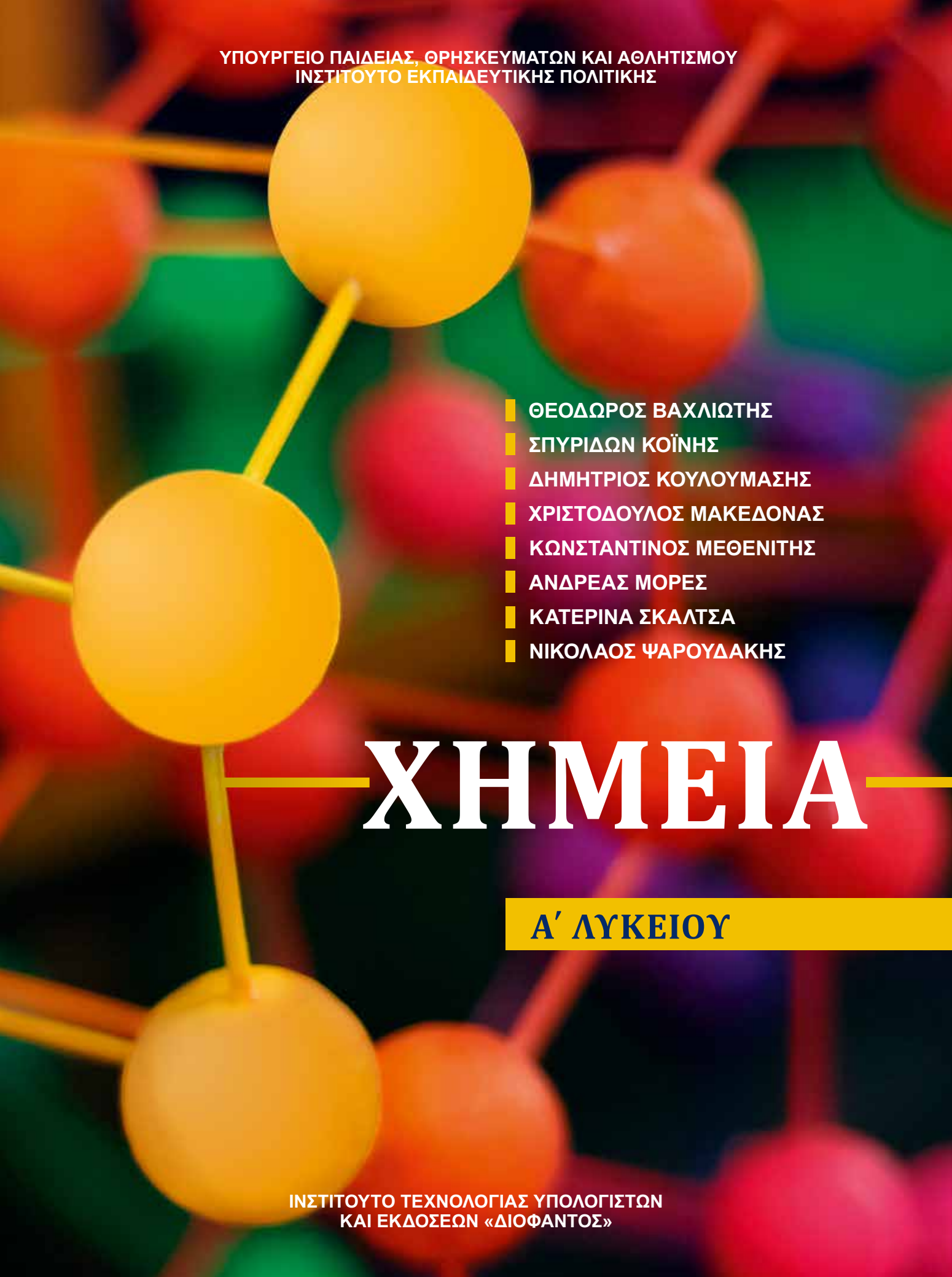
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ



ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΒΑΧΛΙΩΤΗΣ
ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΪΝΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΟΥΛΟΥΜΑΣΗΣ
ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ ΜΑΚΕΔΟΝΑΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΕΘΕΝΙΤΗΣ
ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΟΡΕΣ
ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΣΚΑΛΤΣΑ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΨΑΡΟΥΔΑΚΗΣ

ΧΗΜΕΙΑ

Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΧΗΜΕΙΑ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Επιστημονική Επιτροπή Αξιολόγησης	
Συντονιστής/τρια / Αξιολογητής/τρια	**Κολοβός Κωνσταντίνος** Εν ενεργεία μέλος Διδακτικού Ερευνητικού Προσωπικού Πανεπιστημίου
Αξιολογητής/τρια	**Σταμάτης Νικόλαος** Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός
Αξιολογητής/τρια	**Βαμνιές Δημήτριος** Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός
Τεχνικός Εμπειρογνώμονας	**Αναγνώστου Αλέξανδρος Σταύρος** Πτυχιούχος Πληροφορικής
Τεχνικός Εμπειρογνώμονας	**Μποζιονέλος Γαβριήλ** Πτυχιούχος γραφιστικής
Υπεύθυνος/η του μαθήματος/γνωστικού αντικειμένου στο πλαίσιο της Πράξης	**Ειρήνη Γεωργάκη,** Σύμβουλος Α΄ ΙΕΠ, μέλος της Επιστημονικής Ομάδας Έργου (ΕΟΕ) της Πράξης

Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή, Αξιολόγηση και Ενταξη διδακτικών βιβλίων στο Μητρώο Διδακτικών Βιβλίων και στην Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Διδακτικών Βιβλίων» με κωδικό ΟΠΣ 6010165 στο Πρόγραμμα «Ανθρώπινο Δυναμικό και Κοινωνική Συνοχή» 2021-2027

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Σπυρίδων Δουκάκης

Πρόεδρος του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Υπεύθυνη Πράξης

Πολυξένη Μπίλλα

Σύμβουλος Α΄ του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Προϊσταμένη Τμήματος Β΄ Προγραμμάτων Σπουδών και Εκπαιδευτικού Υλικού

Αναπληρώτρια Υπεύθυνη Πράξης

Άννα-Αικατερίνη Λυκούρη

Σύμβουλος Α΄ του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

«Με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ενωσης»
και το Πρόγραμμα «Ανθρώπινο Δυναμικό και Κοινωνική Συνοχή»

Μητρώο Διδακτικών Βιβλίων

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Υπουργείο Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού

ΙΕΠ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΣΠΑ 2021-2027

Πρόγραμμα Ανθρώπινο Δυναμικό και Κοινωνική Συνοχή

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΧΗΜΕΙΑ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Δρ. Θεόδωρος Βαχλιώτης
2ο ΓΕ.Λ. Νέας Ιωνίας

Δρ. Σπυρίδων Κοΐνης
Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

Δημήτριος Κουλουμάσης, MSc
Λεόντειος Σχολή Νέας Σμύρνης

Δρ. Χριστόδουλος Μακεδόνας
Ευαγγελική Σχολή Σμύρνης

Δρ. Κωνσταντίνος Μεθενίτης
Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.
Διευθυντής Σπουδών στο Δ.Π.Μ.Σ.
Δι.Χη.Ν.Ε.Τ.-Ε.Α.Α.

Δρ. Ανδρέας Μορές
Ε.ΔΙ.Π., Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

Κατερίνα Σκαλτσά, MSc
1ο ΓΕ.Λ. Αργυρούπολης

Δρ. Νικόλαος Ψαρουδάκης
Επικ. Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ"

UNIBOOKS

Συγγραφείς:
Θεόδωρος Βαχλιώτης (2ο ΓΕ.Λ. Νέας Ιωνίας), Σπυρίδων Κοΐνης (Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α), Δημήτριος Κουλουμάσης (Λεόντειος Σχολή Νέας Σμύρνης), Χριστόδουλος Μακεδόνας (Ευαγγελική Σχολή Σμύρνης), Κωνσταντίνος Μεθενίτης (Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.), Ανδρέας Μορές (Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.), Κατερίνα Σκαλτσά (1ο ΓΕ.Λ. Αργυρούπολης), Νικόλαος Ψαρουδάκης (Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.)

Επιμέλεια κειμένου: Γεώργιος Γεωργόπουλος

Επιμέλεια έκδοσης: Κατερίνα Δανδουλάκη-Χιόνη

Γραφιστική επιμέλεια – Σελιδοποίηση: Μαρία Καψάλη

Δημιουργία εξωφύλλου: Μαρία Παπαευσταθίου

Επεξεργασία εικόνων: Νίκος Γλυκέας

Υπεύθυνος παραγωγής: Νίκος Γλυκέας

Φωτογράφιση - Βιντεοσκόπηση Πειραμάτων: Σωτήρης Καλοτεράκης

Δήλωση για τα σχήματα κ.λπ.

Τα σχήματα, οι δισδιάστατες και οι τρισδιάστατες απεικονίσεις, οι πίνακες και τα διαγράμματα, με εξαίρεση όσα αναφέρουν πηγή στη λεζάντα τους, αποτελούν πρωτότυπα δημιουργημένα από την συγγραφική ομάδα και τον εκδοτικού οίκου.

Όσες φωτογραφίες δεν αναφέρουν συγκεκριμένη πηγή στην λεζάντα προέρχονται από το Shutterstock.

Οι φωτογραφίες των πειραμάτων είναι πρωτότυπες και ανήκουν στον εκδοτικό οίκο.

Παραχώρηση Άδειας Χρήσης Λογισμικού LearnChem:
Dr. John R. De Backere (Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου του Τορόντο), Marc A. Zambri (Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Τορόντο)

Παραχώρηση Άδειας Χρήσης Εικόνων,
Πειραμάτων, Ψηφιακών Αντικειμένων (όπου αναφέρονται στις πηγές τους):
Dr. Eiichi Nakamura (Καθηγητής Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου του Τόκιο), Bob Worley (Fellow of the Royal Society of Chemistry), Dr. Eric R. Scerri (Καθηγητης Τμήματος Χημείας και Βιοχημείας Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια, Λος Άντζελες), Dr. Robert Krickl (Κρυσταλλογράφος και κάτοχος ρεκόρ Guinness), Dr. Gren N. Patey (Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου της Βρετανικής Κολομβίας), Δρ. Gabriele Lanaro (Ερευνητής, Τμήμα Χημείας Πανεπιστήμιο Βρετανικής Κολομβίας)

Τεχνική Υλοποίηση Ψηφιακών Αντικειμένων: Γαβριήλ Νικολάου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 11

Κεφάλαιο 0
Λογισμικά και Εφαρμογές 15

0.1. Η Εφαρμογή LEARN CHEM 16
0.2. Το Λογισμικό ChemSketch 18

Κεφάλαιο 1
Η Χημεία στην Καθημερινή Ζωή και την Κοινωνία 21

1.1. Η Επιστημονική Αξία της Χημείας και οι Εφαρμογές της 23
1.2. Η Μεθοδολογία της Χημείας 25
1.2.1. Μαθαίνω να εργάζομαι με ασφάλεια στον χώρο του εργαστηρίου 26
1.2.1.1. Οι κανόνες ασφαλείας στο Εργαστήριο Χημείας 26
1.2.1.2. Σύμβολα επικινδυνότητας χημικών ουσιών 27
1.2.2. Η επιστημονική μεθοδολογία στη Χημεία 28
Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 31
Γλωσσάριο 32

Κεφάλαιο 2
Η Δομή του Ατόμου – Ο Περιοδικός Πίνακας 33

2.1. Η Δομή του Ατόμου 35
2.1.1. Το μοντέλο του Bohr 37
2.1.2. Ατομικός και Μαζικός Αριθμός – Ισότοπα – Σχετική Ατομική και Μοριακή Μάζα 40
2.1.2.1. Ατομικός και Μαζικός Αριθμός – Ισότοπα 40
2.1.2.2. Σχετική Ατομική και Μοριακή Μάζα 42
2.1.3. Ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων 46
2.1.3.1. Οι κανόνες Bohr-Bury 46
2.1.3.2. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στην ηλεκτρονιακή δομή: Και εγένετο φως! 50
Εννοιολογικός Χάρτης 2.1 52
2.2. Ο Περιοδικός Πίνακας 53
2.2.1. Η ταξινόμηση των χημικών στοιχείων 53
2.2.1.1. Γίνε Μεντελέγιεβ για 1 ημέρα! 53
2.2.1.2. Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας 54
2.2.2. Ομάδες και Περίοδοι του Περιοδικού Πίνακα 56

2.2.2.1. Οι Ομάδες του Περιοδικού Πίνακα ... 56
2.2.2.2. Η ατομική ακτίνα ... 57
2.2.2.3. Οι Περίοδοι του Περιοδικού Πίνακα ... 60
2.2.3. Η θέση των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα ... 63
Εννοιολογικός Χάρτης 2.2 ... 69
Γλωσσάριο ... 70
Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών ... 72
Ερωτήσεις και Ασκήσεις ... 74

Κεφάλαιο 3

Ο Χημικός Δεσμός ... 79

3.1. Ο Χημικός Δεσμός ... 81
3.1.1. Εισαγωγή στον Χημικό Δεσμό ... 81
3.1.1.1. Η θεωρία του Lewis ... 82
3.1.1.2. Τα σύμβολα Lewis ... 82
3.1.1.3. Προσεγγίζοντας τον χημικό δεσμό ... 83
3.1.2. Ο ιοντικός δεσμός ... 83
3.1.2.1. Ο σχηματισμός των ιόντων ... 84
3.1.2.2. Οι δυνάμεις Coulomb ... 85
3.1.2.3. Η απεικόνιση της δημιουργίας του ιοντικού δεσμού ... 87
3.1.2.4. Οι ιδιότητες των ιοντικών ενώσεων ... 88
3.1.3. Ο Ομοιοπολικός Δεσμός ... 91
3.1.3.1. Ο σχηματισμός κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων με αμοιβαία συνεισφορά ... 93
3.1.3.2. Ο σχηματισμός του δεσμού ... 94
3.1.3.3. Ο διπλός και ο τριπλός δεσμός ... 96
3.1.3.4. Η πόλωση του ομοιοπολικού δεσμού ... 96
3.1.3.5. Οι χάρτες του ηλεκτροστατικού δυναμικού (χάρτες EPM) ... 98
3.1.3.6. Η ηλεκτραρνητικότητα ... 100
3.1.3.7. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στην ηλεκτραρνητικότητα ... 101
3.1.3.8. Ο ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής (ο δοτικός ομοιοπολικός δεσμός) ... 103
3.1.3.9. Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των ομοιοπολικών ενώσεων ... 104
3.1.3.10. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στα χαρακτηριστικά των ιοντικών και των ομοιοπολικών ενώσεων ... 105
3.1.4. Ενότητα εμβάθυνσης: Ο μεταλλικός δεσμός ... 108
3.2. Οι Διαμοριακές Δυνάμεις ... 110
3.2.1. Η διπολική ροπή ... 111
3.2.1.1. Το εύρος της πόλωσης του ομοιοπολικού δεσμού ... 113
3.2.1.2. Η διπολική ροπή στα πολυατομικά μόρια ... 114
3.2.2. Τα είδη των διαμοριακών δυνάμεων ... 118
3.2.2.1. Οι δυνάμεις διασποράς ... 119
3.2.2.2. Οι δυνάμεις ενισχύονται ... 120

3.2.2.3. Οι δεσμοί υδρογόνου 123
3.2.2.4. Οι δεσμοί ιόντος-διπόλου και τα εφυδατωμένα ιόντα 127
3.2.3. Διαμοριακές δυνάμεις και φυσικές ιδιότητες ουσιών 130
3.2.4. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στη διπολική ροπή 135
3.2.5. Κατασκευή προσομοιωμάτων 139
Εννοιολογικός Χάρτης 3ης Ενότητας 141
Γλωσσάριο 142
Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών 144
Ερωτήσεις, Ασκήσεις και Προβλήματα 145

Κεφάλαιο 4
Η Γλώσσα της Ανόργανης Χημείας 153

4.1. Τα Μονοατομικά και Πολυατομικά Ιόντα 155
4.1.1. Τα μονοατομικά ιόντα 155
4.1.2. Τα πολυατομικά ιόντα 156
Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.1 159
4.2. Ο Αριθμός Οξείδωσης 160
Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.2 166
4.3. Ο Συμβολισμός και η Γραφή των Ανόργανων Ενώσεων 167
4.3.1. Η γραφή των ιοντικών ενώσεων 168
4.3.2. Αναγνωρίζοντας χημικές ενώσεις από τον χημικό τους τύπο 170
4.3.2.1. Τα οξέα 170
4.3.2.2. Οι βάσεις 171
4.3.2.3. Τα άλατα 171
4.3.2.4. Τα οξείδια 172
Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.3 173
4.4. Η Ονοματολογία των Ανόργανων Ενώσεων 174
4.4.1. Ονομάζοντας μια χημική ένωση, όταν γνωρίζουμε τον χημικό της τύπο 175
4.4.1.1. Ονοματολογία ενώσεων εκτός οξυγονούχων οξέων 175
4.4.1.2. Ονοματολογία οξυγονούχων οξέων 177
4.4.2. Γράφοντας τον χημικό τύπο μιας ένωσης, όταν γνωρίζουμε την ονομασία της 178
Γλωσσάριο 179
Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών 180
Ερωτήσεις και Ασκήσεις 181

Κεφάλαιο 5
Εισαγωγή στις Χημικές Αντιδράσεις 185

5.1. Η Αναπαράσταση των Χημικών Φαινομένων: Οι Χημικές Εξισώσεις 187
5.1.1. Η χημική αντίδραση - Αντιδρώντα και προϊόντα 187
5.1.2. Η χημική εξίσωση 188

5.1.3. Η διατήρηση της μάζας ... 190
5.1.4. Ισοσταθμίζοντας χημικές εξισώσεις ... 192
Εννοιολογικός Χάρτης 5.1 ... 199
5.2. Οι Ιδιότητες των Υδατικών Διαλυμάτων ... 200
5.2.1. Η διάκριση των ουσιών σε ηλεκτρολύτες και μη ηλεκτρολύτες ... 201
5.2.2. Οι ιοντικές ενώσεις είναι ηλεκτρολύτες ... 203
5.2.3. Μοριακά διαλύματα ... 207
5.2.4. Ηλεκτρολυτικά διαλύματα μοριακών ενώσεων ... 208
5.2.5. Ισχυροί και ασθενείς ηλεκτρολύτες ... 209
Εννοιολογικός Χάρτης 5.2 ... 212
5.3. Οι Μεταθετικές Αντιδράσεις ... 213
5.3.1. Οι αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων ... 213
5.3.1.1. Οι αντιδράσεις καταβύθισης ... 214
5.3.1.2. Η περιγραφή των αντιδράσεων καταβύθισης με χημικές εξισώσεις ... 217
5.3.1.3. Τα συνήθη ιζήματα και τα χαρακτηριστικά τους ... 219
5.3.1.4. Η έκλυση αερίου στις αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων ... 224
5.3.1.5. Οι χαρακτηριστικές αντιδράσεις και η ποιοτική ανάλυση ιόντων ... 226
5.3.1.6. Η ποιοτική ανάλυση των ιόντων ... 228
5.3.2. Οι αντιδράσεις εξουδετέρωσης ... 233
5.3.2.1. Τι είναι η αντίδραση εξουδετέρωσης; ... 233
5.3.2.2. Πλήρης και μερική εξουδετέρωση ... 236
5.4. Οι Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις ... 238
5.4.1. Γενικά ... 238
5.4.2. Είδη αντιδράσεων οξειδοαναγωγής ... 240
5.4.2.1. Οι αντιδράσεις σύνθεσης (σχηματισμού) μιας χημικής ένωσης ... 240
5.4.2.2. Οι αντιδράσεις αποσύνθεσης (αποσχηματισμού) μιας χημικής ένωσης ... 241
5.4.2.3. Οι αντιδράσεις διάσπασης μιας χημικής ένωσης ... 242
5.4.2.4. Οι αντιδράσεις απλής αντικατάστασης ... 242
5.4.3. Τα μέταλλα αντικαθιστούν μεταλλικά ιόντα σε ιοντικές ενώσεις ... 242
5.4.4. Η σειρά δραστικότητας των μετάλλων ... 245
5.4.5. Η διάλυση των μετάλλων στα οξέα ... 248
5.4.6. Η διάλυση των δραστικότερων μετάλλων στο κρύο νερό ... 249
5.4.7. Τα αμέταλλα αντικαθιστούν ιόντα αμετάλλων σε ιοντικές ενώσεις ... 249
5.4.8. Εφαρμογές των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων ... 250
5.4.9. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στο δίπτυχο Επιστήμη και Ηθική ... 253
Εννοιολογικός Χάρτης 5.3-5.4 ... 255
5.5. Χημικές Αντιδράσεις και Καθημερινή Ζωή ... 256
5.5.1. Παραδείγματα οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων ... 256
5.5.1.1. Ατελής καύση: Η τοξικότητα του άνθρακα οξειδίου (CO) ... 256
5.5.1.2. Η λεύκανση των μαλλιών ... 257
5.5.1.3. Ελεύθερες ρίζες και αντιοξειδωτικά ... 257
5.5.2. Οικιακά χημικά ... 258
5.5.2.1. Τα αβγά με τον πράσινο κρόκο ... 258
5.5.2.2. Και άλλα οικιακά χημικά ... 259

5.5.3. Οι μπαταρίες ... 260
Γλωσσάριο ... 261
Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών ... 263
Ασκήσεις και Προβλήματα ... 264

Κεφάλαιο 6

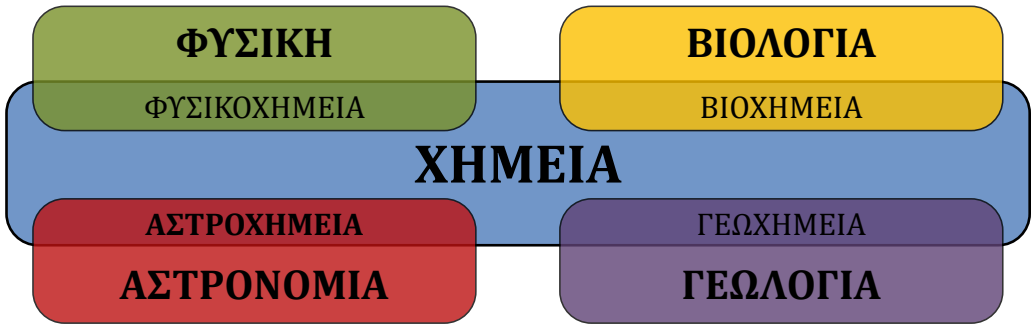
Στοιχειομετρία ... 275

6.1. Η Έννοια του mole ... 277
6.1.1. Το mole και η σταθερά του Avogadro ... 277
6.1.2. Τα mole ατόμων (ή ιόντων) των στοιχείων σε μια χημική ένωση ... 281
6.1.3. Η μολαρική μάζα ... 282
6.1.4. Σχέσεις για αλληλομετατροπές μάζας, mole και αριθμού σωματιδίων ... 284
Εννοιολογικός Χάρτης 6.1 ... 286
6.2. Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί Ι ... 287
6.2.1. Εισαγωγική δραστηριότητα στη στοιχειομετρία ... 287
6.2.2. Τι δείχνουν οι συντελεστές σε μια χημική εξίσωση; ... 289
6.2.3. Κάνοντας στοιχειομετρικούς υπολογισμούς ... 289
Εννοιολογικός Χάρτης 6.2 ... 292
6.3. Συγκέντρωση Διαλύματος ... 293
6.3.1. Η συγκέντρωση διαλύματος c (σε mol/L) ... 293
6.3.1.1. Μελετώντας την περιεκτικότητα διαλύματος ... 293
6.3.1.2. Τα όργανα μέτρησης του όγκου και η ακρίβεια των μετρήσεων ... 298
6.3.2. Αραίωση, συμπύκνωση, προσθήκη διαλυμένης ουσίας και ανάμειξη διαλυμάτων ... 301
6.3.2.1. Αραίωση διαλύματος ... 301
6.3.2.2. Η αραίωση στο σχολικό εργαστήριο ... 303
6.3.2.3. Εκτίμηση της συγκέντρωσης διαλυμένων αλάτων σε «ενεργειακά» ποτά του εμπορίου ... 304
6.3.2.4. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών ... 306
6.3.2.5. Συμπύκνωση διαλύματος ... 308
6.3.2.6. Προσθήκη διαλυμένης ουσίας ... 309
6.3.2.7. Ανάμειξη διαλυμάτων ... 310
6.3.2.8. Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί με διαλύματα ... 312
Εννοιολογικός Χάρτης 6.3 ... 314
Γλωσσάριο ... 314
Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών ... 315
Ερωτήσεις και Ασκήσεις ... 316

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ ... 321

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ-ΛΥΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ... 325

Η Χημεία ανήκει σε μια ευρύτερη ομάδα επιστημών που ονομάζονται Φυσικές Επιστήμες και έχουν σκοπό να μελετούν, με συστηματικό και λογικό τρόπο, τη Φύση και τον Κόσμο γύρω μας. Οι Φυσικές Επιστήμες περιλαμβάνουν τους επιστημονικούς κλάδους της Χημείας, της Φυσικής, της Βιολογίας, της Γεωλογίας και της Αστρονομίας. Αν και οι επιστήμες αυτές είναι διακριτές, τα όρια μεταξύ τους είναι ασαφή. Κανένας επιστημονικός κλάδος δεν είναι ανεξάρτητος. Αντίθετα, «δανείζουν» πληροφορίες και μεθόδους ο ένας στον άλλον. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η αλληλοεπικάλυψη της Χημείας με τους άλλους επιστημονικούς κλάδους των Φυσικών Επιστημών.



Ειδικότερα, Χημεία είναι η επιστήμη που μελετά την ύλη και τις μετατροπές που αυτή υφίσταται. Είναι μια αρχαία επιστήμη, η οποία διαρκώς εξελίσσεται και η πρόοδός της είναι άμεσα συνδεδεμένη τόσο με τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής μας όσο και με την προστασία και τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος. Η Χημεία μάς δίνει συνεχώς νέα φάρμακα, νέα υλικά, νέους ενεργειακούς πόρους και νέες και καθαρότερες τεχνικές παραγωγής. Αν δεν υπήρχαν τα επιτεύγματα της Χημείας, θα ζούσαμε πολύ λιγότερο και σε έναν κόσμο χωρίς τις σύγχρονες ανέσεις. Παρά το γεγονός ότι κατέχει την κεντρική θέση μεταξύ των Φυσικών Επιστημών, ένα μεγάλο μέρος της «κοινής γνώμης» θεωρεί τη Χημεία υπεύθυνη για τη ρύπανση, τη μόλυνση ή την καταστροφή του περιβάλλοντος. Η πραγματικότητα όμως είναι εντελώς διαφορετική. Δεν είναι υπεύθυνη η Χημεία, αλλά εμείς οι άνθρωποι που χρησιμοποιούμε τα επιτεύγματά της με λανθασμένο τρόπο. Άλλωστε, η Χημεία είναι η Επιστήμη η οποία, σε συνεργασία με άλλες Επιστήμες, καλείται να δώσει τις λύσεις σε αυτά τα προβλήματα.

Το βιβλίο της Χημείας Α΄ Λυκείου που έχετε στα χέρια σας έχει τρεις κύριους στόχους: (α) να σας εισαγάγει στις βασικές αρχές της Χημείας, (β) να σας δώσει την ευκαιρία να ενισχύσετε τις λεγόμενες «ήπιες δεξιότητές» σας, που αλλιώς λέγονται δεξιότητες του 21ου αιώνα, δηλαδή η κριτική ικανότητα, η αντιμετώπιση κρίσης και επίλυση προβλημάτων, η διαχείριση χρόνου, η αυτοεπίγνωση, η συνεργασία και ο αλληλοσεβασμός και (γ) να σας φέρει σε επαφή με τον «μαγικό κόσμο» της Χημείας μέσω εργαστηριακών δραστηριοτήτων.

Στο βιβλίο της Χημείας Α΄ Λυκείου έγινε προσπάθεια οι νέες έννοιες να εισαχθούν και να παρουσιαστούν με τρόπο απλό, αλλά ταυτόχρονα επιστημονικά ακριβή. Για να το καταφέρουμε αυτό χρειάστηκε να μελετήσουμε επισταμένως τη σύγχρονη βιβλιογραφία της Διδακτικής της Χημείας. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης θα το διαπιστώσετε σε αρκετές από τις επόμενες ενότητες, όπου ο τρόπος παρουσίασης των εννοιών είναι καινοτόμος. Παράλληλα, έγινε σημαντική προσπάθεια το βιβλίο μας να περιλαμβάνει πλούσιο οπτικοακουστικό υλικό μεταξύ των οποίων φωτογραφίες, εικόνες και βίντεο, τα οποία παρήχθησαν

αποκλειστικά για εσάς. Τα Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα (Ψ.Μ.Α.) που συνοδεύουν το βιβλίο μας σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με ιδιαίτερη προσοχή και αγάπη, με αποκλειστικό σκοπό να γίνει η μελέτη της Χημείας Α΄ Λυκείου μια ελκυστική και θετική εμπειρία για εσάς. Για τον σκοπό αυτόν αποφύγαμε την υπερβολική και στείρα ασκησιολογία. Αντίθετα, εμπλουτίσαμε κάθε κεφάλαιο με τεστ αυτοαξιολόγησης, ώστε να μπορείτε μόνοι/ες σας να αξιολογείτε τον βαθμό κατάκτησης των νέων εννοιών.

Το βιβλίο μας είναι ένα βιβλίο για όλους. Ο σκοπός του είναι να συμβάλλει στη δημιουργία πολιτών ευαισθητοποιημένων στα κοινωνικά προβλήματα, οι οποίοι είτε σε τοπικό είτε σε ευρύτερο περιβάλλον να μπορούν να συνεργάζονται, να εμπνέονται, να προτείνουν λύσεις και να τις εφαρμόζουν. Το σύγχρονο σχολείο καλείται να παίξει σημαίνοντα ρόλο σε αυτό και η φράση-κλειδί είναι η ανάπτυξη ήπιων δεξιοτήτων. Όπως ήδη αναφέραμε, ήπιες δεξιότητες είναι όλα εκείνα τα εφόδια που πρέπει να αποκτήσετε, ώστε να ανταποκρίνεστε στις σύγχρονες απαιτήσεις. Για παράδειγμα, θα πρέπει να αποκτήσετε κριτική ικανότητα καθώς και δυνατότητα να χρησιμοποιείτε την επιστημονική μεθοδολογία, προκειμένου να εξάγετε συμπεράσματα, αποφεύγοντας τις παρανοήσεις, την ψευδοεπιστήμη και τα fake news. Έτσι, θα αποκτήσετε κοινωνικές δεξιότητες, για να μπορείτε να επικοινωνείτε τα συμπεράσματα της δουλειάς σας και να συνεργάζεστε αρμονικά μεταξύ σας. Για να σας βοηθήσουμε να αντιμετωπίσετε αυτές τις προκλήσεις, σχεδιάσαμε πολλές ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες κατά τις οποίες με τρόπο επαγωγικό θα έχετε την ευκαιρία, από κοινού, να επιλύσετε κάποιο πρόβλημα εργαστηριακό ή θεωρητικό. Η φράση επαγωγικός τρόπος διδασκαλίας στην πράξη σημαίνει: τέρμα η «παπαγαλία» και η στείρα απομνημόνευση. Την εποχή της τεχνητής νοημοσύνης που διανύουμε η «παπαγαλία» είναι μια άχρηστη και ξεπερασμένη δεξιότητα. Τέλος, με την αυτοαξιολόγηση της δουλειάς σας γίνεται δυνατή η εξέλιξή σας μέσω μεθοδικής εργασίας.

Η Χημεία, ως πειραματική Επιστήμη, έχει ως φυσικό της χώρο το Εργαστήριο. Παρ' όλ' αυτά η προετοιμασία των πειραματικών διατάξεων και αντιδραστηρίων, καθώς και ο διαρκής έλεγχος των πειραματικών διεργασιών, συχνά αποτελούν δύσκολο έργο για τους/τις εκπαιδευτικούς. Προκειμένου να καταστήσουμε εφικτή τη διεξαγωγή πειραμάτων σε όσο το δυνατόν περισσότερα σχολεία, σχεδιάσαμε νέες πειραματικές πορείες, οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε μικροκλίμακα. Αυτό σημαίνει ότι αυτές οι πορείες θα είναι εύκολο να πραγματοποιηθούν χωρίς σπουδαίο εξοπλισμό. Παράλληλα δημιουργήσαμε βίντεο όλων των προτεινόμενων πειραμάτων χρησιμοποιώντας φακούς τελευταίας τεχνολογίας, ώστε ακόμα και αν δεν έχετε την ευκαιρία να πραγματοποιήσετε όλα τα προτεινόμενα πειράματα να αποκτήσετε μια σαφή και πλήρη εικόνα της διαδικασίας.

Συμπερασματικά, κύριος στόχος της συγγραφής αυτού του βιβλίου είναι να καταστήσει τη μελέτη της Χημείας μια ευχάριστη εμπειρία, συσχετίζοντας τη δομή και τη συμπεριφορά της ύλης με την καθημερινή ζωή. Οι ενότητες «Με το βλέμμα στον κόσμο» θα συνδράμουν σε αυτό και θα σας βοηθήσουν να αποκτήσετε κριτική σκέψη, κατανοώντας επιστημονικές έννοιες που αποτελούν, καθημερινά, τη βάση για τη λήψη σημαντικών αποφάσεων σχετικά με θέματα όπως η διαφορετικότητα, η υγεία, το κλίμα, το περιβάλλον, η οικονομία, η παγκόσμια ειρήνη και ευημερία.

Στην εισαγωγική ενότητα θα βρείτε προτάσεις για λογισμικά που θα βελτιώσουν σημαντικά τον τρόπο που θα βλέπετε τις διδασκόμενες έννοιες. Πρόκειται κατά τη γνώμη μας, για τα καλύτερα δωρεάν λογισμικά στον τομέα τους αυτή τη στιγμή (2024).

Στην 1η ενότητα θα προσεγγίσετε την επιστημονική μεθοδολογία και την εργαστηριακή πρακτική. Στην ενότητα αυτή δίνεται έμφαση στον τρόπο που εργάζεται ένας επιστήμονας-ερευνητής και για αυτόν τον λόγο η ενότητα δεν περιλαμβάνει ασκήσεις.

Στη 2η ενότητα θα γίνει μια καλή επανάληψη στις έννοιες που γνωρίσαμε στο Γυμνάσιο και αφορούν στη δομή του ατόμου, την ηλεκτρονιακή δομή και τον Περιοδικό Πίνακα, δίνοντας τελικά έμφαση στην ανάπτυξη μοτίβων με βάση τον νόμο της περιοδικότητας.

Στην 3η ενότητα θα μελετήσουμε τον χημικό δεσμό. Με άλλα λόγια θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα: «Για ποιον λόγο υπάρχουν γύρω μας χημικές ενώσεις και πώς από τα άτομα των στοιχείων δημιουργούνται οι πολυάριθμες ενώσεις και τα υλικά γύρω μας;».

Στην 4η ενότητα θα ασχοληθούμε κυρίως με την ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων σύμφωνα με τις οδηγίες της IUPAC .

Στην 5η ενότητα, που είναι η βασική ενότητα του παρόντος βιβλίου, θα ασκηθείτε για πολλές διδακτικές ώρες στο Εργαστήριο Χημείας! Θα πραγματοποιήσετε πολλά πειράματα, που θα σας βοηθήσουν να κατανοήσετε τις χημικές αντιδράσεις.

Τέλος, στην 6η ενότητα θα γνωρίσουμε τόσο θεωρητικά όσο και εργαστηριακά τον τρόπο που υπολογίζουμε την αναμενόμενη ποσότητα ενός προϊόντος και τη σχέση της με την ποσότητες των αντιδρώντων, σε μια χημική αντίδραση.

Το κύριο βάρος της συγγραφής του βιβλίου αυτού το επωμίστηκαν τα μέλη της συγγραφικής ομάδας μας, κ.κ. Χριστόδουλος Μακεδόνας και Θεόδωρος Βαχλιώτης.

Ευχαριστούμε θερμά τον επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου του Τορόντο Dr. John R. De Backere και τον φοιτητή του κ. Marc A. Zambri για την παραχώρηση των δικαιωμάτων δωρεάν χρήσης του λογισμικού επαυξημένης πραγματικότητας LEARNCHEM στους/στις Έλληνες/ίδες μαθητές/ριες. Επίσης ευχαριστούμε τον καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου του Τόκιο Dr. Eiichi Nakamura, τον σύμβουλο Χημείας του οργανισμού CLEAPSS του Ηνωμένου Βασιλείου κ. Bob Worley (Fellow of the Royal Society of Chemistry), τον καθηγητή του Τμήματος Χημείας και Βιοχημείας του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στο Λος Άντζελες Dr. Eric R. Scerri, τον κρυσταλλογράφο και κάτοχο ρεκόρ Guinness Dr. Robert Krickl, τον καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου της Βρετανικής Κολομβίας Dr. Gren N. Patey και τον συνεργάτη του ερευνητή Δρ. Gabriele Lanaro για το υλικό που μας παρείχαν, τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα με τα οποία πλαισίωσαν το πόνημά μας και τις πολύτιμες συζητήσεις που είχαμε μαζί τους.

Ευχαριστούμε τον εκδότη μας, κ. Φώτη Σταμούλη, ο οποίος μας παρείχε όποιο μέσο του ζητήσαμε προκειμένου να παραδώσουμε ένα ποιοτικό σχολικό βιβλίο και έδειξε ιδιαίτερη υπομονή για τον χρόνο που χρειαστήκαμε για να τα καταφέρουμε και την υπεύθυνη έκδοσης, κα Κατερίνα Δανδουλάκη, η οποία μας στήριξε, μας συμπαραστάθηκε σε όλη μας την προσπάθεια και βρήκε λύσεις σε κάθε πρόβλημα που ανέκυψε. Τέλος ευχαριστούμε την κα Μαρία Καψάλη, που σελιδοποίησε το βιβλίο μας, τον κ. Γαβριήλ Νικολάου που μετέτρεψε πολλές από τις ιδέες μας σε ψηφιακά αντικείμενα, την κα Ελισάβετ Δελεχά και τον κ. Σωτήρη Καλοτεράκη για τα εξαιρετικής κινηματογραφικής ποιότητας πλάνα που μας εξασφάλισαν.

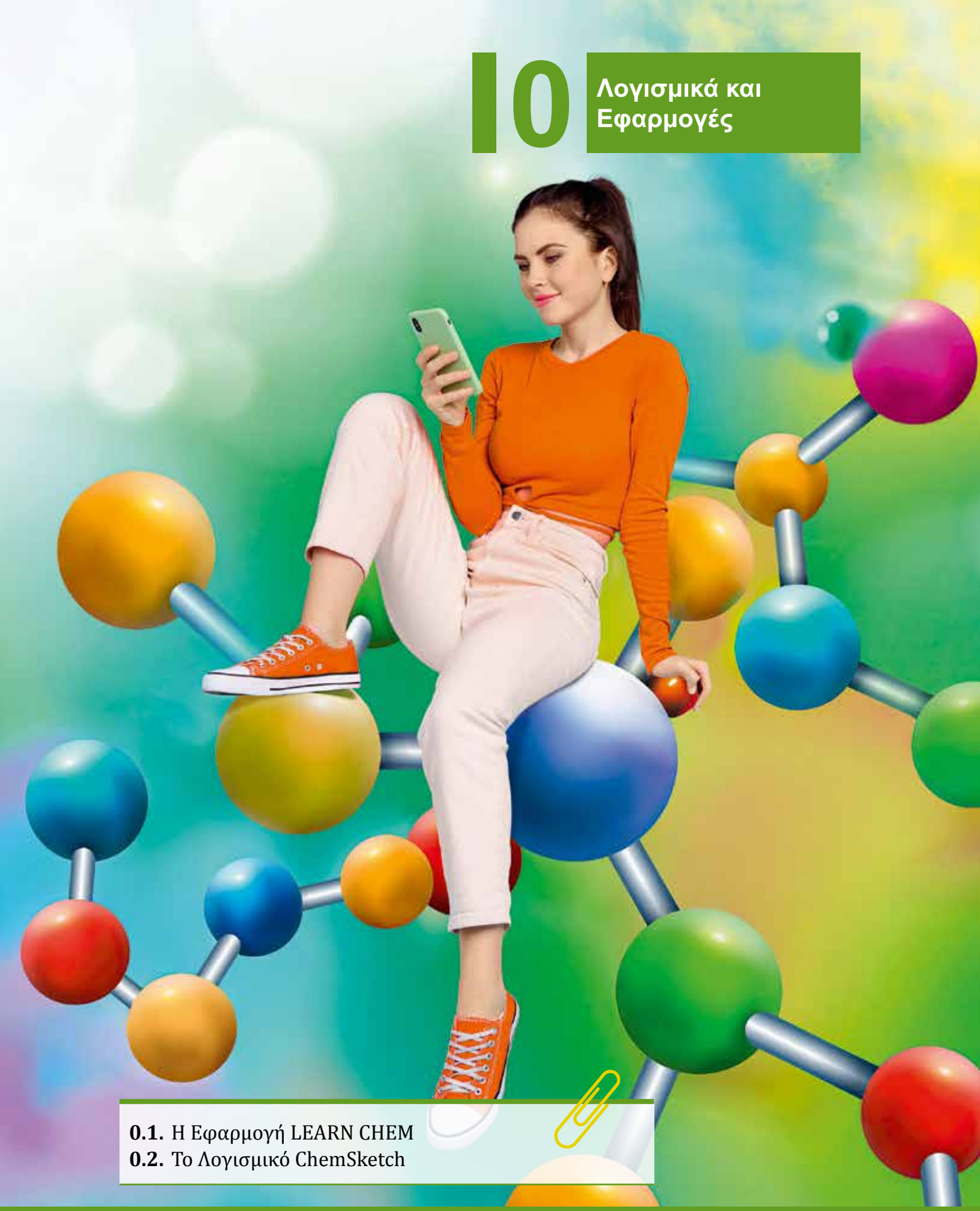
Ευχόμαστε σε όλες και όλους εσάς καλή μελέτη και καλή σχολική χρονιά!!!

Αθήνα, Μάιος 2024

Η Συγγραφική Ομάδα

Βρείτε εδώ τον Οδηγό Εκπαιδευτικού:

10 Λογισμικά και Εφαρμογές



0.1. Η Εφαρμογή LEARN CHEM
0.2. Το Λογισμικό ChemSketch

Στις ενότητες του βιβλίου μας θα βρείτε αρκετές προτάσεις για λογισμικά και εφαρμογές που θα σας βοηθήσουν να κατανοήσετε σε βάθος την έννοιες και τα χημικά φαινόμενα. Όμως, υπάρχει μια εφαρμογή και ένα λογισμικό που θα τα χρησιμοποιούμε αρκετά συχνά. Πρόκειται για την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας LEARN CHEM και το λογισμικό σχεδιασμού χημικών ενώσεων ChemSketch. Στις δυο υποενότητες που ακολουθούν θα παρουσιάσουμε κάποιες από τις δυνατότητές τους.

0.1. Η Εφαρμογή LEARN CHEM

Η εφαρμογή LEARN CHEM είναι μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality, AR). Με τις εφαρμογές AR ψηφιακά αντικείμενα εμφανίζονται ως υπέρθεση πραγματικών αντικειμένων μέσω μιας οθόνης, π.χ. ενός «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου. Με τη συγκεκριμένη εφαρμογή ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει, μέσω της κάμερας της «έξυπνης» συσκευής του, χημικά μόρια σε 3 διαστάσεις, να γνωρίσει τη στερεοδιάταξη των ατόμων τους και να μελετήσει τη συμμετρία τους.

Η εφαρμογή LEARN CHEM αναπτύχθηκε από τους John R. De Backere και Marc A. Zambri του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου του Τορόντο το 2021. Δυο χρόνια αργότερα οι δημιουργοί της εφαρμογής δημοσίευσαν μια εργασία τους, σχετικά με τη χρήση της εφαρμογής αυτής σε μαθήματα ανόργανης χημείας, στην επιθεώρηση χημικής εκπαίδευσης Journal of Chemical Education. Οι συγγραφείς του παρόντος ευχαριστούν τους δημιουργούς της εφαρμογής για την ευκαιρία που τους έδωσαν να ενσωματώσουν την LEARN CHEM στο βιβλίο της Χημείας Α΄ Λυκείου.

Η εφαρμογή είναι διαθέσιμη τόσο για συσκευές Android όσο και iOS στα links που δίνονται στην Εικόνα 0.1.

Εικόνα 0.1: *Τα links από τα οποία «κατεβαίνει» η εφαρμογή στο Google Play και το App Store.*

Η ιστοσελίδα της εφαρμογής στο Πανεπιστήμιο του Τορόντο:

Το σχετικό άρθρο:

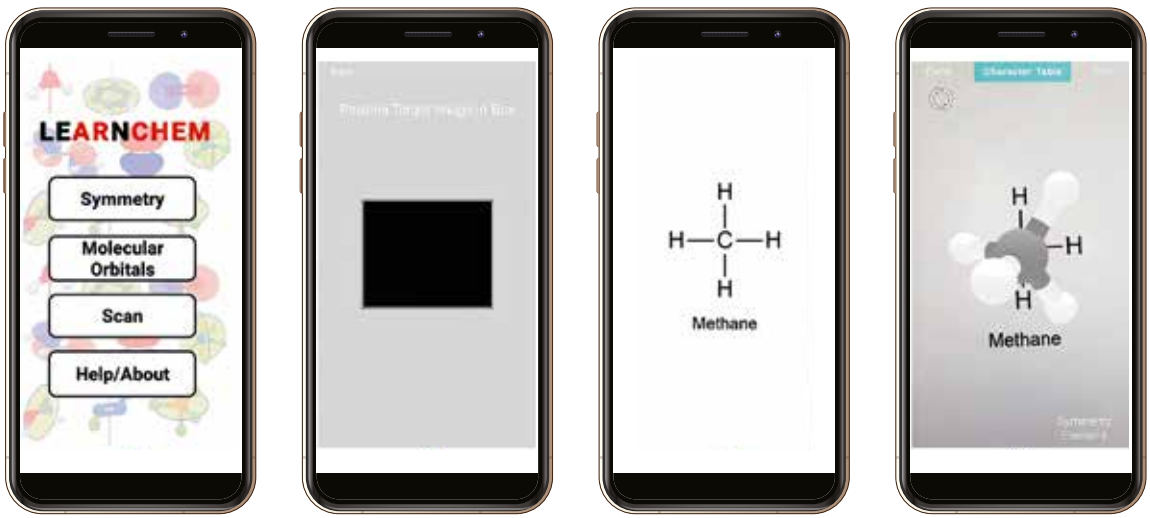
Κάθε φορά που θα συναντάμε στο βιβλίο μας ένα τέτοιο στόχο θα υπάρχει το σύμβολο:

Η Εφαρμογή LEARN CHEM

Η αρχική οθόνη της εφαρμογής απεικονίζεται στην Εικόνα 0.2α και παρέχει στον χρήστη 4 επιλογές. Για την Α΄ Λυκείου θα χρειαστούμε μόνο την επιλογή «Scan». Επιλέγοντάς την ενεργοποιείται η κάμερα του κινητού τηλεφώνου ή του τάμπλετ. Στο κέντρο της εικόνας υπάρχει ένα μαύρο πλαίσιο (Εικόνα 0.2β), στο οποίο το λογισμικό μάς καλεί να τοποθετήσουμε έναν «χημικό στόχο». Ένας τέτοιος στόχος φαίνεται στην Εικόνα 0.2γ. Πρόκειται για το μόριο του μεθανίου. Στην ενότητα 3 που αφορά τον χημικό δεσμό θα συναντήσουμε αρκετούς τέτοιους «στόχους». Τοποθετώντας το μεθάνιο στο κέντρο του πλαισίου, η εφαρμογή σχεδιάζει ένα τρισδιάστατο μοντέλο του (Εικόνα 0.2δ).

Αφού έχει εμφανιστεί το τρισδιάστατο μοντέλο στην οθόνη μας μπορούμε να το περιστρέψουμε χρησιμοποιώντας το δείκτη του χειριού μας ή να του αλλάξουμε μέγεθος χρησιμοποιώντας τον δείκτη και τον αντίχειρα.

Ακολούθως, μπορούμε να επιλέξουμε το «Symmetry Element (Στοιχείο Συμμετρίας)» και ακολούθως το «Animate». Αν και η συζήτηση για το τι είναι στοιχείο συμμετρίας ενός μορίου ξεφεύγει από τους στόχους του παρόντος, σας προτείνουμε να επιλέξετε κάποιο από τα προτεινόμενα στοιχεία και να «πατήσετε» το «Animate»!



(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 0.2: *(α) Η αρχική οθόνη της εφαρμογής. (β) Μετά την επιλογή «Scan», η εφαρμογή μας καλεί να στοχεύσουμε ένα χημικό μόριο-στόχο. (γ) Το μόριο του μεθανίου. (δ) Στοχεύοντας με την κάμερα το μόριο του μεθανίου, η εφαρμογή δημιουργεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο του.*

0.2. Το Λογισμικό ChemSketch

Το λογισμικό ChemSketch αποτελεί το καλύτερο, δωρεάν, για εκπαιδευτικούς σκοπούς λογισμικό σχεδίασης χημικών μορίων, ενώσεων και αναλυτικών συσκευών. Διατίθεται από την εταιρεία ACD/Labs μέσω του παρακείμενου συνδέσμου (Εικόνα 0.3). Εναλλακτικά μπορεί το σχολείο σας να ζητήσει, επικοινωνώντας με την εταιρεία, να ενταχθεί στο πρόγραμμα «ChemSketch Educational Access» και ακολούθως να «κατεβάζετε» την εφαρμογή από το site του Λυκείου σας. Η εφαρμογή είναι διαθέσιμη για Windows 64-bit καθώς και για MacOS μέσω Virtual Machine (διατίθενται σχετικές οδηγίες).

Για το ChemSketch υπάρχουν πολλοί οδηγοί χρήσης στο διαδίκτυο. Ενδεικτικά προτείνονται οι διπλανοί σύνδεσμοι. Ακολούθως θα δώσουμε βήμα προς βήμα τον τρόπο σχεδίασης του μορίου του μεθανίου:

α) Ανοίξτε το πρόγραμμα ChemSketch και το πρόγραμμα 3D Viewer (διαθέσιμο υπό το μενού (ACD/Labs).

β) Κάντε αριστερό κλικ στο σύμβολο του C στην αριστερή στήλη και μετά αριστερό κλικ στη σελίδα εργασίας (όπου θέλετε). Θα δείτε να σχηματίζεται απ' ευθείας ο μοριακός τύπος του μεθανίου.

γ) Κάντε κλικ στο σύμβολο "3D Optimization" .

δ) Κάντε κλικ στο σύμβολο "2-Copy to 3D" .

ε) Παρατηρήστε τη δομή στο "3D View" , αλλάζοντας τον τρόπο αναπαράστασης της από τη μορφή συρματοπλέγματος έως και το χωροπληρωτικό μοντέλο .

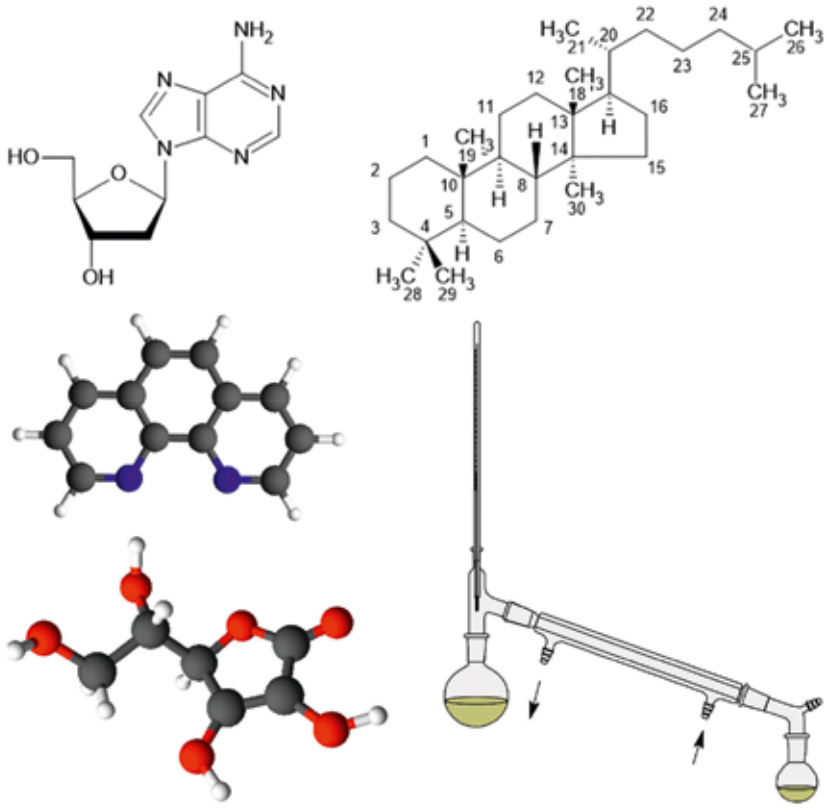
Μπορείτε να περιηγηθείτε στα μενού και να αλλάξετε τις επιλογές απεικόνισης των μορίων. Το τελικό σας σχέδιο θα μοιάζει με το αντίστοιχο της Εικόνας 0.4.

Μπορείτε να βρείτε οδηγούς χρήσης του ChemSketch εδώ:

Εικόνα 0.4: *Το μόριο του μεθανίου.*

Εικόνα 0.3: *Η ιστοσελίδα από την οποία μπορείτε να «κατεβάσετε» το λογισμικό ChemSketch.*

Με το ChemSketch έχουμε τη δυνατότητα να σχεδιάζουμε και ιδιαίτερα περίπλοκα μόρια είτε εξ αρχής είτε χρησιμοποιώντας ως βάση μόρια, τα οποία διατίθενται από το λογισμικό. Για να γνωρίσουμε ποια είναι αυτά, αρκεί να επιλέξετε τα εικονίδια και . Κάποια από τα μόρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας από το αποθετήριο του λογισμικού ή με μικρές τροποποιήσεις κάποια εξ αυτών απεικονίζονται στην Εικόνα 0.5. Μαζί τους και το σκαρίφημα μιας συσκευής απόσταξης.

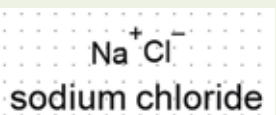


Εικόνα 0.5: *Σχέδια που δημιουργήθηκαν με το ChemSketch.*

Μια ακόμα δυνατότητα που προσφέρει το λογισμικό είναι η παροχή ονομάτων χημικών ενώσεων κατά IUPAC. Ένα παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 0.6. Αν και τα παρεχόμενα ονόματα είναι στα αγγλικά, θα διαπιστώσετε στην ενότητα 4 ότι δεν διαφέρουν πολύ από τα αντίστοιχα ελληνικά ονόματα.

Το λογισμικό έχει και πάρα πολλές άλλες δυνατότητες, όπως για παράδειγμα η αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων για πληροφορίες σχετικές με τις ενώσεις που σχεδιάζετε. Όλες αυτές τις δυνατότητες σας αφήνουμε να τις ανακαλύψετε μόνοι/ες σας!

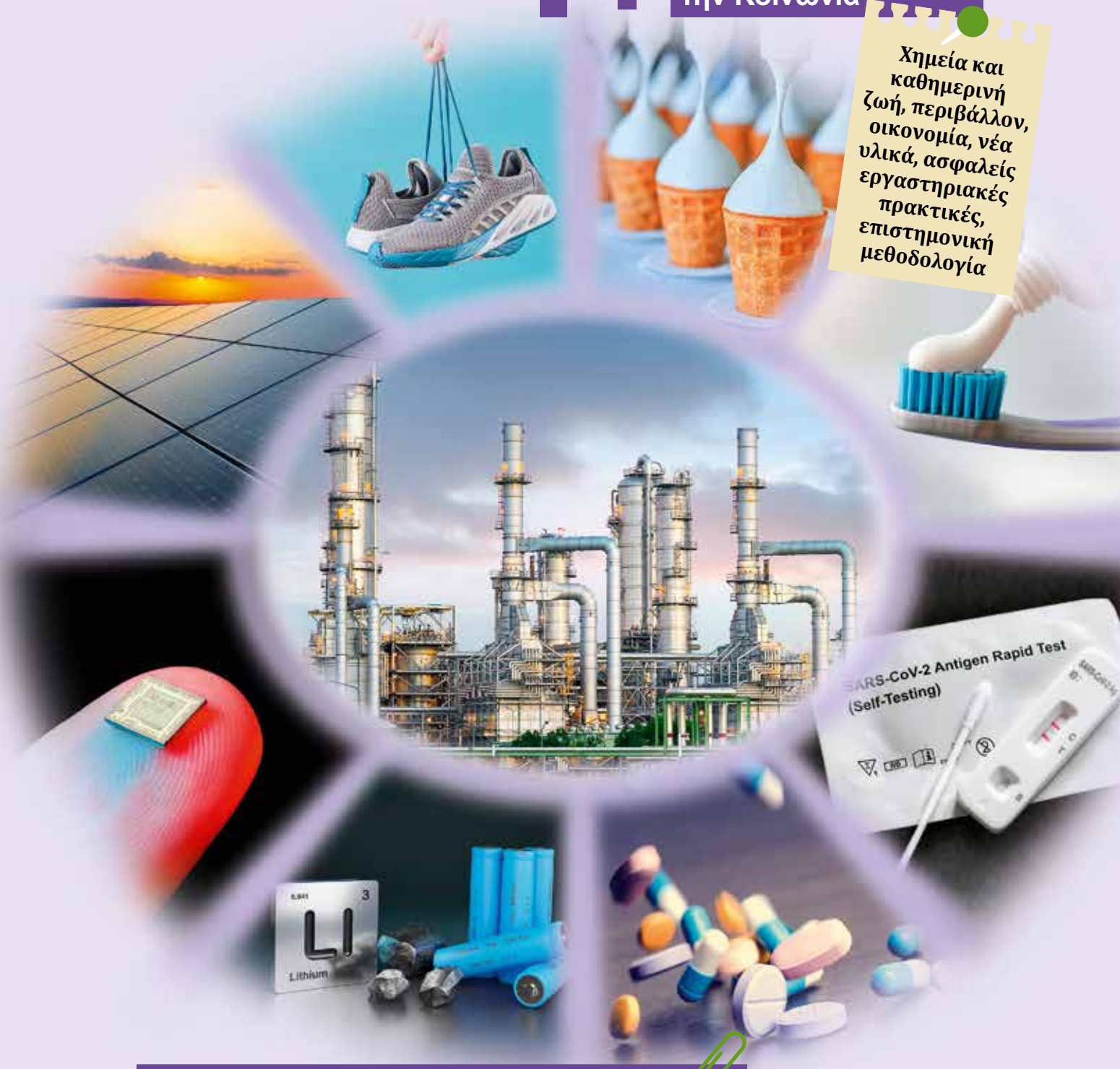
Εντός του βιβλίου σας θα συναντήσετε αρκετές φορές το ακόλουθο εικονίδιο. Θα σας οδηγεί στο αντίστοιχο αρχείο .s3d.



Εικόνα 0.6: *Το όνομα του άλατος NaCl. Στα ελληνικά θα το ονομάζουμε χλωρίδιο του νατρίου (sodium).*

1 Η Χημεία στην Καθημερινή Ζωή και την Κοινωνία

Χημεία και καθημερινή ζωή, περιβάλλον, οικονομία, νέα υλικά, ασφαλείς εργαστηριακές πρακτικές, επιστημονική μεθοδολογία



1.1. Η Επιστημονική Αξία της Χημείας και οι Εφαρμογές της
1.2. Η Μεθοδολογία της Χημείας

"Τι θα μπορούσα να πω σχετικά με το θέμα «Χημεία και κόσμος του σήμερα»; Μπορώ να πω οτιδήποτε, να συζητήσω οποιοδήποτε χαρακτηριστικό της σύγχρονης ζωής, γιατί κάθε πτυχή του κόσμου σήμερα –ακόμη και η πολιτική και οι διεθνείς σχέσεις– επηρεάζεται από τη χημεία".

Linus Pauling (Εικόνα 1.1)

Η εξαιρετική επιτυχία της Χημείας ως επιστήμης του μετασχηματισμού της ύλης έφερε τεράστια οφέλη στην ανθρωπότητα. Νέα φάρμακα, νέα υλικά, νέοι ενεργειακοί πόροι, νέες και φιλικότερες προς το περιβάλλον τεχνολογίες παραγωγής και πολλά άλλα, είναι τα αποτελέσματα της επιστήμης της Χημείας και της προσπάθειας των χημικών. Η Χημεία λοιπόν και οι χημικές ουσίες φαίνεται ότι είναι αναπόσπαστο μέρος της ζωής μας.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τη σημασία της Χημείας και τη συμβολή της στην άνοδο της ποιότητας της ζωής μας αλλά και στην πρόοδο της κοινωνίας. Θα περιγράψουμε τον ρόλο της Χημείας στη ***σύγχρονη κοινωνία*** *μέσα από παραδείγματα της* ***καθημερινής ζωής****. Θα δείξουμε* ***κανόνες ασφαλείας*** *που πρέπει να ακολουθεί όποιος δραστηριοποιείται σε ένα χημικό εργαστήριο. Θα αναλύσουμε πώς, χρησιμοποιώντας αυτό που ονομάζεται* ***επιστημονική μέθοδος****, είναι δυνατόν από πειραματικά δεδομένα να διατυπωθεί μια θεωρία.*

Εικόνα 1.1: *Ο Linus Pauling (1901-1994) ήταν Αμερικανός χημικός μηχανικός και ένας από τους πέντε επιστήμονες που τους έχουν απονεμηθεί δυο βραβεία Νόμπελ. Το πρώτο βραβείο (1954) του απονεμήθηκε για την έρευνά του στη φύση του χημικού δεσμού. Το δεύτερο βραβείο Nobel (1962) του απονεμήθηκε ως αναγνώριση των προσπάθειών του κατά των πυρηνικών δοκιμών.*

Στην καθημερινή μας ζωή η Χημεία εκδηλώνεται με την παρουσία **χημικών ουσιών** και την εφαρμογή **χημικών διεργασιών**.

Χημικές ουσίες

Παρατηρώντας τις ετικέτες προϊόντων καθημερινής χρήσης (π.χ. τρόφιμα, φάρμακα, σαπούνια, καθαριστικά επιφανειών κ.λπ.) συναντάμε πλήθος χημικών ουσιών. Για να αναπτυχθούν τα φυτά, χρειάζονται ήλιο (ενέργεια) (Εικόνα 1.2). Για να αυξηθεί και να βελτιωθεί η παραγωγή, χρησιμοποιούμε λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Για να ζήσουμε, πρέπει να αναπνέουμε αέρα και να τρεφόμαστε. Για να αντιμετωπίσουμε τον πονοκέφαλο, τον πυρετό και να θεραπευτούμε από ασθένειες χρησιμοποιούμε τα φάρμακα. Για τις βαφές υφασμάτων, δερμάτων, ξύλινων και μεταλλικών αντικειμένων χρησιμοποιούνται χημικές ενώσεις που ονομάζονται χρωστικές. Ακόμα και για τις δερματοστιξίες (τατουάζ) απαιτείται η βίαιη εισαγωγή στο δέρμα χημικών ουσιών, που πολλές φορές εγκυμονούν κινδύνους. Η «κλιματική αλλαγή» (Εικόνα 1.3), η «τρύπα του όζοντος» και η ρύπανση του αέρα, των νερών ή του εδάφους οφείλονται στη παρουσία ορισμένων χημικών ουσιών.

Χημικές διεργασίες

Από τους προϊστορικούς χρόνους μέχρι και σήμερα οι άνθρωποι εφαρμόζουν συνεχώς χημικές διεργασίες. Ο προϊστορικός άνθρωπος χρησιμοποίησε το αλάτισμα και τη φωτιά, που θεωρούνται ως οι πρώτες χημικές διεργασίες για τη συντήρηση των τροφών και την ευκολότερη επιβίωσή του.

Εικόνα 1.2: *Μια από τις σημαντικότερες (φωτο) χημικές πορείες στο σύμπαν είναι η φωτοσύνθεση!*

Εικόνα 1.3: *Η κλιματική αλλαγή είναι το σημαντικότερο πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας και για το οποίο η Χημεία καλείται να βρει λύσεις.*

Σήμερα μαγειρεύουμε τις τροφές για να παρασκευάσουμε το φαγητό μας και εφαρμόζουμε συγκεκριμένες τεχνικές για την παρασκευή κρασιού, μπίρας, τυριού και άλλων τροφίμων. Πλένουμε τα χέρια μας για απολύμανση και βάζουμε «οξυζενέ» ή ιώδιο στις πληγές μας για την αποφυγή μολύνσεων. Χωρίς υπερβολή μπορούμε να πούμε ότι ο κοινός άνθρωπος στην καθημερινή του πρακτική είναι ένας πρακτικός χημικός. Σε βιομηχανική κλίμακα π.χ. χρησιμοποιούμε τη φωτιά (πυρομεταλλουργία) ή διαλύματα οξέων (υδρομεταλλουργία) για τη παραλαβή μετάλλων από τα μεταλλεύματά τους.

Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε άπειρα τέτοια παραδείγματα, διότι στη πραγματικότητα όλα τα έμβια (ζώα και φυτά) και άβια (αέρας, πέτρες, ξύλο, μέταλλα) αποτελούνται μόνο από χημικές ουσίες και είναι αυτές που συμμετέχουν σε χημικές διεργασίες. Την απάντηση στα ερωτήματα «γιατί, πότε και πώς» λαμβάνουν χώρα οι χημικές διεργασίες μπορεί να τη δώσει μόνο η Χημεία.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *εκτιμάτε* τον ρόλο και τη σημασία της Χημείας, τόσο στην καθημερινή ζωή, όσο και στην κοινωνία γενικότερα.
- *περιγράφετε* βασικά στοιχεία της επιστημονικής μεθοδολογίας που ακολουθεί η Χημεία, με έμφαση στον πειραματικό και διερευνητικό χαρακτήρα της.
- *εκτελείτε* απλές εργαστηριακές τεχνικές με την απαιτούμενη ασφάλεια.

1.1. Η Επιστημονική Αξία της Χημείας και οι Εφαρμογές της

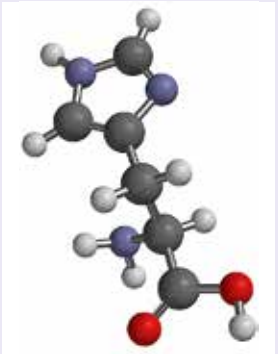
Μετά το τέλος της υποενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναγνωρίζετε* τον καθοριστικό ρόλο της Χημείας στην ατομική και κοινωνική ευημερία.
- *αναδεικνύετε* τη σύνδεση της επιστήμης της Χημείας με άλλες επιστήμες, όπως Φυσική, Βιολογία, Φαρμακευτική, Γεωλογία, Γεωπονία, Ιατρική κ.ά.

Όπως αναφέρθηκε, η παρουσία των χημικών ουσιών στα υλικά γύρω μας και η ερμηνεία των χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα με τη συμμετοχή τους, μπορεί να δοθεί μόνο μέσω της Χημείας. Ακολούθως, αναφέρουμε μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα ερωτημάτων στα οποία απαντά η Χημεία:

Εικόνα 1.4: *Η κρούστα του ψημένου ψωμιού είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης Maillard. Στην ίδια αντίδραση οφείλονται πολλές από τις γεύσεις, τα χρώματα και τα αρώματα που απαντούν στις τηγανητές πατάτες, τις μπριζόλες, τον καφέ, τη σοκολάτα, την καραμέλα και το ουίσκι.*

- Ποιες είναι οι χημικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στα συστατικά των τροφίμων καθώς τα μαγειρεύουμε (Εικόνα 1.4); Πώς τα συστατικά του φαγητού αλληλεπιδρούν; Γιατί είναι απαραίτητη η παρουσία μερικών χημικών ουσιών για να συντηρηθούν τα φαγητά; Τι συμβαίνει στα φαγητά, όταν εισέλθουν στο σώμα μας και πώς το σώμα μας τα χρησιμοποιεί (Εικόνα 1.5);
- Πώς λειτουργούν τα φαρμακευτικά σκευάσματα; Ποιες χημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα μέσα στον οργανισμό μας μετά τη λήψη φαρμάκων και πού; Γιατί τα φάρμακα, οι βιταμίνες (Εικόνα 1.6) ή τα συμπληρώματα διατροφής μπορούν άλλοτε να μας βοηθήσουν και άλλοτε να μας βλάψουν;
- Τι είναι αυτό που κάνει ένα χημικό στοιχείο ή μια χημική ένωση χημικό ρύπο; Πώς μπορούμε να καθαρίσουμε το περιβάλλον (Εικόνα 1.7); Με ποιες βιομηχανικές χημικές διεργασίες μπορούμε να παράγουμε προϊόντα χωρίς να βλάπτουμε το περιβάλλον; Πως μπορούμε να μειώσουμε τα απορρίμματα για έναν καθαρότερο πλανήτη;
- Πώς μπορούμε να αντικαταστήσουμε τις ρυπογόνες διεργασίες παραγωγής ενέργειας, χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές, όπως π.χ. την ηλιακή ακτινοβολία (Εικόνα 1.8);



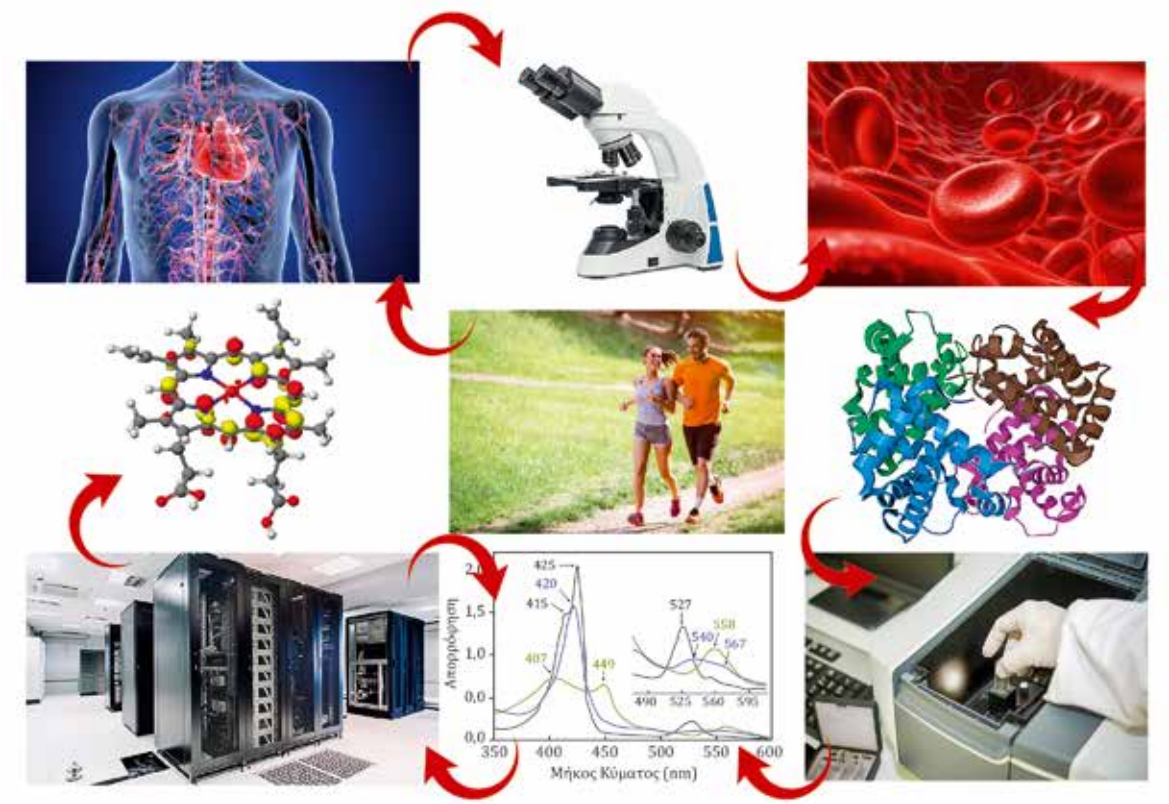
Εικόνα 1.5: *Το αμινοξύ ιστιδίνη, ένα από τα 9 απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία πρέπει να λαμβάνουμε με τη διατροφή μας (γκρι = άνθρακας, κόκκινο = οξυγόνο, μπλε = άζωτο, λευκό = υδρογόνο).*

Εικόνα 1.6: *Τα πορτοκάλια αποτελούν φυσική πηγή της βιταμίνης C.*

Εικόνα 1.7: *Μονάδα δέσμευσης CO_2 από τα καυσαέρια εργοστασίου.*

Εικόνα 1.8: *Ο καθηγητής Χημείας της École Polytechnique Fédérale de Lausanne Michael Grätzel είναι πρωτοπόρος στον σχεδιασμό και την κατασκευή ηλιακών κυψελών (Πηγή: Alain Herzog και Nik Papageorgiou / EPFL).*

Σε αυτά, όπως και σε πολλά άλλα ερωτήματα, απαντά η Χημεία. **Η επιστημονική αξία της Χημείας** όμως δεν οφείλεται μόνο στη δυνατότητά της να απαντά σε τέτοιου είδους ερωτήματα. Από τη στιγμή που οι επιστήμονες χημικοί κατόρθωσαν να αποσυνθέσουν τα υλικά σώματα, να ανακαλύψουν τη χημική τους σύσταση και να μελετήσουν τα συστατικά τους, μπόρεσαν και να ερμηνεύσουν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υλικών αυτών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σήμερα, με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας (υπολογιστές, ειδικά όργανα ανάλυσης και προσδιορισμού της δομής) και με τη συνεργασία και άλλων επιστημών (Φυσικής, Μαθηματικών, Βιολογίας, Υπολογιστών), να μπορούν οι χημικοί να σχεδιάζουν και να συνθέτουν νέα υλικά με βελτιωμένες ή/και καινοτόμες ιδιότητες, συμπληρώνοντας έτσι την επιστημονικής αξία της Χημείας (Εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9: *Ένα σχηματικό παράδειγμα του σύγχρονου ρόλου της Χημείας· η μελέτη των ιδιοτήτων των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Η Χημεία μέσω των τομέων της βιοχημείας, της κρυσταλλογραφίας, της ανόργανης βιολογικής χημείας, της φασματοσκοπίας, της υπολογιστικής χημείας και της φυσικοχημείας μελετά τον κόσμο και δίνει λύσεις, ενώ παράλληλα συνεργάζεται και με άλλες επιστήμες (Βιολογία, Ιατρική, Φυσική, Μαθηματικά).*

1.2. Η Μεθοδολογία της Χημείας

Όλοι οι επιστήμονες-ερευνητές, ανεξαρτήτως επιστημονικού κλάδου, χρησιμοποιούν μια συστηματική προσέγγιση των επιστημονικών δεδομένων για την ερμηνεία και την πρόβλεψη των ιδιοτήτων των συστημάτων που εξετάζουν, την ονομαζόμενη **Επιστημονική Μεθοδολογία** (Εικόνα 1.10). Στην επιστήμη της Χημείας τα επιστημονικά δεδομένα είναι το αποτέλεσμα των παρατηρήσεων από τη διεξαγωγή πειραμάτων. Τα πειράματα αυτά πραγματοποιούνται σε χημικά εργαστήρια και πρέπει να ακολουθούνται κανόνες για την εγκυρότητα των πειραμάτων και την ασφάλεια όσων βρίσκονται στο εργαστήριο καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος. Με βάση τις πειραματικές παρατηρήσεις και ακολουθώντας συγκεκριμένα διαδοχικά βήματα αποκτάται η επιστημονική γνώση και εξηγούνται τα χημικά φαινόμενα.

Μετά το τέλος της υποενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναγνωρίζετε* τους βασικούς εργαστηριακούς κινδύνους.
- *εφαρμόζετε* τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης, όταν εργάζεστε σε ένα χημικό εργαστήριο.
- *αναγνωρίζετε* και να χρησιμοποιείτε τα βασικά στοιχεία της επιστημονικής μεθοδολογίας.
- *εξηγείτε* τη σπουδαιότητα του εργαστηρίου στην επιστήμη της Χημείας.

Εικόνα 1.10: *Γράφημα που δίνει τα βασικά στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας. Στην πράξη η ανωτέρω κυκλική διάταξη αποτελεί βρόχο. Αν η υπόθεση δεν επαληθευτεί θα πρέπει να γίνει μια νέα υπόθεση, ενώ, αν μια νέα παρατήρηση είναι διαφορετική της προηγούμενης, ο κύκλος θα εκκινήσει από την αρχή!*

1.2.1. Μαθαίνω να εργάζομαι με ασφάλεια στον χώρο του εργαστηρίου

"Τα εργαστήρια που χρησιμοποιούν χημικές ουσίες, διαλύτες, πεπιεσμένα αέρια κ.λπ., παρουσιάζουν ορισμένες ιδιαιτερότητες σε ό,τι αφορά στα προβλήματα ασφάλειας, υγιεινής και υγείας. Η εφαρμογή κανόνων ασφάλειας και υγιεινής είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να αποφευχθούν τα ατυχήματα και οι συνθήκες εκείνες που μπορούν να δημιουργήσουν βλάβες, άμεσες ή έμμεσες, στην υγεία των εργαζομένων".

Αθ. Βαλαβανίδης. Απόσπασμα από το βιβλίο «Βασικές αρχές υγιεινής και ασφάλειας σε χημικά και βιοχημικά εργαστήρια – πληροφορίες για επικίνδυνες χημικές ουσίες».

1.2.1.1. Οι κανόνες ασφαλείας στο Εργαστήριο Χημείας

Οι βασικοί κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά την διεξαγωγή πειραμάτων σε ένα χημικό εργαστήριο είναι:

1. Κατά την εκτέλεση των πειραμάτων πρέπει να ακολουθούνται αυστηρά οι **οδηγίες** του κάθε πειράματος.
2. Πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας (συνήθως εργαστηριακή μπλούζα και προστατευτικά γυαλιά, Εικόνα 1.11). Αν δεν έχουμε διαθέσιμη εργαστηριακή μπλούζα, θα πρέπει να φοράμε ρούχα που καλύπτουν όλο μας το σώμα.
3. Πρέπει να είμαστε ενημερωμένοι για την ορθή και ασφαλή χρήση των εργαστηριακών σκευών και οργάνων. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρά και τα σκεύη να πλένονται σχολαστικά μετά τη λήξη των πειραμάτων.
4. Πρέπει να είμαστε ενημερωμένοι για την τυχόν επικινδυνότητα των ουσιών που χρησιμοποιούμε. Θα πρέπει να ακολουθούμε τις οδηγίες του/της καθηγητή/ριάς μας σχετικά με την χρήση των αντιδραστηρίων και να του/της αναφέρουμε άμεσα τυχόν επαφή μας με αυτά.
5. Πειράματα με επικίνδυνες πτητικές ουσίες πρέπει να αποφεύγονται ή να εκτελούνται στον **απαγωγό** (Εικόνα 1.12).
6. Πάντα δένουμε σε κότσο τα μακριά μαλλιά, ιδιαίτερα όταν γίνεται θέρμανση με φλόγα.
7. Στο Εργαστήριο Χημείας θα πρέπει να λειτουργούμε με υπευθυνότητα. Απαγορεύεται να φέρνουμε τρόφιμα και φυσικά να τρώμε (Εικόνα 1.13)!
8. Πρέπει να τηρείται **ημερολόγιο εργαστηρίου**, στο οποίο θα περιγράφονται με ακρίβεια οι συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος, οι ποσότητες των ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι παρατηρήσεις και μετρήσεις που συλλέξαμε.
9. Μετά το τέλος του πειράματος **δεν πετάμε τα αντιδραστήρια στο νεροχύτη.** Τοποθετούνται σε ειδικό δοχείο και κατεργάζονται ώστε να καταστούν ακίνδυνα ή προωθούνται προς καταστροφή σε ειδικές εταιρείες.

Εικόνα 1.11: *Για να κάνουμε πειράματα σε ένα Εργαστήριο Χημείας θα πρέπει να λαμβάνουμε όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.*

Εικόνα 1.12: *Όργανα, σκεύη και αντιδραστήρια εντός απαγωγού αερίων. Ο απαγωγός είναι ουσιαστικά ένας απορροφητήρας μέσα σε ένα ντουλάπι. Στην μπροστινή πλευρά υπάρχει προστατευτικό τζάμι.*

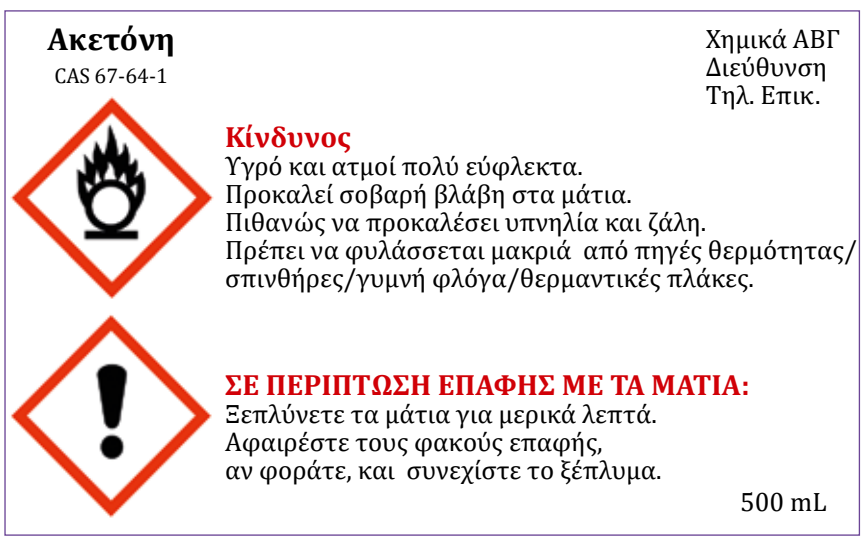
Εικόνα 1.13: *Δεν είναι σωστό να δείχνουμε τον ενθουσιασμό μας για ένα πετυχημένο πείραμα με αυτό τον τρόπο εντός του Εργαστηρίου (εκτός αν οδηγεί στο βραβείο Nobel!!!).*

1.2.1.2. Σύμβολα επικινδυνότητας χημικών ουσιών

Επικίνδυνες ουσίες δεν συναντώνται μόνο σε ένα χημικό εργαστήριο. Πολλά προϊόντα καθημερινής χρήσης περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τους χρήστες και το περιβάλλον. Οι ουσίες μπορεί να ερεθίζουν το δέρμα ή το αναπνευστικό σύστημα, να είναι τοξικές, εύφλεκτες ή εκρηκτικές, να αποσυντίθενται εύκολα με επίδραση του ήλιου ή της θερμότητας, να είναι βλαβερές για το περιβάλλον κ.ά. Η επικινδυνότητα αυτών των προϊόντων πρέπει να επισημαίνεται με τρόπο άμεσο και εύκολα αντιληπτό από τον χρήστη. Για τον λόγο αυτό όλες οι πληροφορίες σχετικά με την επικινδυνότητα, τους τρόπους χρήσεις και τους τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων αναγράφονται στην ετικέτα του προϊόντος.

Ειδικά η επικινδυνότητα των ουσιών επισημαίνεται με τη χρήση των **συμβόλων (εικονογραμμάτων) GHS για την επικινδυνότητα των χημικών ουσιών** (Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και Επισήμανσης Χημικών Προϊόντων, εν συντομία GHS). Τα σύμβολα αυτά είναι διεθνή και είναι τα ίδια είτε πρόκειται για προϊόντα καθημερινής χρήσης είτε για χημικά αντιδραστήρια (Εικόνα 1.14). Επομένως, προτού ξεκινήσουμε ένα πείραμα θα πρέπει να διαβάζουμε καλά τις πληροφορίες που αναγράφονται στην ετικέτα της φιάλης που το περιέχει καθώς και στο συνοδευτικό **έγγραφο SDS** (safety data sheet, δελτίο δεδομένων ασφαλείας). Το έγγραφο SDS περιλαμβάνει πληροφορίες που αφορούν στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (σημείο βρασμού, σημείο τήξης, σημείο ανάφλεξης), την τοξικότητα, τις επιπτώσεις στην υγεία, τις πρώτες βοήθειες μετά από έκθεση σε αυτό, τη δραστικότητα, την αποθήκευση, τη διάθεση, τον προστατευτικό εξοπλισμό και τις διαδικασίες του χειρισμού του.

Μελετήστε με την ομάδα σας την ετικέτα που απεικονίζεται στην Εικόνα 1.15 καθώς και το σχετικό έγγραφο SDS που θα βρείτε στον σύνδεσμο. Ακολούθως ανακοινώστε στην ολομέλεια της τάξης ποιες πληροφορίες περιέχονται σε αυτά.



Εικόνα 1.15: *Ετικέτα φιάλης που περιέχει τον διαλύτη ακετόνη (ασετόν).*

Εικόνα 1.14: *Τα σύμβολα (εικονογράμματα) GHS.*

Κατεβάστε τα σύμβολα GHS από το link:

Κατεβάστε το έγγραφο SDS της ακετόνης από το link:

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Εφαρμογή 1.1

Στο εργαστήριο διαθέτουμε φωσφορικό οξύ και 2-βρωμοπροπάνιο. Στις ετικέτες των δοχείων που περιέχονται οι υγρές αυτές χημικές ενώσεις παρατηρούμε διάφορα σύμβολα επικινδυνότητας (Εικόνα 1.16). Τι πληροφορίες μας δίνουν σχετικά με την επικινδυνότητά τους;

1.2.2. Η επιστημονική μεθοδολογία στη Χημεία

Η περιγραφή της **επιστημονικής μεθοδολογίας** (δείτε ξανά την Εικόνα 1.10) περιλαμβάνει τα εξής στάδια: (α) **παρατήρηση**, (β) **διατύπωση ερωτήματος**, (γ) **διατύπωση υπόθεσης**, (δ) **σχεδιασμό και υλοποίηση πειράματος**, (ε) **μελέτη των πειραματικών μετρήσεων και εξαγωγή μοτίβων και συμπεράσματος** και (στ) **επαλήθευση ή διάψευση της αρχικής υπόθεσης**. Αν η υπόθεση επαληθευτεί, τότε μπορεί να δοθεί απάντηση στο αρχικό ερώτημα. Αν όχι, ξεκινά ένας **νέος κύκλος με μια νέα υπόθεση**!

Το πρώτο βήμα της επιστημονικής μεθοδολογίας για την αναζήτηση της γνώσης είναι η **παρατήρηση**, η οποία γρήγορα μετατρέπεται σε ένα **ερώτημα**, το οποίο μπορεί να απαιτεί από εξαιρετικά πολύπλοκη έως πολύ απλή απάντηση: *«γιατί ο ουρανός είναι γαλάζιος;»*, *«γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο;»*, *«πώς γίνεται η πρωτεϊνοσύνθεση στους οργανισμούς;»*, *«πώς οξειδώνεται μια αλκοόλη;»*, *«γιατί από την ανάμειξη δυο διαλυμάτων έγινε έκλυση αερίου;»* κ.τ.λ. Ο ερευνητής (στη δική μας περίπτωση ο χημικός), ανάλογα με την πολυπλοκότητα του φαινομένου, θα επιλέξει αν θα προσπαθήσει να απαντήσει απευθείας στο ερώτημα που έθεσε ή αν θα επιλέξει να ασχοληθεί ξεχωριστά με τις διάφορες πτυχές του.

Ακολούθως, ο επιστήμονας θα **αναζητήσει πληροφορίες** σχετικά με το σύστημα που μελετά, οι οποίες συλλέχθηκαν από έρευνες άλλων ερευνητών. Αυτές τις πληροφορίες θα τις αναζητήσει σε άρθρα που έχουν δημοσιευτεί σε επιστημονικές επιθεωρήσεις και περιοδικά (μελέτη βιβλιογραφίας, Εικόνα 1.17). Στη συνέχεια θα **διατυπώσει την υπόθεση** που θα διερευνήσει: *«... οφείλεται στη σκέδαση του ηλιακού φωτός από την ατμόσφαιρα»*, *«... σχετίζεται με τη δομή του DNA»*, *«... έλαβε χώρα μια αντίδραση»*.

Με βάση την υπόθεση που διατύπωσε ο επιστήμονας θα προχωρήσει στον **σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων**. Ένα πείραμα είναι μια καλά καθορισμένη και ελεγχόμενη διαδικασία λήψης μετρήσεων. Το σημαντικότερο βήμα στον σχεδιασμό του πειράματος είναι ο ορισμός των **μεταβλητών**. Οι μεταβλητές είναι οποιεσδήποτε παράμετροι του πειράματος που μπορούν να λάβουν διαφορετικές τιμές, όπως το ύψος, η ηλικία, η θερμοκρασία, οι βαθμολογίες των εξετάσεων, η ταχύτητα πραγματοποίησης ενός φαινομένου κ.τ.λ.

Οι ερευνητές συχνά χειρίζονται ή μετρούν ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές σε μελέτες, για να ελέγξουν τις σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος. **Η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η αιτία**. Πρόκειται για την μεταβλητή που ο ερευνητής θα επιλέξει να μεταβάλει κατά τη διάρκεια του πειράματος. **Η**

(α)

(β)

Εικόνα 1.16: *(α) Φιάλη φωσφορικού οξέος, (β) φιάλη 2-βρωμοπροπανίου.*

Εικόνα 1.17: *Η ιστοσελίδα της πλατφόρμας αναζήτησης βιβλιογραφίας Science Direct.*

εξαρτημένη μεταβλητή είναι το αποτέλεσμα. Η τιμή της εξαρτάται από τις αλλαγές στην ανεξάρτητη μεταβλητή. Αν υπάρχουν πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, τότε θα πρέπει να τις διατηρήσουμε όλες σταθερές, εκτός από μία, αυτήν της οποίας θέλουμε να μελετήσουμε την επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Οι παρατηρήσεις που λαμβάνονται κατά την εκτέλεση ενός πειράματος ονομάζονται **δεδομένα**. Τα δεδομένα μπορεί να είναι ποιοτικά ή ποσοτικά (Εικόνα 1.18). Από τη μελέτη των πειραματικών δεδομένων οδηγούμαστε συχνά στη διατύπωση ενός **μοτίβου**, π.χ. για ένα αέριο σε κλειστό δοχείο αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της πίεσης, και από εκεί στην **εξαγωγή συμπεράσματος**.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να γίνουν αντιληπτά με τη διεξαγωγή της ακόλουθης ερευνητικής δραστηριότητας!

Στην Εικόνα 1.19 φαίνεται η διάλυση ενός αναβράζοντος δισκίου στο νερό.

*Μια μαθήτρια έχει **παρατηρήσει** ότι η ζάχαρη διαλύεται πιο γρήγορα σε ένα ζεστό ρόφημα από ό,τι σε ένα κρύο. Έτσι, διατυπώνει το ακόλουθο ερώτημα: «Ισχύει το ίδιο και για τη διάλυση ενός αναβράζοντος δισκίου στο νερό;».*

*Αφού συζητήσετε με την ομάδα σας, να διατυπώσετε μια **υπόθεση** για αυτό το ερώτημα.*

.....

***Σχεδιάστε** με την ομάδα σας μια πειραματική πορεία προκειμένου να **επαληθεύσετε** την ανωτέρω υπόθεση (σύντομη περιγραφή).*

.....

.....

.....

*Ποια θα είναι η **ανεξάρτητη μεταβλητή** που θα επιλέξετε;*

.....

*Ποια θα είναι η **εξαρτημένη μεταβλητή**;*

.....

*Ποιες μεταβλητές θα διατηρήσετε **σταθερές** κατά τη διάρκεια της διαδικασίας;*

.....

Ακολουθώντας το ανωτέρω σκεπτικό ας εκτελέσουμε την ακόλουθη πειραματική πορεία.
Θα χρειαστούμε:
1. Απιονισμένο νερό
2. Αναβράζοντα δισκία
3. Ποτήρι ζέσεως 250 mL

***Εικόνα 1.18:** Τα παγάκια επιπλέουν στον νερό. Αυτό είναι ένα ποιοτικό δεδομένο. Η μέτρηση της ακριβούς τιμής της πυκνότητας του νερού και του πάγου στους 0 °C αποτελούν ποσοτικά δεδομένα.*

Εργαστηριακή Διερεύνηση

***Εικόνα 1.19:** Ένα αναβράζον δισκίο διαλύεται στο νερό. Ταυτόχρονα λαμβάνει χώρα και χημική αντίδραση, την οποία θα συζητήσουμε στην 5η ενότητα.*

Όργανα και Υλικά

4. Ογκομετρικός κύλινδρος
5. Θερμόμετρο
6. Θερμαντικό σώμα ή λύχνο Bunsen.

1ο βήμα: Προσθέστε 50 mL απιονισμένου νερού με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου σε ένα ποτήρι ζέσεως των 250 mL. Ακολούθως, μετρήστε με ένα θερμόμετρο τη θερμοκρασία του νερού στο ποτήρι και καταγράψτε την στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 1.1.

Θα συζητήσουμε αναλυτικά για τον ορθό τρόπο μέτρησης όγκου στο Εργαστήριο στην 6η Ενότητα.

Πίνακας 1.1: *Δεδομένα για τον χρόνο διάλυσης του αναβράζοντος δισκίου σε νερό.*

Όγκος νερού (mL)	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος διάλυσης (s)
50		
50	50	
50	70	

Πειραματική Πορεία

2ο βήμα: Προσθέστε στο ποτήρι με το νερό ένα αναβράζον δισκίο, ξεκινώντας ταυτόχρονα να μετράτε τον χρόνο με ένα χρονόμετρο. Καταγράψτε τον χρόνο που χρειάστηκε για να διαλυθεί πλήρως το δισκίο στην τρίτη στήλη του Πίνακα 1.1.

3ο βήμα: Επαναλάβετε τα δυο πρώτα βήματα, αφού θερμάνετε το νερό σε δυο υψηλότερες θερμοκρασίες (ενδεικτικά 50 °C και 70 °C), αντίστοιχα. Η θέρμανση του νερού μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του θερμαντικού σώματος ή του λύχνου Bunsen και η παρακολούθηση της θερμοκρασίας με το θερμόμετρο.

Να μην ανακατεύετε με το θερμόμετρο κατά τη διάρκεια της θέρμανσης.

*Με βάση τα **δεδομένα** του Πίνακα 1.1 σε ποιο **συμπέρασμα** καταλήγετε;*

.....

.....

***Επαληθεύεται η υπόθεση** που κάνατε;*

.....

Πώς μπορεί η ανωτέρω πορεία να βελτιωθεί, ώστε το συμπέρασμα να είναι ασφαλέστερο;

.....

*Μπορεί αυτό το συμπέρασμα που έχετε εξαγάγει να γενικευτεί (όλες οι ενώσεις που μπορούν να διαλυθούν στο νερό, διαλύονται ταχύτερα με αύξηση της θερμοκρασίας), δηλαδή να αποτελέσει έναν **επιστημονικό νόμο**;*

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Αφού ολοκληρώσετε το διάβασμά σας, δοκιμάστε να λύσετε το ακόλουθο τεστάκι αυτοαξιολόγησης!

Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας

Γλωσσάριο

Ανεξάρτητη μεταβλητή: Η παράμετρος σε ένα πείραμα, η οποία μεταβάλλεται από τον ερευνητή προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδρασή της στην **εξαρτημένη μεταβλητή**.

Δεδομένα: Οι παρατηρήσεις που λαμβάνονται κατά την εκτέλεση ενός πειράματος.

Εξαρτημένη μεταβλητή: Είναι η παράμετρος τις τιμές της οποίας μετράμε σε ένα πείραμα, προκειμένου να διαπιστώσουμε πώς επηρεάστηκαν από τις μεταβολές που κάναμε στην **ανεξάρτητη μεταβλητή**.

Επιστημονική μεθοδολογία: Η μεθοδολογία που ακολουθούν οι επιστήμονες για να οδηγηθούν σε συμπεράσματα για τη φύση μέσω παρατηρήσεων, υποθέσεων και πειραμάτων.

Επιστημονικός νόμος: Μια σύνοψη των πειραματικών δεδομένων βάσει της οποίας μπορούν να προβλεφθούν και μελλοντικά δεδομένα (χωρίς απαραίτητα να υπάρχει και η ερμηνεία τους).

Κανόνες ασφαλείας: Οι βασικοί κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων σε ένα χημικό εργαστήριο.

