραπάνω δικαιολογούν απόλυτα το χαρακτηρισμό της Χημείας ως πιλότου της Επιστήμης και γι' αυτό της δόθηκε και το χαρακτηριστικό επίθετο της Κεντρικής Επιστήμης. Από τη μια μεριά ασχολείται με τη βιολογία και μας παρέχει ερμηνείες για τις λειτουργίες της ζωής και από την άλλη μεριά ανακατεύεται με τη Φυσική και μας παρέχει ερμηνείες για τα χημικά φαινόμενα των θεμελιωδών διεργασιών και των σωματιδίων του σύμπαντος. Έτσι, είναι φανερό πως αυτοί που υπηρετούν την Επιστήμη της Χημείας, δηλαδή οι Χημικοί, έχουν τη δυνατότητα να ερευνήσουν τη συμπεριφορά της ύλης, όπως αυτή εκτείνεται από τα όρια της βιολογίας μέχρι τη γεωλογία, από τα πιο απόμακρα σημεία του σύμπαντος μέχρι τη γη, από την ηλεκτρική κουζίνα μέχρι τους πυραύλους, από τα πλαστικά μέχρι τη φωτογραφία και από τα μέταλλα μέχρι τα μικρόβια.

Τέλος, απ' όσα αναφέραμε παραπάνω για την επιστήμη της Χημείας, γίνεται φανερό γιατί πρέπει όλοι μας και όχι μόνον αυτοί που θ' ακολουθήσουν την επαγγελματική καριέρα του Χημικού, να έχουμε ορισμένες στοιχειώδεις γνώσεις Χημείας. Η Χημεία επηρεάζει τη ζωή όλων μας κατά πολλούς τρόπους και η ευχαρίστηση που νοιώθουμε κοιτάζοντας τον κόσμο γύρω μας γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όταν το «μάτι» του μυαλού μας μπορεί να διαπεράσει την επιφάνεια των υλικών και να «δει» την εσωτερική τους δομή. Ακόμη περισσότερο είναι απαραίτητες οι γνώσεις της στοιχειώδους Χημείας γι' αυτούς που πρόκειται να κάνουν επαγγελματική καριέρα σε άλλα πεδία της Επιστήμης, όπως π.χ. της βιολογίας, της γεωλογίας, της ιατρικής κ.ά., αφού τόσο πολύ τα επιστημονικά αυτά πεδία επηρεάζονται από τη Χημεία. Με γνώμονα όλα αυτά, αλλά και έχοντας στο νου μας τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των εννοιών της Χημείας, δυσκολία που οδηγεί στην απέχθεια της Χημείας, θα προσπαθήσουμε με το βιβλίο αυτό να δώσουμε τον καλύτερο δυνατό οδηγό για ένα ευχάριστο ταξίδι στον άγνωστο χώρο της Χημείας, που θα μας επιτρέψει να μάθουμε τη γλώσσα του και να γνωρίσουμε τα μυστικά του. Πιστεύουμε πως και με μια δική σας λογική προσπάθεια θα διαπιστώσετε ότι η Χημεία είναι τόσο ενδιαφέρουσα, όσο και ευχάριστη Επιστήμη.



Η μοναδιαία κυψελίδα του αναστολέα της πανγκρεατικής θρυψίνης (BPTI). Οι τροχιές που διαγράφουν τα φωσφορικά ιόντα κατά τη διάρκεια προσομοίωσης της μοριακής δυναμικής της τάξης των 60 psec είναι χρωματισμένες κυανές.

1.2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ο άνθρωπος από τη βρεφική του ακόμη ηλικία είναι περιέργος για το περιβάλλον του. Καθώς τα παιδιά εξερευνούν τον κόσμο που τα περιβάλλει ικανοποιούν την περιέργειά τους για τη φύση των διαφόρων πραγμάτων. Τα αισθήματα που δοκιμάζουν μ' αυτόν τον τρόπο τα οδηγούν σε συμπεράσματα που σχετίζονται είτε με ευχάριστες, είτε με δυσάρεστες εμπειρίες. Τα συμπεράσματα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση των γνώσεων για τον κόσμο στον οποίο βρίσκονται. Όμως, όλα αυτά για τα παιδιά αλλά και για τον μη επιστήμονα γίνονται αυτόματα με την έννοια ότι δεν αποτελούν το αποτέλεσμα κάποιας σκέψης. Αντίθετα, η Επιστήμη δεν λειτουργεί αυτόματα, αλλά βασίζεται στην **επιστημονική μέθοδο**, δηλαδή μια μέθοδο που χρησιμοποιεί προσεκτικώς ελεγχόμενα πειράματα για να δώσει απαντήσεις σε **επιστημονικές ερωτήσεις**. Τα πειράματα αυτά μας δίνουν τις παρατηρήσεις που μπορούν να επαναληφθούν και από άλλους ερευνητές και οι οποίες οδηγούν στην ανάπτυξη, ισχυροποίηση ή τροποποίηση πρότυπων σκέψης που αποτελούν και την πραγματική βάση της Επιστήμης. Πολλά τέτοια πρότυπα σκέψης θα συναντήσουμε στη Χημεία, μια κατεξοχήν πειραματική Επιστήμη και όλα αυτά τα πρότυπα αναφέρονται σε μια ταξινομημένη κανονικότητα σκέψης που αφορά στη συμπεριφορά της ύλης.

- Επιστημονική μέθοδος είναι η μέθοδος που χρησιμοποιεί προσεκτικώς ελεγχόμενα πειράματα
- Οι επιστημονικές ερωτήσεις απαντώνται με τη βοήθεια των κατάλληλων πειραμάτων.



Σχ. 1.3. Η ανάπτυξη και επιβεβαίωση μιας θεωρίας.

Παράδειγμα 1.1. Ας θεωρήσουμε την πρόταση «το ζεστό νερό παγώνει γρηγορότερα από το κρύο νερό». Για πολλούς ανθρώπους η πρόταση αυτή είναι προφανώς λάθος, αφού μπορούν να υποστηρίξουν ότι το ζεστό νερό πρώτα πρέπει να ψυχθεί και μετά να παγώσει και έτσι χρειάζεται μεγαλύτερο χρόνο για να παγώσει απ' ό,τι το κρύο νερό. Όμως, το επιχείρημα αυτό δεν αποτελεί πείραμα.

Μπορούμε να δώσουμε ένα λογικό επιχείρημα για την πρόταση αυτή μόνον αν γνωρίζουμε ορισμένες ιδιότητες του νερού. Το νερό περιέχει πάντα διαλυμένο αέρα ο οποίος απομακρύνεται με το βράσιμο καθώς και με την ψύξη. Αυτό εξηγεί και το γεγονός ότι το βρασμένο νερό δίνει διαφανή πάγο, ενώ το μη βρασμένο νερό δίνει αδιαφανή (θολό) πάγο. Η αδιαφάνεια του πάγου οφείλεται ακριβώς στην παράγνωση φυσαλίδων αέρα ανάμεσα στους κρυστάλλους του πάγου. Ακόμη κατά το πάγωμα του νερού ένα ποσοστό του αέρα που απομακρύνεται δημιουργεί μια στιβάδα ανάμεσα στον πάγο και το νερό που εμποδίζει το πάγωμα, αφού αποτελεί ένα εμπόδιο για τη μεταφορά του νερού από το υγρό στο στερεό. Έτσι, άνετα μπορεί κανείς να επιχειρηματολογήσει ότι το ζεστό νερό παγώνει πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι το κρύο νερό. Σαν μια απλή πειραματική δοκιμή της ορθότητας αυτής πάρτε δύο ίδιες παγοθήκες και γεμίστε τη μια με πρόσφατα βρασμένο νερό και την άλλη με κρύο νερό της βρύσης. Βάλτε στη συνέχεια τις δύο παγοθήκες τη μια κοντά στην άλλη μέσα στο ψυγείο και κάπου κάπου ρίχνετε μια ματιά. Αφήνουμε την ανακάλυψη του αποτελέσματος σε σας, σαν μια άσκηση στην εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου.

Όλες εκείνες οι κανονικότητες της συμπεριφοράς της ύλης, που ενσωματώνουν έναν μεγάλο αριθμό πειραματικών αποτελεσμάτων, αποτελούν τους γνωστούς **επιστημονικούς ή φυσικούς νόμους**. Οι νόμοι, αν και δεν αποτελούν ερμηνεία των παρατηρήσεων, επιτρέπουν στους επιστήμονες να προβλέπουν τ' αποτελέσματα άλλων παρόμοιων μελλοντικών παρατηρήσεων. Και φυσικά κάθε πετυχημένη πρόβλεψη θα δυναμώνει την ισχύ του νόμου.

Η ολοκληρωμένη προσπάθεια ερμηνείας των νόμων της Επιστήμης αποτελεί μια **θεωρία**. Μια θεωρία μας επιτρέπει να εξηγήσουμε τους νόμους της Επιστήμης και επιπλέον να κάνουμε προβλέψεις που οδηγούν σε νέες γνώσεις. Σημειώστε, ότι ποτέ η ορθότητα μιας θεωρίας δεν μπορεί ν' αποδειχθεί με το πείραμα. Τα πειραματικά αποτελέσματα μπορούν να υποστηρίξουν μια θεωρία, όμως ανεξάρτητα από τον αριθμό των πειραμάτων που δίνουν αποτελέσματα που συμφωνούν με τη θεωρία, υπάρχει κάποια πιθανότητα ορισμένα επιπλέον πειράματα να δημιουργήσουν κάποιο ρήγμα στη θεωρία. Γι' αυτό και οι θεωρίες, καθώς αυξάνονται οι γνώσεις μας, υπόκεινται σε συνεχείς αναθεωρήσεις και πολλές από τις θεωρίες που χρησιμοποιούμε έχουν κάποιους περιορισμούς. Πολλές φορές μια θεωρία ξεκινάει από κάποια **υπόθεση** που αποτελεί μια πρόταση που έχει σαν στόχο την πιθανή ερμηνεία μιας παρατήρησης ή ενός φαινομένου και αποτελεί οδηγό για παραπέρα έρευνα. Οι υποθέσεις εξελίσσονται σε επιστημονικές θεωρίες μόνον όταν υποστηρίζονται από έναν αριθμό πειραματικών παρατηρήσεων. Γι' αυτό και μπορούμε να πούμε ότι οι υποθέσεις αποτελούν τους σπόρους των επιστημονικών θεωριών.