Μεταβλητή: Οποιαδήποτε παράμετρος που μπορεί να μετρηθεί σε ένα πείραμα.

Πείραμα: Μια καλά καθορισμένη και ελεγχόμενη διαδικασία λήψης παρατηρήσεων σχετικά με το υπό μελέτη σύστημα.

Ποιοτικά δεδομένα: Μη αριθμητικά δεδομένα που αποτελούνται από γενικές παρατηρήσεις.

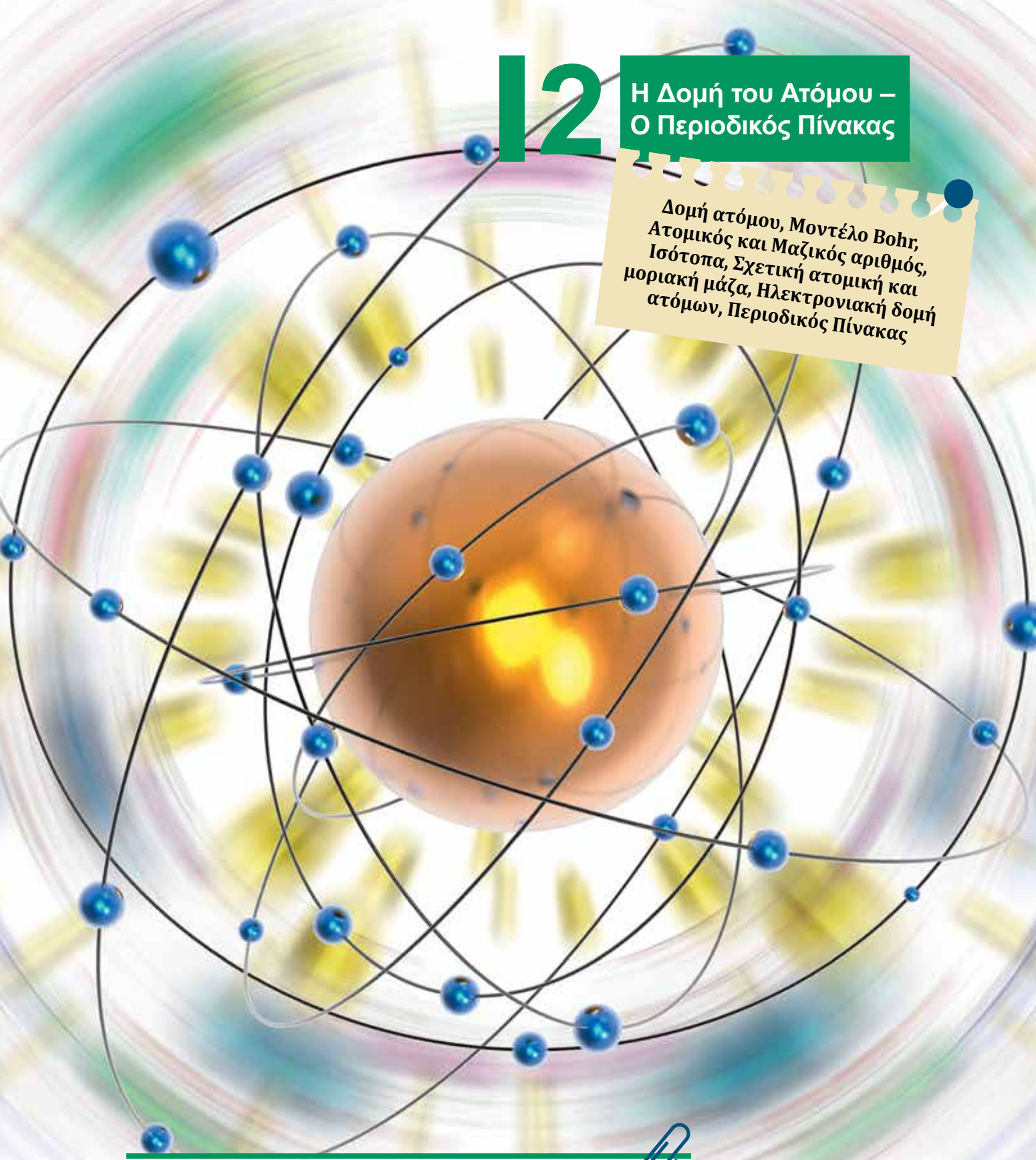
Ποσοτικά δεδομένα: Αριθμητικά δεδομένα που λαμβάνονται από μετρήσεις.

Σύμβολα επικινδυνότητας χημικών ουσιών: Εικονογράμματα τα οποία μας πληροφορούν σχετικά με έναν συγκεκριμένο κίνδυνο από μια χημική ουσία.

Υπόθεση: Μια ενδεικτική εξήγηση των δεδομένων της οποίας η ορθότητα θα ελεγχθεί με πείραμα.

Η 1η Ενότητα αποσκοπεί στη γνωριμία σας με το Εργαστήριο Χημείας και την επιστημονική μεθοδολογία.

Για τον σκοπό αυτό δεν περιλαμβάνονται ασκήσεις!!!



2 Η Δομή του Ατόμου – Ο Περιοδικός Πίνακας

Δομή ατόμου, Μοντέλο Bohr, Ατομικός και Μαζικός αριθμός, Ισότοπα, Σχετική ατομική και μοριακή μάζα, Ηλεκτρονιακή δομή ατόμων, Περιοδικός Πίνακας

2.1. Η Δομή του Ατόμου
2.2. Ο Περιοδικός Πίνακας

Η ύλη είναι φτιαγμένη από μικροσκοπικά σωματίδια, τα άτομα. Η δομή των ατόμων απασχόλησε για πολλά χρόνια τους επιστήμονες και εξακολουθεί να τους απασχολεί.

Στην 1η εισαγωγική ενότητα του βιβλίου παρουσιάστηκαν δεδομένα που καταδεικνύουν τη σημαντική συμβολή της Χημείας στην ευημερία της κοινωνίας μας. Εκτός αυτού, είδαμε ορισμένα βασικά στοιχεία της μεθοδολογίας που ακολουθούν οι Χημικοί, προκειμένου να διερευνήσουν ένα θέμα και να καταλήξουν σε επιστημονικά ορθά συμπεράσματα.

Το αντικείμενο μελέτης της Χημείας είναι η δομή της ύλης και οι ιδιότητές της. Είναι επομένως λογικό αυτή η 2η ενότητα να είναι αφιερωμένη σε αυτό το θέμα. Καταρχάς, Θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μια «κατάδυση» στον κόσμο των ατόμων, των βασικών δομικών μονάδων της ύλης. Θα δούμε ένα σχετικά ***απλό ατομικό μοντέλο*** που μας δίνει τη δυνατότητα να «οπτικοποιήσουμε» τα άτομα και να αντιληφθούμε έτσι καλύτερα την εσωτερική τους δομή. Παράλληλα με τη ***δομή των ατόμων***, θα ασχοληθούμε και με τη δομή των μονοατομικών ιόντων, που τα συναντάμε ως συστατικά πολλών ιοντικών χημικών ενώσεων.

Η Χημεία όμως είναι και ποσοτική επιστήμη. Ένας σημαντικό μέγεθος της ύλης που υπόκειται σε μετρήσεις και εμπλέκεται σε ποσοτικούς υπολογισμούς είναι η μάζα. Η μάζα μιας χημικής ουσίας σχετίζεται, βέβαια, άμεσα με τις μάζες των δομικών της σωματιδίων. Στην παρούσα ενότητα θα εισάγουμε μια νέα μονάδα, το u, με την οποία θα "μετράμε" την μάζα των ατόμων, των ιόντων και των μορίων.

Τέλος, θα μελετήσουμε μια από τις σημαντικότερες ταξινομίες των φυσικών επιστημών, τον ***Περιοδικό Πίνακα*** των χημικών στοιχείων. Εδώ, θα εστιασθούμε κυρίως στη στενή σχέση μεταξύ της δομής των ατόμων των στοιχείων και των ιδιοτήτων τους, αντιλαμβανόμενοι ότι η θέση των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα είναι ουσιαστικά μια αντανάκλαση της ατομικής τους δομής και των ιδιοτήτων τους. Το γεγονός αυτό καθιστά τον Περιοδικό Πίνακα ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο για την πρόβλεψη των ιδιοτήτων των χημικών στοιχείων και κατ' επέκταση των ιδιοτήτων των χημικών τους ενώσεων.

Ποια είναι, λοιπόν, η δομή του ατόμου; Πώς συνδέεται αυτή η δομή με τις ιδιότητες του στοιχείου στο οποίο ανήκει;
Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα αποτελούν το αντικείμενο της 2ης ενότητας.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τη δομή των ατόμων των στοιχείων, συμπεριλαμβανομένης και της κατανομής των ηλεκτρονίων τους σε στιβάδες, με βάση το μοντέλο του Bohr.
- *αξιοποιείτε* πληροφορίες που δίνει η θέση ενός στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα.

2.1. Η Δομή του Ατόμου

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου του Bohr.
- *περιγράφετε* τη δομή ενός ατόμου, αν γνωρίζετε τον ατομικό και τον μαζικό του αριθμό και αντίστροφα.
- *διατυπώνετε* τον ορισμό των ισοτόπων.
- *αναγνωρίζετε* ότι τα ισότοπα αποτελούν άτομα που ανήκουν στο ίδιο στοιχείο.
- *διατυπώνετε τον ορισμό* την ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας (u).
- *διατυπώνετε τον ορισμό* τη σχετική ατομική (A_r), σχετική μοριακή (M_r) και σχετική τυπική μάζα (F_r).
- *αξιοποιείτε* πίνακες των A_r για να κάνετε υπολογισμούς των M_r απλών ενώσεων.
- *εφαρμόζετε* τους κανόνες Bohr – Bury για την ηλεκτρονιακή δόμηση των στιβάδων και κατανέμετε σε στιβάδες τα ηλεκτρόνια των ατόμων που έχουν ατομικό αριθμό 1-20 και 31-38.
- *εξηγείτε* τον σχηματισμό ιόντων από άτομα.
- *προσδιορίζετε* τη δομή ενός ιόντος, αν γνωρίζετε τον ατομικό αριθμό, τον μαζικό αριθμό και το φορτίο του και αντίστροφα.

Στο Γυμνάσιο:

- **Γνωρίσαμε** *τις διαφορετικές αντιλήψεις για το άτομο από την αρχαιότητα έως σήμερα.*
- **Γνωρίσαμε** *τα άτομα ως το δομικό συστατικό των χημικών ουσιών.*
- **Αναφέραμε** *παραδείγματα απλών μορίων όπως τα H_2, H_2O και CH_4.*
- **Ορίσαμε** *τον Ατομικό (Z) και τον Μαζικό (A) αριθμό.*
- **Περιγράψαμε** *τις βασικές αρχές του ατομικού προτύπου του Bohr.*
- **Κατανείμαμε** *τα ηλεκτρόνια των ατόμων των στοιχείων με Z = 1 – 17 σε στιβάδες.*
- **Γνωρίσαμε** *τα μονοατομικά κατιόντα και ανιόντα.*

Το μοντέλο του ατόμου στη σύγχρονη εποχή

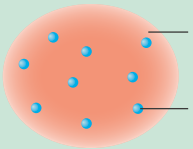
Το 1803 ο **Τζον Ντάλτον** μελέτησε το πώς τα στοιχεία συνδυάζονται χημικά για να σχηματίσουν ενώσεις. Παρατήρησε ότι τα στοιχεία συνδυάζονται σε αναλογίες ακέραιων αριθμών, όταν σχηματίζουν ενώσεις και ότι η ύλη δεν δημιουργείται ή καταστρέφεται στις χημικές αντιδράσεις. Ο Ντάλτον συμπέρανε ότι τα στοιχεία αποτελούνται από μικροσκοπικά, συμπαγή και αδιαίρετα σφαιρικά σωματίδια που ονομάζονται **άτομα**, έναν όρο που είχε προτείνει για πρώτη φορά ο Αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος **Δημόκριτος** (ά-τομο = άτμητο, δεν τέμνεται, δεν διασπάται).

Το μοντέλο της συμπαγούς σφαίρας

Το άτομο είναι μια συμπαγής σφαίρα που δεν μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερα σωματίδια ή κομμάτια.

Το 1897 ο **Τζόζεφ Τζων Τόμσον**, ένας Βρετανός επιστήμονας, συμπέρανε, με βάση τα πειράματα που έκανε, ότι όλα τα άτομα περιέχουν πολύ μικρά και αρνητικά φορτισμένα σωματίδια, τα οποία ονόμασε **ηλεκτρόνια**.

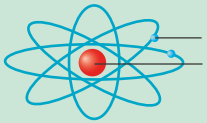
Το μοντέλο του σταφιδόψωμου



Το άτομο μπορεί να χωριστεί σε ρευστή ύλη και σε ηλεκτρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος του ατόμου αποτελείται από τη ρευστή ύλη. Αυτή απλώνεται σε όλο το άτομο και είναι θετικά φορτισμένη. Τα ηλεκτρόνια είναι πολύ μικρά και αρνητικά φορτισμένα.

Το 1911 ο **Έρνεστ Ράδερφορντ**, ένας Νεοζηλανδός επιστήμονας, «βομβάρδισε» λεπτά φύλλα χρυσού με θετικά φορτισμένα σωματίδια, που ονομάζονται σωματίδια άλφα. Παρατήρησε ότι τα περισσότερα από τα σωματίδια άλφα περνούσαν μέσα από τα φύλλα, αλλά μερικά αναπήδησαν πίσω. Ο Ράδερφορντ σκέφτηκε ότι πρέπει να υπάρχει κάτι πολύ μικρό, με μεγάλη μάζα και θετικά φορτισμένο σε ένα άτομο, το οποίο ονόμασε **πυρήνα**.

Το πυρηνικό μοντέλο

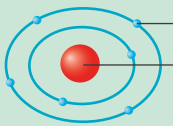


Το άτομο μπορεί να χωριστεί σε πυρήνα και ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας καταλαμβάνει έναν μικρό χώρο στο κέντρο του ατόμου. Ο πυρήνας είναι πυκνός και θετικά φορτισμένος. Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από αυτόν. Είναι μικροσκοπικά και αρνητικά φορτισμένα. Το μεγαλύτερο μέρος του ατόμου είναι κενός χώρος.

1803 — 1897 — 1911

Το 1913 ο **Νιλς Μπορ**, ένας Δανός επιστήμονας, ανέπτυξε ένα μοντέλο του ατόμου θέλοντας να εξηγήσει το φως που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση τα ατόμων σε αέρια φάση. Ο Bohr σκέφτηκε ότι τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα σε διαφορετικές αποστάσεις, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο. Τα ηλεκτρόνια σε αυτές τις τροχιές έχουν διαφορετικές ενέργειες. Όταν ένα ηλεκτρόνιο πέφτει από μια εξωτερική σε μια εσωτερική τροχιά, η συχνότητα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από τις ενέργειες των δύο τροχιών.

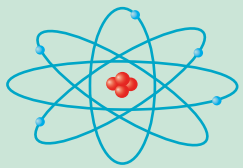
Το πλανητικό μοντέλο



Το άτομο μπορεί να χωριστεί σε πυρήνα και ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο του ατόμου. Έχει μεγάλη μάζα και είναι θετικά φορτισμένος. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα σε συγκεκριμένες τροχιές. Είναι μικροσκοπικά και αρνητικά φορτισμένα. Διαφορετικά ηλεκτρόνια βρίσκονται σε τροχιές σε διαφορετικές αποστάσεις από τον πυρήνα.

Το 1918 ο **Ράδερφορντ** προέβη σε μια περαιτέρω συμβολή. Βρήκε ότι μπορούσε να χρησιμοποιήσει σωματίδια άλφα για να χτυπήσει μικρά θετικά φορτισμένα σωματίδια, τα οποία ονόμασε πρωτόνια. Σκέφτηκε ότι ο πυρήνας πρέπει να είναι μια συλλογή πρωτονίων.

Το μοντέλο των πρωτονίων



Ο πυρήνας περιέχει πρωτόνια. Τα πρωτόνια είναι μικροσκοπικά και θετικά φορτισμένα. Τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια είναι μικροσκοπικά και αρνητικά φορτισμένα. Το μεγαλύτερο μέρος του ατόμου είναι κενός χώρος.

Το 1926-27 οι **Βέρνερ Χάιζενμπεργκ** και **Ερβινγκ Σρέντινγκερ** πρότειναν το μοντέλο του **ηλεκτρονιακού νέφους**. Σύμφωνα με τον Χάιζενμπεργκ η θέση ενός ηλεκτρονίου δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Μπορούμε μόνο να μιλήσουμε για την πιθανότητα του πού μπορεί να βρίσκεται ένα ηλεκτρόνιο. Το ηλεκτρονιακό νέφος υποδεικνύει τον χώρο στον οποίο είναι πιθανό να βρίσκεται ένα ηλεκτρόνιο. Το 1932 ο **Τζέιμς Τσάντγουικ** διαπίστωσε ότι ο πυρήνας περιλάμβανε επίσης μη φορτισμένα σωματίδια, τα οποία ονόμασε νετρόνια. Σκέφτηκε ότι τα νετρόνια ήταν σημαντικά για τη συγκράτηση των θετικά φορτισμένων πρωτονίων στον πυρήνα.

Το μοντέλο του ηλεκτρονιακού νέφους

Ένα νέφος ηλεκτρονίων περιβάλλει τον πυρήνα. Το νέφος αποτελείται από γρήγορα κινούμενα ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια.

1913 — 1918 — 1927 — 1932

Βρείτε τον πίνακα και σε ψηφιακή μορφή

2.1.1. Το μοντέλο του Bohr

Το 1913 ο Δανός φυσικός Niels Bohr (Νιλς Μπορ, Εικόνα 2.1), στηριζόμενος και σε προηγούμενες ανακαλύψεις άλλων επιστημόνων, πρότεινε ένα μοντέλο για το άτομο. Το μοντέλο αυτό μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια σχετικά απλή οπτικοποίηση της ύλης σε ατομικό επίπεδο, καθώς και για την κατανόηση ορισμένων βασικών ιδιοτήτων της. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό ένα άτομο αποτελείται από έναν θετικά φορτισμένο ***πυρήνα*** που βρίσκεται στο κέντρο του και από τα αρνητικά φορτισμένα ***ηλεκτρόνια*** (e^-) που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Ο πυρήνας αποτελείται από δύο είδη μικρότερων σωματιδίων: τα ***πρωτόνια (p)*** που έχουν θετικό φορτίο και τα ***νετρόνια (n)*** που είναι αφόρτιστα. (Εικόνα 2.2 αριστερά). Τα πρωτόνια και τα νετρόνια ονομάζονται ***νουκλεόνια*** (nucleus = πυρήνας).

Οι μάζες και τα ηλεκτρικά φορτία των τριών υποατομικών σωματιδίων φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Εικόνα 2.1: *Niels Henrik David Bohr (1885-1962)*

Πίνακας 2.1: *Μάζες και φορτία υποατομικών σωματιδίων*

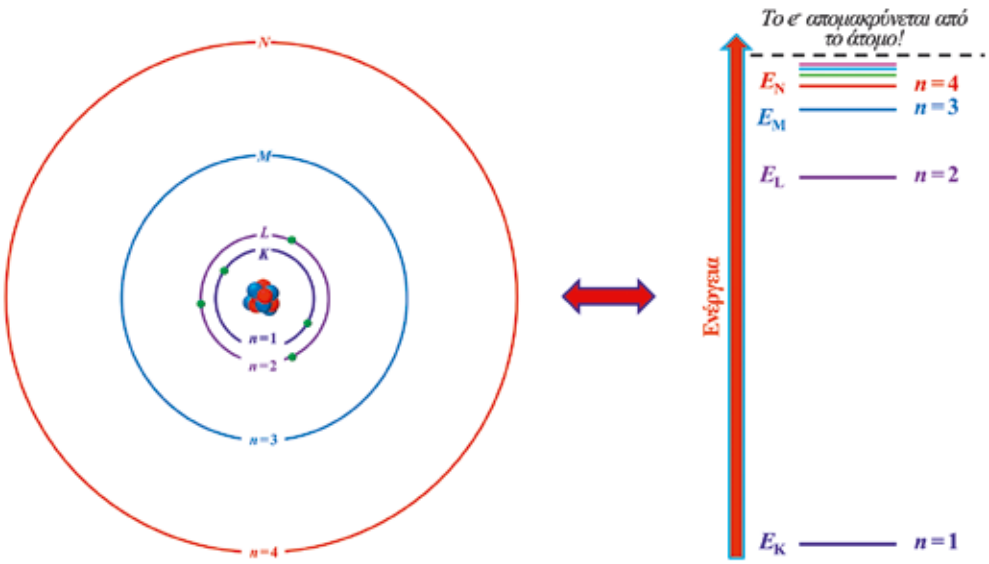
Σωματίδιο	Μάζα (g)	Φορτίο (C)	Μονάδα φορτίου
Ηλεκτρόνιο	$9{,}10938 \cdot 10^{-28}$	$-1{,}6022 \cdot 10^{-19}$	−1
Πρωτόνιο	$1{,}67262 \cdot 10^{-24}$	$+1{,}6022 \cdot 10^{-19}$	+1
Νετρόνιο	$1{,}67493 \cdot 10^{-24}$	0	0

Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε καθορισμένες ***κυκλικές τροχιές (στιβάδες)***. Κάθε στιβάδα ονομάζεται με ένα γράμμα του αγγλικού αλφάβητου, ξεκινώντας από το γράμμα *K*, δηλαδή *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P*, *Q* κ.ο.κ. Θεωρητικά οι στιβάδες είναι άπειρες. Ωστόσο, για τα μέχρι σήμερα γνωστά στοιχεία που τα άτομά τους έχουν μέχρι 118 ηλεκτρόνια, όταν τα άτομα είναι στην κατάσταση μικρότερης ενέργειας (θεμελιώδης κατάσταση) υπάρχουν ηλεκτρόνια μόνο στις επτά πρώτες στιβάδες (μέχρι την *Q*).

Κάθε στιβάδα χαρακτηρίζεται από μια συγκεκριμένη τιμή ενός αριθμού που ονομάζεται **κύριος κβαντικός αριθμός *n*** και εισήχθη από τον Bohr, στην προσπάθειά του να ερμηνεύσει ορισμένα πειραματικά δεδομένα. Η στιβάδα *K* έχει $n = 1$, η *L* έχει $n = 2$, η *M* έχει $n = 3$ κ.ο.κ. (Εικόνα 2.2 αριστερά). Επίσης, κάθε στιβάδα βρίσκεται σε ορισμένη απόσταση από τον πυρήνα και αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο ***ενεργειακό επίπεδο (ενεργειακή στάθμη E)***. Καθώς η απόστασή των στιβάδων από τον πυρήνα αυξάνεται, αυξάνεται και η αντίστοιχη ενεργειακή στάθμη, δηλαδή $E_K < E_L < E_M < E_N < \ldots$ (Εικόνα 2.2 δεξιά). Παρατηρήστε επίσης ότι οι ενεργειακές στάθμες πυκνώνουν καθώς απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα. Από το ενεργειακό διάγραμμα γίνεται φανερό το τι πραγματικά σημαίνει για δύο στιβάδες, π.χ. την *K* και την *M*, ότι $E_K < E_M$. Σημαίνει ότι εάν ένα ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε στιβάδα πιο απομακρυσμένη από τον πυρήνα (τη *M*), τότε δέχεται μικρότερη έλξη από αυτόν και έτσι μπορεί να απομακρυνθεί πιο εύκολα.

Όταν οι μαθητές γίνονται πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια! Δείτε το σχετικό βίντεο!

Μην συγχέετε τα νετρόνια με τον κύριο κβαντικό αριθμό. Αν και έχουν το ίδιο σύμβολο (n) είναι δύο τελείως διαφορετικά πράγματα.



Εικόνα 2.2: *Αριστερά: Αναπαράσταση των στιβάδων στο μοντέλο του Bohr για το άτομο του $_5$B. Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια (μπλε) και νετρόνια (κόκκινα). Γύρω από τον πυρήνα κινούνται τα ηλεκτρόνια (πράσινα) σε καθορισμένες τροχιές. Παρατηρήστε ότι οι τροχιές δεν ισαπέχουν! Δεξιά: Διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών (7 οριζόντιες γραμμές). Παρατηρήστε ότι καθώς η απόσταση από τον πυρήνα μεγαλώνει, η ενέργεια των στιβάδων αυξάνεται και τα ενεργειακά επίπεδα πυκνώνουν.*

Με βάση το ατομικό πρότυπο του Bohr και τα δεδομένα του Πίνακα 2.1, προσπαθήστε να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. *Δεδομένου ότι τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, ποια σχέση θα περιμένατε μεταξύ του αριθμού πρωτονίων και του αριθμού ηλεκτρονίων ενός ατόμου; Εξηγήστε.*

.....

2. *Συμφωνείτε με τον ισχυρισμό ότι «σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα του»; Εξηγήστε.*

.....

3. *Συμφωνείτε με τον ισχυρισμό ότι «ο μεγαλύτερος όγκος του ατόμου είναι κενός»; Εξηγήστε.*

.....

4. *Ένας επιστήμονας υποστηρίζει ότι ο πυρήνας ενός ατόμου έχει τεράστια πυκνότητα. Προσπαθήστε να αξιολογήσετε αυτόν τον ισχυρισμό για έναν πυρήνα ο οποίος αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια και έχει διάμετρο 10^{-15} m. Θεωρήστε ότι ο πυρήνας έχει σφαιρικό σχήμα. Αν χρειαστείτε κάποιες επιπλέον πληροφορίες, μπορείτε να τις αναζητήσετε στο διαδίκτυο ή να απευθυνθείτε στον/στην καθηγητή/τριά σας.*

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην τάξη

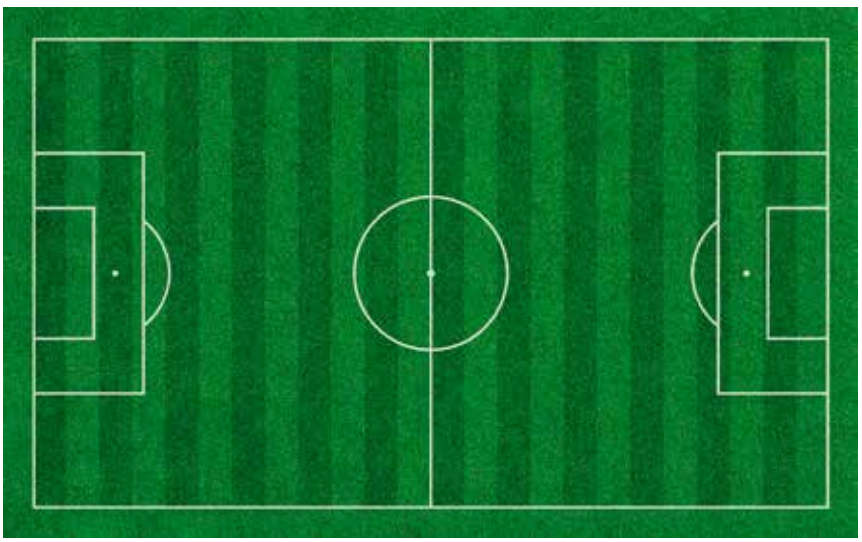
Δραστηριότητα

Το φορτίο $1{,}6022 \cdot 10^{-19}$ C, το φορτίου του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου, είναι το μικρότερο ηλεκτρικό φορτίο που υπάρχει στη φύση (στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο) και χαρακτηρίζεται ως **μονάδα φορτίου**, +1 και –1, για θετικό και αρνητικό φορτίο, αντίστοιχα. Όλα τα φορτία που μπορούν να υπάρξουν στη φύση είναι ακέραια πολλαπλάσια του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου.

Σε ένα άτομο ο αριθμός των πρωτονίων που φέρουν το στοιχειώδες θετικό φορτίο είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που φέρουν το στοιχειώδες αρνητικό φορτίο. Έτσι, το συνολικό φορτίο του ατόμου είναι μηδέν, δηλαδή το άτομο είναι ***ηλεκτρικά ουδέτερο***.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1, η μάζα του πρωτονίου είναι πρακτικά ίση με τη μάζα του νετρονίου, ενώ η μάζα του ηλεκτρονίου είναι περίπου 1836 φορές μικρότερη. Επιπλεόν, η διάμετρος του πυρήνα είναι περίπου 100.000 φορές μικρότερη από αυτή του ατόμου. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα του, ενώ ο μεγαλύτερος όγκος του ατόμου είναι κενός (Εικόνα 2.3).

Βίντεο: Τι είναι το άτομο και πώς το ξέρουμε αυτό;



Εικόνα 2.3: *Αν στη σέντρα ενός γηπέδου ποδοσφαίρου τοποθετηθεί ένα μπαλάκι του πιγκ πογκ που αναπαριστά τον πυρήνα, τότε τα ηλεκτρόνια ως σημειακά σωματίδια περιφέρονται έξω από τις γραμμές του άουτ. Το υπόλοιπο είναι κενός χώρος.*

Εφαρμογή 2.1 Να συμπληρώσετε τα κενά στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί:

Πίνακας 2.2: *Υποατομικά Σωματίδια*

	Πρωτόνιο (p)	Ηλεκτρόνιο (e)	Νετρόνιο (n)
Θέση μέσα στο άτομο	πυρήνας		
Μάζα (σε kg)			
Μάζα (σε g)			
Ηλεκτρικό φορτίο (σε C)			
Ηλεκτρικό φορτίο (σε μC)			

Μπείτε τώρα στον διπλανό σύνδεσμο για να δείτε μια προσομοίωση σχετικά με το πώς μπορείτε να «κατασκευάσετε» το μοντέλο ενός ατόμου.

2.1.2. Ατομικός και Μαζικός Αριθμός – Ισότοπα – Σχετική Ατομική και Μοριακή Μάζα

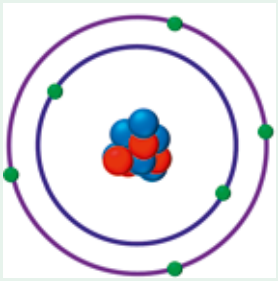
2.1.2.1. Ατομικός και Μαζικός Αριθμός – Ισότοπα

Ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα ενός ατόμου αποτελεί τη «χημική ταυτότητα» του ατόμου, δηλαδή καθορίζει σε ποιο χημικό στοιχείο ανήκει το άτομο αυτό (Εικόνα 2.4).

***Ατομικός αριθμός (Z)* ενός ατόμου είναι ο αριθμός των πρωτονίων που βρίσκονται στον πυρήνα του ατόμου.**

Εικόνα 2.4: *Ο ατομικός αριθμός είναι η «χημική ταυτότητα» ενός ατόμου.*

Ο ατομικός αριθμός είναι επομένως ο ίδιος για όλα τα άτομα ενός χημικού στοιχείου. Για παράδειγμα, όλα τα άτομα άνθρακα C έχουν $Z = 6$ (6 πρωτόνια) (Εικόνα 2.5), όλα τα άτομα οξυγόνου O έχουν $Z = 8$ (8 πρωτόνια) κ.ο.κ. Επειδή το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο ο ατομικός αριθμός δείχνει ταυτόχρονα και τον αριθμό των ηλεκτρονίων του ατόμου.



Εικόνα 2.5: *Μια εικονική αναπαράσταση ενός ατόμου άνθρακα C (Z = 6).*

***Μαζικός αριθμός (A)* ενός ατόμου είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων (δηλαδή των νουκλεονίων) που αποτελούν τον πυρήνα του.**

Είναι προφανές ότι για ένα άτομο ισχύει:

$$A = Z + N$$

όπου N ο αριθμός των νετρονίων του ατόμου.

Όταν χρειάζεται να δηλώσουμε τον ατομικό και τον μαζικό αριθμό, συμβολίζουμε το άτομο ενός χημικού στοιχείου X ως εξής:

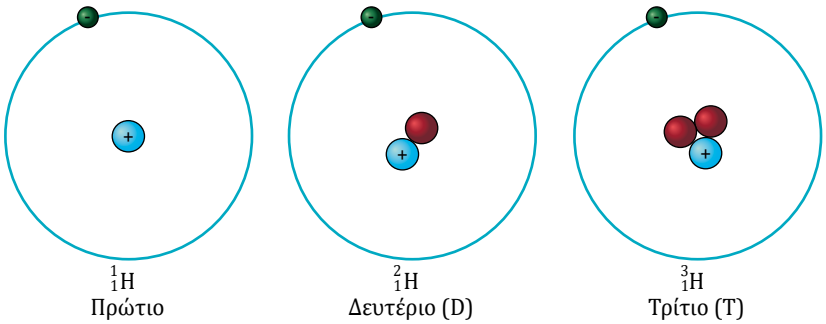
$${}^{A}_{Z}\mathbf{X}$$

Ο αριθμός των νετρονίων *N*, και κατ' επέκταση ο μαζικός αριθμός *A*, δεν είναι πάντα ίδιος για όλα τα άτομα ενός στοιχείου.

Άτομα με τον ίδιο ατομικό αριθμό τα οποία έχουν διαφορετικό μαζικό αριθμό, δηλαδή διαφορετικό αριθμό νετρονίων, ονομάζονται *ισότοπα*.

Τα ισότοπα ανήκουν στο ίδιο χημικό στοιχείο και άρα βρίσκονται στην ίδια θέση (στον ίδιο «τόπο») του Περιοδικού Πίνακα (δείτε και Ενότητα 2.2).

Τα ισότοπα του υδρογόνου (Εικόνα 2.6) έχουν ιδιαίτερα ονόματα. Η φυσική αναλογία του πρωτίου είναι περίπου 99,99%. Είναι το μοναδικό άτομο που δεν έχει νετρόνια. Το δευτέριο περιέχεται στο δευτεριωμένο νερό D_2O (βαρύ ύδωρ) που χρησιμοποιείται σε ορισμένους πυρηνικούς αντιδραστήρες. Το τρίτιο είναι ασταθές ισότοπο και ο πυρήνας του διασπάται αυθόρμητα.



Εικόνα 2.6: *Τα τρία ισότοπα του υδρογόνου. Ο πυρήνας του πρωτίου είναι μόνο ένα πρωτόνιο.*

Παρακάτω φαίνονται τα φυσικά ισότοπα του άνθρακα και του μαγνησίου (Εικόνα 2.7).

$^{12}_{6}C$: άνθρακας-12 (περίπου 99%)
$^{13}_{6}C$: άνθρακας-13
$^{14}_{6}C$: άνθρακας-14

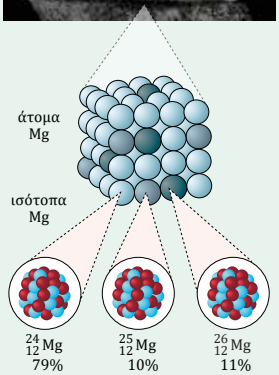
$^{24}_{12}Mg$: μαγνήσιο-24 (περίπου 79%)
$^{25}_{12}Mg$: μαγνήσιο-25
$^{26}_{12}Mg$: μαγνήσιο-26

Τα ισότοπα πρώτιο και άνθρακας-13 βρίσκουν εφαρμογή σε μία πολύ σημαντική τεχνική ανάλυσης γνωστή ως φασματοσκοπία NMR, καθώς και στην απεικονιστική μέθοδο MRI στην ιατρική, ενώ το ισότοπο άνθρακας-14 χρησιμοποιείται στη ραδιοανθρακική χρονολόγηση, μία μέθοδο προσδιορισμού της ηλικίας ενός αντικειμένου.

Τα ισότοπα ενός χημικού στοιχείου έχουν γενικά ίδιες χημικές ιδιότητες, αφού αυτές καθορίζονται κατά βάση από τον αριθμό των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων τους που είναι ίδιος. Ωστόσο έχουν διαφορετική μάζα, αφού έχουν διαφορετικό αριθμό νετρονίων, και αυτό οδηγεί σε διαφοροποιήσεις σε κάποιες ιδιότητές τους.

Εκτός από τα ισότοπα που υπάρχουν στη φύση παρασκευάζονται και ***τεχνητά ισότοπα*** με πυρηνικές αντιδράσεις. Τα ισότοπα (φυσικά ή τεχνητά) που εκπέμπουν ραδιενέργεια ονομάζονται ***ραδιοϊσότοπα***.

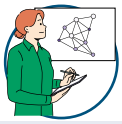
Στον ακόλουθο σύνδεσμο θα βρείτε περισσότερες πληροφορίες για το βαρύ ύδωρ.



Εικόνα 2.7: *Τα τρία φυσικά ισότοπα του μαγνησίου (Mg) έχουν 12, 13 και 14 νετρόνια, αντίστοιχα.*

Στους ακόλουθους συνδέσμους θα βρείτε περισσότερες πληροφορίες για τη φασματοσκοπία NMR

και τη ραδιοανθρακική χρονολόγηση.



Παράδειγμα 2.2

Δίνεται το άτομο $^{40}_{20}Ca$: Να βρεθεί ο αριθμός των πρωτονίων, των νετρονίων και των ηλεκτρονίων που περιέχει.

Λύση:

α) $^{40}_{20}Ca$: Από τον συμβολισμό που δίνεται συμπεραίνουμε τα εξής: $Z = 20$, άρα στον πυρήνα του ατόμου του υπάρχουν 20 πρωτόνια. Επειδή πρόκειται για ουδέτερο άτομο, έχει 20 ηλεκτρόνια.

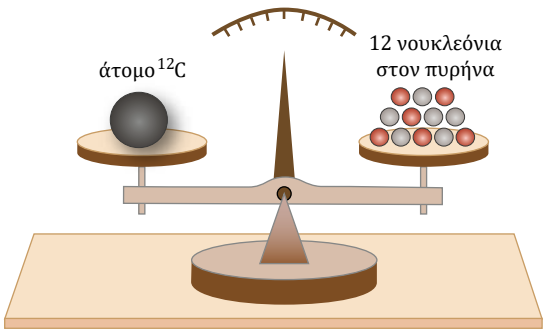
$A = 40$, άρα στον πυρήνα του ατόμου του υπάρχουν 40 νουκλεόνια και, αφού τα πρωτόνια είναι 20, ο αριθμός των νετρονίων (N) είναι:
$N = A - Z = 40 - 20 = 20$.

2.1.2.2. Σχετική Ατομική και Μοριακή Μάζα

Οι μάζες των ατόμων είναι πάρα πολύ μικρές, της τάξης του 10^{-24} με 10^{-22} g. Οι επιστήμονες έχουν ορίσει μια ειδική μονάδα, για να εκφράζουμε τις μάζες των ατόμων, την **ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας** (unified atomic mass unit) που συμβολίζεται 1 u.

Η μονάδα ατομικής μάζας (1 u) είναι το 1/12 της μάζας του ατόμου $^{12}_{6}C$.

Ένα άτομο $^{12}_{6}C$ αποτελείται από 6 πρωτόνια, 6 νετρόνια και 6 ηλεκτρόνια. Είδαμε όμως ότι η μάζα του πρωτονίου και του νετρονίου είναι σχεδόν ίδια, ενώ η μάζα του ηλεκτρονίου είναι 1836 φορές μικρότερη. Επομένως, η μάζα των ηλεκτρονίων ενός ατόμου μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα σε σχέση με τη μάζα των νουκλεονίων του. Με άλλα λόγια η μάζα ενός ατόμου είναι περίπου ίση με τη μάζα του πυρήνα του, δηλαδή με τη συνολική μάζα των νουκλεονίων του (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: *Η μάζα του ατόμου ^{12}C είναι περίπου ίση με τη μάζα των 12 νουκλεονίων του.*

Έτσι, αν διαιρέσουμε τη μάζα του ατόμου $^{12}_{6}C$ με τον αριθμό των νουκλεονίων του που είναι 12, δηλαδή πάρουμε το 1/12 της μάζας του ατόμου $^{12}_{6}C$ που είναι το 1 u, αυτό που προκύπτει πρακτικά είναι η μάζα ενός νουκλεονίου (Εικόνα 2.9).

$$1u = \frac{\text{Μάζα ατόμου } {}^{12}_{6}C}{12} \approx \frac{\text{μάζα 12 νουκλεονίων}}{12} = \text{μάζα ενός νουκλεονίου}$$

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στο Μοντέλο του Bohr-Ατομικός και μαζικός αριθμός -Ισότοπα.

$1\ u \approx 1{,}660542 \cdot 10^{-27}\ kg$

Το άτομο ^{12}C είναι ένα σταθερό και ελαφρύ ισότοπο, ευρέως διαδεδομένο στη φύση και με ίδιο αριθμό πρωτονίων και νετρονίων.

Στη βιοχημεία η μονάδα u αναφέρεται συχνά ως Dalton (Da).

Εικόνα 2.9: *Η μονάδα ατομικής μάζας 1 u είναι, με καλή προσέγγιση, ίση με τη μάζα ενός νουκλεονίου.*

Έτσι, το 1 u είναι περίπου ίσο με τη μάζα ενός νουκλεονίου.

Η μάζα σε γραμμάρια του 1 u είναι $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g, ενώ του πρωτονίου και του νετρονίου είναι $1{,}67 \cdot 10^{-24}$ g. Η διαφορά στις μάζες είναι πολύ μικρή και στους συνήθεις υπολογισμούς μπορούμε να την αγνοήσουμε.

Για να εκφράσουμε την μάζα ενός ατόμου, συγκρίνουμε τη μάζα του με τη μονάδα ατομικής μάζας u.

Σχετική ατομική μάζα, A_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός ατόμου στοιχείου από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

$$A_r = m_{\text{ατόμου}} / 1\ \text{u} \quad \text{ή} \quad A_r = m_{\text{ατόμου}} / (1/12\ m_{\text{ατόμου}}\ {}^{12}_{6}\text{C})$$

Αν διαιρέσουμε τη μάζα ενός ατόμου, που είναι πρακτικά η μάζα του πυρήνα του, δηλαδή η συνολική μάζα των νουκλεονίων του, με τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u, που είναι σχεδόν ίση με τη μάζα ενός νουκλεονίου, προκύπτει ο αριθμός των νουκλεονίων, δηλαδή ο μαζικός αριθμός A του ατόμου (Εικόνα 2.10).

$$A_r = m_{\text{ατόμου}} / 1\text{u} \approx \frac{\text{μάζα νουκλεονίων ατόμου}}{\text{μάζα ενός νουκλεονίου}} = A$$

Παλαιότερα η σχετική ατομική μάζα A_r ονομάζονταν ατομικό βάρος (Α.Β.)

Εικόνα 2.10: *Η σχετική ατομική μάζα A_r ενός ατόμου είναι, με καλή προσέγγιση, ίση με τον μαζικό του αριθμό Α.*

Για ένα συγκεκριμένο άτομο η σχετική ατομική του μάζα A_r είναι πρακτικά ίση με τον μαζικό αριθμό Α του ατόμου αυτού.

Για παράδειγμα, το άτομο ^{4}He έχει $A_r = 4$, ενώ το άτομο ^{13}C έχει $A_r = 13$.

Η σχετική ατομική μάζα A_r του ^{16}O είναι 16. Ποια θεωρείτε ότι είναι η A_r του ιόντος $^{16}O^{2-}$; Γιατί;

Συζήτηση στην τάξη

.....

Εφαρμογή 2.3 Πόση είναι η σχετική ατομική μάζα A_r και η μάζα σε g για κάθε ένα από τα άτομα: ${}^{14}_{6}$C και ${}^{16}_{8}$O;

Το χλώριο Cl εμφανίζεται στη φύση με δύο ισότοπα: το ^{35}Cl σε αναλογία 75% και το ^{37}Cl σε αναλογία 25%. Με άλλα λόγια, στα 100 άτομα χλωρίου στη φύση τα 75 είναι ^{35}Cl και τα 25 είναι ^{37}Cl.

1. *Ποια είναι η A_r του ισοτόπου ^{35}Cl και ποια είναι η A_r του ισοτόπου ^{37}Cl;*

.....

2. *Ποια τιμή θα δίνατε ως σχετική ατομική μάζα A_r του στοιχείου χλώριο; Γιατί;*

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην τάξη

.....

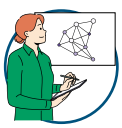
.....

3. *Βρείτε στο σχετικό παράρτημα στο τέλος του βιβλίου την τιμή A_r που δίνεται για το στοιχείο χλώριο. Είναι ίδια με αυτήν που δώσατε εσείς; Αν όχι, προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί.*

.....

Τα περισσότερα χημικά στοιχεία υπάρχουν στη φύση με τη μορφή ισοτόπων. Επομένως η ***A_r* ενός στοιχείου** πρέπει να εκφράζει τη **μέση μάζα** των φυσικών ισοτόπων του στοιχείου. Αυτή η μέση μάζα πρέπει να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τη ***φυσική αναλογία*** του κάθε ισοτόπου.

Η σχετική ατομική μάζα A_r ενός χημικού στοιχείου προκύπτει ως ο σταθμικός μέσος όρος των σχετικών μαζών των φυσικών ισοτόπων του, λαμβάνοντας υπόψη τη φυσική αναλογία του κάθε ισοτόπου.



Παράδειγμα 2.4

Το χλώριο Cl εμφανίζεται στη φύση με δύο ισότοπα: το ^{35}Cl σε αναλογία 75% και το ^{37}Cl σε αναλογία 25%. Να υπολογιστεί η σχετική ατομική μάζα A_r του φυσικού χλωρίου.

Λύση:

Θα λάβουμε υπόψη μας τόσο τις μάζες όσο και τις φυσικές αναλογίες των ισοτόπων για να βρούμε τον σταθμικό μέσο όρο των μαζών των δύο ισοτόπων, που εκφράζει την A_r του στοιχείου χλώριο. Η A_r κάθε ισοτόπου είναι πρακτικά ίση με τον μαζικό του αριθμό, οπότε $A_r(^{35}Cl) = 35$ και $A_r(^{37}Cl) = 37$. Επομένως για το στοιχείο χλώριο:

$A_r(Cl) = (75/100) \cdot 35 + (25/100) \cdot 37 = 35,45$ (Εικόνα 2.11). Για απλοποίηση των υπολογισμών συνήθως θεωρούμε ότι $A_r(Cl) = 35,5$.

Εφαρμογή 2.5

Το μαγνήσιο Mg εμφανίζεται στη φύση με τρία ισότοπα: το ^{24}Mg σε αναλογία 79%, το ^{25}Mg σε αναλογία 10% και το ^{26}Mg σε αναλογία 11%. Να υπολογιστεί η σχετική ατομική μάζα A_r του μαγνησίου.

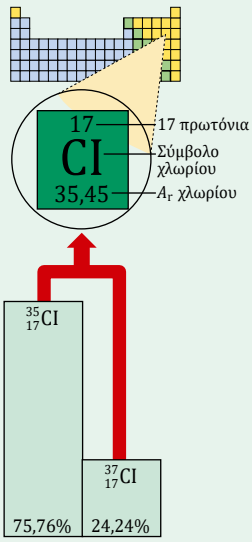
Και η μάζα ενός μορίου εκφράζεται με ανάλογο τρόπο, δηλαδή συγκρίνοντας τη μάζα του με τη μονάδα ατομικής μάζας u.

Σχετική (μέση) μοριακή μάζα, M_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός μορίου στοιχείου ή ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

$$M_r = m_{\text{μορίου}} / 1\ \text{u} \quad \text{ή} \quad M_r = m_{\text{μορίου}} / (1/12\ m_{\text{ατόμου}}\ {}^{12}_{6}\text{C})$$

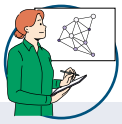
Η M_r μιας μοριακής ουσίας είναι προφανώς ίση με το άθροισμα των A_r των ατόμων που αποτελούν το μόριο της ουσίας.

Ο σταθμικός μέσος όρος, σε αντίθεση με τον αριθμητικό, δίνει διαφορετική βαρύτητα σε κάθε αριθμητικό δεδομένο. Χρησιμοποιείται και για την εύρεση του βαθμού στις Πανελλήνιες Εξετάσεις!



Εικόνα 2.11: *Το χλώριο, με δύο φυσικά ισότοπα, έχει σχετική ατομική μάζα 35,45. Ο αντίστοιχος αριθμητικός μέσος όρος είναι (35 + 37)/2 = 36, που είναι λάθος.*

Οι A_r των στοιχείων δίνονται στην Εικόνα 2.24.



Παράδειγμα 2.6 Δίνεται ότι $A_r(H) = 1$ και $A_r(O) = 16$. Να υπολογίσετε το M_r του νερού (H_2O).

Λύση:

$M_r(H_2O) = 2 \cdot A_r(H) + 1 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18.$

Παλαιότερα η σχετική μοριακή μάζα M_r ονομάζονταν μοριακό βάρος (Μ.Β.).

Στην περίπτωση των ιοντικών ενώσεων, οι οποίες δεν αποτελούνται από μόρια αλλά από ιοντικούς κρυστάλλους, χρησιμοποιείται ο όρος σχετική τυπική μάζα.

Σχετική τυπική μάζα, F_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα της τυπικής μονάδας μιας ιοντικής ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

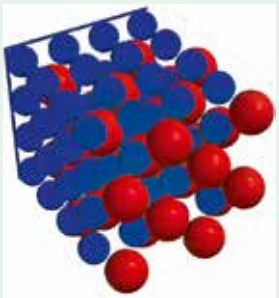
$$F_r = m_{\text{τυπικής μονάδας}} \,/\, 1\ \text{u} \text{ ή } F_r = m_{\text{τυπικής μονάδας}} \,/\, (1/12\ m_{\text{ατόμου}}\ {}^{12}_{6}\text{C})$$

Παλαιότερα η σχετική τυπική μάζα F_r ονομάζονταν τυπικό βάρος (Τ.Β.).

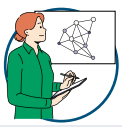
Η τυπική μονάδα είναι ο χημικός τύπος με τον οποίο συμβολίζουμε μία ιοντική ένωση και δείχνει την αναλογία των ιόντων στο κρυσταλλικό της πλέγμα. Για παράδειγμα, η τυπική μονάδα Na_2O φανερώνει ότι ο κρύσταλλος αυτής της ιοντικής ένωσης αποτελείται από ιόντα νατρίου (Na^+) και οξυγόνου (O^{2-}) σε αναλογία 2:1 (Εικόνα 2.12).

Η F_r μιας ιοντικής ένωσης είναι ίση με το άθροισμα των A_r όλων των ατόμων που υπάρχουν στα ιόντα μιας τυπικής μονάδας της.

Περισσότερα για τις ιοντικές ενώσεις και την τυπική μονάδα θα συζητήσουμε στις επόμενες ενότητες.



Εικόνα 2.12: *Κρύσταλλος Na_2O (οξείδιο του νατρίου). Μπλε χρώμα: ιόντα νατρίου, κόκκινο χρώμα: ιόντα οξυγόνου.*



Παράδειγμα 2.7 Δίνεται ότι $A_r(Na) = 23$ και $A_r(O) = 16$. Να υπολογίσετε τη σχετική τυπική μάζα F_r του Na_2O (οξείδιο του νατρίου).

Λύση:

Το Na_2O είναι ιοντική ένωση, δηλαδή αποτελείται από κατιόντα Na^+, και ανιόντα O^{2-} σε αναλογία 2:1 (βλέπε Εικόνα 2.11). Άρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η έννοια του μορίου, αφού οι δομικές μονάδες της ουσίας αυτής είναι ιόντα. Η σχετική τυπική μάζα F_r προκύπτει από το άθροισμα των A_r όλων των μονοατομικών ιόντων που υπάρχουν στην τυπική μονάδα αυτής της ιοντικής ένωσης.

$$F_r(Na_2O) = 2 \cdot A_r(Na) + 1 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 23 + 1 \cdot 16 = 62.$$

Η σχετική ατομική, μοριακή και τυπική μάζα είναι καθαροί αριθμοί, δηλαδή δεν έχουν μονάδες.

Στον ακόλουθο σύνδεσμο μπορείτε να δείτε πώς προσδιορίζουμε πειραματικά τις μάζες των ατόμων και των μορίων, με μία σημαντική αναλυτική τεχνική γνωστή ως *φασματομετρία μάζας*.

2.1.3. Ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων

2.1.3.1. Οι κανόνες Bohr-Bury

Η ***ηλεκτρονιακή δομή*** ενός ατόμου αφορά στο πώς είναι κατανεμημένα τα ηλεκτρόνιά του σε στιβάδες. Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, η γνώση της κατανομής των ηλεκτρονίων είναι ιδιαίτερα σημαντική για να κατανοήσουμε τις ιδιότητες των ατόμων.

*Η ηλεκτρονιακή δομή αναφέρεται και ως **ηλεκτρονιακή απεικόνιση**.*

Δραστηριότητα

Δίνονται οι ηλεκτρονιακές δομές έξι ατόμων:

ήλιο $_{4}He$ K(2) L(2), *νέο $_{10}Ne$ K(2) L(8) (Εικόνα 2.13)*

νάτριο $_{11}Na$ K(2) L(8) M(1) *αργό $_{18}Ar$ K(2) L(8) M(8)*

ασβέστιο $_{20}Ca$ K(2) L(8) M(8) N(2) *κρυπτό $_{36}Kr$ K(2) L(8) M(18) N(8)*

Με βάση τις ηλεκτρονιακές δομές αυτών των ατόμων προσπαθήστε να απαντήσετε στα επόμενα ερωτήματα:

1. *Ποιος θεωρείτε ότι είναι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που χωράει καθεμία από τις στιβάδες K, L και M; K ....., L ....., M ..... e^- max*

   Γράψτε την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού n για καθεμία από τις στιβάδες αυτές. K: n = ..., L: n = ..., M: n = ...

   Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που μπορεί να δεχθεί μία στιβάδα είναι ίσος με n^3, ενώ ένας άλλος μαθητής ότι είναι ίσος με $2n^2$. Με ποιον από τους δύο συμφωνείτε;

.....

2. *Ποιος θεωρείτε ότι είναι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που μπορεί να έχει η τελευταία στιβάδα ενός ατόμου; .....*

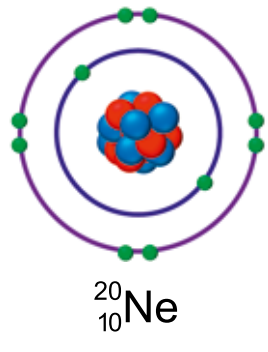
3. *Πόσα ηλεκτρόνια θεωρείτε ότι μπορεί να έχει η προτελευταία στιβάδα των ατόμων; .....*

4. *Ταξινομήστε τις τρεις στιβάδες K, L και M, κατά αυξανόμενη ενέργεια.*

.....

5. *Με ποια σειρά θεωρείτε ότι συμπληρώνονται οι στιβάδες με ηλεκτρόνια;*

.....



Εικόνα 2.13: *Μια εικονική αναπαράσταση του ισοτόπου του νέου ^{20}Ne.*

Συζήτηση στην ομάδα

Για να περιγράψουμε την ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων στη ***θεμελιώδη κατάσταση***, δηλαδή στην κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας, εφαρμόζουμε ορισμένους κανόνες ηλεκτρονιακής δόμησης (***κανόνες Bohr-Bury***). Στο Γυμνάσιο εφαρμόσαμε αυτούς τους κανόνες για τα στοιχεία με Z = 1-17. Στην Α΄ τάξη θα ασχοληθούμε με τις ηλεκτρονιακές δομές των ατόμων των στοιχείων με ατομικούς αριθμούς από 1 έως 20 και από 31 έως 38:

- Σύμφωνα με την ***αρχή της ελάχιστης ενέργειας*** ένα σύστημα έχει αυθόρμητα την τάση να έχει την ελάχιστη δυνατή ενέργεια, διότι αυτή

Στη Γ΄ λυκείου θα μάθουμε πώς γίνεται η ηλεκτρονιακή δόμηση και για τα υπόλοιπα στοιχεία του Περιοδικού Πίνακα.

η κατάσταση είναι η πιο σταθερή. Επομένως οι ηλεκτρονιακές στιβάδες ενός ατόμου δέχονται ηλεκτρόνια διαδοχικά κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας: $E_K \rightarrow E_L \rightarrow E_M \rightarrow E_N \rightarrow \ldots$ **Μια στιβάδα δέχεται ηλεκτρόνια, αφού έχει συμπληρωθεί πλήρως η προηγούμενη ενεργειακά στιβάδα**.

- Κάθε ηλεκτρονιακή στιβάδα μπορεί να δεχθεί έναν μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων για μια στιβάδα είναι $\mathbf{2n^2}$, όπου *n* είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός της στιβάδας.

Μια ηλεκτρονιακή στιβάδα χαρακτηρίζεται ως συμπληρωμένη, όταν περιέχει τον μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων που μπορεί να δεχθεί.

Εφαρμογή 2.8 Με βάση τον προηγούμενο κανόνα να συμπληρώσετε τα κενά στον Πίνακα 2.3 που ακολουθεί:

Πίνακας 2.3: *Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων για τις 7 πρώτες στιβάδες*

Τιμή n	Συμβολισμός στιβάδας	Μέγιστος αριθμός e^-
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Για τα μέχρι σήμερα γνωστά στοιχεία ($Z \leq 118$) στη θεμελιώδη κατάσταση, οι στιβάδες O, P, και Q έχουν μέχρι 32, 18 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα.

- Η εξωτερική στιβάδα ενός ατόμου κατά τη δόμησή του μπορεί να δεχθεί το πολύ 8 ηλεκτρόνια, εκτός αν είναι η *K* που δέχεται το πολύ 2 ηλεκτρόνια.
- Για τα στοιχεία των κύριων ομάδων του Περιοδικού Πίνακα η στιβάδα, που βρίσκεται πριν από την εξωτερική (προτελευταία), μπορεί να περιέχει 8 ή 18 ηλεκτρόνια, (εκτός αν είναι η *K* που δέχεται το πολύ 2 ηλεκτρόνια). Από τα στοιχεία που θα μελετήσουμε την ηλεκτρονιακή τους δομή, μόνο τα στοιχεία που βρίσκονται στην τέταρτη περίοδο του Περιοδικού Πίνακα και στις ομάδες 13 έως 18, δηλαδή τα στοιχεία με $Z = 31$ έως 36, έχουν 18 ηλεκτρόνια στην προτελευταία στιβάδα.

Η τελευταία στιβάδα που περιέχει έστω και ένα ηλεκτρόνιο ονομάζεται εξωτερική στιβάδα του ατόμου.

Παράδειγμα 2.9 Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του καλίου $_{19}$K.

Λύση:

Το άτομο του K (καλίου) έχει ατομικό αριθμό $Z = 19$. Επομένως, πρέπει να κατανεμηθούν 19 ηλεκτρόνια σε στιβάδες: Στην 1η στιβάδα, την *K*, τοποθετούνται 2 ηλεκτρόνια, στη 2η στιβάδα, την *L*, τοποθετούνται 8 ηλεκτρόνια. Έχουν ήδη κατανεμηθεί 10 από τα 19 ηλεκτρόνια. Η 3η στιβάδα, η *M*, δέχεται το πολύ 18 ηλεκτρόνια. Αν όμως τοποθετήσουμε τα υπόλοιπα 9 ηλεκτρόνια στην *M*, η *M* θα είναι εξωτερική στιβάδα με περισσότερα από 8 ηλεκτρόνια, γεγονός που παραβιάζει τον κανόνα για τον μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας, που είναι 8 ηλεκτρόνια. Τοποθετούμε επομένως 8 ηλεκτρόνια στην 3η στιβάδα, η οποία έτσι θα είναι η προτελευταία, και 1 ηλεκτρόνιο στην τέταρτη, τη *N*, που θα είναι η εξωτερική στιβάδα.

Επομένως, η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του Κ είναι:

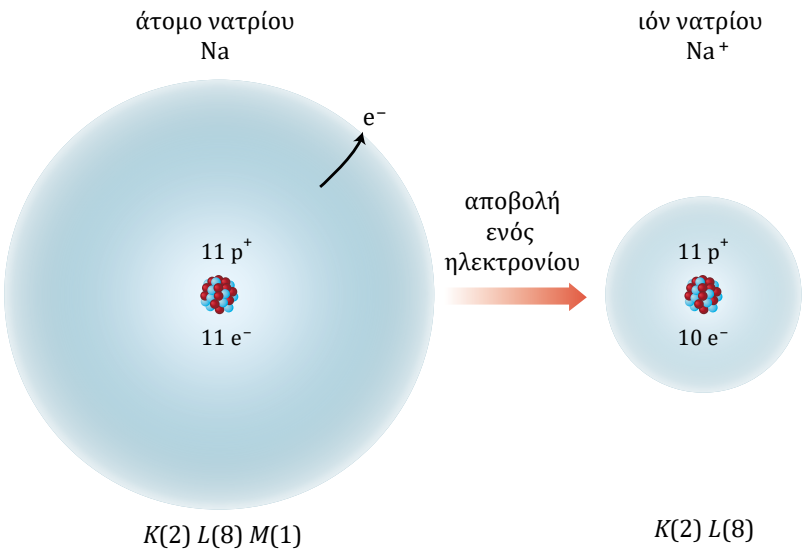
$_{19}$K: *K*(2) *L*(8) *M*(8) *N*(1).

Εφαρμογή 2.10 Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του βρωμίου $_{35}$Br.

Τα περισσότερα χημικά στοιχεία βρίσκονται στη φύση ενωμένα σε χημικές ενώσεις. Κάποιες από αυτές είναι ιοντικές. Οι ιοντικές χημικές ενώσεις αποτελούνται από ***ιόντα***, τα οποία έχουν ηλεκτρικό φορτίο και σχηματίζονται, όταν τα άτομα αποβάλλουν ή προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια. Για παράδειγμα, το άτομο νατρίου Na έχει 11 πρωτόνια και 11 ηλεκτρόνια. Όταν το άτομο αυτό χάσει ένα ηλεκτρόνιο από την εξωτερική του στιβάδα, τα πρωτόνιά του θα είναι κατά ένα περισσότερα από τα ηλεκτρόνιά του και θα αποκτήσει καθαρό φορτίο +1, θα μετατραπεί δηλαδή σε ***κατιόν*** Na^+ (Εικόνα 2.14).

Τα ιόντα είναι ηλεκτρικά φορτισμένα άτομα (μονοατομικά ιόντα) ή ομάδες ατόμων (πολυατομικά ιόντα).

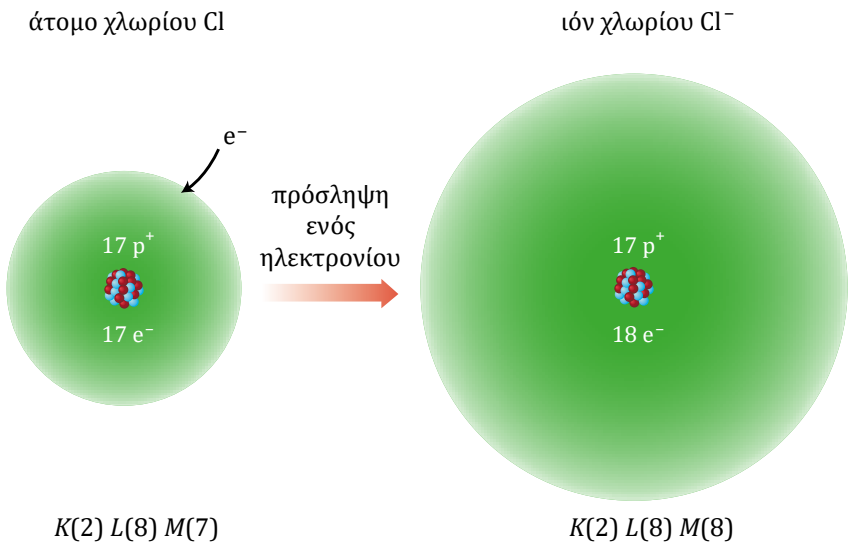
Θυμηθείτε ότι τα κατιόντα είναι ιόντα με θετικό φορτίο.



Εικόνα 2.14: *Το άτομο Na με αποβολή ενός ηλεκτρονίου μετατρέπεται στο κατιόν Na^+.*

Εξάλλου, το άτομο χλωρίου Cl έχει 17 πρωτόνια και 17 ηλεκτρόνια. Όταν το άτομο αυτό προσλάβει ένα ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα, τα ηλεκτρόνιά του θα είναι κατά ένα περισσότερα από τα πρωτόνια και θα αποκτήσει καθαρό φορτίο –1, θα μετατραπεί δηλαδή σε ***ανιόν*** Cl^- (Εικόνα 2.15).

Θυμηθείτε ότι τα ανιόντα είναι ιόντα με αρνητικό φορτίο.



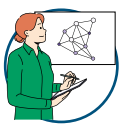
Εικόνα 2.15: *Το άτομο Cl με πρόσληψη ενός ηλεκτρονίου μετατρέπεται στο ανιόν Cl^-.*

Όπως γίνεται αντιληπτό, ένα ιόν διαφέρει σε σχέση με το αντίστοιχο ουδέτερο άτομο στον αριθμό των ηλεκτρονίων, ενώ τα πρωτόνια και τα νετρόνιά τους είναι ίδια. Το φορτίο ενός ιόντος δίνεται από τη σχέση:

φορτίο ιόντος = αριθμός πρωτονίων – αριθμός ηλεκτρονίων

Για να βρούμε την ηλεκτρονιακή δομή των ιόντων που θα μας απασχολήσουν εδώ, μπορούμε να ακολουθήσουμε τους ίδιους κανόνες ηλεκτρονιακής δόμησης που χρησιμοποιούμε για τα ουδέτερα άτομα.

Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, τα άτομα έχουν την τάση να σχηματίζουν ιόντα.



Παράδειγμα 2.11

Δίνονται τα ιόντα $^{24}_{12}Mg^{2+}$ και $^{32}_{16}S^{2-}$

α) Να βρείτε τον αριθμό πρωτονίων, νετρονίων και ηλεκτρονίων κάθε ιόντος.

β) Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή των ιόντων.

Λύση:

α) Το Mg^{2+} έχει $Z = 12$, άρα 12 πρωτόνια, $N = A - Z = 24 - 12 = 12$ νετρόνια και, αφού έχει φορτίο +2, τα ηλεκτρόνιά του θα είναι κατά δύο λιγότερα από τα πρωτόνια, άρα 10 ηλεκτρόνια.

Το S^{2-} έχει $Z = 16$, άρα 16 πρωτόνια, $N = A - Z = 32 - 16 = 16$ νετρόνια και, αφού έχει φορτίο –2, τα ηλεκτρόνιά του θα είναι κατά δύο περισσότερα από τα πρωτόνια, άρα 18 ηλεκτρόνια.

β) Τοποθετούμε τα ηλεκτρόνια των δύο ιόντων σε στιβάδες κατά τα γνωστά:

$_{12}Mg^{2+}$: 10 ηλεκτρόνια, $K(2)\ L(8)$,

$_{16}S^{2-}$: 18 ηλεκτρόνια, $K(2)\ L(8)\ M(8)$.

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στη Σχετική ατομική και μοριακή μάζα-Ηλεκτρονιακή δομή ατόμων.

Εφαρμογή 2.12 Να συμπληρώσετε τον Πίνακα που ακολουθεί:

	$^{37}_{17}Cl$	$^{40}_{20}Ca$	$^{40}_{20}Ca^{2+}$	$^{37}_{17}Cl^{-}$
Αριθμός e^-				
Αριθμός p				
Αριθμός n				
Ηλεκτρονιακή δομή				

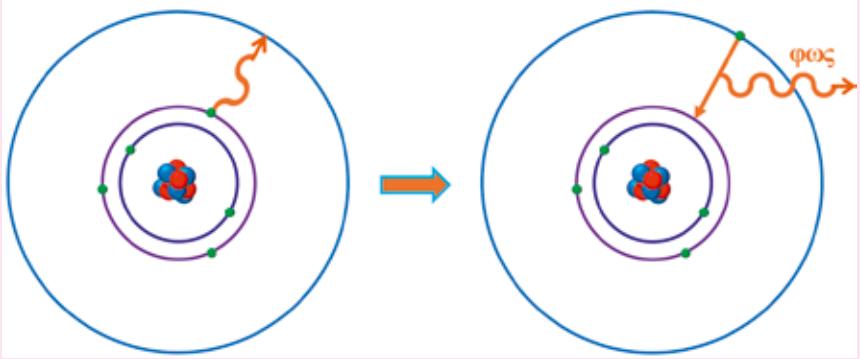
Εικόνα 2.16: *Πυροτεχνήματα.*

2.1.3.2. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στην ηλεκτρονιακή δομή: Και εγένετο φως!

Η παρούσα δραστηριότητα εμβάθυνσης μπορεί να μετατραπεί σε πείραμα επίδειξης, αν κριθεί ότι δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος διδασκαλίας!!!

Η εισαγωγή του μοντέλου του Bohr στηρίχτηκε στην ανάλυση των ιδιοτήτων του φωτός που εκπέμπεται από τα χημικά στοιχεία στην αέριο φάση, όταν τους προσφέρεται ενέργεια.

Έτσι, για να εκπέμψει φως ένα στοιχείο, πρέπει πρώτα τα άτομά του να διεγερθούν μεταβαίνοντας από μία χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη σε μία υψηλότερη. Για παράδειγμα, σε ένα πυροτέχνημα ένα στοιχείο διεγείρεται από τη θερμότητα που εκλύεται (Εικόνα 2.16), ενώ σε μία «λάμπα νέον» το στοιχείο νέο διεγείρεται από τον ηλεκτρισμό (Εικόνα 2.17). Σε κάθε περίπτωση τα ηλεκτρόνια πρώτα διεγείρονται και στη συνέχεια χάνουν αμέσως ενέργεια, μεταπίπτοντας σε χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες και έτσι εκπέμπουν φως (Εικόνα 2.18).



(α) (β)

Το παρατηρούμενο χρώμα αντιστοιχεί στο μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτός. Για παράδειγμα, εάν το εκπεμπόμενο φως έχει μήκος κύματος κοντά στα 650 nm, παρατηρείται ως κόκκινο. Εάν το φως έχει μήκος κύματος κοντά στα 450 nm, εμφανίζεται μπλε. Στον Πίνακα 2.4 παρατίθενται οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων χρωμάτων στα πυροτεχνήματα:

Εικόνα 2.17: *Λάμπα νέον.*

Εικόνα 2.18: *(α) Όταν σε ένα άτομο προσφερθεί ενέργεια είναι δυνατόν ένα ηλεκτρόνιο να μεταπηδήσει σε στιβάδα μεγαλύτερης ενέργειας. Σε αυτή την περίπτωση το άτομο καλείται διεγερμένο. (β) Η κατάσταση που προκύπτει δεν είναι σταθερή. Ταχύτατα το ηλεκτρόνιο επιστρέφει εκπέμποντας την ενέργεια που έλαβε ως φως.*

$1\ nm = 10^{-9}\ m$

Πίνακας 2.4: *Τα χρώματα των πυροτεχνημάτων*

Χημική ουσία	Χρώμα πυροτεχνήματος
Ενώσεις Na	Πορτοκαλί-κίτρινο
Ενώσεις K	Ιώδες (μωβ)
Ενώσεις Ba	Κίτρινο-πράσινο
Ενώσεις Ca	Κόκκινο-πορτοκαλί
Ενώσεις Sr	Λαμπερό κόκκινο
Ενώσεις Li	Κόκκινο
Ενώσεις Cu	Μπλε-πράσινο

Επειδή κάθε στοιχείο έχει διαφορετικές ενεργειακές στάθμες, το φως που εκπέμπει είναι γενικά διαφορετικό από αυτό των άλλων στοιχείων. Έτσι, οι χημικοί μπορούν να αναγνωρίσουν ένα στοιχείο από το χαρακτηριστικό χρώμα της φλόγας του. Στο εργαστήριο η δοκιμή φλόγας πραγματοποιείται με την τοποθέτηση μικρής ποσότητας ουσίας που περιέχει το στοιχείο στην άκρη ενός σύρματος και θερμαίνοντας το σύρμα με την ουσία σε φλόγα. Για παράδειγμα, το νάτριο δίνει μια πορτοκαλοκίτρινη φλόγα και το βάριο μια κιτρινο-πράσινη φλόγα. Τα χρώματα της φλόγας είναι πανομοιότυπα με τα χρώματα των πυροτεχνημάτων που περιέχουν το ίδιο στοιχείο. Στη Εικόνα 2.19 φαίνεται το κόκκινο χρώμα της φλόγας του λιθίου.

Εικόνα 2.19: *Η φλόγα του λιθίου είναι κόκκινη.*

Εργαστηριακή Δραστηριότητα

Πάμε τώρα στο εργαστήριο να δούμε χρώματα!

Δίνονται 5 μπουκαλάκια με διαλύματα των στερεών KCl, NaCl, LiCl, $CaCl_2$, $CuCl_2$, χωρίς να γνωρίζουμε ποιο διάλυμα περιέχεται σε κάθε μπουκαλάκι. Ταυτοποιήστε τα στερεά.

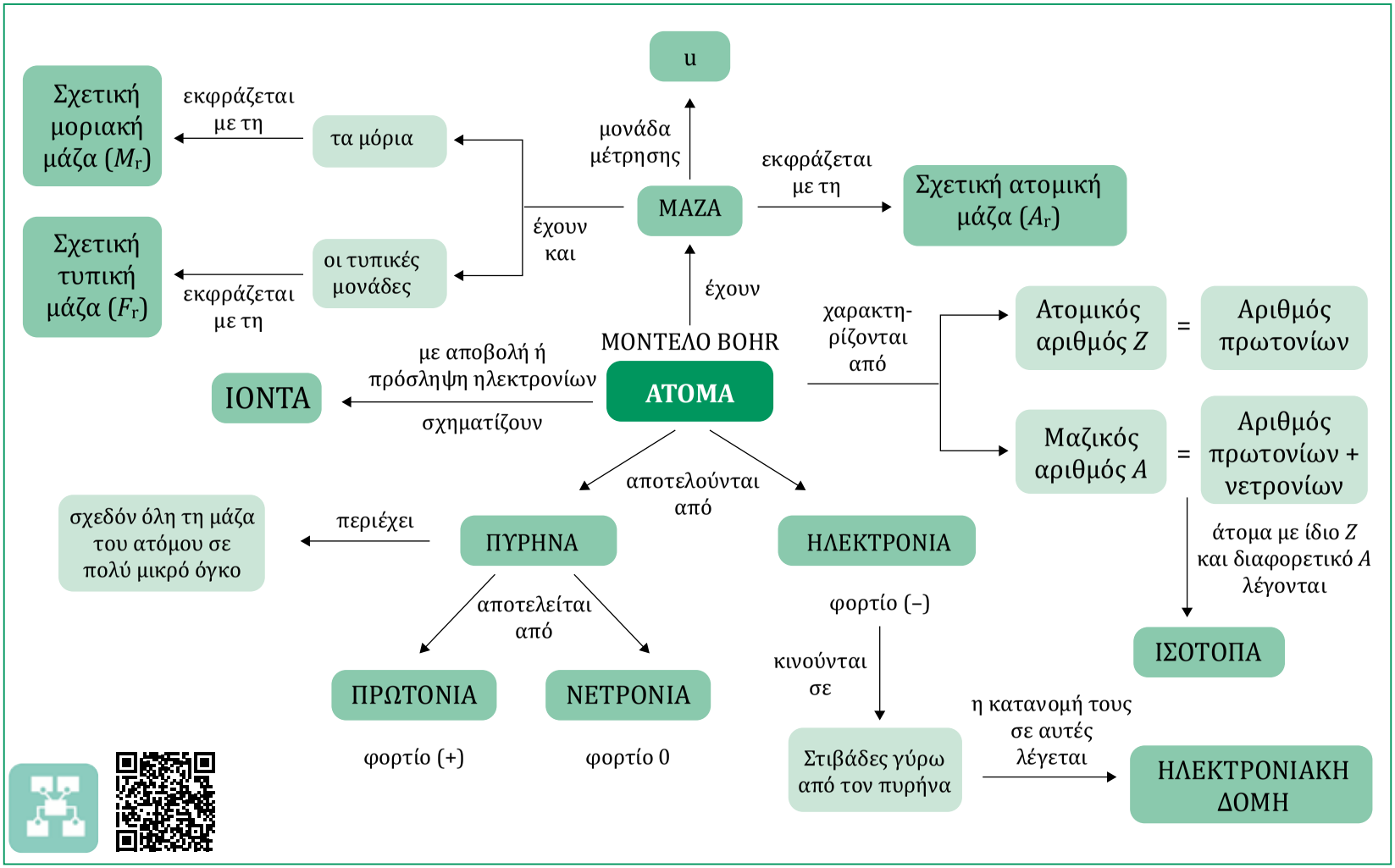
Στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε συχνά λύχνους Bunsen ως πηγές θερμότητας. Ανάψτε τον λύχνο και ρυθμίστε την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα, ώστε η φλόγα να είναι μπλε (Εικόνα 2.20). Βυθίστε το σύρμα που θα σας δώσει ο/η καθηγητής/τριά σας στο Διάλυμα 1 και τοποθετήστε το στη φλόγα. Καταγράψτε το χρώμα που παίρνει η φλόγα στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 2.5. Επαναλάβετε τη διαδικασία και για τα υπόλοιπα τέσσερα διαλύματα. Στη συνέχεια ταυτοποιήστε την ουσία που περιέχεται σε κάθε διάλυμα με την βοήθεια του Πίνακα 2.4. και συμπληρώστε την τρίτη στήλη στον Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5: *Ταυτοποίηση των πέντε στερεών από το χρώμα της φλόγας τους.*

Διάλυμα	Χρώμα φλόγας	Διαλυμένο Στερεό
Διάλυμα 1		
Διάλυμα 2		
Διάλυμα 3		
Διάλυμα 4		
Διάλυμα 5		

Εικόνα 2.20: *Μπλε φλόγα λύχνου με ρύθμιση του εισερχόμενου αέρα.*

Εννοιολογικός Χάρτης 2.1



2.2. Ο Περιοδικός Πίνακας

Στο Γυμνάσιο διαπιστώσαμε την αναγκαιότητα της ταξινόμησης των χημικών στοιχείων με κριτήριο τις ιδιότητές τους. Με αυτό τον τρόπο, γνωρίζοντας τη θέση ενός στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα, μπορούμε να προβλέψουμε τη χημική του συμπεριφορά. Οι βασικότεροι σταθμοί στην ιστορία του Περιοδικού Πίνακα περιγράφονται στο παιχνίδι που θα βρείτε στον διπλανό σύνδεσμο.

Στις επόμενες υποενότητες θα περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο ταξινομούνται τα χημικά στοιχεία στον Περιοδικό Πίνακα αλλά και τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε, ως ένα σύγχρονο εργαλείο μελέτης της ύλης.

2.2.1. Η ταξινόμηση των χημικών στοιχείων

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *εξηγείτε* τη χρησιμότητα της ταξινόμησης των χημικών στοιχείων.
- *αναγνωρίζετε* την περιοδικότητα των ιδιοτήτων των στοιχείων ως τη βασική αρχή της δόμησης του σύγχρονου Περιοδικού Πίνακα.

2.2.1.1. Γίνε Μεντελέγιεβ για 1 ημέρα!

Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα άτομα των χημικών στοιχείων αποτελούν τους θεμέλιους λίθους όλων των υλικών γύρω μας. Θα έλεγε κανείς ότι αποτελούν «τα γράμματα της αλφαβήτας που συνθέτει τη γλώσσα του Σύμπαντος».

Το 1869 ο Ρώσος χημικός Dmitri Ivanovich Mendeleev, ο οποίος θεωρείται ο «πατέρας» του Περιοδικού Πίνακα, προβληματιζόταν σχετικά με τα χημικά στοιχεία και τις πιθανές σχέσεις που τα συνδέουν. Την εποχή του Μεντελέγιεβ ήταν γνωστά μόνο 63 στοιχεία. Ο Μεντελέγιεβ γνώριζε ότι τα στοιχεία αυτά αποτελούνται από άτομα και ότι τα άτομα προσδίδουν τις ιδιότητες στα διάφορα χημικά στοιχεία. Παράλληλα ήταν γνωστό ότι κάποια χημικά στοιχεία παρουσιάζουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες, δηλαδή αντιδρούν με παρόμοιο τρόπο με συγκεκριμένα χημικά αντιδραστήρια. Ο Μεντελέγιεβ αποφάσισε να διερευνήσει τις σχέσεις μεταξύ των χημικών στοιχείων, μια προσπάθεια που οδήγησε στη θεμελίωση του Περιοδικού Πίνακα.

Στη δραστηριότητα που ακολουθεί καλείστε να εργαστείτε σε ομάδες και να γίνετε «Μεντελέγιεβ για 1 ημέρα»! Ακολουθώντας το link της επόμενης σελίδας θα βρείτε 24 κάρτες. Στην μια τους όψη οι κάρτες αυτές έχουν πληροφορίες για τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του χημικού στοιχείου, που φαίνεται στη δεύτερη όψη (Εικόνα 2.21). Με την ομάδα σας προσπαθήστε:

α) Να ταξινομήσετε τα χημικά στοιχεία σε ομάδες, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που σας δίνονται.

β) Να ταξινομήσετε τα χημικά στοιχεία κάθε ομάδας με βάση κάποιο κριτήριο της επιλογής σας.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Περιγράψαμε** *τη δομή ενός ατόμου στοιχείου με δεδομένο τον ατομικό του αριθμό.*
- **Εφαρμόσαμε** *τους κανόνες Bohr-Bury για την ηλεκτρονιακή δόμηση.*

Η ιστορία του Περιοδικού Πίνακα:

Η ρήση «(Τα χημικά στοιχεία αποτελούν) τα γράμματα της αλφαβήτας που συνθέτει τη γλώσσα του Σύμπαντος» αποδίδεται στον Paul Strathern συγγραφέα του Mendeleyev's Dream: The Quest for the Elements.

γ) Να αναπτύξετε έναν τρόπο ταξινόμησης των χημικών στοιχείων, με τον οποίο θα συνδέονται τα χημικά στοιχεία που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες. Με τον τρόπο αυτό θα αναπτύξετε ένα μοτίβο ταξινόμησης, έναν δικό σας Περιοδικό Πίνακα!

Να καταγράψετε τον Πίνακά σας στον πίνακα της Εικόνας 2.22 (οι γραμμές και οι στήλες του πίνακα δεν είναι υποχρεωτικό να είναι όλες συμπληρωμένες).

Εικόνα 2.22: *Ο Περιοδικός Πίνακας της ομάδας σας!!!*

Διερεύνηση σε ομάδες

Αν τα χρονικά περιθώρια δεν το επιτρέπουν μπορείτε να αφαιρέσετε τα Rb, Sr, In, Sn και Sb, δουλεύοντας με 19 κάρτες.

2.2.1.2. Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας

Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας οφείλεται στον Henry Moseley (Εικόνα 2.23), ο οποίος ύστερα από πειράματα με ακτίνες Χ το 1913 απέδειξε ότι ο ατομικός αριθμός *Z* είναι μια πραγματική ιδιότητα των χημικών στοιχείων (εκείνη την περίοδο ο *Z* συνδέονταν με το φορτίο του πυρήνα, αλλά τα πρωτόνια δεν ήταν ακόμα γνωστά). Έτσι ο Περιοδικός Πίνακας αναδιατάχθηκε με αυτή του την παρατήρηση, ως προς τον ατομικό αριθμό, επιλύοντας τα προϋπάρχοντα προβλήματα στην ταξινόμηση. Όταν έγινε αυτό, προέκυψε ένα εντυπωσιακό μοτίβο, ο **νόμος της περιοδικότητας**:

Οι ιδιότητες των στοιχείων αποτελούν περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.

Σήμερα ο Περιοδικός Πίνακας (Εικόνα 2.24) περιέχει 118 χημικά στοιχεία, τα 94 εκ των οποίων απαντούν ελεύθερα στη φύση. Η επίσημη εκδοχή του εκδίδεται από τη Διεθνή Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC). Βεβαίως, η έρευνα, όσον αφορά την βέλτιστη ταξινόμηση των χημικών στοιχείων, συνεχίζεται (Εικόνα 2.25).

Στο σύμπαν το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο είναι το υδρογόνο (91% σε αναλογία ατόμων) ακολουθούμενο από το ήλιο. Μαζί συνιστούν το 98% της μάζας του. Στον στερεό φλοιό της Γης το οξυγόνο είναι το στοιχείο που απαντά σε μεγαλύτερη αναλογία μάζας (46%), ακολουθούμενο από το πυρίτιο (28%), το αργίλιο (8%), τον σίδηρο (6%), το ασβέστιο (4%) και το νάτριο (3%).

Εμφάν.: Άχρωμο
Φυσ. Κατ.: Αέριο
Ταξιν.: Αμέταλλο
Ατομική Μάζα: 14 u
Σ.Τ.: -210 °C
Σ.Ζ.: -196 °C
O/X στο οξείδιο: 2,5
Cl/X στο χλωρίδιο: 3

Εικόνα 2.21: *Η πίσω όψη της κάρτας του αζώτου.*

Ο ατομικός αριθμός ταυτίστηκε με τον αριθμό των πρωτονίων το 1932, ύστερα από την ανακάλυψη του νετρονίου από τον James Chadwick.

Εικόνα 2.23: *Ο H. Moseley σε εργαστήριο του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης.*

Ο Περιοδικός Πίνακας των Χημικών Στοιχείων

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,0080																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,94	4 Be 9,0122											5 B 10,81	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,990	12 Mg 24,305											13 Al 26,982	14 Si 28,085	15 P 30,974	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956	22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,38	31 Ga 69,723	32 Ge 72,630	33 As 74,922	34 Se 78,971	35 Br 79,904	36 Kr 83,798
5	37 Rb 85,468	38 Sr 87,62	39 Y 88,906	40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,95	43 Tc [97]	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57-71 λανθανίδες	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,2	83 Bi 208,98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 ακτινίδες	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [269]	107 Bh [270]	108 Hs [269]	109 Mt [277]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [290]	115 Mc [290]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

Υπόμνημα

Υπόμνημα
1 → Z
H → σύμβολο
1,0080 → A_r

57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05	71 Lu 174,97
89 Ac [227]	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

μέταλλα	μεταλλοειδή	αμέταλλα

X → στερεό / X → υγρό (Το Ga τήκεται στους 37 °C) / X → αέριο

Δεν είναι, προς το παρόν, γνωστή η φυσική κατάσταση των στοιχείων 114-118.

Εικόνα 2.24: Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας (2022)

Η συντριπτική πλειονότητα των στοιχείων που απαντούν στη φύση είναι **μέταλλα**. Υπάρχουν 18 **αμέταλλα**, ενώ 6 στοιχεία έχουν ενδιάμεση συμπεριφορά και καλούνται **μεταλλοειδή**. Όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι για κάποια στοιχεία η ταξινόμησή τους, ως μέταλλα, αμέταλλα ή μεταλλοειδή είναι ακόμα υπό συζήτηση. Αυτές οι περιπτώσεις δεν θα μας απασχολήσουν στο Λύκειο.

2.2.2. Ομάδες και Περίοδοι του Περιοδικού Πίνακα

Ακολούθως θα συζητήσουμε κάποια χαρακτηριστικά του Περιοδικού Πίνακα και θα δώσουμε και παραδείγματα εφαρμογής του νόμου της περιοδικότητας. Κύριος στόχος μας είναι η ανάδειξη του Περιοδικού Πίνακα ως ενός εργαλείου μελέτης των χημικών στοιχείων και των ιδιοτήτων τους.

2.2.2.1. Οι Ομάδες του Περιοδικού Πίνακα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναφέρετε* τι ονομάζεται Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα.
- *συσχετίζετε* τις ιδιότητες των στοιχείων των κυρίων ομάδων με τις ηλεκτρονιακές τους δομές.
- *εξηγείτε* γιατί τα στοιχεία της ίδιας Ομάδας έχουν ανάλογες ιδιότητες με κριτήριο το πλήθος των ηλεκτρονίων που έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα.

Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας περιλαμβάνει 18 στήλες, οι οποίες ονομάζονται Ομάδες. Από αυτές τις 18 Ομάδες οι 8 ονομάζονται **κύριες** και είναι αυτές τις οποίες θα μελετήσουμε στην Α΄ και τη Β΄ Λυκείου. Πρόκειται για τις ομάδες 1, 2 και 13 έως 18. Οι υπόλοιπες Ομάδες, 3 έως 12, περιλαμβάνουν τα μέταλλα μετάπτωσης και δυο παραρτήματα, τα οποία συνήθως δίνονται σε δυο σειρές κάτω από τον κύριο Πίνακα: τις **λανθανίδες** (στοιχεία με συμπεριφορά όπως το λανθάνιο) και τις **ακτινίδες** (στοιχεία με συμπεριφορά όπως το ακτίνιο). Αν και έχουν πανέμορφη χημεία, δεν θα μελετήσουμε τα στοιχεία αυτών των ομάδων, προς το παρόν. Θα συνεχίσουμε την ανάλυσή μας αναφερόμενοι αποκλειστικά στα στοιχεία των κύριων Ομάδων.

*Τα στοιχεία της 1ης Ομάδας του Περιοδικού Πίνακα (εκτός του υδρογόνου) καλούνται **αλκάλια**. Μπορείτε να δώσετε την ηλεκτρονιακή απεικόνιση (δομή) των τριών πρώτων εξ αυτών ($_3$Li, $_{11}$Na και $_{19}$K);*

.....

.....

.....

Εικόνα 2.25: *Ο καθηγητής του UCLA Eric R. Scerri υπήρξε πρόεδρος της επιτροπής που πρότεινε η 3η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα να αποτελείται από τα στοιχεία Sc, Y, Lu και Lr. Προς το παρόν (2024) δεν έχει ληφθεί η τελική απόφαση.*

Συζήτηση στην ομάδα

Ποιο είναι το κοινό στοιχείο των τριών ανωτέρω ηλεκτρονιακών δομών;

.....

Τα στοιχεία της 17ης Ομάδας του Περιοδικού Πίνακα καλούνται ***αλογόνα****. Μπορείτε να δώσετε την ηλεκτρονιακή απεικόνιση των τριών πρώτων εξ αυτών (*$_{9}F$*,* $_{17}Cl$ *και* $_{35}Br$*);*

.....

.....

.....

Ποιο είναι το κοινό στοιχείο των τριών ανωτέρω ηλεκτρονιακών δομών;

.....

Το συμπέρασμα είναι γενικό:

Τα χημικά στοιχεία που ανήκουν στην ίδια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα διαθέτουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα.

Έτσι, οι **αλκαλικές γαίες** (στοιχεία 2ης Ομάδας) διαθέτουν 2 ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, τα στοιχεία της Ομάδας του βορίου (13η Ομάδα) διαθέτουν 3 ηλεκτρόνια, της Ομάδας του άνθρακα 4, του αζώτου 5, του οξυγόνου 6 (16η Ομάδα, **χαλκογόνα**) και των **ευγενών αερίων** 8 (18η Ομάδα). Επειδή τα άτομα, όπως θα διαπιστώσουμε στην επόμενη ενότητα, συμμετέχουν στον σχηματισμό των χημικών δεσμών με τα εξωτερικά τους ηλεκτρόνια (αυτά που βρίσκονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τον πυρήνα), αναμένουμε **τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια Ομάδα και έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα να έχουν και παρόμοιες χημικές ιδιότητες**.

Ήδη από τη δραστηριότητα της υποενότητας 2.2.1.1 διαπιστώσαμε τέτοιες αναλογίες. Για παράδειγμα, όλα τα αλκάλια είναι μαλακά μέταλλα (Εικόνα 2.26) με χαμηλά σημεία τήξεως, που αντιδρούν με τα αλογόνα σε αναλογία 1:1 σχηματίζοντας ενώσεις, όπως τα άλατα NaCl και KF, ενώ αντιδρούν βίαια με το νερό προκαλώντας την έκλυση υδρογόνου. Επίσης, τα χαλκογόνα (Ομάδα του οξυγόνου) σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις με τις αλκαλικές γαίες σε αναλογία 1:1, όπως η CaS (Εικόνα 2.27), και με τα αλκάλια σε αναλογία 2:1, όπως η Li_2O.

2.2.2.2. Η ατομική ακτίνα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *διατυπώνετε τον ορισμό* την ατομική ακτίνα.
- *περιγράφετε* τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η ατομική ακτίνα σε μια Ομάδα.
- *εξηγείτε* γιατί τα στοιχεία της ίδιας Ομάδας έχουν ανάλογες ιδιότητες με κριτήριο το μέγεθος της ατομικής τους ακτίνας.

Συζήτηση στην ομάδα

Εικόνα 2.26: *Μεταλλικό νάτριο. Στην επιφάνειά του έχει σχηματιστεί οξείδιο, καθώς αντιδρά με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας.*

Εικόνα 2.27: *Το άλας CaS.*

Όπως είδαμε τα στοιχεία μιας Ομάδας έχουν παραπλήσιες χημικές ιδιότητες. Επομένως, δεν αντιδρούν με ακριβώς τον ίδιο τρόπο.

Εφαρμογή 2.13

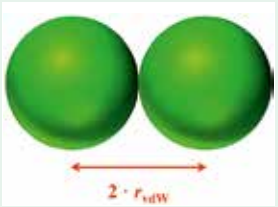
Δείτε το βίντεο στον παρακείμενο σύνδεσμο. Ποιο είναι το κοινό χαρακτηριστικό της χημικής συμπεριφοράς των αλκαλίων (Li, Na, K, Rb και Cs); Ποιο εξ αυτών αντιδρά πιο βίαια με το νερό;

Ένας δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει τη χημική δραστικότητα ενός στοιχείου, πέραν του αριθμού των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας, είναι το μέγεθος των ατόμων του.

Με άλλα λόγια είναι σημαντική η απόσταση που έχουν τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδος ενός ατόμου από τον πυρήνα του, αφού επηρεάζει σημαντικά το μέγεθος της έλξης που δέχονται από αυτόν (θυμηθείτε και τον νόμο του Coulomb). Αυτή η απόσταση ονομάζεται **ατομική ακτίνα**.

Όμως η πειραματική μέτρηση της ατομικής ακτίνας είναι εξαιρετικά δύσκολη. Στην Α΄ Λυκείου θα αρκεστούμε σε μια ικανοποιητική προσέγγιση αυτής, που ονομάζεται **ακτίνα van der Waals (r_{vdW})**. Για να την ορίσουμε, θα πρέπει να φανταστούμε το κάθε άτομο ως μια σφαίρα που έχει ακτίνα r_{vdW}.

Έτσι, η ακτίνα van der Waals ενός ατόμου κάποιου χημικού στοιχείου είναι το μισό της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δυο ατόμων του, όταν τα άτομα έχουν πλησιάσει στην ελάχιστη δυνατή απόσταση, χωρίς να σχηματίζεται μεταξύ τους χημικός δεσμός (Εικόνα 2.28)**.**



Εικόνα 2.28: *Δυο άτομα Cl βρίσκονται στην ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους στην οποία δεν υπάρχει δεσμός (περισσότερα για το τι θα συμβεί κατά τον σχηματισμό του δεσμού θα πούμε στην 3η Ενότητα).*

Στην Εικόνα 2.29 απεικονίζεται η μεταβολή της ακτίνας van der Waals με τον ατομικό αριθμό για τα άτομα των στοιχείων που ανήκουν στην ίδια Ομάδα. Παρατηρείτε κάποιο μοτίβο; Υπάρχουν κάποια στοιχεία που δεν υπακούν στο μοτίβο αυτό;

.....

.....

.....

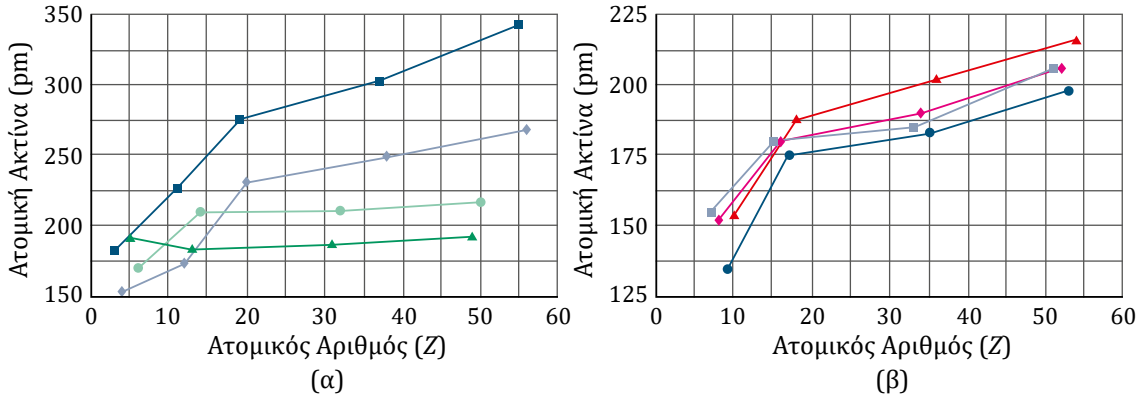
.....

Αν στην προηγούμενη ερώτηση καταλήξατε ότι η ατομική ακτίνα ακολουθεί κάποιο μοτίβο, γιατί κατά την γνώμη σας συμβαίνει αυτό; Συμβουλευτείτε και τις απαντήσεις που δώσατε στις ερωτήσεις της υποενότητας 2.2.1.1.

.....

.....

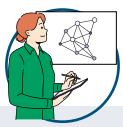
1 pm = 10^{-12} m



Εικόνα 2.29: *(α) Μεταβολή της ατομικής ακτίνας για τα στοιχεία της 1ης (□), 2ης (◊), 13ης (Δ) και 14ης (○) Ομάδας του Περιοδικού Πίνακα συναρτήσει του ατομικού τους αριθμού. (β) Αντίστοιχη μεταβολή για τα στοιχεία της 15ης (□), 16ης (◊), 17ης (○) και 18ης (Δ) Ομάδας.*

Ας επανέλθουμε τώρα στο ερώτημα της Εφαρμογής 2.13. Τα αλκάλια, καθώς «κατεβαίνουμε» στην 1η Ομάδα, αντιδρούν όλο και πιο βίαια με το νερό. Αυτό συμβαίνει διότι, καθώς μεταβαίνουμε από το Li στο Cs, αυξάνεται η απόσταση του μοναδικού ηλεκτρονίου της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα και, για τον λόγο αυτό, το ηλεκτρόνιο έλκεται λιγότερο, με αποτέλεσμα το άτομο του αλκαλίου να αντιδρά πιο εύκολα. Η τάση αυτή μπορεί να γενικευτεί για τα στοιχεία όλων των Ομάδων! **Επομένως, καθώς «κατεβαίνουμε» σε μια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, η ατομική ακτίνα αυξάνεται.**

Δηλαδή αυξάνεται ο αριθμός των στιβάδων.



Παράδειγμα 2.14 Ποιο εκ των $_{17}$Cl και $_{35}$Br αναμένετε να έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

Λύση:

Κατ' αρχάς ξεκινάμε από τις ηλεκτρονιακές δομές των δυο στοιχείων:

$_{17}$Cl: $K(2)\ L(8)\ M(7)$ και $_{35}$Br: $K(2)\ L(8)\ M(18)\ O(7)$

Όπως γίνεται φανερό, τα δυο στοιχεία ανήκουν στην ίδια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα (τη 17η), αφού στην εξωτερική τους στιβάδα έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων (7). Επομένως, το Br αναμένεται να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα, διότι διατάσσει τα ηλεκτρόνιά του σε περισσότερες στιβάδες.

Εφαρμογή 2.15 Ποιο εκ των $_{4}$Be και $_{20}$Ca αναμένετε να έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

2.2.2.3. Οι Περίοδοι του Περιοδικού Πίνακα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναφέρετε* τι ονομάζεται Περίοδος του Περιοδικού Πίνακα.
- *εξηγείτε* τον τρόπο μεταβολής της ατομικής ακτίνας σε μια Περίοδο με βάση το φορτίο του πυρήνα και τα εσωτερικά ηλεκτρόνια.

Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας περιλαμβάνει 7 οριζόντιες σειρές που ονομάζονται Περίοδοι. Εύκολα μπορεί να βρει κανείς ότι:

τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια Περίοδο ταξινομούν τα ηλεκτρόνιά τους στον ίδιο αριθμό στιβάδων, ο οποίος δίνεται από τον αύξοντα αριθμό της Περιόδου.

Για παράδειγμα, τα στοιχεία νάτριο, πυρίτιο και χλώριο ανήκουν όλα στην 3^{η} Περίοδο (δείτε και την Εικόνα 2.24) και διατάσσουν τα ηλεκτρόνιά τους σε 3 στιβάδες:

$_{11}$Na: $K(2)$ $L(8)$ $M(1)$

$_{14}$Si: $K(2)$ $L(8)$ $M(4)$

$_{17}$Cl: $K(2)$ $L(8)$ $M(7)$

Εφαρμογή 2.16

α) Το Sr είναι ένα στοιχείο της 5^{ης} Περιόδου του Περιοδικού Πίνακα. Σε πόσες στιβάδες ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του;

β) Το O ανήκει στην 2^{η} Περίοδο. Σε πόσες στιβάδες ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του;

Στα στοιχεία μιας Περιόδου ο αριθμός των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας των ατόμων τους σταδιακά αυξάνεται. Ας δούμε τι συμβαίνει με την ατομική ακτίνα!

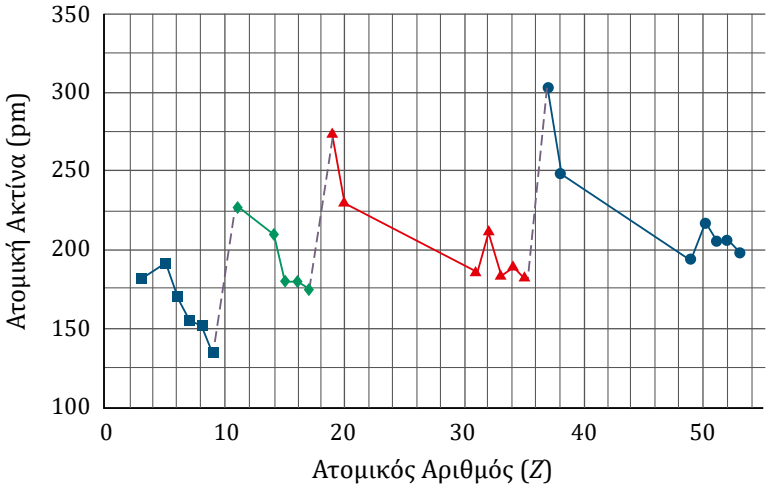
Στην Εικόνα 2.30 απεικονίζεται η μεταβολή της ακτίνας van der Waals με τον ατομικό αριθμό για τα άτομα των στοιχείων που ανήκουν στην ίδια Περίοδο. Παρατηρείτε κάποιο μοτίβο; Υπάρχουν κάποια στοιχεία που δεν υπακούν στο μοτίβο;

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια



Εικόνα 2.30: *Μεταβολή της ατομικής ακτίνας για τα στοιχεία της 1ης (□), 2ης (◊), 3ης (Δ) και 4ης (○) Περιόδου του Περιοδικού Πίνακα συναρτήσει του ατομικού τους αριθμού. Από το διάγραμμα λείπουν τα στοιχεία μετάπτωσης, για τα οποία θα μιλήσουμε στη Γ΄ Λυκείου, τα ευγενή αέρια, που δεν παρουσιάζουν σημαντική χημική δραστικότητα, καθώς και τα Be, Mg και Al.*

Από το διάγραμμα της Εικόνας 2.30 φαίνεται και ο λόγος που ο Πίνακας καλείται Περιοδικός. Οι ιδιότητες των στοιχείων, εν προκειμένω η ατομική ακτίνα, ακολουθούν περιοδική αυξομείωση!

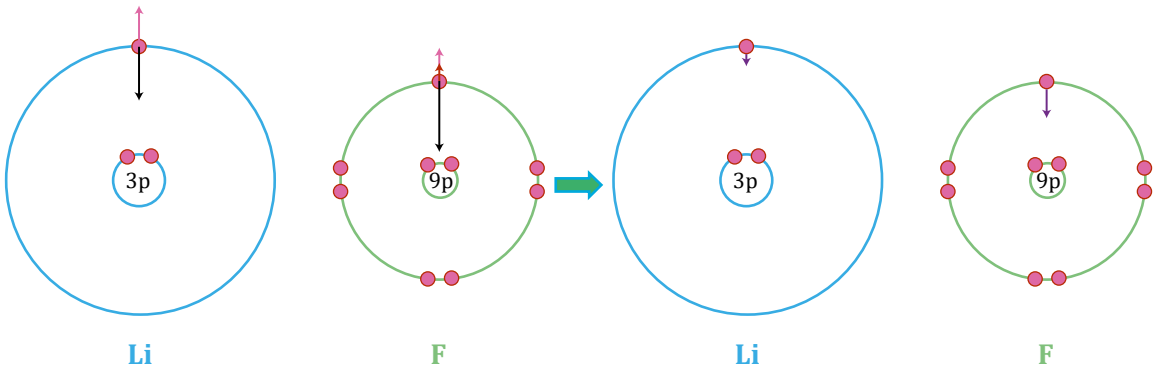
Όπως διαπιστώσαμε, κάποια χημικά στοιχεία εμφανίζονται να μην ακολουθούν το ανωτέρω μοτίβο. Στο Λύκειο δεν θα συζητήσουμε τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό. Για όλα τα υπόλοιπα είναι ξεκάθαρο ότι **η ατομική ακτίνα, καθώς «κινούμαστε» σε μια Περίοδο από αριστερά προς τα δεξιά, μειώνεται**. Για να συζητήσουμε την αιτία για αυτό, θα πρέπει να επιστρέψουμε στις ηλεκτρονιακές απεικονίσεις. Έστω για παράδειγμα, η ηλεκτρονιακή δομή του $_3$Li και του $_9$F:

$_3$Li: $K(2)$ $L(1)$

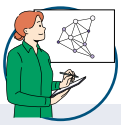
$_9$F: $K(2)$ $L(7)$

Το Li έχει ατομική ακτίνα 182 pm, ενώ το F 135 pm. Το φθόριο είναι σημαντικά μικρότερο. Ας δούμε το γιατί στο διάγραμμα της Εικόνας 2.31. Ακολουθώντας το απλοϊκό μοντέλο του νόμου του Coulomb, το ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στιβάδας του Li δέχεται την ελκτική δύναμη των 3 πρωτονίων του πυρήνα του (μαύρο διάνυσμα) και την απωστική των δυο εσωτερικών του ηλεκτρονίων (ροζ διάνυσμα). Η συνισταμένη φαίνεται με το μωβ διάνυσμα και είναι ελκτική (το ηλεκτρόνιο συγκρατείται από τον πυρήνα). Στην περίπτωση του F, το μοναχικό εξωτερικό του ηλεκτρόνιο (όπως και τα υπόλοιπα) δέχεται την έλξη 9 πρωτονίων (τριπλάσιων σε σχέση με το λίθιο) και την άπωση του ίδιου αριθμού εσωτερικών ηλεκτρονίων. Παράλληλα απωθείται ελαφρώς και από τα ηλεκτρόνια της ίδιας στιβάδας (της L, μπορντό διάνυσμα). Όμως, συνολικά, όπως φαίνεται και από τα μεγέθη των διανυσμάτων του σχήματος, η δύναμη που παίζει τον καθοριστικό ρόλο είναι η ελκτική από τα 9 πρωτόνια του πυρήνα. Έτσι, σε γενικές γραμμές,

ακολουθείται το ακόλουθο μοτίβο: **Μεταξύ των ατόμων των στοιχείων που ανήκουν στην ίδια Περίοδο και διατάσσουν τα ηλεκτρόνιά τους στον ίδιο αριθμό στιβάδων, ο καθοριστικός παράγοντας για το μέγεθος της ατομικής τους ακτίνας είναι το φορτίο του πυρήνα τους, δηλαδή ο ατομικός τους αριθμός *Z***.



Εικόνα 2.31: *Ένα απλοϊκό μοντέλο, βασισμένο στις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στο μονήρες ηλεκτρόνιο (το μοναχικό) της εξωτερικής στιβάδας του Li και του F, τον πυρήνα των ατόμων (μαύρο διάνυσμα) και τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια (ροζ και μπορντό διάνυσμα). Συνολικά, η έλξη από τον πυρήνα είναι ισχυρότερη στην περίπτωση του F (η συνισταμένη με μωβ).*



Παράδειγμα 2.17 Ποιο εκ των $_{6}C$ και $_{8}O$ αναμένεται να έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

Λύση:

Κατ' αρχάς ξεκινάμε από τις ηλεκτρονιακές δομές των δυο στοιχείων:

$$_{6}C: K(2)\ L(4) \text{ και } _{8}O: K(2)\ L(6)$$

Τα δυο στοιχεία ανήκουν στην ίδια Περίοδο του Περιοδικού Πίνακα (τη 2η), αφού τα άτομά τους διαθέτουν τον ίδιο αριθμό στιβάδων (2). Επομένως, το O αναμένεται να έχει μικρότερη ατομική ακτίνα, διότι έχει μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο για τον ίδιο αριθμό εσωτερικών ηλεκτρονίων.

Εφαρμογή 2.18 Ποιο εκ των $_{15}P$ και $_{17}Cl$ αναμένεται να έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

2.2.3. Η θέση των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναφέρετε* τη σταδιακή μεταβολή των ιδιοτήτων των στοιχείων κατά μήκος μιας Περιόδου.
- *διακρίνετε* τα στοιχεία σε μέταλλα και αμέταλλα με βάση τη θέση τους στον Περιοδικό Πίνακα.
- *προσδιορίζετε* τη θέση ενός στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα από τον ατομικό του αριθμό.

Προκειμένου να αποκτήσουμε μια εικόνα για το πώς μεταβάλλονται οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων, ας εξετάσουμε ένα παράδειγμα: Η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να δοθεί σε ένα άτομο οποιουδήποτε στοιχείου, προκειμένου να χάσει ένα ηλεκτρόνιο από την εξωτερική του στιβάδα και να μετατραπεί σε κατιόν (στην αέριο φάση), καλείται **ενέργεια ιοντισμού** του στοιχείου αυτού. Ας δούμε τις τιμές της ενέργειας ιοντισμού για τα στοιχεία των κύριων Ομάδων στον πίνακα της Εικόνας 2.32.

	1	2		13	14	15	16	17	18
1	**1** **H** 13,6								**2** **He** 24,6
2	**3** **Li** 5,4	**4** **Be** 9,3		**5** **B** 8,3	**6** **C** 11,3	**7** **N** 14,5	**8** **O** 13,6	**9** **F** 17,4	**10** **Ne** ;;;
3	**11** **Na** 5,1	**12** **Mg** 7,6	Υπόμνημα 1 → Z **H** 13,6→ *E.I.*	**13** **Al** 6,0	**14** **Si** 8,2	**15** **P** 10,5	**16** **S** 10,4	**17** **Cl** 13,0	**18** **Ar** 15,8
4	**19** **K** 4,3	**20** **Ca** 6,1		**31** **Ga** 6,0	**32** **Ge** 7,9	**33** **As** 9,8	**34** **Se** 9,8	**35** **Br** 11,8	**36** **Kr** 14,0
5	**37** **Rb** 4,2	**38** **Sr** 5,7		**49** **In** 5,8	**50** **Sn** 7,3	**51** **Sb** 8,6	**52** **Te** 9,0	**53** **I** ;;;	**54** **Xe** 12,1

Εικόνα 2.32: *Η ενέργεια ιοντισμού (Ε.Ι., σε μονάδες ενέργειας) των χημικών στοιχείων των κύριων Ομάδων του Περιοδικού Πίνακα.*

Η ερμηνεία του παρατηρούμενου μοτίβου θα συζητηθεί στην Γ΄ Λυκείου.

Παρατηρήστε με την ομάδα σας τον Πίνακα της Εικόνας 2.32. Τι μπορείτε να πείτε, σε γενικές γραμμές, για την μεταβολή των τιμών της ενέργειας ιοντισμού σε μια Περίοδο και μια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα;

.....

.....

.....

Είναι οι μεταβολές που παρατηρήσατε απότομες ή σταδιακές;

.....

Στην Εικόνα 2.32 δεν αναγράφονται οι τιμές ενέργειας για τα στοιχεία $_{10}$Ne και $_{53}$I. Μπορείτε να τις προβλέψετε;

.....

Μπορείτε να δείτε τις ζητούμενες τιμές ενέργειας στον πλαϊνό σύνδεσμο. Πώς κρίνετε την πρόβλεψη που κάνατε;

.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

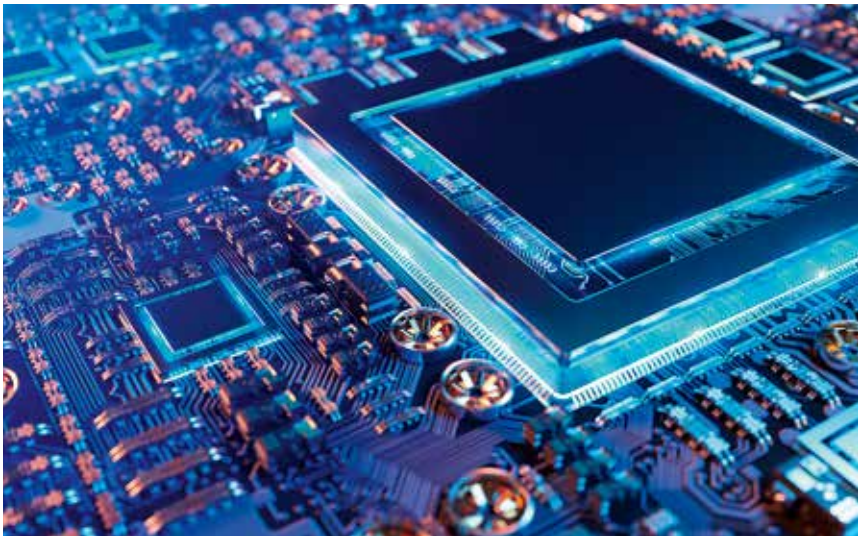
Εφαρμογή 2.19

Στην αριστερή στήλη, ακολούθως, φαίνονται τα στοιχεία της Ομάδας του C. Στην δεξιά φαίνονται οι τιμές της σχετικής ατομικής τους μάζας. Μπορείτε να τις αντιστοιχήσετε; Να στηριχτείτε στις έννοιες που αναπτύξαμε νωρίτερα και στην αντιστοίχιση που έχει ήδη συμπληρωθεί.

Στοιχεία			A_r
C	•	•	28,1
Si	•	•	12,0
Ge	•	•	118,7
Sn	•	•	72,6
Pb	•	•	207,2

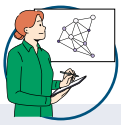
Εικόνα 2.33: *Όχημα μελέτης του πλανήτη Άρη. Λαμβάνει ενέργεια από τον Ήλιο, μέσω φωτοβολταϊκών υψηλής απόδοσης βασισμένων στο γερμάνιο (Ge).*

Όπως διαπιστώσαμε και από τον Περιοδικό Πίνακα της Εικόνας 2.24, η συντριπτική πλειονότητα των στοιχείων είναι **μέταλλα**. Τα **αμέταλλα** καταλαμβάνουν, κυρίως την άνω δεξιά «γωνία» του Πίνακα. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα άτομα των στοιχείων τους έχουν αρκετά ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, η οποία σε αυτά είναι, στην πλειονότητα, περισσότερο από μισογεμάτη. Στα αμέταλλα θα πρέπει να προσμετράμε και το υδρογόνο, το οποίο, συνήθως, τίθεται στην 1^{η} Ομάδα (χωρίς να αποτελεί αλκάλιο). Ανάμεσα στα μέταλλα και τα αμέταλλα υπάρχει μια μικρή διαγώνια ζώνη στοιχείων, με ενδιάμεσες ιδιότητες και πλούσιες εφαρμογές, τα **μεταλλοειδή** (Εικόνες 2.33 και 2.34).



Εικόνα 2.34: *Σύγχρονη μονάδα GPU (Graphics Processing Unit), βασισμένη σε τρανζίστορ πυριτίου (Si).*

Τέλος, από όλα τα ανωτέρω έχει γίνει σαφές ότι η ηλεκτρονιακή δομή και η θέση των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα συνδέονται. Ακολούθως, αναφέρουμε μερικά παραδείγματα.



Παράδειγμα 2.20 Να βρεθεί η θέση στον Περιοδικό Πίνακα του $_{16}S$.

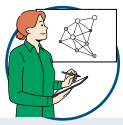
Λύση:

Θα ξεκινήσουμε από την ηλεκτρονιακή του απεικόνιση:

$$_{16}S: K(2)\ L(8)\ M(6)$$

Το S ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του σε 3 στιβάδες: την *K*, τη *L* και τη *M*. Επομένως, ανήκει στα στοιχεία της $3^{ης}$ Περιόδου. Επιπλέον, διαθέτει 6 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα. Άρα, βρίσκεται στην $16^{η}$ Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα.

Εφαρμογή 2.21 Να βρεθεί η θέση στον Περιοδικό Πίνακα των στοιχείων: $_{19}K$, $_{12}Mg$, $_{5}B$ και $_{18}Ar$.



Παράδειγμα 2.22

Αν γνωρίζετε ότι το Se βρίσκεται στην 4η Περίοδο και την 16η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, μπορείτε να βρείτε τον ατομικό του αριθμό;

Λύση:

Αφού το σελήνιο είναι στοιχείο της 4ης Περιόδου, αυτό σημαίνει ότι ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του σε 4 στιβάδες. Επιπλέον, από το γεγονός ότι είναι στοιχείο της 16ης Ομάδας, συμπεραίνεται ότι διαθέτει 6 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα. Συνδυάζοντας τα δυο αυτά δεδομένα, μπορούμε να γράψουμε:

Se: $K(\ )\ L(\ )\ M(\ )\ N(6)$

Για να έχει το σελήνιο εξωτερική στιβάδα τη *N*, σημαίνει ότι οι εσωτερικές του στιβάδες έχουν πλήρως συμπληρωθεί:

Se: $K(2)\ L(8)\ M(\ )\ N(6)$

Τέλος, θα πρέπει να συμπληρώσουμε την προτελευταία στιβάδα *M*. Η εν λόγω στιβάδα για ένα στοιχείο κύριας Ομάδας μπορεί να λάβει 8 ή 18 ηλεκτρόνια. Όμως, επειδή το σελήνιο ανήκει στην 4η Περίοδο και διαθέτει περισσότερα από 2 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, θα πρέπει να συμπληρώνεται από 18 ηλεκτρόνια. Συνολικά η δομή του έχει ως εξής:

Se: $K(2)\ L(8)\ M(18)\ N(6)$

Άρα, επειδή το άτομο του σεληνίου είναι ουδέτερο, ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ισούται με τον ατομικό του αριθμό και Z = 34.

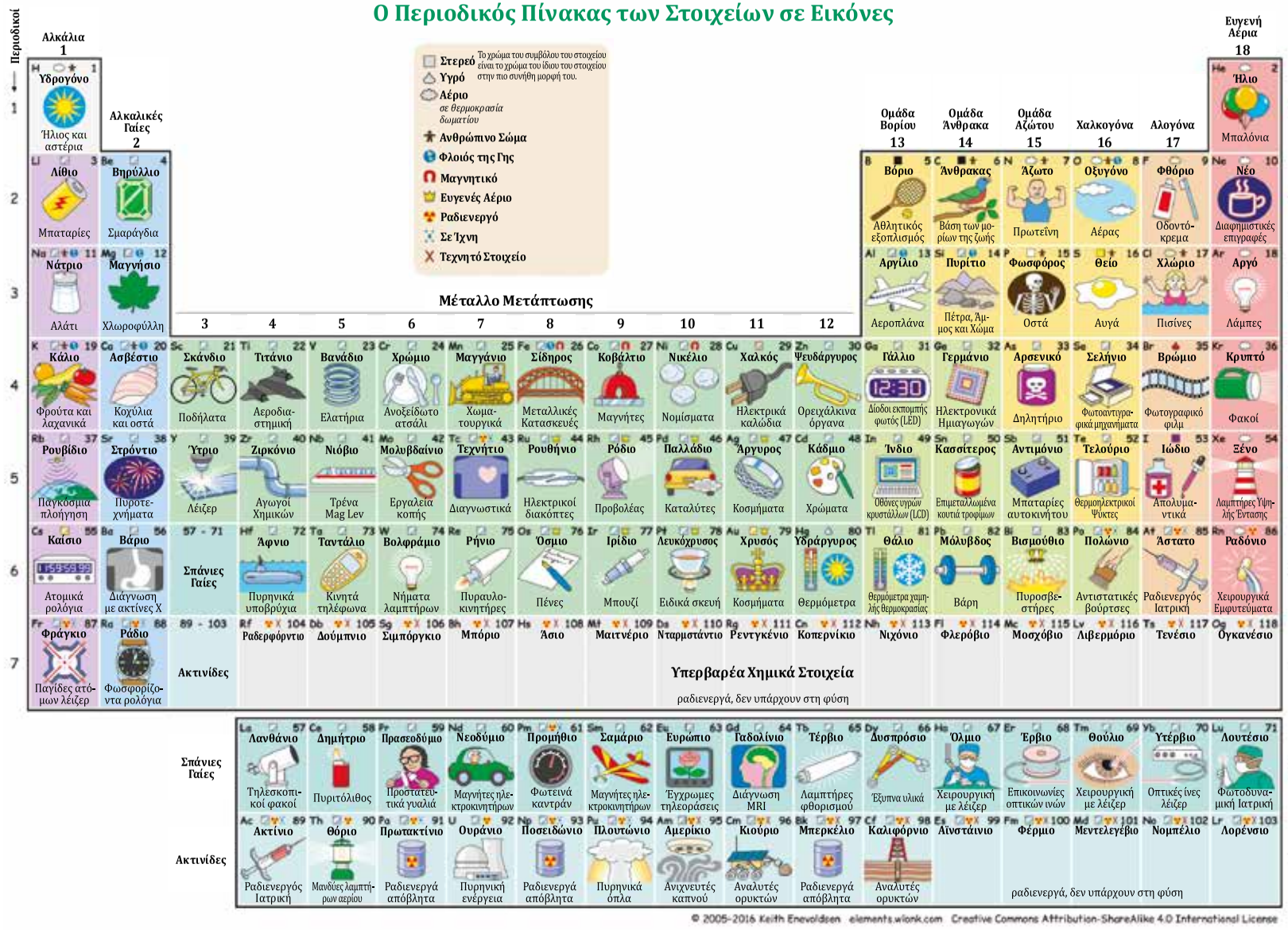
Υπενθυμίζεται ότι στην 4η Περίοδο ανάμεσα στο $_{20}Ca$ και το $_{31}Ga$ μεσολαβούν 10 στοιχεία μετάπτωσης.

Εφαρμογή 2.23

α) Αν γνωρίζετε ότι το Na βρίσκεται στην 3η Περίοδο και την 1η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, μπορείτε να βρείτε τον ατομικό του αριθμό;
β) Αν γνωρίζετε ότι το Cl βρίσκεται στην 3η Περίοδο και την 17η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, μπορείτε να βρείτε τον ατομικό του αριθμό;

Με το βλέμμα στον κόσμο: Οι εφαρμογές των χημικών στοιχείων

Στην Εικόνα 2.35 δίνεται ένας Περιοδικός Πίνακας στον οποίο εμφανίζεται μια κύρια εφαρμογή ή ιδιότητα του αντίστοιχου χημικού στοιχείου. Αφού τον μελετήσετε, αναζητήστε στο διαδίκτυο πληροφορίες για τις εφαρμογές οποιουδήποτε χημικού στοιχείου προτιμάτε και καταγράψτε τις στις ακόλουθες γραμμές.



Εικόνα 2.35: *Τα χημικά στοιχεία και οι εφαρμογές τους (Πηγή: Keith Enevoldsen, https://elements.wlonk.com)*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Αν θέλετε μπορείτε να κατεβάσετε την εικόνα από το link:

Αν έχετε ολοκληρώσει το διάβασμά σας, στη διάθεσή σας υπάρχει το ακόλουθο τεστ αυτοαξιολόγησης!

Ενδιαφέροντες σύνδεσμοι:

α) Η ιστοσελίδα της International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC):
https://iupac.org/

β) Η σελίδα στο YouTube του Πανεπιστημίου του Nottingham που είναι αφιερωμένη στα στοιχεία του Περιοδικού Πίνακα και τις ιδιότητές τους:
https://www.youtube.com/@periodicvideos

γ) Ο Περιοδικός Πίνακας από την National Library of Medicine των Η.Π.Α.:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/periodic-table/

δ) Διαδραστικοί Περιοδικοί Πίνακες με πληροφορίες για τα χημικά στοιχεία:
https://phet.colorado.edu/en/simulations/build-an-atom
https://bit.ly/Ptable-greek
https://www.rsc.org/periodic-table
https://elements.wlonk.com/ElementsTable.htm
https://inl.gov/periodic-table/

ε) Το τραγούδι του Περιοδικού Πίνακα:
https://www.youtube.com/watch?v=rz4Dd1I_fX0

Εννοιολογικός Χάρτης 2.2

Περιοδικός Πίνακας

Ο Περιοδικός Πίνακας των Χημικών Στοιχείων

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,0080						Υπόμνημα: 1 → Z; H → σύμβολο; 1,0080 → A_r											2 He 4,0026
2	3 Li 6,94	4 Be 9,0122											5 B 10,81	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,990	12 Mg 24,305											13 Al 26,982	14 Si 28,085	15 P 30,974	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956	22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,38	31 Ga 69,723	32 Ge 72,630	33 As 74,922	34 Se 78,971	35 Br 79,904	36 Kr 83,798
5	37 Rb 85,468	38 Sr 87,62	39 Y 88,906	40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,95	43 Tc [97]	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57-71 λανθανίδες	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,2	83 Bi 208,98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 ακτινίδες	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [269]	107 Bh [270]	108 Hs [269]	109 Mt [277]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [290]	115 Mc [290]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05	71 Lu 174,97
89 Ac [227]	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

περιλαμβάνει 7 σειρές

περιλαμβάνει 18 στήλες

Περίοδοι

τα στοιχεία σε αυτές έχουν τον ίδιο αριθμό στοιβάδων

Οι ιδιότητες των στοιχείων μεταβάλλονται σταδιακά

Ομάδες

τα στοιχεία σε αυτές έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στοιβάδα

Τα στοιχεία έχουν παρεμφερείς χημικές ιδιότητες

Γλωσσάριο

Ακτίνα van der Waals: Αναφέρεται στο άτομο κάποιου χημικού στοιχείου. Πρόκειται για την ελάχιστη απόσταση στην οποία μπορεί να φτάσει κάποιο άλλο άτομο του ίδιου στοιχείου, χωρίς να σχηματιστεί χημικός δεσμός.

Ακτινίδες: Τα μέταλλα που οι ιδιότητές τους ομοιάζουν με αυτές του Ac. Συνήθως τίθενται ως παράρτημα στον Περιοδικό Πίνακα.

Αλκάλια: Τα μέταλλα της $1^{ης}$ Ομάδας του Περιοδικού Πίνακα. Δεν περιλαμβάνεται σε αυτά το αμέταλλο υδρογόνο.

Αλκαλικές γαίες: Τα μέταλλα της $2^{ης}$ Ομάδας.

Αλογόνα: Τα αμέταλλα της $17^{ης}$ Ομάδας.

Αμέταλλα: Χημικά στοιχεία τα οποία διακρίνονται για την έλλειψη της χαρακτηριστικής μεταλλικής λάμψης, τη χαμηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα και την ευθραυστότητά τους (όσα είναι στερεά). Τα αμέταλλα αποτελούν μειονότητα στον Περιοδικό Πίνακα. Επ' αυτού βρίσκονται δεξιά από τη διαγώνια «γραμμή» των μεταλλοειδών.

Ανιόντα: Αρνητικά φορτισμένα ιόντα. Προκύπτουν από τα άτομα με πρόσληψη ηλεκτρονίων.

Ατομική ακτίνα: Είναι ενδεικτική του μεγέθους ενός ατόμου. Για να το προσδιορίσουμε, θεωρούμε το άτομο ως σφαίρα. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις. Στο παρόν βιβλίο συζητάμε την **ακτίνα van der Waals**.

Ατομικός αριθμός Z: Ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα ενός ατόμου.

Άτομο: Το μικρότερο σωματίδιο ενός χημικού στοιχείου που δεν μπορεί να διασπαστεί με φυσικές ή χημικές μεθόδους.

Ενέργεια ιοντισμού: Η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από την εξωτερική στιβάδα του ατόμου ενός στοιχείου.

Ενεργειακές στάθμες (Ενεργειακά επίπεδα): Οι τιμές ενέργειας που αντιστοιχούν στις ηλεκτρονιακές στιβάδες (κυκλικές τροχιές) στις οποίες κινούνται τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου, με βάση το ατομικό πρότυπο του Bohr.

Ευγενή αέρια: Τα χημικά στοιχεία της $18^{ης}$ Ομάδας. Διακρίνονται για τη χημική τους αδράνεια.

Ηλεκτρόνια: Υποατομικά σωματίδια που φέρουν το στοιχειώδες αρνητικό φορτίο και κινούνται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου.

Ηλεκτρονιακή δομή (Ηλεκτρονιακή απεικόνιση): Η κατανομή των ηλεκτρονίων ενός ατόμου (ή μονοατομικού ιόντος) σε ηλεκτρονιακές στιβάδες.

Ιόντα: Ηλεκτρικά φορτισμένα άτομα. Προκύπτουν από τα άτομα με αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων. Στις επόμενες ενότητες θα διαπιστώσουμε ότι υπάρχουν και πολυατομικά ιόντα.

Ισοηλεκτρονιακά: Τα σωματίδια που έχουν ίσο αριθμό ηλεκτρονίων, όπως π.χ. τα $_{10}Ne$ και $_{11}Na^{+}$.

Ισότοπα: Άτομα με ίδιο ατομικό αριθμό και διαφορετικό μαζικό αριθμό, δηλαδή διαφορετικό αριθμό νετρονίων. Είναι άτομα του ίδιου στοιχείου.

Κανόνες Bohr-Bury: Κανόνες για την ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων, δηλαδή για το πώς γίνεται η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες.

Κατιόντα: Θετικά φορτισμένα ιόντα. Προκύπτουν από τα άτομα με αποβολή ηλεκτρονίων.

Κύριος κβαντικός αριθμός *n*: Ένας αριθμός που χαρακτηρίζει κάθε ηλεκτρονιακή στιβάδα του ατόμου. Παίρνει τιμές φυσικού αριθμού ($n \geq 1$). Εισήχθη από τον Bohr για να ερμηνεύσει ορισμένα πειραματικά δεδομένα.

Λανθανίδες: Τα μέταλλα που οι ιδιότητές τους ομοιάζουν με αυτές του La. Συνήθως τίθενται ως παράρτημα στον Περιοδικό Πίνακα. Λέγονται και **σπάνιες γαίες**.

Μαζικός αριθμός *A*: Ο συνολικός αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων (δηλαδή των νουκλεονίων) στον πυρήνα ενός ατόμου. Εκφράζει με καλή προσέγγιση, σε μονάδες u, τη μάζα του ατόμου.

Μέταλλα: Χημικά στοιχεία τα οποία διακρίνονται για τη λάμψη τους, την υψηλή τους ηλεκτρική

και θερμική αγωγιμότητα και την ευπλαστότητά τους. Τα περισσότερα στοιχεία στη φύση είναι μέταλλα. Επί του Περιοδικό Πίνακα βρίσκονται αριστερά από τη διαγώνια «γραμμή» των μεταλλοειδών.

Μεταλλοειδή: Χημικά στοιχεία που έχουν ενδιάμεση συμπεριφορά σε σύγκριση με τα μέταλλα και τα αμέταλλα. Για παράδειγμα, διακρίνονται για τις μικρές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, οι οποίες, από την άλλη πλευρά, δεν είναι πρακτικά μηδενικές, όπως εκείνες των αμετάλλων. Στον Περιοδικό Πίνακα συνθέτουν μια «διαγώνια γραμμή» στα δεξιά. Κάποια εξ αυτών ομοιάζουν περισσότερο προς τα μέταλλα και κάποια προς τα αμέταλλα.

Μεντελέγιεβ: Ρώσος χημικός. Θεωρείται ο πατέρας του Περιοδικού Πίνακα. Το 1869 θεωρείται το έτος δημιουργίας του Περιοδικού Πίνακα.

Μονάδα ατομικής μάζας (u): Μονάδα μέτρησης της μάζας των ατόμων και των μορίων. Είναι το 1/12 της μάζας του ατόμου $^{12}_{6}C$. Είναι σχεδόν ίση με τη μάζα ενός νουκλεονίου (πρωτονίου ή νετρονίου).

Νετρόνια: Υποατομικά σωματίδια που δεν φέρουν φορτίο και βρίσκονται στον πυρήνα του ατόμου μαζί με τα πρωτόνια.

Νόμος της περιοδικότητας: Οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων αποτελούν περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.

Νουκλεόνια: Τα πρωτόνια και τα νετρόνια που συνιστούν τον πυρήνα ενός ατόμου.

Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα: Στήλη χημικών στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα. Τα στοιχεία ομοιάζουν ως προς τις ιδιότητές τους.

Περιοδικός Πίνακας: Ο Πίνακας που ταξινομεί τα 118 χημικά στοιχεία (2024) σε Περιόδους (οριζόντιες σειρές) και Ομάδες (στήλες) με βάση τον ατομικό τους αριθμό και τις χημικές τους ιδιότητες.

Περίοδος του Περιοδικού Πίνακα: Οριζόντια σειρά χημικών στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα. Οι ιδιότητές τους μεταβάλλονται σταδιακά.

Πρωτόνια: Υποατομικά σωματίδια που φέρουν το στοιχειώδες θετικό φορτίο και βρίσκονται στον πυρήνα του ατόμου, μαζί με τα νετρόνια.

Πυρήνας: Το σύνολο των ενωμένων μεταξύ τους πρωτονίων και νετρονίων ενός ατόμου που καταλαμβάνει έναν πολύ μικρό χώρο στο κέντρο του ατόμου και περιέχει σχεδόν όλη τη μάζα του ατόμου. Φέρει θετικό φορτίο λόγω των πρωτονίων που περιέχει. Γύρω του κινούνται τα ηλεκτρόνια του ατόμου.

Ραδιοϊσότοπα: Ισότοπα που είναι ραδιενεργά, δηλαδή εκπέμπουν αυθόρμητα ραδιενέργεια με διάσπαση των πυρήνων τους.

Σπάνιες γαίες: *δείτε* **Λανθανίδες**

Στιβάδες: Καθορισμένες κυκλικές τροχιές στις οποίες κινούνται τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου γύρω από τον πυρήνα.

Σχετική ατομική μάζα A_r: Ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός ατόμου στοιχείου από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

Σχετική μοριακή μάζα M_r: Ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός μορίου στοιχείου ή ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

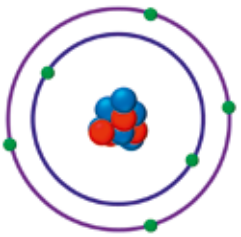
Σχετική τυπική μάζα F_r: Ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα της τυπικής μονάδας μιας ιοντικής ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.

Τεχνητά ισότοπα: Τα ισότοπα ενός στοιχείου που δεν υπάρχουν στη φύση αλλά έχουν συντεθεί στο εργαστήριο.

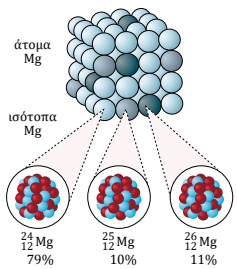
Τυπική μονάδα: Η τυπική μονάδα είναι ο χημικός τύπος με τον οποίο συμβολίζουμε μια ιοντική ένωση και φανερώνει την αναλογία των ιόντων στο κρυσταλλικό της πλέγμα. Για παράδειγμα, η τυπική μονάδα Na_2O φανερώνει ότι ο κρύσταλλος αυτής της ιοντικής ένωσης αποτελείται από ιόντα νατρίου (Na^+) και οξυγόνου (O^{2-}) σε αναλογία 2:1. Περισσότερα για τους ιοντικούς κρυστάλλους και την τυπική μονάδα θα δούμε σε επόμενες ενότητες.

Χαλκογόνα: Τα στοιχεία της 16^{ης} Ομάδας ή Ομάδας του οξυγόνου. Το όνομά τους (σε πιο ελεύθερη μετάφραση) σημαίνει ότι απαντούν σε μεταλλεύματα, μεταξύ των οποίων και του χαλκού.

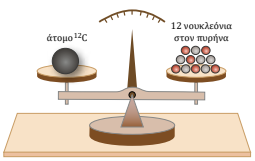
2.1 Η Δομή του Ατόμου



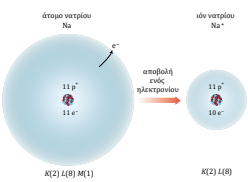
- Σύμφωνα με το μοντέλο του Bohr ένα άτομο αποτελείται από έναν θετικά φορτισμένο *πυρήνα* που βρίσκεται στο κέντρο του και από τα αρνητικά φορτισμένα *ηλεκτρόνια* (e^-) που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Ο πυρήνας αποτελείται από τα πρωτόνια (*p*) που έχουν θετικό φορτίο και τα *νετρόνια* (n) που είναι αφόρτιστα.
- Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε καθορισμένες *κυκλικές τροχιές (στιβάδες)*. Κάθε στιβάδα χαρακτηρίζεται από μια συγκεκριμένη τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού n, βρίσκεται σε ορισμένη απόσταση από τον πυρήνα και αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη *ενεργειακή στάθμη*.
- Σε ένα άτομο ο αριθμός των πρωτονίων που φέρουν το στοιχειώδες θετικό φορτίο είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που φέρουν το στοιχειώδες αρνητικό φορτίο. Έτσι, το άτομο είναι *ηλεκτρικά ουδέτερο*. Σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα του, ενώ ο μεγαλύτερος όγκος του ατόμου είναι κενός.



- Ατομικός αριθμός (Z) ενός ατόμου είναι ο αριθμός των πρωτονίων που βρίσκονται στον πυρήνα του ατόμου.
- Μαζικός αριθμός (A) ενός ατόμου είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων (δηλαδή των νουκλεονίων) που αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου.
- Άτομα με τον ίδιο ατομικό αριθμό τα οποία έχουν διαφορετικό μαζικό αριθμό, δηλαδή διαφορετικό αριθμό νετρονίων, ονομάζονται ισότοπα.
- Εκτός από τα ισότοπα που υπάρχουν στη φύση παρασκευάζονται και τεχνητά ισότοπα με πυρηνικές αντιδράσεις. Τα ισότοπα (φυσικά ή τεχνητά) που εκπέμπουν ραδιενέργεια ονομάζονται ραδιοϊσότοπα.



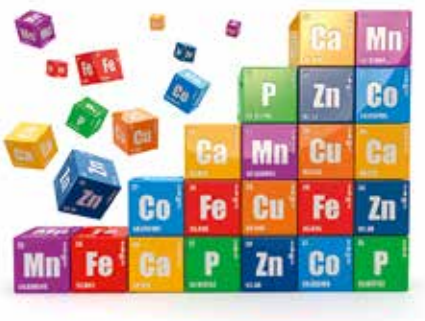
- Η μονάδα ατομικής μάζας (1 u) είναι το 1/12 της μάζας του ατόμου $^{12}_{6}C$.
- Το 1 u είναι περίπου ίσο με τη μάζα ενός νουκλεονίου.
- Σχετική ατομική μάζα, A_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός ατόμου στοιχείου από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.
- Για ένα συγκεκριμένο άτομο η σχετική ατομική του μάζα A_r είναι πρακτικά ίση με τον μαζικό αριθμό A του ατόμου αυτού.
- Η σχετική ατομική μάζα A_r ενός στοιχείου προκύπτει ως ο σταθμικός μέσος όρος των σχετικών μαζών των φυσικών ισοτόπων του.
- Σχετική μοριακή μάζα, M_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός μορίου στοιχείου ή ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.
- Σχετική τυπική μάζα, F_r, είναι ο αριθμός που εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η μάζα της τυπικής μονάδας μιας ιοντικής ένωσης από τη μονάδα ατομικής μάζας 1 u.



- Η ηλεκτρονιακή δομή ενός ατόμου αφορά στο πώς είναι κατανεμημένα τα ηλεκτρόνιά του σε στιβάδες.
- Για να περιγράψουμε την ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση, εφαρμόζουμε ορισμένους κανόνες ηλεκτρονιακής δόμησης (κανόνες Bohr-Bury).

- Όταν τα άτομα προσλαμβάνουν ή αποβάλουν ηλεκτρόνια, μετατρέπονται σε ιόντα. Το φορτίο ενός ιόντος δίνεται από τη σχέση: φορτίο ιόντος = αριθμός πρωτονίων – αριθμός ηλεκτρονίων
- Για να βρούμε την ηλεκτρονιακή δομή των ιόντων, μπορούμε να ακολουθήσουμε τους ίδιους κανόνες ηλεκτρονιακής δόμησης που χρησιμοποιούμε για τα ουδέτερα άτομα.

2.2. Ο Περιοδικός Πίνακας



- Τα χημικά στοιχεία διακρίνονται σε μέταλλα, αμέταλλα και μεταλλοειδή.
- Οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων αποτελούν περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.
- Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας περιλαμβάνει 18 στήλες, οι οποίες ονομάζονται Ομάδες και 7 οριζόντιες σειρές που ονομάζονται Περίοδοι.
- Τα χημικά στοιχεία που ανήκουν στην ίδια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα διαθέτουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα και για τον λόγο αυτό έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες.
- Τα χημικά στοιχεία που ανήκουν στην ίδια Περίοδο ταξινομούν τα ηλεκτρόνιά τους στον ίδιο αριθμό στιβάδων, ο οποίος δίνεται από τον αύξοντα αριθμό της Περιόδου.
- Ένας δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει τη χημική δραστικότητα ενός στοιχείου, πέραν του αριθμού των ηλεκτρονίων της εξωτερικής του στιβάδας, είναι το μέγεθος των ατόμων που το απαρτίζουν.
- Η ακτίνα van der Waals ενός ατόμου κάποιου χημικού στοιχείου είναι η ελάχιστη απόσταση στην οποία μπορεί να φτάσει κάποιο άλλο άτομο του ίδιου στοιχείου, χωρίς να σχηματιστεί μεταξύ τους χημικός δεσμός.
- Στον Περιοδικό Πίνακα η ατομική ακτίνα αυξάνει, σε γενικές γραμμές, προς τα αριστερά και προς τα κάτω.

Ερωτήσεις και Ασκήσεις

Οι ασκήσεις με την ένδειξη είναι περισσότερο απαιτητικές.

Το μοντέλο του Bohr

2.1. Οι παρακάτω προτάσεις αναφέρονται στο πρωτόνιο, το νετρόνιο και το ηλεκτρόνιο. Προσδιορίστε ποιο/α από αυτά περιγράφει η κάθε μία από αυτές:
α) έχει τη μικρότερη μάζα
β) έχει φορτίο 1+
γ) βρίσκεται έξω από τον πυρήνα
δ) είναι ηλεκτρικά ουδέτερο
ε) έχει περίπου την ίδια μάζα με το πρωτόνιο
στ) βρίσκεται στον πυρήνα
ζ) έλκεται από τα πρωτόνια
η) έχει φορτίο 1–.

2.2. Είναι σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ) καθεμία από τις ακόλουθες προτάσεις;
α) Ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία.
β) Ο πυρήνας περιέχει το μεγαλύτερο μέρος της μάζας ενός ατόμου.
γ) Τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.
δ) Ένα ηλεκτρόνιο έλκεται από ένα άλλο ηλεκτρόνιο.
ε) Ένα πρωτόνιο έλκεται από ένα ηλεκτρόνιο.
στ) Ένα νετρόνιο έχει διπλάσια μάζα από ένα πρωτόνιο.
ζ) Τα νετρόνια απωθούνται μεταξύ τους.
η) Τα ηλεκτρόνια και τα νετρόνια έχουν αντίθετα φορτία.

2.3. Αντιστοιχίστε τα υποατομικά σωματίδια (1 έως 3) σε καθεμία από τις περιγραφές παρακάτω.
1. πρωτόνια 2. νετρόνια 3. ηλεκτρόνια
α) σχεδόν όλη η ατομική μάζα
β) ατομικός αριθμός
γ) θετικό φορτίο
δ) αρνητικό φορτίο
ε) μαζικός αριθμός μείον ατομικός αριθμός.

2.4. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
α) Ο ατομικός αριθμός δείχνει τον αριθμό των _____ στο πυρήνα.
β) Σε ένα άτομο ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι ίσος με τον αριθμό των _____.

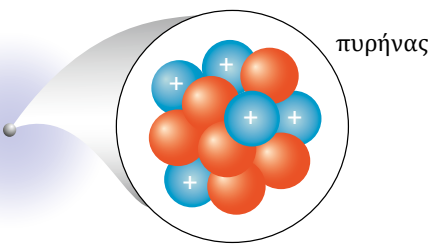
2.5. Είναι σωστή (Σ) ή λανθασμένη (Λ) καθεμία από τις ακόλουθες προτάσεις;
α) Το νετρόνιο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
β) Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας ενός ατόμου οφείλεται στα πρωτόνια και τα νετρόνια.
γ) Το φορτίο ενός ηλεκτρονίου είναι ίσο, αλλά αντίθετο, με το φορτίο ενός νετρονίου.
δ) Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν περίπου την ίδια μάζα.

Ατομικός και Μαζικός Αριθμός - Ισότοπα - Σχετική Ατομική και Μοριακή Μάζα

2.6. Τι θα χρησιμοποιούσατε, τον ατομικό αριθμό, τον μαζικό αριθμό ή και τα δύο, για να προσδιορίσετε καθένα από τα ακόλουθα;
α) τον αριθμό των πρωτονίων σε ένα άτομο
β) τον αριθμό των νετρονίων σε ένα άτομο
γ) τον αριθμό των σωματιδίων στον πυρήνα
δ) τον αριθμό των ηλεκτρονίων σε ένα ουδέτερο άτομο.

2.7. Ποιος είναι ο αριθμός των πρωτονίων, των νετρονίων και των ηλεκτρονίων στα ακόλουθα άτομα;
α) $^{89}_{38}\mathrm{Sr}$, β) $^{52}_{24}\mathrm{Cr}$, γ) $^{34}_{16}\mathrm{S}$, δ) $^{81}_{35}\mathrm{Br}$.

2.8. Δώστε τις ακόλουθες πληροφορίες για το εικονιζόμενο άτομο:
α) τον αριθμό πρωτονίων και νετρονίων
β) τον ατομικό αριθμό
γ) τον μαζικό αριθμό
δ) τον αριθμό των ηλεκτρονίων.



2.9. Μπορούν τα ουδέτερα άτομα δύο διαφορετικών στοιχείων να έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων ή νετρονίων; Εξηγήστε.

2.10. Ο άνθρακας-11 είναι ένα τεχνητό ισότοπο που χρησιμοποιείται στην τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Οι σαρώσεις PET χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της δραστηριότητας του εγκεφάλου και τη διάγνωση της άνοιας. Πώς συγκρίνεται ο άνθρακας-11 με τον άνθρακα-12, όσον αφορά τον αριθμό των πρωτονίων, των νετρονίων και των ηλεκτρονίων; Γράψτε το σύμβολο του άνθρακα-11 με τον ατομικό και τον μαζικό αριθμό του.

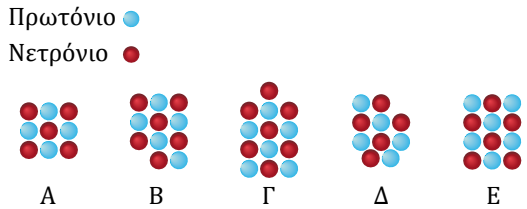
2.11. Εξετάστε τα ακόλουθα άτομα στα οποία τα κεφαλαία γράμματα αντιπροσωπεύουν το χημικό σύμβολο του στοιχείου:

$$^{16}_{8}\text{A} \quad ^{16}_{9}\text{B} \quad ^{18}_{10}\Gamma \quad ^{17}_{8}\Delta \quad ^{18}_{8}\text{E}$$

α) Ποια από αυτά είναι ισότοπα του ίδιου χημικού στοιχείου;

β) Ποια εξ αυτών αναμένετε να έχουν την ίδια περίπου μάζα;

2.12. Για κάθε αναπαράσταση ενός πυρήνα από το Α έως το Ε γράψτε τον ατομικό και τον μαζικό αριθμό και προσδιορίστε ποιοι πυρήνες αντιστοιχούν σε άτομα που είναι ισότοπα.



2.13. Συμπληρώστε τον ακόλουθο πίνακα για τα τρία φυσικά ισότοπα του πυριτίου, του κύριου συστατικού των μικροτσιπς (μικροκυκλωμάτων) των υπολογιστών:

	Σύμβολο ατόμου		
	$^{28}_{14}$Si	$^{29}_{14}$Si	$^{30}_{14}$Si
Ατομικός αριθμός			
Μαζικός αριθμός			
Αριθμός πρωτονίων			
Αριθμός νετρονίων			
Αριθμός ηλεκτρονίων			

2.14. Το πιο άφθονο στη φύση ισότοπο του μολύβδου είναι το $^{208}_{82}$Pb.

α) Πόσα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια περιέχει το $^{208}_{82}$Pb;

β) Ποιο είναι το ατομικό σύμβολο ενός άλλου ισοτόπου του μολύβδου με 132 νετρόνια;

γ) Δείτε τον Περιοδικό Πίνακα και βρείτε ποιο είναι το όνομα και το σύμβολο ενός ατόμου με τον ίδιο μαζικό αριθμό όπως στο (β) και 131 νετρόνια.

2.15. Συμπληρώστε τον ακόλουθο πίνακα για τα άτομα ορισμένων σημαντικών στοιχείων στον οργανισμό μας. Μπορείτε να συμβουλευτείτε τον Περιοδικό Πίνακα για τα σύμβολα και τα ονόματα των στοιχείων.

Όνομα στοιχείου	Σύμβολο	Ατομικός αριθμός	Μαζικός αριθμός	Αριθμός πρωτονίων	Αριθμός νετρονίων	Αριθμός ηλεκτρονίων
	Zn	30	66			
	Mg	12			12	
Κάλιο					20	19
	S			16	15	
Σίδηρος			56			26

2.16. Ο χαλκός αποτελείται από δύο ισότοπα, $^{63}_{29}$Cu και $^{65}_{29}$Cu. Εάν η σχετική ατομική μάζα του χαλκού στον Περιοδικό Πίνακα είναι 63,55, υπάρχουν περισσότερα άτομα του $^{63}_{29}$Cu ή του $^{65}_{29}$Cu σε ένα δείγμα χαλκού;

2.17. Το αργό $_{18}$Ar έχει τρία φυσικά ισότοπα με μαζικούς αριθμούς 36, 38 και 40 αντίστοιχα.

α) Γράψτε το ατομικό σύμβολο για καθένα από αυτά τα άτομα.

β) Σε τι μοιάζουν και σε τι διαφέρουν αυτά τα ισότοπα;

γ) Γιατί η σχετική ατομική μάζα του αργού που αναγράφεται στον Περιοδικό Πίνακα δεν είναι ακέραιος αριθμός;

2.18. Δύο ισότοπα του ρουβιδίου απαντούν στη φύση, το $^{85}_{37}$Rb σε ποσοστό 72,2% και το $^{87}_{37}$Rb σε ποσοστό 27,8%. Υπολογίστε τη σχετική ατομική μάζα A_r του ρουβιδίου.

2.19. Θεωρήστε ότι ο φυσικός άνθρακας αποτελείται μόνο από τα ισότοπα $^{12}_{6}$C και $^{14}_{6}$C. Να υπολογιστεί η % περιεκτικότητα του φυσικού άνθρακα στα ισότοπα $^{12}_{6}$C και $^{14}_{6}$C, αν δίνεται ότι η σχετική ατομική μάζα A_r του φυσικού C είναι 12,011.

2.20. Να υπολογίσετε τις σχετικές μοριακές μάζες M_r των ακόλουθων μοριακών στοιχείων και ενώσεων:

$$O_2,\ O_3,\ Br_2,\ CCl_4,\ NH_3,\ H_2SO_4$$

Μπορείτε να δείτε τις σχετικές ατομικές μάζες (A_r) στο σχετικό παράρτημα στο τέλος του βιβλίου.

2.21. Να υπολογίστε τις σχετικές τυπικές μάζες F_r των ακόλουθων ιοντικών ενώσεων:

$NaCl$, KBr, CaF_2, $NaNO_3$, K_2CO_3.

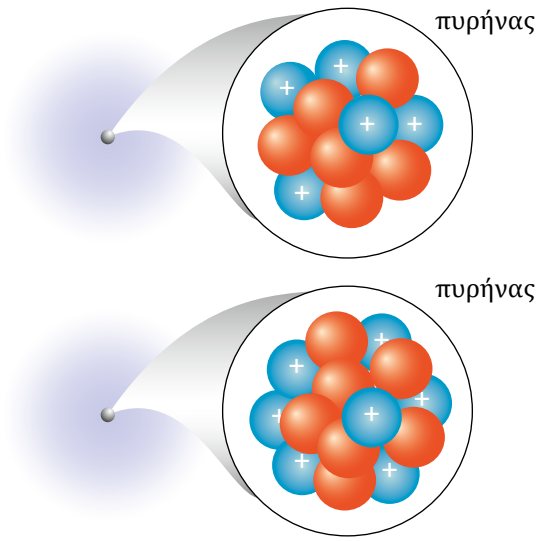
Μπορείτε να δείτε τις σχετικές ατομικές μάζες (A_r) στο σχετικό παράρτημα στο τέλος του βιβλίου.

Ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων

2.22. Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή των παρακάτω ατόμων και ιόντων:

${}_1H$, ${}_{19}K$, ${}_{36}Kr$, ${}_{38}Sr$, ${}_{20}Ca^{2+}$, ${}_7N^{3-}$, ${}_8O^{2-}$, ${}_{37}Rb^{+}$.

2.23. Για τα δύο εικονιζόμενα άτομα να γράψετε την ηλεκτρονιακή τους δομή.



2.24. Το άτομο ενός χημικού στοιχείου Σ έχει 35 νουκλεόνια και 17 ηλεκτρόνια.

α) Να βρείτε τον ατομικό και τον μαζικό αριθμό του ατόμου αυτού.

β) Πόσα ηλεκτρόνια έχει το άτομο αυτό στην εξωτερική του στιβάδα;

γ) Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή του ανιόντος $Σ^-$.

δ) Να βρείτε τους ατομικούς αριθμούς ενός ουδέτερου ατόμου Χ, ενός ανιόντος Y^{2-} και ενός κατιόντος Z^+ που έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων με το ανιόν $Σ^-$.

2.25. Να συμπληρωθούν τα κενά στον πίνακα που ακολουθεί:

Άτομο ή Ιόν	Z	A	N	Αριθμός πρωτονίων	Αριθμός ηλεκτρονίων	Ηλεκτρονιακή δομή
${}^{24}_{12}Mg$						
Mg^{2+}			12			
Br^-		80			36	
Br		80				

Ο Περιοδικός Πίνακας

2.26. Στην Εικόνα 2.36 δίνεται ένας Περιοδικός Πίνακας, στον οποίο απεικονίζονται τα στοιχεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ, Ι και Κ.

α) Ποια είναι τα ονόματα των Ομάδων του περιοδικού Πίνακα στις οποίες ανήκουν τα στοιχεία Α, Β, Θ, Ι και Κ;

β) Ποιο εκ των στοιχείων έχει ηλεκτρονιακή δομή $K(2)$;

γ) Ποιο εκ των στοιχείων έχει ηλεκτρονιακή δομή $K(2)\ L(7)$;

δ) Ποιο εκ των στοιχείων έχει ηλεκτρονιακή δομή $K(2)\ L(8)\ M(2)$;

ε) Ποιο εκ των στοιχείων έχει ηλεκτρονιακή δομή $K(2)\ L(8)\ M(18)\ N(4)$;

στ) Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου Α;

ζ) Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου Ε;

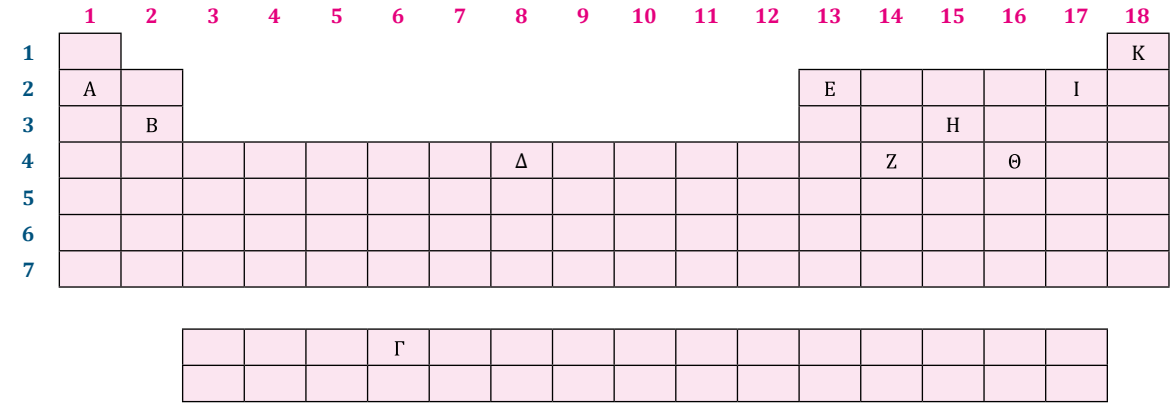
η) Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου Η;

θ) Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου Θ;

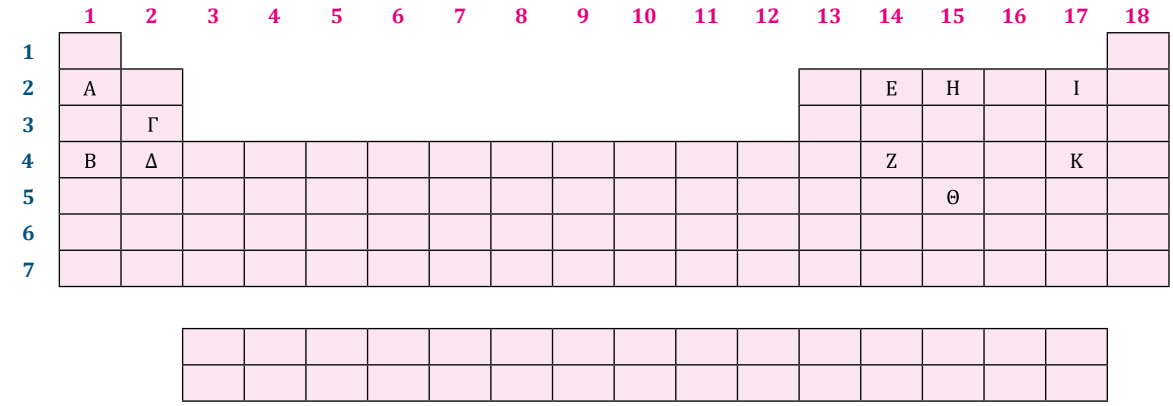
ι) Ποια εκ των 10 στοιχείων είναι μέταλλα, ποια είναι αμέταλλα και ποια είναι μεταλλοειδή;

ια) Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας τα στοιχεία Α και Ι έχουν εντελώς διαφορετικές ιδιότητες;

ιβ) Να σχεδιάσετε ένα ✓στις θέσεις του Πίνακα της Εικόνας 2.36, στις οποίες βρίσκονται τα χημικά στοιχεία που αναμένετε να έχουν παρόμοιες ιδιότητες με το στοιχείο Θ.



Εικόνα 2.36



Εικόνα 2.37

2.27. Στην Εικόνα 2.37 δίνεται ένας Περιοδικός Πίνακας στον οποίο απεικονίζονται τα στοιχεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ, Ι και Κ.

α) Ποιο εκ των στοιχείων Α και Β αναμένετε να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

β) Ποιο εκ των στοιχείων Γ και Δ αναμένετε να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

γ) Ποιο εκ των στοιχείων Ε και Ζ αναμένετε να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

δ) Ποιο εκ των στοιχείων Η και Θ αναμένετε να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

ε) Ποιο εκ των στοιχείων Ι και Κ αναμένετε να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

στ) Να διατάξετε τα στοιχεία Α, Ε, Η και Ι κατά σειρά αυξανόμενης ατομικής ακτίνας.

ζ) Να διατάξετε τα στοιχεία Β, Δ, Ζ και Κ κατά σειρά αυξανόμενης ατομικής ακτίνας.

η) Για ποιο λόγο η ατομική ακτίνα του στοιχείου Α είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη, ανάλογα με την απάντησή σας στο (α), από το στοιχείο Β;

θ) Για ποιο λόγο η ατομική ακτίνα του στοιχείου Θ είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη, ανάλογα με την απάντησή σας στο (ζ), από το στοιχείο Η;

ι) Για ποιο λόγο η ατομική ακτίνα του στοιχείου Ι είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη, ανάλογα με την απάντησή σας στο (στ) από το στοιχείο Α;

ια) Για ποιο λόγο η ατομική ακτίνα του στοιχείου Κ είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη, ανάλογα με την απάντησή σας στο (η) από το στοιχείο Ζ;

2.28. Να συγκρίνετε την ακτίνα του ατόμου του Na με την αντίστοιχη του ιόντος του (Na^+).

2.29. Να διατάξετε τις ακτίνες των ατόμων/ιόντων των Ca, Ca^+ και Ca^{2+} από την μικρότερη στη μεγαλύτερη. Το μοτίβο στο οποίο καταλήξατε έχει κατά τη γνώμη σας γενική εφαρμογή;

2.30. Να συγκρίνετε την ακτίνα του ατόμου του Cl με την αντίστοιχη του ιόντος του (Cl^-).

2.31. Να διατάξετε τις ακτίνες των ατόμων/ιόντων των S, S^- και S^{2-} από την μικρότερη στη μεγαλύτερη.

Το μοτίβο στο οποίο καταλήξατε έχει κατά τη γνώμη σας γενική εφαρμογή;

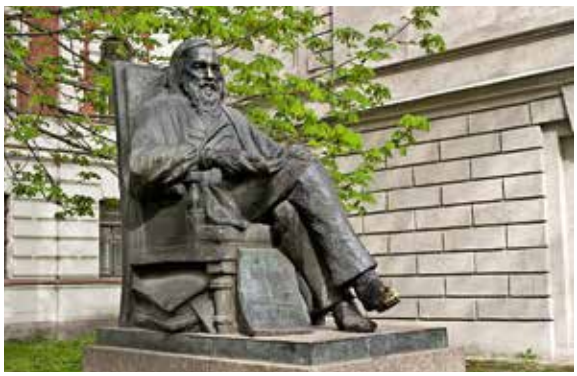
2.32. Ποια ζεύγη από τα ακόλουθα αναμένετε να έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες;
α) $_{1}H$ και $_{3}Li$
β) $_{3}Li$ και $_{11}Na$
γ) $_{11}Na$ και $_{12}Mg$
δ) $_{12}Mg$ και $_{20}Ca$

2.33. Το φράγκιο (Fr, Z = 87) είναι ένα σπάνιο ραδιενεργό στοιχείο. Υπολογίζεται ότι στον ανώτερο φλοιό της Γης και μέχρι βάθους 1 km υπάρχουν περίπου 15 g. Για τον λόγο αυτό οι ιδιότητές του είναι πολύ δύσκολο να μελετηθούν. Στον Περιοδικό Πίνακα βρίσκεται στην 7η Περίοδο και τοποθετείται στα αλκάλια, κάτω από το Cs (στοιχείο της 6ης Περιόδου). Με τη βοήθεια των δεδομένων της Εικόνας 2.32 και της πληροφορίας ότι η ενέργεια ιοντισμού του Cs είναι 3,9 μονάδες ενέργειας, μπορείτε να προβλέψετε την ενέργεια ιοντισμού του Fr;

2.34. Τα ακόλουθα σωματίδια διαθέτουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων και για αυτόν τον λόγο ονομάζονται **ισοηλεκτρονιακά**. Να τα διατάξετε κατά σειρά αυξανόμενης ακτίνας ατόμου ή ιόντων: $_{16}S^{2-}$, $_{17}Cl^{-}$, $_{18}Ar$, $_{19}K^{+}$ και $_{20}Ca^{2+}$.

Δουλεύοντας σε ομάδες: Ο Περιοδικός Πίνακας

Ο2.1. Ιστορικά έγιναν πολλές προσπάθειες για τη δημιουργία ενός Περιοδικού Πίνακα και την ανάδειξη μοτίβων για τις ιδιότητες των χημικών στοιχείων. Εργαζόμενοι σε ομάδες, αναζητήστε πληροφορίες και ετοιμάστε μια σύντομη παρουσίαση για την ολομέλεια του τμήματός σας, για τα εξής θέματα:
α) Γιατί ο Μεντελέγιεβ (Εικόνα 2.38) θεωρείται ο «πατέρας» του Περιοδικού Πίνακα;



Εικόνα 2.38: *Μνημείο αφιερωμένο στον Dmitriy Ivanovich Mendeleyev στην Αγία Πετρούπολη στον περίβολο του Πανρωσικού Ινστιτούτου Μετρολογίας «Μεντελέγιεβ».*

β) Ποια ήταν η δομή της ύλης σύμφωνα με τον Πλάτωνα;
γ) Ποια ήταν η συνεισφορά των Döbereiner και de Chancourtois, (Εικόνα 2.39);

Εικόνα 2.39: *Ο Γάλλος γεωλόγος Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois.*

Εικόνα 2.40: *Ο Αμερικανός χημικός Glenn Theodore Seaborg.*

δ) Ποια ήταν η συνεισφορά των Newlands και Meyer;
ε) Ποια ήταν η συνεισφορά του Seaborg (Εικόνα 2.40);

3 Ο Χημικός Δεσμός

Χημικός δεσμός, ομοιοπολικός δεσμός, ιοντικός δεσμός, διπολική ροπή, διαμοριακές δυνάμεις, δεσμός υδρογόνου

3.1. Ο Χημικός Δεσμός

3.2. Οι Διαμοριακές Δυνάμεις

Το διοξυγόνο που αναπνέουμε, το νερό που πίνουμε, το αλάτι που νοστιμίζει τα φαγητά, η ζάχαρη που μας γλυκαίνει, τα φάρμακα που μας θεραπεύουν, τα υάλινα σκεύη, τα πλαστικά, τα χρώματα, … είναι μερικά ελάχιστα παραδείγματα χημικών ουσιών που συναντάμε στην καθημερινή ζωή μας. Μάλιστα, δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι ο κόσμος γύρω μας αλλά και μέσα μας αποτελείται από χημικές ενώσεις. Κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των χημικών ενώσεων είναι ότι αποτελούνται από συνδυασμούς ατόμων που ανήκουν στα 94 χημικά στοιχεία που απαντούν στη φύση και λειτουργούν ως δομικές μονάδες. Από τις λίγες αυτές δομικές μονάδες προκύπτουν με κατάλληλους συνδυασμούς αμέτρητες χημικές ενώσεις. Στην ύπαρξη αυτών των ενώσεων και στον τρόπο που αλληλεπιδρούν και αντιδρούν συντηρείται η ζωή, όπως τη γνωρίζουμε, και οφείλεται η ομορφιά του κόσμου γύρω μας.

Σε αυτή την ενότητα, την τρίτη κατά σειρά, αρχικά θα μελετήσουμε τους κυριότερους τρόπους με τους οποίους προκύπτουν οι συνδυασμοί των ατόμων που απαντούν στη φύση. Με άλλα λόγια θα συζητήσουμε για «την κόλλα» που συγκρατεί τα άτομα μεταξύ τους, στις χημικές ενώσεις, δηλαδή για τον Χημικό Δεσμό. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πώς από τα μεμονωμένα μόρια περνάμε στα υλικά. Για παράδειγμα, θα δούμε πώς μεμονωμένα μόρια νερού συνδυάζονται, για να δημιουργήσουν το βασικό συστατικό της ζωής στον πλανήτη μας, το υγρό νερό.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τα είδη των ενδομοριακών και των διαμοριακών δυνάμεων.
- *συσχετίζετε* τις ιδιότητες των ουσιών με τις ενδομοριακές και διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται.

3.1. Ο Χημικός Δεσμός

«Ο χημικός δεσμός είναι ο σύνδεσμος μεταξύ γειτονικών ατόμων, που οδηγεί στον σχηματισμό των πολύπλοκων δομών του κόσμου».

Peter W. Atkins, Οξφόρδη, 2018

Μια από τις σημαντικότερες γνώσεις, που έχει αποκτήσει ο άνθρωπος για τον υλικό κόσμο, είναι ότι αποτελείται από άτομα. Υπάρχουν μόνο 118 χημικά στοιχεία, εκ των οποίων τα 83 απαντούν στη φύση σε σχετικά υψηλή αναλογία. Συνεπώς, υπάρχουν μόνο 118 διαφορετικά είδη ατόμων. Το περιβάλλον όμως, στο οποίο ζούμε και του οποίου είμαστε αναπόσπαστο τμήμα, αποτελείται από ένα τεράστιο πλήθος ενώσεων που έχουν σχηματιστεί από τα άτομα αυτά, ως δομικές μονάδες. *Πώς εξηγείται ο τεράστιος αυτός αριθμός των διαφορετικών ενώσεων;* Με άλλα λόγια, *γιατί από τα άτομα των χημικών στοιχείων δημιουργούνται χημικές ενώσεις;* Η Χημεία δίνει απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα και η απαραίτητη έννοια που θα μας βοηθήσει να τις κατανοήσουμε είναι η **ενέργεια**.

3.1.1. Εισαγωγή στον Χημικό Δεσμό

Στη Φυσική και τη Χημεία έχει διατυπωθεί ένας Νόμος που διέπει όλες τις μεταβολές που συμβαίνουν γύρω μας. Με απλά λόγια μπορεί να περιγραφεί ως **η Αρχή της Ελάχιστης Ενέργειας**. Σύμφωνα με αυτή όλες οι μεταβολές που συμβαίνουν σε ένα σύστημα, χωρίς την κατανάλωση έργου, οδηγούν προς καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας. Πάρτε για παράδειγμα μια μπάλα που κυλά από μόνη της σε μια κατηφόρα ή μια μαγνητική βελόνα που ευθυγραμμίζεται με έναν μαγνήτη (Εικόνα 3.1). Οι κινήσεις τους οδηγούν σε καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας. Το ίδιο συμβαίνει και με τις χημικές αντιδράσεις. Τα άτομα των στοιχείων αντιδρούν μεταξύ τους προς σχηματισμό χημικών ενώσεων, διότι οι τελευταίες είναι ενεργειακά σταθερότερες. **Αυξημένη ενεργειακή σταθερότητα σημαίνει μικρότερη τάση προς αντίδραση**.

Στην Α΄ Λυκείου θα περιγράψουμε τα αποτελέσματα αυτής της Αρχής με όσο το δυνατό απλούστερους όρους. Για να το επιτύχουμε αυτό, θα γυρίσουμε περίπου 100 χρόνια πίσω στον χρόνο και θα περιγράψουμε τα χημικά φαινόμενα με τη βοήθεια της θεωρίας του Lewis.

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναφέρετε* τι είναι ο χημικός δεσμός.
- *εξηγείτε* τον λόγο για τον οποίο τα άτομα σχηματίζουν χημικούς δεσμούς.
- *αναφέρετε* ποια ηλεκτρονιακή δομή έχει αυξημένη σταθερότητα.
- *προσδιορίζετε* τα ηλεκτρόνια που συμμετέχουν στον σχηματισμό των χημικών δεσμών (ηλεκτρόνια σθένους).
- *συσχετίζετε*, για κάποιες περιπτώσεις, τις διαφορές στην αγωγιμότητα των διαλυμάτων στερεών ενώσεων με διαφορές στη σωματιδιακή τους μορφή.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Περιγράψαμε** *τη δομή του ατόμου.*
- **Συζητήσαμε** *τη σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρονιακή δομή ενός ατόμου και τις ιδιότητές του, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τον Περιοδικό Πίνακα.*

(α)

(β)

Εικόνα 3.1: *(α) Μια μπάλα κυλάει σε έναν λόφο από την κορυφή προς τους πρόποδες. Δηλαδή από υψηλή ενέργεια σε χαμηλή. (β) Η μαγνητική βελόνα προσανατολίζεται ως προς έναν σταθερό μαγνήτη.*

3.1.1.1. Η θεωρία του Lewis

Την περίοδο 1916-1919 οι G.N Lewis, I. Langmuir και W. Kossel, ξεκινώντας από την παρατήρηση ότι τα ευγενή αέρια είναι χημικά αδρανή, προσπάθησαν να δώσουν μια ικανοποιητική εξήγηση για αυτό. Πρότειναν ότι υπάρχει κάτι ξεχωριστό στην ηλεκτρονιακή απεικόνιση αυτών των χημικών στοιχείων, που τα καθιστά αδρανή. Με άλλα λόγια υπάρχει κάτι ξεχωριστό, που καθιστά τα ευγενή αέρια ενεργειακά σταθερά. Τόσο σταθερά, που να μη συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις.

Το κοινό σημείο στις ηλεκτρονιακές διαμορφώσεις των ευγενών αερίων είναι η συμπληρωμένη εξωτερική στιβάδα των ατόμων τους. Αναλυτικά, η κατανομή σε στιβάδες των ευγενών αερίων έχει ως εξής:

$_{2}$He: ***K*(2)**
$_{10}$Ne: *K*(2) ***L*(8)**
$_{18}$Ar: *K*(2) *L*(8) ***M*(8)**
$_{36}$Kr: *K*(2) *L*(8) *M*(18) ***N*(8)**
$_{54}$Xe: *K*(2) *L*(8) *M*(18) *N*(18) ***O*(8)**
$_{86}$Rn: *K*(2) *L*(8) *M*(18) *N*(32) *O*(18) ***P*(8)**

Η θεωρία του Lewis μπορεί να συνοψιστεί σε δυο βασικές αρχές:

1. Τα άτομα συμμετέχουν στις αντιδράσεις με τα **ηλεκτρόνια σθένους** τους, δηλαδή τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής τους στιβάδας. Αυτό συμβαίνει διότι τα συγκεκριμένα ηλεκτρόνια απέχουν τη μεγαλύτερη απόσταση από τον θετικά φορτισμένο πυρήνα και συνεπώς δέχονται τη μικρότερη έλξη από αυτόν, ενώ δέχονται και απώσεις από τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών στιβάδων.
2. Σε μια χημική αντίδραση τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων που συμμετέχουν μεταφέρονται από άτομο σε άτομο ή διαμοιράζονται μεταξύ των ατόμων, με τέτοιο τρόπο, ώστε τελικά **όλα τα άτομα να αποκτούν τη δομή των ευγενών αερίων**. Το γεγονός αυτό σε πολλά βιβλία Χημείας αναφέρεται ως ο κανόνας της οκτάδας. Όμως, ορθότερα θα μπορούσε να ονομαστεί κανόνας της συμπληρωμένης εξωτερικής στιβάδας.

3.1.1.2. Τα σύμβολα Lewis

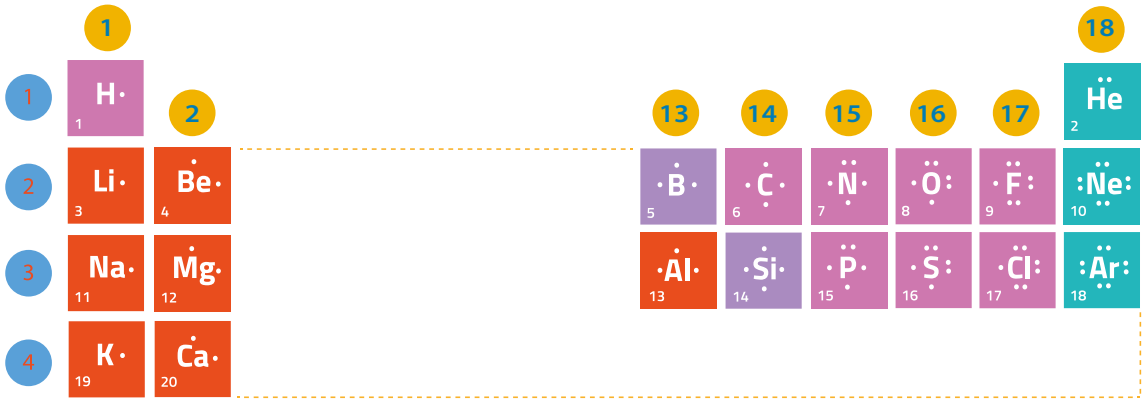
Προκειμένου να είναι εύκολο να περιγραφεί η μεταφορά ή ο διαμοιρασμός των ηλεκτρονίων σθένους ο Lewis πρότεινε τον εξής τρόπο γραφής. Κάθε άτομο χημικού στοιχείου που συμμετέχει σε μια χημική αντίδραση μπορεί να αναπαρασταθεί από το σύμβολο του στοιχείου αυτού και γύρω από αυτό θα δίνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους με τη μορφή ισάριθμων κουκίδων. Για παράδειγμα:

$_{1}$H: *K*(1) => H·
$_{5}$B: *K*(2) *L*(3) => ·$\dot{\underset{\cdot}{\text{B}}}$·
$_{6}$C: *K*(2) *L*(4) => ·$\dot{\underset{\cdot}{\text{C}}}$·

Η εξωτερική στιβάδα κάθε ατόμου «χωρά» έως 8 ηλεκτρόνια, εκτός από την περίπτωση της *K*. Τα ηλεκτρόνια, ως κουκίδες, έως τον μέσο του αριθμού πλήρωσης (4 ή 1, αντιστοίχως) τίθενται ως μονήρη (μοναχικά) και ακολούθως τίθενται σε ζεύγη. Για παράδειγμα:

$_{2}$He: *K*(2) => He:
$_{7}$N: *K*(2) *L*(5) => ·$\ddot{\underset{\cdot}{\text{N}}}$·
$_{8}$O: *K*(2) *L*(6) => :$\ddot{\underset{\cdot}{\text{O}}}$·

Συνολικά τα σύμβολα Lewis των ατόμων των 20 πρώτων στοιχείων του Περιοδικού Πίνακα, που θα χρειαστούμε στην Α΄ Λυκείου, συνοψίζονται στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2: *Αναπαραστάσεις δομών Lewis για τα 20 πρώτα στοιχεία του Περιοδικού Πίνακα. Η ακριβής θέση των κουκίδων δεν παίζει κάποιο ρόλο.*

3.1.1.3. Προσεγγίζοντας τον χημικό δεσμό

Τι είναι λοιπόν ο χημικός δεσμός; Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι **ο χημικός δεσμός είναι η ελκτική δύναμη που συγκρατεί τα άτομα ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. τα ιόντα, ενωμένα μεταξύ τους**. Στις επόμενες παραγράφους θα διαπιστώσουμε ότι ο χημικός δεσμός είναι το αποτέλεσμα των ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε φορτισμένα σωματίδια, π.χ. ιόντα, πρωτόνια και ηλεκτρόνια.

Στην Α΄ Λυκείου θα ασχοληθούμε με τα δυο βασικά είδη του χημικού δεσμού: τον ιοντικό (υποενότητα 3.1.2) και τον ομοιοπολικό (υποενότητα 3.1.3). Όμως, στην ενότητα εμβάθυνσης θα γίνει αναφορά σε ένα ακόμα σημαντικό είδος δεσμού: τον μεταλλικό (υποενότητα 3.1.4). Επιπλέον, στις προτεινόμενες ιδέες γαι ομαδική εργασία, στο τέλος της ενότητας, θα γνωρίσουμε και τον μηχανικό δεσμό.

Παρακολουθήστε το ακόλουθο βίντεο. Σε αυτό ένα αγωγιμόμετρο βυθίζεται διαδοχικά σε νερό, διάλυμα ζάχαρης και αλατιού.

Ποιο/α από τα ανωτέρω παρουσιάζουν αγωγιμότητα;

.....

.....

3.1.2. Ο ιοντικός δεσμός

Στην παρούσα υποενότητα θα διαπιστώσουμε ότι **ο ιοντικός δεσμός είναι η ελκτική δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ αντίθετα φορτισμένων ιόντων**. Όμως, προτού περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά του, είναι απαραίτητο να αφιερώσουμε λίγο χρόνο συζητώντας για τα σωματίδια μεταξύ των οποίων αναπτύσσεται, τα ιόντα.

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τον τρόπο δημιουργίας του ιοντικού δεσμού.
- *αναφέρετε* ορισμένες κοινές ιδιότητες που παρουσιάζουν οι ιοντικές ενώσεις (ιοντικό κρυσταλλικό πλέγμα, φυσική κατάσταση, σημείο τήξης, διαλυτότητα στο νερό, αγωγιμότητα διαλυμάτων και τηγμάτων).
- *προσδιορίζετε* τους ηλεκτρονιακούς και χημικούς τύπους ορισμένων απλών ιοντικών ενώσεων, όταν δίνεται ο ατομικός αριθμός των στοιχείων που σχηματίζουν τον δεσμό.

3.1.2.1. Ο σχηματισμός των ιόντων

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, κάθε άτομο αποτελείται από πρωτόνια και ηλεκτρόνια, τα οποία είναι ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια και νετρόνια που είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Όμως στο σύνολό του το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, διότι ο αριθμός των πρωτονίων του είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων του. Σύμφωνα με τη θεωρία του Lewis ένας τρόπος για να γίνει μια χημική αντίδραση, που θα οδηγήσει στον σχηματισμό μιας νέας χημικής ένωσης, είναι η μεταφορά ηλεκτρονίων σθένους μεταξύ των εμπλεκόμενων ατόμων. Αυτή η μεταφορά ηλεκτρονίων έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό των αντίστοιχων ιόντων.

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα άτομο νατρίου ($_{11}$Na). Το νάτριο ανήκει στα μέταλλα και διαθέτει ένα μόνο ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα (τη στιβάδα σθένους του). Αν αυτό το ηλεκτρόνιο μεταφερθεί σε κάποιο άλλο άτομο, τότε θα δημιουργηθεί το κατιόν Na^+. Η ηλεκτρονιακή απεικόνιση αυτού του ιόντος είναι η ακόλουθη: σ' αυτή το φορτίο του ιόντος (1+) υποδεικνύει τον αριθμό των ηλεκτρονίων που αποβλήθηκαν.

$_{11}$Na: K(2) L(8) M(1)

$_{11}Na^+$: $K(2)\ L(8)$

Αυτή η ηλεκτρονιακή απεικόνιση συμπίπτει με την αντίστοιχη του ευγενούς αερίου $_{10}$Ne, η οποία συνδέεται με αυξημένη ενεργειακή σταθερότητα.

Έστω τώρα ότι το ηλεκτρόνιο που χάθηκε από τη στιβάδα του νατρίου μεταφέρθηκε σε ένα άτομο χλωρίου ($_{17}$Cl). Το χλώριο, ένα αμέταλλο, έχει στην εξωτερική στιβάδα των ατόμων του 7 ηλεκτρόνια. Με την πρόσληψη ενός ακόμα ηλεκτρονίου από το νάτριο φθάνει στα 8. Έτσι, δημιουργείται το ανιόν Cl^-, το οποίο έχει την ηλεκτρονιακή απεικόνιση του ευγενούς αερίου $_{18}$Ar:

$_{17}$Cl: K(2) L(8) M(7)

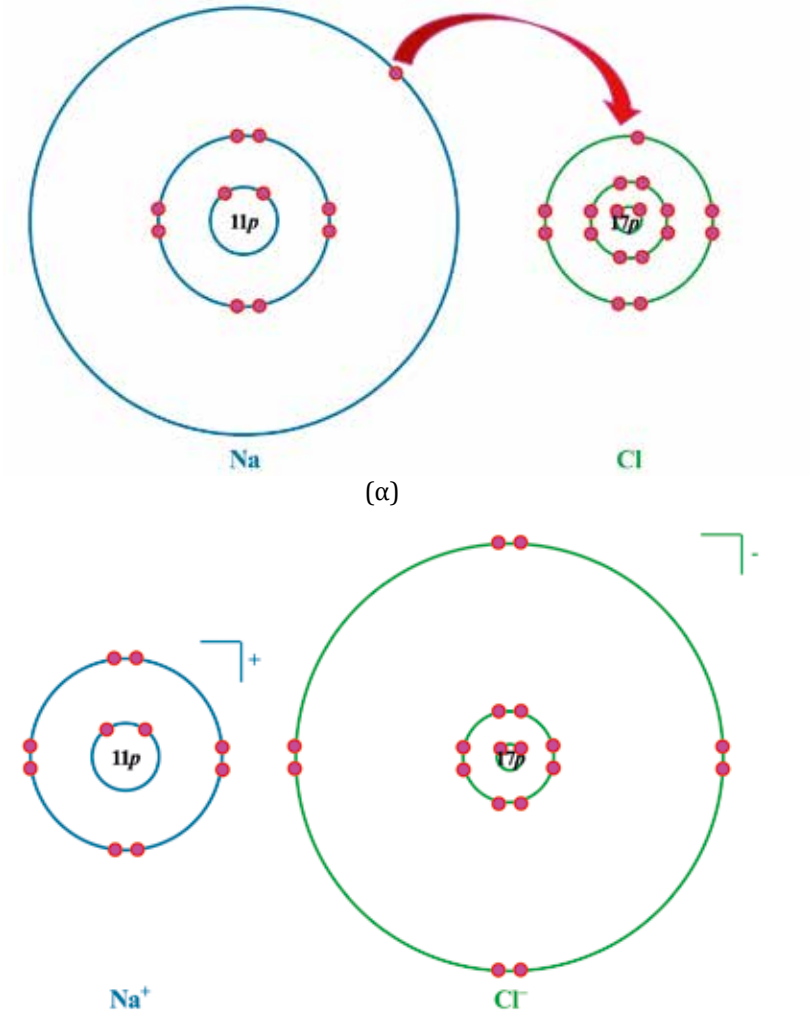
Cl^-: $K(2)\ L(8)\ M(8)$

Σε αυτό το ιόν το φορτίο (1-) φανερώνει τον αριθμό των ηλεκτρονίων που προσλήφθηκαν.

Αμφότερα τα ιόντα διαθέτουν διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τα άτομα από τα οποία προήλθαν.

Μια γενική παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι τα μέταλλα, δηλαδή τα χημικά στοιχεία με λίγα ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους τους, συνήθως, στις αντιδράσεις τους χάνουν αυτά τα ηλεκτρόνια σχηματίζοντας τα αντίστοιχα κατιόντα. Το αντίθετο συμβαίνει με τα αμέταλλα, τα στοιχεία με πολλά ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους τους. Τα αμέταλλα συνήθως κερδίζουν τον αριθμό των ηλεκτρονίων που χρειάζονται, προκειμένου να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου. Τόσο στην περίπτωση των μετάλλων όσο και σε αυτή των αμετάλλων, με αυτό τον τρόπο αποκτάται η δομή ευγενούς αερίου με τον ευκολότερο ενεργειακά τρόπο.

Η ως άνω μεταφορά ηλεκτρονίου από ένα άτομο νατρίου σε ένα άτομο χλωρίου απεικονίζεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: (α) Η μεταφορά ηλεκτρονίου από το μέταλλο στο αμέταλλο. (β) Τα τελικά ιόντα.

3.1.2.2. Οι δυνάμεις Coulomb

Όταν τα ιόντα Na^+ και Cl^- δημιουργηθούν, έλκονται μεταξύ τους με δυνάμεις Coulomb. Επομένως, **ο ιοντικός δεσμός είναι το σύνολο των ελκτικών δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ των αντίθετα φορτισμένων ιόντων**. Όταν τα ιόντα αυτά βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες, τότε σχηματίζουν στερεά που καλούνται **ιοντικά στερεά**.

Οι δυνάμεις Coulomb έχουν ως αποτέλεσμα την αυθόρμητη δημιουργία, γύρω από κάθε κατιόν, ενός πλέγματος ανιόντων και αντιστρόφως. Επομένως, τα ιοντικά στερεά αποτελούνται από ένα τρισδιάστατο πλέγμα ιόντων που ονομάζεται **κρυσταλλικό πλέγμα** (Εικόνα 3.4). Το πλέγμα δομείται από την εναλλαγή κατιόντων και ανιόντων σχηματίζοντας μια μεγάλη ποικιλία γεωμετρικών στερεών ανάλογα με το μέγεθος και τις ιδιότητες των ιόντων που το αποτελούν (Εικόνα 3.5).

Εκτός από τη μεταφορά ηλεκτρονίου, στην Εικόνα 3.3, εύκολα παρατηρεί κανείς τη μεταβολή στο μέγεθος των εμπλεκόμενων σωματιδίων. Συγκεκριμένα το νάτριο μοιάζει να μικραίνει, ενώ το χλώριο να μεγαλώνει. Γιατί κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό; Συζητήστε την άποψη σας με την ομάδα σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Όπως γνωρίζουμε, η ελκτική δύναμη Coulomb αυξάνεται με το φορτίο των ιόντων και μειώνεται με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης:

$$F_C \propto \frac{q_{κατιόντος} \cdot q_{ανιόντος}}{r^2}$$

Στην ανωτέρω σχέση το σύμβολο ∝ δηλώνει αναλογία.

Για να κατανοήσουμε τον ρόλο των ηλεκτροστατικών δυνάμεων στη δημιουργία του κρυσταλλικού πλέγματος, ας ακολουθήσουμε τον διπλανό σύνδεσμο.

Αυτό που είναι σημαντικό να επισημανθεί είναι ότι ο ιοντικός δεσμός είναι ακριβώς αυτή η ελκτική δύναμη μεταξύ των αντίθετα φορτισμένων ιόντων, ενώ ο σχηματισμός των ιόντων από τα άτομά τους αποτελεί μια χημική αντίδραση και είναι μια διαφορετική, ανεξάρτητη, πορεία.

Ο ρόλος των δυνάμεων Coulomb στη διαμόρφωση του κρυσταλλικού πλέγματος!

Μπορείτε με την ομάδα σας να απαντήσετε στις ερωτήσεις του βίντεο;

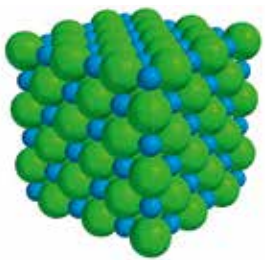
Το 2021 καταγράφηκε για πρώτη φορά σε "κάμερα" η δημιουργία των πρώτων κρυστάλλων NaCl(s) από ένα διάλυμά του.
Δείτε πώς εδώ:

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον Καθ. Eiichi Nakamura (Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Τόκιο) για την παραχώρηση του βίντεο.

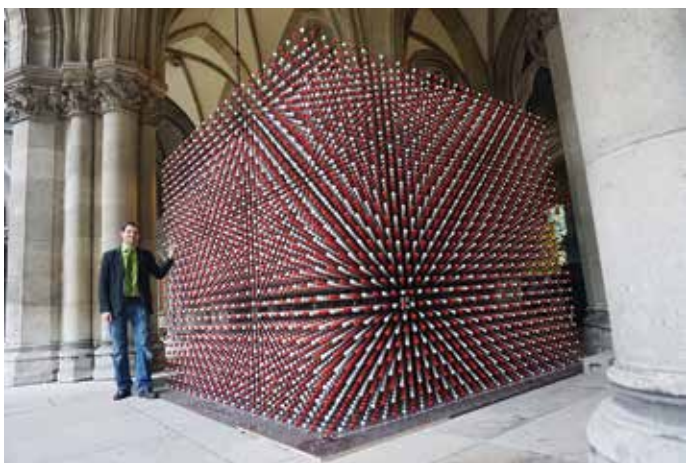
(α)

(β)

(γ)

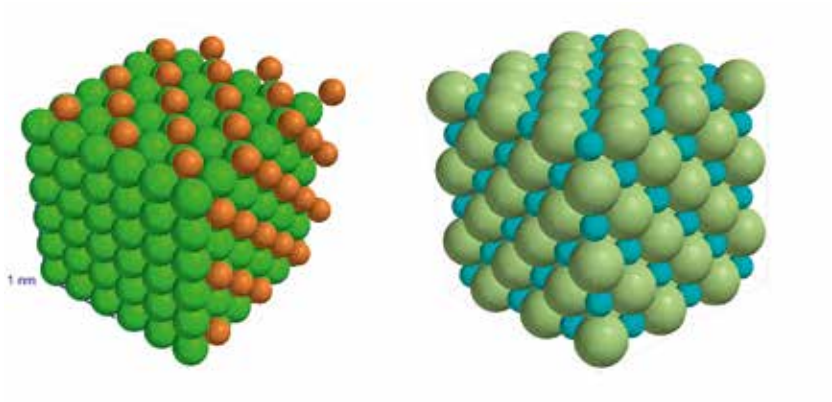


(δ)



(ε)

Εικόνα 3.4: *(α) Άποψη της Μεγάλης Αλμυρής Λίμνης (Γιούτα, Η.Π.Α.), της μεγαλύτερης αλμυρής λίμνης στο δυτικό ημισφαίριο. (β) Δημιουργία κυβικών κρυστάλλων θαλασσινού αλατιού (NaCl) στην επιφάνεια αλυκής στη Φορμεντέρα (Βαλεαρίδες Νήσοι, Ισπανία). (γ) Κρύσταλλοι NaCl στο μικροσκόπιο. (δ) Κρυσταλλικό πλέγμα των ιόντων Na^+ και Cl^-. Η ακμή του κύβου της Εικόνας (δ) είναι περίπου 300.000 φορές μικρότερη από την ακμή των στερεών που φαίνονται υπό το μικροσκόπιο στην Εικόνα (γ). (ε) Ο κρυσταλλογράφος Dr. Robert Krickl μπροστά από ένα τεράστιο μοντέλο της κρυσταλλικής δομής του NaCl, στην είσοδο του Δημαρχείου της Βιέννης τον Φεβρουάριο του 2016. Για την κατασκευή του απαιτήθηκαν 38.880 μπάλες και πάνω από 10 km ράβδων σύνδεσης, αριθμοί που του εξασφάλισαν εύκολα μια θέση στο βιβλίο των ρεκόρ Guinness (Fotocredit: Robert Krickl).*



(α) (β)

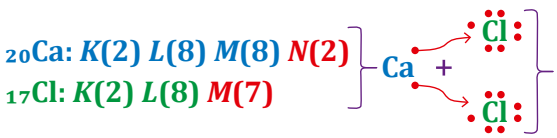
Εικόνα 3.5: Κρυσταλλικό πλέγμα των (α) $BaCl_2$ και (β) Li_2O. Το $BaCl_2$ χρησιμοποιείται στην βιομηχανία του χάλυβα, ενώ το Li2O σε διάφορα κεραμικά υλικά.