Τέλος, σημαντικό ρόλο για την επιστημονική επικοινωνία παίζουν τα **μοντέλα** και οι **ορισμοί**. Τα **μοντέλα** αποτελούν παραστάσεις των θεωρητικών εννοιών με γνωστά σχήματα, δομές και συμπεριφορά της ύλης. Τα μοντέλα αποτελούν επι-

❖ Οι νόμοι είναι μια συνοπτική περίληψη μεγάλου αριθμού πειραματικών παρατηρήσεων.

❖ Οι επιστημονικές θεωρίες αναπτύσσονται για να μας δώσουν ερμηνείες των φυσικών νόμων.

❖ Υπόθεση είναι μια πρόταση για την πιθανή ερμηνεία μιας παρατήρησης ή ενός φαινομένου.

❖ Τα μοντέλα βοηθούν στην κατανόηση μιας θεωρίας.

• Οι ορισμοί αποτελούν τον καθορισμό των ουσιαστικών γνωρισμάτων των διαφόρων εννοιών.

στημονικές επινοήσεις που βοηθούν σημαντικά στην κατανόηση μιας θεωρίας και παίρνουν τη θέση εκείνων των πραγμάτων των οποίων η ακριβής και πλήρης φύση είναι άγνωστη. Οι **ορισμοί** αποτελούν τον καθορισμό των ουσιαστικών γνωρισμάτων των διαφόρων εννοιών. Με τον ορισμό γίνεται δυνατή η απεικόνιση του ρόλου μιας έννοιας και διευκολύνεται ο συσχετισμός με παρεμφερείς έννοιες. Π.χ. όταν δηλώνουμε την τιμή της πυκνότητας μιας ουσίας σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση, ξέρουμε τι σημαίνει η τιμή αυτή, αφού συμφωνήσαμε στον ορισμό της πυκνότητας (d) ως η μάζα ανά μονάδα όγκου ($d = m/V$) της ουσίας.

1.3. ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

• Δεδομένα είναι τα πακέτα πληροφοριών.

Μέσα στα πλαίσια της επιστημονικής έρευνας οι επιστήμονες ξεκινούν πάντοτε με τη συλλογή πακέτων πληροφοριών για το συγκεκριμένο αντικείμενο που μελετούν. Τα πακέτα αυτά των πληροφοριών ονομάζονται και **δεδομένα**. Τα δεδομένα μπορεί να είναι δύο τύπων. Αυτά που συνδέονται με το «τι» και προκύπτουν από παρατηρήσεις, όπου δεν χρησιμοποιούνται μετρήσεις κι αυτά που συνδέονται με το «πόσο» και προκύπτουν από παρατηρήσεις που χρησιμοποιούν τις προσεκτικές μετρήσεις. Οι παρατηρήσεις που γίνονται χωρίς τη χρησιμοποίηση μετρήσεων αποτελούν τις **ποιοτικές παρατηρήσεις**.

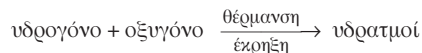
• Ποιοτική παρατήρηση είναι η παρατήρηση χωρίς μέτρηση.



Εικ. 1.4. Ένα τμήμα σύγχρονου Χημικού Εργαστηρίου.

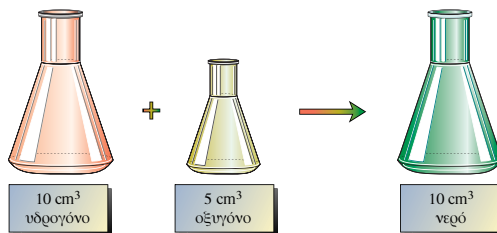
Αντίθετα οι παρατηρήσεις που γίνονται με τη χρησιμοποίηση προσεκτικών μετρήσεων αποτελούν τις **ποσοτικές μετρήσεις**. Σημειώστε, ότι το αποτέλεσμα των ποσοτικών μετρήσεων είναι πάντοτε ένας αριθμός, ενώ το αποτέλεσμα των ποιοτικών παρατηρήσεων είναι κάποια γενικά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. το χρώμα, η οσμή κ.ά. Για την καλύτερη διευκρίνιση των όρων της ποιοτικής παρατήρησης και της ποσοτικής μέτρησης ας δούμε μερικά παραδείγματα.

Παράδειγμα 1.2. Ποιοτική παρατήρηση: Ένας Χημικός παρατηρεί ότι όταν ένα μίγμα από αέριο υδρογόνο και αέριο οξυγόνο θερμανθεί, γίνεται μια βίαιη έκρηξη και σχηματίζονται υδρατμοί



Η παρατήρηση αυτή αποτελεί μια ποιοτική παρατήρηση.

Ποσοτική μέτρηση: Ένας άλλος Χημικός, με τη βοήθεια κάποιας μέτρησης βρίσκει, ότι κάτω από τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, 10 cm^3 αερίου υδρογόνου καταναλώνουν πλήρως 5 cm^3 αερίου οξυγόνου και σχηματίζουν 10 cm^3 υδρατμών.



Η παρατήρηση αυτή αποτελεί μια ποσοτική μέτρηση.

Παράδειγμα 1.3. Ποιοτική παρατήρηση: Ο μόλυβδος είναι πυκνότερος από το αλουμίνιο.

Ποσοτική μέτρηση: Το $1,00 \text{ cm}^3$ του μολύβδου ζυγίζει $11,3 \text{ g}$, ενώ το $1,00 \text{ cm}^3$ του αλουμινίου ζυγίζει $2,70 \text{ g}$. Με άλλα λόγια η πυκνότητα του μολύβδου είναι $11,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, ενώ του αλουμινίου είναι $2,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Είναι φανερό πως οι ποσοτικές μετρήσεις είναι περισσότερο χρήσιμες σ' έναν επιστήμονα απ' ό,τι είναι οι ποιοτικές παρατηρήσεις, αφού οι πρώτες παρέχουν περισσότερες πληροφορίες. Τη σπουδαιότητα λοιπόν των ποσοτικών μετρήσεων στη Χημεία εκτίμησε για πρώτη φορά στα τέλη του 18ου αιώνα ο Γάλλος Χημικός **Antoine Lavoisier** και προώθησε τη Χημεία σε μια μοντέρνα Επιστήμη. Δίκαια λοιπόν ο Lavoisier θεωρείται ως ο θεμελιωτής της μοντέρνας Χημείας. Ο Lavoisier σχεδίασε ειδικούς ζυγούς πολύ μεγαλύτερης ακριβείας από τους προηγούμενους και ανακάλυψε το νόμο της διατήρησης της μάζας που διατυπώνεται ως εξής: σε

• Ποσοτική μέτρηση είναι η παρατήρηση με προσεκτική μέτρηση.

Σχ. 1.5. Σχηματισμός του νερού από υδρογόνο και οξυγόνο.

• A. Lavoisier ο θεμελιωτής της μοντέρνας Χημείας.

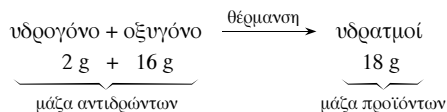
☛ Σε μια χημική αντίδραση η ολική μάζα των αντιδρωσών ουσιών είναι ίση με την ολική μάζα των προϊόντων που σχηματίζονται.



Εικ. 1.6. Ο Γάλλος Χημικός Antoine Lavoisier με τη γυναίκα του Marie-Anne Pierrette. Αποκεφαλίστηκε στη γκιλοτίνα το 1794 από τους υποστηρικτές της Γαλλικής επανάστασης, επειδή η έρευνά του χρηματοδοτείτο από μια εταιρεία είσπραξης φόρων.

μια χημική αντίδραση η ολική μάζα των αντιδρωσών ουσιών είναι ίση με την ολική μάζα των προϊόντων που σχηματίζονται. Μια άλλη παραλλαγή στη διατύπωση του νόμου της διατήρησης της μάζας είναι: σε μια χημική αντίδραση ούτε δημιουργείται και ούτε καταστρέφεται η μάζα.

Παράδειγμα 1.4. Μια ποσοτική μέτρηση πάνω στην αντίδραση του αερίου υδρογόνου με το αέριο οξυγόνο που μας δίνει υδρατμούς (παράδειγμα 1.2) έδειξε, ότι 2 g υδρογόνου καταναλώνουν πλήρως 16 g οξυγόνου και σχηματίζονται 18 g υδρατμών.



Είναι φανερό, πως με βάση το νόμο της διατήρησης της μάζας, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα μιας ουσίας που συμμετέχει σε μια αντίδραση, αρκεί να γνωρίζουμε τις μάζες όλων των άλλων ουσιών. Έτσι, π.χ. εφόσον γνωρίζουμε ότι 2 g υδρογόνου σχηματίζουν με το οξυγόνο 18 g υδρατμών, η μάζα του οξυγόνου που καταναλώνεται θα είναι:

$$\begin{aligned}
 2 + \chi &= 18 \\
 \Rightarrow \chi &= 16 \text{ g}
 \end{aligned}$$

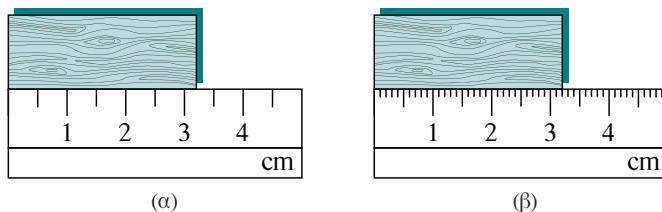
1.4. ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ

Επειδή ένα μεγάλο μέρος της χημικής έρευνας περιλαμβάνει πέρα από τις ποσοτικές μετρήσεις και υπολογισμούς, που ονομάζονται χημικοί υπολογισμοί, θ' αναφέρουμε στο σημείο αυτό μερικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Για να κάνουμε, λοιπόν, επιστημονικούς υπολογισμούς θα πρέπει να γνωρίζουμε τον τρόπο χειρισμού των αριθμών, των μονάδων μέτρησης και των αλληλομετατροπών των μονάδων. Ο τρόπος αυτός καθορίζεται με βάση ορισμένους απλούς κανόνες, τους οποίους και πρέπει να μάθουμε καλά αν θέλουμε να παρουσιάζουμε σωστά τ' αποτελέσματα των χημικών υπολογισμών. Μια σωστή παρουσίαση των αποτελεσμάτων είναι άκρως απαραίτητη για την επικοινωνία των επιστημόνων, που κατά κανόνα γίνεται με την κοινή γλώσσα των αριθμών και των μαθηματικών σχέσεων.

Η μέτρηση του αριθμού των αντικειμένων αποτελεί το μόνο πείραμα που μας δίνει ακριβές αποτέλεσμα, δηλαδή αποτέλεσμα χωρίς κανένα λάθος. Όλα τ' άλλα πειράματα μέτρησης κάποιας ποσότητας με τη βοήθεια κάποιου οργάνου μας δίνουν αποτελέσματα που χαρακτηρίζονται από κάποια αβεβαιότητα ως προς την

ακριβή τους τιμή. Για παράδειγμα τα τέσσερα λάστιχα ενός αυτοκινήτου μπορούν να μετρηθούν και δεν υπάρχει καμιά αβεβαιότητα ως προς τον αριθμό «τέσσερα» που είναι ένας ακριβής αριθμός. Όμως, η πίεση του αέρα που περιέχεται στα λάστιχα ή οι διαστάσεις τους αποτελούν ποσότητες που μετρούνται με κάποιο όργανο και ως εκ τούτου οι αριθμοί που παίρνουμε δεν είναι ακριβείς. Κι' αυτό γιατί υπάρχει κάποια αβεβαιότητα ως προς την τιμή τους που καθορίζεται τόσο από το όργανο, όσο και από τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούμε. Για να καταλάβουμε καλύτερα αυτό το τελευταίο ας πάρουμε ένα πολύ απλό παράδειγμα.

Παράδειγμα 1.5. Ας μετρήσουμε το μήκος σ' ένα κομμάτι ξύλου χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικούς κανόνες, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχ. 1.7. Μέτρηση του μήκους ενός κομματιού ξύλου με δύο κανόνες διαφορετικής ακρίβειας.

α) μήκος 3,2 cm

β) μήκος 3,24 cm

Με τον πρώτο κανόνα διαβάζουμε το μήκος 3,2 cm. Όμως για να φτάσουμε σ' αυτόν τον αριθμό αναγκαστήκαμε να εκτιμήσουμε το δεύτερο ψηφίο. Με άλλα λόγια πρέπει ν' αποφασίσουμε αν το μήκος βρίσκεται πιο κοντά στα 3,2 ή στα 3,3 cm. Εφόσον λοιπόν κάνουμε κάποια εκτίμηση υπάρχει αβεβαιότητα ως προς το δεύτερο ψηφίο (το 2) και φυσικά το τρίτο ψηφίο μας είναι τελείως άγνωστο. Έτσι, όταν μετρούμε μήκη με τον πρώτο κανόνα δεν μπορούμε να δίνουμε αριθμούς με περισσότερα από δύο ψηφία. Με το δεύτερο κανόνα διαβάζουμε το μήκος 3,24 cm, αφού ο κανόνας αυτός περιέχει περισσότερες υποδιαίρεσεις. Στον αριθμό αυτό το δεύτερο ψηφίο (το 2) είναι ακριβές, ενώ το τρίτο ψηφίο (το 4) γράφεται με εκτίμηση.

Οι αριθμοί που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα μιας μέτρησης ονομάζονται αριθμοί με συγκεκριμένο αριθμό **σημαντικών ψηφίων**. Ο αριθμός των σημαντικών ψηφίων είναι αυτός που μας δείχνει την ακρίβεια του αποτελέσματος μιας μέτρησης. Όλα τα ψηφία σ' ένα αριθμητικό αποτέλεσμα είναι σημαντικά μόνο όταν το τελευταίο ψηφίο έχει κάποια αβεβαιότητα. Έτσι, π.χ. στο προηγούμενο παράδειγμα το αποτέλεσμα της μέτρησης με τον πρώτο κανόνα είναι ένας αριθμός με δύο σημαντικά ψηφία (3,2 cm), ενώ το αποτέλεσμα της μέτρησης με το δεύτερο κανόνα είναι ένας αριθμός με τρία σημαντικά ψηφία (3,24). Σημειώστε, ότι όλα τα ψηφία στο αποτέλεσμα μιας μετρούμενης ποσότητας αποτελούν σημαντικά ψηφία εκτός από τα μηδενικά ψηφία που χρησιμοποιούνται για να καθορίζουν τη θέση της υπο-

διαστολής στην περίπτωση των δεκαδικών αριθμών. Π.χ.

Ο αριθμός 0,0045 έχει 2 σημαντικά ψηφία.

Ο αριθμός $4,5 \times 10^{-3}$ έχει 2 σημαντικά ψηφία.

Ο αριθμός 4,50 έχει 3 σημαντικά ψηφία.

Ο αριθμός 4500,0 έχει 5 σημαντικά ψηφία.

Σχεδόν σ' όλες τις περιπτώσεις οι αριθμοί που προκύπτουν ως αποτέλεσμα μιας μέτρησης χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό άλλων ποσοτήτων. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί σ' ό,τι αφορά στον αριθμό των σημαντικών ψηφίων που πρέπει να περιέχει το αποτέλεσμα του υπολογισμού. Φυσικά δεν θα υπάρχει κανένα πρόβλημα αν ακολουθούμε πιστά ορισμένους βασικούς κανόνες που στηρίζονται στη γενική αρχή «καμιά υπολογιζόμενη τιμή δεν μπορεί να είναι περισσότερο ακριβής από το λιγότερο ακριβές αποτέλεσμα μιας μέτρησης που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς».

Πρόσθεση και αφαίρεση: Ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων του αριθμού που προκύπτει από την πρόσθεση ή αφαίρεση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν του αριθμού με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία. Θεωρείστε το άθροισμα

$$\begin{array}{r} 6,939 \\ + 1,00797 \\ \hline 7,94697 \end{array}$$

Τα δύο τελευταία ψηφία στον αριθμό 7,94697 δεν είναι σημαντικά ψηφία, αφού ο πρώτος αριθμός που προσθέτουμε έχει μόνο τρία δεκαδικά ψηφία και συνεπώς το αποτέλεσμα δεν μπορεί να είναι ακριβές με περισσότερα από τρία δεκαδικά ψηφία. Έτσι, το αποτέλεσμα με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων θα είναι 7,947. Σημειώστε, ότι στρογγυλοποιήσαμε τον αριθμό 7,94697 ως προς τα τέσσερα σημαντικά ψηφία που πρέπει να περιέχει. Κατά τη στρογγυλοποίηση των αριθμών ακολουθούμε την εξής αρχή: Αν το ψηφίο που βρίσκεται μετά από το ψηφίο που πρόκειται να κρατήσουμε είναι 5, 6, 7, 8 ή 9 τότε το ψηφίο που κρατάμε αυξάνεται κατά μία μονάδα. Αντίθετα, όταν είναι 0, 1, 2, 3, 4 το κρατάμε όπως έχει. Για παράδειγμα η στρογγυλοποίηση των παρακάτω αριθμών ως προς τρία σημαντικά ψηφία θα είναι:

$$12,45 \rightarrow 12,5$$

$$12,44 \rightarrow 12,4$$

Πολλαπλασιασμός και διαίρεση: Κατά τον πολλαπλασιασμό και τη διαίρεση το αποτέλεσμα δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα σημαντικά ψηφία από τον αριθμό με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία. Για παράδειγμα, αν κάνουμε τον πολλαπλασιασμό,

$$8,3143 \times 298,2$$

το αποτέλεσμα είναι 2479,3243. Όμως το σωστό αποτέλεσμα θα είναι 2479, αφού ο αριθμός με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία (το 298,2) έχει μόνο τέσσερα σημαντικά ψηφία. Όλα τ' άλλα ψηφία του αριθμού 2479,3243 δεν είναι σημαντικά ψηφία και πρέπει να παραλειφθούν.

Παράδειγμα 1.6. Να εκφραστεί το αποτέλεσμα των παρακάτω αριθμητικών πράξεων με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

$$\psi = \frac{3,00 \times 0,008205 \times 298}{}$$

Λύση: Κάνοντας τις αριθμητικές πράξεις βρίσκουμε

$$\psi = 78,873871$$

Εφόσον ο αριθμός με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία είναι ο 0,93 που περιέχει δύο μόνο σημαντικά ψηφία, το αποτέλεσμα δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από δύο σημαντικά ψηφία. Άρα το σωστό αποτέλεσμα θα είναι $\psi = 79$, στρογγυλοποιημένο στα δύο σημαντικά ψηφία.

1.5. ΤΟ ΜΕΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Όταν ένας αριθμός παριστάνει μια μέτρηση είναι απαραίτητο να συνοδεύεται και από τις μονάδες της μέτρησης. Για παράδειγμα αν μετρήσουμε το πάχος ενός σύρματος και βρούμε ότι είναι 0,15 χιλιοστά (mm) εκφράζουμε το αποτέλεσμα ως 0,15 mm. Το να πούμε ότι το πάχος του σύρματος είναι απλά 0,15 δεν σημαίνει τίποτα.