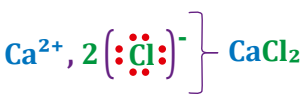
3.1.2.3. Η απεικόνιση της δημιουργίας του ιοντικού δεσμού

Στις Εικόνες 3.6 και 3.7 δίνονται δυο παραδείγματα του πώς μπορεί να απεικονιστεί ο σχηματισμός του ιοντικού δεσμού με τη βοήθεια των δομών Lewis.

Για το Na, Z = 11.
Για το Cl, Z = 17.

Εικόνα 3.6: Ο σχηματισμός του NaCl από Na και Cl.





Για το Ca, Z = 20.

Εικόνα 3.7: Ο σχηματισμός του $CaCl_2$ από Ca και Cl. Για να είναι ο τελικός κρύσταλλος ηλεκτρικά ουδέτερος απαιτείται και δεύτερο άτομο Cl, το οποίο δέχεται το δεύτερο ηλεκτρόνιο σθένους του Ca. Η τελική απαιτούμενη αναλογία, προκειμένου να σχηματιστεί η ιοντική ένωση, είναι 1 κατιόν ασβεστίου για κάθε 2 ανιόντα χλωρίου.

Σε αμφότερες τις εικόνες οι τελικοί χημικοί τύποι (NaCl και $CaCl_2$) δηλώνουν την αναλογία των κατιόντων προς τα ανιόντα στον κρύσταλλο της ένωσης. Στην περίπτωση του NaCl είναι 1:1, ενώ στην περίπτωση του $CaCl_2$ είναι 1:2.

Εφαρμογή 3.1 Μπορείτε να βρείτε τον χημικό τύπο της ιοντικής ένωσης που σχηματίζεται:

α) ανάμεσα στο κάλιο ($_{19}$K) και το θείο ($_{16}$S);

.....

.....

.....

.....

β) ανάμεσα στο αργίλιο ($_{13}$Al) και το οξυγόνο ($_{8}$O).

.....

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

3.1.2.4. Οι ιδιότητες των ιοντικών ενώσεων

Οι περισσότερες ιοντικές ενώσεις έχουν κάποιες κοινές ιδιότητες. Οι κυριότερες εξ αυτών είναι:

α) Είναι *στερεά με υψηλά σημεία τήξεως* (Σ.Τ. ή T_m), λόγω των ισχυρών ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται στον κρύσταλλό τους. Κατά την τήξη των ιοντικών ενώσεων, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, η κινητική ενεργεια των ιόντων αυξάνεται, εξασθενούν οι έλξεις μεταξύ τους και ο κρύσταλλος λιώνει. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται να καταναλωθεί ένα σημαντικό ποσό ενέργειας. Ενδεικτικά, το NaCl έχει T_m = 801 °C, το άνυδρο $MgSO_4$ έχει T_m = 1124 °C και το $Al_2(SO_4)_3$ έχει T_m = 1391 °C (σε υψηλή πίεση).

β) Πολλές εξ αυτών είναι *ευδιάλυτες στο νερό* (συζητείται σε επόμενες ενότητες).

γ) Τα ιοντικά στερεά *δεν είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος*, μιας που οι εν δυνάμει φορείς του, τα θετικά και αρνητικά ιόντα, είναι ακλόνητα συνδεδεμένα στο κρυσταλλικό πλέγμα της ένωσης.

δ) Δίνουν *αγώγιμα τήγματα*. Σε αυτά φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι τα κατιόντα και τα ανιόντα.

ε) Δίνουν *αγώγιμα υδατικά διαλύματα* (συζητείται σε επόμενες ενότητες).

Αν έχετε ολοκληρώσει το διάβασμά σας, ελέγξτε τις γνώσεις σας απαντώντας στο τεστάκι!

Υψηλά Σ.Τ. σημαίνει ότι πρέπει να δοθούν στον κρύσταλλο υψηλά ποσά ενέργειας, ώστε να απομακρυνθούν τα ιόντα.

Ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων και γενικότερα φορτισμένων σωματιδίων, π.χ. ιόντων.

Τήγμα είναι το υγρό που προκύπτει από το λιώσιμο ενός στερεού.

Τεστ Αυτοαξιολόγησης 1

Με το βλέμμα στον κόσμο: Το μαγειρικό αλάτι, η ιοντική ένωση που χρησιμοποιείται καθημερινά από τον άνθρωπο.

Το μαγειρικό αλάτι είναι η ιοντική ένωση NaCl. Πρόκειται για ένα άχρωμο κρυσταλλικό στερεό, με υψηλό σημείο τήξεως, το οποίο είναι ευδιάλυτο στο νερό (διαλύονται έως 36 g / 100 mL ύδατος στους 25 °C).

Το NaCl βρίσκεται άφθονο στη φύση ως ορυκτό αλλά και ως βασικό συστατικό του θαλασσινού νερού, που είναι γνωστό και ως αλάτι της θάλασσας. Η περιεκτικότητα της θάλασσας σε αλάτι είναι περίπου 35 g/kg θαλασσινού νερού. Έτσι, οι παραθαλάσσιες χώρες χρησιμοποιούν αλυκές για να εξατμίσουν το νερό και να συλλέξουν το αλάτι.

Η παγκόσμια κατανάλωση αλατιού στηρίζεται στο ορυκτό αλάτι. Το ορυκτό αλάτι το συναντάμε σε πολλά μέρη του κόσμου, όπως στην Κίνα, τις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά. Στην Ευρώπη αλατωρυχεία υπάρχουν στη Γερμανία, την Πολωνία (Εικόνα 3.8), τη Ρουμανία και την Αυστρία. Στην ήπειρό μας απαντούν και πόλεις που οφείλουν το όνομά τους στα αλατωρυχεία ή στο εμπόριο του αλατιού όπως το Σάλτζμπουργκ, το όνομα του οποίου σημαίνει «η πόλη του αλατιού».

Το ορυκτό αλάτι σχηματίστηκε ως στερεό από την εξάτμιση θαλασσινού νερού σε κλειστές λίμνες που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια γεωλογικών μεταβολών εκατομμύρια χρόνια πριν. Έτσι, δημιουργήθηκαν ολόλευκες εκτάσεις χιλιάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων, οι οποίες παλαιότερα βρίσκονταν στον πυθμένα λιμνών και ωκεανών. Τα αποθέματα σε αλάτι, παγκοσμίως, εκτιμάται ότι είναι πρακτικά ανεξάντλητα.

Εικόνα 3.8: *Υπόγεια λίμνη στο αλατωρυχείο της πόλης Βιέλιτσζκα της Πολωνίας.*

Με το βλέμμα στον κόσμο: Τα τηγμένα άλατα βρίσκουν σπουδαίες εφαρμογές στον ενεργειακό τομέα της οικονομίας.

Κάθε ώρα που περνά φθάνουν στη Γη μας από τον Ήλιο περίπου $4{,}3 \cdot 10^{20}$ J φωτεινής ενέργειας. Αυτό το ποσό ενέργειας είναι αρκετό για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του Πλανήτη μας για έναν ολόκληρο χρόνο!

Τα τελευταία 50 χρόνια γίνονται διαρκείς προσπάθειες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Ο στόχος της εκμετάλλευσης της ενέργειας του Ήλιου γίνεται επιτακτικός για δυο λόγους: α) Λόγω της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να βασίσουμε την παγκόσμια οικονομία σε τεχνολογίες που δεν αυξάνουν τις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων, όπως του CO_2. (β) Η σημερινή οικονομία στηρίζεται στην καύση πετρελαίου, φυσικού αερίου και γαιανθράκων και η ανάγκη της μόνιμης πρόσβασης σε πηγές τέτοιων καυσίμων έχει γεωπολιτικές επιπτώσεις, που δεν πρέπει να αγνοηθούν.

Ένας τρόπος εκμετάλλευσης της ενέργειας του Ήλιου είναι ο εξής: Η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει μέχρι τήξης ένα ανόργανο άλας. Αυτό με τη σειρά του θερμαίνει νερό μέχρι βρασμού και ο παραγόμενος ατμός περιστρέφει μια τουρμπίνα. Με άλλα λόγια πρόκειται για ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο. Τέτοια εργοστάσια χτίζονται διαρκώς τα τελευταία 20 χρόνια (Εικόνα 3.9).

Πολλά εργαστήρια Χημείας παγκοσμίως αναζητούν άλατα που να παραμένουν σταθερά και αδρανή σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 560 °C, προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοση τέτοιων εργοστασίων.

Περισσότερα για την Ενέργεια και τις ενεργειακές πολιτικές θα συζητήσουμε στη Β΄ Λυκείου.

Εικόνα 3.9: *Το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας Gemasolar Thermosolar Plant στη Σεβίλλη της Ισπανίας. Τα κάτοπτρα συγκεντρώνουν τη φωτεινή ενέργεια σε μια δεξαμενή αλάτων νιτρικών ιόντων στην κορυφή ενός πύργου.*

3.1.3. Ο Ομοιοπολικός Δεσμός

Στην προηγούμενη υποενότητα περιγράψαμε τον τρόπο δημιουργίας του ιοντικού δεσμού. Διαπιστώσαμε ότι πρόκειται για το αποτέλεσμα των ελκτικών δυνάμεων Coulomb ανάμεσα σε θετικά ιόντα (κατιόντα μετάλλων) και αρνητικά ιόντα (ανιόντα αμετάλλων). Στην παρούσα υποενότητα θα διαπιστώσουμε ότι οι δυνάμεις Coulomb παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και του δεύτερου είδους χημικού δεσμού, του ομοιοπολικού.

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τον τρόπο δημιουργίας του απλού, του διπλού και του τριπλού ομοιοπολικού δεσμού.
- *διατυπώνετε τον ορισμό* την έννοια της ηλεκτραρνητικότητας.
- *αναφέρετε* πώς μεταβάλλεται η ηλεκτραρνητικότητα σε μια ομάδα και σε μια περίοδο του Περιοδικού Πίνακα.
- *διακρίνετε* τον ομοιοπολικό δεσμό σε πολικό και μη πολικό με κριτήριο τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας των δύο ατόμων.
- *αναγνωρίζετε* τον δοτικό ομοιοπολικό δεσμό (δεσμό συναρμογής), ως ειδική περίπτωση του ομοιοπολικού δεσμού.
- *αναφέρετε* ορισμένες κοινές ιδιότητες που έχουν οι ομοιοπολικές ενώσεις.
- *προσδιορίζετε* τους ηλεκτρονιακούς, συντακτικούς και μοριακούς τύπους ορισμένων απλών ομοιοπολικών ενώσεων και ιόντων με δεδομένο τον ατομικό αριθμό των στοιχείων που σχηματίζουν τον δεσμό, όπως των Cl_2, O_2, N_2, HF, H_2O, CCl_4, CO_2, NH_3 και το NH_4^+.
- *αναφέρετε* διαφορές μεταξύ του ομοιοπολικού και του ιοντικού δεσμού.
- *συσχετίζετε* τις διαφορές μεταξύ του ομοιοπολικού και του ιοντικού δεσμού με τις αντίστοιχες ιδιότητες των ομοιοπολικών και των ιοντικών ενώσεων.

Όμως προτού ξεκινήσουμε να συζητάμε για τη Χημεία του ομοιοπολικού δεσμού, ας θυμηθούμε ένα παράδειγμα από τη φυσική.

Ακολουθώντας τον διπλανό υπερσύνδεσμο, «τρέξτε» την προσομοίωση για το αγόρι ή το κορίτσι με το πατίνι, που κινείται σε ένα πηγάδι (Εικόνα 3.10). *Θεωρήστε την περίπτωση να μην υπάρχουν τριβές. Ποια είναι τα δυο είδη ενέργειας που καθορίζουν την κίνησή του; Τι αλλαγές συμβαίνουν στην ενέργειά του, καθώς το πατίνι χάνει ύψος;*

.....

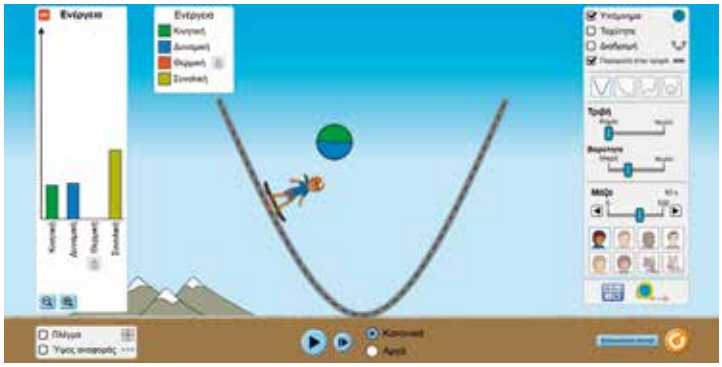
.....

.....

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Συζητήσαμε** *τους λόγους για τους οποίους τα άτομα σχηματίζουν χημικούς δεσμούς.*
- **Περιγράψαμε** *τον τρόπο δημιουργίας του ιοντικού δεσμού.*

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια



Εικόνα 3.10: *Αναπαράσταση της κίνησης ενός πατινιού με την προσομοίωση του PhET.*

Τι αλλαγές συμβαίνουν στην ενέργειά του, καθώς το πατίνι κερδίζει ύψος;

.....

.....

Τι θα πρέπει να συμβεί, ώστε ένα ακίνητο πατίνι, που βρίσκεται στο έδαφος, να φτάσει στην κορυφή;

.....

.....

Ο ομοιοπολικός δεσμός σχηματίζεται συνήθως μεταξύ αμετάλλων. Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόνια δεν μεταφέρονται από το ένα άτομο στο άλλο, αλλά διαμοιράζονται μεταξύ των ατόμων του δεσμού. Σύμφωνα με τη θεωρία του Lewis τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ζεύγη. Τα ζεύγη τοποθετούνται μεταξύ των ατόμων του δεσμού, υποδηλώνοντας με αυτό τον τρόπο ότι προσμετρώνται και στα δυο άτομα. Ανάλογα με τη προέλευση των διαμοιραζόμενων ηλεκτρονίων διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

α) Τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια **προέρχονται από την αμοιβαία συνεισφορά μονήρων (μοναχικών) ηλεκτρονίων σθένους**.

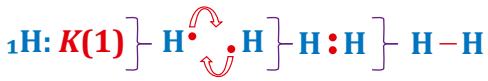
β) Τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια **προέρχονται από το ένα εκ των δυο ατόμων του δεσμού**.

Στην πρώτη περίπτωση ο δεσμός ονομάζεται ομοιοπολικός, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής (παλαιότερα καλούνταν δοτικός ομοιοπολικός δεσμός).

Περισσότερα για τη φύση του ομοιοπολικού δεσμού θα συζητήσουμε στη Χημεία της Γ΄ Λυκείου

3.1.3.1. Ο σχηματισμός κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων με αμοιβαία συνεισφορά

Ας ξεκινήσουμε με δυο παραδείγματα: πώς σχηματίζονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί στο διυδρογόνο και το διχλώριο (Εικόνα 3.11).



(α)

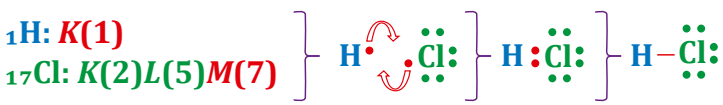
(β)

Εικόνα 3.11: Η αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων σθένους (α) στο H_2 και (β) στο Cl_2.

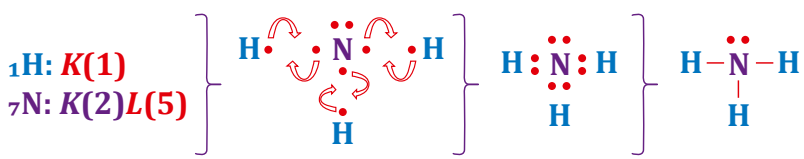
Τα **δυο προσφερόμενα μονήρη ηλεκτρόνια**, ένα από το κάθε άτομο, σχηματίζουν ζεύγος, το οποίο ανήκει σε αμφότερα τα άτομα. **Αυτό το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων αποτελεί τον ομοιοπολικό δεσμό και προσμετράται στις εξωτερικές στιβάδες και των δυο ατόμων**. Με άλλα λόγια κάθε άτομο υδρογόνου στην Εικόνα 3.11α συγκρατεί 2 ηλεκτρόνια, ενώ κάθε άτομο χλωρίου στην 3.11β συγκρατεί 8 στην εξωτερική του στιβάδα. Με τον τρόπο αυτό τα άτομα αποκτούν δομή ευγενούς αερίου.

Ο ομοιοπολικός δεσμός συνήθως αναπαρίσταται με μια παύλα. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 3.11β έχουμε έναν ομοιοπολικό δεσμό ανάμεσα σε δυο άτομα χλωρίου, Cl – Cl.

Με αντίστοιχο τρόπο μπορούν να σχηματιστούν ομοιοπολικοί δεσμοί και ανάμεσα σε άτομα διαφορετικών στοιχείων, αρκεί να έχουν μονήρη ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα. Στην Εικόνα 3.12 φαίνεται ο σχηματισμός των ομοιοπολικών δεσμών στο HCl και την NH_3.



(α)

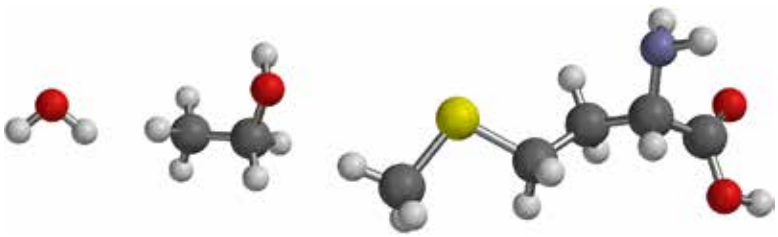


(β)

Εικόνα 3.12: Η αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων σθένους (α) στο HCl και (β) στην NH_3.

Ο διπλανός τύπος της NH_3 ονομάζεται ηλεκτρονιακός τύπος

Οι ομοιοπολικοί δεσμοί απαντούν σε μόρια και πολυατομικά ιόντα. Όλα αυτά συχνά παρουσιάζονται με προσομοιώματα, όπως αυτά της Εικόνας 3.13. Σε αυτά ακολουθείται συνήθως η εξής σύμβαση: Τα άτομα Η αναπαρίστανται ως λευκές ή γκρίζες σφαίρες, τα άτομα C ως μαύρες σφαίρες, τα άτομα Ο ως κόκκινες σφαίρες, τα άτομα Ν ως μπλε σφαίρες, τα άτομα Cl ως πράσινες σφαίρες και τα άτομα S ως κίτρινες σφαίρες. Αυτή τη σύμβαση θα ακολουθούμε και εμείς από εδώ και πέρα.



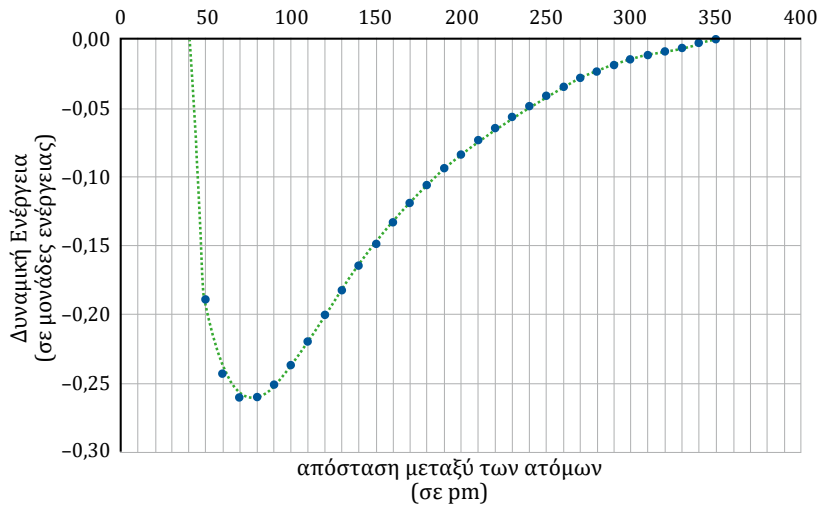
Εικόνα 3.13: *Αναπαραστάσεις διαφόρων μορίων.*
(α) Το νερό, (β) το οινόπνευμα και (γ) το αμινοξύ μεθειονίνη.

Εφαρμογή 3.2

Να περιγράψετε τον σχηματισμό των ομοιοπολικών δεσμών στο HF, το H_2O, το CH_4 και το CCl_4 με τρόπο ανάλογο αυτού των Εικόνων 3.11 και 3.12.

3.1.3.2. Ο σχηματισμός του δεσμού

Ας κάνουμε τώρα ένα νοητικό πείραμα: Ας θεωρήσουμε δυο άτομα υδρογόνου σε πολύ μεγάλη απόσταση μεταξύ τους π.χ. 350 pm, τα οποία βήμα-βήμα πλησιάζουν. Για καθένα βήμα, με το οποίο πλησιάζουν, μετράμε τη δυναμική τους ενέργεια. Στην Εικόνα 3.14 φαίνεται το γράφημα το οποίο λαμβάνεται.



Εικόνα 3.14: *Διάγραμμα δυναμικής ενέργειας συναρτήσει της απόστασης δυο ατόμων υδρογόνου.*

$1\ pm = 10^{-12}\ m$

Δείτε την προσομοίωση και απαντήστε στις ερωτήσεις με την ομάδα σας:

Ποιες διαφορετικές ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων υδρογόνου καθώς πλησιάζουν;

Υπόδειξη: Μπορεί να σας φανεί χρήσιμη η Εικόνα 3.15.

.....

.....

.....

.....

Τι συμβαίνει στην ενέργεια των δυο ατόμων καθώς πλησιάζουν (κινούνται από μεγάλες αποστάσεις σε μικρές);

.....

Τα δυο άτομα πλησιάζουν αυθόρμητα ή τους προσφέρεται ενέργεια;

.....

Για ποιον λόγο αυξάνεται η δυναμική ενέργεια των δυο ατόμων, όταν οι αποστάσεις γίνουν πολύ μικρές;

.....

.....

.....

Τοποθετήστε τώρα στο διάγραμμα της Εικόνας 3.14 τα γράμματα Α, Β, Γ και Δ, όπως αυτά αντιστοιχούν στις αναπαραστάσεις της Εικόνας 3.15. Συζητήστε στην ολομέλεια τις θέσεις που επιλέξατε να τα τοποθετήσετε.

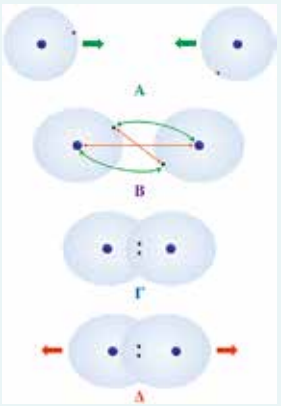
Από την ως άνω συζήτηση διαπιστώνουμε αυτό που συζητήσαμε ήδη στην παράγραφο 3.1.1, ότι δηλαδή τα συστήματα με την αλληλεπίδρασή τους που καταλήγει στον χημικό δεσμό, χαμηλώνουν την δυναμική τους ενέργεια και γίνονται περισσότερο (ενεργειακά) σταθερά. Με άλλα λόγια γίνονται περισσότερο χημικά αδρανή.

Τι θα πρέπει να συμβεί, ώστε ένα μόριο διυδρογόνου, που βρίσκεται στον πυθμένα του πηγαδιού που εικονίζεται στην Εικόνα 3.14, να διασπαστεί, δίνοντας πάλι δυο άτομα υδρογόνου;

.....

Να συγκρίνετε την απάντησή σας στην παραπάνω ερώτηση με την απάντηση που δώσατε σε αντίστοιχη ερώτηση για το πατίνι.

.....



Εικόνα 3.15: *Αναπαράσταση διαφόρων βημάτων κατά το πείραμα σκέψης που περιγράφεται στο κείμενο.*

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Δείτε τη σωστή απάντηση στον παρακάτω σύνδεσμο:

Συνοψίζοντας, με τον ομοιοπολικό δεσμό σταθεροποιείται ενεργειακά το σύστημα των δυο ατόμων υδρογόνου. Επομένως, προκειμένου να σπάσει ο ομοιοπολικός δεσμός, πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια.

Με βάση το διάγραμμα της Εικόνας 3.14 πόση ενέργεια πρέπει να προσφέρουμε στο H_2, ώστε να σπάσει ο ομοιοπολικός δεσμός; Να την εκφράσετε στις «μονάδες ενέργειας» του διαγράμματος.

.....

Η ενέργεια που πρέπει να δοθεί σε έναν δεσμό, ώστε να διασπαστεί, καλείται ενέργεια δεσμού.

Σε ποια περίπου απόσταση μεταξύ των ατόμων υδρογόνου παρατηρείται η ελαχιστοποίηση στην ενέργεια;

.....

Η απόσταση μεταξύ δυο ατόμων που αντιστοιχεί στην ελάχιστη δυναμική ενέργεια καλείται μήκος του (ομοιοπολικού) δεσμού.

Μερικά μήκη δεσμών φαίνονται στον Πίνακα 3.1. Στον πίνακα τα μήκη δεσμών (d) εκφράζονται σε μια μονάδα που καλείται Ångström (Å) προς τιμήν του σουηδού φυσικού Anders Jonas Ångström. Η αντιστοιχία της μονάδος αυτής στο S.I. είναι:

$$1\ \text{Å} = 10^{-10}\ \text{m} = 0{,}1\ \text{nm} = 100\ \text{pm} \qquad (3.1)$$

Όπως φαίνεται από τις τιμές για τα συνήθη μήκη δεσμών, όλα είναι κοντά στο 1 Å.

3.1.3.3. Ο διπλός και ο τριπλός δεσμός

Αν τα αμέταλλα που συμμετέχουν στον δεσμό έχουν περισσότερα του ενός μονήρη ηλεκτρόνια, τότε μπορεί να σχηματιστεί διπλός ή τριπλός ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ τους. Στην Εικόνα 3.16 φαίνονται δυο τέτοια παραδείγματα. Σε αυτά όλα τα άτομα έχουν, στην εξωτερική τους στιβάδα, δομή ευγενούς αερίου. Ο διπλός και ο τριπλός δεσμός επιφέρουν πολύ ενδιαφέρουσα Χημεία και θα αναφερθούμε περαιτέρω σε αυτούς στη Β΄ Λυκείου.

3.1.3.4. Η πόλωση του ομοιοπολικού δεσμού

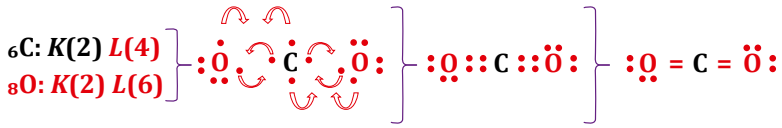
Τα ηλεκτρόνια, που ανήκουν σε κάθε άτομο, τα οποία δεν συμμετέχουν σε δεσμούς, ονομάζονται μη δεσμικά και εντοπίζονται εκτός του χώρου μεταξύ των πυρήνων των ατόμων τους. Αντίθετα, τα δεσμικά ηλεκτρόνια εντοπίζονται στην περιοχή μεταξύ των δυο ατόμων που συνδέουν. Υπό αυτό το πρίσμα θα εξετάσουμε δυο κατηγορίες μορίων.

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

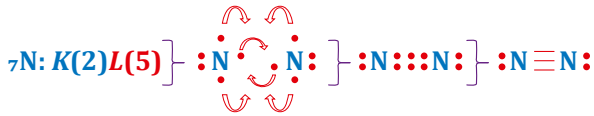
Μεγάλη ενέργεια δεσμού σημαίνει ισχυρός δεσμός.

Πίνακας 3.1: *Μήκη ομοιοπολικών δεσμών*

Δεσμός	d (Å)
H-H	0,74
H-C	1,10
H-N	0,98
H-O	0,94
H-F	0,92
C-C	1,54
C-N	1,47
C-F	1,41



(α)



(β)

Εικόνα 3.16: (α) Ο τρόπος δημιουργίας των δυο διπλών δεσμών στο CO_2 και (β) ο τρόπος δημιουργίας του τριπλού δεσμού στο N_2.

Στην πρώτη, την απλούστερη από τις δυο κατηγορίες, ανήκουν τα διατομικά μόρια των στοιχείων, όπως το F_2, το O_2, το N_2 κ.ά. Ας εξετάσουμε, για παράδειγμα, τα μόρια H_2 και Cl_2, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 3.11. Το κοινό ζεύγος των ηλεκτρονίων έλκεται ισοδύναμα από τους δυο πυρήνες, αφού αυτοί ανήκουν στο ίδιο χημικό στοιχείο και έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων. Άρα, είναι λογικό να περιμένει κανείς ότι το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων εντοπίζεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των δυο πυρήνων (Εικόνα 3.17). **Επομένως, ο ομοιοπολικός δεσμός, στον οποίο τα ηλεκτρόνια, που τον αποτελούν, κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από τα δυο άτομα, ονομάζεται μη πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός. Κατ' επέκταση, όλα τα διατομικά μόρια των στοιχείων λέμε ότι είναι μη πολικά ή άπολα μόρια**.

Εικόνα 3.17: Το παιχνίδι της διελκυστίνδας. Δυο ισοδύναμες ομάδες προσπαθούν να τραβήξουν το μαντήλι προς την μεριά τους. Καμιά δεν τα καταφέρνει. Το μαντήλι εντοπίζεται στο μέσο της μεταξύ τους απόστασης.

Όμως αυτό δεν συμβαίνει στην περίπτωση του HCl (Εικόνα 3.12α), όπως και σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση στην οποία αναπτύσσεται ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ δυο ατόμων που δεν ανήκουν στο ίδιο χημικό στοιχείο. Στο HCl το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων έλκεται ταυτόχρονα (α) από τον πυρήνα

του υδρογόνου, που διαθέτει 1 πρωτόνιο και (β) από τον πυρήνα του χλωρίου, που διαθέτει 17 πρωτόνια. Σε αυτή την ιδιότυπη ηλεκτρονική διελκυστίνδα το χλώριο είναι ο αδιαμφισβήτητος νικητής. Αν και δεν καταφέρνει να κερδίσει το κοινό ζεύγος των ηλεκτρονίων πλήρως, τα δυο ηλεκτρόνια, υπό την ισχυρότερη έλξη που τους ασκεί ο πυρήνας του χλωρίου, βρίσκονται πιο κοντά του (Εικόνες 3.18α και β), δηλαδή υπάρχει άνισος διαμοιρασμός του κοινού ζεύγους των ηλεκτρονίων. Μιας που το κοινό ζεύγος έχει μετατοπιστεί προς το χλώριο, το χλώριο εμφανίζει μικρή περίσσεια αρνητικού φορτίου. Αντίστοιχα, το άτομο του υδρογόνου εμφανίζει μικρό έλλειμμα αρνητικού φορτίου. **Αυτό το φορτίο καλείται μερικό φορτίο και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα *δ*, το οποίο ακολουθείται από πρόσημο (+) ή (–). Ένας τέτοιος ομοιοπολικός δεσμός, στον οποίο έχουν δημιουργηθεί ένα θετικό (*δ*+) και ένα αρνητικό (*δ*–) άκρο, καλείται πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός**.

Αν το χλώριο κατάφερνε να κερδίσει το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων, τότε ο δεσμός στο HCl θα ήταν ιοντικός!

Η λέξη πολωμένος σημαίνει ότι έχουν δημιουργηθεί δυο πόλοι, ένας θετικός, το υδρογόνο, και ένας αρνητικός, το χλώριο.

(α) (β) (γ)

Εικόνα 3.18: *(α) Η μαθήτρια «Υδρογόνο» και ο μαθητής «Χλώριο» αποφάσισαν να μοιράζονται την κασετίνα τους. (β) Ο μαθητής «Χλώριο» θεωρεί ότι πρέπει η κασετίνα να είναι πιο κοντά σε αυτόν. (γ) Τα ηλεκτρόνια του κοινού ζεύγους δεν κατανέμονται εξίσου. Αυτό προκαλεί την ανάπτυξη των μερικών φορτίων στα δυο άτομα.*

Η κατάσταση που διαμορφώνεται, περιγράφεται από τον τύπο 3.2 και την Εικόνα 3.18γ.

$$H^{\delta+} - Cl^{\delta-} \qquad (3.2)$$

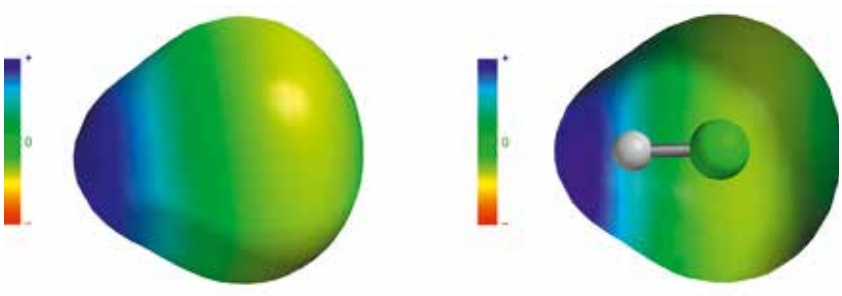
Μιας που το μόριο του HCl δεν είναι φορτισμένο, έπεται ότι το άθροισμα των μερικών φορτίων θα πρέπει να δίνει 0.

3.1.3.5. Οι χάρτες του ηλεκτροστατικού δυναμικού (χάρτες EPM)

Ο πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός μπορεί να αναδειχθεί μέσω των χαρτών ηλεκτροστατικού δυναμικού των μορίων. Δύο τέτοια παραδείγματα απεικονίζονται στις εικόνες 3.19 και 3.20. Σε αυτά ο χώρος γύρω από τα μόρια έχει χρωματιστεί με βάση τα μερικά φορτία των ατόμων των μορίων. Αυτό που πρέπει να θυμόμαστε σε αυτούς τους χάρτες είναι ότι όσο πιο κόκκινη είναι μια περιοχή τόσο μεγαλύτερο το *δ*– στο παρακείμενο άτομο και όσο πιο μπλε είναι μια περιοχή τόσο μεγαλύτερο, αντίστοιχα, το *δ*+.

Αυτοί οι χάρτες, που καλούνται και χάρτες EPM (Electrostatic Potential Maps), μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμοι στο να αποκαλύψουν τη Χημεία μιας ένωσης, αφού οι περιοχές με αρνητικό μερικό φορτίο θα έλκονται από

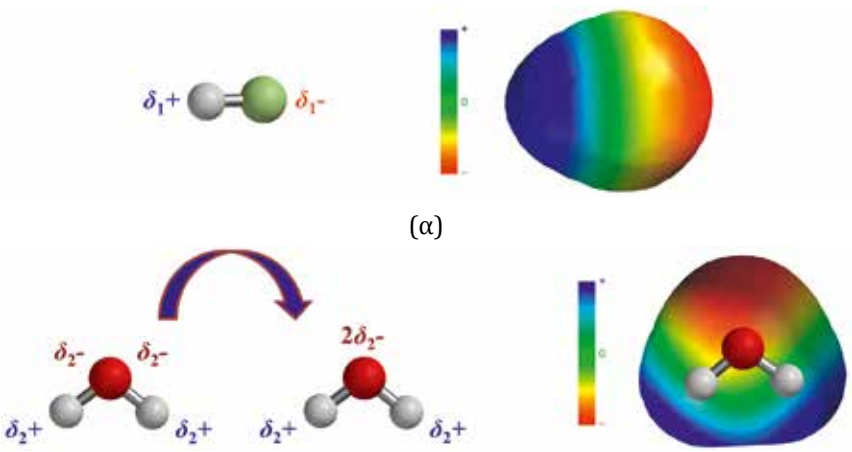
αντιδραστήρια με περιοχές θετικού φορτίου και αντιστρόφως. Όμως στην Α΄ Λυκείου δεν θα συζητήσουμε αυτά τα χαρακτηριστικά των χαρτών ΕΡΜ.



(α) (β)

Εικόνα 3.19: *(α) Χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού για το HCl. Διακρίνονται τα δυο κέντρα θετικού και αρνητικού φορτίου, οι δυο πόλοι. Τα χρώματα εξηγούνται και στο υπόμνημα. (β) Κοίλος χάρτης ΕΡΜ στον οποίο φαίνεται και η θέση του μορίου HCl στο κέντρο.*

Δυο ακόμα παραδείγματα τέτοιων χαρτών απεικονίζονται στην Εικόνα 3.20.



(α)

(β)

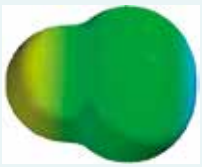
Εικόνα 3.20: *(α) Τα μερικά φορτία δ_1+ και δ_1- στο H-F και χάρτης ΕΡΜ. Το F έλκει τα ηλεκτρόνια του κοινού ζεύγους ισχυρότερα από το Η. (β) Τα μερικά φορτία στο νερό και κοίλος χάρτης ΕΡΜ. Το H_2O διαθέτει δυο όμοια πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς $O^{\delta_2-} - H^{\delta_2+}$. Επομένως, το συνολικό μερικό φορτίο στο Ο είναι 2 δ_2-. Παρατηρήστε ότι τα μερικά φορτία στα δυο παραδείγματα δεν είναι ίσα.*

Εφαρμογή 3.3

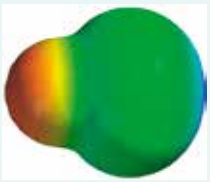
Στην Εικόνα 3.12β περιγράφεται ο σχηματισμός των ομοιοπολικών δεσμών στην NH_3. Με δεδομένο ότι αυτοί είναι πολωμένοι, να δείξετε την πολικότητά τους, τοποθετώντας μερικά φορτία στα εμπλεκόμενα άτομα.

Δραστηριότητα στους χάρτες ΕΡΜ

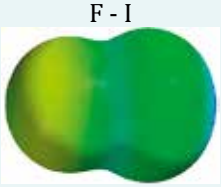
Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται οι χάρτες ΕΡΜ για τις ομοιοπολικές ενώσεις F-Cl, F-I και Cl-I.
Με βάση αυτούς τους χάρτες και το χρωματικό υπόμνημα της Εικόνας 3.19 συζητήστε στην ομάδα σας και επιλέξτε ποιο εκ των δυο ατόμων σε κάθε ένωση φέρει το αρνητικό μερικό φορτίο και ποιο το θετικό.



F - Cl



F - I



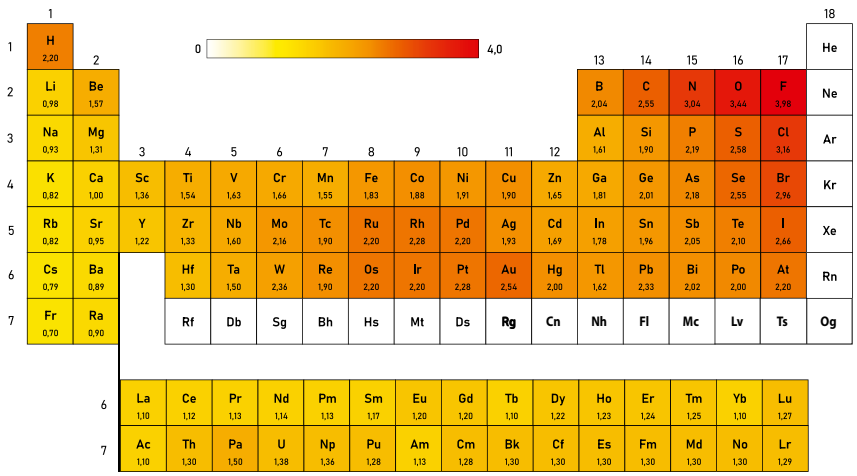
Cl - I

3.1.3.6. Η ηλεκτραρνητικότητα

Όπως είδαμε, στα μόρια HCl, HF και H_2O ήταν εύκολο να αποφασίσουμε ποια άτομα θα φέρουν το θετικό και ποια το αρνητικό μερικό φορτίο. Όμως, συνήθως, δεν είναι τόσο προφανές. Για τον σκοπό αυτό διαμορφώθηκε ένα κριτήριο που ονομάζεται **ηλεκτραρνητικότητα** (***EN***) (Εικόνα 3.21).

Η ηλεκτραρνητικότητα ενός στοιχείου μπορεί να οριστεί ως η τάση των ατόμων του στοιχείου αυτού να έλκουν ηλεκτρόνια. Επομένως, άτομα στοιχείων με *μεγάλη τιμή* ηλεκτραρνητικότητας έλκουν το δεσμικό ζεύγος ηλεκτρονίων του ομοιοπολικού δεσμού προς το μέρος τους, ισχυρότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αποκτούν *αρνητικό μερικό φορτίο* και ο δεσμός να μετατρέπεται σε πολωμένο ομοιοπολικό. Επίσης, στην περίπτωση σχηματισμού ιοντικής ένωσης, αυτά τα άτομα αναμένεται να μετατρέπονται σε *ανιόντα*. Αντίστοιχα, άτομα στοιχείων με μικρή τιμή ηλεκτραρνητικότητας σε σύγκριση με εκείνα με τα οποία συνδέονται, αναμένεται να αποκτούν μερικό φορτίο *δ+* στις ομοιοπολικές ενώσεις ή να μετατρέπονται σε κατιόντα στις ιοντικές.

Στην Εικόνα 3.22 φαίνονται οι τιμές της ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων του Περιοδικού Πίνακα.



Εικόνα 3.22: *Τιμές ηλεκτραρνητικότητας κατά Pauling των στοιχείων του Περιοδικού Πίνακα.*

Από το γράφημα είναι προφανές ότι τα αμέταλλα πάνω και δεξιά στον Περιοδικό Πίνακα έχουν υψηλές τιμές *EN*, ενώ τα μέταλλα κάτω και αριστερά έχουν μικρές τιμές *EN*. Επιπλέον το F είναι το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο στη φύση ακολουθούμενο από το O και το N.

Συνοπτικά:

α) Όταν δυο στοιχεία έχουν μεγάλη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας, τότε αναμένεται, όταν αλληλεπιδρούν, να σχηματίζουν ιοντικό δεσμό (μέταλλο με αμέταλλο).

β) Όταν δυο αμέταλλα έχουν μικρή διαφορά ηλεκτραρνητικότητας, τότε αναμένεται, όταν αλληλεπιδρούν, να σχηματίζουν ομοιοπολικό δεσμό.

Εικόνα 3.21: *Η ηλεκτραρνητικότητα εισήχθη το 1932 από τον Linus Pauling. Ο συγγραφέας του εμβληματικού «The Nature of the Chemical Bond» τιμήθηκε με το βραβείο Nobel Χημείας το 1954. Αργότερα, το 1962, για τις δράσεις του για τον αφοπλισμό και την παγκόσμια ειρήνη τιμήθηκε και με το Nobel Ειρήνης. Από τους ελάχιστους που έχουν καταφέρει να τιμηθούν με δυο βραβεία Nobel.*
Πηγή: CalTech.

Δείτε και τον αντίστοιχο Πίνακα του PubChem:

Τέλος, η γενική τάση που προκύπτει από την παρατήρηση της Εικόνας 3.22 είναι ότι η *EN* (α) εντός μιας περιόδου του Περιοδικού Πίνακα αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και (β) εντός μιας Ομάδας αυξάνεται από κάτω προς τα πάνω!

Εφαρμογή 3.4

Χρησιμοποιώντας τις τιμές της *EN* της Εικόνας 3.22:

α) να υπολογίσετε τις διαφορές ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων που εμπλέκονται στους ιοντικούς δεσμούς NaCl και KF και στους ομοιοπολικούς HF και BrF.

β) να βρείτε την πολικότητα των ομοιοπολικών δεσμών στα μόρια HBr, BrF, H_2S και PH_3, δηλαδή να δείξετε ποια άτομα θα έχουν το θετικό μερικό φορτίο και ποια άτομα θα έχουν το αρνητικό μερικό φορτίο.

Εφαρμογή 3.5

Χρησιμοποιώντας τη γενική τάση που αναφέρθηκε ανωτέρω, να επιλέξετε ποιο από τα ακόλουθα στοιχεία σε κάθε ζεύγος έχει τη μεγαλύτερη τιμή ηλεκτραρνητικότητας.

α) $_{8}O$ και $_{16}S$.

β) $_{11}Na$ και $_{13}Al$.

γ) $_{5}B$ και $_{9}F$.

Υπόδειξη: Ξεκινήστε αναπτύσσοντας την ηλεκτρονιακή δομή και προσδιορίζοντας τη θέση στον Περιοδικό Πίνακα για το κάθε στοιχείο. Ακολούθως εφαρμόστε τον κανόνα.

3.1.3.7. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στην ηλεκτραρνητικότητα

Η παρούσα δραστηριότητα εμβάθυνσης μπορεί να μετατραπεί σε «άσκηση για το σπίτι», αν κριθεί ότι δεν υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος διδασκαλίας!!!

Στην προηγούμενη παράγραφο ορίσαμε την ηλεκτραρνητικότητα ως την τάση των ατόμων των στοιχείων να έλκουν ηλεκτρόνια. Επιπλέον περιγράψαμε έναν γενικό κανόνα σχετικό με το πώς μεταβάλλονται οι τιμές της σε μια Ομάδα και μια Περίοδο του Περιοδικού Πίνακα.

Με βάση όσα έχουμε περιγράψει για τη δομή των ατόμων, τον ιοντικό και τον σχηματισμό του ομοιοπολικού δεσμού, ποια δυο φυσικά μεγέθη αναμένετε να παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση της τιμής της ηλεκτραρνητικότητας;

.....

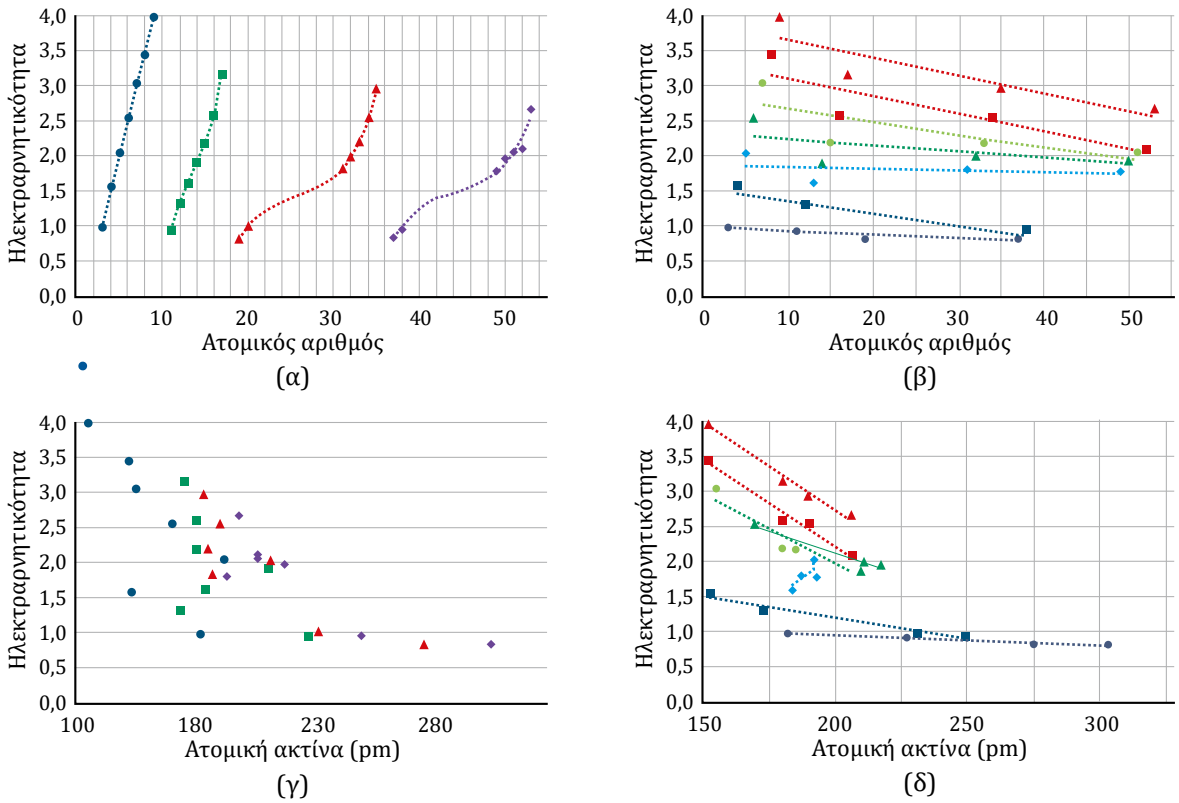
.....

Στην Εικόνα 3.23 βλέπετε 4 διαγράμματα. Στο 3.23α η ηλεκτραρνητικότητα των στοιχείων των 4 πρώτων περιόδων του Περιοδικού Πίνακα συσχετίζεται με τον ατομικό τους αριθμό, ενώ στο 3.23γ συσχετίζεται με την ατομική τους

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

ακτίνα (σε pm). Παράλληλα, στο 3.23β η ΕΝ συσχετίζεται με τον ατομικό αριθμό και στο 3.23δ με την ατομική ακτίνα, για καθεμία από τις 7 κύριες ομάδες του Περιοδικού Πίνακα (1η, 2η, 13η, 14η, 15η, 16η και 17η).

Αφού τα μελετήσετε στην ομάδα σας, να συζητήσετε και να αιτιολογήσετε πιθανά μοτίβα που αναγνωρίζετε.



Εικόνα 3.23: *Συσχέτιση της ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων με: (α) τον ατομικό τους αριθμό για τις 4 πρώτες Περιόδους του Περιοδικού Πίνακα (1η, 2η, 3η και 4η), (β) τον ατομικό αριθμό για τις 7 κύριες ομάδες του Περιοδικού Πίνακα (1η, 2η, 13η, 14η, 15η, 16η και 17η), (γ) την ατομική ακτίνα για τα στοιχεία των 4 πρώτων Περιόδων Πίνακα και (δ) την ατομική ακτίνα για τα στοιχεία των 7 κύριων Ομάδων. Τα στοιχεία μετάπτωσης που μεσολαβούν έχουν παραλειφθεί για εποπτικούς λόγους.*

.....

.....

.....

.....

.....

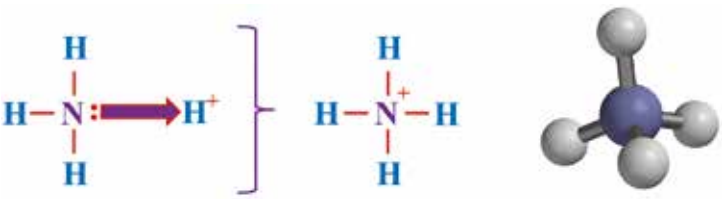
.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

3.1.3.8. Ο ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής (ο δοτικός ομοιοπολικός δεσμός)

Κάποιες φορές το άτομο ενός μορίου, που διαθέτει ένα μη δεσμικό ζεύγος ηλεκτρονίων στην εξωτερική του στιβάδα, το εκχωρεί σε κάποιο ιόν ή κάποιο άλλο μόριο, φτιάχνοντας έτσι έναν νέο ομοιοπολικό δεσμό. Αυτός ο δεσμός λέγεται **ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής**. Παλαιότερα καλούνταν **δοτικός ομοιοπολικός δεσμός**.

Το μοναδικό παράδειγμα που θα μας απασχολήσει στην Α΄ Λυκείου είναι ο σχηματισμός του ιόντος αμμωνίου (NH_4^+). Ο τρόπος που σχηματίζεται, το ιόν αμμωνίου αλλά και η τελική του δομή παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.24.



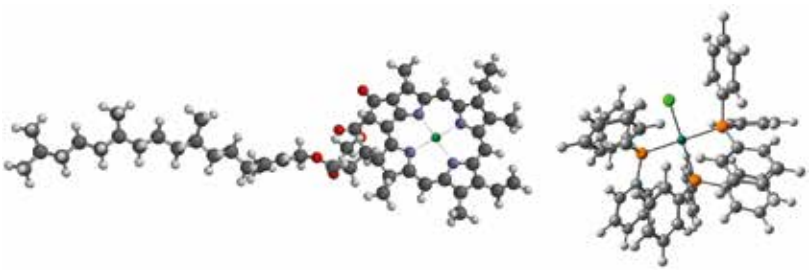
(α) (β)

Εικόνα 3.24: (α) Δημιουργία και (β) τελική δομή του ιόντος αμμωνίου.

Αυτό που είναι σημαντικό να ειπωθεί είναι ότι στο τελικό ιόν δεν υπάρχει τρόπος να βρεθεί ποιος εκ των δεσμών προέκυψε από την εκχώρηση του ζεύγους ηλεκτρονίων αποκλειστικά από το άζωτο. Με άλλα λόγια το αμμώνιο διαθέτει 4 ομοιοπολικούς δεσμούς N-H και όχι 3 ομοιοπολικούς και 1 ομοιοπολικό συναρμογής.

Με το βλέμμα στον κόσμο: Οι δεσμοί συναρμογής

Οι δεσμοί συναρμογής είναι ιδιαιτέρως σημαντικοί στην περίπτωση μορίων που συνδέονται με μεταλλικά ιόντα. Στην Εικόνα 3.25 απεικονίζονται δυο τέτοια παραδείγματα.



(α) (β)

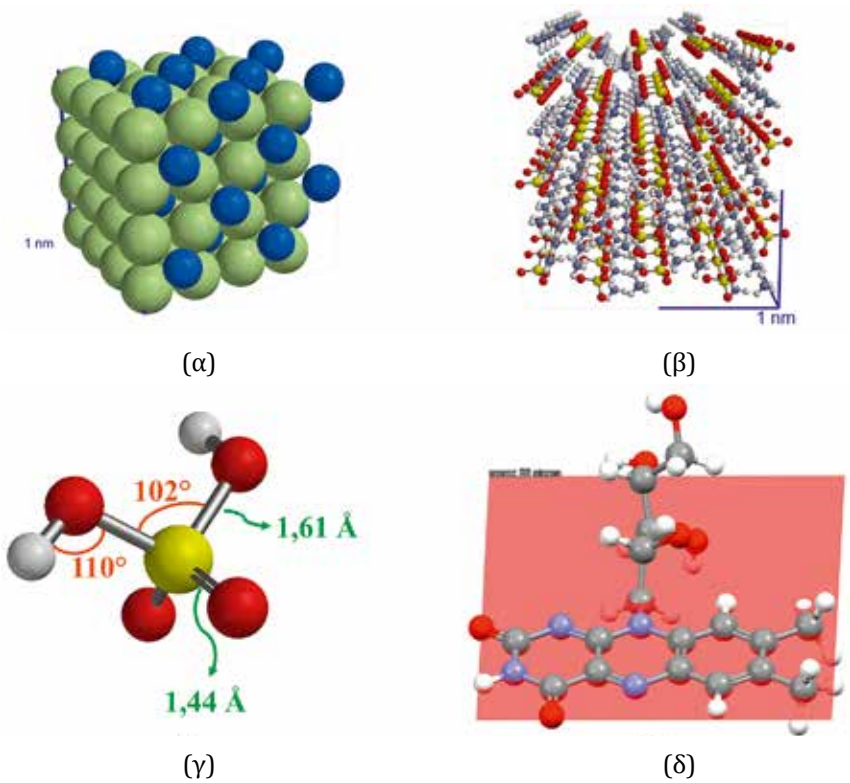
Εικόνα 3.25: *(α) Η χλωροφύλλη, στην οποία οφείλεται το πράσινο χρώμα των φυτών, είναι μια ένωση με 4 δεσμούς συναρμογής N – Mg^{2+}. (β) Ο καταλύτης του Wilkinson, ένας από τους πιο σημαντικούς, βιομηχανικά, καταλύτες. Περιλαμβάνει δεσμούς συναρμογής P – Rh^+ και Cl – Rh^+.*

3.1.3.9. Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των ομοιοπολικών ενώσεων

Στις προηγούμενες ενότητες συζητήσαμε για δυο από τα τρία κύρια είδη χημικών δεσμών (το τρίτο είδος που αφορά τα μέταλλα και την ανάπτυξη του μεταλλικού δεσμού θα συζητηθεί στην ενότητα 3.1.4). Διαπιστώσαμε ότι οι ιοντικές ενώσεις αναπτύσσονται μέσω ισχυρών δυνάμεων Coulomb μεταξύ κατιόντων και ανιόντων. Αντίθετα οι ομοιοπολικές ενώσεις σταθεροποιούνται ενεργειακά μέσω του σχηματισμού ενός ζεύγους ηλεκτρονίων. Αυτοί οι δυο τρόποι σύνδεσης ατόμων και ιόντων επάγουν και διαφορές στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των ιοντικών και των ομοιοπολικών ενώσεων, ως υλικών.

Η κατηγοριοποίηση αυτών των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων, για τις ομοιοπολικές ενώσεις, δεν είναι απλή υπόθεση. Όμως, μπορούμε να ξεχωρίσουμε κάποια από αυτά/ές:

α) Είδαμε ότι **οι ιοντικές ενώσεις αναπτύσσονται σε πλέγματα ιόντων, σχηματίζοντας κρυστάλλους**. Επομένως στις συνήθεις συνθήκες είναι συνήθως στη στερεά κατάσταση, λόγω των ισχυρών δυνάμεων Coulomb που συγκρατούν τον κρύσταλλο. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των δυνάμεων είναι ότι εκτείνονται προς όλες τις κατευθύνσεις, σφαιρικά στον χώρο, και είναι ανάλογες του παράγοντα $1 / r^2$ (Εικόνες 3.26α και 3.26β). Αντίθετα, οι ομοιοπολικές είναι μόρια. **Κάθε μόριο αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό και είδος ατόμων και επιπλέον έχει καθορισμένη γεωμετρία** (Εικόνες 3.26γ και 3.26δ).



(α) (β)

(γ) (δ)

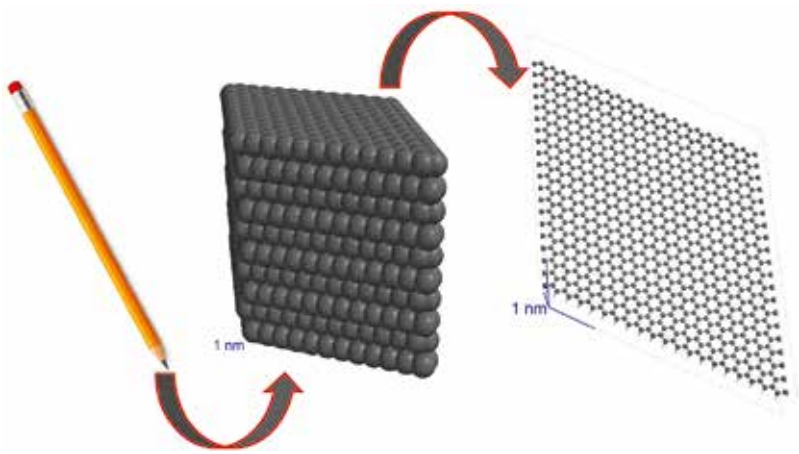
Εικόνα 3.26: *(α) Το κρυσταλλικό πλέγμα της ένωσης CaF_2. (β) Το κρυσταλλικό πλέγμα της ένωσης $(NH_4)_2SO_4$. Αν και τα δυο ιόντα έχουν σχηματιστεί μέσω ομοιοπολικών δεσμών, η συνολική ένωση είναι ιοντική. (γ) Το μόριο του οξέος H_2SO_4. Όπως και να κινηθεί το μόριο, τα μήκη των δεσμών και τα μεγέθη των γωνιών δεν αλλάζουν. (δ) Το μόριο της ριβοφλαβίνης, δηλαδή της βιταμίνης B_2. Τουλάχιστον 22 άτομα βρίσκονται κάθε στιγμή στο ίδιο επίπεδο.*

β) Αντίθετα με τις ιοντικές ενώσεις, που είναι συνήθως στερεά με μεγάλα σημεία τήξεως, **οι ομοιοπολικές ενώσεις στις συνήθεις συνθήκες μπορεί να είναι αέριες, υγρές ή στερεές**. Τον λόγο για αυτό θα τον συζητήσουμε στην επόμενη ενότητα.

γ) **Οι ομοιοπολικές ενώσεις, σε στερεή κατάσταση, είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και το ίδιο συμβαίνει συνήθως και για τα υδατικά τους διαλύματα**. Όμως, υπάρχουν παραδείγματα ομοιοπολικών υλικών που είναι αγώγιμες, όπως ο γραφίτης και το γραφένιο (Εικόνες 3.27 και 3.28) και πολλές περιπτώσεις ενώσεων με αγώγιμα διαλύματα, όπως είναι το υδροχλωρικό οξύ (δείτε την ενότητα 5.2).

δ) Σε αντίθεση με τις ιοντικές ενώσεις, οι οποίες συνήθως είναι ευδιάλυτες στο νερό, **οι ομοιοπολικές διαλύονται συνήθως σε οργανικούς διαλύτες**. Βεβαίως υπάρχουν πολλές ενώσεις, όπως η ζάχαρη, που διαλύονται στο νερό.

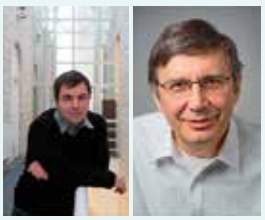
Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι σε αντίθεση με τις ιοντικές ενώσεις, οι ομοιοπολικές δεν έχουν ενιαίες ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Η αιτία για αυτή τους την ανομοιογένεια είναι η ίδια τους η φύση. Ήδη διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν μη πολωμένοι και πολωμένοι ομοιοπολικοί δεσμοί. Αυτή η διαφοροποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες των ομοιοπολικών ενώσεων, ως υλικών. Αυτό ακριβώς θα συζητήσουμε στην επόμενη ενότητα!



(α) (β)

Εικόνα 3.27: *(α) Ο γραφίτης είναι ένα από τα δυο κύρια συστατικά του κοινού μολυβιού. Πρόκειται για την κύρια αλλοτροπική μορφή του άνθρακα που απαντά στη φύση. Αποτελείται από «στρώσεις» ατόμων C σε εξαγωνική διάταξη. (β) Το γραφένιο. Η μια από τις «στρώσεις» του γραφίτη. Το γραφένιο, λόγω των ηλεκτρικών του ιδιοτήτων, αποτελεί σημαντικό υλικό για τη βιομηχανία των ηλεκτρονικών συσκευών.*

Δείτε πώς έγινε η απομόνωση του γραφενίου στο βίντεο:

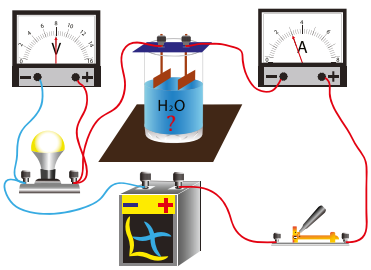
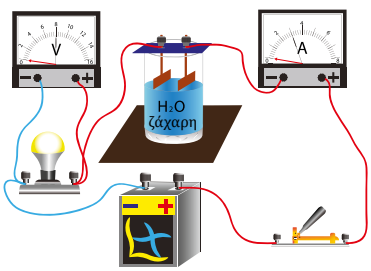


Εικόνα 3.28: Οι Konstantin Novoselov και Andre Geim που βραβεύτηκαν με το Nobel Φυσικής του 2010. Κατάφεραν να απομονώσουν το γραφένιο από τον γραφίτη «ξεφλουδίζοντας» τις «στρώσεις» του με μια κολλητική ταινία! Πηγή: University of Manchester

3.1.3.10. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στα χαρακτηριστικά των ιοντικών και των ομοιοπολικών ενώσεων

Στις εικόνες της αριστερής στήλης του Πίνακα 3.2 απεικονίζονται κάποιες ιδιότητες και εφαρμογές ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων. Να τις αντιστοιχίσετε με τις ενώσεις στη δεξιά στήλη.

Πίνακας 3.2: *Χαρακτηριστικά και ιδιότητες κάποιων ενώσεων*

Ιδιότητες και Εφαρμογές	Ενώσεις
	Υδατικό διάλυμα ομοιοπολικής ένωσης
	Αυτό το υγρό είναι μείγμα ομοιοπολικών ενώσεων.
	H_2
	Αυτό το υγρό είναι μια ιοντική ένωση.
	Υδατικό διάλυμα KI

Αν έχετε ολοκληρώσει το διάβασμά σας, ελέγξτε τις γνώσεις σας απαντώντας στο τεστάκι!

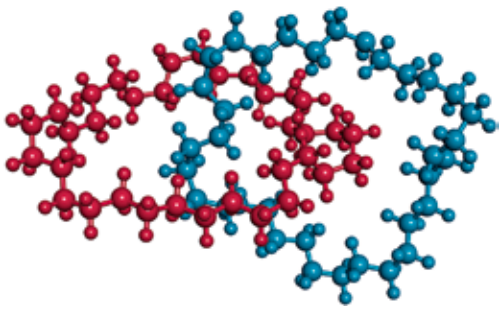
Τεστ Αυτοαξιολόγησης 2

Με το βλέμμα στον κόσμο: Δένοντας τα μόρια κόμπο!!!

Το 1860 ο Marcellin Berthelot, διάσημος Γάλλος χημικός και πολιτικός, έγραψε ότι η Χημεία έχει ξεχωριστή θέση ανάμεσα στις Φυσικές και Ιστορικές Επιστήμες, διότι ομοιάζει προς την τέχνη όσον αφορά τη δυνατότητά της να δημιουργεί νέα μόρια. Και απ' ό,τι φαίνεται οι δυνατότητες της Χημείας στο να παράγει νέα μόρια ή νέα υλικά, που με τη σειρά τους να επιδεικνύουν καινούργιες ιδιότητες, απέχει πολύ από το να έχει εξαντληθεί.

Στα μαθηματικά υπάρχει ένας τομέας που ονομάζεται τοπολογία και μελετά τη γεωμετρία διαφόρων δομών σε τρεις διαστάσεις. Στον τομέα αυτό ανήκει η θεωρία των κόμπων. Ένας μαθηματικός κόμπος είναι ένας συνηθισμένος κόμπος, όπως αυτός με τον οποίο συγκρατούνται τα κορδόνια ενός παπουτσιού, με τη διαφορά ότι τα άκρα των κορδονιών έχουν ενωθεί μεταξύ τους. Μερικά παραδείγματα φαίνονται στην Εικόνα 3.29. Ο μαθηματικός φυσικός Peter Guthrie Tait μελετώντας μαθηματικούς κόμπους έφτιαξε το 1885 έναν πρώτο «περιοδικό πίνακα» μοναδικών τέτοιων κόμπων. Τέτοιες διατάξεις απαντούν πολύ συχνά στη φύση, στην τέχνη αλλά και σε ιστορικά σύμβολα. Στη βιοχημεία απαντούν σε βιομόρια. Κάποια σχετικά παραδείγματα θα έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε στη συνθετική εργασία Ο3.6.

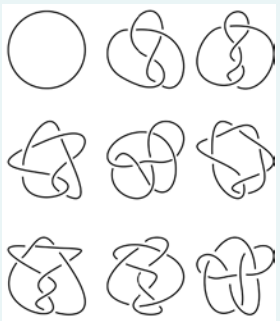
Το 1985 ο Jean-Pierre Sauvage του Université de Strasbourg ανακοίνωσε τη σύνθεση του πρώτου συνθετικού μορίου, το οποίο αποτελείται από δυο δακτυλίους διασυνδεδεμένους μεταξύ τους. Η ένωση αυτή καλείται *κατενάνιο* και απεικονίζεται στην Εικόνα 3.30. Ο δεσμός με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι οι δυο δακτύλιοι καλείται μηχανικός δεσμός. Από τότε έχουν συντεθεί και άλλα τέτοια μόρια, τα οποία αναμένεται να έχουν σπουδαίες ιδιότητες και εφαρμογές (δείτε και την Εικόνα 3.61γ).



Εικόνα 3.30: *Η δομή του [2] κατενάνιου. Δυο «κυκλικά» μόρια με μοριακό τύπο $C_{34}H_{68}$ συνδεδεμένα με μηχανικό δεσμό.*

Αν συσχετίσουμε τώρα τη Χημεία του μηχανικού δεσμού με τον «περιοδικό πίνακα» των κόμπων και τα πολλά παραδείγματα από τη φύση και την τέχνη, εύκολα διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν εκατομμύρια τέτοια μόρια και υλικά που μένει να συντεθούν και να μελετηθούν, ώστε να αποκαλυφθούν οι ιδιότητές τους!

Ο Jean-Pierre Sauvage (Εικόνα 3.31α) μαζί με τους Fraser Stoddart (Εικόνα 3.62) και Ben Feringa (Rijksuniversiteit Groningen, Εικόνα 3.31β) μοιράστηκαν το Nobel Χημείας του 2016 για τη συμβολή τους στην κατασκευή των πρώτων *μοριακών μηχανών* (συνθετική εργασία Ο3.6).



Εικόνα 3.29: *Μερικοί βασικοί μαθηματικοί κόμποι.*

(α)

(β)

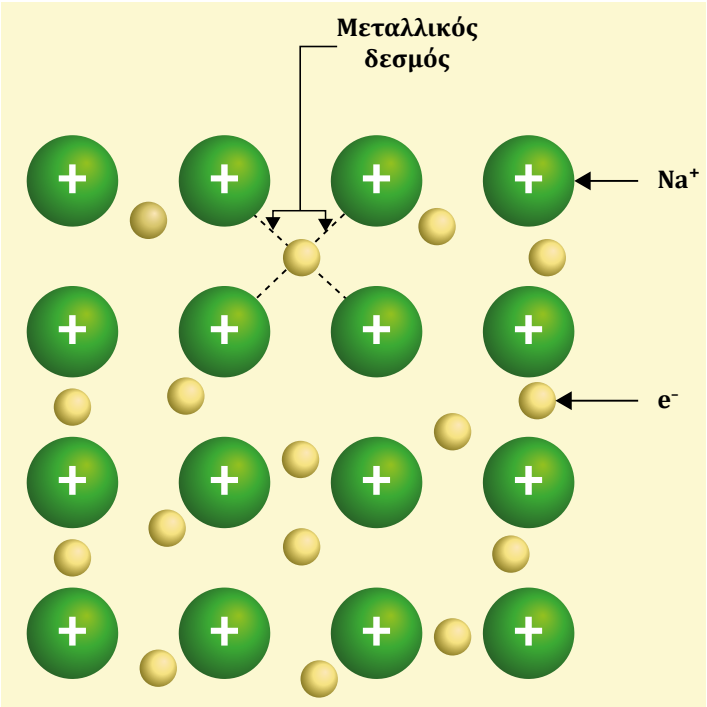
Εικόνα 3.31: *(α) Ο Jean-Pierre Sauvage και (β) Ο Ben Feringa. Πηγές: Université de Strasbourg και Rijksuniversiteit Groningen.*

3.1.4. Ενότητα εμβάθυνσης: Ο μεταλλικός δεσμός

Όπως διαπιστώσαμε στη δεύτερη ενότητα, αυτή του Περιοδικού Πίνακα, τα περισσότερα στοιχεία στη φύση είναι μέταλλα. Ο μεταλλικός δεσμός αποτελεί ένα ξεχωριστό είδος δεσμού. Θα προσπαθήσουμε να τον περιγράψουμε, χρησιμοποιώντας την απλούστερη θεωρία που έχει διατυπωθεί, τη θεωρία των ελεύθερων ηλεκτρονίων του Paul K. L. Drude (1900).

Ένα κοινό χαρακτηριστικό, το οποίο μοιράζονται όλα σχεδόν τα μέταλλα, είναι ότι δεν συγκρατούν ισχυρά τα ηλεκτρόνια της στιβάδος σθένους τους. Αυτός είναι ο λόγος που, ενώ τα διατομικά αμέταλλα, όπως το Cl_2 και το Br_2, είναι γνωστά, δεν υπάρχουν αντίστοιχα μόρια μετάλλων στη φύση. Σύμφωνα με τη θεωρία του Drude σε ένα μεταλλικό στερεό, όπως π.χ. το Na(s), συμβαίνει το εξής: Τα άτομα του νατρίου που το απαρτίζουν έχουν όλα χάσει το ηλεκτρόνιο της εξωτερικής τους στιβάδας και έχουν μετατραπεί σε ιόντα Na^+. Τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στιβάδων παραμένουν εντός του στερεού, κινούνται ελεύθερα στον χώρο και διαμορφώνουν με αυτό τον τρόπο μια **«θάλασσα ηλεκτρονίων». Αυτή η «θάλασσα ηλεκτρονίων» μέσω δυνάμεων Coulomb συγκρατεί τα μεταλλικά ιόντα σε συγκεκριμένες θέσεις εντός ενός πλέγματος ιόντων** (Εικόνα 3.32).

$_{11}$Na: K (2) L (8) M (1)



Εικόνα 3.32: *Αναπαράσταση του μεταλλικού δεσμού. Το μέγεθος των ηλεκτρονίων δεν είναι υπό κλίμακα, για εποπτικούς λόγους.*

Η συνολική διάταξη είναι ενεργειακά σταθερή και επιπλέον προσφέρει στα μεταλλικά στερεά τις βασικές ιδιότητές τους:

α) Τα μεταλλικά στερεά, λόγω των ισχυρών δυνάμεων Coulomb, έχουν **υψηλά σημεία τήξεως**.

β) Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του μεταλλικού στερεού μπορούν εύκολα να προσανατολιστούν από το ηλεκτρικό πεδίο μιας πηγής. Έτσι, τα μέταλλα είναι **καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού**.

γ) Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μπορούν να απορροφήσουν θερμική ενέργεια και να αυξήσουν την κινητική τους ενέργεια. Έτσι, τα μέταλλα είναι **καλοί αγωγοί και της θερμότητας**.

δ) Είναι **ελατά και όλκιμα**. Ο λόγος είναι ότι ανεξαρτήτως του τελικού σχήματος του στερεού οι ισχυρές δυνάμεις Coulomb μεταξύ των κατιόντων και των ελεύθερων ηλεκτρονίων παραμένουν ανεπηρέαστες.

Δηλαδή μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν μεταλλικά ελάσματα και σύρματα.

Προτού ολοκληρώσετε την ενότητα, δοκιμάστε να λύσετε και το ακόλουθο σταυρόλεξο σχετικό με τις έννοιες που γνωρίσαμε στην υποενότητα 3.1!

Τεστ Αυτοαξιολόγησης 3

Ενδιαφέροντες σύνδεσμοι για τον χημικό δεσμό:

α) Ο Νόμος του Coulomb:
https://phet.colorado.edu/en/simulations/coulombs-law

β) Η αναλογία των ιόντων στον ιοντικό δεσμό:
https://chemdo.org/?page_id=151

γ) Ο σχηματισμός ενός ομοιοπολικού δεσμού στο H_2:
https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:5dd059ca:lx_simulation:1?fullscreen=true

δ) Διαγράμματα δυναμικής ενέργειας - απόστασης για τον σχηματισμό διάφορων ομοιοπολικών δεσμών:
https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:94d359bb:lx_simulation:1?fullscreen=true

ε) Διάγραμμα δυναμικής ενέργειας - απόστασης για το O_2:
https://phet.colorado.edu/en/simulations/molecule-polarity

στ) Η πόλωση των δεσμών:
https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:d011a617:lx_simulation:1?fullscreen=true

ζ) Η πόλωση των δεσμών και των μορίων:
https://phet.colorado.edu/en/simulations/molecule-polarity

η) Τα σχήματα των μορίων (θα συζητηθεί στην επόμενη υποενότητα):
https://phet.colorado.edu/en/simulations/molecule-shapes

θ) Η διάσπαση ενός δεσμού:
https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:2153bba2:lx_simulation:1?fullscreen=true

ι) Η ζωή ενός κυττάρου (στο 1:19 η κινάση, ένα παράδειγμα μοριακής μηχανής):
https://xvivo.com/examples/the-inner-life-of-the-cell/

3.2. Οι Διαμοριακές Δυνάμεις

Στη θερμοκρασία της τάξης μας, αλλά και σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών (0 έως 100 °C), το νερό είναι υγρό.

Ακολουθώντας τον υπερσύνδεσμο της πλαϊνής στήλης, «τρέξτε» την προσομοίωση για το νερό στην υγρή φάση. Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

Για ποιον λόγο κατά τη γνώμη σας τα μόρια του νερού συγκρατούνται μεταξύ τους στην υγρή φάση και δεν «δραπετεύουν» στην αέρια; Συζητήστε στην τάξη.

.....

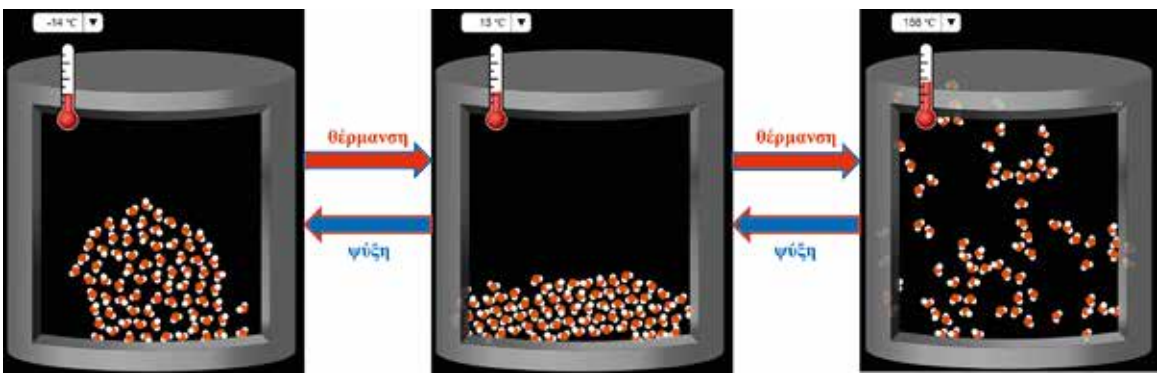
.....

.....

Ας υποθέσουμε τώρα ότι στον πυθμένα ενός δοχείου θέτουμε ένα παγάκι. Ακολούθως ξεκινάμε να θερμαίνουμε το δοχείο. Θα παρατηρήσουμε ότι το παγάκι λιώνει. Με άλλα λόγια το νερό περνάει από τη στερεά στην υγρή φάση. Αν συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το δοχείο, το νερό θα βράσει και θα μετατραπεί σε υδρατμούς (Εικόνα 3.33).

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη βασική θεωρία που ερμηνεύει την ύπαρξη ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων.*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ομοιοπολικοί δεσμοί μπορεί να είναι πολωμένοι.*



Εικόνα 3.33: *Αναπαραστάσεις των αλλαγών φάσεως με θέρμανση ή ψύξη για ένα δείγμα ύδατος.*

Για ποιον λόγο τα μόρια του νερού κινούνται αργά και πρακτικά παραμένουν ενωμένα μεταξύ τους στον πάγο, αλλά, αν ανέβει η θερμοκρασία, κινούνται ταχύτερα, μεγαλώνουν οι αποστάσεις μεταξύ τους και τελικά περνούν στην αέρια φάση;

.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Από την παραπάνω συζήτηση καταλήγουμε, αναπόφευκτα, στο συμπέρασμα ότι **τα μόρια του νερού πρέπει να συγκρατούνται μεταξύ τους με κάποιες δυνάμεις**. Πράγματι, αυτές οι δυνάμεις υπάρχουν, είναι γενικά ελκτικές και καλούνται **διαμοριακές δυνάμεις**. Οι δυνάμεις αυτές είναι άλλοτε ισχυρές και άλλοτε ασθενείς και **καθορίζουν τις φυσικές ιδιότητες των ουσιών/υλικών**, όπως π.χ. του σημείου (θερμοκρασίας) βρασμού, του σημείου τήξης, της διαλυτότητας σε κάποιο διαλύτη, του ιξώδους (της αντίστασης στη ροή) κ.ά.

Το σημείο βρασμού λέγεται και σημείο ζέσεως.

Επιπλέον, διαπιστώσαμε ότι με προσφορά θερμότητας (ενέργειας)το παγάκι λιώνει και ακολούθως το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς. **Αυτό συμβαίνει διότι, ζεσταίνοντας ένα υλικό, στην πράξη αυξάνουμε την κινητική ενέργεια των μορίων του**. Επομένως, όταν η κινητική ενέργεια των μορίων ενός υγρού υπερνικήσει την ισχύ (ενέργεια) των διαμοριακών δυνάμεων που τα συνδέουν, το υγρό μεταβαίνει στην αέρια φάση! Το αντίστροφο συμβαίνει κατά την ψύξη των ατμών. Σε αυτή την περίπτωση η κινητική ενέργεια των μορίων μειώνεται. Αν η θερμοκρασία πέσει αρκετά, τότε οι διαμοριακές δυνάμεις θα μπορέσουν να υπερκεράσουν την κινητική ενέργεια των μορίων, με αποτέλεσμα τη μετάβαση του αερίου στην υγρή φάση. Αντίστοιχη είναι και η διαδικασία της τήξης και της πήξης.

Η θερμοκρασία θεωρείται το μέτρο της κινητικής ενέργειας.

Αντικείμενο της παρούσας ενότητας είναι οι διαμοριακές δυνάμεις καθώς και οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ισχύς τους.

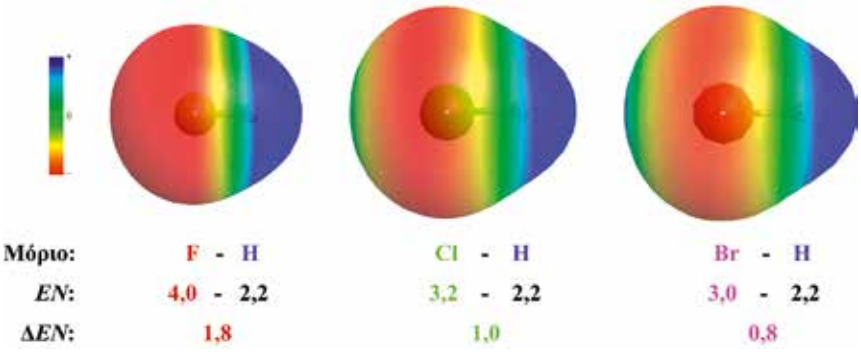
3.2.1. Η διπολική ροπή

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *διατυπώνετε τον ορισμό* τη διπολική ροπή.
- *χρησιμοποιείτε* τη διπολική ροπή για να περιγράφετε την πολικότητα ενός δεσμού.
- *αναγνωρίζετε* ότι η γεωμετρία ενός μορίου επηρεάζει τη συνολική διπολική ροπή του, με παραδείγματα το H_2O, την NH_3, το CH_4 και το CO_2.

Όμως, προτού προχωρήσουμε στη μελέτη των διαμοριακών δυνάμεων, χρειαζόμαστε μία ακόμα έννοια με την οποία θα ολοκληρώσουμε και τη συζήτηση για τον χημικό δεσμό. Πρόκειται για τη **διπολική ροπή**.

Στις προηγούμενες *υποενότητες* διαπιστώσαμε, όσον αφορά τον ομοιοπολικό δεσμό, ότι υπάρχει ο μη πολωμένος και ο πολωμένος. Ο μη πολωμένος δεσμός είναι αυτός που αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου, ενώ ο πολωμένος αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων στοιχείων διαφορετικής ηλεκτραρνητικότητας (*EN*). Η διαφορά **ηλεκτραρνητικότητας** μεταξύ των εμπλεκόμενων ατόμων (Δ*EN*) αποτελεί ένα από τα κριτήρια εκτίμησης του μεγέθους της πολικότητας ενός δεσμού. Δείτε για παράδειγμα την Εικόνα 3.34.



Εικόνα 3.34: *Χάρτες ηλεκτροστατικού δυναμικού για τρία υδραλογόνα (με έντονο κόκκινο χρώμα αναπαρίσταται το αρνητικό «άκρο» του δεσμού και με έντονο μπλε το αντίστοιχο θετικό) και διαφορές ηλεκτραρνητικότητας.*

Όμως, το κριτήριο της Δ*EN* έχει δυο σημαντικά μειονεκτήματα:

α) Η ηλεκτραρνητικότητα δεν μπορεί να μετρηθεί με πείραμα.

β) Προβλέπει (σε γενικές γραμμές) την πολικότητα ενός δεσμού, αλλά δεν μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την πιθανή πολικότητα ενός ολόκληρου μορίου.

Για τους λόγους αυτούς εισήχθη ένα νέο μέγεθος, με το οποίο μπορεί να περιγραφεί η ανομοιόμορφη κατανομή του φορτίου σε έναν ομοιοπολικό δεσμό, η **διπολική ροπή**. Η διπολική ροπή ενός διατομικού μορίου είναι ένα **διανυσματικό μέγεθος** και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα ***μ***. Έχει ως διάνυσμα τη διεύθυνση του δεσμού με αρχή το θετικό του άκρο (το άτομο που φέρει το *δ*+) και πέρας το αρνητικό του άκρο (το άτομο που φέρει το *δ*–). Ας δούμε πώς συμβολίζουμε τη διπολική ροπή στο μόριο του HF:

$$\overrightarrow{H^{\delta+} - F^{\delta-}}$$

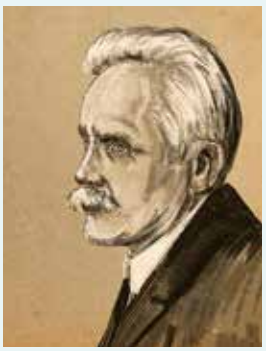
Συνήθως τα διανύσματα τα σχεδιάζουμε πάνω από τον δεσμό για εποπτικούς λόγους. Σε κάθε περίπτωση η άκρη του βέλους που φέρει τον σταυρό ξεκινά πάντα από το θετικό άκρο (το *δ*+). Η κατεύθυνση του βέλους δηλώνει και την κατεύθυνση της μετατόπισης του του αρνητικού φορτίου στον πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό.

Το μέτρο της διπολικής ροπής δίνεται από την εξίσωση 3.3:

$$\mu = \delta \cdot r \qquad (3.3)$$

Στην 3.3 *μ* είναι η διπολική ροπή, *δ* η απόλυτη τιμή του μερικού φορτίου των εμπλεκόμενων ατόμων και *r* το μήκος τού υπό εξέταση δεσμού. Μονάδα της διπολικής ροπής είναι το 1 D, προς τιμήν του Peter Debye (Εικόνα 3.35). Η αντίστοιχη μονάδα στο S.I., το C·m, είναι εξαιρετικά μεγάλη και δεν χρησιμοποιείται. **Μόρια, όπως το HF, για τα οποία ισχύει *μ* ≠ 0, καλούνται πολικά μόρια. Κατ' αντιστοιχία, μόρια για τα οποία *μ* = 0 καλούνται μη πολικά ή άπολα**.

Τέλος, σε αντίθεση με την ηλεκτραρνητικότητα η διπολική ροπή είναι ένα πειραματικά μετρήσιμο μέγεθος. Μάλιστα από τις τιμές των *μ* και *r* και την εξίσωση 3.3 είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το μερικό φορτίο *δ*, στην περίπτωση των διατομικών μορίων.



Εικόνα 3.35: *Ο Peter Joseph William Debye (1884-1966). Έλαβε το Nobel Χημείας το 1936 για τη «συνεισφορά του στη μελέτη της μοριακής δομής».*

Η συγκεκριμένη φορά του διανύσματος οφείλεται στον Linus Pauling (1945) και η χρήση της έχει επικρατήσει σε επίπεδο Γενικής Χημείας, διεθνώς.

$1\ D = 3{,}336 \cdot 10^{-30}\ C \cdot m$

Στον Πίνακα 3.3 δίνονται μερικές ενδεικτικές τιμές διπολικής ροπής για μερικά διατομικά μόρια.

3.2.1.1. Το εύρος της πόλωσης του ομοιοπολικού δεσμού

Από την ανωτέρω συζήτηση, τις προηγούμενες υποενότητες και τον Πίνακα 3.3, συνάγεται ότι δεν υπάρχει ένα είδος πολωμένου ομοιοπολικού δεσμού. Αντίθετα, κάποιοι δεσμοί είναι ελάχιστα πολωμένοι, ενώ άλλοι είναι ισχυρά πολωμένοι. Υπό αυτό το πρίσμα μπορούμε να διακρίνουμε τις δυο ακραίες περιπτώσεις του χημικού δεσμού: Η πρώτη εξ αυτών είναι ο μη πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός, ο οποίος αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου και για τον οποίο ισχύουν $\Delta EN = 0$, $\delta = 0$ για κάθε άτομο και $\mu = 0$. Παραδείγματα τέτοιου δεσμού έχουμε διαπιστώσει στο H-H, το Cl-Cl κ.α. Η άλλη ακραία περίπτωση του χημικού δεσμού είναι ο ιοντικός δεσμός, αρκεί να τον φανταστούμε ως μια ακραία κατάσταση πόλωσης, για την οποία ισχύουν $\delta+ = +1{,}00$ και $\delta- = -1{,}00$, δηλαδή το κοινό ζεύγος έχει μεταφερθεί πλήρως στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο.

Έτσι, οι πολωμένοι ομοιοπολικοί δεσμοί μπορούν να θεωρηθούν ως μια ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα στον μη πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό και τον ιοντικό δεσμό (Σχήμα 3.1). **Για τον λόγο αυτό πολλές φορές περιγράφουμε τον πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό ως έναν ομοιοπολικό δεσμό που έχει και κάποιο ποσοστό ιοντικού χαρακτήρα**. Το ποσοστό είναι μεγάλο, όταν το μερικό φορτίο δ είναι μεγάλο.

Σχήμα 3.1: Το F – Br φέρει έναν ελαφρώς πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό

Πίνακας 3.3: Τιμές διπολικής ροπής για διατομικά μόρια

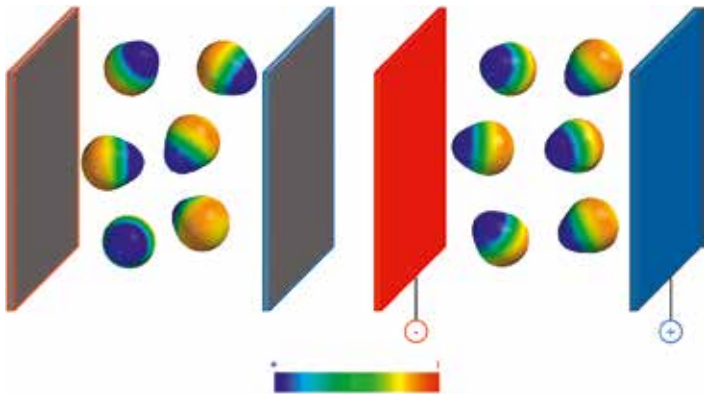
Μόριο	μ (D)
H-H	0
Cl-Cl	0
I-I	0
NO	0,159
H-I	0,448
H-Br	0,828
Cl-F	0,888
H-Cl	1,109
H-F	1,827

Για μια απλή εκτίμηση του δ που αναπτύσσεται σε κάποια διατομικά μόρια δείτε την δραστηριότητα εμβάθυνσης της υποενότητας 3.2.4.

Δείτε και την ακόλουθη προσομοίωση για τη διπολική ροπή:

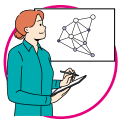
Ο τομέας της Φυσικοχημείας: Η μέτρηση της μοριακής διπολικής ροπής

Η Φυσικοχημεία είναι ο τομέας της Χημείας, ο οποίος μελετά τα χημικά συστήματα με τη βοήθεια των αρχών και των εργαλείων της Φυσικής. Ας δούμε, για παράδειγμα, στην Εικόνα 3.36, πώς μπορεί να γίνει η πειραματική μέτρηση της διπολικής ροπής του HF.



(α) (β)

Εικόνα 3.36: *(α) Μόρια HF στην αέρια φάση φέρονται σε χώρο που μπορεί να αναπτυχθεί ομογενές ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ δυο πλακών. (β) Όταν εφαρμοστεί το πεδίο, τότε τα πολικά μόρια HF προσανατολίζονται ως προς αυτό. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επάγεται μεταβολή στην τιμή του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των πλακών. Από τη μεταβολή αυτή υπολογίζεται η διπολική ροπή.*



Παράδειγμα 3.6

Ποια από τα ακόλουθα διατομικά μόρια αναμένετε να είναι πολικά, δηλαδή να έχουν $\mu \neq 0$;
ClF, H_2, O_2, NO, N_2, HF, BrF, Br_2

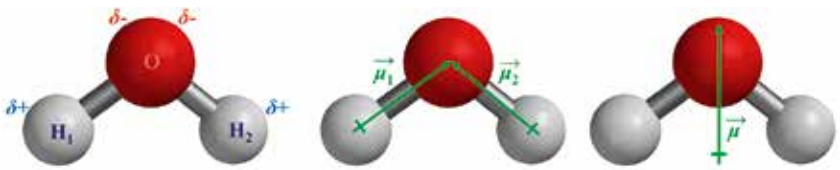
Λύση:
Όλα τα διατομικά μόρια ενός στοιχείου είναι άπολα. Επομένως, όλα τα υπόλοιπα μόρια του παραδείγματος αναμένεται να έχουν $\mu \neq 0$ και να είναι πολικά. Αυτά είναι τα ClF, NO, HF και BrF.

3.2.1.2. Η διπολική ροπή στα πολυατομικά μόρια

Το σημαντικό πλεονέκτημα της διπολικής ροπής είναι ότι δεν αναφέρεται μόνο στους δεσμούς αλλά σε ολόκληρα μόρια. **Επομένως, κάθε μόριο για το οποίο ισχύει $\mu \neq 0$ καλείται πολικό, ανεξαρτήτως του αν είναι διατομικό ή όχι**.

Επιπλέον, αν γνωρίζουμε τη γεωμετρία ενός μορίου, μπορούμε να προβλέψουμε αν αυτό θα είναι πολικό ή μη.

Ας δούμε, για παράδειγμα, το μόριο του νερού. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.37α, πρόκειται για ένα μόριο που οι δυο δεσμοί O-H, που διαθέτει, σχηματίζουν γωνία. Αμφότεροι είναι πολικοί με το ηλεκτραρνητικό οξυγόνο να φέρει συνολικό μερικό φορτίο $2\delta-$. Για κάθε δεσμό O-H μπορούμε να σχεδιάσουμε το αντίστοιχο διάνυσμα της διπολικής του ροπής (Εικόνα 3.37β). Όπως γνωρίζουμε και από τη Φυσική, τα δυο διανύσματα μπορούν να αθροιστούν. Έτσι, στην Εικόνα 3.37γ απεικονίζεται το διάνυσμα της συνολικής διπολικής ροπής του μορίου του νερού.



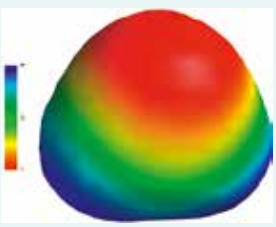
(α) (β) (γ)

Εικόνα 3.37: *(α) Το μόριο του νερού. Οι δυο πολωμένοι δεσμοί σχηματίζουν γωνία. (β) Τα διανύσματα των επιμέρους διπολικών ροπών των δεσμών. (γ) Το διάνυσμα της συνολικής διπολικής ροπής του νερού.*

Επομένως, το μόριο του νερού είναι πολικό, μιας που ισχύει $\mu \neq 0$. Το γεγονός αυτό απεικονίζεται και στην Εικόνα 3.38, στο οποίο φαίνεται ο χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού του μορίου.