Το σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιούμε κατά προτίμηση στις επιστημονικές εργασίες είναι το **μετρικό σύστημα**. Το μετρικό σύστημα αναπτύχθηκε από την Εθνική Ακαδημία της Γαλλίας το 1790 και περιέχει διάφορα υποσυστήματα μονάδων. Σε μια όμως διεθνή προσπάθεια για την ύπαρξη ομοιομορφίας ως προς τη χρησιμοποίηση των μονάδων μέτρησης καθιερώθηκε σαν σύστημα μονάδων το Διεθνές Σύστημα ή **Σύστημα SI**. Το σύστημα SI δομείται πάνω σε επτά βασικές μονάδες που δίνονται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Οι επτά βασικές μονάδες SI.

Φυσική ποσότητα	Όνομα μονάδας	Σύμβολο
μήκος	meter	m
μάζα	kilogram	kg
χρόνος	second	s
θερμοκρασία	kelvin	K
ποσότητα ουσίας	mole	mol
ηλεκτρικό ρεύμα	ampere	A
ένταση φωτός	candela	cd

Ένα σπουδαίο γνώρισμα του μετρικού συστήματος είναι η χρησιμοποίηση προθέματων για το χαρακτηρισμό πολλαπλασίων ή υποπολλαπλασίων των βασικών μονάδων. Τα προθέματα αυτά στην περίπτωση του συστήματος SI δίνονται στον πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2. Προθέματα που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό των πολλαπλασίων και υποπολλαπλασίων των μονάδων SI.

Πρόθεμα	Σύμβολο	Πολλαπλάσιο	Παράδειγμα
tera-	T	10^{12}	terawatt, $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$
giga-	G	10^9	gigavolt, $1 \text{ GV} = 10^9 \text{ V}$
mega-	M	10^6	megawatt, $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
kilo-	k	10^3	kilometer, $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
deci-	d	10^{-1}	decimeter, $1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$
centi-	c	10^{-2}	centimeter, $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
milli-	m	10^{-3}	millisecond, $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$
micro-	μ	10^{-6}	microsecond, $1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$
nano-	n	10^{-9}	nanometer, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
pico-	p	10^{-12}	picosecond, $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$
femto-	f	10^{-15}	femtometer, $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$
atto-	a	10^{-18}	attomole, $1 \text{ amol} = 10^{-18} \text{ mol}$

Οι μονάδες όλων των άλλων φυσικών ποσοτήτων που δεν δίνονται στον πίνακα 1.1 αποτελούν συνδυασμούς των βασικών μονάδων SI και ονομάζονται **πα-**

παράγωγοι μονάδες. Οι παράγωγοι μονάδες που χρησιμοποιούνται συνήθως στη Χημεία δίνονται στον πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3. Τα ονόματα και σύμβολα μερικών παραγώγων μονάδων SI.

Ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολο	Ορισμός
εμβαδόν	square meter	m^2	
όγκος	cubic meter	m^3	
πυκνότητα	kilogram per cubic meter	$kg \cdot m^{-3}$	
ταχύτητα	meter per second	$m \cdot s^{-1}$	
συχνότητα	hertz	Hz	s^{-1}
δύναμη	newton	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
πίεση	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2} = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
ενέργεια	joule	J	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} = N \cdot m$
ηλεκτρικό φορτίο	coulomb	C	$A \cdot s$
διαφορά δυναμικού	volt	V	$J \cdot A^{-1} \cdot s^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

Τέλος, αν και το σύστημα μονάδων SI έχει καθιερωθεί, υπάρχουν ακόμη σε χρήση ορισμένες παλαιότερες μονάδες. Για να μην έχουμε, λοιπόν, προβλήματα στους χημικούς υπολογισμούς θα πρέπει να ξέρουμε και τις μονάδες αυτές, τις οποίες και συγκεντρώσαμε στον πίνακα 1.4, όπου δίνουμε και τον ορισμό τους στο σύστημα SI.

Πίνακας 1.4. Παλαιές μονάδες που βρίσκονται ακόμη σε χρήση.

Ποσότητες	Μονάδα	Σύμβολο	Ορισμός SI
μήκος	angstrom	\AA	10^{-10} m
μήκος	micron	μ	$10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$
όγκος	liter	L	10^{-3} m^3
ενέργεια	calorie	cal	4,184 J
πίεση	atmosphere	atm	101,325 kPa
πίεση	torr	torr	133,322 Pa
πίεση	bar	bar	10^5 Pa

1.6. ΤΡΟΠΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Είναι σκόπιμο, μετά τη γνωριμία του σπουδαστή με το μετρικό σύστημα, να τον εφοδιάσουμε με ορισμένες οδηγίες σ' ό,τι αφορά στον τρόπο χειρισμού των μονάδων μέτρησης. Έτσι θ' αποκτήσει μεγάλη άνεση στις προσπάθειές του να λύνει διάφορα χημικά προβλήματα.

Μόνο αριθμοί που έχουν τις ίδιες μονάδες μπορούν να προστίθενται ή ν' αφαιρούνται. Αν προσθέσουμε π.χ. 2,12 cm και 4,73 cm παίρνουμε 6,85 cm. Αν όμως θέλουμε να προσθέσουμε 76,4 cm και 1,19 m τότε πρέπει να μετατρέψουμε τα cm σε m ή τα m σε cm. Η μετατροπή από τη μια μονάδα στην άλλη γίνεται με τη χρησιμοποίηση των **συντελεστών μετατροπής μονάδων**. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να μετατρέψουμε τα m σε cm. Από τον πίνακα 1.2 βρίσκουμε, ότι:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} \quad (1.1)$$

Η εξίσωση (1.1) είναι ακριβής αφού είναι ένας ορισμός και δεν υπάρχει κανένας περιορισμός ως προς τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων και στα δύο μέλη της. Αν διαιρέσουμε και τα δύο μέλη της εξίσωσης (1.1) με το 1 m παίρνουμε,

$$1 = \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \quad (1.2)$$

Η εξίσωση (1.2) εκφράζει ένα συντελεστή μετατροπής μονάδων, αφού μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε για να μετατρέψουμε τα m σε cm. Ένας τέτοιος συντελεστής μετατροπής μονάδων είναι ίσος με τη μονάδα και έτσι μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε οποιαδήποτε ποσότητα με αυτόν, χωρίς ν' αλλάξουμε την τιμή της.

$$(1,19 \text{ m}) \times 1 = (1,19 \text{ m}) \cdot \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right) \\ \Rightarrow 1,19 \text{ m} = 119 \text{ cm}$$

Για να μετατρέψουμε τα cm σε m χρησιμοποιούμε την αντίστροφη σχέση της εξίσωσης (1.2):

$$(76,4 \text{ cm}) \times 1 = (76,4 \text{ cm}) \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) \\ \Rightarrow 76,4 \text{ cm} = 0,764 \text{ m}$$

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε, ότι το άθροισμα των

76,4 cm και των 1,19 m είναι:

ή

$$76,4 \text{ cm} + 119 \text{ cm} = 195 \text{ cm}$$

$$0,764 \text{ m} + 1,19 \text{ m} = 1,95 \text{ m}$$

Παράδειγμα 1.7. Οδηγούμε το αυτοκίνητό μας με ταχύτητα 55 miles την ώρα. Ποιά είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μας σε km ανά ώρα;

Λύση: Γνωρίζουμε ότι

$$1 \text{ mile} = 1,61 \text{ km}$$

Διαιρώντας και τα δύο μέλη της εξίσωσης αυτής με το 1 mile παίρνουμε τον συντελεστή μετατροπής των μονάδων:

$$1 = \frac{1,61 \text{ km}}{1 \text{ mile}}$$

Έτσι, εύκολα γράφουμε:

$$\left(\frac{55 \text{ mile}}{\text{h}} \right) \times 1 = \left(\frac{55 \text{ mile}}{\text{h}} \right) \left(\frac{1,61 \text{ km}}{1 \text{ mile}} \right)$$

ή

$$\Rightarrow \frac{55 \text{ mile}}{\text{h}} = \frac{89 \text{ km}}{\text{h}}$$

$$55 \text{ mile/h} = 89 \text{ km/h}$$

Σημειώστε ότι αν χρησιμοποιούσαμε τον ορισμό.

$$1 \text{ km} = 0,62 \text{ mile}$$

ο συντελεστής μετατροπής των μονάδων θα ήταν

$$\frac{1 \text{ km}}{0,62 \text{ mile}}$$

οπότε εύκολα και πάλι προκύπτει ότι

$$\left(\frac{55 \text{ mile}}{\text{h}} \right) \left(\frac{1 \text{ km}}{0,62 \text{ mile}} \right) = \left(\frac{55 \text{ mile}}{\text{h}} \right) \times 1$$

$$\Rightarrow 89 \text{ km/h} = 55 \text{ mile/h}$$

Πολλές φυσικές ποσότητες δεν εκφράζονται με απλές μονάδες, αλλά με **σύνθετες μονάδες**. Για να δούμε τι ακριβώς σημαίνει η σύνθετη μονάδα ας πάρουμε την ποσότητα της πυκνότητας. Η **πυκνότητα** μιας ουσίας ορίζεται ως ο λόγος της μάζας προς τον όγκο της ουσίας:

$$\text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκος}}$$

➡ Πυκνότητα μιας ουσίας είναι ο λόγος της μάζας προς τον όγκο της ουσίας.

ή

$$d = \frac{m}{V}$$

Λέμε λοιπόν ότι οι **διαστάσεις** της πυκνότητας είναι μάζα ανά μονάδα όγκου. Αν εκφράσουμε τη μάζα σε g και τον όγκο σε cm^3 τότε οι μονάδες της πυκνότητας είναι g ανά cm^3 . Π.χ. η πυκνότητα του πάγου είναι $0,92 \text{ g/cm}^3$, όπου η κάθετη γραμμή σημαίνει «ανά». Γνωρίζουμε, όμως, από την άλγεβρα ότι

$$\frac{1}{a^n} = a^{-n}$$

όπου n είναι ένας εκθέτης. Έτσι, λοιπόν, μπορούμε να γράψουμε

$$\frac{1}{\text{cm}^3} = \text{cm}^{-3}$$

οπότε η πυκνότητα εκφράζεται ως $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ αντί g/cm^3 . Στην έκφραση $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ η τελεία χρησιμοποιείται για το χωρισμό του g από το cm^{-3} . Η χρησιμοποίηση της τελείας στις σύνθετες μονάδες αποτελεί μια παραδοχή του συστήματος SI που μας επιτρέπει ν' αποφεύγουμε μπερδέματα. Π.χ. όταν γράφουμε $\text{m} \cdot \text{s}$ εννοούμε meter επί second, ενώ όταν γράφουμε ms (χωρίς τελεία) εννοούμε millisecond. Ας δούμε τώρα ένα παράδειγμα μετατροπής ποσοτήτων σε σύνθετες μονάδες.

Παράδειγμα 1.8. Έχει υπολογιστεί ότι ο χρυσός σ' ολόκληρο τον κόσμο καταλαμβάνει όγκο ίσο με τον όγκο ενός κύβου με ακμή ίση με 17 m. Εφόσον η πυκνότητα του χρυσού είναι $18,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ποιά είναι η μάζα όλου του χρυσού;

Λύση: Ο όγκος ενός κύβου με ακμή ίση με 17 m είναι

$$\text{όγκος} = (17 \text{ m})^3 = 4913 \text{ m}^3$$

Αν πολλαπλασιάσουμε τον όγκο με την πυκνότητα του χρυσού θα προκύψει η μάζα του χρυσού

$$\text{μάζα} = (\text{όγκος}) \times (\text{πυκνότητα})$$

ή

$$m = V \cdot d$$

Προτού, όμως κάνουμε τον πολλαπλασιασμό αυτό θα πρέπει να κάνουμε τις κατάλληλες μετατροπές των μονάδων. Συγκεκριμένα, εφόσον η πυκνότητα δίνεται σε $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ θα πρέπει να εκφράσουμε και τον όγκο σε cm^3 . Έτσι έχουμε,

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

Υψώνοντας στον κύβο και τα δύο μέλη της εξίσωσης αυτής παίρνουμε

$$1 \text{ m}^3 = 100^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

οπότε ο συντελεστής μετατροπής θα είναι

$$1 = \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Επομένως, ο όγκος θα είναι

$$\begin{aligned}\text{όγκος} &= (4913 \text{ η}^3) \left(\frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ η}^3} \right) \\ &= 4,913 \times 10^9 \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

Πολλαπλασιάζοντας τώρα τον όγκο με την πυκνότητα παίρνουμε τη μάζα του χρυσού

$$\begin{aligned}\text{μάζα} &= (4,913 \times 10^9 \text{ cm}^3)(18,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}) \\ &= 9,3 \times 10^{10} \text{ g}\end{aligned}$$

Σημειώστε ότι $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3} = \text{cm}^0 = 1$. Επίσης σημειώστε ότι το τελικό αποτέλεσμα έχει μόνο δύο σημαντικά ψηφία, όσα είναι και τα σημαντικά ψηφία της ακμής του κύβου, που είναι και η ποσότητα με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία.

1.7. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ GUGGENHEIM

Είναι συνηθισμένο στη Χημεία, αλλά και σε κάθε άλλη πειραματική επιστήμη, τ' αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων να παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Παρουσιάζοντας λοιπόν σε πίνακες ποσότητες με μονάδες, είναι κατάλληλο να δίνουμε τις αριθμητικές τιμές χωρίς τις μονάδες τους και να χρησιμοποιούμε μια επικεφαλίδα της στήλης που να καθορίζει τις μονάδες. Ο καλύτερος τρόπος γραφής της επικεφαλίδας είναι η χρησιμοποίηση του ονόματος ή του συμβόλου της ποσότητας, που ακολουθείται από μια κάθετη γραμμή και μετά απ' αυτήν γράφουμε το σύμβολο των μονάδων. Π.χ. η επικεφαλίδα μιας στήλης του πίνακα «μάζα/g» δείχνει ότι οι μονάδες των αριθμητικών τιμών εκφράζουν μάζες σε g. Ο τρόπος αυτός παρουσίασης των πινάκων προτάθηκε από τον Άγγλο χημικό Guggenheim, γι' αυτό και αναφέρεται σαν **σύστημα Guggenheim**. Το σύστημα Guggenheim έχει υιοθετηθεί σήμερα από τη Διεθνή Ένωση της Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (IUPAC) και είναι αυτό που πρέπει να χρησιμοποιούμε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Ας δούμε μια εφαρμογή του συστήματος Guggenheim. Έστω ότι θέλουμε να δώσουμε σε πίνακα μια σειρά από μάζες, όπως π.χ. 1,201 g, 2,491 g και 3,004 g. Σύμφωνα με το σύστημα Guggenheim γράφουμε την επικεφαλίδα στη στήλη του πίνα-

κα «μάζα/g» και στη στήλη δίνουμε μόνο τις αριθμητικές τιμές. Όταν οι μάζες που έχουμε να παρουσιάσουμε είναι $1,201 \times 10^{-5}$ g, $2,491 \times 10^{-5}$ g και $3,004 \times 10^{-5}$ g, τότε η επικεφαλίδα της στήλης γράφεται «μάζα/ 10^{-5} g» και η στήλη περιέχει τα απλά αριθμητικά νούμερα. Τ' αποτελέσματα αυτά θα έχουν τη μορφή του πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5. Δεδομένα μάζας με επικεφαλίδες σύμφωνα με το σύστημα Guggenheim.

μάζα/g	μάζα/ 10^{-5} g
1,201	1,201
2,491	2,491
3,004	3,004



Εικ. 1.8. Μοντέρνος αναλυτικός ζυγός που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μάζας μιας ουσίας.

Στο σημείο αυτό μας δίνεται η ευκαιρία ν' αναφέρουμε ότι για ν' αποφεύγουμε τη γραφή πολύ μικρών ή πολύ μεγάλων αριθμητικών τιμών που είναι πολύ συνηθισμένες στη Χημεία, χρησιμοποιούμε τον ονομαζόμενο **επιστημονικό συμβολισμό**, όπου οι αριθμοί γράφονται με τη μορφή δυνάμεων του 10. Π.χ. ο αριθμός 0, 000007020 με τον επιστημονικό συμβολισμό γράφεται ως $7,020 \times 10^{-6}$.

Ας δούμε τώρα πως από τους πίνακες παίρνουμε τις τιμές των ποσοτήτων με τις μονάδες τους. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα των μαζών η επικεφαλίδα της πρώτης στήλης του πίνακα 1.5 δείχνει ότι οι αριθμοί της στήλης είναι μάζες που έχουν διαιρεθεί με τα g, οπότε μπορούμε να γράψουμε, π.χ.

$$\text{μάζα/g} = \frac{\text{μάζα}}{\text{g}} = 1,201$$

Μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε και τα δύο μέλη της σχέσης αυτής με το g οπότε παίρνουμε,

$$\text{g} \times \frac{\text{μάζα}}{\text{g}} = 1,201 \times \text{g}$$

και κατά συνέπεια,

$$\begin{array}{ccc} & \text{μάζα} = 1,201 \text{ g} & \\ \nearrow & \uparrow & \nwarrow \\ \text{ιδιότητα} & \text{τιμή} & \text{μονάδα μέτρησης} \end{array}$$

Σημειώστε, ότι οι επικεφαλίδες των πινάκων χρησιμοποιούνται σαν αλγεβρι-

κές ποσότητες, γι' αυτό και τα δεδομένα τα παίρνουμε με αλγεβρικές πράξεις όπως η παραπάνω.

Για τη δεύτερη στήλη του πίνακα 1.5 εύκολα προκύπτει ότι,

$$\frac{\text{μάζα}}{10^{-5} \text{ g}} = 1,201$$

οπότε

$$\text{μάζα} = 1,201 \times 10^{-5} \text{ g}$$

Τέλος, ανάλογα ισχύουν και για τον συμβολισμό των αξόνων διαγραμμάτων με βάση το σύστημα Guggenheim. Θα έχουμε την ευκαιρία σε επόμενα κεφάλαια να συναντήσουμε τον συμβολισμό αυτό.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- 1.1.** Τοποθετείστε στην κατάλληλη σειρά τα παρακάτω στάδια που περιλαμβάνονται σε μια επιστημονική μέθοδο.
- επιβεβαίωση μιας παρατήρησης με πείραμα,
 - επαναλαμβανόμενα πειράματα για τη συλλογή δεδομένων με στόχο την οργάνωσή τους,
 - πρόβλεψη μελλοντικών πειραματικών αποτελεσμάτων,
 - δημιουργία μιας ιδέας,
 - έκφραση της κανονικότητας που προκύπτει από πειραματικές παρατηρήσεις,
 - επιπλέον επιβεβαίωση με το πείραμα,
 - ερμηνεία των φαινομένων που παρατηρούμε.
- 1.2.** Ένας μεταλλουργός παρατηρεί ότι προσθέτοντας κάποια ουσία μέσα σ' ένα κράμα αυτό γίνεται πιο ανθεκτικό στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Με ποιόν τρόπο θα μπορούσε η παρατήρηση αυτή ν' αναπτυχθεί σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο.
- 1.3.** Σχολιάστε την παρακάτω πρόταση «Η αλήθεια ποτέ δεν αλλάζει· μόνο οι ιδέες μας για την αλήθεια αλλάζουν». Αποτελεί αυτή η πρόταση ένα γεγονός, μια θεωρία, ένα μοντέλο ή μια αρχή;
- 1.4.** Ποιές από τις παρακάτω παρατηρήσεις αποτελούν ποσοτικές μετρήσεις;
- ο σίδηρος εύκολα σκουριάζει,
 - μόνο οι μισές από τις θέσεις σ' έναν κινηματογράφο είναι γεμάτες,
 - η μέση ταχύτητα σ' αυτήν την περιοχή του δρόμου είναι 80 km/h,
 - η πυκνότητα του ελαιολάδου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του νερού.
- 1.5.** Πόσα σημαντικά ψηφία υπάρχουν στους παρακάτω αριθμούς:
- 1,0370
 - 0,000417,
 - 16,
 - 100,1,
 - 9,0010,
 - $6,022 \times 10^{23}$,
 - $3,65 \times 10^{-5}$.
- 1.6.** Προσδιορίστε τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων σε
- 0,00209 m,
 - 38,00 g,
 - 0,00103 mm
- 1.7.** Να στρογγυλοποιηθούν οι παρακάτω αριθμοί ως προς τον αναφερόμενο αριθμό σημαντικών ψηφίων.