Ας δούμε ένα ακόμα παράδειγμα: την περίπτωση του τριατομικού μορίου του άνθρακα διοξειδίου. Αυτό το μόριο σε αντίθεση με το H_2O διαθέτει δυο πολωμένους διπλούς ομοιοπολικούς δεσμούς, οι οποίοι είναι συνευθειακοί (Εικόνα 3.39α). Λόγω της γραμμικής γεωμετρίας του μορίου τα δυο διανύσματα των επιμέρους διπολικών ροπών των δεσμών είναι αντίρροπα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αλληλοαναιρούνται, και το μόριο του CO_2, παρά το γεγονός ότι διαθέτει δυο πολωμένους δεσμούς, να είναι άπολο (Εικόνα 3.39β).

Ο λόγος για τον οποίο οι δεσμοί σχηματίζουν γωνίες ξεφεύγει από τους στόχους του παρόντος. Θα συζητηθεί στις επόμενες τάξεις!



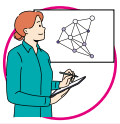
Εικόνα 3.38: *Χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού του μορίου του νερού. Είναι εμφανής η ύπαρξη αρνητικού μερικού φορτίου (κόκκινη περιοχή) και θετικού μερικού φορτίου (μπλε περιοχή)*

(α) (β)

Εικόνα 3.39: *(α) Το γραμμικό μόριο του CO_2. Οι δυο πολωμένοι δεσμοί είναι συνευθειακοί. (β) Τα διανύσματα των επιμέρους διπολικών ροπών των δεσμών είναι αντίρροπα.*

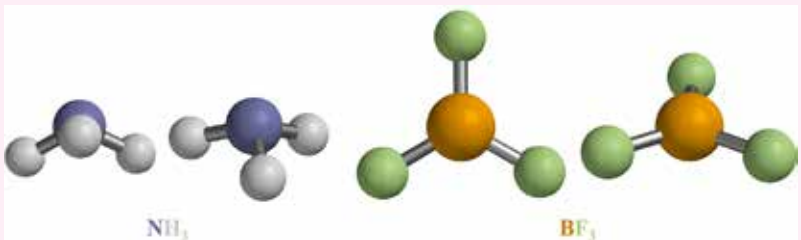
Το γεγονός αυτό απεικονίζεται και στο χάρτη EPM της Εικόνας 3.40.

Από την ανωτέρω συζήτηση γίνεται εμφανές ότι η γεωμετρία του μορίου παίζει σημαντικότατο ρόλο στη διαμόρφωση της διπολικής του ροπής και τελικά στις ιδιότητές του!



Παράδειγμα 3.7

Δίνονται τα μόρια της NH_3 και του BF_3, η γεωμετρία των οποίων φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Να προβλέψετε ποιο/ποια εξ αυτών είναι πολικά.



Πλάνο λύσης:

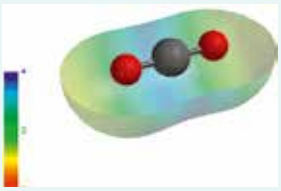
Σε τέτοιες ασκήσεις θα ξεκινάμε πάντα από τη γεωμετρία των μορίων, η οποία στην Α΄ Λυκείου, πάντα θα δίνεται. Όπως φαίνεται από τις ανωτέρω εικόνες, η αμμωνία (NH_3) είναι ένα πυραμιδικό μόριο με τα τρία άτομα Η να βρίσκονται στο ισόπλευρο τρίγωνο της βάσης (Εικόνα 3.41α). Αντίθετα, το τριφθορίδιο του βορίου (BF_3) είναι ένα επίπεδο τριγωνικό μόριο, με το βόριο να βρίσκεται στο κέντρο ενός ισόπλευρου τριγώνου (Εικόνα 3.41β).

Μπορείτε να δείτε τη γεωμετρία των ενώσεων σε AR σκανάροντας τους διπλανούς κωδικούς ή να κατασκευάσετε τα προσομοιώματα της παραγράφου 3.2.5.

Από εκεί και πέρα υπάρχουν δυο τρόποι επίλυσης. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει τη σχεδίαση των επιμέρους διπολικών ροπών των δεσμών. Ακολούθως, κάνοντας χρήση της συμμετρίας των μορίων, π.χ. το δεύτερο μόριο είναι στην πράξη ένα ισόπλευρο τρίγωνο με το βόριο στο σημείο τομής των διαμέσων, δείχνουμε ότι η συνισταμένη των διανυσμάτων δίνει $\mu = 0$ ή $\mu \neq 0$.

Όμως, στη Χημεία της Α΄ Λυκείου δεν θα ασχοληθούμε με τη σύνθεση των διανυσμάτων. Για τον λόγο αυτό προτείνουμε τον εξής τρόπο αντιμετώπισης: Στις δυο ενώσεις σχεδιάζουμε στις θέσεις των ατόμων τα μερικά τους φορτία. Ακολούθως, βρίσκουμε τα κέντρα του θετικού και του αρνητικού

Το γεγονός ότι οι δεσμοί C=O είναι διπλοί δεν παίζει κανένα ρόλο στον υπολογισμό της μ!



Εικόνα 3.40: *Χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού του μορίου του CO_2. Αν και οι δεσμοί C=O είναι πολικοί, το μόριο είναι άπολο.*

Η ένωση BF_3, όπως και η ένωση BH_3, είναι επίπεδα τριγωνικά μόρια. Η γωνία F-B-F ή H-B-H είναι 120°.

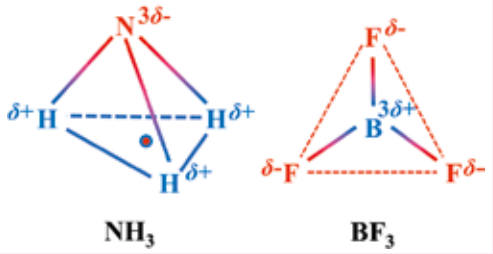
φορτίου. Για να το κάνουμε αυτό, ενώνουμε τα άτομα με το θετικό ή το αρνητικό μερικό φορτίο με μια νοητή γραμμή και βρίσκουμε το κέντρο του σχήματος που προκύπτει.

Αν τα δυο κέντρα συμπίπτουν, τότε $\mu = 0$. Αν τα κέντρα διαφέρουν, τότε $\mu \neq 0$.

Τέλος, σχεδιάζουμε τη διπολική ροπή του μορίου με κατεύθυνση από το κέντρο του θετικού φορτίου προς το κέντρο του αρνητικού.

Λύση:

Κατ' αρχάς σχεδιάζουμε τα μερικά φορτία για τις δυο ενώσεις:

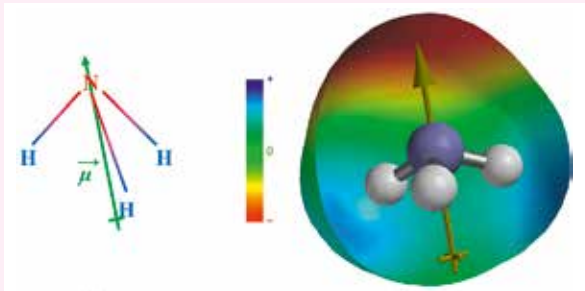


Εικόνα 3.41: *(α) Το μόριο της NH_3, ως πυραμίδα. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου της βάσης, ακριβώς κάτω από το N (μπλε-κόκκινο κυκλάκι). (β) Το μόριο του BF_3, ως ισόπλευρο τρίγωνο. Τα κέντρα του θετικού και του αρνητικού φορτίου συμπίπτουν (ακριβώς στο B).*

Το μόριο της NH_3 είναι πυραμιδικό. Επομένως, το κέντρο του αρνητικού φορτίου συμπίπτει με τη θέση του N, ενώ το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου της βάσης. Οι θέσεις των δυο κέντρων διαφέρουν. Επομένως, το μόριο είναι πολικό και $\mu \neq 0$.

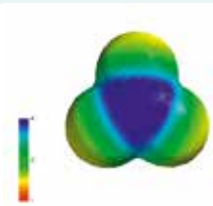
Το μόριο του BF_3 είναι τριγωνικό. Το κέντρο του θετικού φορτίου είναι το άτομο του B. Το κέντρο του αρνητικού φορτίου βρίσκεται στο κέντρο του ισοπλεύρου τριγώνου. Επομένως, τα δυο κέντρα συμπίπτουν και $\mu = 0$ (Εικόνα 3.42).

Τέλος, σχεδιάζουμε το διάνυσμα της διπολικής ροπής στην περίπτωση της NH_3 (Εικόνα 3.43α). Ο αντίστοιχος χάρτης ΕΡΜ φαίνεται στην Εικόνα 3.43β.



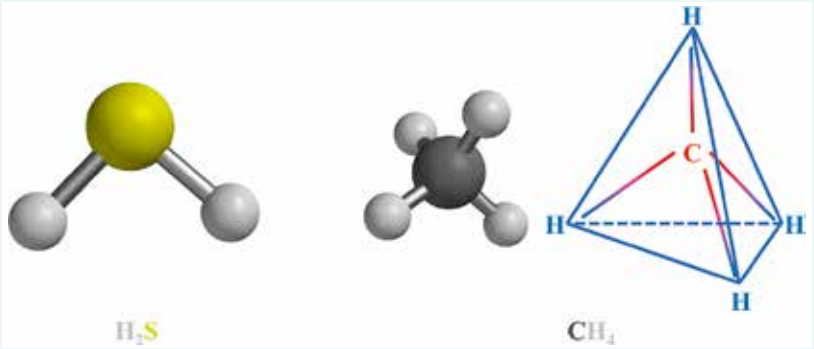
(α) (β)

Εικόνα 3.43: *(α) Το διάνυσμα της διπολικής ροπής της NH_3. (β) Ο χάρτης ΕΡΜ της NH_3.*



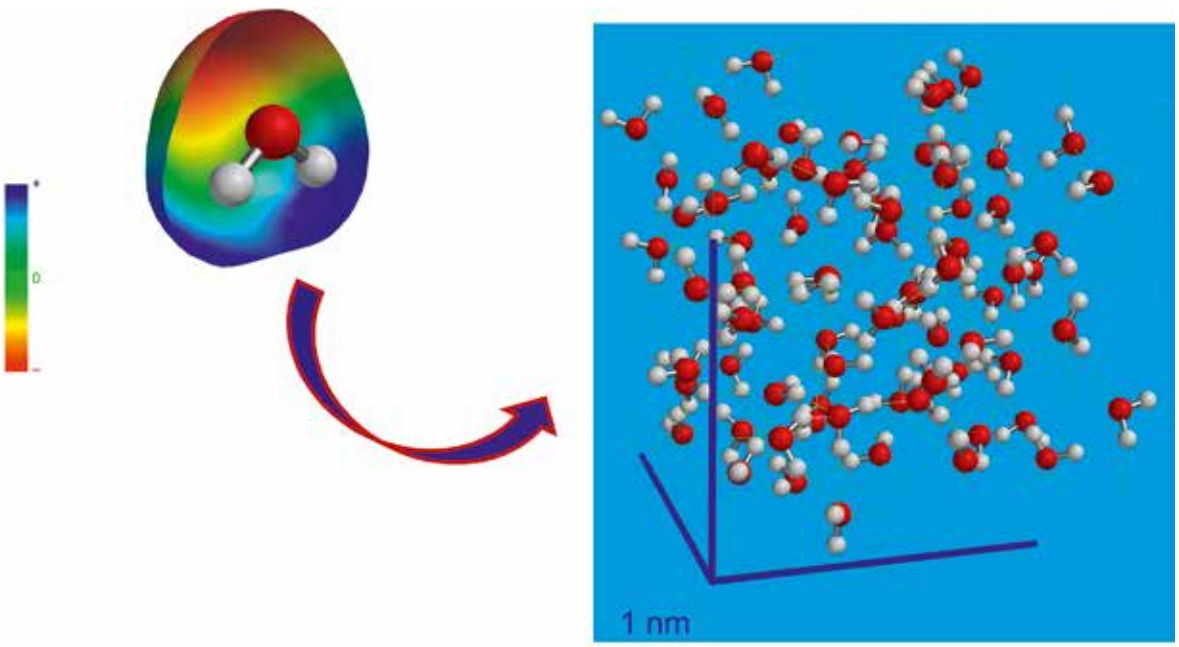
Εικόνα 3.42: *Χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού του μορίου του BF_3. Αν και οι τρεις ομοιοπολικοί δεσμοί B-F είναι πολικοί, το μόριο είναι άπολο.*

Εφαρμογή 3.8 Να γίνει το ίδιο στην περίπτωση των μορίων H_2S και CH_4, η γεωμετρία των οποίων δίνεται ως ακολούθως:



Παρατήρηση: Η γεωμετρία των ενώσεων του C, ο οποίος φέρει 4 ομοιοπολικούς δεσμούς, ακολουθεί πάντα αυτή του CH_4. Επομένως είναι τετραεδρική. Τετράεδρο είναι το στερεό που έχει ως έδρες 4 ισόπλευρα τρίγωνα.

Έτσι, έχοντας κατά νου το μέγεθος της *διπολικής ροπής* των μορίων και την ανωτέρω συζήτηση περί *πολικών* και *μη πολικών* μορίων, μπορούμε να προχωρήσουμε στην περιγραφή των *διαμοριακών δυνάμεων* και στην ανάδειξη του σημαντικού τους ρόλου στη διαμόρφωση των ιδιοτήτων των υλικών (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Η δομή του πάγου είναι αποτέλεσμα των διαμοριακών δυνάμεων μεταξύ των μορίων του νερού.

Τεστ Αυτοαξιολόγησης 4

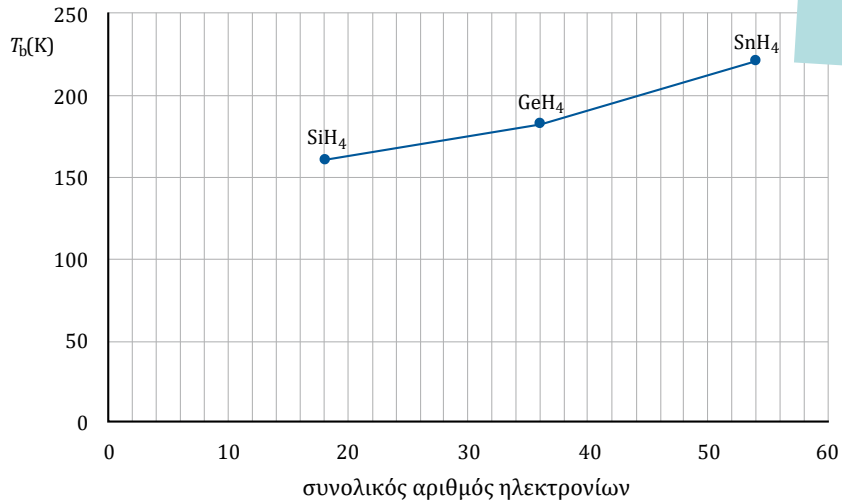
Αν έχετε ολοκληρώσει το διάβασμά σας, ελέγξτε τις γνώσεις σας απαντώντας στο τεστάκι!

3.2.2. Τα είδη των διαμοριακών δυνάμεων

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* τα ακόλουθα είδη των διαμοριακών δυνάμεων:
  α) μεταξύ διπόλων μορίων,
  β) μεταξύ ιόντος και διπόλου,
  γ) δεσμού υδρογόνου,
  δ) διασποράς ή London.

Στο ακόλουθο γράφημα (Εικόνα 3.44) παρουσιάζονται τα σημεία βρασμού (T_b) τριών υδριδίων της 14ης ομάδας του Περιοδικού Πίνακα συναρτήσει του συνολικού αριθμού των ηλεκτρονίων που αυτές οι ενώσεις διαθέτουν.



Εικόνα 3.44: *Τα σημεία βρασμού τριών υδριδίων της 14ης ομάδας.*

Με βάση το ανωτέρω γράφημα υπάρχει κατά τη γνώμη σας κάποια εξάρτηση του σημείου βρασμού των τριών υδριδίων από τον συνολικό αριθμό των ηλεκτρονίων τους;

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Με βάση και τη συζήτηση στην εισαγωγική ενότητα υπάρχει σχέση ανάμεσα στο σημείο βρασμού μιας ουσίας και τις διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων της;

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Με βάση την απάντησή σας στην προηγούμενη ερώτηση και τις πληροφορίες της Εικόνας 3.44 ποιο εκ των GeH_4 και SiH_4 αναμένετε να εμφανίζει τις ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Είναι ορθό να ισχυριστεί κανείς ότι η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων των υδριδίων της 14ης ομάδας εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό των ηλεκτρονίων τους; Εξηγήστε.

.....

Σε περίπτωση που απαντήσατε θετικά, γιατί κατά τη γνώμη σας υπάρχει αυτή η εξάρτηση;

.....

.....

.....

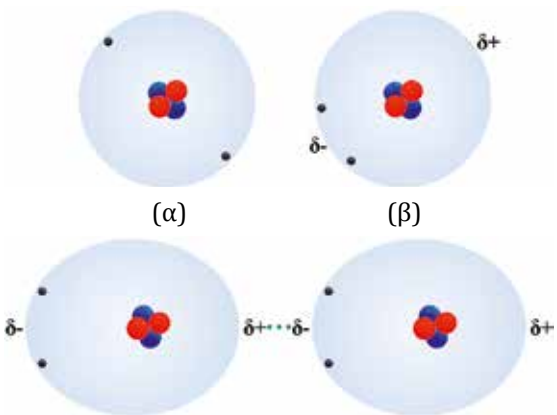
Συζήτηση στην ομάδα

Συζήτηση στην ολομέλεια

3.2.2.1. Οι δυνάμεις διασποράς

Η πρώτη κατηγορία των διαμοριακών δυνάμεων καλείται **δυνάμεις διασποράς ή δυνάμεις London**. Έλαβαν το όνομά τους από τον φυσικό F. London. Για την περιγραφή τους θα χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα το ευγενές αέριο He. Γύρω από τον πυρήνα του ηλίου κινούνται δυο ηλεκτρόνια. Στις Εικόνες 3.45 α και β φαίνονται οι θέσεις των δυο ηλεκτρονίων δυο τυχαίες χρονικές στιγμές. Στο 3.45α το αρνητικό φορτίο είναι συμμετρικά κατανεμημένο γύρω από τον πυρήνα. Όμως, μια άλλη χρονική στιγμή (Εικόνα 3.45β) δεν είναι. **Στη δεύτερη εικόνα περιγράφεται ο σχηματισμός ενός παροδικού διπόλου**. Αν εκείνη ακριβώς τη χρονική στιγμή βρεθεί κοντά σε αυτό το άτομο He ένα δεύτερο άτομο, τότε δημιουργείται και σε αυτό ένα δίπολο *εξ επαγωγής* (Εικόνα 3.45γ). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των γειτονικών ατόμων αποτελούν τη βάση των **δυνάμεων διασποράς**.

Πρόκειται για δυνάμεις που απαντούν σε όλα τα μόρια, οι οποίες γίνονται σημαντικές μόνο όταν τα μόρια έρθουν πολύ κοντά μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει διότι εξαρτώνται από την απόσταση με ένα παράγοντα r^{-7}. Πρόκειται για τις μοναδικές διαμοριακές δυνάμεις που απαντούν σε μόρια με *μηδενική διπολική ροπή*, όπως π.χ. τα H_2, Br_2 και CO_2 καθώς και στα *ευγενή αέρια*. Απουσία αυτών το H_2 ή το Ar δεν θα μπορούσαν να υγροποιηθούν και θα παρέμεναν στην αέρια κατάσταση.



Θυμηθείτε και τους τρόπους ηλέκτρισης από τη Φυσική της Γ΄ Γυμνασίου!

Εικόνα 3.45: *(α) Ένα απομονωμένο άτομο He. Σε μια τυχαία στιγμή τα ηλεκτρόνια διατάσσονται συμμετρικά ως προς τον πυρήνα. (β) Μια άλλη χρονική στιγμή, από τη μη συμμετρική κατανομή, δημιουργείται ένα παροδικό δίπολο. (γ) Αν εκείνη τη στιγμή βρεθεί ένα άλλο άτομο He πλησίον του πρώτου επάγεται και σε αυτό παροδική διπολική ροπή.*

Οι δυνάμεις London ενισχύονται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων και η απόστασή τους από τους πυρήνες τους, καθώς αυξάνεται η τιμή της αναπτυσσόμενης παροδικής διπολικής ροπής. Σε αυτές τις περιπτώσεις λέμε ότι το άτομο ή το μόριο πολώνεται περισσότερο ή ότι χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη **πολωσιμότητα. Με άλλα λόγια η πολωσιμότητα ενός ατόμου ή ενός μορίου μπορεί να θεωρηθεί ως η δυνατότητά του να υφίσταται πόλωση (να δημιουργούνται θετικά και αρνητικά μερικά φορτία)**.

Εν κατακλείδι, **η πολωσιμότητα ενός μορίου αυξάνεται με την αύξηση του συνολικού αριθμού των ηλεκτρονίων του και συνεπακόλουθα με την αύξηση του όγκου του.**

Πολλές φορές αναφέρεται ότι οι δυνάμεις London αυξάνονται με τη σχετική μοριακή μάζα (M_r). Αυτό δεν είναι ορθό. Η μάζα σχετίζεται με το βάρος και το βάρος δεν παίζει σημαντικό ρόλο στον μικρόκοσμο. Ο λόγος που αναφέρεται είναι ότι σε ένα ουδέτερο μόριο ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων του και επομένως, όταν ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός μορίου είναι μεγάλος, αναγκαστικά θα είναι μεγάλο και το M_r. Όμως, καλό είναι τέτοιες συσχετίσεις να αποφεύγονται.

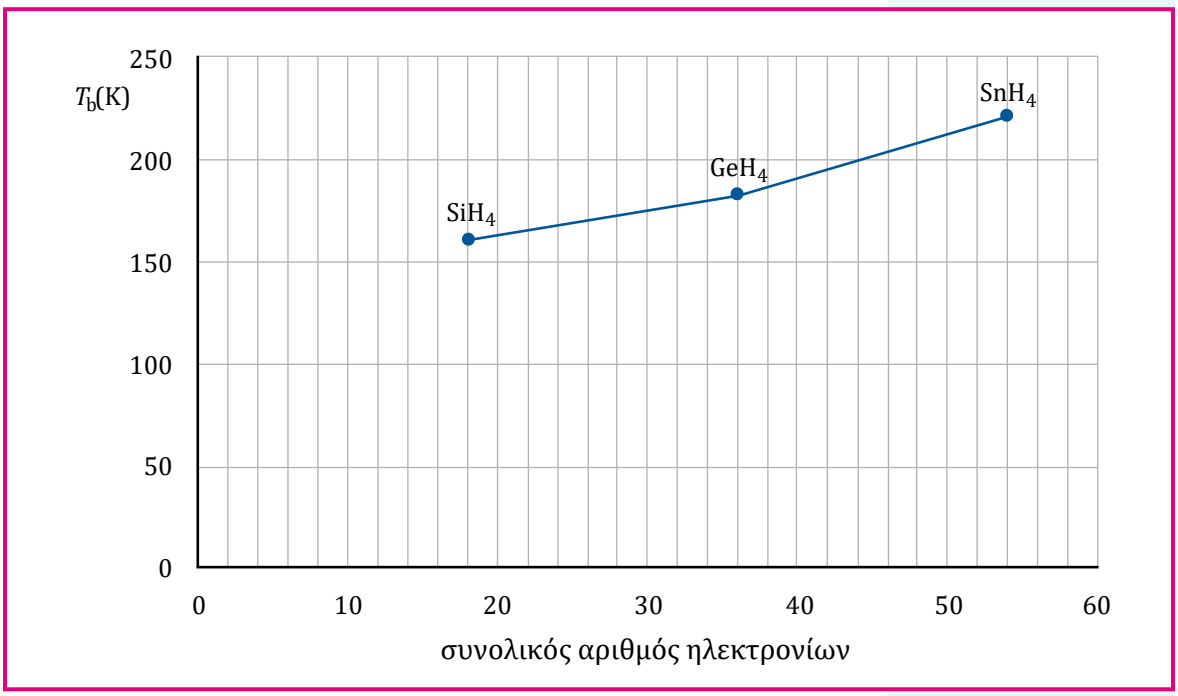
Για παράδειγμα το μεθάνιο (CH_4) έχει 10 e^- ανά μόριο και είναι αέριο, το n-επτάνιο (C_7H_{16}) διαθέτει 58 e^- ανά μόριο και είναι υγρό, ενώ το n-δεκαοκτάνιο ($C_{18}H_{38}$) έχει 146 e^- ανά μόριο και είναι στερεό.

3.2.2.2. Οι δυνάμεις ενισχύονται

Στο γράφημα της Εικόνας 3.44, το οποίο επαναλαμβάνεται στο ακόλουθο ροζ πλαίσιο, να τοποθετήσετε 3 κουκίδες στις θέσεις που κατά τη γνώμη σας θα βρίσκονται τα υδρίδια της 15ης ομάδας του Περιοδικού Πίνακα, ήτοι τα PH_3, AsH_3 και SbH_3, αντιστοίχως. Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Δίνονται: $_{15}P$, $_{23}As$ και $_{51}Sb$



.....

.....

Παραλάβετε από τον/την καθηγητή/ριά σας το γράφημα που αναπαριστά τη μεταβολή των σημείων βρασμού των υδριδίων της 15ης ομάδας (Εικόνα 3.46). Εναλλακτικά δείτε το ακολουθώντας τον σύνδεσμο.

Εικόνα 3.46: *Τα σημεία βρασμού τριών υδριδίων της 15ης ομάδας.*

Με βάση το Εικόνα 3.46 είναι το σημείο ζέσεως του SbH_3 μεγαλύτερο ή μικρότερο από εκείνο της PH_3; Συνάδει η παρατήρησή σας με αυτό που σχεδιάσατε στο ροζ πλαίσιο της προηγούμενης σελίδας; Αν όχι, πού οφείλονται οι διαφοροποιήσεις;

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Με βάση το Εικόνα 3.46 είναι το σημείο ζέσεως της PH_3 μεγαλύτερο ή μικρότερο από εκείνο του SiH_4; Συνάδει η παρατήρησή σας με αυτό που σχεδιάσατε στο ροζ πλαίσιο της προηγούμενης σελίδας; Ποιο είναι το συμπέρασμα που προκύπτει;

.....

.....

.....

Στην Εικόνα 3.47 παρουσιάζεται η στερεοδιάταξη των δυο υπό εξέταση μορίων. Οι δομές των δυο μορίων είναι αντίστοιχες με εκείνες του CH_4 (εφαρμογή 3.38) και της NH_3 (παράδειγμα 3.37), που συναντήσαμε στην ενότητα 3.2.1. *Μπορείτε με βάση αυτές να υποθέσετε πού μπορεί να οφείλονται πιθανές διαφοροποιήσεις που διαπιστώσατε στην Εικόνα 3.46 (αν παρατηρήσατε κάποιες);*

.....

.....

.....

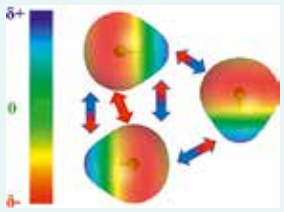
.....

.....

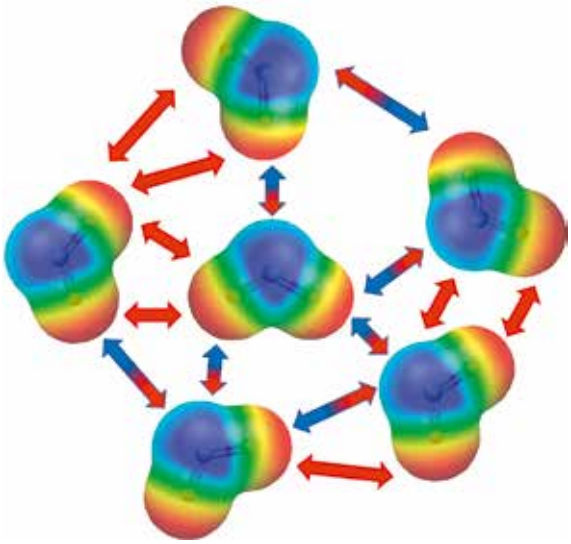
(α) (β)

Εικόνα 3.47: *(α) Το μόριο του SiH_4 και (β) το μόριο της PH_3.*

Από την ανωτέρω συζήτηση γίνεται εμφανές ότι τα δίπολα μόρια, δηλαδή τα μόρια που διαθέτουν μόνιμη διπολική ροπή ($\mu \neq 0$), αλληλεπιδρούν, όταν βρεθούν κοντά. Πιο συγκεκριμένα η περιοχή που φέρει το μερικό φορτίο $\delta+$ του ενός μορίου, έλκεται από την περιοχή του γειτονικού του μορίου, η οποία φέρει το μερικό φορτίο $\delta-$. Αυτές οι ηλεκτροστατικού τύπου αλληλεπιδράσεις καλούνται **δυνάμεις διπόλου-διπόλου**. Στις Εικόνες 3.48 και 3.49 αναπαρίστανται κάποιες τέτοιες αλληλεπιδράσεις.



Εικόνα 3.48: *Ελκτικές (κυανέρυθρα βέλη) και απωστική (κόκκινα βέλη) αλληλεπιδράσεις πολικών μορίων HCl. Σε κάθε μόριο εμφανίζεται ο αντίστοιχος χάρτης ηλεκτροστατικού δυναμικού.*



Εικόνα 3.49: *Ελκτικές (κυανέρυθρα βέλη) και απωστικές (κόκκινα βέλη) αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολικών μορίων SO_2. Σε κάθε μόριο εμφανίζεται ο αντίστοιχος χάρτης του ηλεκτροστατικού δυναμικού.*

Αν οι διαμοριακές δυνάμεις διπόλου-διπόλου συγκριθούν με τις διοντικές δυνάμεις στον κρύσταλλο μιας ιοντικής ένωσης (ενότητα 3.1.2), θα βρεθεί ότι είναι σημαντικά υποδεέστερες. Δυο οι λόγοι για αυτό: (α) τα ιόντα στις ιοντικές ενώσεις φέρουν πλήρη φορτία π.χ. +1, –2, ενώ, αντίθετα, στις διαμοριακές δυνάμεις έχουμε μερικά φορτία και (β) οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου εξαρτώνται από την απόσταση ως προς r^{-4}, εν αντιθέσει προς τον νόμο του Coulomb, ο οποίος προβλέπει αλληλεπίδραση r^{-2}. Με άλλα λόγια γίνονται αμελητέες καθώς η απόσταση αυξάνει.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι σε ουσίες πολικών μορίων συνήθως αναπτύσσονται ισχυρότερες ελκτικές διαμοριακές δυνάμεις από ουσίες μη πολικων μορίων. Όμως, αυτό συμβαίνει όχι διότι οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου είναι ισχυρότερες από τις δυνάμεις διασποράς, αλλά **διότι οι διπόλου-διπόλου προστίθενται στις ήδη υπάρχουσες δυνάμεις διασποράς!**

Ένα ακόμα παράδειγμα της επίδρασης των δυνάμεων διπόλου-διπόλου παρουσιάζεται μέσω του Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: *Διπολική ροπή (μ) και σημείο ζέσεως (T_b) για μερικά απλά μόρια.*

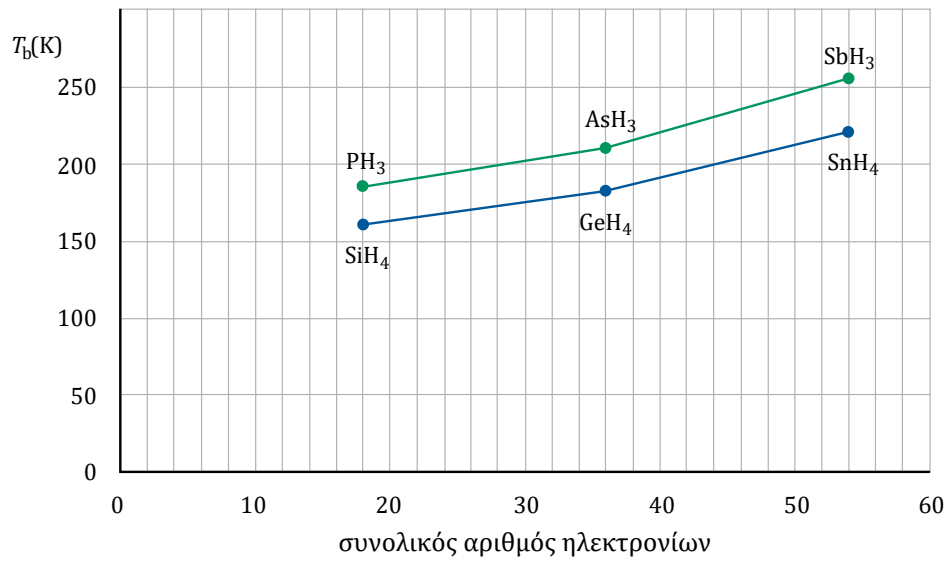
Μόριο	μ (D)	T_b (K)
N_2	0	77
O_2	0	90
NO	0,15	121

Ένα φυσικό ανάλογο των δυνάμεων διασποράς είναι το Velcro (για παράδειγμα η λωρίδα «σκρατς» σε αρκετά αθλητικά παπούτσια). Κάθε σύνδεση ανάμεσα σε ένα άγκιστρο και μια θηλιά είναι αμελητέα, αλλά, αν προστεθούν όλες μαζί, η σύνδεση γίνεται ισχυρή (Εικόνα 3.50).

Εικόνα 3.50: *Εικόνα λωρίδων Velcro. Διακρίνονται τα άγκιστρα και οι θηλιές.*

3.2.2.3. Οι δεσμοί υδρογόνου

Στο γράφημα εντός του ακόλουθου ροζ πλαισίου να τοποθετήσετε 2 κουκίδες στις θέσεις που κατά τη γνώμη σας θα βρίσκονται τα σημεία ζέσεως των πρώτων μελών της 14ης και της 15ης ομάδας, ήτοι των CH_4 και NH_3, αντιστοίχως. Να εξηγήσετε την απάντησή σας.



.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Παραλάβετε από τον/την καθηγητή/ριά σας το πλήρες γράφημα (Εικόνα 3.51). Εναλλακτικά δείτε το από τον πλαϊνό σύνδεσμο.

Με βάση το Εικόνα 3.51: είναι το σημείο ζέσεως του CH_4 εντός της περιοχής που προβλέψατε; Αγνοήστε τυχόν μικρές διαφοροποιήσεις. Γιατί κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

Με βάση το Εικόνα 3.51: (α) Είναι το σημείο ζέσεως της NH_3 εντός της περιοχής που προβλέψατε; (β) Η NH_3 σχηματίζει ισχυρότερες ή ασθενέστερες διαμοριακές δυνάμεις από την PH_3;

.....

.....

.....

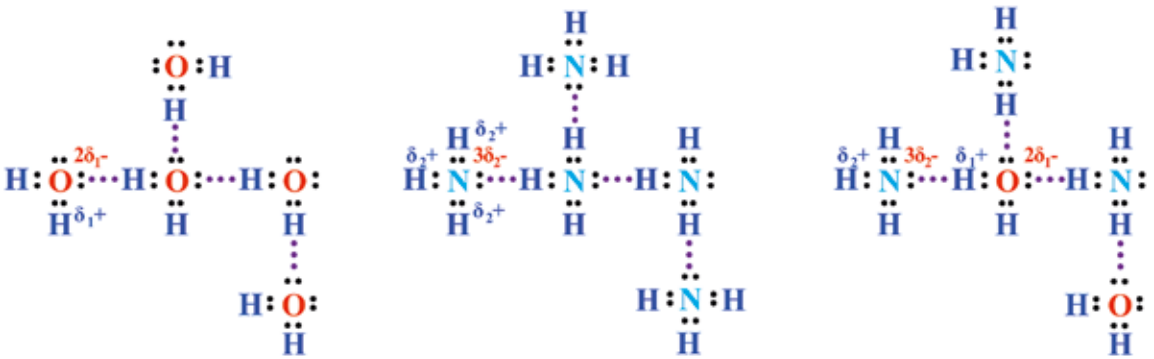
Εικόνα 3.51: *Τα σημεία βρασμού των υδριδίων της 14ης και της 15ης ομάδας συναρτήσει του συνολικού αριθμού των ηλεκτρονίων τους.*

Συζήτηση στην ολομέλεια

Επομένως, συμπεραίνουμε ότι η αμμωνία (NH_3) εμφανίζει σημαντική απόκλιση ως προς την αναμενόμενη ισχύ των διαμοριακών της δυνάμεων. Με άλλα λόγια στην περίπτωση της αμμωνίας οι αλληλεπιδράσεις διπόλου-διπόλου, οι οποίες ενισχύουν τις δυνάμεις διασποράς, θα πρέπει να είναι ιδιαιτέρως ισχυρές. Πράγματι, αυτό συμβαίνει. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι 4 με 5 φορές ισχυρότερες από τις συνηθισμένες διπόλου-διπόλου και για τον λόγο αυτό τούς έχει αποδοθεί ένα ιδιαίτερο όνομα: **δεσμοί υδρογόνου**. Αντίστοιχη είναι η συμπεριφορά του νερού (H_2O) και του υδροφθορίου (HF) για τα οποία θα συζητήσουμε παρακάτω.

Για τις ανάγκες του Λυκείου μπορούμε να πούμε ότι: **Οι δεσμοί υδρογόνου είναι ισχυρές ελκτικές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες αναπτύσσονται ανάμεσα σε πολικά ομοιοπολικά μόρια, που περιέχουν άτομο υδρογόνου (H), το οποίο συνδέεται με άτομο που ανήκει σε ένα από τα τρία μικρού μεγέθους και μεγάλης ηλεκτραρνητικότητας στοιχεία: το φθόριο (F), το οξυγόνο (O) και το άζωτο (N). Ο δεσμός υδρογόνου σχηματίζεται, όταν αυτό το άτομο H, που φέρει μεγάλο μερικό φορτίο *δ*+, έλκεται από ένα μη δεσμικό ζεύγος ηλεκτρονίων ενός ηλεκτραρνητικού ατόμου (F, O, N) κάποιου άλλου μορίου**, π.χ. στην περίπτωση του νερού, του οξυγόνου ή στην περίπτωση της αμμωνίας, του αζώτου (Εικόνα 3.52, α και β).

Στη Β΄ Λυκείου θα δούμε την περίπτωση μεγάλων μορίων, όπως οι πρωτεΐνες, που σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου και εντός του μορίου τους!

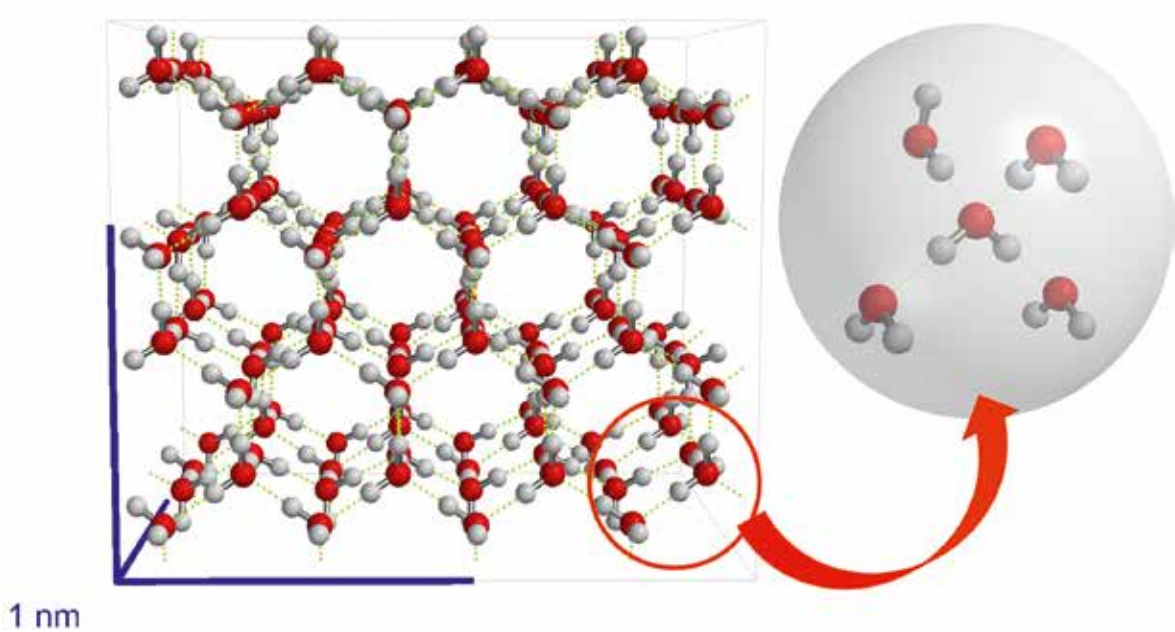


Εικόνα 3.52: *Αναπαραστάσεις των δεσμών υδρογόνου: (α) στο H_2O, (β) στην NH_3 και (γ) σε μείγμα H_2O και NH_3. Οι δεσμοί υδρογόνου συμβολίζονται με τρεις μωβ τελείες.*

Στην περίπτωση μειγμάτων ουσιών, π.χ. νερού και αμμωνίας, δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται και μεταξύ ατόμων διαφορετικού είδους μορίων (Εικόνα 3.52γ).

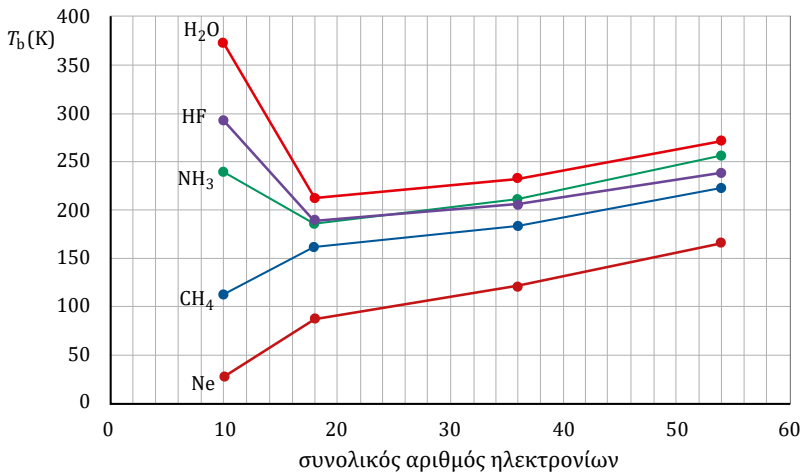
Το μόριο που φέρει το $H^{\delta+}$ συνήθως αναφέρεται ως **δότης δεσμού υδρογόνου**, ενώ το ηλεκτραρνητικό άτομο, και κατ' επέκταση το μόριο, με το μη δεσμικό ζεύγος ηλεκτρονίων καλείται **δέκτης δεσμού υδρογόνου**.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η ισχύς των δεσμών υδρογόνου προκαλεί την ευθυγράμμιση των τριών εμπλεκόμενων ατόμων. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 3.52α τα άτομα O:···H:O βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Αυτή η ευθυγράμμιση φαίνεται ξεκάθαρα και στην Εικόνα 3.53, που ακολουθεί:



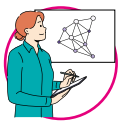
Εικόνα 3.53: *Η δομή του πάγου.*
Κάθε μόριο νερού συμμετέχει σε 4 δεσμούς υδρογόνου (σε 2 ως δότης και σε 2 ως δέκτης).

Στην Εικόνα 3.54 απεικονίζεται η εξάρτηση των σημείων βρασμού των υδριδίων των τελευταίων ομάδων του Περιοδικού Πίνακα, από τον συνολικό αριθμό των ηλεκτρονίων τους. Στο ίδιο γράφημα διακρίνεται και η αντίστοιχη εξάρτηση των σημείων βρασμού των ευγενών αερίων.



Εικόνα 3.54: *Τα σημεία βρασμού των υδριδίων της 14ης ομάδας (κατά σειρά CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4), της 15ης ομάδας (κατά σειρά NH_3, PH_3, AsH_3, SbH_3), της 16ης ομάδας (κατά σειρά H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te), της 17ης ομάδας (κατά σειρά HF, HCl, HBr, HI) καθώς και των ευγενών αερίων (κατά σειρά Ne, Ar, Kr, Xe).*

Ποια είναι η δομή του πάγου;
Γιατί οι λίμνες δεν παγώνουν το χειμώνα, διατηρώντας τη ζωή;
Δείτε με την ομάδα σας τις ακόλουθες προσομοιώσεις! Μπορείτε να απαντήσετε στις ερωτήσεις;



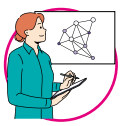
Παράδειγμα 3.9

Από το γράφημα της Εικόνας 3.54 προκύπτει ότι το H_2S έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το H_2Se. Για ποιον λόγο συμβαίνει αυτό κατά τη γνώμη σας;

H_2S H_2Se

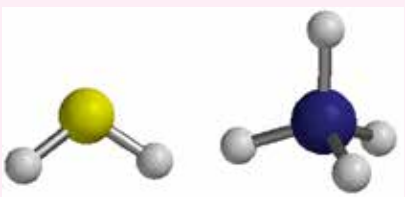
Απάντηση: Αυτό συμβαίνει, διότι το H_2S έχει λιγότερα συνολικά ηλεκτρόνια (18 έναντι 36). Επομένως, αναμένεται να έχει μικρότερη πολωσιμότητα και να υπολείπεται στις δυνάμεις διασποράς. Αφού τα S και Se ανήκουν στην ίδια ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, αναμένεται τα H_2S και H_2Se να έχουν παρεμφερή γεωμετρία.

Παρατήρηση: Σε κάθε περίπτωση το σημείο βρασμού των δυο ουσιών είναι το αποτέλεσμα δυνάμεων διασποράς και δυνάμεων διπόλου-διπόλου, που ενεργούν συγχρόνως. Το H_2S είναι πιο πολικό μόριο από το H_2Se (μ_{H_2S} = 0,95 D έναντι μ_{H_2Se} = 0,29 D). Όμως, εμφανίζει χαμηλότερο σημείο βρασμού λόγω των δυνάμεων διασποράς.



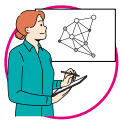
Παράδειγμα 3.10

Από το γράφημα της Εικόνας 3.54 προκύπτει ότι το H_2S έχει υψηλότερο σημείο βρασμού από το SiH_4. Για ποιο λόγο συμβαίνει αυτό κατά τη γνώμη σας;



H_2S SiH_4

Απάντηση: Οι δυο ενώσεις διαθέτουν τον ίδιο συνολικό αριθμό ηλεκτρονίων (18 έκαστο) και επομένως αναμένεται να έχουν παρεμφερή πολωσιμότητα και παρόμοιες δυνάμεις διασποράς. Όμως, το H_2S είναι πολικό μόριο (όπως το H_2O), ενώ το SiH_4 μη πολικό (όπως το CH_4). Για τον λόγο αυτό αναπτύσσει και δυνάμεις διπόλου-διπόλου πέρα από τις δυνάμεις διασποράς.



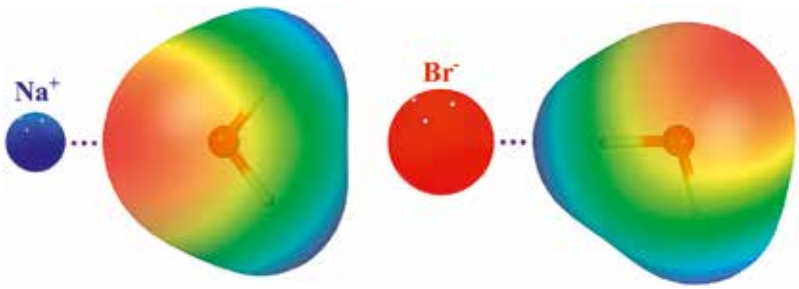
Παράδειγμα 3.11

Από το γράφημα της Εικόνας 3.54 προκύπτει ότι το H_2S έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το H_2O. Για ποιον λόγο συμβαίνει αυτό κατά τη γνώμη σας;

Απάντηση: Το νερό, όπως και η NH_3 και το HF, διαθέτουν και ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου, πέρα από τις δυνάμεις διασποράς. Οι δεσμοί υδρογόνου αποτελούν ισχυρότατες διαμοριακές δυνάμεις και επομένως υπερκαλύπτουν τις δυνάμεις διασποράς και διπόλου-διπόλου που εμφανίζει το H_2S.

3.2.2.4. Οι δεσμοί ιόντος-διπόλου και τα εφυδατωμένα ιόντα

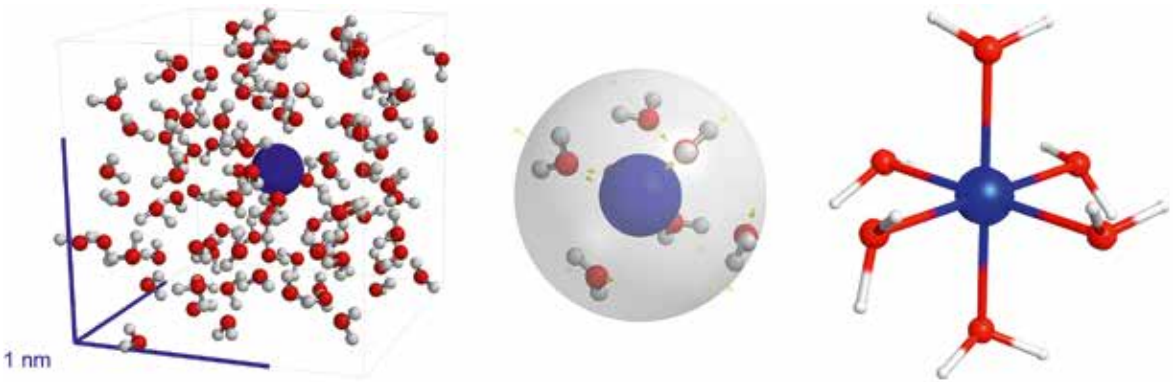
Όπως μελετήσαμε στις προηγούμενες υποενότητες, μόνιμα ή παροδικά δίπολα αλληλεπιδρούν μέσω ελκτικών αλληλεπιδράσεων. Αντίστοιχες αλληλεπιδράσεις μπορεί να αναπτυχθούν και ανάμεσα σε μόνιμα δίπολα μόρια, π.χ. μόρια ύδατος και ιόντα, π.χ. Na^+ και Br^-. Στην Εικόνα 3.55 απεικονίζονται τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις.



(α) (β)

Εικόνα 3.55: *Αλληλεπιδράσεις ιόντος-διπόλου: (α) Na^+ με ένα μόριο νερού, (β) Br^- με ένα μόριο νερού.*

Αυτές οι αλληλεπιδράσεις ιόντος-διπόλου(ων) αποτελούν την αιτία της διάλυσης των ιοντικών ενώσεων στο νερό. Στην υποενότητα 5.2 θα διαπιστώσουμε ότι κατά τη διάλυση μιας ιοντικής ένωσης στο νερό το κρυσταλλικό πλέγμα της πρώτης καταρρέει λόγω (α) των ισχυρών έλξεων των επιφανειακών ιόντων του κρυστάλλου από τα δίπολα μόρια του νερού και (β) της εξασθένησης των δυνάμεων Coulomb μεταξύ των ιόντων του κρυστάλλου, όταν παρεισφρέουν εντός της δομής του κρυστάλλου μόρια νερού. Γρήγορα τα ιόντα περνούν στην υδατική φάση, όπου και παραμένουν με τη μορφή εφυδατωμένων ιόντων (Εικόνα 3.56). Τα εφυδατωμένα ιόντα συμβολίζονται με το aq, π.χ. $Na^+(aq)$. Όμως, περισσότερα για τη διάλυση των ιοντικών ενώσεων και τον τρόπο που αυτή επιτυγχάνεται θα συζητήσουμε στο 5ο Κεφάλαιο.



(α) (β) (γ)

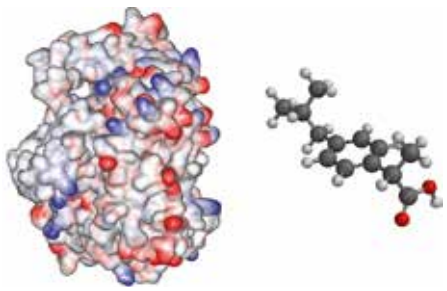
Εικόνα 3.56: *Η εφυδάτωση των ιόντων νατρίου στο νερό. (α) Διάταξη μορίων νερού γύρω από ένα κατιόν νατρίου. (β) 6-8 μόρια ύδατος βρίσκονται πλησίον κάθε ιόντος νατρίου κάθε χρονική στιγμή. (γ) Γραφική αναπαράσταση του ιόντος $Na^+(aq)$. Παρατηρήστε ότι τα μόρια νερού αλληλεπιδρούν με το μεταλλικό ιόν μέσω των ατόμων $O^{2\delta-}$ τους.*

Με το βλέμμα στον κόσμο: Η σημασία των διαμοριακών δυνάμεων

Ο Jean Marie Lehn (Nobel Χημείας 1987, Εικόνα 3.57) σε ομιλία του στις αρχές της δεκαετίας του 2000 τόνισε ότι: «Αν θεωρήσουμε ότι ο 20ος αιώνας ήταν ο αιώνας που οι χημικοί κατέκτησαν τη γνώση του χημικού δεσμού, τότε ο στόχος για τον 21ο αιώνα είναι να κατακτήσουμε τις διαμοριακές δυνάμεις». Όμως, γιατί αυτές οι δυνάμεις είναι τόσο σημαντικές; Ήδη από την παρούσα ενότητα προκύπτει ο σημαντικός τους ρόλος, μιας που οι ιδιότητες του νερού θα ήταν τελείως διαφορετικές χωρίς αυτές και πιθανότατα λόγω απουσίας των δεσμών υδρογόνου δεν θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη μας (δείτε και τη σχετική πρόταση εργασίας Ο3.1). Όμως, ο ρόλος των διαμοριακών δυνάμεων δεν σταματά εκεί. Ας δούμε, λοιπόν, μερικά παραδείγματα:

Η δομή των βιοπολυμερών

Τα βιοπολυμερή, όπως οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες και τα νουκλεϊκά οξέα οφείλουν τη δομή και τη λειτουργικότητά τους στις διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των απλούστερων μορίων που τα συνθέτουν. Ας πάρουμε για παράδειγμα μια πρωτεΐνη, την κυκλοοξυγενάση ΙΙ (COX-2, Εικόνα 3.58). Κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από αμινοξέα (πιο σωστά αμινοξικά κατάλοιπα), τα οποία μέσω αντίδρασης σχηματίζουν αλυσίδες. Τα δεσμευμένα μόρια των αμινοξέων σε αυτές τις αλυσίδες, αντί να αποκτούν τυχαίες διευθετήσεις στον χώρο, αλληλεπιδρώντας μέσω κυρίως δεσμών υδρογόνου, σχηματίζουν σταθερές δομές που ονομάζονται *α*-έλικες. Αυτές οι δομές αναπαρίστανται στην Εικόνα 3.58 ως έγχρωμες κορδέλες. Σε αντίστοιχες αλληλεπιδράσεις οφείλουν την ανθεκτικότητά τους και τα συνθετικά πολυμερή υλικά, όπως το NYLON.



(α) (β)

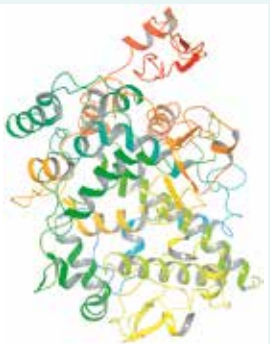
Εικόνα 3.59: *(α) Χάρτης ΕΡΜ του ενζύμου COX-2. Διακρίνονται οι περιοχές αρνητικού (κόκκινο) και θετικού (μπλε) μερικού φορτίου. (β) Το μόριο της ιβουπροφαίνης. Διακρίνονται τα δυο πολικά άτομα Ο και η ομάδα Ο-Η.*

Η ανακάλυψη των νέων δραστικών ουσιών που οδηγεί σε νέα φάρμακα

Η COX-2 είναι μια πρωτεΐνη που παράγεται στις φλεγμονές και η δράση της στον οργανισμό είναι υπεύθυνη για το αίσθημα του πόνου. Για τον

Εικόνα 3.57: *Ο Jean-Marie Lehn. Πηγή: Université Louis Pasteur, Strasbourg*

Ένα βιοπολυμερές συνήθως αποτελείται από ένα και μοναδικό μόριο πολύ μεγάλου μεγέθους (μακρομόριο). Παρά το γεγονός αυτό και στην περίπτωση των βιοπολυμερών χρησιμοποιούμε τον όρο διαμοριακές δυνάμεις!

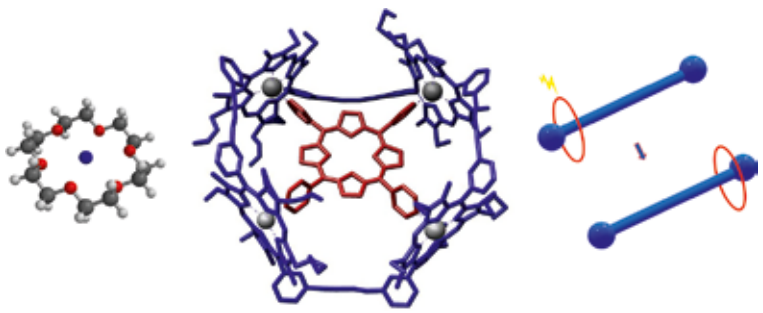


Εικόνα 3.58: *Η πρωτεΐνη COX-2 (απεικόνιση Richardson), που αποτελεί κύριο στόχο των αντιφλεγμονωδών φαρμάκων.*

λόγο αυτό αποτελεί στόχο των μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων, όπως είναι η παρακεταμόλη και η ιβουπροφαίνη. Έτσι, όταν χορηγείται ένα αντιφλεγμονώδες, αυτό φτάνοντας στην πρωτεΐνη αλληλεπιδρά μέσω ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων διπόλου-διπόλου και άλλων και τελικά συνδέεται με αυτή ισχυρά μέσω δεσμών υδρογόνου εμποδίζοντας τη δράση της (Εικόνα 3.59). Από τη μελέτη αυτών των δομών και των αλληλεπιδράσεων προκύπτουν τα νέα φάρμακα!

Η υπερμοριακή χημεία

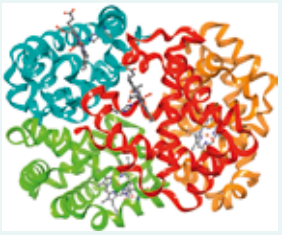
Στη φύση η διασύνδεση διαφορετικών (μακρο)μορίων μέσω διαμοριακών αλληλεπιδράσεων είναι διαδεδομένη. Η αιμοσφαιρίνη, που περιλαμβάνει 4 πρωτεϊνικές αλυσίδες (Εικόνα 3.60) και το ριβόσωμα, που αποτελείται από μόρια RNA και πρωτεϊνών είναι μερικά γνωστά παραδείγματα. Από τη δεκαετία του 1960 και μετά οι χημικοί προσπάθησαν να φτιάξουν αντίστοιχα συνθετικά υπερμοριακά συστήματα με πρωτεργάτες τους νομπελίστες Jean-Marie Lehn (Université Louis Pasteur, Strasbourg και Collège de France), Charles John Pedersen (DuPont de Nemours, Inc.) και Donald James Cram (University of California). Στην Εικόνα 3.61 απεικονίζονται μερικά απλά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων.



(α) (β) (γ)

Εικόνα 3.61: *(α) Αιθέρας στέμματος. Τα 6 ηλεκτραρνητικά άτομα οξυγόνου συγκρατούν και μεταφέρουν ένα κατιόν καλίου μέσω ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων ιόντος-διπόλου. (β) Ένα μόριο πορφυρίνης (σκούρο κόκκινο) μεταφέρεται από ένα μεγαλύτερο μακροκυκλικό μόριο. (γ) Αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας μια μοριακής μηχανής. Ο κόκκινος δακτύλιος (κυκλικό μόριο) μετά από κατάλληλο ερέθισμα (ο κεραυνός στην Εικόνα) αλλάζει θέση μεταξύ δυο ακλόνητων σημείων μιας μπλε μπάρας (ευθύγραμμο μόριο). Η μετατόπιση αυτή είναι δυνατό να αντιστραφεί. Επομένως, οι δυο ακραίες θέσεις μπορούν να θεαθούν και ως το 0 και το 1 της δυαδικής γλώσσας των υπολογιστών. Στις μέρες μας τέτοιοι μοριακοί διακόπτες δοκιμάζονται στην ανάπτυξη μοριακών υπολογιστών.*

Στις μέρες μας η υπερμοριακή χημεία έχει συνδεθεί με το πεδίο της Νανοχημείας και των μοριακών μηχανών (Εικόνα 3.61γ). Σημειώνεται ότι το Nobel Χημείας του 2016 δόθηκε σε επιστήμονες που αναπτύσσουν το πεδίο αυτό (Εικόνα 3.62). Οι εφαρμογές αυτών των ενώσεων εντοπίζονται στην ιατρική, τη μοριακή ηλεκτρονική, την αποθήκευση ενέργειας, την κατάλυση και σε πολλά άλλα πεδία.



Εικόνα 3.60: *Η αιμοσφαιρίνη, μια πρωτεΐνη μεταφοράς O_2. Διακρίνονται οι 4 υπομονάδες της.*

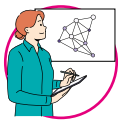
Εικόνα 3.62: *Ο Sir James Fraser Stoddart (Nobel Χημείας 2016). Πρωτοπόρος στη σύνθεση και τις εφαρμογές των μοριακών μηχανών. Πηγή: Northwestern University*

3.2.3. Διαμοριακές δυνάμεις και φυσικές ιδιότητες ουσιών

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- συσχετίζετε χαρακτηριστικές ιδιότητες ουσιών με τις διαμοριακές δυνάμεις:
  α) το σημείο βρασμού,
  β) τη διαλυτότητα ουσιών στο νερό και σε οργανικούς διαλύτες.

Από την αρχή της υποενότητας 3.2 έχουμε εισαγάγει και συζητάμε τις διαμοριακές δυνάμεις, τις δυνάμεις που συγκρατούν διαφορετικά μόρια κοντά, υπό το πρίσμα του σημείου βρασμού και του σημείου τήξης. Προτού προχωρήσουμε, ας δούμε δυο ασκήσεις σχετικές με όλα αυτά που έχουμε συζητήσει.



Παράδειγμα 3.12 Προβλέψτε τη σειρά αύξησης του σημείου βρασμού για τις ακόλουθες ενώσεις: H_2S, H_2O, CH_4, H_2 και KBr.

Πλάνο λύσης:

Σε τέτοιες ασκήσεις θα ξεκινάμε πάντα από την αναγνώριση του είδους των χημικών δεσμών που αναπτύσσονται σε κάθε ένωση.

Είναι προφανές ότι οι ιοντικές ενώσεις θα έχουν υψηλότερα σημεία ζέσεως από όλες τις υπόλοιπες μοριακές ενώσεις. Ο λόγος, βεβαίως, για αυτό είναι ότι οι δυνάμεις Coulomb, οι οποίες συγκρατούν τα ιόντα τους στον κρύσταλλο, είναι κατά πολύ ισχυρότερες από όλες τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις.

Ακολούθως, θα ελέγχουμε αν μεταξύ των δοθεισών ενώσεων υπάρχουν μόρια που αναπτύσσουν δεσμούς υδρογόνου. Αυτά τα μόρια θα χαρακτηρίζονται από ισχυρές διαμοριακές αλληλεπιδράσεις και θα είναι τα επόμενα στη σειρά.

Για τις υπόλοιπες ενώσεις εργαζόμαστε ως εξής: Υπολογίζουμε τον συνολικό αριθμό των ηλεκτρονίων που έχουν και τις ταξινομούμε βάσει αυτού. Ο αριθμός αυτός βρίσκεται από το άθροισμα των ατομικών αριθμών, Z, των εμπλεκόμενων ατόμων. Εναλλακτικά μπορούμε να τις ταξινομήσουμε βάσει του M_r τους. Όμως, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η μοριακή μάζα δεν συνδέεται απευθείας με τις διαμοριακές δυνάμεις (δείτε σχετικά την παράγραφο 3.2.2.1).

Τέλος, μεταξύ των δυνάμεων που έχουν παρεμφερή αριθμό ηλεκτρονίων και επομένως παρεμφερή ισχύ δυνάμεων διασποράς, οι πολικές ενώσεις αναμένεται να έχουν τα υψηλότερα σημεία ζέσεως. Αυτό συμβαίνει λόγω των αναπτυσσόμενων σ' αυτές αλληλεπιδράσεων διπόλου-διπόλου.

Απάντηση:

Από τις δοθείσες ενώσεις το KBr είναι ιοντική και οι υπόλοιπες μοριακές. Επομένως, η ιοντική ένωση αναμένεται να έχει το υψηλότερο σημείο βρασμού. Πράγματι T_b = 1435 °C.

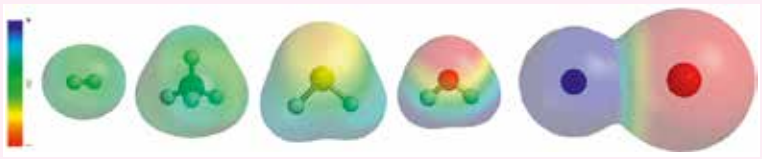
Η επόμενη στη σειρά χημική ένωση θα είναι το νερό. Διαθέτει 2 άτομα Η, που συνδέονται με ένα ηλεκτραρνητικό άτομο Ο και το σημείο βρασμού της (T_b = 100 °C) καθορίζεται ισχυρά από τους δεσμούς υδρογόνου.

Το H_2 είναι ένα άπολο μόριο με τον μικρότερο αριθμό ηλεκτρονίων στη σειρά, μόλις 2. Αναπτύσσει αμελητέες δυνάμεις London και θα είναι το τελευταίο (T_b = −253 °C).

Για τις δυο ενώσεις που απομένουν ισχύουν τα εξής: Το CH_4 είναι άπολη ένωση λόγω συμμετρίας των δεσμών της και διαθέτει 10 ηλεκτρόνια. Το H_2S είναι ένα πολικό μόριο με δεσμούς υπό γωνία και διαθέτει 18 ηλεκτρόνια. Για τις πολικότητες των μορίων αυτών δείτε τις απαντήσεις σας στην εφαρμογή 3.8. Επομένως, αναμένεται το υδρόθειο να έχει ισχυρότερες δυνάμεις διασποράς από το μεθάνιο και ταυτόχρονα να αναπτύσσει και δυνάμεις διπόλου-διπόλου.

Πράγματι για το μεθάνιο T_b = −162 °C, ενώ για το υδρόθειο T_b = −60 °C.

Συνολικά (Εικόνα 3.63) η σειρά έχει ως εξής: KBr > H_2O > H_2S > CH_4 > H_2



Εικόνα 3.63: *Χάρτες EPM για τις υπό εξέταση ενώσεις. Ο χάρτης του K^+Br^- δεν είναι στην ίδια κλίμακα με τους άλλους λόγω του μεγάλου του μεγέθους.*

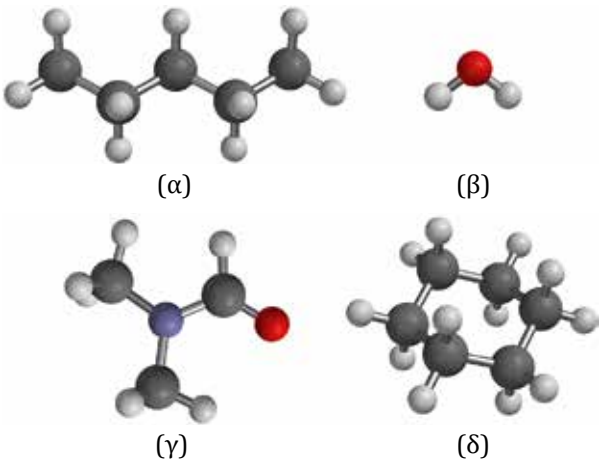
Εφαρμογή 3.13

Ποιες διαμοριακές δυνάμεις θα πρέπει να ξεπεραστούν, προκειμένου δείγματα των ακόλουθων ενώσεων να περάσουν από την υγρή στην αέρια φάση: CO_2, NH_3, $CHCl_3$ και CCl_4;

Οι διαμοριακές δυνάμεις καθορίζουν όλες τις φυσικές ιδιότητες των μοριακών ενώσεων. Ο λόγος για αυτό είναι ότι οι φυσικές ιδιότητες προκύπτουν (α) από τον τρόπο που τα διαφορετικά μόρια αλληλεπιδρούν και (β) από την ισχύ αυτών των αλληλεπιδράσεων. Επομένως, οι δυνάμεις διασποράς, οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου καθώς και οι δεσμοί υδρογόνου καθορίζουν επίσης την τάση των ατμών ενός υγρού (μέτρο της ικανότητάς του να εξατμίζεται), το ιξώδες του (την αντίστασή του στη ροή, Εικόνα 3.64) καθώς και την επιφανειακή του τάση (η ιδιότητα που επιτρέπει σε έντομα να περπατούν στην επιφάνεια του νερού, Εικόνα 3.65). Όμως, στο Λύκειο δεν θα ασχοληθούμε εκτενέστερα με αυτές τις ιδιότητες.

Αντίθετα, στην παρούσα παράγραφο θα κάνουμε αναφορά σε μια τελευταία ιδιότητα των υγρών που καθορίζεται από τις διαμοριακές δυνάμεις, τη *διαλυτότητα*.

Ξεκινώντας, στην Εικόνα 3.66, που ακολουθεί, απεικονίζονται μερικά μόρια, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη χημεία ως διαλύτες. Στη συνήθη θερμοκρασία και πίεση όλοι αυτοί οι διαλύτες είναι υγροί. *Εργαζόμενοι σε ομάδες να αποφασίσετε ποια από τα μόρια της εικόνας είναι πολικά και ποια είναι άπολα.*



(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 3.64: *Το μέλι αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από τα σάκχαρα φρουκτόζη και γλυκόζη. Τα δυο αυτά πολικά μόρια διαθέτουν και αρκετές ομάδες που σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου. Πρόκειται για παχύρρευστο υγρό υψηλού ιξώδους.*

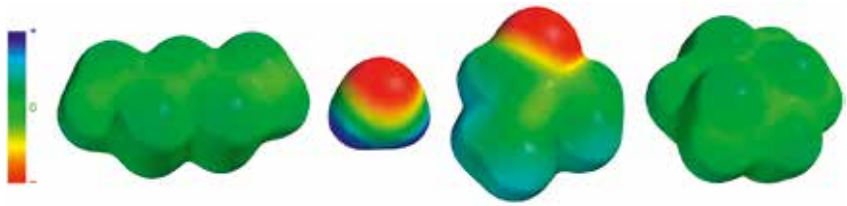
Εικόνα 3.65: *Ετερόπτερο έντομο που επικάθεται επί του νερού της λίμνης. Μια ικανότητα που οφείλεται στη δομή των λεπτών του άκρων και στους ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου του νερού.*

Εικόνα 3.66: *(α) Πεντάνιο, (β) νερό, (γ) DMF (C_3H_8NO), (δ) κυκλοεξάνιο.*

Πολικά: .....

Άπολα: .....

Στην Εικόνα 3.67 απεικονίζονται οι χάρτες EPM των υπό εξέταση μορίων. Συμφωνούν οι χάρτες με την απάντησή σας; Αν όχι, να κάνετε τις απαραίτητες διορθώσεις.



(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 3.67: *Χάρτες EPM για τα υπό εξέταση μόρια: (α) C_5H_{12}, (β) H_2O, (γ) C_3H_8NO, (δ) C_6H_{12}.*

Ακολουθώντας τον διπλανό σύνδεσμο, θα παρακολουθήσετε προσομοιώσεις και βίντεο της ανάμειξης των πέντε εκ των έξι ζευγών διαλυτών. Δείτε και τις δυο σχετικές εικόνες (3.68 και 3.69). Σταματήστε το βίντεο στο 2:26 min. Με βάση τις παρατηρήσεις σας να συμπληρώσετε τον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: *Ανάμειξη κοινών διαλυτών. Σε κάθε κουτάκι να συμπληρώσετε ένα ✓, αν οι δυο διαλύτες αναμειγνύονται ή ένα ✗, αν δεν αναμειγνύονται.*

Διαλύτης 1 / Διαλύτης 2	C_6H_{12}	DMF	H_2O
C_5H_{12}			
C_6H_{12}			
DMF			

Αναγνωρίζετε κάποιο μοτίβο στα ανωτέρω πειράματα;

.....

.....

.....

Εικόνα 3.68: *Το σύστημα H_2O-DMF. Πριν την ανάμειξη το νερό είχε χρωματιστεί κόκκινο, ενώ το DMF κίτρινο.*

Εικόνα 3.69: *Το σύστημα H_2O-C_6H_{12}. Το νερό έχει χρωματιστεί κόκκινο, ενώ το κυκλοεξάνιο γαλάζιο, για εποπτικούς λόγους.*

Βίντεο και προσομοιώσεις με τα πειράματα ανάμειξης.
Μπορείτε να απαντήσετε στις ερωτήσεις με την ομάδα σας;

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Μπορείτε με βάση το ανωτέρω μοτίβο να προβλέψετε τι θα συμβεί κατά την προσπάθεια ανάμειξης του C_6H_{12} με το DMF;

.....

.....

Ολοκληρώστε τη θέαση του βίντεο και παραλάβετε τώρα από τον/την καθηγητή/ριά σας τον Πίνακα 3.5 ορθά συμπληρωμένο (Εικόνα 3.70). Εναλλακτικά «κατεβάστε το» ακολουθώντας τον διπλανό σύνδεσμο.

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, υπάρχει ένας «κανόνας» που ακολουθούμε, αν θέλουμε να κάνουμε μια πρώτη εκτίμηση για το αν μια μοριακή ουσία διαλύεται σε μια άλλη: **«τα όμοια διαλύουν όμοια»**. Με άλλα λόγια οι πολικές ουσίες διαλύονται σε πολικούς διαλύτες και οι μη πολικές ουσίες διαλύονται σε μη πολικούς διαλύτες.

Αξιοποιώντας τις γνώσεις σας για τις διαμοριακές δυνάμεις, μπορείτε να κάνετε μια πρώτη εκτίμηση για τον λόγο που το DMF διαλύεται στο νερό; Μπορείτε για βοήθεια να συμβουλευθείτε την Εικόνα 3.71.

.....

.....

.....

.....

.....

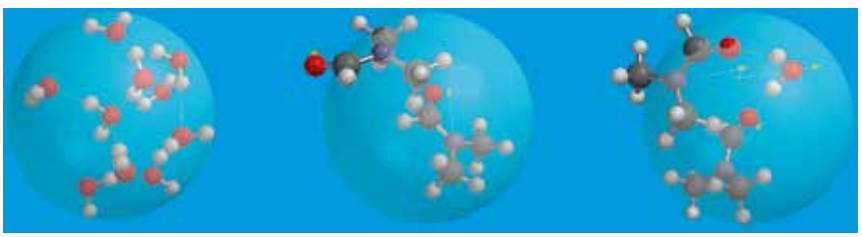
.....

.....

.....

.....

.....



(α) (β) (γ)

Εικόνα 3.71: *Τυχαίες κατανομές μορίων γύρω από ένα κεντρικό μόριο σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις: (α) σε ένα δείγμα νερού, (β) σε ένα δείγμα DMF, (γ) σε ένα μείγμα DMF-νερού.*

Συζήτηση στην ολομέλεια

Εικόνα 3.70: *Ο Πίνακας 3.5 ορθά συμπληρωμένος.*

Συζήτηση στην ομάδα

Βοηθητικά ερωτήματα:
Ποια είναι η φύση των διαμοριακών δυνάμεων στα (α) και (β);
Ποια είναι η φύση των διαμοριακών δυνάμεων στο (γ);

Δυο μοριακές ουσίες που έρχονται σε επαφή γενικά έχουν την τάση να αναμειχθούν. Από ενεργειακής πλευράς αυτή η τάση ανάμειξης ενισχύεται, όταν οι διαμοριακές δυνάμεις πριν και μετά την ανάμειξη ομοιάζουν. Ας εξετάσουμε μια ακόμα περίπτωση όπου ο ένας εκ των δυο διαλυτών είναι το νερό· αυτή του συστήματος πεντανίου-νερού. Εδώ, σε αντίθεση με την περίπτωση του μείγματος DMF-νερού, που αντιμετωπίσαμε πριν, το νερό δεν αναμειγνύεται με το πεντάνιο. Οι δυο διαλύτες σχηματίζουν ένα διφασικό σύστημα, αντίστοιχο με αυτό που σχηματίζεται στο σύστημα λάδι-νερό (Εικόνα 3.72). Πριν την προσπάθεια ανάμειξης τα μόρια του νερού συνδέονται με ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου. Αντίθετα, τα μόρια του πεντανίου αλληλεπιδρούν μόνο μέσω δυνάμεων διασποράς. Σε αντίθεση με το σύστημα DMF-νερού, τα μόρια του νερού δεν μπορούν να αλληλοεπιδράσουν ισχυρά με τα μη πολικά μόρια του πεντανίου και αντιστρόφως. Επομένως, παρά την τάση αμφοτέρων των ενώσεων να αναμειχθούν και να σχηματίσουν ένα ομογενές μείγμα, τελικά αυτό δεν γίνεται.

Εικόνα 3.72: *Το λάδι έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό και αποτελεί την ανώτερη φάση στο σύστημα λάδι-(χρωματισμένο) νερό.*

Εργαστηριακή Δραστηριότητα: Ο κανόνας «όμοια διαλύουν όμοια»

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα εξετάσουμε δυο κοινούς διαλύτες που αναμειγνύονται και θα μάθουμε έναν τρόπο να τους κάνουμε να «ξεαναμειχθούν»!

Υλικά και κανόνες ασφαλείας

Θα χρειαστούμε νερό (περίπου 20 mL), ακετόνη (το γνωστό μας «ασετόν», περίπου 35 mL), χρωστική ζαχαροπλαστικής ή νερομπογιά, πούδρα glitter.

Η ακετόνη είναι ένας οργανικός διαλύτης. Να αποφύγετε την επαφή του με τα μάτια και τα ρούχα. Να ακολουθήσετε τα γνωστά μέτρα ασφαλείας.

Εκτέλεση

Ακολουθήστε τις οδηγίες που θα βρείτε στον πλαϊνό σύνδεσμο.

Μπορείτε να φτιάξετε διαφορετικούς χρωματικούς συνδυασμούς από αυτούς του βίντεο;

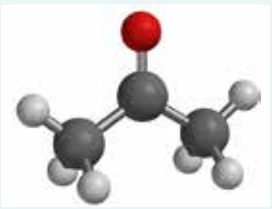
Γιατί η κάθε χρωστική διαλύεται σε μόνο έναν από τους δυο διαλύτες;

Γιατί η ακετόνη (Εικόνα 3.73), ένα πολικό μόριο, διαλύεται στο νερό;

Πώς αλληλεπιδρούν με το νερό τα ιόντα νατρίου και χλωρίου;

Δείτε με την ομάδα σας την προσομοίωση της διεπιφάνειας νερού-ακετόνης. Μπορείτε να απαντήσετε στις ερωτήσεις;

Το βίντεο με τη δραστηριότητα και τις σχετικές οδηγίες εδώ:



Εικόνα 3.73: *Η ακετόνη. Περιλαμβάνει τον πολικό δεσμό C=O.*

3.2.4. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στη διπολική ροπή

Η παρούσα δραστηριότητα είναι προαιρετική

Δίνονται δυο δεδομένα:

Δεδομένο Α: Ο Leland C. Allen το 1989 πρότεινε μια απλή μέθοδο εκτίμησης της απόλυτης τιμής μερικού φορτίου δ, που αποκτά ένα άτομο Α σε ένα διατομικό μόριο ΑΧ. Η μέθοδός του στηρίζεται στην ηλεκτραρνητικότητα των ατόμων και περιγράφεται από την εξίσωση 3.4:

$$\delta_A = V_A - N_A - p_A \cdot B_A \qquad (3.4)$$

όπου

V_A = ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους για το άτομο Α, π.χ. για το Cl είναι 7.

N_A = ο αριθμός των μη δεσμικών ηλεκτρονίων του ατόμου Α με βάση τη δομή κατά Lewis της ένωσης ΑΧ, π.χ. για το Cl στο HCl είναι 6.

B_A = ο αριθμός των δεσμικών ηλεκτρονίων του ατόμου Α με βάση τη δομή κατά Lewis της ένωσης ΑΧ. Στην περίπτωση του ομοιοπολικού δεσμού θεωρήστε ότι τα δεσμικά ηλεκτρόνια ανήκουν (από κοινού) και στα δυο άτομα, π.χ. για το Cl στο HCl είναι 2.

p_A = το μέτρο της ηλεκτρονιακής έλξης του ατόμου Α σε σχέση με το άτομο Χ. Το pA βασίζεται στις τιμές ηλεκτραρνητικότητας και δίνεται από την εξίσωση 3.5:

$$p_A = \frac{EN_A}{EN_A + EN_X} \qquad (3.5)$$

όπου

EN_A = η ηλεκτραρνητικότητα του στοιχείου Α.

EN_X = η ηλεκτραρνητικότητα του στοιχείου Χ.

Δεδομένο Β: Το γινόμενο $100 \cdot \delta$ μπορεί να θεωρηθεί ως το ποσοστό επί τοις εκατό του ιοντικού χαρακτήρα ενός δεσμού (Ι.Χ.). Για παράδειγμα, στην περίπτωση που $\delta = 1{,}00$ έχουμε 100 % ιοντικό δεσμό, ενώ, αν έχουμε $\delta = 0$, έχουμε 0 % ιοντικό χαρακτήρα. Όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 3.2.1, για τα διατομικά μόρια είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το μερικό φορτίο δ από την εξίσωση 3.3 και τις πειραματικές τιμές των μ και r. Τέτοιες πειραματικές τιμές ($Ι.Χ._{\pi}$) δίνονται στον Πίνακα 3.6, που ακολουθεί:

Με βάση τα ανωτέρω δεδομένα:

α) να εκτιμήσετε το ποσοστό του ιοντικού χαρακτήρα (το γινόμενο $100 \cdot \delta$) των δεσμών ανάμεσα στα άτομα (Η και Η), (F και Η), (Cl και Η), (Br και Η), (I και Η), (F και Cl), (Cl και Br), (Br και I) και (Cl και I), με βάση τη μέθοδο του Allen.

β) να σχεδιάσετε διάγραμμα τύπου $x - y$ με το οποίο να συγκρίνονται τα δυο ανωτέρω κριτήρια του ιοντικού χαρακτήρα των δεσμών, ήτοι η εκτίμηση του Allen και η πειραματικά προσδιορισθείσα τιμή (Εικόνα 3.74). Να θέσετε τις πειραματικές τιμές επί του άξονα των x και τις θεωρητικές επί του άξονα των y.

γ) να διατυπώσετε την άποψή σας για το κατά πόσο η μέθοδος του Allen αποτελεί καλή προσέγγιση της πραγματικότητας.

Τις απαραίτητες τιμές ηλεκτραρνητικότητας μπορείτε να τις πάρετε από τον πίνακα της Εικόνας 3.22.

Πίνακας 3.6: *Πειραματικές και θεωρητικές τιμές του ιοντικού χαρακτήρα (Ι.Χ. = 100 * δ) ορισμένων διατομικών μορίων.*

A	X	EN_A	EN_X	$I.X._{\pi}$	V_A	N_A	B_A	p_A	δ_A	V_X	N_X	B_A	p_X	δ_X	$I.X._{\theta}$
H	H			0											
F	H			42											
Cl	H			18											
Br	H			12											
I	H			6											
F	Cl			11											
Cl	Br			5											
Br	I			6											
Cl	I			11											

Εικόνα 3.74: *Διάγραμμα ιοντικού χαρακτήρα των δεσμών συναρτήσει της διαφοράς ηλεκτραρνητικότητας των ατόμων που τους δημιουργούν.*

Ενδιαφέροντες σύνδεσμοι:

α) Λογισμικά για τον σχεδιασμό και την απεικόνιση μορίων και ενώσεων:
https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/
https://molview.org/
https://lifescience.opensource.epam.com/ketcher/index.html#standalone-and-remote-modes
και
https://lifescience.opensource.epam.com/KetcherDemo/index.html?api_path=/v2 (latest demo, 2024).

β) Ο βρασμός και η υγροποίηση:
http://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/sam/intermolecular-attractions/3-2-boiling-point-and-solubility.json

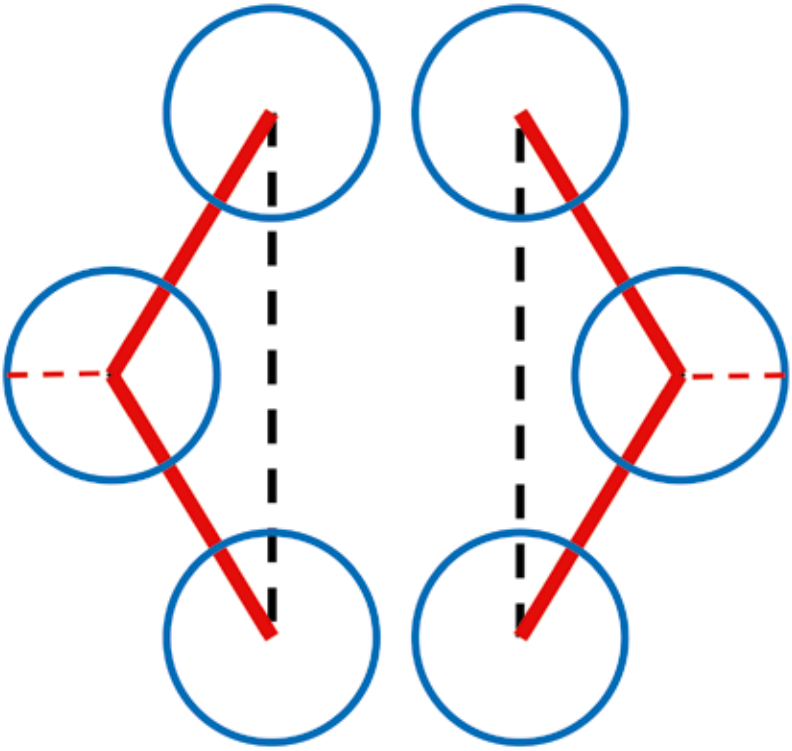
γ) Το σχήμα των μορίων:
https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_all.html

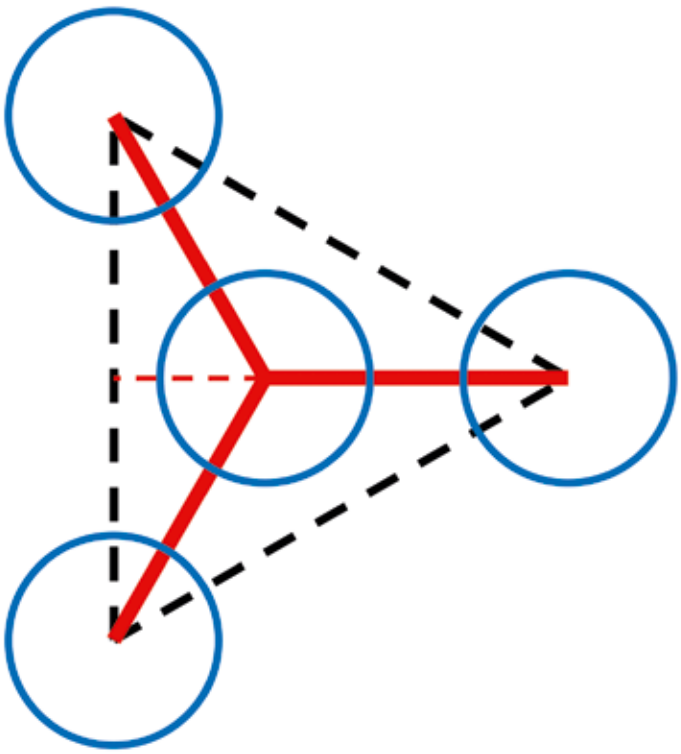
δ) Οι καταστάσεις της ύλης:
https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html

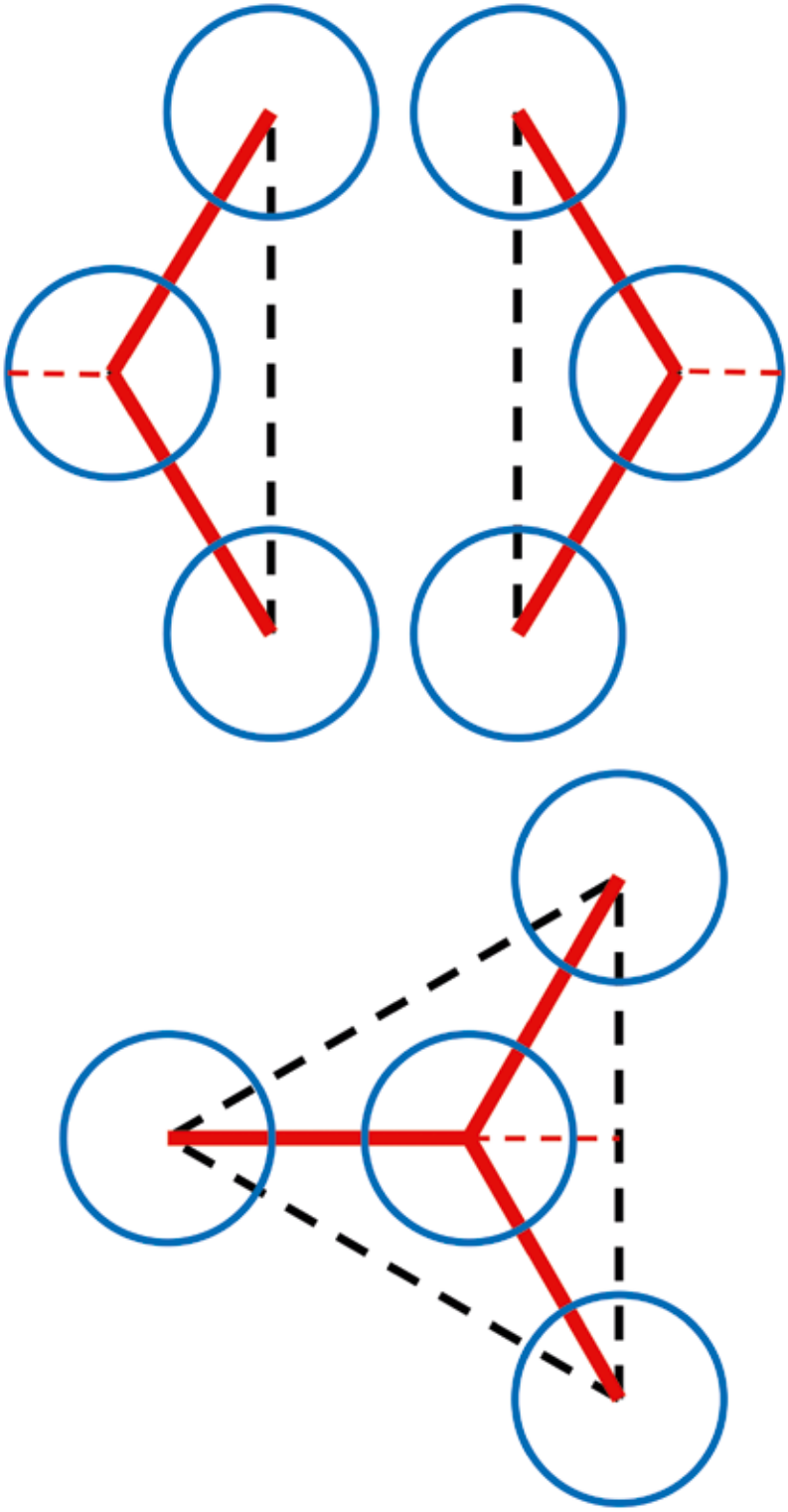
3.2.5. Κατασκευή προσομοιωμάτων

Αν δεν έχετε στη διάθεσή σας προσομοιώματα μορίων ή κινητό τηλέφωνο, μπορείτε να εκτυπώσετε τις δυο σελίδες της παραγράφου αυτής και να κόψετε τις ακόλουθες εικόνες. Ακολούθως μπορείτε να τα συνδυάσετε ενώνοντάς τα στις κόκκινες διακεκομμένες γραμμές, κατασκευάζοντας με αυτό τον τρόπο πρόχειρα προσομοιώματα! Σημειώνεται ότι, για να σχηματιστεί το τετράεδρο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε τα δυο ισοσκελή τρίγωνα.

Βρείτε την άσκηση και σε ψηφιακή μορφή εδώ







Τεστ Αυτοαξιολόγησης 5

Αν αισθάνεστε έτοιμοι να ολοκληρώσετε την ενότητα, στη διάθεσή σας υπάρχει και το ακόλουθο τεστ αυτοαξιολόγησης!

Εννοιολογικός Χάρτης 3ης Ενότητας

Γλωσσάριο

Άπολο (μη πολικό) μόριο: Μόριο στο οποίο ισχύει $\mu = 0$.

Αρχή της Ελάχιστης Ενέργειας: Όλες οι μεταβολές, που συμβαίνουν χωρίς την κατανάλωση έργου, οδηγούν προς καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας.

Εφυδατωμένα ιόντα: Ιόντα μετάλλων και αμετάλλων, τα οποία σε υδατικά διαλύματα αλληλεπιδρούν με μόρια νερού που βρίσκονται κοντά τους με δεσμούς ιόντος-διπόλου. Συμβολίζονται με aq.

Δέκτης δεσμού υδρογόνου: Το ηλεκτραρνητικό άτομο του μορίου (F, O, N), που συμμετέχει σε δεσμό υδρογόνου και φέρει ασύζευκτο ζεύγος ηλεκτρονίων.

Δεσμοί υδρογόνου: Ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις, που αναπτύσσονται μεταξύ του ατόμου Η ενός μορίου και του ασύζευκτου ζεύγους ηλεκτρονίων ενός ισχυρά ηλεκτραρνητικού ατόμου (F, O ή N) κάποιου άλλου μορίου.

Δεσμός συναρμογής: Πρόκειται για ομοιοπολικό δεσμό, ο οποίος δημιουργήθηκε από την εκχώρηση ενός ζεύγους ηλεκτρονίων αποκλειστικά από το ένα εκ των δυο εμπλεκόμενων ατόμων.

Διαλυτότητα: Η ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να διαλυθεί πλήρως σε συγκεκριμένη ποσότητα μιας άλλης ουσίας σε ορισμένη θερμοκρασία. Στην παρούσα υποενότητα μας απασχόλησε η περίπτωση καθαρών υγρών και η πιθανότητα να μπορούν να αναμειγνύονται σε ζεύγη.

Διαμοριακές δυνάμεις: Οι ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ μορίων και κατ' επέκταση ανάμεσα σε πολικά μόρια και ιόντα. Επίσης δύναται να αναπτυχθούν μεταξύ διαφορετικών περιοχών του ίδιου μακρομορίου, όπως στην περίπτωση των πολυμερών, των πρωτεϊνών, του DNA κ.τ.λ.

Διπολική ροπή: Διανυσματικό μέγεθος που χαρακτηρίζει την πολικότητα ενός δεσμού. Εξαρτάται από το μερικό φορτίο των ατόμων που τον συνιστούν και τη μεταξύ τους απόσταση (μήκος δεσμού). Στην περίπτωση πολυατομικών μορίων δύναται να ληφθεί το διανυσματικό άθροισμα των επιμέρους ροπών. Η συνισταμένη ροπή καλείται διπολική ροπή του μορίου. Συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα μ.

Δίπολο εξ επαγωγής: Ανισοκατανομή του φορτίου σε ένα μόριο λόγω της παρουσίας ενός διπόλου στην εγγύς περιοχή του.

Δομή Lewis: *Βλέπε θεωρία Lewis.*

Δότης δεσμού υδρογόνου: Το άτομο $H^{\delta+}$ που συμμετέχει σε δεσμό υδρογόνου.

Δοτικός ομοιοπολικός δεσμός: *Βλέπε δεσμός συναρμογής.*

Δυνάμεις διασποράς (London): Διαμοριακές δυνάμεις που οφείλονται στην ανάπτυξη τυχαίων παροδικών διπόλων σε ένα μόριο.

Δυνάμεις διπόλου-διπόλου: Διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ πολικών μορίων, λόγω της ύπαρξης μόνιμου διαχωρισμού του φορτίου τους (π.χ. σε μόρια της μορφής $A^{\delta+} - X^{\delta-}$).

Ενέργεια δεσμού: Η ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε έναν δεσμό προκειμένου αυτός να σπάσει, δηλαδή να απελευθερωθούν τα άτομα από τον μεταξύ τους δεσμό.

Ηλεκτραρνητικότητα (*EN*) στοιχείου: Η τάση των ατόμων ενός στοιχείου να έλκουν ηλεκτρόνια.

Θεωρία Lewis: Πρόκειται για μέθοδο ηλεκτρονιακής απεικόνισης ατόμων, μορίων και ιόντων, σύμφωνα με την οποία τα ηλεκτρόνια σθένους απεικονίζονται με κουκίδες.

Ιοντικός δεσμός: Η ελκτική δύναμη Coulomb, που αναπτύσσεται μεταξύ αντίθετα φορτισμένων ιόντων. Δεν πρέπει να συσχετίζεται με τις αντιδράσεις που προκαλούν τη δημιουργία των ιόντων.

Κανόνας της οκτάδας: καλύτερα, κανόνας της συμπληρωμένης εξωτερικής στιβάδας. Τα

άτομα/ιόντα με συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα συνήθως επιδεικνύουν χημική αδράνεια.

Μερικό φορτίο: Όταν ο ομοιοπολικός δεσμός σχηματίζεται μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων, το ένα από τα δυο άτομα έλκει ισχυρότερα το κοινό ζεύγος. Το αποτέλεσμα είναι ότι αποκτά ένα μικρό φορτίο που ονομάζεται μερικό. Συμβολίζεται συνήθως με το ελληνικό γράμμα *δ*.

Μεταλλικός δεσμός: Ο δεσμός στα μεταλλικά στερεά. Οφείλεται στις δυνάμεις Coulomb που αναπτύσσονται ανάμεσα στα ελεύθερα ηλεκτρόνια μιας «θάλασσας» ηλεκτρονίων σθένους και τα μεταλλικά ιόντα που παραμένουν σε συγκεκριμένες θέσεις ενός πλέγματος.

Μήκος δεσμού: Η απόσταση μεταξύ δυο ατόμων, η οποία αντιστοιχεί στη θέση ελάχιστης δυναμικής ενέργειας. Πρόκειται για την απόσταση στην οποία οι απωστικές και ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων των διαφορετικών ατόμων βρίσκονται σε ισορροπία.

Μονήρη ηλεκτρόνια: Μοναχικά ηλεκτρόνια, δηλαδή ηλεκτρόνια που δεν έχουν σχηματίσει ζεύγος, στην εξωτερική στιβάδα κάποιου ατόμου.

Όμοια διαλύουν όμοια (εμπειρικός κανόνας): Τα πολικά μόρια διαλύονται σε πολικούς διαλύτες και τα άπολα μόρια σε μη πολικούς διαλύτες.

Ομοιοπολικός δεσμός: Σχηματίζεται μεταξύ αμετάλλων μέσω αμοιβαίας συνεισφοράς ηλεκτρονίων των εξωτερικών τους στιβάδων.

Μηχανικός δεσμός: Ένας μηχανικός δεσμός είναι μια εμπλοκή στον χώρο μεταξύ δύο ή περισσότερων μορίων, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην μπορούν να διαχωριστούν μεταξύ τους, χωρίς να σπάσει κάποιος χημικός δεσμός.

Πολικό μόριο: Μόριο στο οποίο ισχύει $\mu \neq 0$.

Πόλωση του ομοιοπολικού δεσμού: Η ανισοκατανομή του φορτίου των ηλεκτρονίων σε έναν δεσμό. Συμβαίνει σε δεσμούς μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων. Το ένα από τα δυο άτομα έλκει το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων ισχυρότερα.

Πολωσιμότητα: Η δυνατότητα ενός μορίου να υφίσταται πόλωση.

Σημείο βρασμού (ζέσης): Η θερμοκρασία στην οποία ένα καθαρό υγρό βράζει σε δεδομένη ατμοσφαιρική πίεση. Στη συγκεκριμένη θερμοκρασία η αέρια και η υγρά κατάσταση της ουσίας συνυπάρχουν. Για δεδομένη πίεση το σημείο ζέσης συμπίπτει με το σημείο υγροποίησης.

Σημείο τήξης: Η θερμοκρασία στην οποία μια στερεά ουσία τήκεται (λιώνει) σε δεδομένη ατμοσφαιρική πίεση. Στη συγκεκριμένη θερμοκρασία η στερεά και η υγρά κατάσταση της ουσίας συνυπάρχουν. Για την ίδια πίεση το σημείο τήξης συμπίπτει με το **σημείο πήξης**.

Τετράεδρο: Γεωμετρική δομή με τέσσερις τριγωνικές έδρες. Πρόκειται για τριγωνική πυραμίδα που οι 4 έδρες της είναι ισόπλευρα τρίγωνα. Ανήκει στα πλατωνικά στερεά.

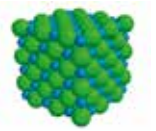
Υπερμοριακή Χημεία: Ο τομέας της Χημείας που μελετά (μακρο)μόρια που συνδέονται μεταξύ τους ισχυρά μέσω διαμοριακών δυνάμεων.

Φυσικοχημεία: Ο τομέας της Χημείας που μελετά τα χημικά συστήματα με τη βοήθεια των αρχών και των εργαλείων της Φυσικής.

Χημικός δεσμός: Η ελκτική δύναμη που συγκρατεί τα άτομα ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. τα ιόντα, ενωμένα μεταξύ τους. Με άλλα λόγια πρόκειται για την «κόλλα» που κρατά ενωμένα τα άτομα ή τα ιόντα σε ένα μόριο ή ένα υλικό.

3.1 Ο Χημικός Δεσμός

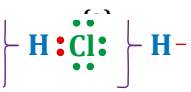
- Τα άτομα των στοιχείων αντιδρούν μεταξύ τους προς σχηματισμό χημικών ενώσεων, διότι οι τελευταίες είναι ενεργειακά σταθερότερες. Αυξημένη ενεργειακή σταθερότητα σημαίνει μικρότερη τάση προς αντίδραση.
- Η θεωρία του Lewis μπορεί να συνοψιστεί σε δυο βασικές αρχές: (α) τα άτομα συμμετέχουν στις αντιδράσεις με τα ηλεκτρόνια σθένους τους και (β) Σε μια χημική αντίδραση όλα τα άτομα να αποκτούν τη δομή των ευγενών αερίων.
- Ο Lewis πρότεινε την αναπαράσταση των ατόμων με τρόπο ώστε να φαίνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων της εξωτερικής τους στιβάδας.
- Ο χημικός δεσμός είναι η ελκτική δύναμη που συγκρατεί τα άτομα ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. τα ιόντα, ενωμένα μεταξύ τους.



- Ο **ιοντικός δεσμός** είναι η ελκτική δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ αντίθετα φορτισμένων ιόντων.
- Τα ιοντικά στερεά αποτελούνται από ένα τρισδιάστατο πλέγμα ιόντων που ονομάζεται κρυσταλλικό πλέγμα.

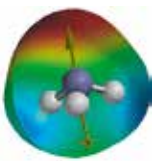
- Ο ομοιοπολικός δεσμός σχηματίζεται συνήθως μεταξύ αμετάλλων. Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόνια δεν μεταφέρονται από το ένα άτομο στο άλλο, αλλά διαμοιράζονται μεταξύ των ατόμων του δεσμού. Σύμφωνα με τη θεωρία του Lewis τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ζεύγη. Τα ζεύγη τοποθετούνται μεταξύ των ατόμων του δεσμού, υποδηλώνοντας με αυτό τον τρόπο ότι προσμετρώνται και στα δυο άτομα.

$K(1)$
$:K(2)L(5)M(7)$

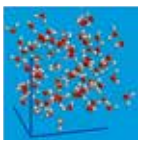


- Ανάλογα με την προέλευση των διαμοιραζόμενων ηλεκτρονίων διακρίνονται δύο περιπτώσεις: (α) τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια προέρχονται από την αμοιβαία συνεισφορά μονήρων (μοναχικών) ηλεκτρονίων σθένους και (β) τα διαμοιραζόμενα ηλεκτρόνια προέρχονται από το ένα εκ των δυο ατόμων του δεσμού. Στην πρώτη περίπτωση ο δεσμός ονομάζεται **ομοιοπολικός**, ενώ στη δεύτερη περίπτωση **ομοιοπολικός δεσμός συναρμογής**.
- Ένας ομοιοπολικός δεσμός, στον οποίο έχουν δημιουργηθεί ένα θετικό ($\delta+$) και ένα αρνητικό ($\delta-$) άκρο, καλείται πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός.

3.2 Οι Διαμοριακές Δυνάμεις



- Η **διπολική ροπή** ενός διατομικού μορίου είναι ένα διανυσματικό μέγεθος και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα ***μ.*** Έχει ως διάνυσμα τη διεύθυνση του δεσμού με αρχή το θετικό του άκρο (το άτομο που φέρει το $\delta+$) και πέρας το αρνητικό του άκρο (το άτομο που φέρει το $\delta-$).
- Επομένως, κάθε μόριο για το οποίο ισχύει $\mu \neq 0$ καλείται πολικό.



- Υπάρχουν τρία κύρια είδη **διαμοριακών δυνάμεων**: (α) οι **δυνάμεις διασποράς**, που αναπτύσσονται μεταξύ παροδικών διπόλων, (β) οι **δυνάμεις διπόλου – διπόλου** και (γ) οι **δεσμοί υδρογόνου**.
- Οι δεσμοί υδρογόνου είναι μια ειδική περίπτωση ελκτικών αλληλεπιδράσεων που προσδίδουν στο H_2O, την NH_3 και το HF, τις ξεχωριστές τους ιδιότητες.

Ερωτήσεις, Ασκήσεις και Προβλήματα

Για όλες τις ασκήσεις που ακολουθούν οι ατομικοί αριθμοί των στοιχείων καθώς και η θέση τους στον Περιοδικό Πίνακα θεωρούνται γνωστά.

Οι ασκήσεις με την ένδειξη είναι περισσότερο απαιτητικές.

Γενικά για τον Χημικό Δεσμό

3.1. Ποιες δυνάμεις απαντούν σε κάθε χημικό δεσμό; Ποιες αντίστοιχες δυνάμεις συνδέονται με τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις;

3.2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ του ιοντικού και του ομοιοπολικού δεσμού;

3.3. Μπορείτε να ταξινομήσετε τις ακόλουθες ενώσεις ανάλογα με το είδος του δεσμού τους;

α) $CsCl_2$.
β) NH_3.
γ) H_2CO_3.

Ο Ιοντικός Δεσμός

3.4. Να περιγράψετε τον χημικό δεσμό, δίνοντας τους απαραίτητους ηλεκτρονιακούς τύπους κατά Lewis στις ακόλουθες περιπτώσεις:

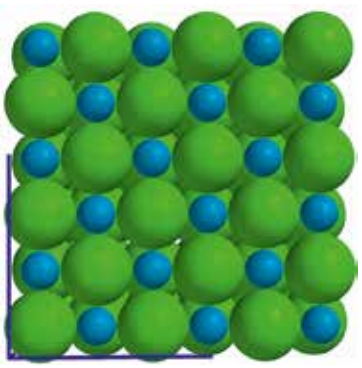
α) Li_2O.
β) CaS.
γ) MgF_2.

3.5. Οι ακόλουθοι χημικοί τύποι δεν αντιστοιχούν σε ιοντική ένωση. Μπορείτε να βρείτε το λάθος και να γράψετε τους σωστούς;

α) CaP.
β) KO

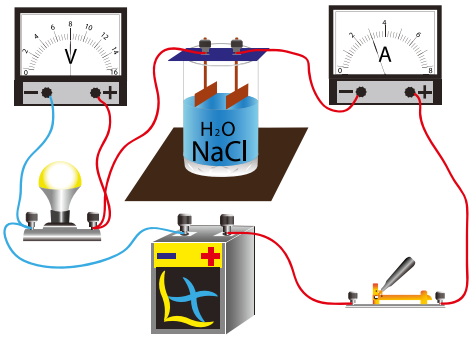
3.6. Ακολούθως απεικονίζεται μια διατομή (μια «φέτα») από έναν κρύσταλλο NaCl(s). Για καθεμία από τις επόμενες προτάσεις να αποφασίσετε αν είναι σωστή ή λανθασμένη.

α) Ένα κατιόν έλκεται από οποιοδήποτε ανιόν.
β) Κάθε κατιόν νατρίου έχει σχηματίσει ιοντικό δεσμό μόνο με το ανιόν χλωρίου στο οποίο έδωσε το ηλεκτρόνιό του.
γ) Κάθε κατιόν νατρίου μπορεί να σχηματίσει μόνο έναν ιοντικό δεσμό, διότι διαθέτει μόνο ένα ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα.
δ) Η αιτία για τον σχηματισμό δεσμού ανάμεσα στα ανιόντα και τα κατιόντα είναι η μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ τους.
ε) Κάθε ανιόν χλωρίου έλκεται με ιοντικό δεσμό από ένα κατιόν νατρίου της γειτονιάς του και συγχρόνως έλκεται από τα υπόλοιπα κατιόντα νατρίου με δυνάμεις Coulomb.
στ) Κάθε μόριο νατριοχλωριδίου περιέχει ένα ιόν νατρίου και ένα ιόν χλωρίου.
ζ) Ιοντικός δεσμός είναι η έλξη μεταξύ θετικού και αρνητικού ιόντος.
η) Ένα κατιόν μπορεί να σχηματίσει δεσμό με καθένα από τα γειτονικά του ανιόντα, αρκεί να είναι αρκετά κοντά.
θ) Ένα ανιόν μπορεί να δέχεται ελκτικές δυνάμεις από οποιοδήποτε θετικό ιόν.
ι) Στην Εικόνα δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί πού βρίσκονται οι ιοντικοί δεσμοί, διότι δεν γνωρίζουμε μεταξύ ποιων ατόμων νατρίου και χλωρίου έγινε η μεταφορά των ηλεκτρονίων.



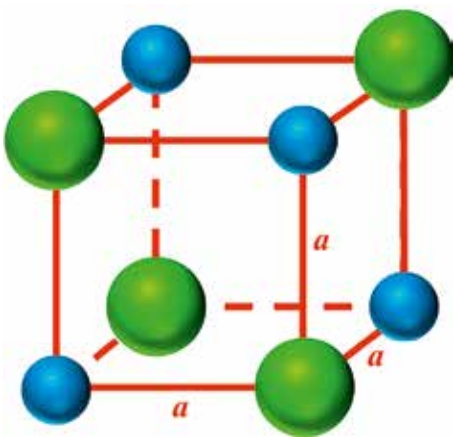
3.7. Θεωρείτε πιθανό η σταθερότερη ιοντική ένωση που σχηματίζουν τα χημικά στοιχεία Ca και Cl να είναι η CaCl;

3.8. Στην ακόλουθη πειραματική διάταξη, όταν στο ποτήρι υπάρχει απιονισμένο νερό, το λαμπάκι παραμένει σβηστό. Όμως, αν το ποτήρι περιέχει διάλυμα NaCl (έχουν προστεθεί ~ 36 g NaCl), το λαμπάκι ανάβει. Για ποιο λόγο, κατά τη γνώμη σας, συμβαίνει αυτό;



3.9. Για ποιο λόγο, κατά τη γνώμη σας, το σημείο τήξεως του NaF είναι μικρότερο από το Σ.Τ. του MgS; Δίνεται ότι τα κρυσταλλικά πλέγματα αμφοτέρων των ενώσεων είναι κυβικά και παρεμφερή και επιπλέον ότι τα φορτία με τα οποία απαντούν συνήθως στις ενώσεις τους το Na είναι +1, το Mg είναι +2, το F είναι −1 και το S είναι −2.

3.10. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η διάταξη των κατιόντων και των ανιόντων στον κρύσταλλο του NaCl(s).



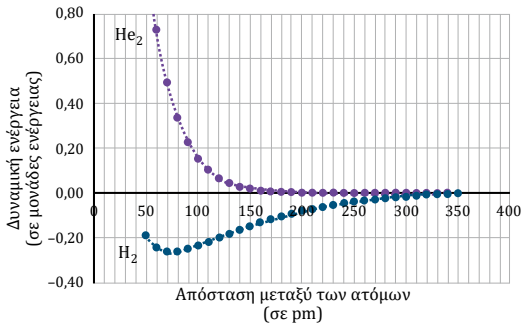
Σε αυτή τη διάταξη, όπως γνωρίζουμε από τον νόμο του Coulomb, υπάρχουν ταυτόχρονα ελκτικές και απωστικές δυνάμεις. Κατά τη γνώμη σας οι έλξεις είναι ισχυρότερες από τις απώσεις, οι απώσεις είναι ισχυρότερες από τις έλξεις ή οι έλξεις είναι ίσες με τις απώσεις;

Ο ομοιοπολικός δεσμός

3.11. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα δυναμικής ενέργειας – απόστασης για τα μόρια H_2 και He_2.

α) Ποιο εκ των δυο αναμένετε να είναι ενεργειακά σταθερό;

β) Με βάση την απάντησή σας στο υποερώτημα (α) κατά πόσο θεωρείτε πιθανό να υπάρχει στη φύση το μόριο He_2 (He-He);

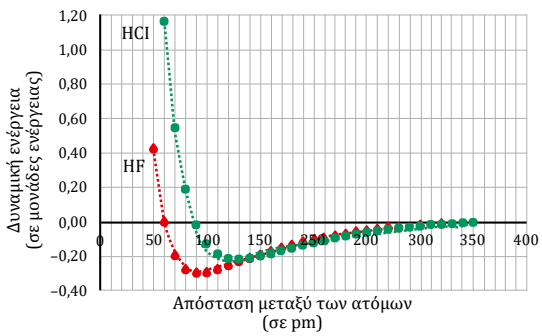


3.12. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα δυναμικής ενέργειας – απόστασης για τα μόρια HF και HCl.

α) Ποιο εκ των δυο σχηματίζει τον ισχυρότερο ομοιοπολικό δεσμό;

β) Ποιο εκ των δυο σχηματίζει τον ομοιοπολικό δεσμό με το μικρότερο μήκος; Εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.

γ) Μπορείτε με βάση τις απαντήσεις σας στα πρώτα δυο υποερωτήματα να κατατάξετε τα υδραλογόνα (HF, HCl, HBr και HI) κατά σειρά αυξανόμενης ισχύος του δεσμού και κατά σειρά μειούμενου μήκους; Δίνεται ότι στην 17η ομάδα του Περιοδικού Πίνακα το F είναι το πρώτο μέλος, ακολουθούμενο από τα Cl, Br και I.

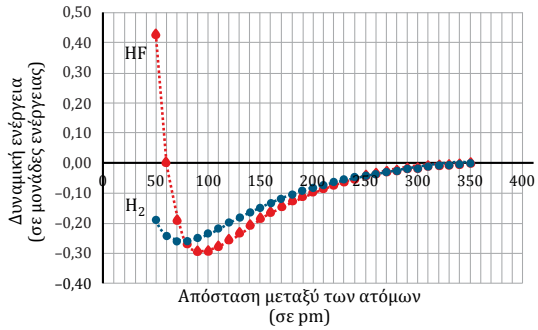


3.13. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα δυναμικής ενέργειας – απόστασης για τα μόρια H_2 και HF.

α) Ποιο εκ των δυο σχηματίζει τον ισχυρότερο ομοιοπολικό δεσμό;

β) Ποιο εκ των δυο σχηματίζει τον μικρότερου μήκους δεσμό;

γ) Συγκρίνετε την απάντησή σας στις ανωτέρω δυο ερωτήσεις με τις απαντήσεις σας στην ερώτηση 3.11. Μπορεί κάποιος να υποστηρίξει ότι ο δεσμός μικρότερου μήκους είναι πάντα ο πιο ισχυρός;



3.14. Να περιγράψετε τον σχηματισμό των ομοιοπολικών δεσμών στο Br_2 και το H_2S.

3.15. Να δείξετε ότι στο μόριο C_2H_4 θα πρέπει να υπάρχει ένας διπλός ομοιοπολικός δεσμός C-C.

3.16. Να γράψετε τον ηλεκτρονιακό τύπο του ιόντος OH^-.

3.17. Ποιοι από τους παρακάτω δεσμούς αναμένετε να είναι πολωμένοι και ποιοι μη πολωμένοι ομοιοπολικοί:

C – H, F – H, S – C, S – S;

3.18. Βασιζόμενοι στις γνώσεις σας για την *EN*, αλλά χωρίς να κοιτάξετε τις τιμές που λαμβάνει από πίνακες, μπορείτε να ταξινομήσετε τους ακόλουθους δεσμούς από τον πιο πολωμένο στον λιγότερο πολωμένο;

α) C – H, C – O, C – F.

β) C – Br, C – Cl, C – F.

3.19. Βασιζόμενοι στις γνώσεις σας για τον ομοιοπολικό δεσμό και χωρίς να συμβουλευθείτε σχετικούς πίνακες, μπορείτε να προβλέψετε ποιος από τους ακόλουθους δεσμούς έχει το μεγαλύτερο μήκος;

α) Cl – Br και Br – Br.

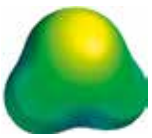
β) C – H, C – O και C – S.

3.20. Στην παρακάτω εικόνα αναπαρίστανται οι χάρτες ηλεκτροστατικού δυναμικού για τα μόρια Cl_2 και F_2. Μπορείτε να βρείτε σε ποιο μόριο αντιστοιχεί ο καθένας;

A

B

3.21. Να αντιστοιχήσετε τα μόρια της αριστερής στήλης με τους χάρτες ΕΡΜ της δεξιάς στήλης.

Μόριο	Χάρτης ΕΡΜ
H_2S •	• 
H_2O •	•
H_2Se •	•

3.22. Να περιγράψετε τον σχηματισμό των ομοιοπολικών δεσμών στα ακόλουθα μόρια και να βρείτε την πολικότητα του κάθε δεσμού σε αυτά. Για τις απαντήσεις σας να θεωρήσετε γνωστές τις θέσεις των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα.

α) ICl

β) CF_4.

γ) NBr_3.

Ο ομοιοπολικός δεσμός έναντι του ιοντικού δεσμού

3.23. Ποια από τα ακόλουθα ζεύγη ατόμων αναμένετε να σχηματίζουν ιοντικό και ποια ομοιοπολικό δεσμό;

α) I και H.
β) K και O.
γ) N και F.
δ) C και F.
ε) Na και H.

3.24. Τι είδους δεσμός μπορεί να αναπτυχθεί, κατά πάσα πιθανότητα, ανάμεσα στα ακόλουθα ζεύγη στοιχείων;

α) P και Cl.
β) Na και F.
γ) Na και K.

3.25. Διαθέτετε τρεις ενώσεις. Για αυτές γνωρίζετε ότι η μια εξ αυτών, στις συνήθεις συνθήκες, είναι αέρια, μια είναι υγρή και μια είναι στερεή και επιπλέον μόνο μια εξ αυτών είναι ιοντική. Μπορείτε να εκτιμήσετε ποια ένωση είναι η ιοντική;

Ο μεταλλικός δεσμός

3.26. Μπορείτε να εξηγήσετε τη συνήθως υψηλή αγωγιμότητα των μετάλλων;

Η Διπολική Ροπή

3.27. Για ποιο λόγο αυξάνεται η ταχύτητα των μορίων ενός υγρού καθώς αυτό θερμαίνεται;

3.28. Ποιες δυνάμεις λέγονται διαμοριακές; Ποια είναι, γενικά, η φύση τους;

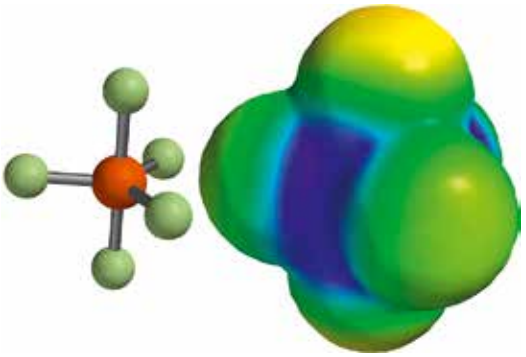
3.29. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η διπολική ροπή ενός διατομικού μορίου;

3.30. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η διπολική ροπή ενός οποιουδήποτε μορίου;

3.31. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της διπολικής ροπής των μορίων: H-I, I-Cl και CBr_4.

3.32. Ο φωσφόρος σχηματίζει με το F την ένωση PF_5.

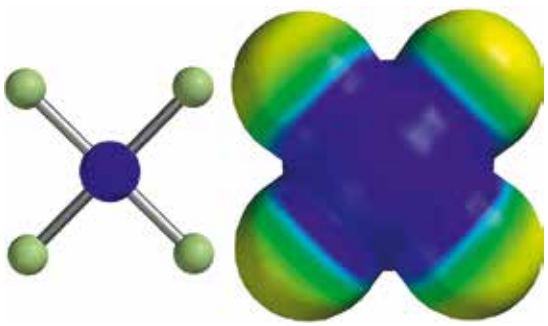
α) Περιλαμβάνει πολωμένους ή μη πολωμένους δεσμούς;
β) Αναμένετε να είναι ένα πολικό ή μη πολικό μόριο;



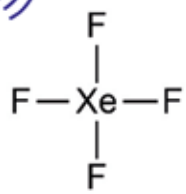
Αν δυσκολεύεστε να απαντήσετε, μπορείτε να δείτε την απεικόνιση του μορίου και ως AR:

3.33. Παρά τη γενικότερη χημική αδράνεια των ευγενών αερίων, απαντούν κάποιες ενώσεις των βαρύτερων στοιχείων από αυτά. Μια από αυτές είναι η τετραγωνική ένωση XeF_4.

α) Περιλαμβάνει πολωμένους ή μη πολωμένους δεσμούς;
β) Αναμένετε να είναι ένα πολικό ή μη πολικό μόριο;



Αν δυσκολεύεστε να απαντήσετε, μπορείτε να δείτε την απεικόνιση του μορίου και ως AR:



Xenon Tetrafluoride

Τα Είδη των Διαμοριακών Δυνάμεων και οι Φυσικές Ιδιότητες των Ουσιών

3.34. Ποια είναι τα τρία κύρια είδη των διαμοριακών δυνάμεων;

3.35. Πώς αναπτύσσονται οι δυνάμεις διασποράς;

3.36. Πώς αναπτύσσονται οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου;

3.37. Πώς αναπτύσσονται οι δεσμοί υδρογόνου;

3.38. Ποιες ελκτικές δυνάμεις μεταξύ μορίων ή ιόντων αναπτύσσονται σε καθεμιά από τις ακόλουθες ενώσεις: KF, HI, Ne, N_2; Ποιες εξ αυτών κυριαρχούν;

3.39. Στις συνήθεις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας το F_2 και το Cl_2 είναι αέρια, το Br_2 είναι υγρό, ενώ το I_2 είναι στερεό. Πώς εξηγείτε τις φυσικές καταστάσεις των διαλογόνων;

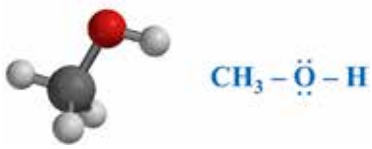
3.40. Για καθεμιά από τις ακόλουθες ομάδες ενώσεων να επιλέξετε εκείνη που έχει τη ζητούμενη ιδιότητα:

α) Υψηλότερο σημείο ζέσεως: HBr, Kr ή Cl_2;

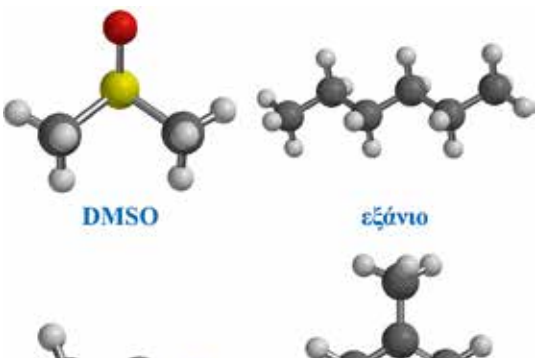
β) Υψηλότερο σημείο τήξης: H_2O, NaCl ή HF;

γ) Χαμηλότερο σημείο τήξης: N_2, CO ή CO_2;

3.41. Η μεθανόλη στην αέρια φάση σχηματίζει συχνά τετραμερή $(μεθανόλη)_4$. Με βάση την ηλεκτρονιακή της δομή να σχεδιάσετε μια δομή για το τετραμερές.



3.42. Ποια/ες από τις ακόλουθες ενώσεις, που αποτελούν και γνωστούς διαλύτες, αναμένετε να διαλύεται/ονται καλά στο νερό και ποια/ες στο πεντάνιο;



3.43. Ποια από τις ακόλουθες ουσίες παρουσιάζουν τις ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις;

α) Το CO_2 ή το OCS; Αμφότερα τα μόρια είναι γραμμικά.

β) Το SeO_2 ή το SO_2; Αμφότερα τα οξείδια έχουν γωνιακή διάταξη.

3.44. Δείτε την ακόλουθη προσομοίωση της διεπιφάνειας νερού-πεντανίου. Μπορείτε να απαντήσετε στην ερώτηση;

Δουλεύοντας σε ομάδες: Οι Διαμοριακές Δυνάμεις

Εργαζόμενοι σε ομάδες αναζητήστε πληροφορίες και ετοιμάστε μια παρουσίαση για την ολομέλεια του τμήματός σας για τα ακόλουθα θέματα:

Ο3.1. Είναι γνωστό ότι η πυκνότητα των υλικών αυξάνεται καθώς παγώνουν. Όμως, το νερό αποτελεί εξαίρεση αυτού του γενικού κανόνα, μιας που εμφανίζει τη μέγιστη πυκνότητά του στους 4 °C. Πολλοί θεωρούν ότι η ζωή στον πλανήτη μας διατηρήθηκε κατά την περίοδο των παγετώνων από αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό του νερού, μιας που έτσι οι λίμνες παγώνουν μόνο επιφανειακά. Πού οφείλεται αυτό το χαρακτηριστικό;

Η παγωμένη λιμνοθάλασσα Jökulsárlón στην Ισλανδία.

Υπόδειξη: Παρακολουθήστε ξανά το σχετικό διαδραστικό βίντεο της υποενότητας 3.2.2.3.

Ο3.2. Το 2020 υπολογίζεται ότι ξοδεύτηκαν παγκοσμίως σε αθλητικά ρούχα και παπούτσια περίπου 160 δισεκατομμύρια δολάρια. Στα πλαίσια αυτής της αγοράς πωλούνται υφάσματα που υπόσχονται ότι απάγουν (διώχνουν) τον ιδρώτα, διατηρώντας το σώμα του/της αθλητή/ριας δροσερό και στεγνό. Αντλώντας πληροφορίες από το άρθρο που ακολουθεί και από άλλες πηγές του διαδικτύου, παρουσιάστε στους συμμαθητές σας το είδος των υφάνσιμων ινών, που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό και τον τρόπο που επιτυγχάνεται η απαγωγή του ιδρώτα.

Ο3.3. Πού οφείλεται η μεγάλη ανθεκτικότητα μερικών συνθετικών πολυμερών, όπως του NYLON, του Kevlar και του Lycra (élasthanne);

Ο3.4. Πώς αναπτύσσεται η σύνδεση μεταξύ των βιομορίων; Αναζητήστε τη δομή των βάσεων του DNA, των α-αμινοξέων και των υδατανθράκων. Με ποια είδη διαμοριακών δυνάμεων αλληλεπιδρούν;

Ο3.5. Για ποιο λόγο το νερό δεν μας απαλλάσσει από την καυστική γεύση κάποιων τροφών που περιλαμβάνουν πιπέρι, πιπεριά κ.τ.λ.; Για ποιο λόγο ισχύει ο κανόνας ότι το κόκκινο κρασί συνοδεύει τα «κόκκινα» κρέατα, αλλά το λευκό συνοδεύει το κοτόπουλο και το ψάρι;

Δουλεύοντας σε ομάδες: Ο μηχανικός δεσμός

Ο3.6. Πώς αντιλαμβανόμαστε τις θηλιές και τους κόμπους;

Αφού επιλέξετε τις ομάδες στις οποίες θα εργαστείτε, αναζητήστε πληροφορίες και ετοιμάστε μια σύντομη παρουσίαση για την ολομέλεια του τμήματός σας.

Πιθανά αντικείμενα ανά ομάδα:

α) Τι είναι οι μαθηματικοί κόμβοι; Με τα υπόλοιπα μέλη μπορείτε να παρουσιάσετε στους συμμαθητές σας μερικούς απλούς μαθηματικούς κόμπους, χρησιμοποιώντας σπάγκο ή κορδόνια παπουτσιών.

β) Υπάρχουν κόμποι στη φύση; Μήπως μπορείτε να ανακαλύψετε τέτοιες διατάξεις στους σπονδύλους που προστατεύουν τον μυελό των οστών, στο καβούκι μιας χελώνας, στο ιστό μιας αράχνης κ.τ.λ.;

γ) Εμφανίζονται κόμβοι στην τέχνη και την ιστορία; Ως πιθανές πηγές έμπνευσης μπορείτε να αναζητήσετε ζωγραφικούς πίνακες, γλυπτά, σύμβολα, οικόσημα, κοσμήματα κ.τ.λ.

δ) Υπάρχουν αντικείμενα καθημερινής χρήσης που χρησιμοποιούν θηλιές και κόμπους, όπως π.χ. οι κόμποι σε ένα πλεχτό, οι κρίκοι σε μια αλυσίδα κ.τ.λ.;

ε) Υπάρχουν μηχανικοί δεσμοί σε βιομόρια;

στ) Ποια μόρια με μηχανικό δεσμό έχουν συντεθεί; Τι είναι οι μοριακές μηχανές; Αληθεύει ότι έχουν πραγματοποιηθεί δυο αγώνες, τύπου Formula 1, με μοριακές νανομηχανές; Ποιες είναι οι πιθανές εφαρμογές αυτών των διατάξεων;

Μια από τις νανομηχανές που συμμετείχαν στον πρώτο αγώνα.
Πηγή: CNRS.

Για τις επί μέρους εργασίες μπορείτε, αν το επιθυμείτε, να ζητήσετε τη βοήθεια και άλλων καθηγητών/ριών σας, όπως ενός/μιας μαθηματικού, ενός/μιας ιστορικού, ενός/μιας καλλιτεχνικών κ.τ.λ.

4 Η Γλώσσα της Ανόργανης Χημείας

Μονοατομικά και πολυατομικά ιόντα, αριθμός οξείδωσης (Α.Ο.), συμβολισμός και ονοματολογία ανόργανων ενώσεων

4.1. Τα Μονοατομικά και Πολυατομικά Ιόντα
4.2. Ο Αριθμός Οξείδωσης
4.3. Ο Συμβολισμός και η Γραφή των Ανόργανων Ενώσεων
4.4. Η Ονοματολογία των Ανόργανων Ενώσεων

Στις προηγούμενες ενότητες γνωρίσαμε τα χημικά στοιχεία καθώς και τον τρόπο που ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν χημικές ενώσεις, μοριακές ή ιοντικές. Κάθε χημικό στοιχείο συμβολίζεται και ονομάζεται με μοναδικό τρόπο. Κάτι ανάλογο ισχύει και για τα ονόματα και τον συμβολισμό των χημικών ενώσεων.

Τα δομικά σωματίδια των μοριακών ενώσεων είναι τα μόρια. Από την άλλη πλευρά, τα δομικά σωματίδια των ιοντικών ενώσεων είναι τα ιόντα. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συνηθέστερα **ιόντα** που συναντάμε στις ιοντικές ενώσεις.

Επίσης, εισάγεται η έννοια του **Αριθμού Οξείδωσης**, ενός «λογιστικού συστήματος» που θα μας φανεί χρήσιμο στη συνέχεια. Με βάση τα σύμβολα και τα ονόματα των ατόμων και ιόντων και τους αριθμούς οξείδωσής τους, προχωράμε στον **συμβολισμό** και στην **ονοματολογία** των **ανόργανων ενώσεων**.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *προσδιορίζετε* τον αριθμό οξείδωσης ατόμων σε χημικές ουσίες.
- *εφαρμόζετε* τους κανόνες γραφής χημικών τύπων και ονοματολογίας των ανόργανων χημικών ενώσεων.

4.1. Τα Μονοατομικά και Πολυατομικά Ιόντα

4.1.1. Τα μονοατομικά ιόντα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναφέρετε* τους τύπους, τα ονόματα, καθώς και το φορτίο ορισμένων μονοατομικών (F^-, Cl^-, Br^-, I^-, S^{2-}, O^{2-}, N^{3-}, H^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+}, Ag^+, Zn^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cu^+ και Cu^{2+}) και πολυατομικών ιόντων (NO_3^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, OH^-, NH_4^+, CN^-, HCO_3^-).

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *σύμβολα και τα ονόματα των χημικών στοιχείων.*
- **Συσχετίσαμε** *τη θέση των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα με ορισμένες από τις ιδιότητές τους.*

Όπως θα έχετε αντιληφθεί, η Χημεία έχει τα δικά της σύμβολα και ονομασίες για τις διάφορες χημικές ουσίες (στοιχεία και ενώσεις). Ήδη έχουμε γνωρίσει τα σύμβολα και τα ονόματα αρκετών χημικών στοιχείων. Αυτά, όπως θα δούμε, αποτελούν τη βάση για τον συμβολισμό και την ονομασία των αντίστοιχων ιόντων και, τελικά, όλων των ανόργανων χημικών ενώσεων.

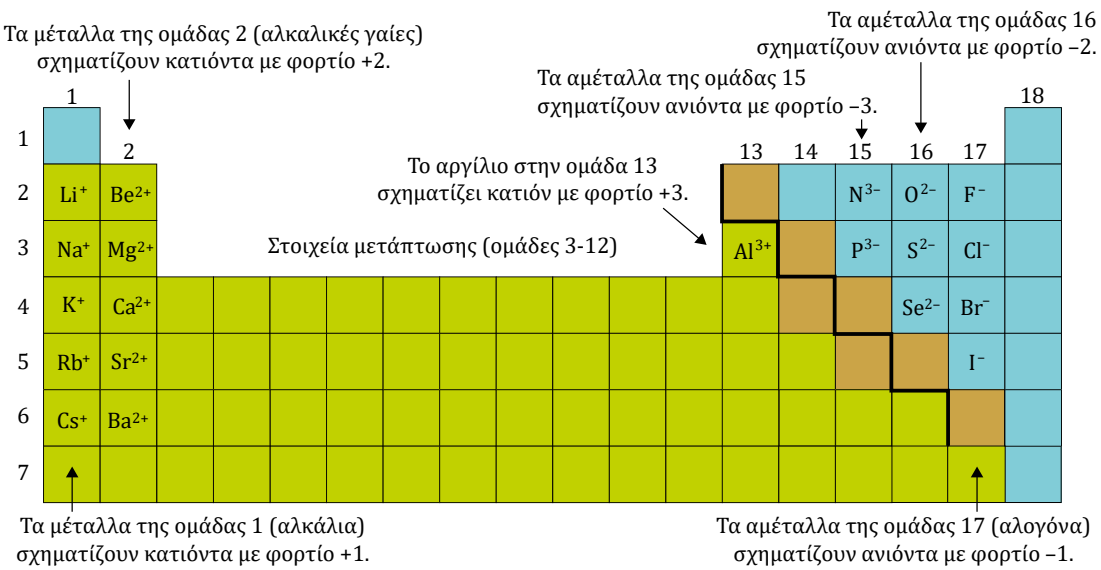
Είναι επομένως λογικό να συνεχίσουμε το ταξίδι μας στη «γλώσσα» της Χημείας μελετώντας πρώτα τα κυριότερα ιόντα των χημικών στοιχείων. Όπως γνωρίζετε, τα στοιχεία που βρίσκονται στην ίδια ομάδα του Περιοδικού Πίνακα έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων σθένους. Έτσι, δεν προκαλεί καμία έκπληξη το γεγονός ότι στις συνήθεις ιοντικές ενώσεις τα στοιχεία της κάθε ομάδας σχηματίζουν ιόντα με το ίδιο φορτίο.

Υπό αυτό το πρίσμα δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι:

Τα μέταλλα έχουν την τάση να αποβάλλουν ηλεκτρόνια και να σχηματίζουν *κατιόντα*.

Τα αμέταλλα έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια και να σχηματίζουν *ανιόντα*.

Τα ιόντα των κύριων ομάδων του Περιοδικού Πίνακα που απαντούν συνήθως σε ιοντικές ενώσεις φαίνονται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: *Τα συνηθέστερα ιόντα των στοιχείων των κύριων ομάδων.*

Τα στοιχεία των ομάδων 3-12 (στοιχεία μετάπτωσης) (Εικόνα 4.1) είναι κι αυτά μέταλλα και σχηματίζουν συνήθως περισσότερα από ένα κατιόντα. Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί περιλαμβάνονται και τα ιόντα τεσσάρων στοιχείων μετάπτωσης (Ag, Zn, Fe, Cu), που συναντάμε συχνά σε ενώσεις. Περισσότερα για τα στοιχεία μετάπτωσης θα μάθετε στη Γ΄ Λυκείου.

Τα ονόματα των μονοατομικών κατιόντων είναι ίδια με τα ονόματα των αντίστοιχων στοιχείων, γράφοντας μετά το όνομα και το φορτίο του ιόντος (Πίνακας 4.1).

Τα ονόματα των *μονοατομικών ανιόντων* προέρχονται από τα ονόματα των αντίστοιχων στοιχείων, έχοντας όμως την κατάληξη ***-ίδιο*** (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.1: *Τα συνηθέστερα μονοατομικά κατιόντα.*

Στοιχείο	Σύμβολο ιόντος	Όνομα ιόντος
Νάτριο	Na^+	Νάτριο(1+)
Κάλιο	K^+	Κάλιο(1+)
Ασβέστιο	Ca^{2+}	Ασβέστιο(2+)
Μαγνήσιο	Mg^{2+}	Μαγνήσιο(2+)
Αργίλιο	Al^{3+}	Αργίλιο(3+)
Άργυρος	Ag^+	Άργυρος(1+)
Ψευδάργυρος	Zn^{2+}	Ψευδάργυρος(2+)
Σίδηρος	Fe^{2+} Fe^{3+}	Σίδηρος(2+) Σίδηρος(3+)
Χαλκός	Cu^+ Cu^{2+}	Χαλκός(1+) Χαλκός(2+)

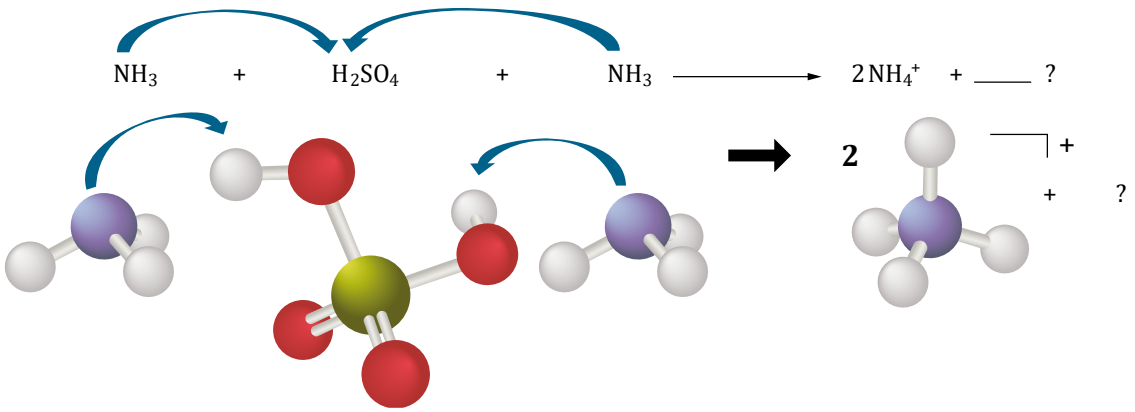
Πίνακας 4.2: *Τα συνηθέστερα μονοατομικά ανιόντα.*

Στοιχείο	Σύμβολο ιόντος	Όνομα ιόντος
Υδρογόνο	H^-	υδρίδιο
Φθόριο	F^-	φθορίδιο
Χλώριο	Cl^-	χλωρίδιο
Βρώμιο	Br^-	βρωμίδιο
Ιώδιο	I^-	ιωδίδιο
Θείο	S^{2-}	σουλφίδιο
Οξυγόνο	O^{2-}	οξείδιο
Άζωτο	N^{3-}	νιτρίδιο

4.1.2. Τα πολυατομικά ιόντα

Εισαγωγική Δραστηριότητα

Όταν δύο μόρια αμμωνίας NH_3 προσλάβουν το καθένα από ένα κατιόν H^+ από ένα μόριο θειικού οξέος H_2SO_4, σχηματίζουν δύο κατιόντα NH_4^+ (Εικόνα 4.2). Μπορείτε να σκεφτείτε ποιο άλλο ιόν σχηματίζεται ταυτόχρονα; Πως θα ονομάζατε το άλλο ιόν που σχηματίζεται;

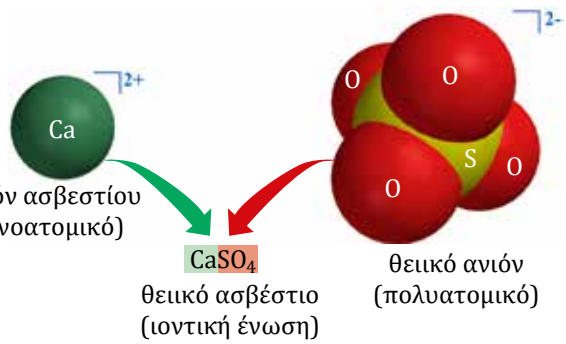


Εικόνα 4.2: Δύο μόρια αμμωνίας μπορούν να δεχθούν συνολικά δύο κατιόντα H^+ από ένα μόριο θειικού οξέος.

Μερικές φορές τα ιόντα αποτελούνται από περισσότερα του ενός άτομα. Ένα τέτοιο ιόν φέρει φορτίο, επειδή ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων που περιέχει είναι διαφορετικός από τον συνολικό αριθμό των πρωτονίων στους πυρήνες όλων των ατόμων του.

Ένα *πολυατομικό ιόν* συγκροτείται από περισσότερα από ένα άτομα.

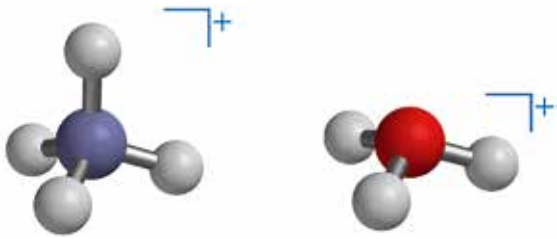
Τα άτομα του πολυατομικού ιόντος συγκρατούνται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς, αλλά επειδή το ιόν φέρει φορτίο, συνδέεται με άλλα ιόντα με ιοντικό δεσμό. Για παράδειγμα, το θειικό ασβέστιο, $CaSO_4$, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή γύψινων εκμαγείων για σπασμένα οστά (Εικόνα 4.3), αποτελείται από το κατιόν ασβεστίου, Ca^{2+}, και το πολυατομικό θειικό ανιόν, SO_4^{2-} (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4: Η ιοντική ένωση $CaSO_4$ αποτελείται από ιόντα Ca^{2+} και SO_4^{2-} σε ίση αναλογία.

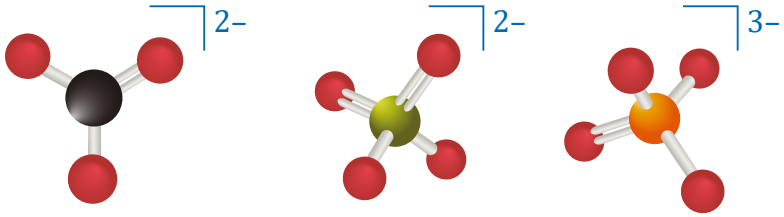
Εικόνα 4.3: Γύψινο εκμαγείο σπασμένου ποδιού.

Θα συναντήσουμε μόνο δύο ***πολυατομικά κατιόντα***: το ιόν οξωνίου H_3O^+, το οποίο παίζει βασικό ρόλο στη χημεία οξέων-βάσεων που θα συζητηθεί στο επόμενο κεφάλαιο, και το ιόν αμμωνίου NH_4^+ (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5: Μοριακά μοντέλα δύο πολυατομικών κατιόντων· (α) του αμμωνίου και (β) του οξωνίου.

Αντίθετα, υπάρχουν αρκετά κοινά ***πολυατομικά ανιόντα***, τα περισσότερα από τα οποία περιέχουν ένα αμέταλλο στοιχείο, όπως ο άνθρακας, το θείο ή ο φώσφορος, συνήθως συνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα άτομα οξυγόνου. Κοινά παραδείγματα είναι το ανθρακικό ιόν (CO_3^{2-}), το θειικό ιόν (SO_4^{2-}) και το φωσφορικό ιόν (PO_4^{3-}) (Εικόνα 4.6).



(α) (β) (γ)

Εικόνα 4.6: *Μοριακά μοντέλα τριών πολυατομικών ανιόντων, του ανθρακικού, του θειικού και του φωσφορικού.*

Τα ονόματα των συνηθέστερων πολυατομικών ανιόντων έχουν την κατάληξη *-ικό*, εκτός από το υδροξείδιο (OH^-) και το κυανίδιο (CN^-).

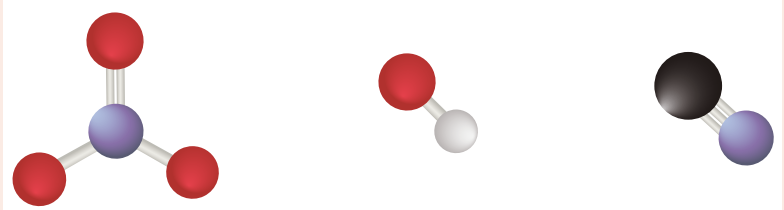
Στον Πίνακα 4.3 παρατίθενται τα συνηθέστερα πολυατομικά ιόντα.

Πίνακας 4.3: *Τα συνηθέστερα πολυατομικά ιόντα.*

Κεντρικό αμέταλλο	Σύμβολο ιόντος	Όνομα ιόντος
άνθρακας C	CO_3^{2-}	ανθρακικό
	HCO_3^-	υδρογονοανθρακικό
	CN^-	κυανίδιο
άζωτο N	NO_3^-	νιτρικό
	NH_4^+	αμμώνιο
οξυγόνο O	OH^-	υδροξείδιο
	H_3O^+	οξώνιο
θείο S	SO_4^{2-}	θειικό
φωσφόρος P	PO_4^{3-}	φωσφορικό

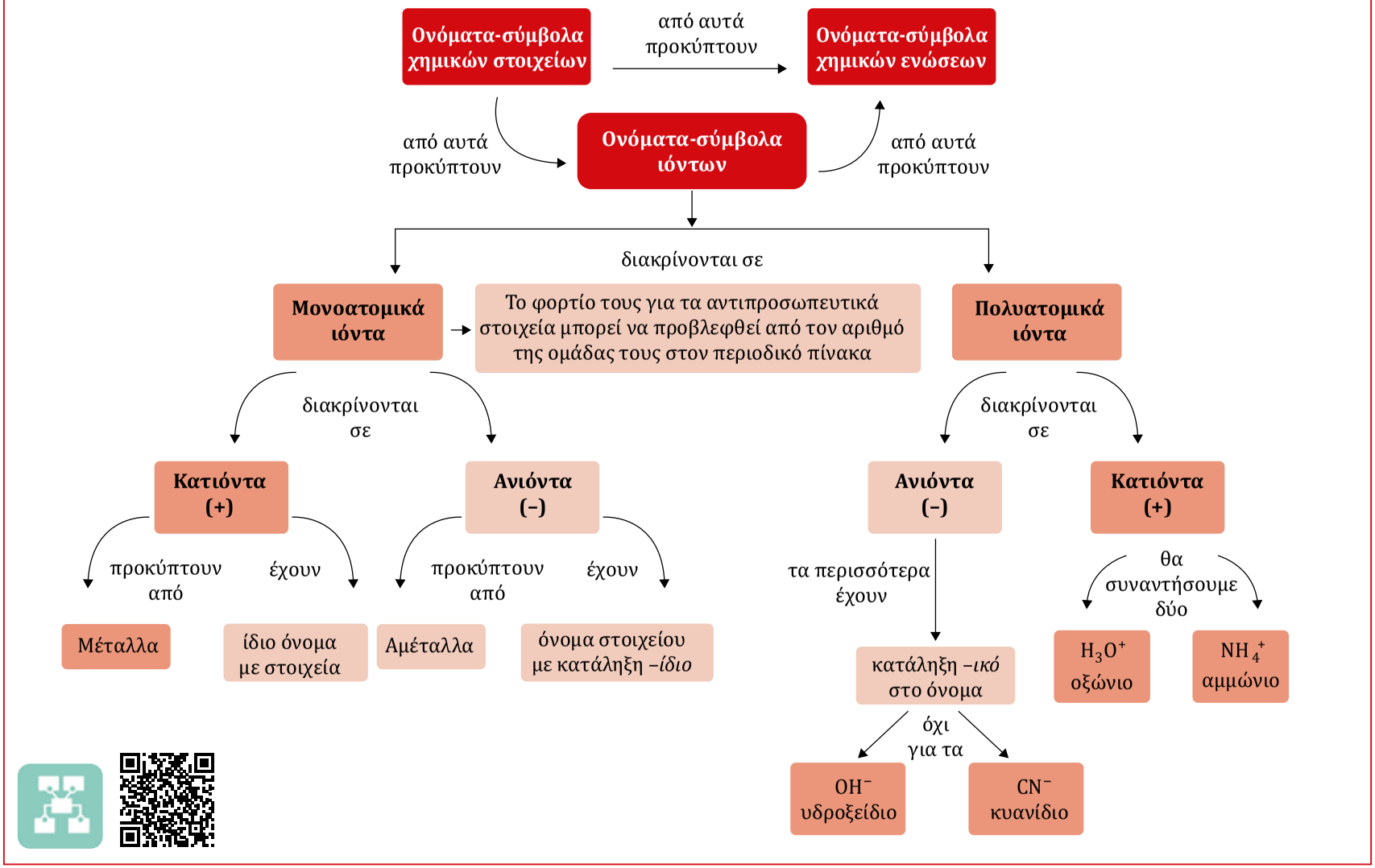
Εφαρμογή 4.1

Βλέποντας τον Πίνακα 4.3 και τον χρωματικό κώδικα που δίνεται στην υποενότητα 3.1.3.1, προσπαθήστε να γράψετε: τα σύμβολα, τα φορτία και τα ονόματα των τριών πολυατομικών ιόντων που αναπαρίστανται παρακάτω.



(α) (β) (γ)

Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.1



4.2. Ο Αριθμός Οξείδωσης

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

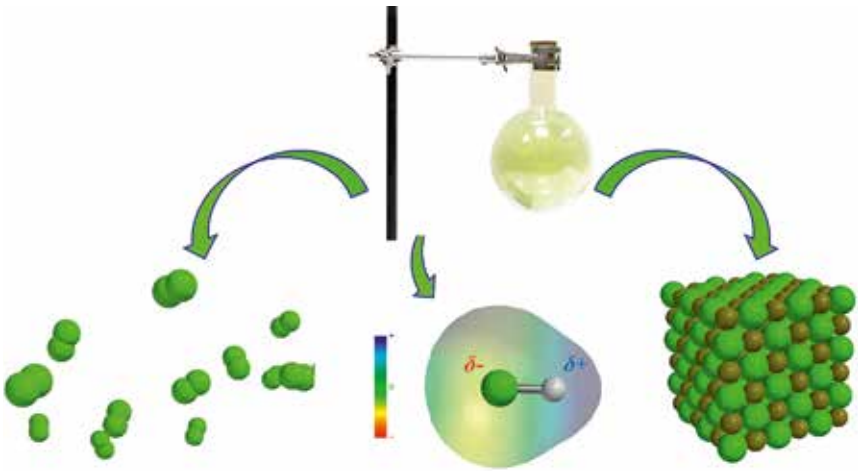
- *διατυπώνετε* τον ορισμό του αριθμού οξείδωσης (Α.Ο.).
- *εφαρμόζετε* τους κανόνες υπολογισμού του Α.Ο. ενός ατόμου σε μια χημική ουσία.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τα σύμβολα και τα ονόματα των χημικών στοιχείων και των κυριότερων ιόντων.*
- **Συζητήσαμε** *για την ηλεκτραρνητικότητα των στοιχείων και τη συνδέσαμε με τον πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό.*

Στις προηγούμενες ενότητες μελετήσαμε τα κύρια είδη των δεσμών που απαντούν στις χημικές ενώσεις: τον ιοντικό και τον ομοιοπολικό δεσμό. Επιπλέον διαπιστώσαμε στην υποενότητα 3.2.1.1 ότι ο πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός μπορεί να θεωρηθεί ως μια ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα στον ιοντικό και τον μη πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό.

Υπό αυτό το πρίσμα ας θυμηθούμε και δύο από τις ενώσεις στις οποίες συμμετέχει το στοιχείο $_{17}Cl$ (Εικόνα 4.7):



Εικόνα 4.7: *Το στοιχείο χλώριο δημιουργεί μη πολωμένο (στο Cl_2), πολωμένο (στο HCl) και ιοντικό (στο KCl) δεσμό.*

Στην 5η ενότητα θα γνωρίσουμε τις βασικές κατηγορίες των χημικών αντιδράσεων. Σε αυτές θα δούμε ότι σημαίνοντα ρόλο παίζουν τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων, δηλαδή τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής τους στιβάδας. Συχνά αυτά τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται μεταξύ ατόμων ή ιόντων. Όμως, στην περίπτωση των **ομοιοπολικών δεσμών** δεν γίνεται μεταφορά αλλά μετατόπιση ηλεκτρονίων. Αυτή η μετατόπιση δεν γίνεται πάντα εύκολα αντιληπτή. Για τον λόγο αυτό έχει εισαχθεί ένα «λογιστικό σύστημα» παρακολούθησης των ηλεκτρονίων που μετατοπίζονται, το οποίο βασίζεται στην έννοια του **Αριθμού Οξείδωσης (Α.Ο.)**:

Ο **Αριθμός Οξείδωσης** είναι το υποθετικό φορτίο ενός ατόμου, αν όλοι οι δεσμοί, με άτομα διαφορετικών στοιχείων, στους οποίους συμμετέχει, θεωρηθούν ιοντικοί.

Ο Αριθμός Οξείδωσης συχνά καλείται Οξειδωτική Κατάσταση.

Ο ανωτέρω ορισμός μιλά για ομοιοπολικούς δεσμούς μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων. Επομένως, όλοι αυτοί οι δεσμοί είναι πολωμένοι ομοιοπολικοί. Προκειμένου να εφαρμόσουμε τον ορισμό εργαζόμαστε ως εξής:

> Αποδίδουμε το ζεύγος ηλεκτρονίων κάθε ομοιοπολικού δεσμού στο πιο ηλεκτραρνητικό από τα άτομα που συμμετέχουν σε αυτόν.

Ας δούμε ένα παράδειγμα:

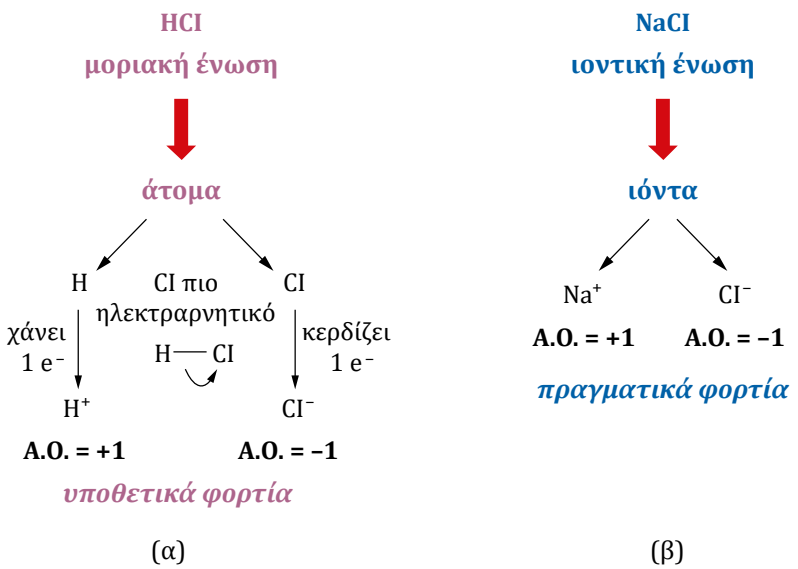
Στην Εικόνα 4.7 βλέπουμε το μόριο του HCl μαζί με τον σχετικό χάρτη του ηλεκτροστατικού του δυναμικού. Ο δεσμός H – Cl είναι, ως γνωστόν, πολωμένος ομοιοπολικός, με το Cl να φέρει μερικό φορτίο *δ*– ως το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο και το H να φέρει μερικό φορτίο *δ*+. Για να βρούμε τον αριθμό οξείδωσης των δυο ατόμων, θεωρούμε ότι το ζεύγος ηλεκτρονίων του δεσμού H – Cl έχει μεταφερθεί πλήρως στο Cl. Υπό αυτή την έννοια **ο αριθμός οξείδωσης του Cl στο HCl είναι –1 και ο αντίστοιχος του H είναι +1** (Εικόνα 4.8α).

Ένα άλλο παράδειγμα είναι το μόριο του νερού (Εικόνα 4.9). Διαθέτει δυο πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς O – H. Ακολουθώντας το ανωτέρω σκεπτικό αποδίδουμε αμφότερα τα ζεύγη ηλεκτρονίων στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο, με αποτέλεσμα να έχουμε **στο H_2O: Α.Ο.$_O$ = –2 και Α.Ο.$_H$ = +1 (ίδιος για αμφότερα τα άτομα H**).

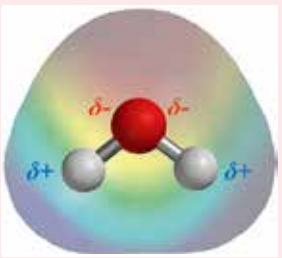
Ο ορισμός μπορεί να επεκταθεί και στην περίπτωση του **ιοντικού δεσμού**. Εκεί προφανώς:

> Ο **Αριθμός Οξείδωσης** ενός *μονοατομικού ιόντος* είναι ίσος με το φορτίο του ιόντος.

Ας θυμηθούμε την περίπτωση του NaCl (Εικόνα 4.8β).



Δείτε ξανά τη συζήτηση για την ηλεκτραρνητικότητα (EN) στην υποενότητα 3.1.3.6. Εκεί είδαμε ότι η EN είναι η τάση των ατόμων ενός στοιχείου να έλκουν ηλεκτρόνια.



Εικόνα 4.9: *Χάρτης EPM για το H_2O.*

Εικόνα 4.8:
(α) Οι αριθμοί οξείδωσης των ατόμων στην μοριακή ένωση HCl.
(β) Οι αριθμοί οξείδωσης των ιόντων στην ιοντική ένωση NaCl.

Συνήθως για την εύρεση του αριθμού οξείδωσης ενός ατόμου ή ιόντος χρησιμοποιούμε ορισμένους **πρακτικούς κανόνες**. Οι κανόνες αυτοί είναι φυσικά άμεση απόρροια του ορισμού του αριθμού οξείδωσης που είδαμε παραπάνω και είναι οι ακόλουθοι:

1. **Ο αριθμός οξείδωσης ενός στοιχείου (μονοατομικού ή πολυατομικού) σε ελεύθερη κατάσταση είναι μηδέν (0)**. Για παράδειγμα, τα στοιχεία Na, Fe, H_2, O_3 σε ελεύθερη κατάσταση έχουν Α.Ο. = 0.

2. Ο αριθμός οξείδωσης του φθορίου, στις ενώσεις του, είναι πάντα –1.

Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας το F έχει πάντα Α.Ο. = –1;

.....

.....

Υπόδειξη:
*(α) Γιατί ο Α.Ο. είναι **αρνητικός**;*
(β) Γιατί έχει τιμή (–)1;

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Επιπλέον, **τα άλλα αμέταλλα της ομάδας 17 (αλογόνα) έχουν συνήθως αριθμό οξείδωσης –1** (εκτός αν συνδέονται με οξυγόνο ή φθόριο).

3. Ο αριθμός οξείδωσης του οξυγόνου, στις ενώσεις του, είναι συνήθως –2.

Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας ισχύει αυτό;

.....

.....

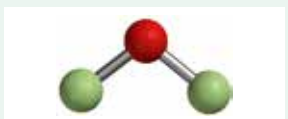
Υπόδειξη:
*(α) Γιατί ο Α.Ο. είναι **αρνητικός**;*
(β) Γιατί έχει τιμή (–)2;

Όμως, αν το Ο συνδέεται με F, δεν ισχύει ο κανόνας.

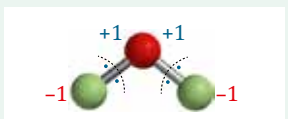
Γιατί κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό;

.....

Παράδειγμα 4.2 Ποιος είναι ο Α.Ο. του Ο στην ένωση OF_2;

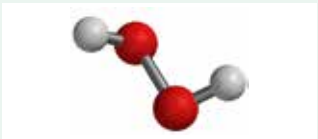


Λύση:

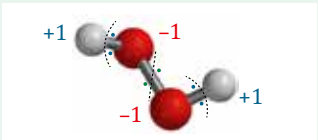


Το Ο σχηματίζει δυο πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς με τα δυο άτομα F. Όμως, το F είναι το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο στη φύση. Επομένως, αμφότερα τα ζεύγη ηλεκτρονίων των δεσμών αποδίδονται στο φθόριο. Έτσι, ισχύει $Α.Ο._F = –1$ και $Α.Ο._O = +2$.

Παράδειγμα 4.3 Ποιος είναι ο Α.Ο. του Ο στην ένωση H_2O_2;



Λύση:



Κατά τα γνωστά, στη θεώρηση του ιοντικού δεσμού, το Ο ως ηλεκτραρνητικότερο «κερδίζει» τα ηλεκτρόνια των δεσμών του με το Η. Όμως, ο δεσμός Ο – Ο είναι ομοιοπολικός μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου. Τα ηλεκτρόνια του δεσμού «διαμοιράζονται» στα δυο άτομα Ο. Έτσι, για το H_2O_2, ισχύει $Α.Ο._O = -1$ και $Α.Ο._H = +1$.

4. Στις ενώσεις του με αμέταλλα ο αριθμός οξείδωσης του υδρογόνου είναι +1, ενώ στις ενώσεις του με μέταλλα ο αριθμός οξείδωσής του είναι –1.

Το Η έχει μικρή τιμή ηλεκτραρνητικότητας. Έτσι, όταν σχηματίζει ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα αμέταλλα, «χάνει» στη σύγκριση. Ενδεικτικά: $EN_H = 2{,}20$, $EN_N = 3{,}04$, $EN_S = 2{,}58$ και $EN_{Br} = 2{,}96$. Αντίθετα, όταν συνδέεται με μέταλλα, ως αμέταλλο σχηματίζει ιοντικό δεσμό και το φορτίο του (που ταυτίζεται με τον Α.Ο. του) είναι –1. Αυτό συμβαίνει στις ιοντικές ενώσεις NaH ($Α.Ο._{Na} = +1$ και $Α.Ο._H = -1$) και CaH_2 ($Α.Ο._{Ca} = +2$ και $Α.Ο._H = -1$). Οι ιοντικές ενώσεις του Η καλούνται **υδρίδια**.

5. Στις ιοντικές ενώσεις ο αριθμός οξείδωσης των μετάλλων της ομάδας 1 (αλκάλια) είναι +1 και ο αριθμός οξείδωσης των μετάλλων της ομάδας 2 (αλκαλικές γαίες) είναι +2.

Γιατί κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό;

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

6. Το άθροισμα των αριθμών οξείδωσης όλων των ατόμων σε μια χημική ένωση είναι ίσο με μηδέν (0), ενώ σε ένα πολυατομικό ιόν είναι ίσο με το φορτίο του ιόντος.

Μπορούμε τώρα να δούμε πώς χρησιμοποιούνται αυτοί οι κανόνες για την απόδοση αριθμών οξείδωσης στα στοιχεία. Σε κάθε χημικό τύπο οι αριθμοί οξείδωσης αναγράφονται πάνω από τα σύμβολα των στοιχείων (Πίνακας 4.4).

Κάθε χημική ένωση είναι ηλεκτρικά ουδέτερη, δηλαδή έχει συνολικό φορτίο ίσο με μηδέν. Αντίθετα, ένα ιόν έχει πάντα καθαρό ηλεκτρικό φορτίο, θετικό ή αρνητικό.

Πίνακας 4.4: *Παραδείγματα εφαρμογής πρακτικών κανόνων για την εύρεση του Α.Ο.*

Τύπος	Αριθμοί οξείδωσης	Εξήγηση
I_2	$\overset{0}{I_2}$	Κάθε άτομο I στο διατομικό ιώδιο έχει Α.Ο. = 0 (κανόνας 1).
Ca^{2+}	$\overset{+2}{Ca^{2+}}$	Ο Α.Ο. μονοατομικού ιόντος είναι ίσος με το φορτίου του.
SO_2	$\overset{+4\ -2}{SO_2}$	Στις ενώσεις του το Ο έχει Α.Ο. = –2 (κανόνας 3). Υπολογίζουμε τον Α.Ο. του S με βάση τον κανόνα 6: $A.O._S + 2 \cdot A.O._O = 0 \Rightarrow$ $A.O._S + 2 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow A.O._S = +4$
H_2S	$\overset{+1\ -2}{H_2S}$	Στις ομοιοπολικές ενώσεις το Η έχει Α.Ο. = +1 (κανόνας 4). Υπολογίζουμε τον Α.Ο. του S με βάση τον κανόνα 6: $2 \cdot A.O._H + A.O._S = 0 \Rightarrow$ $2 \cdot (+1) + A.O._S = 0 \Rightarrow A.O._S = +2$
H_2SO_4	$\overset{+1\ +6\ -2}{H_2SO_4}$	Εφαρμόζουμε τους κανόνες 3, 4 και 6 και υπολογίζουμε τον Α.Ο. του S: $2 \cdot A.O._H + A.O._S + 4 \cdot A.O._O = 0 \Rightarrow$ $2 \cdot (+1) + A.O._S + 4 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow$ $A.O._S = +6$
Fe_2O_3	$\overset{+3\ \ -2}{Fe_2O_3}$	Στις ενώσεις του το Ο έχει Α.Ο. = –2 (κανόνας 3). Υπολογίζουμε τον $A.O._{Fe}$: $2 \cdot A.O._{Fe} + 3 \cdot A.O._O = 0 \Rightarrow$ $2 \cdot A.O._{Fe} + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow$ $A.O._{Fe} = +3$
CO_3^{2-}	$\overset{+4\ -2}{CO_3^{2-}}$	Στις ενώσεις το Ο έχει Α.Ο.= –2 (κανόνας 3). Υπολογίζουμε τον Α.Ο. του C με βάση τον κανόνα 6. Εδώ το ιόν έχει φορτίο –2: $A.O._C + 3 \cdot A.O._O = -2 \Rightarrow$ $A.O._C + 3 \cdot (-2) = -2 \Rightarrow$ $A.O._C = +4$

Στον Πίνακα 4.4 υπάρχουν τρία παραδείγματα ενώσεων του S. Τι παρατηρείτε για τον Α.Ο. του S σε αυτές;

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Το συμπέρασμα το οποίο ανακύπτει ισχύει γενικά για τα περισσότερα στοιχεία.

Στην Α΄ Λυκείου θα μας απασχολήσουν μόνο οι περιπτώσεις στις οποίες, βάσει των κανόνων, θα γνωρίζουμε τους Α.Ο. όλων των εμπλεκόμενων ατόμων εκτός από ένα.

Εφαρμογή 4.4 Να βρείτε, με βάση τους πρακτικούς κανόνες, τους αριθμούς οξείδωσης των στοιχείων:

α) Στη χημική ένωση H_3PO_4.

.....

.....

.....

β) Στη χημική ένωση $(NH_4)_2SO_4$.

.....

.....

.....

γ) Στο πολυατομικό ιόν HPO_4^{2-}.

.....

.....

.....

δ) Στο πολυατομικό ιόν $Cr_2O_7^{2-}$.

.....

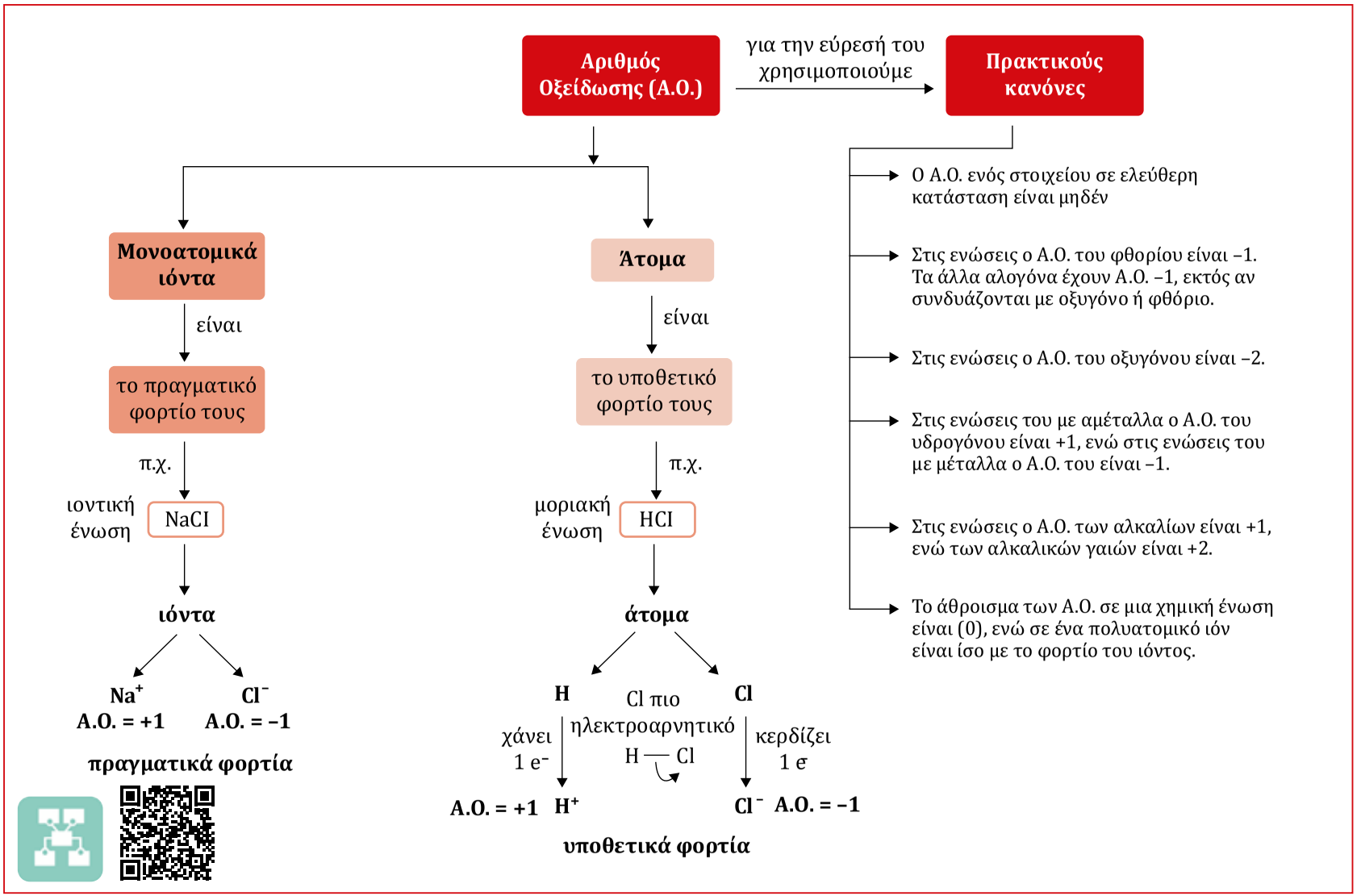
.....

.....

Τώρα μπορείτε να δοκιμάσετε το 1ο Τέστ Αυτοαξιολόγησης.

Αυτοαξιολόγηση στα μονοατομικά και πολυατομικά ιόντα και στον αριθμό οξείδωσης

Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.2



4.3. Ο Συμβολισμός και η Γραφή των Ανόργανων Ενώσεων

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *γράφετε* τους χημικούς τύπους διάφορων ανόργανων ενώσεων, εφόσον είναι γνωστός είτε ο Α.Ο. είτε το φορτίο του θετικού και αρνητικού τμήματός τους.
- *αναγνωρίζετε* την κατηγορία στην οποία ανήκουν διάφορες ανόργανες ενώσεις, οξέα και βάσεις (κατά Arrhenius), άλατα και οξείδια, εφόσον δίνεται ο χημικός τύπος τους.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Θυμηθήκαμε** *τα σύμβολα και ονόματα των χημικών στοιχείων και των κυριότερων ιόντων.*
- **Γνωρίσαμε** *τον Αριθμό Οξείδωσης και εργαστήκαμε σε σχετικά παραδείγματα.*

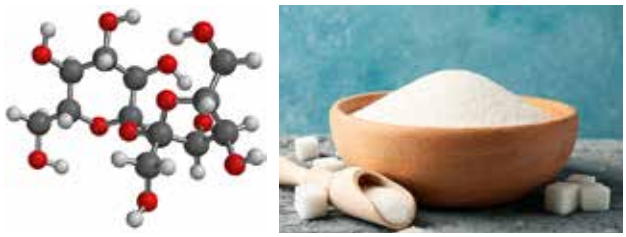
Όπως γνωρίζουμε ήδη από την ενότητα του χημικού δεσμού, κάθε χημική ένωση συμβολίζεται με έναν ***χημικό τύπο***.

Στην περίπτωση μιας *μοριακής ένωσης* ο χημικός τύπος λέγεται ***μοριακός τύπος*** και αντιστοιχεί στο μόριο της ένωσης.

Ο μοριακός τύπος δείχνει τα στοιχεία της μοριακής ένωσης καθώς και των αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου στο μόριο της ένωσης.

Δείτε για παράδειγμα την Εικόνα 4.10.

$C_{12}H_{22}O_{11}$
μοριακός τύπος ζάχαρης

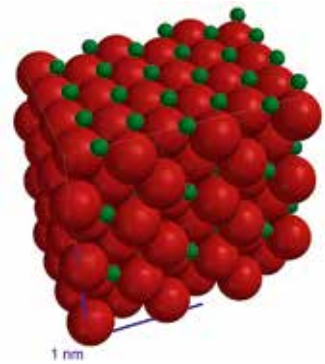


Εικόνα 4.10: *Ο μοριακός τύπος της ζάχαρης δείχνει ότι το μόριό της αποτελείται από 12 άτομα άνθρακα, 22 άτομα Η και 11 άτομα οξυγόνου.*

Στην περίπτωση *ιοντικής ένωσης*, ο χημικός τύπος ονομάζεται ***τυπική μονάδα*** της ένωσης.

Η τυπική μονάδα μιας ιοντικής ένωσης δείχνει τα στοιχεία που την αποτελούν καθώς και την αναλογία των ιόντων στον κρύσταλλο της ένωσης, ώστε να εξασφαλίζεται η ηλεκτρική ουδετερότητα (Εικόνα 4.11).

$MgBr_2$
τυπική μονάδα
βρωμιδίου
του μαγνησίου



Εικόνα 4.11: *Η τυπική μονάδα του βρωμιδίου του μαγνησίου δείχνει ότι το κρυσταλλικό πλέγμα της ιοντικής αυτής ένωσης συγκροτείται από ιόντα μαγνησίου Mg^{2+} και βρωμιδίου Br^- με αναλογία 1:2.*

Ο όρος *τυπική μονάδα* συνδέεται και με τη *σχετική τυπική μάζα* (F_r) για την οποία μιλήσαμε στην υποενότητα 2.1.2. Αμφότερες αναφέρονται στην αναλογία των ιόντων σε έναν ιοντικό κρύσταλλο. Πάντως στο παρόν βιβλίο, σε αρκετές από τις περιπτώσεις αναφοράς μας στις ιοντικές ενώσεις, θα αρκεστούμε στην έκφραση χημικός τύπος ιοντικής ένωσης.

4.3.1. Η γραφή των ιοντικών ενώσεων

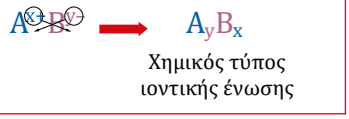
Η βασική ιδιότητα των ιοντικών ενώσεων που θα πρέπει να θυμόμαστε, προκειμένου να γράφουμε ορθά τον χημικό τους τύπο, είναι η ηλεκτρική ουδετερότητα. Με άλλα λόγια στον κρύσταλλο μιας ένωσης το συνολικό φορτίο των θετικών ιόντων θα πρέπει να είναι ίσο με το αντίστοιχο των αρνητικών. Φυσικά το ίδιο θα πρέπει να ισχύει και για την τυπική της μονάδα.

Έτσι, για να βρούμε τον χημικό τύπο μιας ιοντικής ένωσης, αν γνωρίζουμε τα ιόντα που την απαρτίζουν, εργαζόμαστε ως εξής:

α) Γράφουμε δίπλα-δίπλα το κατιόν με το ανιόν (το κατιόν γράφεται πάντα πρώτο).

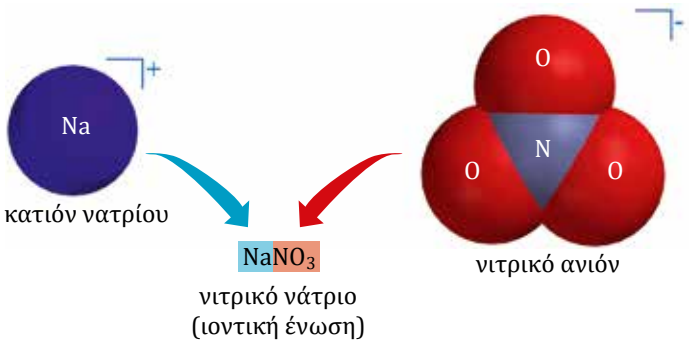
β) Εφαρμόζουμε τον πρακτικό κανόνα: **Το φορτίο του κατιόντος γίνεται δείκτης στο ανιόν και αντιστρόφως**. Ο δείκτης έχει το νόημα του συντελεστή αναλογίας μεταξύ κατιόντων και ανιόντων.

Στη γενική περίπτωση ιοντικής ένωσης ανάμεσα σε κατιόντα A^{x+} και ανιόντα B^{y-} ακολουθείται το ακόλουθο γενικό σχήμα της Εικόνας 4.12.



Εικόνα 4.12: *Γενικό σχήμα γραφής τυπικής μονάδας.*

Για παράδειγμα, από τον συνδυασμό των ιόντων Na^+ και NO_3^- προκύπτει ο χημικός τύπος της ιοντικής ένωσης νιτρικό νάτριο, $NaNO_3$ (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.13: *Η ιοντική ένωση $NaNO_3$ αποτελείται από ιόντα Na^+ και NO_3^- σε **αναλογία 1:1**.*

Στην περίπτωση του $NaNO_3$, όπως και σε αυτή του $CaCl_2$ που είδαμε στην Εικόνα 3.7, που ο ένας ή και οι δυο δείκτες που προκύπτουν είναι 1, τότε παραλείπονται.

Για την ιοντική ένωση μεταξύ Al^{3+} και O^{2-} έχουμε:

$$Al^{\cancel{3}}\ O^{\cancel{2}} \Rightarrow Al_2O_3$$

Για την ιοντική ένωση μεταξύ Ba^{2+} και OH^- έχουμε:

$$Ba^{\cancel{2}}\ OH^{\cancel{-}} \Rightarrow Ba(OH)_2$$

Όπως διαπιστώνουμε, αν υπάρχει δείκτης σε ένα πολυατομικό ιόν, τότε αυτό τίθεται σε παρένθεση.

Τέλος, αν οι δείκτες μπορούν να απλοποιηθούν, τότε τους απλοποιούμε. Για παράδειγμα:

$$Mg^{\cancel{2}}\ SO_4^{\cancel{2}} \Rightarrow Mg_2(SO_4)_2 \Rightarrow MgSO_4$$

Εφαρμογή 4.5 Να βρείτε τον χημικό τύπο της ένωσης που αποτελείται από:

α) Mg^{2+} και O^{2-}.

.....

β) Ca^{2+} και SO_4^{2-}.

.....

γ) Al^{3+} και CO_3^{2-}.

.....

δ) Al^{3+} και PO_4^{3-}.

.....

4.3.2. Αναγνωρίζοντας χημικές ενώσεις από τον χημικό τους τύπο

Όπως διαπιστώσαμε στο Γυμνάσιο, οι κύριες κατηγορίες ανόργανων χημικών ενώσεων είναι τέσσερις: τα οξέα, οι βάσεις, τα άλατα και τα οξείδια. Βλέποντας τον χημικό τύπο μιας ανόργανης ένωσης, μπορούμε να καταλάβουμε σε ποια από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες ενώσεων ανήκει η ένωση αυτή.

4.3.2.1. Τα οξέα

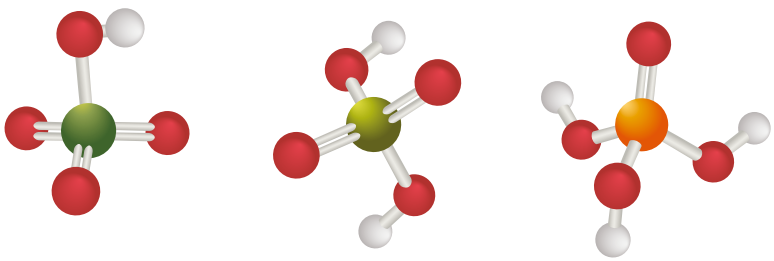
Στο Γυμνάσιο μάθαμε ότι πρόκειται για τις ενώσεις που, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν κατιόντα υδρογόνου (H^+), δηλαδή πρωτόνια. Για παράδειγμα:

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^- \qquad (6.1)$$

Η εξίσωση (6.1) περιγράφει τον ορισμό των οξέων κατά Arrhenius.

Τα οξέα είναι ομοιοπολικές ενώσεις και ο μοριακός τους τύπος είναι $H_xΛ$, όπου Λ = το υπόλοιπο «κομμάτι» του μορίου. Η τιμή του x είναι συνήθως 1, αλλά απαντούν και ενώσεις με x = 2 και 3. Οξέα είναι οι ενώσεις HCl, HBr, HI, H_2S και HNO_3. Τα μοριακά μοντέλα μερικών ακόμη οξέων απεικονίζονται στην Εικόνα 4.14.

Ο δεσμός στο HCl διαπιστώσαμε στην προηγούμενη ενότητα ότι είναι ομοιοπολικός και πολύ ισχυρός. Πώς λοιπόν διασπάται για να σχηματιστούν ιόντα; Στην 5η ενότητα θα δώσουμε την απάντηση σε αυτό το ερώτημα!



(α) (β) (γ)

Εικόνα 4.14: *Μερικά οξέα: (α) $HClO_4$, (β) H_2SO_4 και (γ) H_3PO_4.*

Ας εμβαθύνουμε λίγο στη μοριακή δομή των ανόργανων οξέων.

Συζητώντας για τη μοριακή δομή των οξέων

Στην Εικόνα 4.14 απεικονίζεται η μοριακή δομή κάποιων ανόργανων οξέων. Τι θα μπορούσατε να πείτε για το άτομο με το οποίο συνδέεται το Η σε ένα οξύ που διαθέτει συγχρόνως και Ο;

.....

Με βάση την απάντησή σας στην προηγούμενη ερώτηση με ποιο άτομο αναμένεται να συνδέεται το Η στην ένωση HNO_3;

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Αφού το συζητήσατε με την ομάδα σας, δείτε τη μοριακή δομή του νιτρικού οξέος μπροστά από ένα χάρτη ΕΡΜ αυτού στην εικόνα που θα βρείτε ακολουθώντας τον πλαϊνό σύνδεσμο.

Με βάση τα ακόλουθα δεδομένα:

α) το κείμενο της ενότητας,

β) τα ανωτέρω συμπεράσματά σας,

γ) το γεγονός ότι το άτομο Η, το οποίο συνδέεται με άτομο C ή P, δεν προσδίδει στο μόριό του όξινες ιδιότητες,

δ) τον πίνακα της Εικόνας 3.22,

ποιο είναι το κύριο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχει ένα Η, προκειμένου να προσδώσει όξινη συμπεριφορά σε μια οξυγονούχα ένωση;

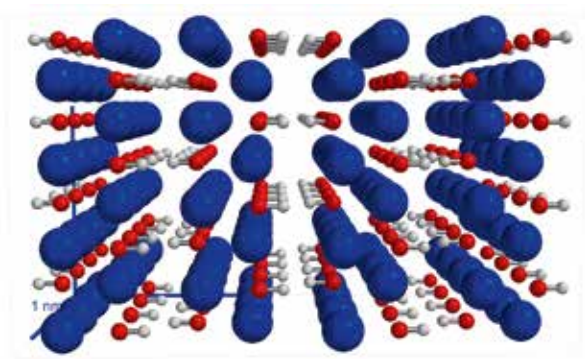
Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

.....

4.3.2.2. Οι βάσεις

Περιγράφεται ο ορισμός των βάσεων κατά Arrhenius.

Οι βάσεις είναι ενώσεις που, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν ανιόντα υδροξειδίου (OH^-). Πρόκειται για ιοντικές ενώσεις με χημικό τύπο $M(OH)_x$, όπου M^{x+} κάποιο μεταλλικό ιόν και x = 1, 2 και 3, το φορτίο του μετάλλου. Παραδείγματα βάσεων αποτελούν οι ενώσεις NaOH (Εικόνα 4.15), KOH, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ και $Al(OH)_3$.



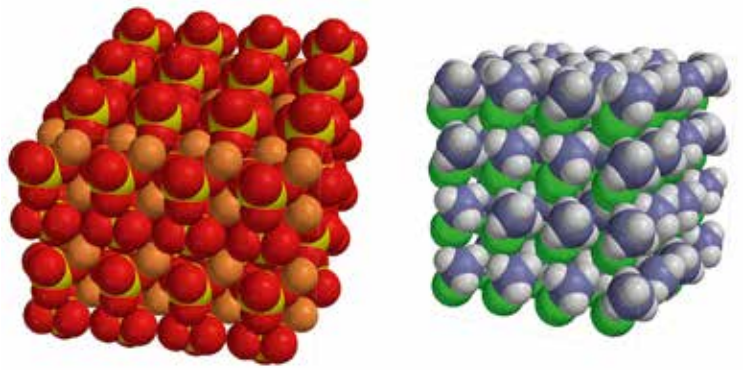
Εικόνα 4.15: *Διάταξη των ιόντων Na^+ και OH^- στον κρύσταλλο της ένωσης NaOH. Τα ιόντα Na^+ αναπαρίστανται από μπλε σφαίρες και παρουσιάζονται πιο μεγάλα για εποπτικούς λόγους.*

Στην 5η ενότητα θα διαπιστώσουμε ότι βασική συμπεριφορά έχει και η NH_3, παρά το γεγονός ότι δεν είναι ιοντική ένωση.

4.3.2.3. Τα άλατα

Τα άλατα είναι οι ιοντικές ενώσεις που αποτελούνται από ένα κατιόν μετάλλου (M^{x+}) ή ένα πολυατομικό κατιόν και ένα ανιόν αμετάλλου (A^{y-}) ή ένα πολυατομικό ανιόν. Επομένως, ο χημικός τύπος ενός άλατος αποτελείται από ένα κατιόν και ένα ανιόν. Με βάση τα ανωτέρω ο γενικός τύπος των αλάτων είναι $\mathbf{M_yA_x}$. Παραδείγματα αλάτων αποτελούν όλες οι ενώσεις που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 3.1.2. Μερικά ακόμα παραδείγματα απεικονίζονται στην Εικόνα 4.16.

Στην περίπτωση των αλάτων το ανιόν δεν μπορεί να είναι OH^- (υποενότητα 4.3.2.2) ή O^{2-} (υποενότητα 4.3.2.4).



(α) (β)

Εικόνα 4.16: *Κρυσταλλική δομή δύο αλάτων (α) του $BaSO_4(s)$ (Ba^{2+} ⇒ πορτοκαλί σφαίρες) και (β) του NH_4Cl.*

4.3.2.4. Τα οξείδια

Ο χημικός τύπος ενός οξειδίου αποτελείται από κάποιο στοιχείο και οξυγόνο (O). Υπάρχουν δυο τύποι οξειδίων: (α) τα μοριακά οξείδια, όπως το CO, το CO_2, το NO_2 και το SO_3 καθώς και (β) οι ιοντικοί κρύσταλλοι, όπως το $Na_2O(s)$ και το MgO(s).

Εφαρμογή 4.6 Να χαρακτηρίσετε καθεμία από τις ακόλουθες ενώσεις ως οξύ, βάση, οξείδιο ή άλας:

α) HI, β) $Mg(OH)_2$, γ) NH_4NO_3, δ) H_3PO_4 ε) $CaCO_3$, στ) CO, ζ) Li_2O και η) Fe_2O_3.

.....

.....

.....

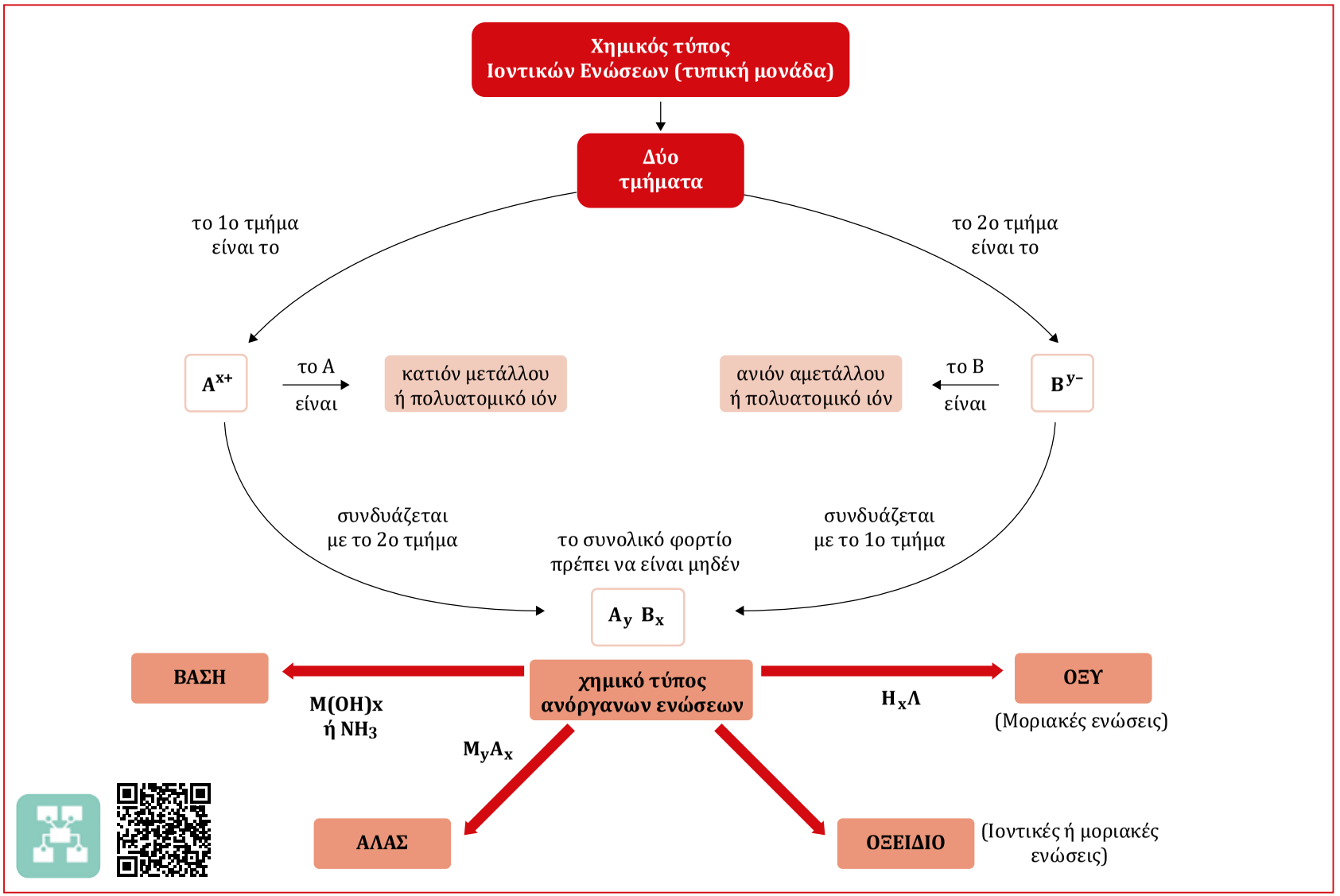
.....