φίων.

- α) $3,645 \times 10^5 \text{ A}\cdot\text{s}$ σε δύο σημαντικά ψηφία
- β) $6,023 \times 10^{23}$ άτομα σε ένα σημαντικό ψηφίο
- γ) $2,48 \text{ g}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ σε δύο σημαντικά ψηφία
- δ) $1,66 \times 10^{-27} \text{ g}\cdot\text{amu}^{-1}$ σε δύο σημαντικά ψηφία.

1.8. Σ' ένα πείραμα μετρήσαμε τις παρακάτω μάζες:

- α) $4,593 \times 10^{-3} \text{ g}$, β) $4,599 \times 10^{-3} \text{ g}$,
- γ) $45,94 \times 10^{-2} \text{ g}$, δ) $0,4595 \times 10^{-4} \text{ g}$.

Πόσα σημαντικά ψηφία υπάρχουν. Τοποθετήστε τα δεδομένα αυτά σε πίνακα σύμφωνα με το σύστημα Guggenheim.

1.9. Μια κάψουλα φαρμάκου περιέχει $0,115 \text{ g}$ δραστηκής ουσίας A, $0,221 \text{ g}$ δραστηκής ουσίας B και $0,0003 \text{ g}$ δραστηκής ουσίας Γ.

Ποιά θα είναι η ολική μάζα της κάψουλας.

1.10. $1,905 \text{ g}$ μιας σπάνιας ουσίας απομακρύνονται από ένα δείγμα μάζας $0,89 \times 10^4 \text{ g}$. Πόση ουσία έμεινε.

1.11. Να εκφραστούν τ' αποτελέσματα των παρακάτω υπολογισμών με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

- α) $0,0053 + 5,963 + 24,76 + 0,234 =$
- β) $656,29 - 654 =$
- γ) $(23,6 + 2,13 + 379) / 451 =$
- δ) $(27,5)^3 =$
- ε) $51 / 18,02 =$
- στ) $(6,022 \times 10^{23})(5,6 \times 10^{-2}) =$
- ζ) $(9,109558 \times 10^{-31} + 1,67252 \times 10^{-27} - 1,67482 \times 10^{-27})(2,997925 \times 10^8)^2 =$
- η) $\frac{(6,626196 \times 10^{-34})(2,997925 \times 10^8)}{(1,38062 \times 10^{-23})} =$

1.12. Αν εκφράσουμε το χρόνο χρησιμοποιώντας τα μετρικά προθέματα, πόσα seconds αντιστοιχούν σε μια μικρομέρα;

1.13. Να γίνουν οι παρακάτω μετατροπές μονάδων και να εκφραστούν τ' αποτελέσματα με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων:

- α) $1,2 \text{ m}$ σε mm ,
- β) $1,54 \text{ \AA}$ σε pm και σε nm ,
- γ) $186,000 \text{ miles}\cdot\text{s}^{-1}$ σε $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- δ) $8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ σε $\text{cal}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1.14. Συμπληρώστε τα παρακάτω κενά:

- α) $1 \text{ g} = \dots\dots\dots \text{mg}$
- β) $10 \text{ pm} = \dots\dots\dots \text{nm}$
- γ) $1 \text{ \AA} = \dots\dots\dots \text{pm}$
- δ) $10 \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{cm}$
- ε) $100 \text{ cm} = \dots\dots\dots \text{km}$
- στ) $0,205 \text{ kg} = \dots\dots\dots \text{mg}$
- ζ) $3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2} = \dots\dots\dots \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$
- η) $10 \text{ nm}^3 = \dots\dots\dots \text{m}^3$
- θ) $100 \text{ cm}^3 = \dots\dots\dots \text{nm}^3$
- ι) $2 \text{ kg}^2\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2} = \dots\dots\dots \text{g}^2\cdot\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$

1.15. Συμπληρώστε τα παρακάτω κενά

- α) $2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2} = \dots\dots\dots \text{g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-2}$
- β) $7.1 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} = \dots\dots\dots \text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$
- γ) $63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = \dots\dots\dots \text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$
- δ) $3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = \dots\dots\dots \text{miles/h}$
- ε) $1,3 \times 10^4 \text{ km} = \dots\dots\dots \text{miles}$

1.16. Το έτος φωτός είναι η απόσταση που διανύει το φως σε χρονικό διάστημα ενός έτους. Η ταχύτητα του φωτός είναι ίση με $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Να υπο-

λογιστεί η απόσταση που διανύει το φως σ' ένα έτος, τόσο σε m όσο και σε miles.

- 1.17.** Η ναφθαλίνη έχει σημείο τήξης 80°C και σημείο ζέσης 218°C . Υποθέσατε, ότι η ουσία αυτή χρησιμοποιείται για να ορίσουμε μια νέα κλίμακα θερμοκρασιών στην οποία το σημείο τήξης της ναφθαλίνης θα ήταν 0°N και το σημείο ζέσης της 100°N . Ποιό θα είναι το σημείο τήξης και το σημείο ζέσης του νερού σε $^{\circ}\text{N}$; Ποιά γενική σχέση θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε για τη συσχέτιση των θερμοκρασιών σε $^{\circ}\text{C}$ και $^{\circ}\text{N}$;
- 1.18.** Η τιμή της βενζίνης στην Αμερική είναι 3,28 U.S dollars (\$) το γαλλόνι (gal). Ποιά θα είναι η τιμή της βενζίνης σε δραχμές (δρχ.) ανά λίτρο (L) αν ένα gal είναι 4 quarts (qt) και κάθε qt είναι ισοδύναμο με 0,946 L.
(U.S. dollar = 230 δρχ.).
- 1.19.** Το άτομο του υδρογόνου έχει ακτίνα ίση με 0,12 nm. Αν το άτομο είναι σφαιρικό ποιός θα είναι ο

όγκος του σε m^3 .

- 1.20.** Σ' έναν κρύσταλλο τα διάφορα άτομα απέχουν μεταξύ τους $2,8 \text{ \AA}$. Πόσα άτομα θα βρίσκονται σε μια γραμμή μήκους 3 cm. Θεωρείστε ότι τα άτομα στον κρύσταλλο είναι διατεταγμένα σε σειρές.
- 1.21.** Η ακτίνα του ατόμου του άνθρακα που είναι σφαιρικό είναι $1,5 \times 10^{-10} \text{ m}$. Πόσα άτομα άνθρακα τοποθετούμενα το ένα δίπλα στο άλλο (εφαπτόμενες σφαίρες) χρειάζονται για να καλύψουν το μήκος μιας γραμμής ίσης με 3 cm.
- 1.22.** Σε 1 ml νερού υπάρχουν περίπου 3×10^{22} μόρια. Τα μόρια αυτά έχουν διάμετρο περίπου 2 \AA . Αν τοποθετήσουμε τα μόρια αυτά σε μια γραμμή το ένα δίπλα στο άλλο, πόσα ml νερού θα χρειαστούν για να καλύψουμε την απόσταση που απέχει από τη γη το πιο κοντινό αστέρι. Η απόσταση αυτή είναι ίση με 4,3 έτη φωτός και το έτος φωτός είναι η απόσταση που διανύει το φως σ' ένα έτος με ταχύτητα $3 \times 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Κεφάλαιο

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ



- 11.1. Εισαγωγή
- 11.2. Χημική συγγένεια και σθένος των στοιχείων
- 11.3. Σύμβολα Lewis και ηλεκτρονικοί τύποι των μορίων
- 11.4. Τύποι χημικών δεσμών
- 11.5. Ετεροπολικός ή ιοντικός δεσμός
- 11.6. Ομοιοπολικός δεσμός
- 11.7. Συντακτικοί τύποι των μορίων
- 11.8. Μόρια ελλειπή ηλεκτρονίων και υπερσθενή μόρια
- 11.9. Ελεύθερες ρίζες και πολυατομικά ιόντα
- 11.10. Πολωμένοι ομοιοπολικοί δεσμοί και πολικά μόρια
- 11.11. Ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής ή δοτικός δεσμός
- 11.12. Συντονισμός ή μεσομέρεια
- 11.13. Μεταλλικός δεσμός
- 11.14. Δυνάμεις Van der Waals
- 11.15. Δεσμός υδρογόνου ή γέυρα υδρογόνου
- 11.16. Ο αριθμός οξείδωσης και η σημασία του
- 11.17. Γραή των χημικών τύπων
- 11.18. Ονοματολογία απλών ανόργανων ενώσεων

Προβλήματα

11.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια από τις σπουδαιότερες ιδιότητες των ατόμων των στοιχείων είναι η ικανότητά τους να συνδυάζονται (να ενώνονται) μεταξύ τους και να σχηματίζουν μια τεράστια ποικιλία χημικών ενώσεων. Όμως, τι είναι αυτό που προσδίδει στα άτομα την ικανότητα αυτή; η ικανότητα αυτή των ατόμων είναι ίδια για όλα τα άτομα ή υπάρχουν σχετικές προτιμήσεις; με πόσα άτομα άλλου στοιχείου μπορεί να ενωθεί το άτομο κάποιου στοιχείου; γιατί τα προϊόντα του συνδυασμού των ατόμων, δηλαδή οι χημικές ενώσεις παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες; και τι είναι εκείνο που καθορίζει τη διαφορετική συμπεριφορά των χημικών ενώσεων;

Όλα αυτά τα ερωτήματα θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στο κεφάλαιο αυτό, δίνοντας τις θεωρίες και τη γλώσσα που περιγράφει τον τρόπο του συνδυασμού των ατόμων για το σχηματισμό των χημικών ενώσεων.