Εφαρμογή 4.7 Να βρείτε πληροφορίες:

α) Για τον χημικό τύπο της σκουριάς. Πού ανήκει χημικά;

β) Γιατί τα αλουμινένια κουφώματα είναι τόσο ανθεκτικά;

Εννοιολογικός Χάρτης Ενότητας 4.3



4.4. Η Ονοματολογία των Ανόργανων Ενώσεων

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *ονομάζετε* κατά IUPAC διάφορες ενώσεις (οξέα, βάσεις, άλατα, οξείδια), εφόσον δίνεται ο χημικός τύπος τους και αντίστροφα.

Η ένωση $FeCl_3$ (Εικόνα 4.17) περιέχει τα στοιχεία Fe και Cl. Το δεύτερο είναι διατομικό (Cl_2) και αέριο στη στοιχειακή του μορφή (Εικόνα 4.18). Πώς ονομάζονται τα στοιχεία Fe και Cl;

Fe: …… Cl: ……

Αν ονομάζατε την ένωση $FeCl_3$ με βάση τα ονόματα των στοιχείων της, πώς θα την ονομάζατε;

……

Αν σκεφτόσασταν με την ίδια λογική όπως προηγουμένως, πώς θα ονομάζατε την ένωση $FeCl_2$;

……

Αν οι ονομασίες που δώσατε για τις ενώσεις $FeCl_3$ και $FeCl_2$ είναι ακριβώς ίδιες, προκύπτει ένα πρόβλημα.

Μπορείτε να προτείνετε κάποια λύση σε αυτό το πρόβλημα;

……

Γνωρίζοντας τα ονόματα και τα σύμβολα αρκετών στοιχείων και των κυριότερων ιόντων, μπορούμε τώρα να δούμε πώς θα ονομάζουμε μια ανόργανη χημική ένωση, οξύ, βάση, οξείδιο ή άλας, όταν μας δίνεται ο χημικός της τύπος. Θα χρειαστεί επίσης να κάνουμε και το αντίστροφο, να γράφουμε δηλαδή τον χημικό τύπο μιας ένωσης, όταν μας δίνεται η ονομασία της. Επειδή τα οξέα έχουν κάποιες διαφορές στον τρόπο που ονομάζονται σε σχέση με τις υπόλοιπες ανόργανες ενώσεις, θα εξετάσουμε την ονοματολογία τους ξεχωριστά. Οι κανόνες που χρησιμοποιούμε για να ονομάζουμε τις χημικές ενώσεις με συστηματικό τρόπο, έχουν θεσπιστεί από τη Διεθνή Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC).

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τα σύμβολα και τα ονόματα των χημικών στοιχείων και των κυριότερων ιόντων.*
- **Ορίσαμε** *τον Αριθμό Οξείδωσης*
- **Γνωρίσαμε** *τις κυριότερες κατηγορίες των ανόργανων χημικών ενώσεων.*

Εικόνα 4.17: *Κρύσταλλοι του στερεού $FeCl_3$*

Εικόνα 4.18: *Το αέριο σε στοιχειακή μορφή Cl_2.*

4.4.1. Ονομάζοντας μια χημική ένωση, όταν γνωρίζουμε τον χημικό της τύπο

4.4.1.1. Ονοματολογία ενώσεων εκτός των οξέων

Θα εφαρμόσουμε τους ακόλουθους **κανόνες**:

1. **Για τις *ιοντικές ενώσεις* γράφουμε πρώτα το όνομα του ανιόντος και μετά το όνομα του κατιόντος.**

   Ας δούμε παραδείγματα στον Πίνακα 4.5.

Μπορείτε να ξαναδείτε τα ονόματα των συνηθέστερων ιόντων στους Πίνακες 4.1, 4.2 και 4.3.

Πίνακας 4.5: *Παραδείγματα ονοματολογίας ιοντικών ενώσεων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
NaCl	χλωρίδιο του νατρίου
KF	φθορίδιο του καλίου
$CaSO_4$	θειικό ασβέστιο
NH_4NO_3	νιτρικό αμμώνιο
$NaHCO_3$	υδρογονοανθρακικό νάτριο
KCN	κυανίδιο του καλίου
MgO	οξείδιο του μαγνησίου
Na_2O	οξείδιο του νατρίου
Al_2O_3	οξείδιο του αργιλίου
$BaCO_3$	ανθρακικό βάριο
LiOH	υδροξείδιο του λιθίου
$Mg(OH)_2$	υδροξείδιο του μαγνησίου

2. **Αν η ένωση περιέχει μέταλλο που σχηματίζει περισσότερα από ένα κατιόντα (π.χ. Fe, Cu), μετά το όνομα του κατιόντος γράφουμε σε παρένθεση λατινικό αριθμό που δείχνει το φορτίο του κατιόντος.**

   Ας δούμε παραδείγματα στον πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6: *Παραδείγματα ονοματολογίας ενώσεων με μέταλλο που σχηματίζει πολλά κατιόντα.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
FeO	οξείδιο του σιδήρου (II)
$FeBr_3$	βρωμίδιο του σιδήρου (III)
$CuSO_4$	θειικός χαλκός (II)
CuCl	χλωρίδιο του χαλκού (I)

3. **Για τις *δυαδικές ομοιοπολικές ενώσεις*, γράφουμε πρώτα το όνομα του στοιχείου με τον αρνητικό Α.Ο. με την κατάληξη *-ίδιο* και μετά το όνομα του στοιχείου με τον θετικό Α.Ο., βάζοντας αριθμητικά προθέματα για να δείξουμε τον αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου. Αν το πρώτο στοιχείο έχει δείκτη 1, το αριθμητικό πρόθεμα παραλείπεται για αυτό το στοιχείο.**

Ας δούμε παραδείγματα στον πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7: *Παραδείγματα ονοματολογίας δυαδικών ομοιοπολικών ενώσεων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
CO	μονοξείδιο του άνθρακα
CO_2	διοξείδιο του άνθρακα
SO_2	διοξείδιο του θείου
SO_3	τριοξείδιο του θείου
NO_2	διοξείδιο του αζώτου
N_2O_4	τετροξείδιο του διαζώτου
N_2O	μονοξείδιο του διαζώτου
PCl_3	τριχλωρίδιο του φωσφόρου
PCl_5	πενταχλωρίδιο του φωσφόρου

4.4.1.2. Ονοματολογία οξέων

1. **Για τα *μη οξυγονούχα οξέα* γράφουμε πρώτα το πρόθεμα *υδρο-* και μετά το όνομα του στοιχείου με τον αρνητικό Α.Ο..**

   Ας δούμε παραδείγματα στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8: *Παραδείγματα ονοματολογίας μη οξυγονούχων οξέων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
HCl	υδροχλώριο
HBr	υδροβρώμιο
HI	υδροϊώδιο
H_2S	υδρόθειο
HCN	υδροκυάνιο

Παρατηρείστε ότι, στην περίπτωση του HCN, για το CN χρησιμοποιούμε την ονομασία κυάνιο.

2. **Αν το μη οξυγονούχο οξύ είναι σε *υδατικό διάλυμα (aq)*, βάζουμε στο όνομα κατάληξη *-ικό οξύ*.**

   Ας δούμε παραδείγματα στον Πίνακα 4.9.

Πίνακας 4.9: *Παραδείγματα ονοματολογίας υδατικών διαλυμάτων μη οξυγονούχων οξέων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
HCl(aq)	υδροχλωρικό οξύ
H_2S(aq)	υδροθειικό οξύ
HCN(aq)	υδροκυανικό οξύ

Όπως είδαμε και νωρίτερα, τα οξέα, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν κατιόντα υδρογόνου (H^+), δηλαδή πρωτόνια. Έτσι, για ένα οξυγονούχο οξύ της μορφής $H_xΛ$, όπως αυτά της υποενότητας 4.3.2.1 και της Εικόνας 4.14, ισχύει:

$$H_xΛ \rightarrow xH^+ + Λ^{x-} \qquad (6.2)$$

Με βάση αυτό:

3. Για τα *οξυγονούχα οξέα* γράφουμε πρώτα το όνομα του πολυατομικού οξυγονούχου ανιόντος που προκύπτει κατά τη διάλυσή τους στο νερό και μετά τη λέξη *οξύ*.

Παραδείγματα ονοματολογίας οξυγονούχων οξέων δίδονται στον Πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10: *Παραδείγματα ονοματολογίας οξυγονούχων οξέων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
$HNO_3(aq)$	νιτρικό οξύ
$H_2CO_3(aq)$	ανθρακικό οξύ
$H_2SO_4(aq)$	θειικό οξύ
$H_3PO_4(aq)$	φωσφορικό οξύ

Στην Εικόνα 4.14 φαίνονται οι δομές μερικών οξυγονούχων οξέων. Παρατηρήστε ότι σε αυτές το Η συνδέεται με άτομο Ο. Να σημειωθεί τέλος ότι για ορισμένες ενώσεις έχουν επικρατήσει οι **εμπειρικές ονομασίες**, όπως για το νερό (H_2O) και την αμμωνία (NH_3).

Η συστηματική ονομασία για τα οξυγονούχα οξέα φαίνεται πιο πολύπλοκη. Για παράδειγμα το θειικό οξύ H_2SO_4 ονομάζεται διυδρόξειδοδιόξειδοθείο.

Οι εμπειρικές ονομασίες δεν προκύπτουν από τους κανόνες ονοματολογίας της IUPAC. Έχουν προκύψει από διάφορους λόγους, π.χ. ιδιότητες ή προέλευση ουσίας κ.ά., και σε κάποιες περιπτώσεις έχουν επικρατήσει.

Παράδειγμα 4.7 Να ονομαστεί η ένωση $Al_2(CO_3)_3$.

Πρόκειται για χημική ένωση ανάμεσα στο μεταλλικό κατιόν Al^{3+} και το ανιόν CO_3^{2-}. Επομένως, είναι άλας. Με βάση τους ανωτέρω κανόνες το όνομα της ένωσης είναι ανθρακικό αργίλιο.

Παράδειγμα 4.8 Να ονομαστεί η ένωση P_2O_5.

Η ένωση περιλαμβάνει αμέταλλο και οξυγόνο. Επομένως, πρόκειται για οξείδιο. Σύμφωνα με τους κανόνες ονομάζεται πεντοξείδιο του διφωσφόρου.

Παράδειγμα 4.9 Πώς ονομάζεται η ένωση HBr, όταν βρίσκεται σε υδατικό διάλυμα;

Η ένωση είναι ένα (μη οξυγονούχο) οξύ. Κατά τα γνωστά, το υδατικό του διάλυμα ονομάζεται υδροβρωμικό οξύ.

Εργαζόμενοι σε ομάδες να ονομάσετε τις ενώσεις του Πίνακα 4.11.

Πίνακας 4.11: Παραδείγματα ονοματολογίας χημικών ενώσεων.

Χημικός Τύπος	Ονομασία
$(NH_4)_2CO_3$	
K_3PO_4	
N_2O_4	
NO	
$Al(OH)_3$	
Fe_2O_3	
HNO_3	

Συζήτηση στην ομάδα

4.4.2. Γράφοντας τον χημικό τύπο μιας ένωσης, όταν γνωρίζουμε την ονομασία της

Για να γράψουμε τον χημικό τύπο μιας **ιοντικής ένωσης** από την ονομασία της, αρκεί να γνωρίζουμε τον συμβολισμό και τα φορτία των ιόντων που την απαρτίζουν. Από το όνομα της ένωσης, καταλαβαίνουμε ποιο είναι το κατιόν και ποιο το ανιόν από τα οποία αποτελείται. Στη συνέχεια, γνωρίζοντας τα ιόντα της ένωσης, ακολουθούμε τη διαδικασία που είδαμε στην ενότητα 4.3.1.

Όνομα ιοντικής ένωσης ⟶ ιόντα A^{+x} και B^{-y} ⟶ χημικός τύπος ένωσης A_yB_x

Για να γράψουμε τους χημικούς τύπους των **οξέων**, χρειάζεται επίσης να θυμόμαστε τους συνήθεις αριθμούς οξείδωσης ορισμένων αμετάλλων, κυρίως του H(+1), των αλογόνων (-1) και του S (-2). Στη συνέχεια, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με τις ιοντικές ενώσεις, χρησιμοποιώντας τους αριθμούς οξείδωσης των ατόμων με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιούμε τα φορτία των ιόντων.

Παράδειγμα 4.10 Ποιος είναι ο χημικός τύπος της ένωσης τετροξείδιο του διαζώτου;

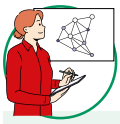
Είναι δυαδική ένωση αμετάλλων και αποτελείται από 2 άτομα N και 4 άτομα O. Επομένως, ο μοριακός της τύπος είναι N_2O_4.

Παράδειγμα 4.11 Ποιος είναι ο χημικός τύπος της ένωσης υδροξείδιο του χαλκού (II);

Το 1ο ιόν είναι το Cu^{2+} και το 2ο το ιόν OH^-.

$$\underset{1}{Cu^{2+}}\ \underset{2}{OH^-} \longrightarrow Cu(OH)_2$$

Ο δείκτης του Cu είναι 1 και παραλείπεται. Το OH^- είναι πολυατομικό ιόν και μπαίνει σε παρένθεση.



Παράδειγμα 4.12 Ποιος είναι ο χημικός τύπος της ένωσης υδρόθειο;

Το υδρόθειο είναι μη οξυγονούχο οξύ. Το 1ο στοιχείο είναι το Η (Α.Ο. +1) και το 2ο το S (Α.Ο. -2).

$$H^{+1}_{2}S^{-2}_{1} \longrightarrow H_2S$$

Εργαζόμενοι σε ομάδες να γράψετε τους χημικούς τύπους για τις ενώσεις που δίνονται τα ονόματά τους στον Πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.12: *Παραδείγματα γραφής χημικών τύπων χημικών ενώσεων.*

Χημικός Τύπος	Ονομασία
	νιτρικό ασβέστιο
	ανθρακικό αργίλιο
	φωσφορικό οξύ
	θειικό κάλιο
	υδροξείδιο του σιδήρου (ΙΙΙ)
	υδρόθειο
	πεντοξείδιο του διφωσφόρου
	υδρογονοανθρακικό μαγνήσιο
	τετραχλωρίδιο του πυριτίου
	πενταβρωμίδιο του φωσφόρου

Αν ολοκληρώσατε τη μελέτη σας προχωρήστε στα ακόλουθα Τεστ Αυτοαξιολόγησης.

Συζήτηση στην ομάδα και ακολούθως στην ολομέλεια

Αυτοαξιολόγηση στον συμβολισμό και στην ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων

Το σταυρόλεξο της Ανόργανης Χημείας

Γλωσσάριο

Άλατα: Οι ενώσεις που αποτελούνται από ένα κατιόν μετάλλου ή πολυατομικό κατιόν και ένα ανιόν αμετάλλου ή πολυατομικό ανιόν, εκτός του O^{2-} **(οξείδια)** και του OH^- **(βάσεις)**.

Ανιόντα: Ιόντα με αρνητικό φορτίο.

Βάσεις: Οι ενώσεις που, όταν διαλυθούν στο νερό, δίνουν ανιόντα υδροξειδίου (OH^-).

Εμπειρικές ονομασίες: Οι ονομασίες των ενώσεων που δεν προκύπτουν από τους κανόνες ονοματολογίας της IUPAC, αλλά οφείλονται σε άλλους λόγους (π.χ. ιδιότητες ή προέλευση ουσίας κ.τ.λ.) και σε κάποιες περιπτώσεις έχουν επικρατήσει.

Κατιόντα: Ιόντα με θετικό φορτίο.

Μη οξυγονούχα οξέα: Τα οξέα που δεν περιέχουν οξυγόνο στο μόριό τους, π.χ. το HCl(aq).

Μονοατομικά Ιόντα: Ιόντα που αποτελούνται από ένα άτομο.

Μοριακός τύπος: Ο χημικός τύπος μιας μοριακής ένωσης που δείχνει τα στοιχεία που την αποτελούν καθώς και τον αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου στο μόριο της ένωσης.

Οξέα: Οι ενώσεις που, όταν διαλυθούν στο νερό, δίνουν κατιόντα υδρογόνου (H^+). Στην 5η ενότητα θα αναλύσουμε τη συμπεριφορά τους.

Οξείδια: Οι ενώσεις ενός στοιχείου με το οξυγόνο (O). Μπορεί να είναι ομοιοπολικές, όπως το CO ή ιοντικές, όπως το FeO.

Οξυγονούχα οξέα ή οξοοξέα: Τα οξέα που περιέχουν οξυγόνο στο μόριό τους. Σε αυτά το Η που τους προσδίδει την όξινη συμπεριφορά συνδέεται με ένα εκ των ατόμων Ο.

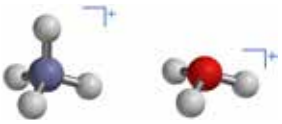
Πολυατομικά Ιόντα: Ιόντα που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα άτομα.

Πρακτικοί κανόνες εύρεσης Α.Ο.: Κανόνες που προκύπτουν από τον ορισμό του Α.Ο. και χρησιμοποιούνται για την εύρεση των Α.Ο. των στοιχείων σε μία ένωση ή σε ένα πολυατομικό ιόν.

Τυπική μονάδα: Ο **χημικός τύπος** μιας ιοντικής ένωσης που δείχνει τα στοιχεία που την αποτελούν και την αναλογία των ιόντων στον κρύσταλλο της ένωσης.

Χημικός τύπος: Ο συμβολισμός μιας χημικής ένωσης χρησιμοποιώντας τα σύμβολα των στοιχείων που την αποτελούν.

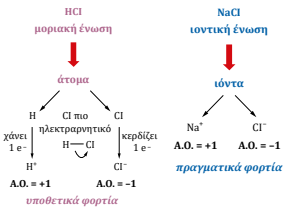
4.1 Τα Μονοατομικά και Πολυατομικά Ιόντα


(α) (β)

- Τα μέταλλα σχηματίζουν *κατιόντα* και τα αμέταλλα σχηματίζουν *ανιόντα*.
- Τα ονόματα των *μονοατομικών κατιόντων* είναι ίδια με τα ονόματα των αντίστοιχων στοιχείων, προσθέτοντας όμως μετά το όνομα και το φορτίο του ιόντος.
- Τα ονόματα των *μονοατομικών ανιόντων* προέρχονται από τα ονόματα των αντίστοιχων στοιχείων, βάζοντας όμως την κατάληξη *-ίδιο*.
- Ένα *πολυατομικό ιόν* συγκροτείται από περισσότερα από ένα άτομα.
- Θα δούμε μόνο δύο πολυατομικά κατιόντα, το οξώνιο H_3O^+ και το αμμώνιο NH_4^+.
- Για τα συνηθέστερα πολυατομικά ανιόντα οι ονομασίες τους έχουν την κατάληξη *-ικό*, όχι όμως για το υδροξείδιο (OH^-) και το κυανίδιο (CN^-).

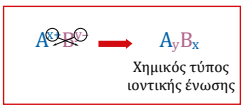
4.2 Ο Αριθμός Οξείδωσης

- Ο αριθμός οξείδωσης (Α.Ο.) ενός *μονοατομικού ιόντος* είναι το φορτίο του ιόντος.
- Ο αριθμός Οξείδωσης (Α.Ο.) ενός ατόμου είναι το υποθετικό φορτίο που του αποδίδεται, αν όλοι οι δεσμοί, με άτομα διαφορετικών στοιχείων, στους οποίους συμμετέχει, θεωρηθούν ιοντικοί.



4.3 Ο Συμβολισμός και η Γραφή των Ανόργανων Ενώσεων

- Κάθε χημική ένωση συμβολίζεται με ένα χημικό τύπο. Ο χημικός τύπος μιας μοριακής ένωσης λέγεται μοριακός τύπος, ενώ μιας ιοντικής ένωσης λέγεται τυπική μονάδα.



- Ο μοριακός τύπος δείχνει τα στοιχεία της ένωσης καθώς και τον αριθμό των ατόμων κάθε στοιχείου στο μόριό της.
- Η τυπική μονάδα μιας ιοντικής ένωσης δείχνει τα στοιχεία που την αποτελούν καθώς και την αναλογία των ιόντων στον κρύσταλλο της ένωσης.
- Για να γραφεί ο χημικός τύπος μιας ιοντικής ένωσης, που αποτελείται από κατιόντα A^{x+} και ανιόντα B^{y-}, το φορτίο του κατιόντος γίνεται δείκτης στο ανιόν και αντίστροφα.

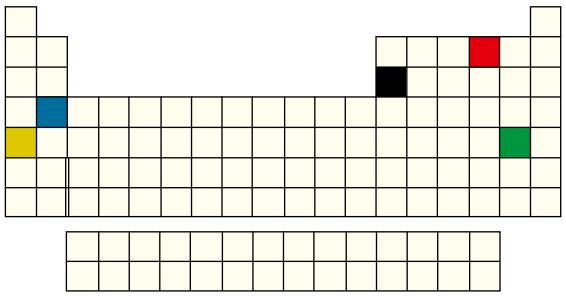
4.4 Η Ονοματολογία των Ανόργανων Ενώσεων

- Για τις *ιοντικές ενώσεις* γράφουμε πρώτα το όνομα του ανιόντος και μετά το όνομα του κατιόντος.
- Αν η ένωση περιέχει μέταλλο που σχηματίζει περισσότερα από ένα κατιόντα (π.χ. Fe, Cu), μετά το όνομα του κατιόντος γράφουμε σε παρένθεση λατινικό αριθμό που δείχνει το φορτίο του κατιόντος.
- Για τις *δυαδικές ομοιοπολικές ενώσεις*, γράφουμε πρώτα το όνομα του στοιχείου με τον αρνητικό Α.Ο. με την κατάληξη *-ίδιο* και μετά το όνομα του στοιχείου με τον θετικό Α.Ο., βάζοντας αριθμητικά προθέματα για να δείξουμε τον αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου. Αν το πρώτο στοιχείο έχει δείκτη 1, το αριθμητικό πρόθεμα παραλείπεται για αυτό το στοιχείο.
- Για τα *μη οξυγονούχα οξέα* γράφουμε πρώτα το πρόθεμα *υδρο-* και μετά το όνομα του στοιχείου με τον αρνητικό Α.Ο.
- Αν το μη οξυγονούχο οξύ είναι σε *υδατικό διάλυμα (aq)*, βάζουμε στο όνομα κατάληξη *-ικό οξύ*.
- Για τα *οξυγονούχα οξέα* γράφουμε πρώτα το όνομα του πολυατομικού οξυγονούχου ανιόντος που προκύπτει κατά τη διάλυσή τους στο νερό και μετά τη λέξη *οξύ*.

Οι ασκήσεις με την ένδειξη είναι περισσότερο απαιτητικές.

Τα μονοατομικά και τα πολυατομικά ιόντα

4.1. Πέντε από τα πλαίσια του παρακάτω περιοδικού πίνακα είναι χρωματισμένα. Προβλέψτε το φορτίο του ιόντος που σχετίζεται με καθένα από αυτά τα στοιχεία.



4.2. Να γράψετε την ονομασία για καθένα από τα ακόλουθα κατιόντα:
α) Fe^{2+}, β) Cu^{2+}, γ) Zn^{2+}, δ) Pb^{4+}, ε) Cr^{3+}, στ) Mn^{2+}

4.3. Να γράψετε την ονομασία για καθένα από τα ακόλουθα ανιόντα:
(α) N^{3-}, β) Cl^-, γ) O^{2-}, δ) S^{2-}

4.4. Να γράψετε τον τύπο, συμπεριλαμβανομένου του φορτίου, για καθένα από τα ακόλουθα πολυατομικά ιόντα:
α) υδρογονοανθρακικό, β) αμμώνιο, γ) φωσφορικό, δ) οξώνιο.

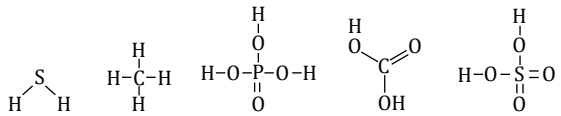
4.5. Να ονομάσετε τα ακόλουθα πολυατομικά ιόντα:
α) SO_4^{2-}, β) CO_3^{2-}, γ) OH^-, δ) NO_3^-

4.6. Να γράψετε τον τύπο του πολυατομικού ιόντος σε καθεμία από τις ακόλουθες ενώσεις:
α) K_2CO_3, β) $CuSO_4$, γ) $Ca_3(PO_4)_2$, δ) $NaHCO_3$

Ο αριθμός οξείδωσης

4.7. Διατυπώστε τον ορισμό του Α.Ο.

4.8. Με βάση τον ορισμό του Α.Ο. και τον πίνακα της Εικόνας 3.22 να βρείτε τους Α.Ο. των ατόμων στις ακόλουθες ενώσεις:



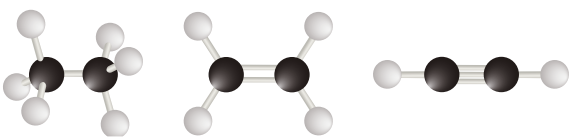
(α) (β) (γ) (δ) (ε)

4.9. Με βάση τους πρακτικούς κανόνες εύρεσης του Α.Ο. να βρείτε τον αριθμό οξείδωσης καθενός από τα ακόλουθα:
α) Cu, β) F_2, γ) Fe^{2+}, δ) Cl^-, ε) Al, στ) Al^{3+}, ζ) F^-, η) N_2

4.10. Με βάση τους πρακτικούς κανόνες εύρεσης του Α.Ο. να βρείτε τους αριθμούς οξείδωσης όλων των ατόμων σε καθένα από τα ακόλουθα:
α) KCl, β) MnO_2, γ) NO, δ) Mn_2O_3, ε) H_2S, στ) NO_2, ζ) CCl_4, η) PCl_3, θ) Li_3PO_4, ι) SO_3^{2-}, ια) Cr_2S_3, ιβ) NO_3^-

4.11. Με βάση του πρακτικούς κανόνες να βρείτε τον αριθμό οξείδωσης του ατόμου του στοιχείου που ζητείται σε καθένα από τα ακόλουθα:
α) N στο HNO_3, β) C στο C_4H_{10}, γ) P στο K_3PO_4, δ) Cr στο $Cr_2O_7^{2-}$
Γιατί στο β) ο αριθμός οξείδωσης του C δεν είναι ακέραιος;

4.12. Κατατάξτε τις ενώσεις του άνθρακα που απεικονίζονται στα παρακάτω μοριακά μοντέλα κατά σειρά μείωσης του αριθμού οξείδωσης του άνθρακα (μαύρες σφαίρες) σε αυτές (οι λευκές σφαίρες είναι άτομα υδρογόνου).



(α) (β) (γ)

Ο συμβολισμός και η γραφή των ανόργανων ενώσεων

4.13. Ποιο είναι το φορτίο του κατιόντος του μετάλλου (Μ) σε καθεμία από τις ακόλουθες χημικές ενώσεις;
α) MCl_2, β) MO, γ) M_2O_3, δ) M_3N, ε) $M(NO_3)_2$, στ) MSO_4

4.14. Ποιο είναι το φορτίο του ανιόντος Z σε καθεμία από τις ακόλουθες χημικές ενώσεις;
α) BaZ, β) Al_2Z_3, γ) Na_3Z, δ) K_2Z

4.15. Γράψτε τον τύπο της ιοντικής ένωσης που σχηματίζεται από το θειικό ανιόν (SO_4^{2-}) και κάθε κατιόν:
α) K^+, β) Ba^{2+}, γ) Al^{3+}, δ) Zn^{2+}

4.16. Γράψτε τον τύπο της ιοντικής ένωσης που σχηματίζεται από το κατιόν του σιδήρου Fe^{3+} και κάθε ανιόν:
α) CN^-, β) PO_4^{3-}, γ) HPO_4^{2-}, δ) $H_2PO_4^-$

4.17. Συμπλήρωσε τον επόμενο πίνακα με τους χημικούς τύπους των ενώσεων που προκύπτουν από τα κατιόντα αριστερά, με καθένα από τα ανιόντα επάνω.

	Br^-	OH^-	HCO_3^-	SO_3^{2-}	PO_4^{3-}
Na^+					
Ba^{2+}					
Al^{3+}					

4.18. Γράψτε τον τύπο της ιοντικής ένωσης που σχηματίζεται από κάθε κατιόν και ανιόν.
α) λίθιο(+1) και νιτρικό, β) ασβέστιο(+2) και υδροξείδιο, γ) νάτριο(+1) και σουλφίδιο, δ) σίδηρος(+2) και φωσφορικό, ε) μαγνήσιο(+2) και υδρογονοανθρακικό.

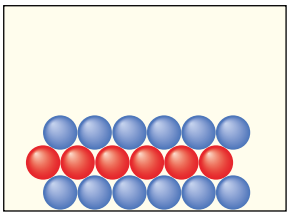
4.19. Χαρακτηρίστε καθεμιά από τις ακόλουθες ενώσεις ως οξύ, βάση, οξείδιο ή άλας. Εξηγήστε.
α) NaOH, β) CaO, γ) $MgCl_2$, δ) NH_3, ε) HI, στ) P_2O_5, ζ) CO_2, η) H_2SO_4, θ) $Ba(OH)_2$, ι) NH_4I, ια) K_2CO_3, ιβ) $Ca(HCO_3)_2$

Η ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων

4.20. Να ονομάσετε τις ακόλουθες χημικές ενώσεις:
α) Na_2O, β) BaS, γ) PbS_2, δ) AgCl, ε) $FeCl_2$, στ) $FeBr_3$, ζ) NH_4Cl, η) $PbSO_4$, θ) $Cu(NO_3)_2$, ι) $Ca(HCO_3)_2$, ια)$Fe(NO_3)_2$, ιβ) PBr_3, ιγ) SO_3, ιδ) NCl_3, ιε) P_2S_5, ιστ) SF_6, ιζ) CBr_4, ιη) N_2O, ιθ) P_4O_{10}

4.21. Να γράψετε τους χημικούς τύπους των ακόλουθων ενώσεων:
α) θειούχο νάτριο, β) θειικό κάλιο, γ) οξείδιο του μαγνησίου, δ) υδροξείδιο του μαγνησίου, ε) ανθρακικό ασβέστιο, στ) διοξείδιο του θείου, ζ) τετραχλωρίδιο του πυριτίου, η) πεντοξείδιο του διαζώτου, θ) τετραφδορίδιο του πυριτίου, ι) μονοξείδιο του αζώτου, ια) τριιωδίδιο του φωσφόρου, ιβ) ανθρακικό μαγνήσιο, ιγ) θειικό νικέλιο, ιδ) υδρίδιο του λιθίου, ιε) φωσφορικό νάτριο, ιστ) κυανίδιο του χρωμίου (III), ιζ) υδροξείδιο του αργιλίου, ιη) νιτρικός κασσίτερος (IV), ιθ) υδρογονοανθρακικό κάλιο, κ) κυανίδιο του ασβεστίου, κα) υδροξείδιο του χαλκού (II).

4.22. Παρακάτω αναπαρίσταται μια ιοντική ένωση. Τα κόκκινα σφαιρίδια αντιπροσωπεύουν κατιόντα, ενώ τα μπλε σφαιρίδια αντιπροσωπεύουν ανιόντα.



Ποιος από τους ακόλουθους τύπους συνάδει με το σχέδιο; Ονομάστε την ένωση.
α) KBr, β) K_2SO_4, γ) $Ca(NO_3)_2$, δ) $Fe_2(SO_4)_3$.

4.23. Να ονομαστούν τα οξέα.
α) HNO_3, β) HI(aq), γ) H_2CO_3, δ) HCl(g)

4.24. Γράψτε τον χημικό τύπο κάθε οξέος.
α) φωσφορικό οξύ, β) υδροφθόριο, γ) θειικό οξύ, δ) υδροκυάνιο

4.25. Συμπληρώστε τον πίνακα:

Τύπος	Είδος ένωσης (ιοντική, μοριακή)	Όνομα
PCl_3	μοριακή	
		χλωρίδιο του καλίου
H_2CO_3		
		κυανίδιο του σιδήρου (III)
K_2SO_4	ιοντική	
HBr		
		πεντοξείδιο του διαζώτου
Na_2O		

4.26. Να συμπληρώσετε τα κενά στον ακόλουθο πίνακα:

Κατιόν	Ανιόν	Τύπος	Όνομα
			ανθρακικό νάτριο
Ni^{2+}	$CO_3^{\ 2}$		
		$Cu_3(PO_4)_2$	
			νιτρικό κάλιο
Ca^{2+}	F^-		
		$NaHCO_3$	
			θειικός ψευδάργυρος
		Mg_3N_2	

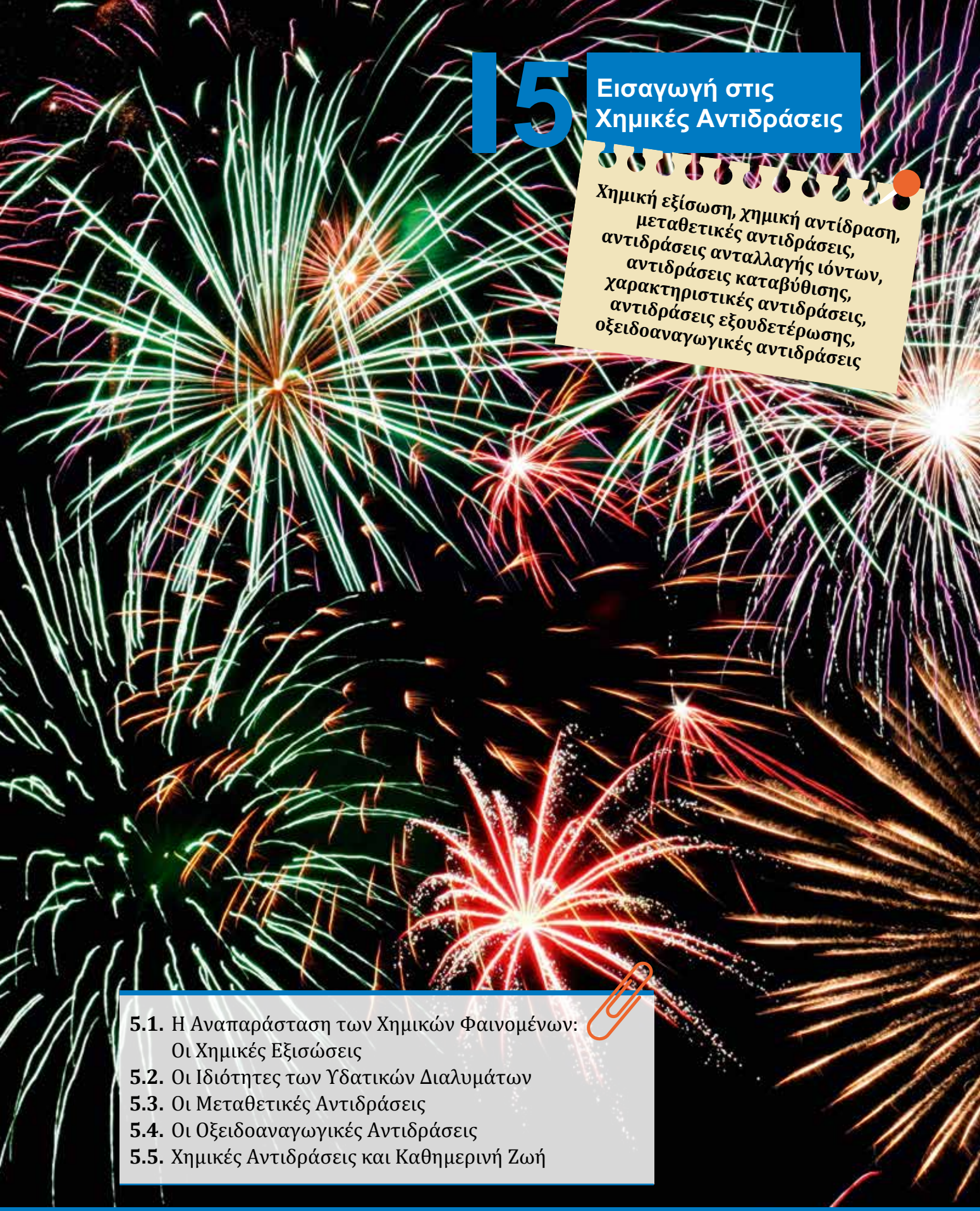
Δουλεύοντας σε ομάδες: Η ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων

Ο4.1. *Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες αναζητήστε πληροφορίες για τις ανόργανες ενώσεις που απαντούν:*

α) Σε ορυκτά και πετρώματα που αποτελούν πηγή πλούτου της πατρίδας μας.

β) Στην ατμόσφαιρα περιλαμβανομένων των ρύπων που συνδέονται με τα περιβαλλοντικά προβλήματα της κλιματικής αλλαγής, της όξινης βροχής και της φωτοχημικής ρύπανσης.

Ακολούθως κάντε μια σύντομη παρουσίαση στην ολομέλεια της τάξης σας με τα ευρήματά σας. Μην ξεχάσετε να ονομάσετε τις ενώσεις που βρήκατε!



5 Εισαγωγή στις Χημικές Αντιδράσεις

Χημική εξίσωση, χημική αντίδραση, μεταθετικές αντιδράσεις, αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων, αντιδράσεις καταβύθισης, χαρακτηριστικές αντιδράσεις, αντιδράσεις εξουδετέρωσης, οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

5.1. Η Αναπαράσταση των Χημικών Φαινομένων: Οι Χημικές Εξισώσεις
5.2. Οι Ιδιότητες των Υδατικών Διαλυμάτων
5.3. Οι Μεταθετικές Αντιδράσεις
5.4. Οι Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις
5.5. Χημικές Αντιδράσεις και Καθημερινή Ζωή

*Τα πολύχρωμα και θορυβώδη πυροτεχνήματα δεν είναι τίποτε περισσότερο από το αποτέλεσμα μιας σειράς **χημικών αντιδράσεων** κατά τις οποίες παράγεται πολύ γρήγορα μεγάλη ποσότητα αερίων (δηλαδή λαμβάνει χώρα έκρηξη) και εκλύεται μεγάλο ποσό θερμότητας. Το χαρακτηριστικό τους χρώμα οφείλεται στην παρουσία αλάτων διάφορων μετάλλων που απορροφούν την εκλυόμενη θερμότητα, π.χ. το κόκκινο χρώμα το δίδουν άλατα του στροντίου (Sr), το κίτρινο άλατα του νατρίου (Na), το πορτοκαλί του ασβεστίου (Ca), το πράσινο του βαρίου (Ba), το μπλε του χαλκού (Cu) κ.ά.*

Στο περιβάλλον που ζούμε αλλά και μέσα μας διαρκώς συμβαίνουν χημικές μεταβολές, δηλαδή ουσίες μετατρέπονται σε τελείως διαφορετικές νέες ουσίες. Ορισμένες από αυτές τις χημικές μεταβολές τις αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας, όπως χρωματικές αλλαγές, σχηματισμό στερεού, έκλυση αερίου, παραγωγή θερμότητας ή φωτός κ.ά. Κάποιες συμβαίνουν γρήγορα, όπως π.χ. η καύση ενός κομματιού από χαρτί και κάποιες πιο αργά, όπως π.χ. το σκούριασμα ενός σιδερένιου αντικειμένου, όταν εκτίθεται στον αέρα. Άλλες όμως, αν και συμβαίνουν, δεν μπορούμε να τις αντιληφθούμε άμεσα. Π.χ. δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε τις χημικές μετατροπές που λαμβάνουν χώρα στο οξυγόνο του αέρα, όταν αναπνέουμε, ή στις τροφές που καταναλώνουμε ή στα φυτά, όταν φωτίζονται από τον ήλιο, στη μπαταρία κατά τη λειτουργία της….

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τις χημικές μεταβολές, δηλαδή τις **χημικές αντιδράσεις**. Θα μάθουμε πώς μπορούμε να αναπαριστάνουμε τις χημικές αντιδράσεις με τις **χημικές εξισώσεις**, οι οποίες περιέχουν τις σημαντικές πληροφορίες που αφορούν μια χημική αντίδραση. Αργότερα στο 6ο κεφάλαιο με τη βοήθεια των χημικών εξισώσεων θα καθορίσουμε τις **ποσοτικές σχέσεις** μεταξύ όλων των χημικών ουσιών που εμπλέκονται στη χημική αντίδραση.

Επειδή πολλές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε υδατικά διαλύματα, θα εξετάσουμε τη μορφή των χημικών ενώσεων στο νερό και πώς η μορφή αυτή επηρεάζει τις **ιδιότητες των υδατικών διαλυμάτων**. Για τη συστηματική μελέτη των χημικών αντιδράσεων αυτές θα ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις **μεταθετικές αντιδράσεις** και τις **αντιδράσεις οξειδοαναγωγής**.

Στο τέλος του κεφαλαίου, για την κατανόηση της σημασίας των χημικών αντιδράσεων, παρατίθενται ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην **καθημερινή ζωή**.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *ταξινομείτε* τις χημικές αντιδράσεις σε κατηγορίες.
- *διερευνάτε πειραματικά* αν πραγματοποιούνται ή όχι αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων και απλής αντικατάστασης.
- *συμπληρώνετε* χημικές εξισώσεις αντιδράσεων ανταλλαγής ιόντων, εξουδετέρωσης και απλής αντικατάστασης.

5.1. Η Αναπαράσταση των Χημικών Φαινομένων: Οι Χημικές Εξισώσεις

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναγνωρίζετε* την ανάγκη συμβολικής αναπαράστασης των χημικών φαινομένων.
- *συμπεραίνετε* από πίνακα δεδομένων ότι στις χημικές αντιδράσεις η μάζα διατηρείται.
- *συσχετίζετε* τη διατήρηση της μάζας στις χημικές αντιδράσεις με τη διατήρηση του είδους και του πλήθους των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτήν.
- *αναγνωρίζετε* την ανάγκη οι χημικές εξισώσεις να περιγράφουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια το χημικό φαινόμενο.
- *ισοσταθμίζετε* απλές χημικές εξισώσεις.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τους συμβολισμούς και τις ονομασίες των χημικών στοιχείων.*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι πολλές ιοντικές και ομοιοπολικές ενώσεις διαλύονται στο νερό.*

5.1.1. Η χημική αντίδραση - Αντιδρώντα και προϊόντα

Μια χημική μεταβολή ή **χημική αντίδραση** είναι η διαδικασία με την οποία μια ή περισσότερες ουσίες (στοιχεία ή ενώσεις) μετατρέπονται σε μια ή περισσότερες νέες ουσίες των οποίων οι ιδιότητες διαφέρουν από αυτές των αρχικών ουσιών. Οι αρχικές ουσίες ονομάζονται **αντιδρώντα**, ενώ οι νέες ουσίες που παράγονται ονομάζονται **προϊόντα** της αντίδρασης.

Μερικές από τις συνηθισμένες ενδείξεις, που μπορούμε να αντιληφθούμε μακροσκοπικά, για την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης, είναι η αλλαγή χρώματος, η παραγωγή αερίου, ο σχηματισμός ενός δυσδιάλυτου στερεού (ιζήματος), η ελευθέρωση (έκλυση) ή απορρόφηση θερμότητας και η παραγωγή φωτός ή φλόγας.

Στην Εικόνα 5.1 απεικονίζονται κάποιες χημικές αντιδράσεις. Παρακολουθήστε με την ομάδα σας τη διεξαγωγή αυτών των αντιδράσεων στα βίντεο που θα βρείτε στους ακόλουθους συνδέσμους. Μπορείτε να αναγνωρίσετε ποιες από τις παραπάνω ενδείξεις λαμβάνονται σε κάθε πείραμα;

Δραστηριότητα

Συζήτηση στην ομάδα

.....

.....

.....

.....

.....

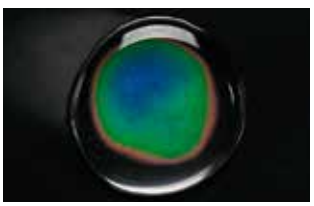
Σε σκηνές εγκλήματος το αίμα ανιχνεύεται μέσω μιας χαρακτηριστικής αντίδρασής του με λουμινόλη. Όταν η λουμινόλη αντιδρά με το αίμα, παράγεται ……

Όταν αντιδρά το Mg με το H_2O παρουσία $CuCl_2$, παράγεται ένα …… που μπορεί να αναφλεγεί με μία σπίθα.

Όταν αντιδρά το NaOH με Al, παράγεται ένα …… …… το οποίο με μια σπίθα αναφλέγεται. Τελικά το NaOH αλλάζει το …… ενός δείκτη.

Όταν αντιδρά ο $(CH_3COO)_2Pb$ με KI καταβυθίζεται ένα …… ……

Στον κινηματογράφο το αίμα δημιουργείται, όταν αντιδρά το $FeCl_3$ με το NH_4SCN. Η αντίδρασή τους συνοδεύεται από χαρακτηριστική αλλαγή στο …… του διαλύματος.



Όταν γίνεται αντίδραση εξουδετέρωσης πάνω σε ειδικό χαρτί που αλλάζει χρώμα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, διαπιστώνεται ότι παράγεται …… ……

Εικόνα 5.1: *Συνηθισμένες ενδείξεις για την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης.*

5.1.2. Η χημική εξίσωση

Μια χημική αντίδραση μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια μιας χημικής εξίσωσης. Η χημική εξίσωση δηλαδή είναι μια χημική «πρόταση» που αναπαριστά ένα χημικό φαινόμενο. Αυτή η «πρόταση» περιέχει τους χημικούς τύπους των αντιδρώντων και των προϊόντων που διαχωρίζονται με ένα βέλος. Αριστερά από το βέλος είναι τα αντιδρώντα και δεξιά από το βέλος τα προϊόντα. Δηλαδή το βέλος δείχνει τι αντιδρά και τι παράγεται. Όταν υπάρχουν δύο ή περισσότεροι χημικοί τύποι στην ίδια πλευρά της εξίσωσης, χωρίζονται με ένα (+).

Για να είμαστε βέβαιοι ότι πραγματοποιήθηκε μια συγκεκριμένη αντίδραση, πρέπει να ταυτοποιήσουμε πειραματικά τα προϊόντα. **Η χημεία ως επιστήμη είναι έξοχα θεμελιωμένη θεωρητικά, αλλά είναι αναμφισβήτητα μια πειραματική επιστήμη!**

Η σόδα και το ξίδι

Βάλτε σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα ή ένα μικρό ποτήρι μια κουταλιά σόδα (στερεό $NaHCO_3$). Στη συνέχεια προσθέστε σιγά σιγά 5 mL λευκό ξίδι. Τι παρατηρείτε;

.....

Πιστεύετε ότι έγινε χημική αντίδραση και παράχθηκαν κάποιες καινούργιες ουσίες; Αν ναι, τι ουσίες θεωρείτε ότι παράχθηκαν, στερεές, υγρές ή αέριες;

.....

Υπάρχει περίπτωση να παράχθηκε κάποια ουσία και αυτή να μη γίνεται οπτικά αντιληπτή; Εξηγήστε.

.....

Εργαστηριακή Άσκηση

Μπορείτε να παρακολουθήσετε βίντεο ανάμειξης της σόδας με το ξίδι εδώ:

Συζήτηση στην ομάδα

Όταν σε στερεή σόδα ($NaHCO_3$) προσθέσετε ξίδι (διάλυμα αιθανικού οξέος, CH_3COOH) λαμβάνει χώρα μία χημική αντίδραση:

Σόδα + Ξίδι = Άλας + αέριο + νερό

Η εξίσωση που αναπαριστά την αντίδραση με τα ονόματα των χημικών ουσιών είναι:

υδρογονοανθρακικό νάτριο + αιθανικό οξύ → αιθανικό νάτριο + διοξείδιο του άνθρακα + νερό (5.1)

Η χημική εξίσωση που απεικονίζει τους χημικούς τύπους των ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση ως αντιδρώντα ή προϊόντα είναι:

$$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + CO_2 + H_2O \qquad (5.2)$$

Όμως, η χημική εξίσωση (5.2) δεν δίνει καμία πληροφορία σχετικά με τη φυσική κατάσταση ή τη φάση στην οποία βρίσκονται οι ουσίες. Συγκεκριμένα, η μαγειρική σόδα $NaHCO_3$ είναι στερεό, το ξίδι είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος CH_3COOH, το αιθανικό νάτριο CH_3COONa που σχηματίζεται είναι διαλυμένο στο νερό, το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 είναι αέριο, ενώ το νερό H_2O είναι υγρό. Υπάρχουν σύμβολα που δίνουν πληροφορίες σχετικά με τη φυσική κατάσταση ή τη φάση των ουσιών και τα οποία αναγράφονται μέσα σε παρένθεση αμέσως μετά τους χημικούς τύπους των ουσιών. Τα σύμβολα αυτά είναι:

(s) από το solid = στερεό, **(ℓ)** από το liquid = υγρό και **(g)** από το gas = αέριο. Όταν οι ουσίες είναι διαλυμένες σε νερό, δηλαδή βρίσκονται στην υδατική φάση, τότε το σύμβολο είναι **(aq)** από το aqueous = υδατικό.
Η χημική εξίσωση τότε γράφεται ως:

$$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + CO_2(g) + H_2O(\ell) \qquad (5.3α)$$

Όταν στις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε διαλύματα παράγεται αέριο ή ίζημα (δυσδιάλυτο στερεό), τότε πολλές φορές τα σύμβολα **(g)** και **(s)** στα προϊόντα αντικαθίστανται από τα βελάκια ↑ και ↓, αντίστοιχα. Έτσι, η εξίσωση (5.3α) γράφεται και ως:

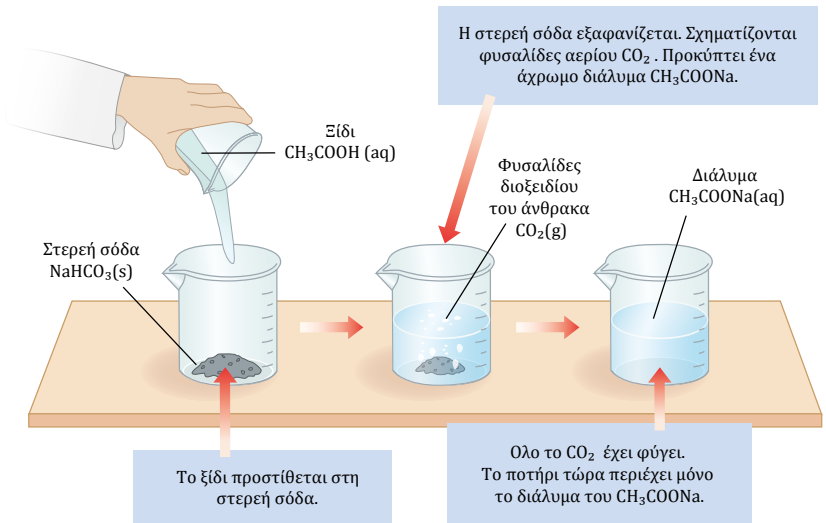
Φάση είναι ένα ομογενές τμήμα της ύλης που διαχωρίζεται από το περιβάλλον του με σαφή όρια. Για παράδειγμα στο σύστημα λάδι-νερό υπάρχει μια κατάσταση, η υγρή, αλλά δύο φάσεις.

$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$ (5.3β)

Τέλος, σε πολλές χημικές εξισώσεις πάνω και κάτω από το βέλος αναγράφονται οι συνθήκες που πραγματοποιείται η αντίδραση, π.χ η θερμοκρασία κ.ά. Για παράδειγμα:

$$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \xrightarrow{25\,^\circ C} CH_3COONa(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell) \quad (5.4)$$

Η αντίδραση της σόδας με το ξίδι απεικονίζεται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2: Η αντίδραση της σόδας με το ξίδι.

Εφαρμογή 5.1 Ποια από τις εξισώσεις 5.1 έως 5.4 αναπαριστά με επιστημονική ακρίβεια τη χημική αντίδραση της σόδας με το ξίδι που έγινε στους 25°C;

.....

.....

5.1.3. Η διατήρηση της μάζας

1ο Πείραμα Επίδειξης

Βοηθήστε τον/την καθηγητή/ριά σας να εκτελέσει το ακόλουθο πείραμα. Εναλλακτικά παρακολουθήστε το βίντεο στον διπλανό σύνδεσμό.

Τοποθετήστε σε ένα ποτήρι 3 mL διαλύματος $FeCl_2$ (διάλυμα Δ1) και σε ένα δεύτερο ποτήρι 3 mL διαλύματος NaOH (διάλυμα Δ2). Τι χρώμα έχουν τα διαλύματα;

Δ1:....., Δ2: .....

Τοποθετήστε τα δύο ποτήρια πάνω στο ζυγό και καταγράψτε την αρχική συνολική μάζα. Στη συνέχεια προσθέστε το διάλυμα Δ1 στο δεύτερο ποτήρι με το διάλυμα Δ2 και τοποθετήστε πάλι τα δύο ποτήρια πάνω στον ζυγό (Εικόνα 5.3). Καταγράψτε πάλι την ένδειξη για την τελική συνολική μάζα.

Συζήτηση στην ομάδα

Αρχική συνολική μάζα: ....., Τελική συνολική μάζα: .....

Εικόνα 5.3: *Ανάμειξη $FeCl_2(aq)$ με $NaOH(aq)$.*

Τι παρατηρείτε στο ποτήρι της ανάμειξης; Θεωρείτε ότι έγινε κάποια χημική αντίδραση κατά την ανάμειξη των διαλυμάτων, δηλαδή ότι σχηματίστηκαν καινούργιες ουσίες;

.....

Συγκρίνατε τις ενδείξεις του ζυγού που καταγράψατε για τη συνολική μάζα πριν και μετά την ανάμειξη των δύο διαλυμάτων. Είναι ίδιες ή διαφορετικές;

.....

Θεωρώντας ότι έγινε αντίδραση, τι συμπέρασμα εξάγετε για τη συνολική μάζα σε μια χημική αντίδραση;

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Για αιώνες οι επιστήμονες συλλέγουν δεδομένα, όπως αυτά που συλλέξαμε προηγουμένως, που τους οδήγησαν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα το οποίο θεωρείται πλέον φυσικός νόμος, **ο νόμος διατήρησης της μάζας**:

Σε μια χημική αντίδραση η ύλη δεν μπορεί να καταστραφεί ούτε να παραχθεί καινούργια. Με άλλα λόγια η συνολική μάζα των ουσιών πριν και μετά από μια αντίδραση είναι η ίδια.

Γιατί όμως συμβαίνει αυτό; Τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης, ώστε να παράγονται νέες ουσίες, χωρίς να μεταβάλλεται η συνολική μάζα;

Τα δομικά σωματίδια των ουσιών είναι τα άτομα. Ο νόμος διατήρησης της μάζας προκύπτει από το γεγονός ότι:

Τα άτομα σε μια χημική αντίδραση δεν καταστρέφονται, ούτε παράγονται καινούρια, ούτε μετασχηματίζονται σε άλλου είδους άτομα. Απλά αναδιατάσσονται και συνδέονται με διαφορετικό τρόπο.

Επομένως, τα αντιδρώντα και τα προϊόντα μιας αντίδρασης αποτελούνται από το ίδιο είδος και τον ίδιο αριθμό ατόμων.

2ο Πείραμα Επίδειξης

Βοηθήστε τον/την καθηγητή/ριά σας να εκτελέσει το ακόλουθο πείραμα. Εναλλακτικά παρακολουθήστε το βίντεο στον διπλανό σύνδεσμό.

Προσθέστε σε ένα ποτήρι περίπου 10 mL διαλύματος CH_3COOH (ή ξίδι) και σε ένα δεύτερο λίγο στερεό $NaHCO_3$ (σόδα). Στη συνέχεια τοποθετήστε τα δύο ποτήρια πάνω στο ζυγό και καταγράψτε τη συνολική μάζα (Εικόνα 5.4).

Αρχική συνολική μάζα: .....

Στη συνέχεια προσθέστε το διάλυμα CH_3COOH στο δεύτερο ποτήρι με τη σόδα και τοποθετήστε και πάλι τα δύο ποτήρια πάνω στον ζυγό. Τι παρατηρείτε στο ποτήρι της ανάμειξης;

.....

Εικόνα 5.4: *Ανάμειξη $CH_3COOH(aq)$ με $NaHCO_3$.*

Γράψτε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.

.....

Μόλις σταθεροποιηθεί η ένδειξη του ζυγού μετά την ανάμειξη των ουσιών, καταγράψτε την τελική ένδειξη για τη συνολική μάζα.

Τελική συνολική μάζα: .....

Συγκρίνατε τις ενδείξεις του ζυγού που καταγράψατε για τη συνολική μάζα πριν και μετά την ανάμειξη των ουσιών. Είναι ίδιες ή διαφορετικές;

.....

Καταλήξατε στο ίδιο συμπέρασμα με αυτό που προέκυψε στο προηγούμενο πείραμα επίδειξης; Μπορείτε να δώσετε κάποια εξήγηση;

.....

.....

.....

Μπορείτε να προτείνετε κάποιο πείραμα με το οποίο θα μπορούσε να ελεγχθεί αν η εξήγησή σας είναι σωστή; Συζητήστε το στην τάξη.

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

5.1.4. Ισοσταθμίζοντας χημικές εξισώσεις

Δραστηριότητα

Ένας μαθητής προσπάθησε να γράψει τη χημική εξίσωση μιας αντίδρασης που συναντήσαμε στην προηγούμενη υποενότητα. Σε αυτήν τα αντιδρώντα ήταν τα $FeCl_2$ και $NaOH$ και τα προϊόντα τα $NaCl$ και $Fe(OH)_2$. Αρχικά έγραψε τη χημική εξίσωση ως εξής:

$$FeCl_2(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + Fe(OH)_2(s) \quad (5.5)$$

Ακολούθως προσπάθησε να γράψει τη χημική εξίσωση της αντίδρασης σύμφωνα με τον νόμο διατήρησης της μάζας. Προσπάθησε δηλαδή να εξισώσει τα άτομα κάθε στοιχείου στα αντιδρώντα με τα άτομά του στα προϊόντα:

$$FeCl_2(aq) + NaOH(aq) + \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NaCl(aq) + Fe(OH)_2(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \quad (5.6)$$

Οι συμμαθητές/ριες της ομάδας του αντιπρότειναν τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$FeCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + FeOH(s) \quad (5.7)$$

$$FeCl_2(aq) + Na(OH)_2(aq) \rightarrow NaCl_2(aq) + Fe(OH)_2(s) \quad (5.8)$$

$$FeCl_2(aq) + 2\,NaOH(aq) \rightarrow 2\,NaCl(aq) + Fe(OH)_2(s) \quad (5.9)$$

Μόνο σε μια από τις παραπάνω εξισώσεις (5.5) έως (5.9) η χημική εξίσωση είναι σωστή. Ποια θεωρείτε ότι είναι αυτή; Προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί οι υπόλοιπες είναι λανθασμένες.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

*Για να είναι σωστές οι χημικές εξισώσεις, πρέπει να είναι σύμφωνες με τον νόμο διατήρησης της μάζας, να είναι δηλαδή **ισοσταθμισμένες**. Με άλλα λόγια ο αριθμός ατόμων κάθε στοιχείου στα αντιδρώντα και στα προϊόντα πρέπει να είναι ο ίδιος.*

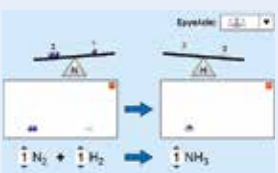
Για να ισοσταθμίσουμε μια εξίσωση, πρέπει να εξισώσουμε τον αριθμό των ατόμων κάθε στοιχείου στα αντιδρώντα και στα προϊόντα της αντίδρασης. Υπάρχει όμως ένα σημείο που θέλει προσοχή:

Όταν ισοσταθμίζουμε μια χημική εξίσωση, δεν μπορούμε να αλλάξουμε τους χημικούς τύπους των ουσιών, ούτε να προσθέσουμε άλλες ουσίες.

Οι χημικοί τύποι των ουσιών σε μια χημική αντίδραση είναι καθορισμένοι, όπως καθορισμένες είναι και οι ουσίες που αντιδρούν και παράγονται.

Με βάση αυτά που συζητήθηκαν, προσπαθήστε να ισοσταθμίσετε την αντίδραση παραγωγής της αμμωνίας (NH_3) από άζωτο (N_2) και υδρογόνο (H_2), ακολουθώντας τον διπλανό σύνδεσμο (Εικόνα 5.5).

Κάνετε την προσομοίωση στον παρακάτω σύνδεσμο:



***Εικόνα 5.5:** Μια προσομοίωση για την ισοστάθμιση της αντίδρασης σύνθεσης της NH_3.*

Ας δούμε τώρα τον **συστηματικό τρόπο** ισοστάθμισης μιας χημικής εξίσωσης με παράδειγμα και πάλι τη σύνθεση της αμμωνίας.

Η ακόλουθη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση αναφέρεται στη βιομηχανική παρασκευή της αμμωνίας (μέθοδος *Haber-Bosch*):

μη ισοσταθμισμένη εξίσωση

$$N_2(g) + H_2(g) \rightarrow NH_3(g) \qquad (5.10)$$

Θα πρέπει να έχουμε κατά νου ότι τα αντιδρώντα είναι τα N_2 και H_2 και το προϊόν η NH_3. Άρα:

Για να ισοσταθμιστεί η χημική εξίσωση, δεν μπορεί να αλλάξει η NH_3 σε N_2H_2:

λανθασμένα ισοσταθμισμένη εξίσωση

$$N_2(g) + H_2(g) \rightarrow \mathbf{N_2H_2}(g) \qquad (5.11)$$

Ούτε όμως μπορεί να προστεθούν μεμονωμένα άτομα Η και Ν:

λανθασμένα ισοσταθμισμένη εξίσωση

$$N_2(g) + H_2(g) + \mathbf{H}(g) \rightarrow NH_3(g) + \mathbf{N}(g) \qquad (5.12)$$

Πώς μπορούμε επομένως να ισοσταθμίσουμε μια χημική εξίσωση;

Για να ισοσταθμιστεί μια χημική εξίσωση τοποθετούνται κατάλληλοι αριθμοί μπροστά από τους χημικούς τύπους. Αυτοί οι αριθμοί λέγονται ***στοιχειομετρικοί συντελεστές****.*

Ένας στοιχειομετρικός συντελεστής πολλαπλασιάζει των αριθμό ατόμων κάθε στοιχείου στον χημικό τύπο που ακολουθεί. Για παράδειγμα, ο τύπος NH_3 αναπαριστά το μόριο της αμμωνίας, δηλαδή 3 άτομα υδρογόνου και 1 άτομο αζώτου. Αλλά το 2 NH_3 αναπαριστά 2 μόρια αμμωνίας, δηλαδή συνολικά 6 άτομα υδρογόνου και 2 άτομα αζώτου.

Έτσι, για να ισοσταθμίσουμε την εξίσωση για την παρασκευή της αμμωνίας, μετράμε πρώτα τα άτομα κάθε στοιχείου στις δύο πλευρές της εξίσωσης.

Αντιδρώντα **Προϊόν**

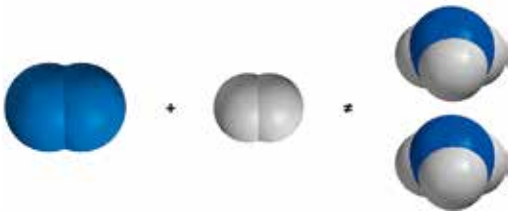
$$_\,N_2(g) + _\,H_2(g) \longrightarrow _\,NH_3(g)$$

Αριθμός ατόμων

Αντιδρώντα	Προϊόντα	
2 N	1 N	Όχι ισοσταθμισμένα
2 H	3 H	Όχι ισοσταθμισμένα

Στη συνέχεια, μπορούμε να ισοσταθμίσουμε τα άτομα σε κάθε πλευρά προσθέτοντας μόρια N_2, H_2 ή NH_3. Στα προϊόντα χρειάζεται να προσθέσουμε ένα ακόμα άτομο Ν. Ο μόνος τρόπος για να το κάνουμε αυτό είναι να προσθέσουμε ένα ολόκληρο μόριο NH_3 στα προϊόντα, οπότε θα έχουμε συνολικά δύο μόρια NH_3:

$$_\,N_2(g) + _\,H_2(g) \longrightarrow _\,2NH_3(g)$$

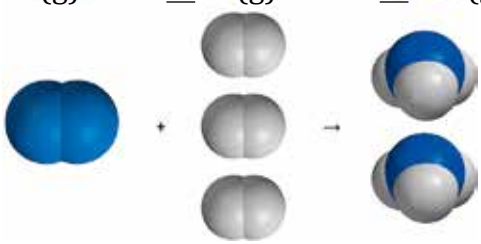


Αριθμός ατόμων

Αντιδρώντα	Προϊόντα	
2 N	2 N	Ισοσταθμισμένα
2 H	6 H	Όχι ισοσταθμισμένα

Ας ξαναμετρήσουμε τώρα τα άτομα. Τα άτομα N είναι πλέον ισοσταθμισμένα. Στην πλευρά των αντιδρώντων όμως χρειάζονται ακόμα τέσσερα άτομα H. Για να γίνει αυτό, το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι να προσθέσουμε δύο ακόμα μόρια H_2 στα αντιδρώντα, οπότε θα έχουμε συνολικά τρία μόρια H_2.

$$_\,N_2(g) + _\,3H_2(g) \longrightarrow _\,2NH_3(g)$$



Αριθμός ατόμων

Αντιδρώντα	Προϊόντα	
2 N	2 N	Ισοσταθμισμένα
6 H	6 H	

Επομένως, η ισοσταθμισμένη εξίσωση που προέκυψε είναι:

ισοσταθμισμένη εξίσωση

$$\mathbf{N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)} \qquad (5.13)$$

Η εξίσωση δείχνει τώρα ότι ο αριθμός ατόμων κάθε στοιχείου, άρα και η μάζα, διατηρείται στην αντίδραση. Οι αριθμοί 3 μπροστά από το H_2 και 2 μπροστά από την NH_3 είναι οι συντελεστές που βάλαμε για την ισοστάθμιση. Αν δεν υπάρχει αριθμός μπροστά από έναν χημικό τύπο, όπως εδώ στο N_2, εννοείται ότι είναι 1. Οι συντελεστές δείχνουν με ποια **αναλογία μορίων** συμμετέχουν οι ουσίες στην αντίδραση. Στην προηγούμενη αντίδραση καθένα μόριο N_2 αντιδρά με τρία μόρια H_2 και παράγονται δύο μόρια NH_3.

Εφαρμογή 5.2

Προσπαθήστε να ισοσταθμίσετε την ακόλουθη χημική εξίσωση:

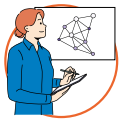
$$CH_3COOH(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell) \qquad (5.14)$$

.....

.....

.....

Ισοσταθμίζοντας χημικές εξισώσεις



	Παράδειγμα 5.3	Παράδειγμα 5.4
	Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση μεταξύ στερεού οξειδίου του σιδήρου (III) και στερεού άνθρακα που παράγει στερεό σίδηρο και αέριο διοξείδιο του άνθρακα.	*Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση του αερίου βουτανίου (C_4H_{10}) με αέριο οξυγόνο που παράγει αέριο διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς.*
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Αφού γράψουμε τη μη ισοσταθμισμένη εξίσωση, θα βάλουμε κατάλληλους συντελεστές, ώστε τα άτομα κάθε στοιχείου να είναι ίσα στα αντιδρώντα και στα προϊόντα. Ξεκινάμε από τον πιο πολύπλοκο χημικό τύπο και ισοσταθμίζουμε ένα-ένα τα στοιχεία.*	**Μη ισοσταθμισμένη εξίσωση:** $A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$ **Ισοστάθμιση** (εύρεση συντελεστών) ↓ Ξεκινάμε από τον πιο πολύπλοκο χημικό τύπο ισοσταθμίζοντας ένα-ένα τα στοιχεία **Ισοσταθμισμένη εξίσωση:** $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma\Gamma + \delta\Delta$	
Βήμα 1: ***Γράφουμε μια μη ισοσταθμισμένη εξίσωση γράφοντας χημικούς τύπους για καθένα από τα αντιδρώντα και τα προϊόντα.*** • Ανατρέχουμε, αν χρειάζεται, στις ενότητες 4.3 και 4.4 για τους κανόνες ονοματολογίας. Εάν μας δίνεται η χημική εξίσωση, προχωρούμε στο Βήμα 2.	$Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$	$C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
Βήμα 2: ***Ισοσταθμίζουμε πρώτα τα άτομα που εμφανίζονται σε πιο πολύπλοκους χημικούς τύπους. Ισοσταθμίζουμε τα άτομα στις χημικές ενώσεις πριν από τα άτομα στα ελεύθερα χημικά στοιχεία.***	**Ξεκίνα με το O:** $Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$ **3 άτομα O → 2 άτομα O** Για ισοστάθμιση του O, επειδή το ΕΚΠ του 2 και του 3 είναι το 6, βάλε ένα 2 μπροστά από το $Fe_2O_3(s)$ και ένα 3 μπροστά από το $CO_2(g)$. $2Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow Fe(s) + 3CO_2(g)$ **6 άτομα O → 6 άτομα O**	**Ξεκίνα με τον C:** $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$ **4 άτομα C → 1 άτομο C** Για ισοστάθμιση του C βάλε ένα 4 μπροστά από το $CO_2(g)$. $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow 4\,CO_2(g) + H_2O(g)$ **4 άτομα C → 4 άτομα C** **Ισοστάθμισε το H:** $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow 4\,CO_2(g) + H_2O(g)$ **10 άτομα H → 2 άτομα H** Για ισοστάθμιση του H βάλε ένα 5 μπροστά από το $H_2O(g)$: $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow 4\,CO_2(g) + 5\,H_2O(g)$ **10 άτομα H → 10 άτομα H**

Βήμα 3: ***Ισοσταθμίζουμε τελευταία τα άτομα που εμφανίζονται στα ελεύθερα στοιχεία, βάζοντας κατάλληλο συντελεστή στο ελεύθερο στοιχείο, ακόμα και κλασματικό, αν χρειάζεται.***	**Ισοστάθμισε τον Fe:** $2\ Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow Fe(s) + 3\ CO_2(g)$ **4 άτομα Fe → 1 άτομα Fe** Για ισοστάθμιση του Fe βάλε ένα 4 μπροστά από τον Fe(s). $2\ Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow 4\ Fe(s) + 3\ CO_2(g)$ **4 άτομα Fe → 4 άτομα Fe** **Ισοστάθμισε τον C:** $2\ Fe_2O_3(s) + C(s) \rightarrow 4\ Fe(s) + 3\ CO_2(g)$ **1 άτομο C → 3 άτομα C** Για ισοστάθμιση του C βάλε ένα 3 μπροστά από τον C(s). $2\ Fe_2O_3(s) + 3\ C(s) \rightarrow 4\ Fe(s) + 3\ CO_2(g)$ **3 άτομα C → 3 άτομα C**	**Ισοστάθμισε το O:** $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2(g) + 5\ H_2O(g)$ **2 άτομα O → 13 άτομα O** Για ισοστάθμιση του O βάλε ένα $\frac{13}{2}$ μπροστά από το $O_2(g)$: $C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}\ O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2(g) + 5\ H_2O(g)$ **13 άτομα O → 13 άτομα O**
Βήμα 4: ***Εάν η ισοσταθμισμένη εξίσωση περιέχει κλασματικό συντελεστή, μπορούμε να τον μετατρέψουμε σε ακέραιο, πολλαπλασιάζοντας όλους τους συντελεστές με τον παρονομαστή του κλάσματος.***	Αυτό το βήμα δεν χρειάζεται σε αυτό το παράδειγμα. Προχώρησε στο βήμα 5.	$[C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}\ O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2(g) + 5\ H_2O(g)]$ x 2 $2\ C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \rightarrow 8\ CO_2(g) + 10\ H_2O(g)$
Βήμα 5: ***Ελέγχουμε ότι η εξίσωση είναι ισοσταθμισμένη, αθροίζοντας τα άτομα κάθε στοιχείου και στις δύο πλευρές της εξίσωσης.***	$2\ Fe_2O_3(s) + 3\ C(s) \rightarrow 4\ Fe(s) + 3\ CO_2(g)$ **Αριστερά** **Δεξιά** **4 άτομα Fe** **4 άτομα Fe** **6 άτομα O** **6 άτομα O** **3 άτομα C** **3 άτομα C** Η εξίσωση είναι ισοσταθμισμένη.	$2\ C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \rightarrow 8\ CO_2(g) + 10\ H_2O(g)$ **Αριστερά** **Δεξιά** **8 άτομα C** **8 άτομα C** **20 άτομα H** **20 άτομα H** **26 άτομα O** **26 άτομα O** Η εξίσωση είναι ισοσταθμισμένη.

Εφαρμογή 5.5

Προσπαθήστε να ισοσταθμίσετε τις ακόλουθες χημικές εξισώσεις:

α. $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g)$

β. $HgO(s) \rightarrow Hg(\ell) + O_2(g)$

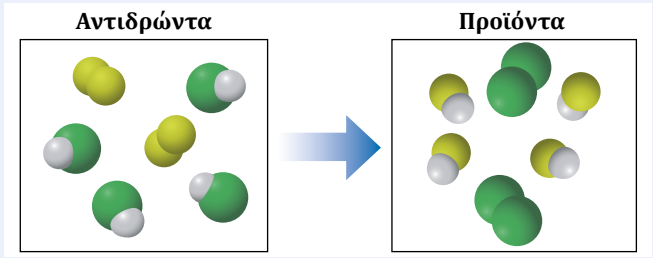
γ. $Fe(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s)$

δ. $Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$

ε. $Mg(s) + AgNO_3(aq) \rightarrow Ag(s) + Mg(NO_3)_2(aq)$

Εφαρμογή 5.6

Στο ακόλουθο σχήμα οι πράσινες σφαίρες αντιπροσωπεύουν άτομα χλωρίου, οι κιτρινοπράσινες σφαίρες άτομα φθορίου, οι λευκές σφαίρες άτομα υδρογόνου και όλες οι ουσίες είναι αέριες.



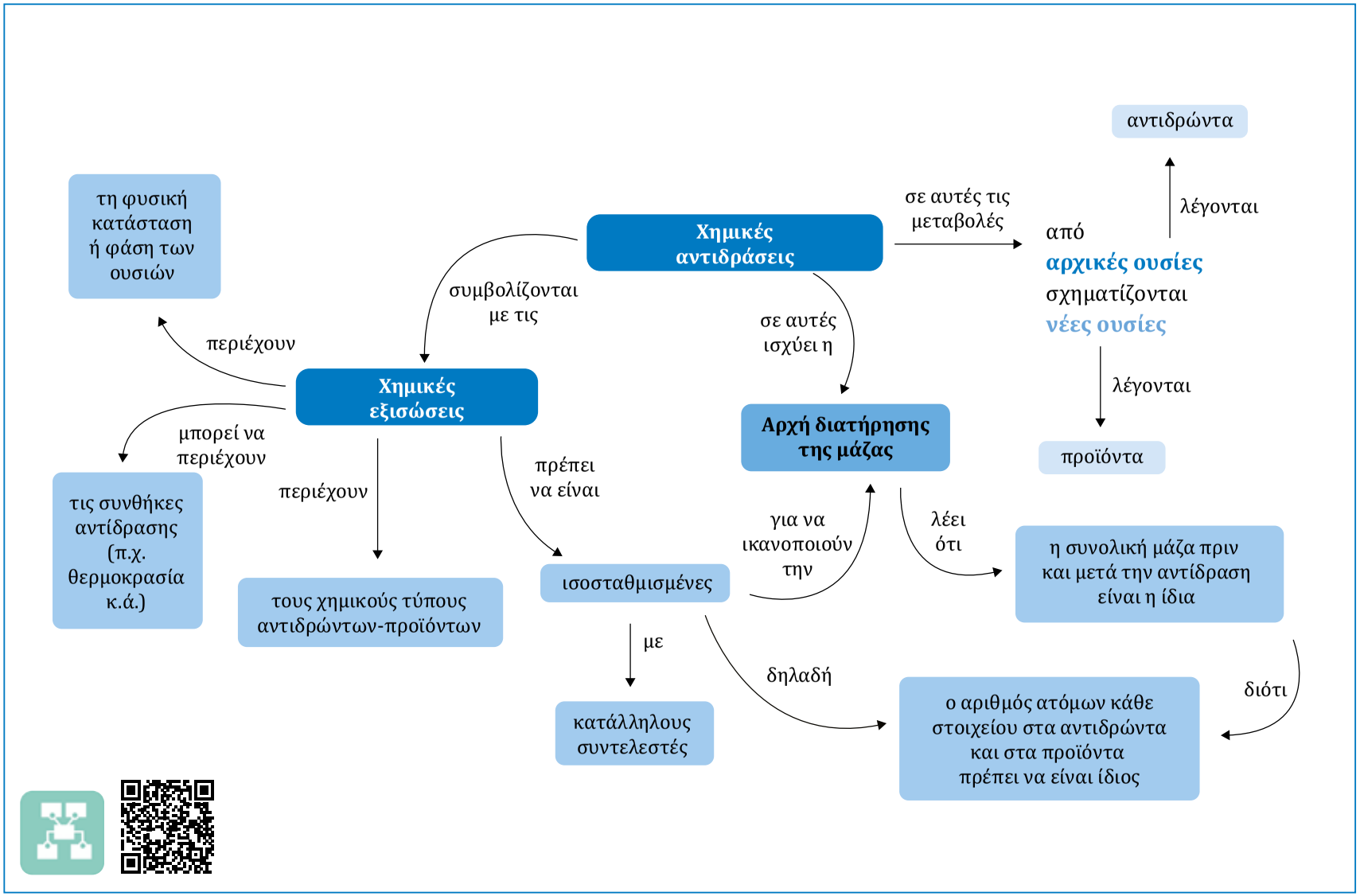
α. Γράψτε τον χημικό τύπο για κάθε αντιδρών και προϊόν της αντίδρασης.

β. Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση.

Δείτε τώρα τον **χάρτη εννοιών** της ενότητας.

Όταν ολοκληρώσετε το διάβασμά σας, προχωρήστε στα ακόλουθα τεστ αυτοαξιολόγησης.

Εννοιολογικός Χάρτης 5.1



5.2. Οι Ιδιότητες των Υδατικών Διαλυμάτων

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *διακρίνετε* τις ουσίες που διαλύονται στο νερό σε ηλεκτρολύτες και μη ηλεκτρολύτες.
- *διακρίνετε* τους ηλεκτρολύτες σε ισχυρούς και ασθενείς, ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, σε αραιά διαλύματά τους.
- *περιγράφετε* τη διάσταση στο νερό
  α) ορισμένων ιοντικών βάσεων, όπως NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$,
  β) ορισμένων αλάτων, όπως NaCl και $CaCl_2$.
- *περιγράφετε* τον ιοντισμό στο νερό ορισμένων ισχυρών οξέων, όπως HCl και HNO_3.
- *χαρακτηρίζετε* το CH_3COOH και την NH_3 ως ασθενείς ηλεκτρολύτες, επειδή διαπιστώνετε πειραματικά ότι ιοντίζονται μερικώς.
- *περιγράφετε* τη συμπεριφορά στο νερό των οξειδίων: α) Na_2O και CaO, β) CO_2 και SO_3.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη βασική θεωρία που ερμηνεύει την ύπαρξη ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων.*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ομοιοπολικοί δεσμοί μπορεί να είναι πολωμένοι.*
- **Γνωρίσαμε** *τον ρόλο των διαμοριακών δυνάμεων και των αλληλεπιδράσεων ιόντος-διπόλου.*

Το νερό θεωρείται ο «παγκόσμιος διαλύτης». Ο λόγος είναι ότι στην υγρή του μορφή έχει τη δυνατότητα να διαλύει ένα πολύ μεγάλο πλήθος ενώσεων, πολύ μεγαλύτερο από οποιαδήποτε άλλη υγρή ουσία. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή στον πλανήτη μας, αφού στη Γη μας υπάρχουν περίπου $1{,}4 \cdot 10^9$ κυβικά χιλιόμετρα ύδατος. Το νερό είναι σημαντικό και για τα έμβια όντα, αφού η περιεκτικότητα του σώματος των διαφόρων οργανισμών σε νερό μπορεί να φτάνει έως και το 90 %. Ο άνθρωπος οφείλει το 60 % περίπου της μάζας του στο νερό, το οποίο είναι και ο διαλύτης όλων των βιοχημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στα κύτταρά του.

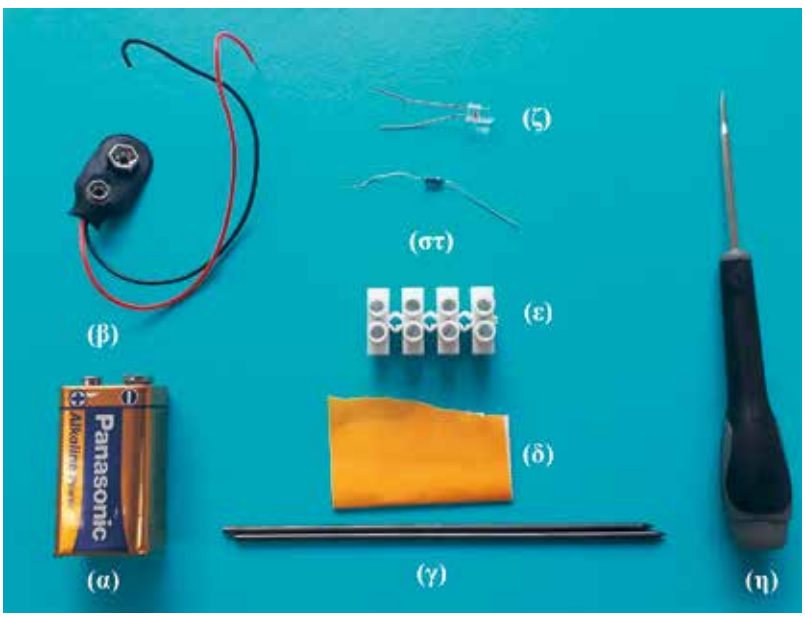
Επομένως, είναι αναμενόμενο η Χημεία να μελετά τη συμπεριφορά των διάφορων ενώσεων στα υδατικά τους διαλύματα. Αυτό είναι το αντικείμενο και της παρούσας ενότητας.

Πρόσφατα (2014) δημοσιεύτηκε στην επιθεώρηση Science μια έρευνα που υποδεικνύει ότι μπορεί να υπάρχουν μεγάλες ποσότητες νερού εγκλωβισμένες σε πετρώματα στον μανδύα της Γης, σε βάθος περίπου 500 km από την επιφάνειά της.

5.2.1. Η διάκριση των ουσιών σε ηλεκτρολύτες και μη ηλεκτρολύτες

Με το βλέμμα στον κόσμο: Η κατασκευή μιας συσκευής εκτίμησης της αγωγιμότητας διαλυμάτων

Χρησιμοποιώντας απλά υλικά (Εικόνα 5.6), μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν ανιχνευτή αγωγιμότητας και να τον χρησιμοποιήσουμε στα πειράματα που ακολουθούν. Η τελική κατασκευή φαίνεται στην Εικόνα 5.7.

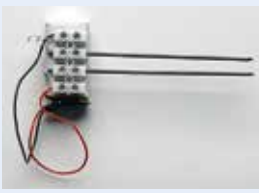


Εικόνα 5.6: *Τα υλικά για την κατασκευή της συσκευής. (α) Μπαταρία 9 V. (β) Καλώδια για μπαταρία 9 V με κλιπ σύνδεσης. (γ) Μύτες μολυβιού σχεδίασης, κατά προτίμηση υψηλής περιεκτικότητας σε γραφίτη. (δ) Κολλητική ταινία διπλής όψης ή άλλο συγκολλητικό υλικό. (ε) Κλέμα για σύνδεση καλωδίων. (στ) Αντιστάτης για την προστασία της LED ~ 300-500 Ω. (ζ) Λαμπτήρας LED. (η) Κατσαβίδι για τη σταθεροποίηση των καλωδίων, των μυτών μολυβιού και της LED στην κλέμα.*

Ας ξεκινήσουμε με μερικά απλά πειράματα. Θα χρειαστούμε:

1. Φιαλίδιο που περιέχει απιονισμένο νερό.
2. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα NaCl.
3. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα ζάχαρης (ομοιοπολική ένωση).
4. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα οινοπνεύματος (ομοιοπολική ένωση).
5. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα HCl.
6. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα NaOH.
7. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα NH_3.

Δείτε τον τρόπο συναρμολόγησης της συσκευής στο βίντεο που ακολουθεί.



Εικόνα 5.7: *Ο ανιχνευτής αγωγιμότητας.*

Όργανα και Υλικά

Το κάθε διάλυμα (2 - 8) περιέχει την ίδια ποσότητα τυπικών μονάδων ή μορίων διαλυμένης ουσίας ανά μονάδα όγκου.

8. Φιαλίδιο που περιέχει υδατικό διάλυμα οξικού οξέος (αραιωμένο ξίδι του εμπορίου, ομοιοπολική ένωση).
9. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης (Φ.Ε.Α. 5.2.1).
10. .....
11. .....

Παραλάβετε από τον/την καθηγητή/ριά σας τη συσκευή ανίχνευσης αγωγιμότητας και ακολουθώντας τις οδηγίες, που θα βρείτε στο φύλλο εργαστηριακής άσκησης να εκτιμήσετε την αγωγιμότητα του απιονισμένου ύδατος. Είναι το $H_2O(\ell)$ αγώγιμο; Πώς το διαπιστώσατε;

.....

.....

Εργαζόμενοι ανάλογα, να εκτιμήσετε την αγωγιμότητα των υδατικών διαλυμάτων που έχετε στη διάθεσή σας. Αφού συζητήσετε τις παρατηρήσεις σας με την ομάδα σας, να καταγράψτε τα συμπεράσματά σας στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: *Ανίχνευση αγωγιμότητας σε υδατικά διαλύματα ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων.*

Χημική Ένωση	Είδος δεσμού	Ανάβει το λαμπάκι (ναι/όχι)	Ένταση λάμψης (μεγάλη/μικρή)

Με βάση τις παρατηρήσεις σας, υπάρχουν κάποιες ουσίες που, όταν διαλύονται στο νερό, αλλάζουν την αγωγιμότητά του; Αν ναι, ποιες από αυτές που χρησιμοποιήσατε είναι τέτοιες ουσίες; Αυτές οι ουσίες είναι ομοιοπολικές ή ιοντικές;

.....

.....

Οι χημικές ενώσεις, οι οποίες, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν αγώγιμα διαλύματα, καλούνται ηλεκτρολύτες.

Οι ιοντικές ενώσεις, όπως π.χ. οι βάσεις (Εικόνα 5.8) και τα άλατα καθώς και κάποιες ομοιοπολικές, όπως τα ανόργανα οξέα (π.χ. τα HNO_3 και H_2SO_4), είναι ηλεκτρολύτες.

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά, σημειώστε τα εδώ.

Εργαστηριακή Άσκηση

Συζήτηση στην ομάδα

Συζήτηση στην ομάδα

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Μπορείτε να παρακολουθήσετε βίντεο με τα πειράματα που εκτελέσατε εδώ:

Με βάση τις παρατηρήσεις σας, ποιες από τις ουσίες που χρησιμοποιήσατε δεν επηρέασαν την αγωγιμότητα του νερού; Επρόκειτο για ομοιοπολικές ή ιοντικές ενώσεις;

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Οι χημικές ενώσεις, οι οποίες, όταν διαλύονται στο νερό, δεν δίνουν αγώγιμα διαλύματα, καλούνται μη ηλεκτρολύτες.

Πολλές από τις ομοιοπολικές ενώσεις, που διαλύονται στο νερό, δεν είναι ηλεκτρολύτες (Εικόνα 5.9).

Εικόνα 5.8: *Τα διαλύματα της βάσης NaOH είναι αγώγιμα.*

Όπως ενημερωθήκατε και από τις οδηγίες του Φ.Ε.Α., στις 10 σταγόνες διαλύματος, που προσθέσατε σε κάθε κυκλάκι, βρίσκεται η ίδια ποσότητα σωματιδίων διαλυμένης ουσίας ανά μονάδα όγκου. Ο λαμπτήρας LED άναψε το ίδιο έντονα σε όλες τις περιπτώσεις; Σε ποια διαλύματα άναψε έντονα; Σε ποια άναψε λιγότερο έντονα;

.....

.....

Εικόνα 5.9: *Ούτε το καθαρό οινόπνευμα αλλά ούτε και τα υδατικά του διαλύματα άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.*

Η διαφορά στην ένταση του εκπεμπόμενου φωτός τι σημαίνει για την αγωγιμότητα των υπό εξέταση διαλυμάτων;

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Στις επόμενες παραγράφους θα συζητήσουμε τους λόγους για τους οποίους οι ηλεκτρολύτες δίνουν αγώγιμα υδατικά διαλύματα και θα τους διακρίνουμε σε ισχυρούς και ασθενείς ανάλογα με την αγωγιμότητα των διαλυμάτων τους.

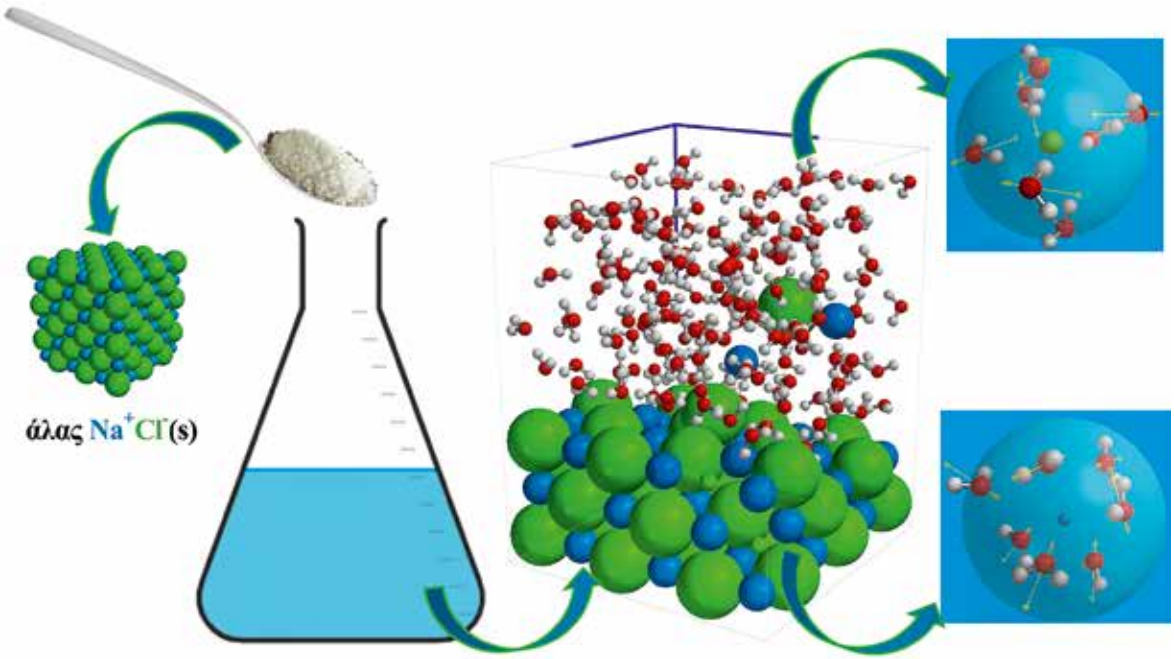
5.2.2. Οι ιοντικές ενώσεις είναι ηλεκτρολύτες

Στην προηγούμενη παράγραφο διαπιστώσαμε ότι κάποιες ιοντικές ενώσεις, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν αγώγιμα διαλύματα, με άλλα λόγια από τα διαλύματά τους άγεται το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα των ιοντικών διαλυμάτων. Όμως, για να μπορέσουμε να την εξηγήσουμε, θα πρέπει πρώτα να θυμηθούμε τι είναι ηλεκτρικό ρεύμα. Από τη Φυσική της Γ΄ Γυμνασίου γνωρίζουμε ότι το **ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση φορτίων**. Έτσι, στα χάλκινα καλώδια των ηλεκτρικών κυκλωμάτων τα φορτία που κινούνται προσανατολισμένα είναι τα ηλεκτρόνια. **Υπό αυτό το πρίσμα θα πρέπει και εντός των αγώγιμων διαλυμάτων να υπάρχουν φορείς του ηλεκτρικού φορτίου**.

Ας δούμε, για παράδειγμα, την περίπτωση του NaCl(s) (Εικόνα 5.10). Ο κρύσταλλος του άλατος σχηματίζεται από τις ελκτικές δυνάμεις Coulomb μεταξύ των ανιόντων και των κατιόντων του. Όμως, όταν ο κρύσταλλος προστεθεί στο νερό, τότε τα πολικά μόρια του νερού προσανατολίζονται προς τα επιφανειακά ιόντα του κρυστάλλου, λόγω των γνωστών μας αλληλεπιδράσεων ιόντος-διπόλου. Οι δυνάμεις ιόντος-διπόλου ανταγωνίζονται τις δυνάμεις Coulomb μεταξύ των ιόντων του κρυστάλλου (Εικόνα 5.11). Όπως είδαμε και στην υποενότητα 3.2.3, όταν μόρια νερού παρεισφρέουν μεταξύ των ιόντων Na^+ και Cl^- σε ρωγμές του κρυσταλλικού πλέγματος του άλατος, προκαλούν εξασθένηση των ελκτικών δυνάμεων μεταξύ των ιόντων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο κρύσταλλος να αποδομείται. Έτσι, τα ιόντα αποχωρίζονται μεταξύ τους και περνούν στην υδατική φάση, κινούμενα ως εφυδατωμένα ιόντα, $Na^+(aq)$ και $Cl^-(aq)$, ανάμεσα στα μόρια του νερού. **Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάσταση και περιγράφεται από την εξίσωση 5.15**.

Για τις αλληλεπιδράσεις ιόντος-διπόλου δείτε αναλυτικά στην παράγραφο 3.2.2.4 και τις Εικόνες 3.55 και 3.56.

Δείτε ένα βίντεο με τις αλληλεπιδράσεις στο διάλυμα στον ακόλουθο σύνδεσμο. Τα ιόντα έχουν μεγαλύτερο μέγεθος για εποπτικούς λόγους.



Εικόνα 5.10: *Μια κουταλιά αλάτι (NaCl) προστίθεται σε καθαρό νερό. Το αλάτι, αν και αρχικά θα πέσει στον πυθμένα της φιάλης, δεν θα παραμείνει εκεί. Τα πολικά μόρια του νερού αλληλεπιδρούν ισχυρά με τα ιόντα του κρυστάλλου και τελικά τα «τραβούν» στην υδατική φάση, δημιουργώντας τα εφυδατωμένα ιόντα $Na^+(aq)$ και $Cl^-(aq)$. Παρατηρήστε ότι τα μόρια νερού αλληλεπιδρούν με τα κατιόντα μέσω των ατόμων $O^{2\delta-}$ και με τα ανιόντα μέσω των ατόμων $H^{\delta+}$. Σημειώστε ότι στο μεσαίο σχήμα τα κατιόντα και τα ανιόντα έχουν σχεδιαστεί μεγαλύτερα από τα μόρια του νερού για εποπτικούς λόγους.*

$$NaCl(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + Cl^-(aq) \qquad (5.15)$$

Εφαρμογή 5.7 Να γράψετε τις εξισώσεις διάστασης στο νερό των ακόλουθων ιοντικών ενώσεων:

α) $KF(aq) \longrightarrow$ _____ + _____ (5.16)

β) $LiBr(aq) \longrightarrow$ _____ + _____ (5.17)

γ) $Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow$ _____ + _____ (5.18)

δ) $K_2SO_4(aq) \longrightarrow$ _____ + _____ (5.19)

ε) $NaNO_3(aq) \longrightarrow$ _____ + _____ (5.20)

Στην Εικόνα 5.10 φαίνεται ο κρύσταλλος του NaCl. *Πού βρίσκονται τα ιόντα, τα οποία, κατά τη γνώμη σας, αποχωρούν πρώτα από τον κρύσταλλο υποχωρώντας στις ελκτικές δυνάμεις των μορίων του διαλύτη; Συζητήστε στην ομάδα σας και ανακοινώστε την πρότασή σας στην ολομέλεια της τάξης σας.*

.....

.....