11.2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΓΓΕΝΕΙΑ ΚΑΙ ΣΘΕΝΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Αναφέραμε ήδη σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι η **χημική συγγένεια είναι η τάση των ατόμων των στοιχείων ν' αποκτήσουν μια από τις ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις**. Κι' αυτό το πετυχαίνουν με την αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων ή ακόμη και με το διαμοιρασμό ηλεκτρονίων με άτομα άλλων στοιχείων. Άρα λοιπόν το γιατί ενώνονται μεταξύ τους τα άτομα των διαφόρων στοιχείων για να σχηματίσουν τις χημικές ενώσεις οφείλεται στην τάση τους ν' αποκτήσουν μια ευσταθή ηλεκτρονική διαμόρφωση, δηλαδή οφείλεται στη χημική τους συγγένεια. Ο όρος χημική συγγένεια είναι ένας από τους πιο παλαιούς όρους της χημείας, που οριζόταν ως η τάση των ατόμων των στοιχείων να ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν χημικές ενώσεις. Μάλιστα δε, από πολύ νωρίς, οι επιστήμονες προσπάθησαν να μετρήσουν τη χημική συγγένεια των στοιχείων στηριζόμενοι στην ικανότητα ενός στοιχείου ν' αντικαθιστά ένα άλλο στοιχείο σε μια ένωσή του. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι σειρές δραστηριότητας των μετάλλων και των αλογόνων που είχαν αναπτυχθεί και που έδιναν μια εικόνα του μέτρου της χημικής συγγένειας των στοιχείων αυτών. Έτσι, λοιπόν, για τα μέταλλα αναπτύχθηκε μια σειρά δραστηριότητας, ένα μέρος της οποί-

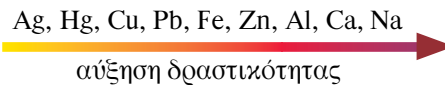
➡ Η τάση των ατόμων ν' αποκτήσουν ευσταθή ηλεκτρονική διαμόρφωση.



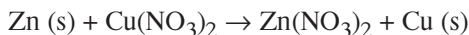
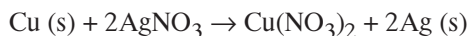
Ειχ. 11.1. Όταν το αέριο χλώριο διαβιβάζεται σε υδατικό διάλυμα KBr, το χλώριο αντικαθιστά το βρώμιο, οπότε προκύπτει υδατικό διάλυμα KCl και βρωμίων με πορτοκαλί χρώμα (χρώμα του Br₂).

☛ Η ικανότητα των ατόμων των στοιχείων να ενώνονται με ορισμένο αριθμό ατόμων άλλων στοιχείων.

ας δίνεται παρακάτω:

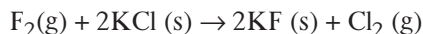
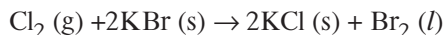
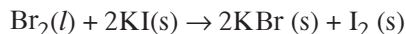


Στη σειρά αυτή το πιο δραστικό μέταλλο αντικαθιστά το λιγότερο δραστικό μέταλλο σε μια ένωσή του. Π.χ.,

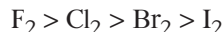


Σήμερα η σειρά αυτή της δραστηριότητας των μετάλλων δεν αποτελεί κάτι το μυστήριο, αφού είναι φυσικό το πιο ηλεκτροθετικό στοιχείο να είναι και το πιο δραστικό. Κατά συνέπεια το πιο ηλεκτροθετικό στοιχείο αντικαθιστά πάντοτε το λιγότερο ηλεκτροθετικό στοιχείο σε μια ένωσή του. Σημειώστε ότι η παραπάνω σειρά ταυτίζεται πράγματι με τη σειρά της ηλεκτροθετικότητας των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα.

Ανάλογη σειρά αναπτύχθηκε και για τα αλογόνα με βάση τις αντιδράσεις αντικατάστασης του ενός από το άλλο. Π.χ.,



Είναι φανερό ότι η σειρά δραστηριότητας των αλογόνων που εκφράζει και τη σειρά της χημικής συγγένειας των αλογόνων με τα μέταλλα (στη συγκεκριμένη περίπτωση το K) θα είναι:



Και η σειρά αυτή αντικατοπτρίζει σήμερα τη σειρά της ηλεκτραρνητικότητας των αλογόνων και όπως είναι φυσικό το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο θ' αντικαθιστά το λιγότερο ηλεκτραρνητικό σε μια ένωσή του.

Σε αντίθεση με τη χημική συγγένεια που αποτελεί το αίτιο του σχηματισμού μιας ένωσης, το **σθένος** είναι η ιδιότητα των ατόμων που δίνει συγκεκριμένη μορφή στην ένωση. Έτσι, το σθένος ορίζεται ως *η ικανότητα των ατόμων των στοιχείων να ενώνονται με ορισμένο αριθμό ατόμων άλλων στοιχείων για να σχηματίσουν χημικές ενώσεις*. Ως μέτρο καθορισμού της αριθμητικής τιμής του σθένους των στοιχείων χρησιμοποιήθηκε αρχικά ο αριθμός των ατόμων υδρογόνου

(σθένος ως προς υδρογόνο) ή ο αριθμός των ατόμων οξυγόνου (σθένος ως προς οξυγόνο) με τα οποία ενώνεται το άτομο ενός στοιχείου για να σχηματίσει ενώσεις. Όμως, τίποτε απ' αυτά δεν ισχύει σήμερα, αφού με βάση την ηλεκτρονική θεωρία το **σθένος** ορίζεται ως η *ικανότητα των ατόμων των στοιχείων ν' αποβάλλουν ή να προσλαμβάνουν ή και να διαμοιράζονται συγκεκριμένο αριθμό ηλεκτρονίων που απαιτείται για ν' αποκτήσουν ευσταθή ηλεκτρονική διαμόρφωση*. Στην περίπτωση της απαίτησης για αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων από τα άτομα, το σθένος τους αναφέρεται ως **ιονικό ή ετεροπολικό σθένος** και είναι αριθμητικά ίσο με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που αποβάλλονται ή προσλαμβάνονται από τα άτομα στην προσπάθειά τους (χημική συγγένεια) ν' αποκτήσουν ευσταθή ηλεκτρονική διαμόρφωση. Επειδή όμως η αποβολή ή η πρόσληψη ηλεκτρονίων συνεπάγονται τη δημιουργία ιόντων, το ιονικό σθένος ταυτίζεται αριθμητικά με τα φορτία των ιόντων που σχηματίζονται. Στην περίπτωση των κατιόντων το σθένος έχει θετική τιμή και ονομάζεται **ηλεκτροθετικό σθένος**, ενώ στην περίπτωση των ανιόντων το σθένος έχει αρνητική τιμή και ονομάζεται **ηλεκτραρνητικό σθένος**. Σημειώστε, ότι ιονικό σθένος παρουσιάζουν τα πολύ ηλεκτροθετικά και τα πολύ ηλεκτραρνητικά στοιχεία. Αντίθετα, τα λιγότερο ηλεκτροθετικά και λιγότερο ηλεκτραρνητικά στοιχεία όταν ενώνονται μεταξύ τους αποκτούν τις ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις με διαμοιρασμό ηλεκτρονίων και τη δημιουργία κοινών ζευγών ηλεκτρονίων. Στην περίπτωση αυτή το σθένος ονομάζεται **ομοιοπολικό σθένος** και είναι αριθμητικά ίσο με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που συνεισφέρει το κάθε άτομο ή καλύτερα ίσο με τον αριθμό των κοινών ζευγών ηλεκτρονίων που δημιουργούνται μεταξύ των ατόμων. Επειδή τα ηλεκτρόνια που συνεισφέρει το κάθε άτομο είναι κατά κανόνα μονήρη ηλεκτρόνια, γι' αυτό και λέμε πολλές φορές ότι το ομοιοπολικό σθένος είναι ο αριθμός των μονήρων ηλεκτρονίων που φέρει στην εξωτερική του στοιβάδα το άτομο ενός στοιχείου. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό γιατί την εξωτερική στοιβάδα των ατόμων ονομάσαμε και στοιβάδα σθένους. Είναι η στοιβάδα που περιέχει τα ηλεκτρόνια σθένους, δηλαδή τα ηλεκτρόνια που καθορίζουν τα σθένη των ατόμων. Γνωρίζοντας λοιπόν τη στοιβάδα σθένους των ατόμων μπορούμε να προβλέψουμε και τα σθένη των στοιχείων. Ας δούμε μερικά παραδείγματα:

Παράδειγμα 11.1. Ποιά είναι τα σθένη του ατόμου του Na;

Λύση: Γράφουμε με τους γνωστούς τρόπους την ηλεκτρονική διαμόρφωση του ατόμου του Na:



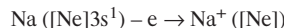
Είναι φανερό ότι το άτομο του Na αποκτά ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις με τις εξής διε-

Η ικανότητα των ατόμων των στοιχείων ν' αποβάλλουν ή να προσλαμβάνουν ή και να διαμοιράζονται συγκεκριμένο αριθμό ηλεκτρονίων που απαιτείται για ν' αποκτήσουν ευσταθή ηλεκτρονική διαμόρφωση.



Η αντίδραση του νερού με νάτριο (α) και κάλιο (β). Πρόκειται για βίαιες αντιδράσεις στις οποίες παράγεται υδρογόνο, H_2 και υδροξείδια των μετάλλων, NaOH ή KOH .

γασίες:



(το σύμβολο = σημαίνει διαμοιράζεται ηλεκτρόνιο μ' άλλο άτομο και δημιουργείται κοινό ζεύγος).

Στην πρώτη διεργασία το Na έχει ιονικό σθένος (ηλεκτροθετικό) +1. Αυτό είναι και το κύριο σθένος του Na, αφού είναι πολύ ηλεκτροθετικό στοιχείο.

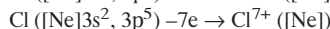
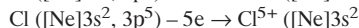
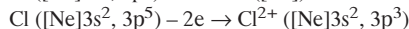
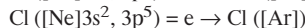
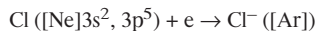
Στη δεύτερη διεργασία το Na έχει ομοιοπολικό σθένος 1 (ένα μονήρες ηλεκτρόνιο στη στοιβάδα σθένους). Το ομοιοπολικό σθένος του Na είναι σπάνιο, αφού είναι πολύ ηλεκτροθετικό στοιχείο.

Παράδειγμα 11.2. Ποιά είναι τα σθένη του ατόμου του Cl;

Λύση: Η ηλεκτρονική διαμόρφωση του ατόμου του Cl είναι:



Το άτομο του Cl αποκτά ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις με τις παρακάτω διεργασίες:



Στην πρώτη διεργασία το Cl έχει ιονικό σθένος (ηλεκτραρνητικό σθένος) -1. Αυτό είναι και το κύριο ιονικό σθένος του Cl, αφού είναι πολύ ηλεκτραρνητικό στοιχείο.

Στη δεύτερη διεργασία το Cl έχει ομοιοπολικό σθένος 1 (ένα μονήρες ηλεκτρόνιο στη στοιβάδα σθένους, αφού τα πέντε ηλεκτρόνια στα p τροχιακά κατανέμονται σύμφωνα με τον κανόνα του Hund ως εξής: $3p_x^2, 3p_y^2, 3p_z^1$). Αυτό είναι και το κύριο ομοιοπολικό σθένος του Cl.

Στις άλλες τρεις διεργασίες το Cl έχει ιονικά σθένη +2, +5 και +7. Όμως, τα σθένη αυτά δεν αποτελούν στην πραγματικότητα σθένη με την έννοια που τα ορίσαμε, αφού το Cl ως ηλεκτραρνητικό στοιχείο δεν μπορεί ν' αποβάλλει ηλεκτρόνια. Οι αριθμοί αυτοί, που πράγματι υπάρχουν για το χλώριο, έχουν άλλη έννοια και αποτελούν τους αριθμούς οξείδωσης, τους οποίους όμως θα συζητήσουμε αργότερα στο κεφάλαιο αυτό. Επομένως ως σθένη του Cl δεχόμαστε το ιονικό σθένος -1 και το ομοιοπολικό σθένος 1.

Από τα παραπάνω παραδείγματα γίνεται φανερό ότι το σθένος των στοιχείων δεν αποτελεί μια σταθερή ιδιότητά τους. Μπορεί η τιμή του να είναι διαφορετική, καθώς και το είδος του να είναι διαφορετικό ανάλογα με το είδος της ένωσης του στοιχείου. Επίσης, είναι φανερό, ότι κάθε στοιχείο μπορεί να έχει περισσότερα του ενός σθένη, όμως τα περισσότερα απ' αυτά δεν αποτελούν σθένη με τη στενή τους έννοια, αλλά αριθμούς οξείδωσης του στοιχείου, μιας πιο γενικής έννοιας, την οποία και θα αναπτύξουμε αργότερα στο κεφάλαιο αυτό. Όμως, ας μη ξεχνάμε, ότι και τους αριθμούς οξείδωσης τους ταύτιζαν παλαιότερα με τα σθένη των στοι-

χείων ως προς το οξυγόνο. Έτσι, π.χ. το μεγαλύτερο σθένος του Cl ως προς το οξυγόνο ήταν +7, αφού η ένωση τους είχε τον τύπο Cl_2O_7 . Επίσης το Cl έχει σθένη ως προς οξυγόνο και +5 (Cl_2O_5) και +2 (ClO), κ.ά. Για να υπάρχει λοιπόν κάποια σύνδεση μεταξύ της έννοιας του **αριθμού οξείδωσης** και της παλαιότερης γνώμης για τα σθένη ως προς το οξυγόνο και ως προς το υδρογόνο των στοιχείων, συνηθίζεται ακόμη και σήμερα ο αριθμός οξείδωσης ν' αναφέρεται και ως **τυπικό σθένος** των στοιχείων.

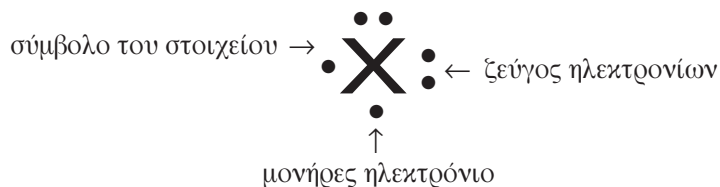


Εικ. 11.2. Gilbert N. Lewis, Αμερικανός Χημικός στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley. Εκτός από τη μέθοδο γραφής των μοριακών τύπων που εισήγαγε διέπρεψε επίσης στο χώρο της χημικής θερμοδυναμικής. Συνέβαλε στη δημιουργία ενός από τα ισχυρότερα χημικά τμήματα στον κόσμο, στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας.

➡ Σύμβολα των χημικών στοιχείων που φέρουν γύρω τους τα ηλεκτρόνια σθένους με τη μορφή κοκκίδων.

11.3. ΣΥΜΒΟΛΑ LEWIS ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ

Tα ηλεκτρόνια σθένους είναι αυτά που παίζουν το ρόλο κλειδί στη χημική συμπεριφορά των στοιχείων. Για να έχουμε λοιπόν μια όσο το δυνατόν πιο απλή εικόνα των ηλεκτρονίων σθένους ενός ατόμου, ο Αμερικανός χημικός **G. N. Lewis** πρότεινε το 1916 ένα απλό συμβολισμό τους που αναφέρεται ως **συμβολισμός Lewis**. Σύμφωνα με το συμβολισμό αυτό τα ηλεκτρόνια σθένους παριστάνονται με κοκκίδες (ή με x, ή με o, κ.λ.π.) γύρω από το σύμβολο του στοιχείου. Έτσι προκύπτουν τα γνωστά **σύμβολα Lewis**, που έχουν τη γενική μορφή:



Στο παραπάνω γενικό σύμβολο Lewis, ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους είναι συνολικά 6 και απ' αυτά δύο είναι μονήρη ηλεκτρόνια, ενώ τ' άλλα τέσσερα σχηματίζουν δύο ζεύγη ηλεκτρονίων. Το πόσα ζεύγη και πόσα μονήρη ηλεκτρόνια σθένους υπάρχουν στα άτομα του κάθε στοιχείου μας το δίνει η ηλεκτρονική διαμόρφωση της στοιβάδας σθένους τους. Στον πίνακα 11.1 δίνονται τα σύμβολα Lewis για τα 20 πρώτα στοιχεία του περιοδικού πίνακα, που όλα ανήκουν στις κύριες ομάδες του. Σημειώστε ότι ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους του κάθε στοιχείου ταυτίζεται με τον αριθμό της ομάδας του περιοδικού πίνακα (επάνω αριθμηση), ενώ ο αριθμός των μονήρων ηλεκτρονίων δίνεται στο κάτω μέρος του πίνακα.

Η χρησιμοποίηση των συμβόλων Lewis στη γραφή των μοριακών τύπων των

Πίνακας 11.1. Σύμβολα Lewis των 20 πρώτων στοιχείων του περιοδικού πίνακα.

1	2	3	4	5	6	7	8
H·							He:
Li·	·Be·	·B·	·C·	·N·	·O·	·F·	·Ne:
Na·	·Mg·	·Al·	·Si·	·P·	·S·	·Cl·	·Ar:
K·	·Ca·						
1	2	3	4	3	2	1	0

❖ Οι ηλεκτρονικοί τύποι των μορίων μας εκφράζουν ό,τι και οι μοριακοί τύποι και επιπλέον μας δείχνουν τον τρόπο κατανομής των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων που αποτελούν το μόριο.

ενώσεων μας οδηγεί στους **ηλεκτρονικούς τύπους των μορίων** που ονομάζονται πολλές φορές και **τύποι Lewis**. Έτσι, ο ηλεκτρονικός τύπος ενός μορίου μας εκφράζει ό,τι και ο μοριακός τύπος, επιπλέον όμως μας δείχνει και τον τρόπο κατανομής των ηλεκτρονίων στις εξωτερικές στοιβάδες (ηλεκτρόνια σθένους) των ατόμων που αποτελούν το μόριο. Το πώς όμως μπορούμε να γράψουμε τον ηλεκτρονικό τύπο μιας ένωσης θα το δούμε στη συνέχεια, αφού πρώτα κατανοήσουμε το είδος των δυνάμεων που συγκρατούν τα άτομα ενωμένα μεταξύ τους στα μόρια. Και οι δυνάμεις αυτές δεν είναι τίποτε άλλο από τον ονομαζόμενο στη Χημεία **χημικό δεσμό**.

11.4. ΤΥΠΟΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΕΣΜΩΝ

❖ Η δύναμη που συγκρατεί τα άτομα ενωμένα μεταξύ τους στο μόριο μιας ένωσης.

Ο χημικός δεσμός ορίζεται ως η δύναμη που συγκρατεί τα άτομα ενωμένα μεταξύ τους στο μόριο μιας ένωσης. Οι τύποι (τα μοντέλα) των χημικών δεσμών που συναντάμε στη Χημεία είναι δύο:

1. ο ετεροπολικός ή ιονικός δεσμός και
2. ο ομοιοπολικός δεσμός.

Μεταξύ, όμως, των δύο ακραίων αυτών τύπων δεσμών υπάρχει μια άπειρη σει-