Δείτε τώρα το βίντεο ακολουθώντας τον σύνδεσμο της διπλανής στήλης. Παρουσιάζει έναν κρύσταλλο NaCl, ο οποίος διαλύεται υπό τη συνεχή επίδραση των δυνάμεων ιόντος-διπόλου. Τα μόρια ύδατος δεν φαίνονται στο βίντεο. Τι παρατηρείτε; Ποια ιόντα αποχωρούν πρώτα, τελικά; Για ποιο λόγο συμβαίνει αυτό;

.....

.....

.....

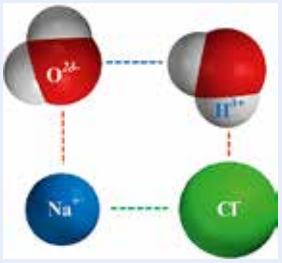
.....

Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι στην περίπτωση των αγώγιμων υδατικών διαλυμάτων ιοντικών ενώσεων οι φορείς του φορτίου είναι τα εφυδατωμένα ιόντα. Στο υπό συζήτηση παράδειγμα του NaCl πρόκειται για τα ιόντα Na+(aq) και Cl–(aq).

Τέλος, να σημειωθεί ότι ορισμένα οξείδια μετάλλων (βασικά οξείδια) αντιδρούν με το νερό σχηματίζοντας υδροξείδια και τα διαλύματά τους είναι ιοντικά.

$$Na_2O(s) + H_2O(\ell) \rightarrow 2NaOH(aq) \quad (5.21)$$

$$CaO(s) + H_2O(\ell) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) \quad (5.22)$$



Εικόνα 5.11: *Ο ανταγωνισμός των δυνάμεων: με μπλε οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού, με πράσινο οι δυνάμεις Coulomb μεταξύ των ιόντων στον κρύσταλλο και με κόκκινο οι δυνάμεις ιόντος-διπόλου ανάμεσα στα πολικά μόρια του διαλύτη και τα ιόντα.*

Το «ξεφλούδισμα» ενός κρυστάλλου NaCl στο νερό.
Το βίντεο είναι ευγενική προσφορά των Gabriele Lanaro και Gren Patey, ερευνητών του University of British Columbia.

Εφαρμογή 5.8 Η διάλυση των $CaCl_2$ και NH_4NO_3 στο νερό.

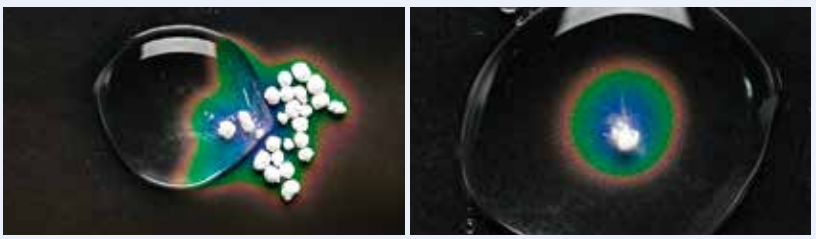
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζεται η διάλυση κόκκων $CaCl_2$ (Εικόνα 5.12) και κρυστάλλων NH_4NO_3 (Εικόνα 5.13) σε μια μικρολιμνούλα νερού. Το $CaCl_2$ διαλύεται σε ψυχρό νερό ενώ το NH_4NO_3 διαλύεται σε θερμό νερό. Τα πειράματα λαμβάνουν χώρα πάνω σε ένα θερμογραφικό χαρτί. Πρόκειται για ένα ειδικής κατασκευής «χαρτί», το οποίο έχει την ιδιότητα να μεταβάλλει το χρώμα του, όταν αλλάζει η θερμοκρασία. Μπλε χρώμα σημαίνει μεγάλη θερμοκρασία, ενώ κόκκινο χρώμα σημαίνει μικρή.

α) Μπορείτε να γράψετε τις εξισώσεις της διάστασης των δυο αλάτων στο νερό;

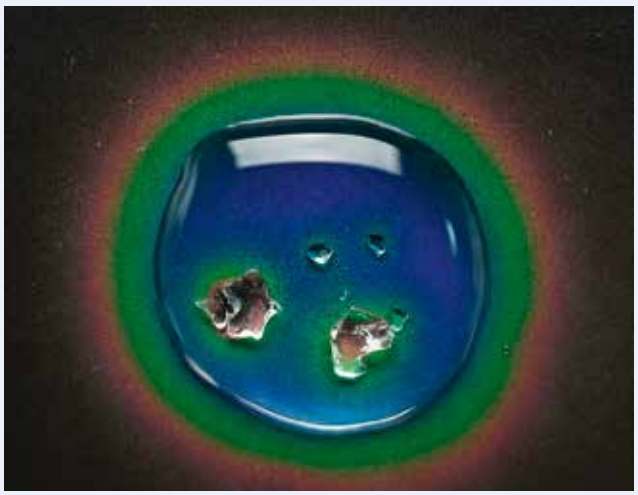
$$CaCl_2(s) \longrightarrow _____ + _____ \quad (5.23)$$

$$NH_4NO_3(s) \longrightarrow _____ + _____ \quad (5.24)$$

β) Ποιου άλατος η διάλυση είναι εξώθερμη (παράγεται θερμότητα, Εικόνα 5.14) και ποιου είναι ενδόθερμη (απορροφάται θερμότητα, Εικόνα 5.15);



Εικόνα 5.12: *Διάλυση κόκκων $CaCl_2$ σε ψυχρό νερό. Παρατηρήστε ότι οι κόκκοι θερμαίνουν το χαρτί, πριν βρεθούν στη μικρολιμνούλα, διότι απορροφούν υγρασία από την ατμόσφαιρα.*



Εικόνα 5.13: *Διάλυση κρυστάλλων NH_4NO_3 σε ζεστό νερό.*

.....

.....

Εικόνα 5.14: *Η εξώθερμη διάλυση αλάτων και οξειδίων στο νερό χρησιμοποιείται στις αυτοθερμαινόμενες κονσέρβες. Η σούπα στην κονσέρβα της εικόνας θερμαίνεται από την αντίδραση του CaO (ασβέστη) με το νερό εντός θαλάμου στον πυθμένα του δοχείου.*

Δείτε τα βίντεο της διάλυσης του άλατος $CaCl_2$ σε μια μικρολιμνούλα εδώ:

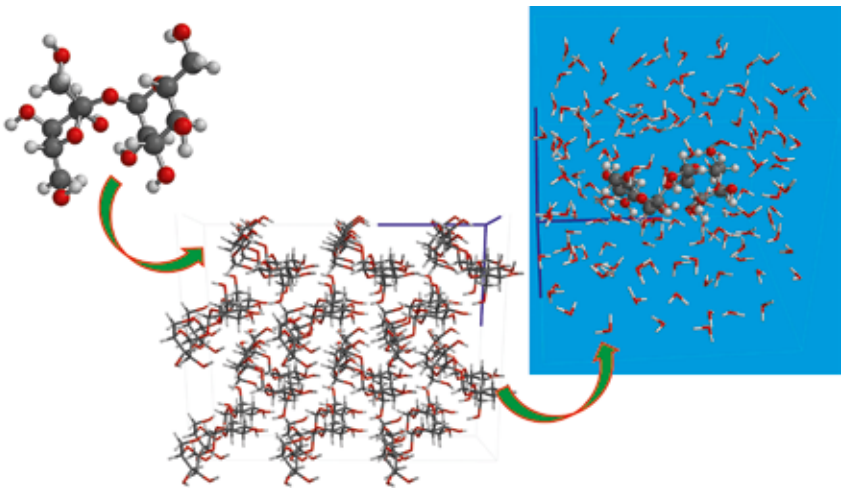
Εικόνα 5.15: *Η ενδόθερμη διάλυση αλάτων στο νερό χρησιμοποιείται στα στιγμιαία ψυχρά επιθέματα.*

Δείτε το βίντεο της διάλυσης του άλατος NH_4NO_3 στη μικρολιμνούλα εδώ:

5.2.3. Μοριακά διαλύματα

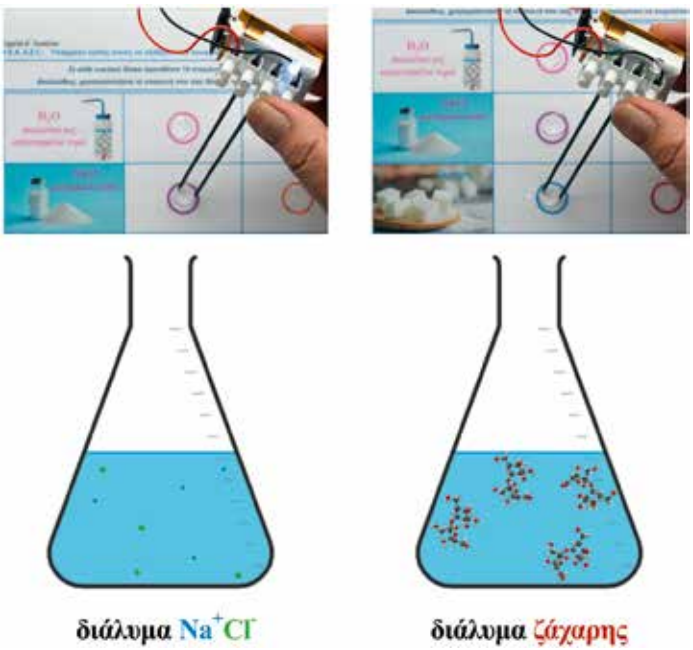
Στα διαλύματα της ζάχαρης και του οινοπνεύματος δεν σχηματίζονται ιόντα. Για τον λόγο αυτό στα κυκλώματά τους, όπως είδαμε και στο πείραμα, δεν ανάβει το λαμπάκι. Για παράδειγμα, κατά τη διάλυση της ζάχαρης στο νερό τα μόριά της ($C_{12}H_{22}O_{11}$) αποχωρίζονται, αλλά εξακολουθούν να είναι τα ίδια μόρια που υπήρχαν και πριν τη διάλυσή της (Εικόνα 5.16).

Επειδή στο διάλυμα της ζάχαρης η διαλυμένη ουσία είναι αποκλειστικά με τη μορφή μορίων, το διάλυμα της ζάχαρης είναι ένα μοριακό διάλυμα.



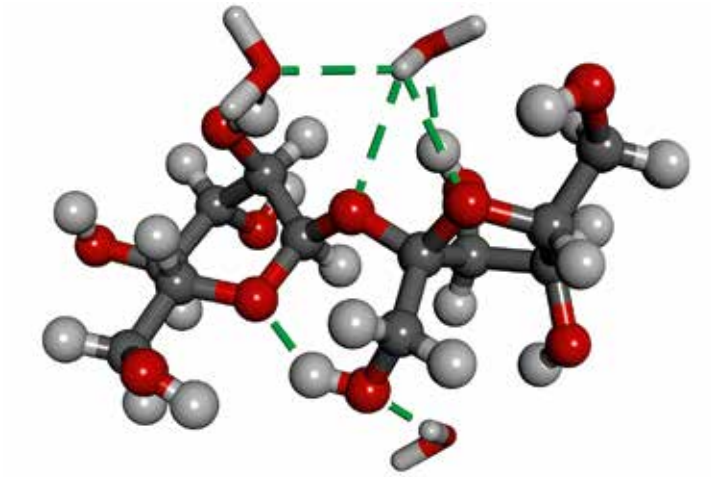
Εικόνα 5.16: *Ενας κρύσταλλος ζάχαρης, όπως αυτός στο κέντρο της εικόνας, αποτελείται από μόρια ζάχαρης, τα οποία αλληλεπιδρούν με δεσμούς υδρογόνου. Οταν ο κρύσταλλος διαλυθεί στο νερό, απελευθερώνονται τα μόρια της ζάχαρης τα οποία εφυδατώνονται από τον διαλύτη. Με άλλα λόγια η διάλυση της ζάχαρης στο νερό οδηγεί σε ένα μοριακό διάλυμα.*

Συμπερασματικά:
Ένα ιοντικό διάλυμα άγει το ηλεκτρικό ρεύμα λόγω των ιόντων που περιέχει, ενώ ένα μοριακό διάλυμα όχι, διότι δεν περιέχει ιόντα αλλά μόρια (Εικόνα 5.17).



Εικόνα 5.17: *Τα ιοντικά διαλύματα, σε αντίθεση με τα μοριακά, περιέχουν ιόντα (φορτισμένα σωματίδια) και γι' αυτό άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.*

Σε αντίθεση με το χλωρίδιο του νατρίου, η ζάχαρη ($C_{12}H_{22}O_{11}$) είναι μοριακή ένωση. Τα μόρια της ζάχαρης είναι πολικά και αλληλεπιδρούν ισχυρά με τα επίσης πολικά μόρια του νερού, κυρίως μέσω **δεσμών υδρογόνου** (Εικόνα 5.18).



Εικόνα 5.18: *Κάποιοι από τους δεσμούς υδρογόνου (με πράσινο) σε ένα υδατικό διάλυμα ζάχαρης. Τα τρία μόρια του νερού, γύρω από ένα μόριο ζάχαρης, αναπαρίστανται διαφορετικά για εποπτικούς λόγους.*

Έτσι, τα μόρια της ζάχαρης αρχίζουν να αποχωρίζονται και να εφυδατώνονται, ενώ ο κρύσταλλος της ζάχαρης καταστρέφεται. Ωστόσο τα μόρια της ζάχαρης παραμένουν αναλλοίωτα μέσα στο διάλυμα και δεν σχηματίζονται ιόντα (Εικόνες 5.16 και 5.17). Έτσι, το διάλυμα της ζάχαρης, σε αντίθεση με το διάλυμα του αλατιού, είναι μοριακό.

$$C_{12}H_{22}O_{11}(s) \xrightarrow[\text{διάλυση}]{H_2O} C_{12}H_{22}O_{11}(aq) \qquad (5.25)$$

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, **οι μοριακές ενώσεις, όπως η ζάχαρη, που όταν διαλυθούν στο νερό, τα μόριά τους παραμένουν αναλλοίωτα και δεν σχηματίζουν ιόντα, ονομάζονται μη ηλεκτρολύτες. Τα διαλύματα των περισσότερων μοριακών ενώσεων δεν άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.**

5.2.4. Ηλεκτρολυτικά διαλύματα μοριακών ενώσεων

Όπως διαπιστώσαμε πειραματικά, υπάρχουν διαλύματα μοριακών ενώσεων τα οποία είναι ηλεκτρικά αγώγιμα (Εικόνες 5.19, 5.20 και 5.21). Επομένως, **αυτές οι μοριακές ενώσεις θα πρέπει να σχηματίζουν ιόντα, όταν διαλύονται στο νερό, να είναι δηλαδή ηλεκτρολύτες.** Πρόκειται για **οξέα**, όπως π.χ. το HCl και το HNO_3 και **ορισμένες βάσεις**, όπως π.χ. **η αμμωνία (NH3)**. Τα ιόντα σχηματίζονται μέσω αντίδρασης μεταξύ των μορίων της διαλυμένης ουσίας και των μορίων του νερού, ένα φαινόμενο που ονομάζεται **ιοντισμός**.

Το υδροχλώριο (HCl), ένα οξύ, είναι ένα παράδειγμα μοριακής ένωσης που ιοντίζεται στο νερό. Κατά τον ιοντισμό του HCl ένα πρωτόνιο (H^+) μεταφέρεται από ένα μόριο HCl σε ένα μόριο νερού. Το πρωτόνιο συνδέεται με ομοιοπο-

Εικόνα 5.19: *Το διάλυμα του οξέος HCl παρουσιάζει αγωγιμότητα.*

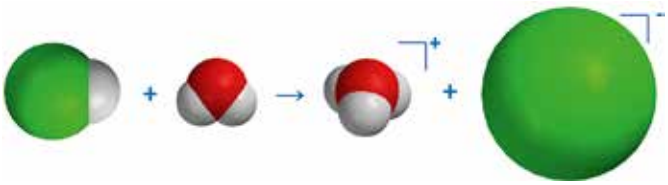
Εικόνα 5.20: *Το διάλυμα της βάσης NH_3 παρουσιάζει αγωγιμότητα. Η $NH_3(aq)$ χρησιμοποιείται για την εξουδετέρωση των οξέων σε τσιμπήματα εντόμων.*

Εικόνα 5.21: *Το διάλυμα του οξέος CH_3COOH παρουσιάζει αγωγιμότητα. Το CH_3COOH είναι η ένωση που προσδίδει στο ξίδι τη γεύση του.*

λικό δεσμό με το άτομο οξυγόνου του νερού και σχηματίζεται το κατιόν H_3O^+ (εξίσωση 5.26 και Εικόνα 5.22). **Το κατιόν αυτό ονομάζεται οξώνιο και σε αυτό οφείλεται ο όξινος χαρακτήρας των διαλυμάτων των οξέων**.

ιοντισμός

$$H_2O(\ell) + HCl(aq) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq) \quad (5.26)$$



Εικόνα 5.22: *Η αντίδραση ιοντισμού του HCl στο νερό.*

Συχνά το $H_3O^+(aq)$ αναφέρεται ως $H^+(aq)$. Όμως αυτό αποτελεί απλούστευση της πραγματικότητας.

Προσέξετε τη διαφορά μεταξύ ιοντισμού και διάστασης. Όταν διαλύεται μια ιοντική ένωση στο νερό, τα προϋπάρχοντα ιόντα αποχωρίζονται μεταξύ τους (διάσταση). Όταν μια μοριακή ένωση που είναι ηλεκτρολύτης διαλύεται στο νερό, τα ιόντα δεν προϋπήρχαν αλλά σχηματίζονται από την αντίδραση του ηλεκτρολύτη με το νερό (ιοντισμός).

Να σημειωθεί εδώ ότι ορισμένα οξείδια αμετάλλων (όξινα οξείδια) αντιδρούν με το νερό και σχηματίζουν οξέα, οπότε τα διαλύματά τους είναι ιοντικά:

$$CO_2(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_2CO_3(aq) \quad (5.27)$$

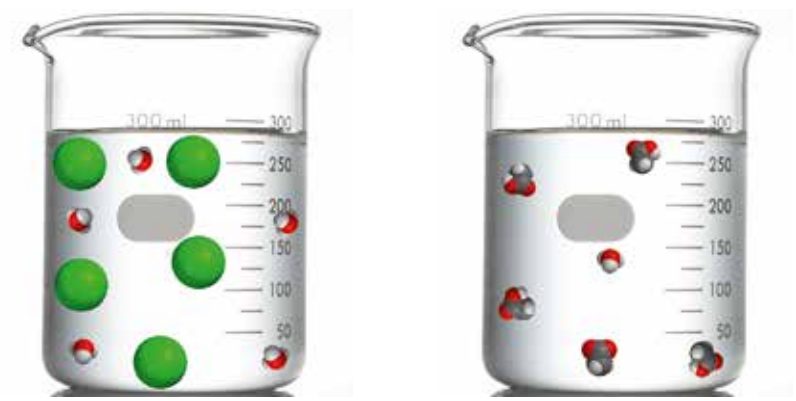
$$SO_3(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_2SO_4(aq) \quad (5.28)$$

Από το 2010 θεωρούμε ότι το οξώνιο έχει τη μορφή:

5.2.5. Ισχυροί και ασθενείς ηλεκτρολύτες

Ισχυρός ηλεκτρολύτης είναι κάθε ένωση που στο υδατικό της διάλυμα όλη η ποσότητά της βρίσκεται με τη μορφή ιόντων.

Το υδροχλώριο (HCl, Εικόνα 5.23α), το υδροβρώμιο (HBr) και το υδροϊώδιο (HI) είναι οξέα σε υδατικό διάλυμα. Αυτά τα οξέα, μαζί με μερικά ακόμα, όπως το νιτρικό οξύ HNO_3, το υπερχλωρικό οξύ $HClO_4$ και το θειικό οξύ H_2SO_4, και όλες οι ιοντικές ενώσεις, όπως το NaCl, είναι ισχυροί ηλεκτρολύτες.



(α) (β)

Εικόνα 5.23: *(α) Το υδροχλώριο (HCl) είναι ισχυρό οξύ και ιοντίζεται πλήρως στο νερό. (β) Το αιθανικό οξύ (CH_3COOH) είναι ασθενές οξύ και ιοντίζεται μερικώς στο νερό.*

Αντίθετα, μερικές μοριακές ενώσεις σχηματίζουν υδατικά διαλύματα που περιέχουν συγχρόνως ιόντα και διαλελυμένα μόρια που δεν έχουν ιονιστεί. Για παράδειγμα, το αιθανικό οξύ, CH_3COOH, όταν διαλύεται στο νερό, ιοντίζεται σε μικρό βαθμό (Εικόνα 5.23β).

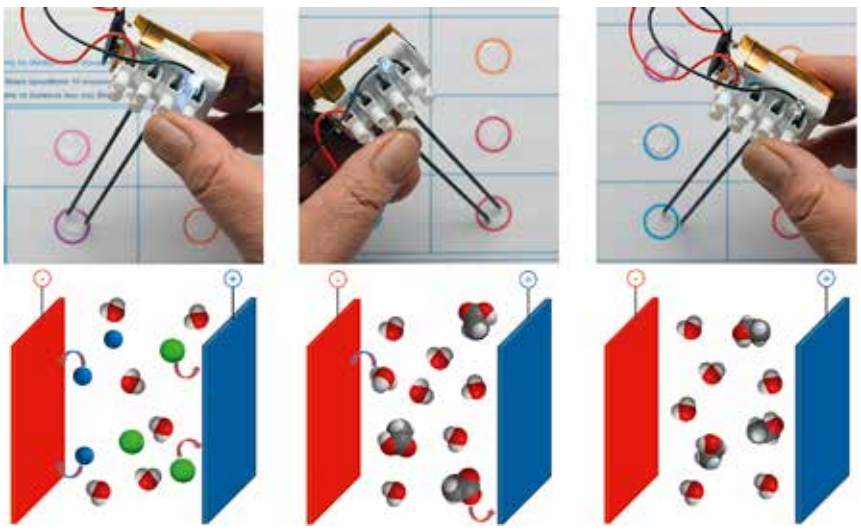
Έτσι, ο αριθμός των μορίων CH_3COOH στο διάλυμά του είναι τελικά πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ιόντων H_3O^+ και CH_3COO^-. Στις περιπτώσεις που συμβαίνει αυτό θέτουμε στις χημικές εξισώσεις διπλό βέλος:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq) \qquad (5.29)$$

Κάθε ένωση, όπως το αιθανικό οξύ, που, όταν διαλύεται στο νερό, μέρος μόνο της ποσότητάς της βρίσκεται στο διάλυμα με τη μορφή ιόντων, ονομάζεται ασθενής ηλεκτρολύτης.

Όπως είδαμε, η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων είναι η αγωγιμότητα. Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι:

Σε αραιά διαλύματα το διάλυμα ενός ισχυρού ηλεκτρολύτη έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα, ενός ασθενή ηλεκτρολύτη μικρή και ενός μη ηλεκτρολύτη καθόλου (Εικόνα 5.24).



(α) (β) (γ)

Εικόνα 5.24: *Η διαφορετική αγωγιμότητα μεταξύ των διαλυμάτων (α) του ισχυρού ηλεκτρολύτη NaCl, (β) του ασθενούς ηλεκτρολύτη CH_3COOH (αιθανικό οξύ) και (γ) του μη ηλεκτρολύτη C_2H_6O (αιθανόλη).*

Ο ιοντισμός στο νερό του νιτρικού οξέος, που είναι όπως και το HCl ισχυρό οξύ, φαίνεται παρακάτω:

$$HNO_3(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq) \qquad (5.30)$$

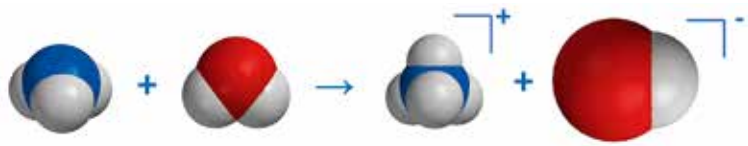
Το θειικό οξύ, H_2SO_4, όμως ιοντίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο είναι ισχυρό οξύ, ενώ στο δεύτερο ασθενές.

$$H_2SO_4(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq) \qquad (5.31)$$

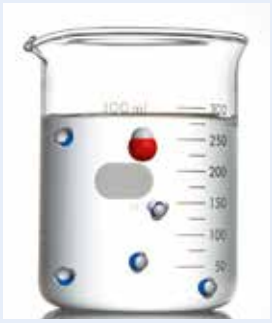
$$HSO_4^-(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \qquad (5.32)$$

Ένα παράδειγμα ασθενούς βάσης είναι η αμμωνία, NH_3. Όταν διαλύεται στο νερό, ιοντίζεται παίρνοντας ένα πρωτόνιο από το νερό, οπότε σχηματίζεται το ανιόν **υδροξειδίου (OH^-)** και το κατιόν αμμωνίου NH_4^+ (εξίσωση 5.33 και Εικόνες 5.25 και 5.26). Στο ιόν $OH^-(aq)$ οφείλεται ο βασικός χαρακτήρας του διαλύματος.

$$NH_3(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \qquad (5.33)$$



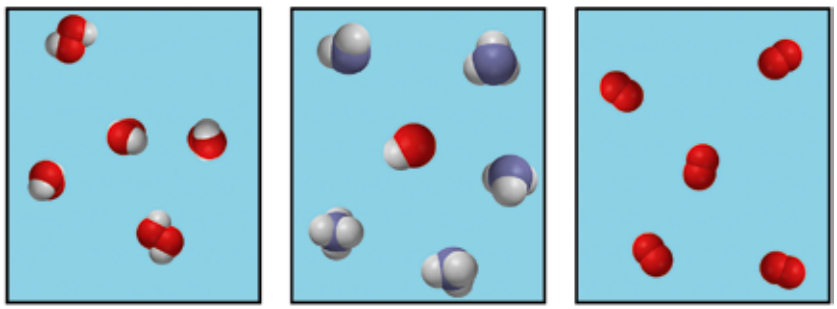
Εικόνα 5.25: Η αντίδραση ιοντισμού της NH_3 στο νερό.



Εικόνα 5.26: Η αμμωνία είναι ασθενής ηλεκτρολύτης.

Εφαρμογή 5.9

Καθένα από τα ακόλουθα σχήματα αντιπροσωπεύει ένα υδατικό διάλυμα. Ταξινομήστε κάθε διαλυμένη ουσία ως μη ηλεκτρολύτη, ασθενή ηλεκτρολύτη ή ισχυρό ηλεκτρολύτη.



(α) (β) (γ)

Εφαρμογή 5.10

Γράψτε τις χημικές εξισώσεις ιοντισμού για τα οξέα HBr, HI, $HClO_4$.

.....

.....

.....

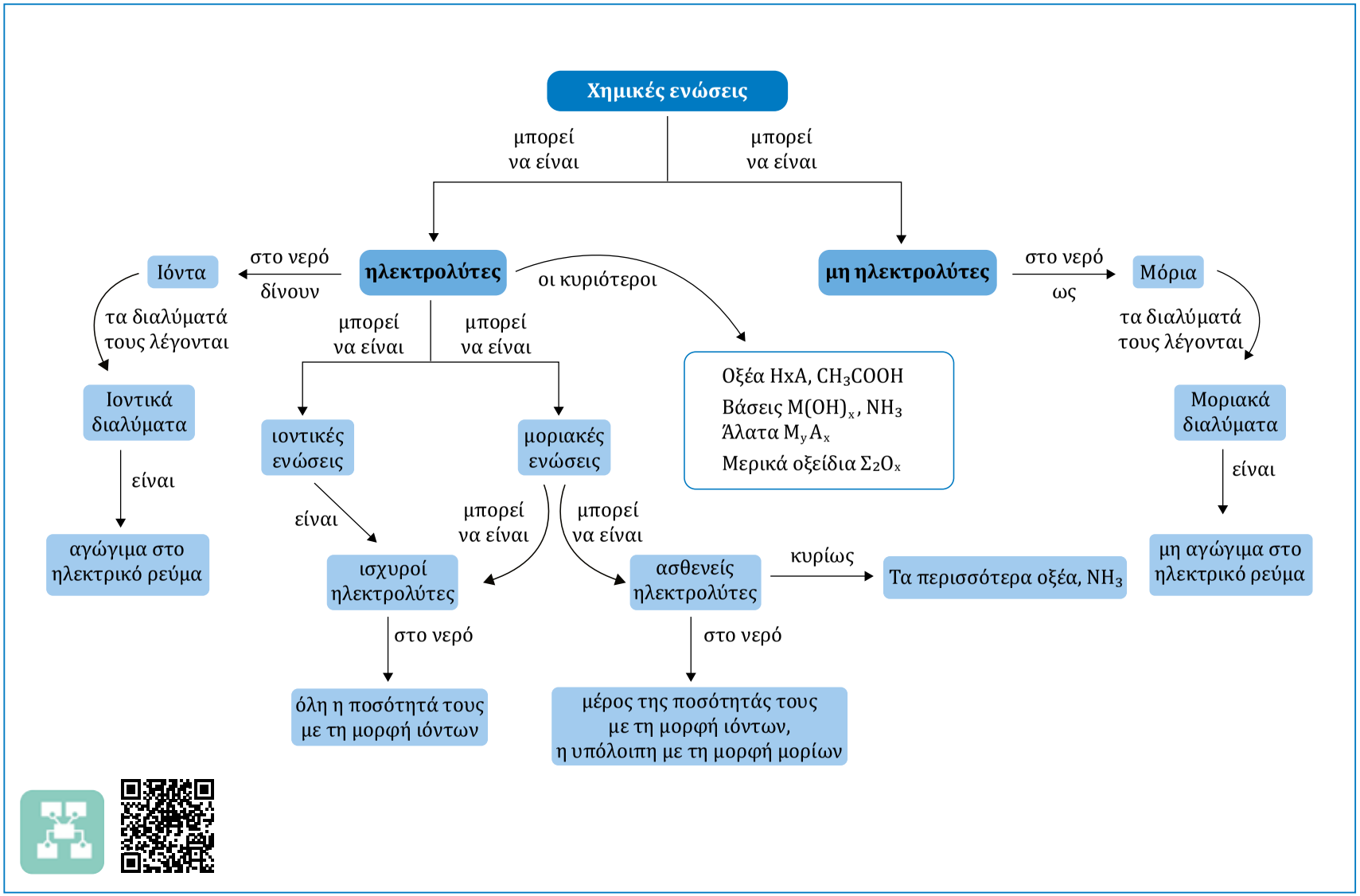
.....

Τεστ Αυτοαξιολόγησης

Δείτε τώρα τον χάρτη εννοιών της ενότητας.

Όταν είστε έτοιμοι, μπορείτε να λύσετε και το τεστάκι.

Εννοιολογικός Χάρτης 5.2



5.3. Οι Μεταθετικές Αντιδράσεις

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναγνωρίζετε* ότι μια αντίδραση ανταλλαγής ιόντων λαμβάνει χώρα εφόσον σχηματίζεται προϊόν που εκφεύγει από το αντιδρών σύστημα, δηλαδή
  - είναι δυσδιάλυτο και καταβυθίζεται ως ίζημα
  - είναι αέριο και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη βασική θεωρία που ερμηνεύει την ύπαρξη ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων.*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ιοντικές ενώσεις, όταν διαλύονται στο νερό, και στο ποσοστό που διαλύονται, διίστανται πλήρως!*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ομοιοπολικές ενώσεις άλλοτε διαλύονται στο νερό με τη μορφή μορίων και άλλοτε υφίστανται ιοντισμό.*
- **Διακρίναμε** *τους ηλεκτρολύτες σε ασθενείς και ισχυρούς.*

Οι αντιδράσεις που μπορούν να λάβουν χώρα σε υδατικά διαλύματα είναι αναρίθμητες. Προκειμένου να γίνει δυνατή η μελέτη τους, έχουν εισαχθεί διάφορα συστήματα ταξινόμησης. Σε όλα αυτά τα συστήματα οι *μεταθετικές αντιδράσεις* περιγράφονται ως ιδιαίτερα σημαντικές. **Πρόκειται για αντιδράσεις στις οποίες *περιλαμβάνονται ιόντα*, τα οποία εμφανίζονται στις χημικές εξισώσεις να «ανταλλάσσουν τις θέσεις τους», όπως συμβαίνει στην αντίδραση:**

$$NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3(aq) \qquad (5.34)$$

Είναι δυνατόν να διακριθούν περαιτέρω σε δυο επιμέρους κατηγορίες:

1. Στις αντιδράσεις **ανταλλαγής ιόντων**, στις οποίες περιλαμβάνονται οι **αντιδράσεις καταβύθισης** και οι αντιδράσεις **έκλυσης αερίου** (υποενότητα 5.3.1).

2. Στις αντιδράσεις *εξουδετέρωσης* (υποενότητα 5.3.2).

Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των μεταθετικών αντιδράσεων είναι ότι με αυτές απομακρύνονται ιόντα από ένα υδατικό διάλυμα.

Στις μεταθετικές αντιδράσεις δεν πραγματοποιείται μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των αντιδρώντων. Με άλλα λόγια δεν μεταβάλλονται οι *Αριθμοί Οξείδωσης* (ενότητα 4.2) των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτές, εν αντιθέσει προς τις *οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις*, που θα μελετήσουμε στην ερχόμενη ενότητα (ενότητα 5.4).

Στις επόμενες υποενότητες θα εξετάσουμε αναλυτικά τις κατηγορίες των μεταθετικών αντιδράσεων.

5.3.1. Οι αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων

Όπως ισχύει και για το σύνολο των μεταθετικών αντιδράσεων, το κοινό στοιχείο των αντιδράσεων ανταλλαγής ιόντων είναι η **απομάκρυνση ιόντων από ένα υδατικό διάλυμα**. Η απομάκρυνση αυτή μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: α) με την **καταβύθιση** κάποιων εξ αυτών με τη μορφή ιζήματος (στερεάς ένωσης, που δεν διαλύεται στο νερό) (Εικόνα 5.2α) και β) με την **έκλυση (απελευθέρωση)** από το διάλυμα κάποιου αερίου (Εικόνα 5.2β).

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *εκτελείτε* κατάλληλη σειρά αντιδράσεων ανταλλαγής ιόντων.
- *συμπεραίνετε* μετά από επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων ποιο είναι το δυσδιάλυτο προϊόν ή το παραγόμενο αέριο, στις παραπάνω αντιδράσεις.
- *συμπληρώνετε* χημικές εξισώσεις ανταλλαγής ιόντων στην τυπική τους μορφή.
- *συμπληρώνετε* χημικές εξισώσεις ανταλλαγής ιόντων στην ιοντική τους μορφή.
- *προβλέπετε* αν λαμβάνει χώρα μια αντίδραση ανταλλαγής ιόντων, εφόσον δίνεται πίνακας με ιζήματα ή αέρια.
- *διερευνάτε* και *προτείνετε* λύσεις σε προβλήματα ρύπανσης, τα οποία συνδέονται με την τοπική ή ευρύτερη κοινωνία, μέσα από την ποιοτική ανάλυση ιόντων.

(α)

(β)

Εικόνα 5.27: *(α) Καταβύθιση ιζήματος PbI_2 με τη μορφή «χρυσής βροχής». (β) Εκλυση αερίου CO_2 από τη διάσπαση ανθρακικών αλάτων με τη μορφή φυσαλίδων.*

5.3.1.1. Οι αντιδράσεις καταβύθισης

Θα ξεκινήσουμε την ενότητα με μερικά απλά πειράματα. Γι' αυτά θα χρειαστούμε:

1. Φιαλίδιο που περιέχει στερεό NaCl.
2. Φιαλίδιο που περιέχει στερεό $CuSO_4$ (ως $CuSO_4 \cdot 5H_2O$).
3. Φιαλίδιο που περιέχει στερεό $AgNO_3$.
4. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης (Φ.Ε.Α. 5.3.1.1).
5. Οδοντογλυφίδες.
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....

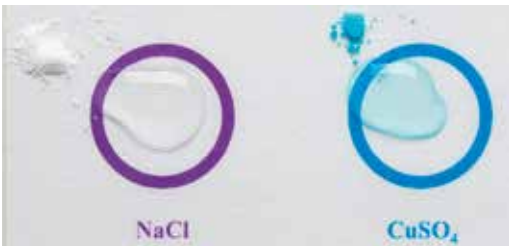
Όργανα και Υλικά

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά, σημειώστε τα εδώ.

Εργαστηριακή Άσκηση

Ακολουθώντας τις οδηγίες που θα βρείτε στο φύλλο εργαστηριακής άσκησης, εκτελέστε το πρώτο πείραμα (διάλυση κρυστάλλων NaCl και $CuSO_4$ στο νερό).

Η τελική πειραματική εικόνα θα ομοιάζει με αυτή της Εικόνας 5.28. *Με βάση τις γνώσεις σας από τις προηγούμενες ενότητες, τι νομίζετε ότι συνέβη στους κρυστάλλους των δυο αλάτων μετά την προσθήκη τους στις μικρο-λιμνούλες; Ποια σωματίδια είναι διαλυμένα στο νερό σε κάθε περίπτωση; Συζητήστε την άποψή σας με την ομάδα σας.*



Εικόνα 5.28: *Η τελική εικόνα του Φ.Ε.Α.*

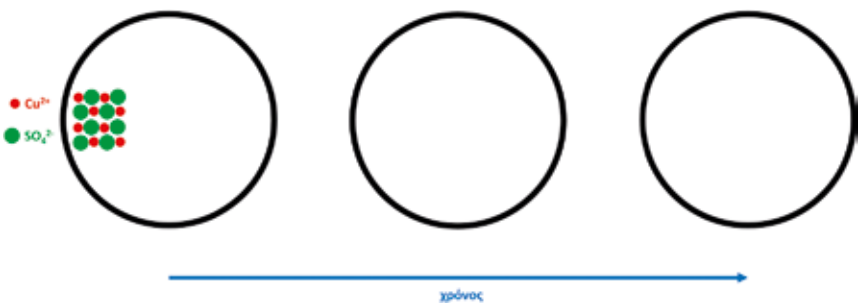
.....

.....

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Στην Εικόνα 5.29 που ακολουθεί, οι τρεις προσχεδιασμένοι κύκλοι αναπαριστούν μια μικρο-λιμνούλα νερού σε τρία διαφορετικά στιγμιότυπα. Στον πρώτο κύκλο δίνεται η δομή στερεού $CuSO_4$ καθώς φέρεται στη λιμνούλα και εισέρχεται στο νερό. *Αφού πρώτα συζητήσετε σχετικά στην ομάδα σας, να σχεδιάσετε, στον δεύτερο κύκλο τη θέση των διαλελυμένων σωματιδίων του άλατος μερικά δευτερόλεπτα αργότερα και στον τρίτο κύκλο μια πιθανή θέση τους μετά την πλήρη διάλυση του κρυστάλλου.*



Εικόνα 5.29: *Αναπαράσταση της διάλυσης του άλατος $CuSO_4$ στο νερό.*

Σε αμφότερες τις περιπτώσεις διάλυσης των αλάτων τα ιόντα τους θα καταλάβουν όλο τον διαθέσιμο όγκο στη μικρο-λιμνούλα. **Το φαινόμενο αυτό καλείται διάχυση και οφείλεται στην τυχαία κίνηση των σωματιδίων της διαλυμένης ουσίας. Συμβαίνει πάντα από περιοχές μεγαλύτερης σε περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης σωματιδίων** (Εικόνες 5.30 και 5.31).

Εικόνα 5.30: *Μπλε χρωστική διαλύεται στο νερό.*

Εικόνα 5.31: *Διάχυση των έγχρωμων ιόντων MnO_4^- σε μια μικρο-λιμνούλα.*

Προσθέστε τώρα τα δυο άλατα στην ίδια μικρο-λιμνούλα. Τι θα συμβεί;

.....

.....

Ακολουθώντας τις οδηγίες που θα βρείτε στο φύλλο εργαστηριακής άσκησης, προχωρήστε στο δεύτερο πείραμα, κατά το οποίο θα προσθέσετε ταυτόχρονα δυο άλατα ($AgNO_3$ και NaCl) σε αντιδιαμετρικά σημεία της ίδιας λιμνούλας.

Τι παρατηρήσατε ότι συνέβη στη μικρο-λιμνούλα;

.....

Πού το αποδίδετε;

.....

.....

Αυτό που παρατηρήσατε ήταν ο σχηματισμός ενός **λευκού ιζήματος**. Δηλαδή μιας ένωσης που δεν διαλύεται στο νερό και γρήγορα θα καταβυθιστεί (θα «πέσει» στον πυθμένα του διαλύματος). Πρόκειται για την ένωση AgCl. Αυτή η ένωση σχηματίζεται από τα ιόντα Ag^+ (από το $AgNO_3$) και Cl^- (από το NaCl).

Τα δυο αντίθετα φορτισμένα ιόντα, ξεκινώντας από αντιδιαμετρικά σημεία, διαχέονται στο νερό. Περίπου στο μέσο της μικρο-λιμνούλας συναντώνται, με αποτέλεσμα να σχηματίζουν τη δυσδιάλυτη ένωση AgCl (Εικόνες 5.32 και 5.33). Η νοητή γραμμή πάνω στην οποία λαμβάνει χώρα ο σχηματισμός του ιζήματος καλείται **μέτωπο αντίδρασης**.

Εικόνα 5.32: *Ο σχηματισμός του ιζήματος AgCl στο μέτωπο της αντίδρασης.*

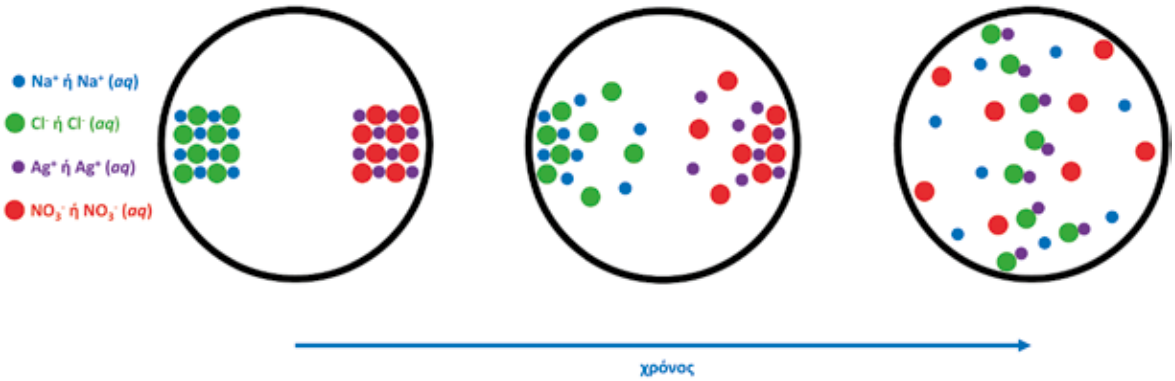
Δείτε και τα σχετικά βίντεο:

Εργαστηριακή Άσκηση

Εργαστηριακή Άσκηση

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Η ερμηνεία του πειράματος



Εικόνα 5.33: Σχηματική αναπαράσταση της διάλυσης των αλάτων NaCl και $AgNO_3$ στο νερό, της διάχυσής τους, ώστε να καταλάβουν όλο τον διαθέσιμο όγκο και τέλος της ένωσης των ιόντων Ag^+ και Cl^- περίπου στο μέσο του διαλύματος, από την οποία προκύπτει το λευκό ίζημα AgCl. Παρατηρήστε ότι τα ιόντα Na^+ και NO_3^+ δεν συμμετέχουν στην αντίδραση (δεν ενώνονται μεταξύ τους) και παραμένουν διαλυμένα στο νερό.

5.3.1.2. Η περιγραφή των αντιδράσεων καταβύθισης με χημικές εξισώσεις

Ένα γενικό σχήμα με το οποίο μπορούν να περιγραφούν οι αντιδράσεις καταβύθισης παρουσιάζεται στην εξίσωση 5.35.

$$A^+B^- + \Gamma^+\Delta^- \rightarrow A^+\Delta^- + \Gamma^+B^- \qquad (5.35)$$

Σύμφωνα με αυτό τα κατιόντα και τα ανιόντα ανταλλάσσουν τις θέσεις τους (αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων).

Υπάρχουν δυο τρόποι να γραφεί μια χημική εξίσωση αντίδρασης καταβύθισης.

α) Με **τυπική μορφή**. Σε αυτή αναγράφονται οι ιοντικές ενώσεις που προστίθενται στο διάλυμα. Για παράδειγμα:

$$NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3(aq) \qquad (5.36)$$

β) Με **ιοντική μορφή**. Στην ιοντική μορφή αναγράφονται αποκλειστικά τα ιόντα, που συμμετέχουν στον σχηματισμό του ιζήματος.

Όπως έχουμε δει, όταν διαλύονται οι ιοντικές ενώσεις στο νερό, διίστανται στα ιόντα τους. Αυτά με τη σειρά τους διαχέονται σε όλο τον διαθέσιμο χώρο (υποενότητες 3.1.2 και 5.2). Υπό αυτό το πρίσμα μπορούμε να ξαναγράψουμε την εξίσωση 5.36 ως εξής:

$$Na^+(aq) + Cl^-(aq) + Ag^+(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow AgCl\downarrow + Na^+(aq) + NO_3^-(aq) \qquad (5.37α)$$

Τα ιόντα $Na^+(aq)$ και $NO_3^-(aq)$ δεν συμμετέχουν στην αντίδραση (δεν σχηματίζουν ίζημα, Εικόνα 5.33) και παραμένουν διαλυμένα. Για τον λόγο αυτό καλούνται **ιόντα-παρατηρητές**.

Μιας που τα ιόντα-παρατηρητές δεν συμμετέχουν στον σχηματισμό ιζήματος, μπορούμε να τα διαγράψουμε:

$$\cancel{Na^+(aq)} + Cl^-(aq) + Ag^+(aq) + \cancel{NO_3^-(aq)} \rightarrow AgCl\downarrow + \cancel{Na^+(aq)} + \cancel{NO_3^-(aq)} \qquad (5.37β)$$

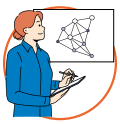
Έτσι, καταλήγουμε στην *ιοντική μορφή* της εξίσωσης 5.36, την εξίσωση 5.38:

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl\downarrow \qquad (5.38)$$

Δείτε ξανά το πείραμα:

Αντί για το σύμβολο ↓, μπορούμε να χρησιμοποιούμε και το γνωστό μας (s).

*Η εξίσωση 5.37 καλείται και **πλήρης ιοντική εξίσωση**.*



Παράδειγμα 5.11

Όταν το $CoCl_2$ αντιδρά με NaOH εντός υδατικού διαλύματος, σχηματίζεται η δυσδιάλυτη ένωση $Co(OH)_2$. Αφού δείτε την Εικόνα 5.34, να γράψετε τη χημική εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση στην τυπική και την ιοντική της μορφή.

Πλάνο λύσης:

Ας ξεκινήσουμε από την ιοντική μορφή της εξίσωσης. Στην ιοντική μορφή γράφουμε μόνο τα ιόντα που ενώνονται για να σχηματίσουν το ίζημα, χρησιμοποιώντας και τις γνώσεις μας από τις ενότητες 3.1.2, 4.3 και 5.2.

Λύση:

$$Co^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq) \rightarrow Co(OH)_2(s) \qquad (5.39)$$

Πλάνο λύσης:

Στην τυπική μορφή της εξίσωσης γράφουμε τις ιοντικές ενώσεις που προσθέσαμε στο διάλυμα, το ίζημα που καθιζάνει και τέλος *συμπληρώνουμε την εξίσωση με το άλας που προκύπτει από τον συνδυασμό των ιόντων-παρατηρητών*, ώστε να τηρείται η αρχή διατήρησης της μάζας (Α.Δ.Μ.).

Λύση:

$$CoCl_2(aq) + 2\ NaOH(aq) \rightarrow Co(OH)_2(s) + 2\ NaCl(aq) \qquad (5.40)$$

Εφαρμογή 5.12

Να συμπληρώσετε τους απαιτούμενους συντελεστές στις επόμενες αντιδράσεις καταβύθισης και ακολούθως να μετατρέψετε την τυπική τους μορφή σε ιοντική.

α) $__\ AgNO_3(aq) + __\ KBr(aq) \rightarrow __\ AgBr\downarrow + __\ KNO_3(aq)$ (5.41)

β) $__\ Pb(NO_3)_2(aq) + __\ KI(aq) \rightarrow __\ PbI_2\downarrow + __\ KNO_3\ (aq)$ (Εικόνα 5.27α) (5.42)

γ) $__\ Ca(NO_3)_2\ (aq) + __\ Na_2SO_4\ (aq) \rightarrow __\ CaSO_4\downarrow + __\ NaNO_3(aq)$ (5.43)

δ) $__\ BaCl_2\ (aq) + __\ K_2CrO_4\ (aq) \rightarrow __\ BaCrO_4\downarrow + __\ KCl(aq)$ (5.44)

Με το βλέμμα στον κόσμο: Η σημασία των αντιδράσεων καταβύθισης

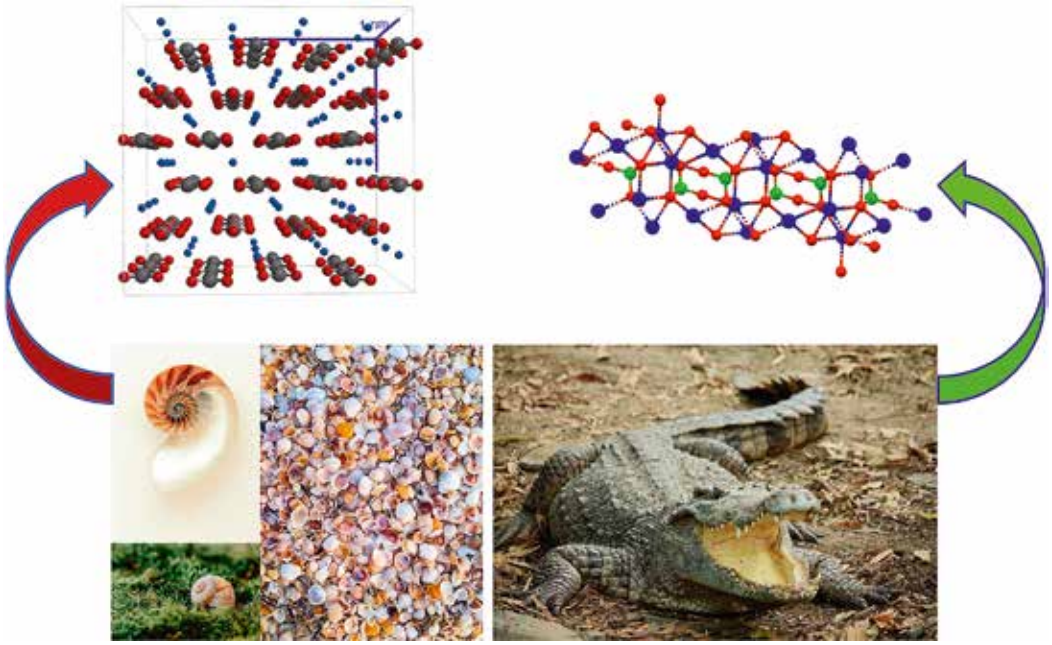
Οι αντιδράσεις καταβύθισης, πέρα από τη χρησιμότητά τους στην εργαστηριακή και τη βιομηχανική χημεία, έχουν τεράστια σημασία για την ίδια την πορεία της ζωής. Αυτή η σημασία περιγράφεται από τον γενικό όρο **βιοορυκτοποίηση**. Πρόκειται για τον σχηματισμό ή τη συσσώρευση μεταλλικών αλάτων από οργανισμούς κυρίως σε βιολογικούς ιστούς ή δομές (όπως οστά, δόντια και κοχύλια). Κεντρικό ρόλο σε αυτές τις πορείες έχει ο σχηματισμός τόσο του ανθρακικού ασβεστίου (π.χ. στα όστρακα των μαλακίων και σε διάφορους εξωσκελετούς) όσο και του φωσφορικού ασβεστίου (π.χ. στα οστά και τα δόντια) (Εικόνα 5.36). Όμως, συχνά τέτοιες αντιδράσεις καταβύθισης συνδέονται και με ασθένειες (π.χ. οι πέτρες στα νεφρά και η καταστροφή των βαλβίδων της καρδιάς προκαλούνται και αυτές από τέτοιες πορείες).

Η λέξη «καθιζάνει» σημαίνει «καταβυθίζεται».

Εικόνα 5.34: *Τα ιόντα Co^{2+} και OH^- διαχέονται στη μικρο-λιμνούλα και συναντώνται για να σχηματίσουν το μπλε ίζημα $Co(OH)_2$.*

Φυσικά μέτωπο αντίδρασης έχουμε κάθε φορά που συναντώνται τα διαφορετικά αντιδρώντα, όπως στην Εικόνα 5.35 και το βίντεο που ακολουθεί.

Εικόνα 5.35: *Η χαρακτηριστική αντίδραση με την οποία δημιουργείται το «αίμα για τον κινηματογράφο».*



Σχήμα 5.36: Τα κοχύλια και τα όστρακα των μαλακίων σχηματίζονται από την αργή καθίζηση του λευκού ιζήματος $CaCO_3$. Το χρώμα δημιουργείται από την παρουσία μετάλλων των ομάδων 3-12 του περιοδικού πίνακα και μορίων, όπως το β-καροτένιο. Στο ένθετο αριστερά φαίνονται οι θέσεις που καταλαμβάνουν το Ca, ο C και το O στον κρύσταλλο του άλατος. Αντίστοιχα, ένας κροκόδειλος διαθέτει 80 πανίσχυρα δόντια έτοιμα να κατασπαράξουν τη λεία τους. Καθένα από αυτά αποτελείται από κρυσταλλικές δομές κυρίως υδροξυαπατίτη (ένωση με βάση το $Ca_3(PO_4)_2$).

5.3.1.3. Τα συνήθη ιζήματα και τα χαρακτηριστικά τους

Όπως ήδη έχουμε διαπιστώσει, κάποιες ιοντικές ενώσεις είναι ευδιάλυτες στο νερό, όπως το NaCl και άλλες σχηματίζουν άμεσα ιζήματα, όπως το $Co(OH)_2$.

1ο Ερευνητικό Ερώτημα

Μπορούμε να προβλέψουμε ποια ιόντα (ανιόντα ή κατιόντα) είναι πιθανό να σχηματίζουν δυσδιάλυτες ενώσεις, δηλαδή να έχουν μικρή διαλυτότητα στο νερό;

2ο Ερευνητικό Ερώτημα

Αν η απάντηση στο πρώτο ερώτημα είναι ναι, τότε ποια είναι τα χαρακτηριστικά αυτών των ιόντων;

Όργανα και Υλικά

Θα χρειαστούμε:

1. Φιαλίδιο που περιέχει $KNO_3(aq)$.
2. Φιαλίδιο που περιέχει $KBr(aq)$.
3. Φιαλίδιο που περιέχει $K_2CO_3(aq)$.
4. Φιαλίδιο που περιέχει $Na_2C_2O_4(aq)$.
5. Φιαλίδιο που περιέχει $Na_3PO_4(aq)$.
6. Φιαλίδιο που περιέχει $NaCl(aq)$.
7. Φιαλίδιο που περιέχει $CaCl_2(aq)$.
8. Φιαλίδιο που περιέχει $CoCl_2(aq)$.
9. Φιαλίδιο που περιέχει $CuCl_2(aq)$.

10. Οδοντογλυφίδες.
11. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης (Φ.Ε.Α. 5.3.1.3).
12. .....
13. .....
14. .....
15. .....

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά σημειώστε τα εδώ.

Εργαστηριακή διερεύνηση

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Ακολουθώντας τις οδηγίες του φύλλου εργαστηριακής άσκησης να αναμείξετε τα διαλύματα των αλάτων μεταξύ τους. Ακολούθως στον Πίνακα 5.1 να καταγράψετε τις παρατηρήσεις σας, αφού πρώτα τις επιβεβαιώσετε με την ομάδα σας.

Είναι υποχρεωτικό να τηρείτε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας καθ' όλη τη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης και μέχρι τον καθαρισμό του πάγκου / θρανίου σας καθώς και την απόρριψη των υλικών.

Πίνακας 5.1: *Αποτελέσματα της ανάμειξης των διαλυμάτων των υπό εξέταση αλάτων. Αν στις θέσεις αντίδρασης παρατηρήσετε τον σχηματισμό θολώματος ή ξεκάθαρου ιζήματος, να το σημειώσετε, δίνοντας και το χρώμα του (π.χ. λευκό ίζημα). Αν δεν παρατηρήσετε κάτι μπορείτε να σημειώσετε μια παύλα. Το $C_2O_4^{2-}$ είναι ένα διανιόν που ονομάζεται οξαλικό).*

	KNO_3	KBr	K_2CO_3	$Na_2C_2O_4$	Na_3PO_4
NaCl					
$CaCl_2$					
$CoCl_2$					
$CuCl_2$					

Στον Πίνακα 5.2 κάθε κουτάκι του Πίνακα 5.1 έχει χωριστεί στα δυο. Συζητώντας με τα μέλη της ομάδας σας, στο πρώτο εξ αυτών να σημειώσετε όλα τα ιόντα που υπάρχουν στο αντίστοιχο διάλυμα (3-4 ανά κουτάκι). Ακολούθως, στο δεύτερο εξ αυτών να γράψετε τους χημικούς τύπους των ενώσεων που μπορεί να προέκυψαν από την ανάμειξη των διαλυμάτων (σε μια πιθανή αντίδραση ανταλλαγής ιόντων). Να μην ξαναγράψετε τις αρχικές ενώσεις, οι οποίες είναι προφανώς ευδιάλυτες.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Πίνακας 5.2: *Ανάλυση των εργαστηριακών δοκιμασιών (tests).*

	KNO_3	KBr	K_2CO_3	$Na_2C_2O_4$	Na_3PO_4
NaCl					
$CaCl_2$					
$CoCl_2$					
$CuCl_2$					

Ποια ιζήματα καταβυθίστηκαν στις ανωτέρω πορείες (Εικόνα 5.37);

.....

.....

Να μοιραστείτε τα συμπεράσματά σας με την ολομέλεια του τμήματός σας. Συμφωνείτε; Αν υπάρχουν αλλαγές να τις καταγράψετε ακολούθως:

.....

Αφού καταλήξατε, να καταγράψετε τις αντιδράσεις που έλαβαν χώρα, χρησιμοποιώντας τόσο την τυπική όσο και την ιοντική μορφή των εξισώσεων.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

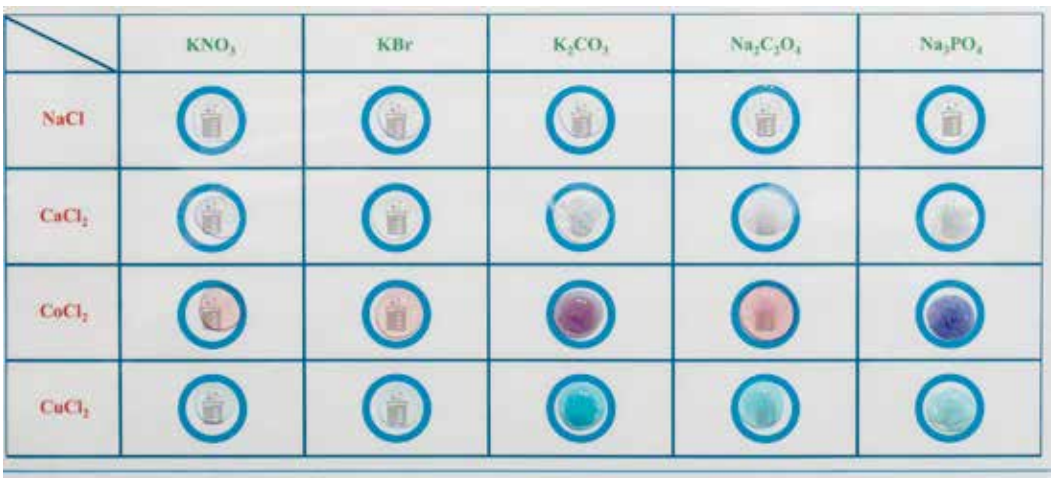
.....

Συζήτηση στην ομάδα

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Αντιδράσεις που πραγματοποιήθηκαν

Δείτε το σχετικό βίντεο με την πορεία που ακολουθήσατε:



Εικόνα 5.37: *Η τελική εικόνα του Φ.Ε.Α.*

Με βάση τις παρατηρήσεις σας (Πίνακες 5.1 και 5.2), ποια κατιόντα δεν απαντούν σε κανένα από τα ιζήματα που καταβυθίστηκαν;

Συζήτηση στην ομάδα

.....

.....

.....

Με βάση τις παρατηρήσεις σας (Πίνακες 5.1 και 5.2), ποια ανιόντα δεν απαντούν σε κανένα από τα ιζήματα που καταβυθίστηκαν;

Συζήτηση στην ομάδα

.....

.....

.....

Με βάση τις παρατηρήσεις σας, ποιο κατά τη γνώμη σας είναι το κύριο χαρακτηριστικό των ιόντων, κατιόντων και ανιόντων, που δεν απαντούν (συχνά) στα ιζήματα;

Συζήτηση στην ολομέλεια

.....

.....

.....

.....

Με βάση τις παρατηρήσεις σας, ποιο κατά τη γνώμη σας είναι το κύριο χαρακτηριστικό όλων των δυσδιάλυτων ενώσεων;

Συζήτηση στην ολομέλεια

.....

.....

.....

Πού το αποδίδετε αυτό;

Συζήτηση στην ολομέλεια

.....

.....

.....

.....

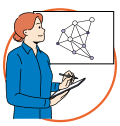
Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ανωτέρω δύναται να γενικευτούν. Φυσικά υπάρχουν και εξαιρέσεις, όπως είναι ο AgCl (δυσδιάλυτος) και το $Al_2(SO_4)_3$ (ευδιάλυτο). Όμως, με τις εξαιρέσεις δεν θα ασχοληθούμε στο Λύκειο.

Οι χημικοί εκτελώντας πληθώρα πειραμάτων κατασκεύασαν πίνακες δυσδιάλυτων στο νερό ενώσεων, οι οποίες καταβυθίζονται ως ιζήματα. Μέρος αυτών των πινάκων αποτυπώνεται στον Πίνακα 5.3.

Δείτε στον σύνδεσμο που ακολουθεί μερικές πιθανές απαντήσεις στα ερωτήματα που αντιμετωπίσατε:

Πίνακας 5.3: *Κανόνες διαλυτότητας ιζημάτων. Όλα τα ιζήματα του πίνακα είναι λευκά, εκτός από τα εξής: AgBr (υποκίτρινο), AgI (κίτρινο), PbI_2 (κίτρινο), Ag_2S (μαύρο), PbS (μαύρο), Ag_2CO_3 (καφέ), Ag_3PO_4 (κίτρινο), AgOH (καφέ λόγω Ag_2O) και $BaCrO_4$ (κίτρινο).*

Ευδιάλυτες στο νερό ιοντικές ενώσεις	**Δυσδιάλυτες εξαιρέσεις**
Τα άλατα των αλκαλίων (Li^+, Na^+ και K^+) και του ιόντος NH_4^+.	–
Τα άλατα των ιόντων NO_3^-.	–
Τα άλατα των αλογόνων (Cl^-, Br^- και I^-).	Τα άλατα των Ag^+ και Pb^{2+}.
Τα θειικά άλατα (SO_4^{2-}).	Τα θειικά άλατα των Ba^{2+} και Pb^{2+}.
Δυσδιάλυτες στο νερό ιοντικές ενώσεις	**Ευδιάλυτες εξαιρέσεις**
Τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), φωσφορικά (PO_4^{3-}), χρωμικά (CrO_4^{2-}) και θειούχα άλατα (S^{2-}).	Τα άλατα των αλκαλίων (Li^+, Na^+ και K^+) και του ιόντος NH_4^+ καθώς και η ένωση $CaCrO_4$.
Τα υδροξείδια (OH^-) των μετάλλων.	Τα υδροξείδια των αλκαλίων (Li^+, Na^+ και K^+) και του ιόντος Ba^{2+}.



Παράδειγμα 5.13

Να συμπληρώσετε τα προϊόντα (αν σχηματίζεται ίζημα) της ακόλουθης τυπικής εξίσωσης. Αν η αντίδραση λαμβάνει χώρα, να γράψετε και την ιοντική μορφή της εξίσωσης.

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow$;

Πλάνο λύσης:

Ας ξεκινήσουμε γράφοντας τα πιθανά προϊόντα, ανταλλάσσοντας τα ιόντα (δείτε και την εξίσωση 5.35):

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4 + NaCl$

Από τον Πίνακα 5.3 γνωρίζουμε ότι όλες οι ιοντικές ενώσεις του Na^+ είναι ευδιάλυτες:

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4 + NaCl(aq)$

Επιπλέον γνωρίζουμε ότι, ενώ τα περισσότερα θειικά άλατα είναι ευδιάλυτα στο νερό, το $BaSO_4$ αποτελεί εξαίρεση:

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4\downarrow + NaCl(aq)$

Τέλος, διορθώνουμε τους συντελεστές κατά τα γνωστά.

Λύση:

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2\ NaCl(aq)$ (5.45)

Αφού γνωρίζουμε ποιο είναι το ίζημα, την ιοντική εξίσωση μπορούμε να την γράψουμε απευθείας από το κατιόν, το ανιόν και τη μεταξύ τους αναλογία (παράδειγμα 5.11):

$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4\downarrow$ (Εικόνα 5.38) (5.46)

Εφαρμογή 5.14

Να ελέγξετε αν λαμβάνουν χώρα οι ακόλουθες αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων και ακολούθως να γράψετε τις εξισώσεις που τις περιγράφουν στην τυπική και την ιοντική τους μορφή:

α) $AlCl_3(aq) + AgNO_3(aq)$

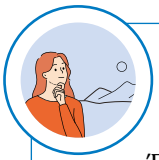
β) $MgCl_2(aq) + Na_3PO_4(aq)$

γ) $FeSO_4(aq) + Na_2CO_3(aq)$ (Εικόνα 5.39)

δ) $NaI(aq) + KOH(aq)$

ε) $BaCl_2(aq) + K_2S(aq)$

5.3.1.4. Η έκλυση αερίου στις αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων



Με το βλέμμα στον κόσμο: Τι κάνει ένα κέικ αφράτο;

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ τι «φουσκώνει» τα κέικ και τους προσδίδει τη γνωστή μας αφράτη υφή (Εικόνα 5.40); Μα φυσικά μια χημική αντίδραση!

Στις προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις γνωρίσαμε τις αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων, κατά τις οποίες σχηματίζεται μια δυσδιάλυτη στο νερό ένωση, ένα ίζημα. Όπως είδαμε η αντίδραση λαμβάνει χώρα, διότι ένα συστατικό του συστήματος εκφεύγει αυτού, λόγω καταβύθισης.

Ένας άλλος τρόπος να διαφύγει ένα συστατικό από το αντιδρών σύστημα είναι ο σχηματισμός ενός αερίου.

Η περίπτωση αυτή λαμβάνει χώρα κατά την επίδραση ενός οξέος, όπως το HCl σε ένας άλας, όπως το Na_2CO_3. Αν και το HCl είναι ομοιοπολική ένωση, διαπιστώσαμε στις ενότητες 3.1.3 και 5.2 ότι φέρει έναν πολωμένο δεσμό ανάμεσα σε ένα άτομο $H^{\delta+}$ και ένα άτομο $Cl^{\delta-}$. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ιοντίζεται άμεσα στο νερό και το H^+, που προκύπτει, να λαμβάνει τη μορφή του οξωνίου H_3O^+.

Υπό αυτό το πρίσμα μια αντίδραση, όπως η (5.47), μπορεί να ταξινομηθεί στις αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων:

$Na_2CO_3(aq) + 2\ HCl(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + 2\ NaCl(aq)$ (5.47)

Εικόνα 5.38: *Το ορυκτό βαρίτης ($BaSO_4$).*

Εικόνα 5.39: *Το ορυκτό σιδερίτης ($FeCO_3$).*

Εικόνα 5.40: *Ένα κέικ που παρασκευάστηκε με τη βοήθεια baking powder.*

Η αντίδραση (5.47) λαμβάνει χώρα, διότι το ανθρακικό οξύ που δημιουργείται διασπάται άμεσα σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το δε CO_2 εκφεύγει του συστήματος με τη μορφή φυσαλίδων:

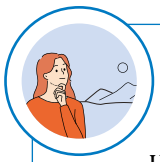
$$H_2CO_3(aq) \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O(\ell) \qquad (5.48)$$

Συνολικά η εξίσωση έχει ως εξής:

$$Na_2CO_3(aq) + 2\,HCl(aq) \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O(\ell) + 2\,NaCl(aq) \qquad (5.49)$$

Μια άλλη παρεμφερής αντίδραση είναι και η ακόλουθη:

$$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O(\ell) + NaCl(aq) \qquad (5.50)$$



Με το βλέμμα στον κόσμο: Τι κάνει ένα κέικ αφράτο;

Η αντίδραση 5.50 χρησιμοποιείται για τη διόγκωση των κέικ, με τη διαφορά ότι αντί για το υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιείται μια στερεή οργανική ουσία με όξινες ιδιότητες, το όξινο τρυγικό κάλιο. Το μείγμα (Na_2CO_3), διττανθρακικής σόδας (εμπορική ονομασία του $NaHCO_3$) και όξινου τρυγικού καλίου, πωλείται στο εμπόριο ως διογκωτικό με το όνομα baking powder. Το όξινο τρυγικό κάλιο λαμβάνεται ως παραπροϊόν της οινοποιίας.

Παραλάβετε το σχετικό φύλλο εργαστηριακής άσκησης από τον/την καθηγητή/ριά σας (Φ.Ε.Α. 5.3.1.4-5) και εκτελέστε 1-2 σχετικές εργαστηριακές δοκιμασίες διάσπασης ανθρακικών αλάτων (τηρώντας τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας). Παρατηρήστε τις εκλυόμενες φυσαλίδες CO_2.

Εναλλακτικά δείτε το σχετικό βίντεο. Στο πείραμά σας η εικόνα που θα παρατηρήσετε θα πρέπει να ομοιάζει με αυτή της Εικόνας 5.41.

Εφαρμογή 5.15 Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις που αναπαριστούν τις αντιδράσεις:

α) $H_2SO_4(aq) + Na_2CO_3(aq)$

β) $HNO_3(aq) + NaHCO_3(aq)$

γ) $CH_3COOH(aq) + Na_2CO_3(aq)$

Αντί για το σύμβολο ↑, μπορούμε να χρησιμοποιούμε και το γνωστό μας (g).

Σε μια μεταθετική αντίδραση μπορεί να δημιουργηθούν διάφορα αέρια. Όμως, στη Χημεία των υδατικών διαλυμάτων που διδασκόμαστε θα ασχοληθούμε μόνο με τη διάσπαση των ανθρακικών αλάτων (εξισώσεις 5.49, 5.50).

Στην Α΄ Λυκείου δεν θα μελετήσουμε άλλες αντιδράσεις οι οποίες συνοδεύονται από έκλυση αερίου.

Εργαστηριακή επιβεβαίωση

Εικόνα 5.41: *Εκλυση φυσαλίδων CO_2 στη διεπιφάνεια διαλύματος κιτρικού οξέος και Na_2CO_3 (τα χρώματα δημιουργούνται από την παρουσία δείκτη ζωμού κόκκινου λάχανου).*

5.3.1.5. Οι χαρακτηριστικές αντιδράσεις και η ποιοτική ανάλυση ιόντων

Ας ξεκινήσουμε την ενότητα με τρεις απλές αντιδράσεις. Θα χρειαστούμε:

1. Φιαλίδιο που περιέχει NaCl(aq).
2. Φιαλίδιο που περιέχει KBr(aq).
3. Φιαλίδιο που περιέχει KI(aq).
4. Φιαλίδιο που περιέχει $AgNO_3$(aq).
5. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης (Φ.Ε.Α. 5.3.1.4-5).
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....

Ακολουθώντας τις οδηγίες που θα βρείτε στο φύλλο εργαστηριακής άσκησης και τηρώντας τα μέτρα ασφαλείας, να εκτελέσετε τις προτεινόμενες αντιδράσεις. Η εικόνα του φύλλου μετά την ολοκλήρωση των αντιδράσεων θα πρέπει να μοιάζει με εκείνη της Εικόνας 5.42.

Ποιες αντιδράσεις έλαβαν χώρα; Να τις γράψετε στην τυπική τους μορφή.

Τι παρατηρείτε όσον αφορά το χρώμα των τριών ιζημάτων;

.....

.....

.....

.....

Όπως διαπιστώσαμε, οι τρεις αναμείξεις οδήγησαν σε ισάριθμες καταβυθίσεις ιζημάτων με σαφή διαφορά στο χρώμα. Το γεγονός αυτό αξιοποιείται στην **ποιοτική ανάλυση ιόντων** (υποενότητα 5.3.1.6), **δηλαδή στον σχεδιασμό μιας πορείας εργαστηριακών βημάτων με την οποία εξακριβώνεται ποια ιόντα υπάρχουν σε ένα δείγμα στερεής ή διαλυμένης ιοντικής ένωσης**.

Οι τρεις αυτές καταβυθίσεις αποτελούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις.

Οι **χαρακτηριστικές αντιδράσεις** είναι συνήθως απλές στην εκτέλεσή τους αντιδράσεις, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα ως δοκιμασίες (tests) ανίχνευσης συγκεκριμένων χημικών ειδών (π.χ. μόρια, ιόντα κ.τ.λ.). Καλούνται έτσι, διότι συνήθως λαμβάνει χώρα κάτι το χαρακτηριστικό, το οποίο γίνεται εύκολα αντιληπτό από τις αισθήσεις μας (Εικόνα 5.43), όπως π.χ. καταβύθιση ιζήματος, έκλυση αερίου, αλλαγή του χρώματος κ.τ.λ.

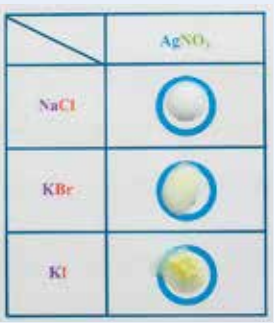
Έτσι, οι αντιδράσεις που εκτελέσατε αποτελούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις ανίχνευσης των αλογονοϊόντων, αφού με τη διεξαγωγή τους σχηματίζεται

Όργανα και Υλικά

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά, σημειώστε τα εδώ:

Εργαστηριακή Άσκηση

Συζήτηση στην ομάδα



Εικόνα 5.42: *Καταβύθιση των ιζημάτων AgCl, AgBr και AgI από επίδραση $AgNO_3$(aq) σε άχρωμα διαλύματα NaCl, KBr και KI, αντιστοίχως. Παρατηρήστε τη διαφορά στο χρώμα τους.*

Δείτε και το σχετικό βίντεο:

ίζημα διαφορετικού χρώματος κάθε φορά. Ομοίως, οι αντιδράσεις που είδατε ή εκτελέσατε στην προηγούμενη ενότητα (π.χ. οι αντιδράσεις 5.49 και 5.50) αποτελούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις ανίχνευσης ανθρακικών αλάτων, διότι έχουν ως αποτέλεσμα την έκλυση αερίου CO_2 (αντιληπτό ως φυσαλίδες).

Σας παραδίδεται από τον υπεύθυνο/η καθηγητή/ρια ένα φιαλίδιο που περιέχει λευκό κρυσταλλικό στερεό, το οποίο μπορεί να είναι ένα εκ των NaCl, KBr και KI. Να σχεδιάσετε μια πορεία εργαστηριακών βημάτων με την οποία να μπορείτε με ασφάλεια να αποφασίσετε ποιο εκ των ανωτέρω στερεών βρίσκεται στο φιαλίδιο. Για να είναι πλήρης η απάντησή σας, θα πρέπει να περιλάβετε και τις εξισώσεις των αντιδράσεων που προτείνετε να διεξαχθούν (σε οποιαδήποτε από τις δυο μορφές τους). Η πορεία που θα σχεδιάσετε καλείται και ***πορεία διάκρισης*** *των ενώσεων.*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

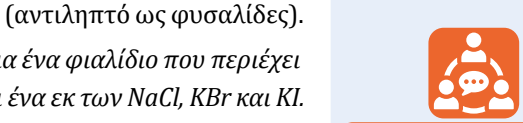
Εφαρμογή 5.16

Σας παραδίδεται από τον υπεύθυνο/η καθηγητή/ρια ένα φιαλίδιο που περιέχει λευκό κρυσταλλικό στερεό, το οποίο μπορεί να είναι ένα εκ των NaCl, και Na_2CO_3.

Να σχεδιάσετε μια πορεία εργαστηριακών βημάτων με την οποία να μπορείτε με ασφάλεια να αποφασίσετε ποιο εκ των ανωτέρω στερεών βρίσκεται στο φιαλίδιο. Να θεωρήσετε ότι έχετε στη διάθεσή σας τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήσατε σε όλη την ενότητα 5.3 και τον Πίνακα 5.3.

Εφαρμογή 5.17

Ομοίως για την περίπτωση που το φιαλίδιο περιέχει στερεό $MgCl_2$ ή $BaCl_2$.



Συζήτηση στην ομάδα

Βοηθητική ερώτηση: Θα προτείνατε την εκτέλεση των αντιδράσεων επί όλης της ποσότητας στερεού που σας παραδόθηκε;

Εικόνα 5.43: *Τα tests για τον ιό SARS-CoV2 (που προκαλεί την Covid-19) στηρίζονται σε μια χαρακτηριστική αντίδραση που δίνει κόκκινο χρώμα.*

5.3.1.6. Η ποιοτική ανάλυση των ιόντων

Όσα συζητήσαμε στις προηγούμενες ενότητες για τις **χαρακτηριστικές αντιδράσεις** βρίσκουν εφαρμογή στην **ποιοτική ανάλυση ιόντων**. Σε αυτή ένα δείγμα που μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα ιόντα (ανιόντα και κατιόντα) υπόκειται σε μια σειρά δοκιμασιών (tests) και με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμασιών καθορίζεται ποια ιόντα υπάρχουν σε αυτό το δείγμα.

Με αυτό τον τρόπο μπορούν να αναλυθούν, για παράδειγμα, δείγματα νερού από πηγές πόσιμου ύδατος, λίμνες, ποτάμια και δεξαμενές συγκέντρωσης βιομηχανικών αποβλήτων.

Στην ακόλουθη εργαστηριακή άσκηση καλείστε να χρησιμοποιήσετε χαρακτηριστικές αντιδράσεις και δείκτες, προκειμένου να εξαγάγετε συμπεράσματα για την οξύτητα και τα ιόντα που περιέχονται σε κάποια δείγματα νερού.

Εργαστηριακή Άσκηση

Βοήθεια στους κατοίκους μιας λίμνης!

Οι κάτοικοι των περιοχών γύρω από μια λίμνη εκφράζουν ανησυχίες για την υποβάθμιση των υδάτων της λόγω της παρουσίας στην περιοχή βιομηχανικών μονάδων.

1ο Ερευνητικό Ερώτημα

Στο εργαστήριό σας καταφθάνουν 5 δείγματα νερού από 5 διαφορετικές περιοχές μιας λίμνης, ήτοι Α, Β, Γ, Δ και Ε. Παλαιότερα τα δείγματα αυτά είχαν αναλυθεί και είχε βρεθεί ότι περιέχουν σχετικά υψηλή συγκέντρωση $AgNO_3$ (περιοχή Α), KI (περιοχή Β), Na_2CO_3 (περιοχή Γ), H_2SO_4 (περιοχή Δ) και $BaCl_2$ (περιοχή Ε). Τα φιαλίδια με τα δείγματα αναγράφουν μόνο τον αύξοντα αριθμό του δείγματος (Δ1, Δ2, Δ3, Δ4 και Δ5) και καμία άλλη πληροφορία. Μπορείτε να ανακαλύψετε ποιο δείγμα προέρχεται από την κάθε περιοχή;

Όργανα και Υλικά

1. Φιαλίδιο που περιέχει $AgNO_3(aq)$ (χωρίς ετικέτα).
2. Φιαλίδιο που περιέχει $BaCl_2(aq)$ (χωρίς ετικέτα).
3. Φιαλίδιο που περιέχει $H_2SO_4(aq)$ (χωρίς ετικέτα).
4. Φιαλίδιο που περιέχει $Na_2CO_3(aq)$ (χωρίς ετικέτα).
5. Φιαλίδιο που περιέχει KI(aq) (χωρίς ετικέτα).
6. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης (Φ.Ε.Α. 5.3.1.6).
7. .....
8. .....
9. .....

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά, σημειώστε τα εδώ

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Η τήρηση των μέτρων ασφαλείας καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης είναι υποχρεωτική! Ιδιαίτερη προσοχή στο γεγονός ότι το ένα εκ των φιαλιδίων περιέχει το ισχυρό οξύ H_2SO_4. Όπως σε κάθε εργαστηριακή άσκηση, είναι υποχρεωτική η χρήση προστατευτικών γυαλιών. Αν πέσει κάποιο από τα αντιδραστήρια στο δέρμα ή τα ρούχα, ξεπλύνετε αμέσως με άφθονο νερό και ειδοποιήστε τον/την υπεύθυνο καθηγητή/ρια.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος να λάβετε υπόψη σας τα δεδομένα του Πίνακα 5.3. Επιπλέον μπορεί να σας φανεί χρήσιμος ο πίνακας εργαστηριακών παρατηρήσεων 5.4.

Πίνακας 5.4: *Παρατηρήσεις εργαστηριακών δοκιμασιών.*

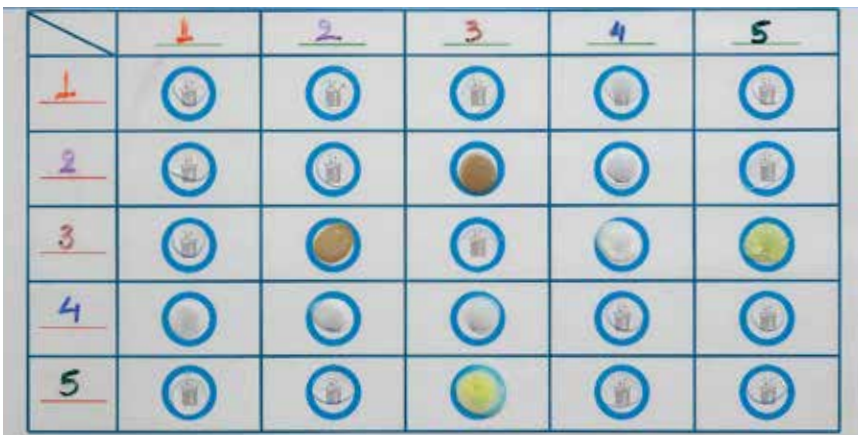
	.....	.....	.....	.....	.....
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					

Με βάση τις παρατηρήσεις σας (Πίνακας 5.4 και Εικόνα 5.44) σε ποια περιοχή δειγματοληψίας αντιστοιχεί το κάθε δείγμα; Συζητήστε στην ομάδα σας.

.....

.....

Δείτε το σχετικό βίντεο:



Εικόνα 5.44: *Η εικόνα του Φ.Ε.Α. μετά την αντίδραση. Το δικό σας φύλλο θα πρέπει να είναι παρόμοιο.*

2ο Ερευνητικό Ερώτημα

Το δείγμα ύδατος από την περιοχή δειγματοληψίας Δ__ βρέθηκε να περιέχει το οξύ H_2SO_4. Χρησιμοποιώντας πεχαμετρικό χάρτη, μπορείτε να βρείτε κατά προσέγγιση το pH του δείγματος;

.....

.....

.....

Στους Πίνακες 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται συνοπτικά τα φυσιολογικά όρια συγκέντρωσης διάφορων ιόντων καθώς και του pH σε μια λίμνη. Με βάση τα δεδομένα αυτού του πίνακα μπορείτε να αποφασίσετε αν ορθώς ανησυχούν οι κάτοικοι;

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

.....

.....

.....

.....

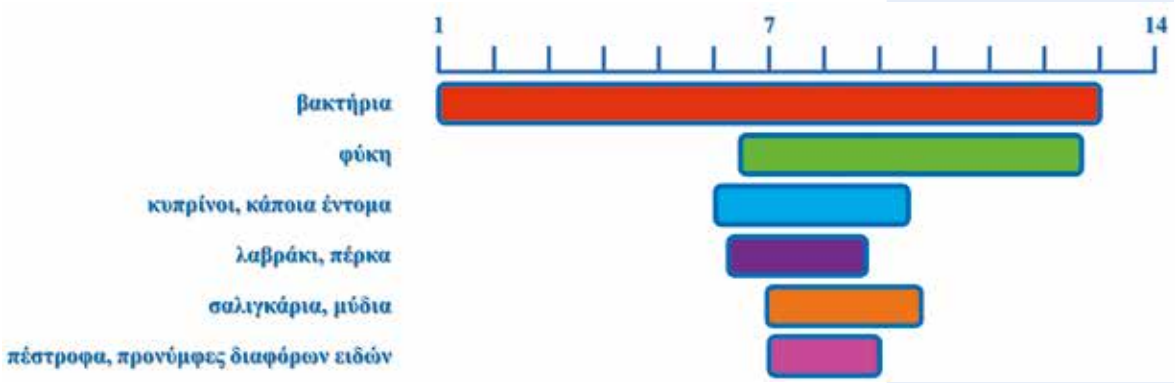
.....

.....

Πίνακας 5.5: *Ενδεικτικές τιμές συγκέντρωσης οντοτήτων σε υδάτινους πόρους (USA EPA, WHO, UNECE, ΕΚΠΑ). Για τις οντότητες που δεν φέρουν φορτίο νοείται η συνολική συγκέντρωση όλων των μορφών τους.*

Στοιχείο	Συγκέντρωση	Στοιχείο	Συγκέντρωση
Ag	0,3 μg/L	I	5 μg/L
Ba^{2+}	10 μg/L	K^+	2,3 mg/L
Cl^-	8 mg/L	Na^+	9 mg/L
Cu	5 μg/L	NO_3^-	45 mg/L
Fe	670 μg/L	SO_4^{2-}	250 mg/L

Πίνακας 5.6: *Όρια τιμών pH εντός των οποίων αναπτύσσεται η ζωή σε υγροβιότοπους.*



Τι μπορείτε να προτείνετε προς τους κατοίκους της περιοχής, ώστε να πειστούν για την ποιότητα των νερών της λίμνης τους;

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

.....

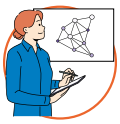
.....

.....

.....

.....

.....



Παράδειγμα 5.18

Ένας καθηγητής ανέθεσε σε έναν μαθητή του να του παρασκευάσει 5 υδατικά διαλύματα διάφορων ενώσεων.

Πρόκειται για τις ενώσεις $AgNO_3$, $BaCl_2$, HNO_3, KI και NH_3. Ο μαθητής τα παρασκεύασε, αλλά πριν προλάβει να βάλει ετικέτες στις φιάλες, ένας φίλος του τους άλλαξε θέση. Μπορείτε να βοηθήσετε τον μαθητή να βρει ποια ένωση βρίσκεται σε κάθε δοχείο και να ολοκληρώσει επιτυχώς την εργασία του; Δίνεται ότι στις συνθήκες του σχολικού εργαστηρίου ο $AgNO_3$ δεν αντιδρά με την NH_3.

Πλάνο λύσης:

Αρκεί να βρούμε κάποιες χαρακτηριστικές αντιδράσεις, οι οποίες θα μας βοηθήσουν να επιτύχουμε τη διάκριση των ανωτέρω ενώσεων. Στην προσπάθειά μας αυτή έχουμε αρωγούς τόσο τον Πίνακα 5.6, όσο και γνώσεις που έχουμε αποκτήσει σε προηγούμενες ενότητες και τάξεις, όπως π.χ. ότι τα οξέα και οι βάσεις αλλάζουν το χρώμα των δεικτών. Υπενθυμίζεται ότι η αμμωνία είναι (ασθενής) βάση (ενότητα 5.2). Επομένως, στα διαλύματά της υπάρχουν ιόντα $OH^-(aq)$.

Λύση:

Ένας απλός τρόπος για να διαπιστώσουμε ποιο διάλυμα βρίσκεται σε καθένα από τα φιαλίδια, είναι να πάρουμε ένα κενό φύλλο εργαστηριακής άσκησης, όπως αυτά που είδαμε στις προηγούμενες ενότητες και να παρασκευάσουμε τις αναμείξεις όλων των συνδυασμών. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι παρατηρήσεις που αναμένονται με βάση τα ιζήματα που καταγράφονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.7: Αναμενόμενες παρατηρήσεις.

	$AgNO_3$	$BaCl_2$	HNO_3	KI	NH_3
$AgNO_3$	τίποτα	λευκό	τίποτα	κίτρινο	τίποτα
$BaCl_2$	λευκό	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα
HNO_3	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα
KI	κίτρινο	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα
NH_3	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

α) Δυο αντιδραστήρια, το $HNO_3(aq)$ και η $NH_3(aq)$, δεν εμφανίζονται να δίνουν χαρακτηριστική αντίδραση με κανένα άλλο αντιδραστήριο.

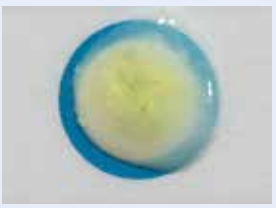
β) Το φιαλίδιο που δίνει δυο ιζήματα, ένα λευκό και ένα κίτρινο, περιέχει τον $AgNO_3(aq)$ (Εικόνες 5.44 και 5.45).

γ) Το φιαλίδιο, που δίνει ένα λευκό ίζημα, περιέχει το $BaCl_2(aq)$.

δ) Το φιαλίδιο, που δίνει ένα κίτρινο ίζημα, περιέχει το $KI(aq)$.

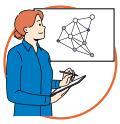
Για να επιτύχουμε τη διάκριση των δυο διαλυμάτων που απομένουν, του $HNO_3(aq)$ και της $NH_3(aq)$, θα χρησιμοποιήσουμε τις γνώσεις που έχουμε για τα οξέα και τις βάσεις από τις προηγούμενες ενότητες αλλά και την Γ΄ Γυμνασίου. Συγκεκριμένα γνωρίζουμε ότι το $HNO_3(aq)$ είναι ένα ισχυρό οξύ, ενώ η $NH_3(aq)$ είναι μια βάση. Αμφότερα αλλάζουν το χρώμα του

Εικόνα 5.45: Το ίζημα AgCl.



Εικόνα 5.46: Το ίζημα AgI.

πεχαμετρικού χάρτη, του διαλύματος παγκόσμιου δείκτη, του δείκτη «κόκκινο λάχανο» κ.τ.λ. Επομένως, το διάλυμα που δίνει χρώμα στην όξινη περιοχή του χάρτη ανήκει στο $H_2SO_4(aq)$, ενώ το διάλυμα που δίνει χρώμα στη βασική περιοχή του πεχαμετρικού χάρτη είναι η $NH_3(aq)$.



Παράδειγμα 5.19

Τι θα προτείνατε στον μαθητή στην περίπτωση που τα 5 υδατικά διαλύματα περιείχαν τις ενώσεις $BaCl_2$, H_2SO_4, Na_2CO_3, NaOH και $Pb(NO_3)_2$;

Πλάνο λύσης:

Θα ακολουθήσουμε την πορεία που περιγράψαμε στο παράδειγμα 5.18.

Λύση:

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι παρατηρήσεις, που αναμένονται, με βάση τα ιζήματα που καταγράφονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.8: *Αναμενόμενες παρατηρήσεις.*

	$BaCl_2$	H_2SO_4	Na_2CO_3	NaOH	$Pb(NO_3)_2$
$BaCl_2$	τίποτα	λευκό	λευκό	τίποτα	λευκό
H_2SO_4	λευκό	τίποτα	φυσαλίδες	τίποτα	λευκό
Na_2CO_3	λευκό	φυσαλίδες	τίποτα	τίποτα	λευκό
NaOH	τίποτα	τίποτα	τίποτα	τίποτα	λευκό
$Pb(NO_3)_2$	λευκό	λευκό	λευκό	λευκό	τίποτα

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

α) Το φιαλίδιο, που δίνει τα 4 λευκά ιζήματα, περιέχει το $Pb(NO_3)_2(aq)$.

β) Το φιαλίδιο, που δίνει μόνο ένα ίζημα, αυτό με το $Pb(NO_3)_2$, περιέχει το $NaOH(aq)$.

γ) Το φιαλίδιο, που δίνει τα 3 λευκά ιζήματα, περιέχει το $BaCl_2(aq)$.

δ) Τα δυο φιαλίδια, που απομένουν και δίνουν κατά τη μεταξύ τους αντίδραση φυσαλίδες, είναι αυτά που περιέχουν τα $H_2SO_4(aq)$ και $Na_2CO_3(aq)$ (Εικόνα 5.47). Αυτά τα δυο αντιδραστήρια δίνουν αμφότερα λευκό ίζημα, όταν αναμειγνύονται με τα $BaCl_2$ και $Pb(NO_3)_2$ και δεν δίνουν αξιοποιήσιμη παρατήρηση, όταν αναμειγνύονται με τα υπόλοιπα. Για να επιτύχουμε τη διάκριση μεταξύ αυτών των δυο, μπορούμε να στηριχτούμε στο γεγονός ότι το θειικό οξύ είναι ένα ισχυρό οξύ και αναμένεται να αλλάζει άμεσα το χρώμα του πεχαμετρικού χάρτη ή οποιουδήποτε άλλου κατάλληλου δείκτη. Επομένως, το διάλυμα που δίνει χρώμα στην όξινη περιοχή του χάρτη ανήκει στο $H_2SO_4(aq)$.

Εφαρμογή 5.20

Να γίνει το ίδιο στην περίπτωση που τα υδατικά διαλύματα περιείχαν τις ενώσεις $AgNO_3$, HCl, K_3PO_4, NaOH και $Pb(NO_3)_2$.

Εικόνα 5.47: *Όταν αντιδρά το $H_2SO_4(aq)$ με το $Na_2CO_3(aq)$ παράγονται φυσαλίδες.*

5.3.2. Οι αντιδράσεις εξουδετέρωσης

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *συμπληρώνετε* χημικές εξισώσεις εξουδετέρωσης στην τυπική και στην ιοντική τους μορφή.
- *εκτιμάτε* αν έχει πραγματοποιηθεί πλήρης εξουδετέρωση, κατά την προσθήκη ισχυρού οξέος σε διάλυμα ισχυρής βάσης, με τη χρήση κατάλληλου μέσου.

Εικόνα 5.48: *Η λυσοζύμη, μια πρωτεΐνη του ανοσοποιητικού συστήματος (απεικόνιση Richardson). Οπως κάθε πρωτεΐνη περιλαμβάνει στο μόριό της τουλάχιστον μια όξινη και μια βασική ομάδα.*

5.3.2.1. Τι είναι η αντίδραση εξουδετέρωσης;

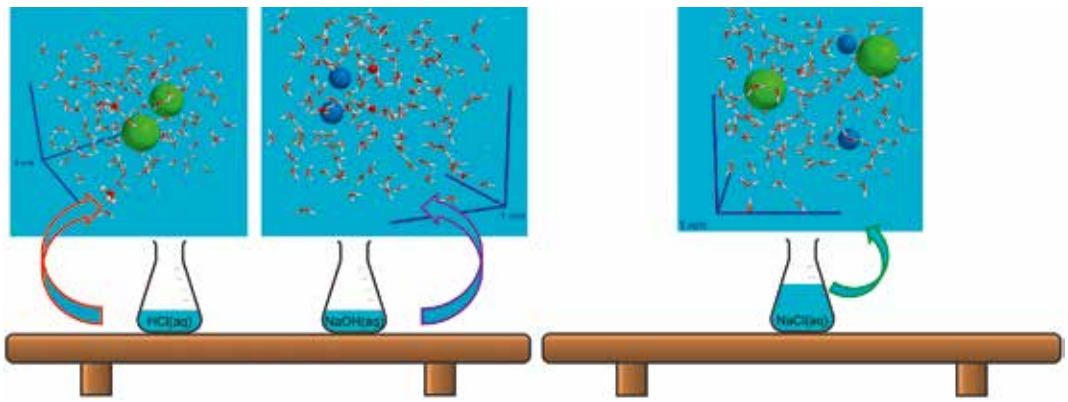
Στην ενότητα 5.2 συζητήσαμε για τη συμπεριφορά στο νερό των οξέων και των βάσεων. Διαπιστώσαμε ότι η χημεία τους είναι σχετικά απλή. Όμως, παρά την απλότητά τους, οι ενώσεις αυτές έχουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής μας (Εικόνα 5.48). Έτσι, αρκετά είναι τα οξέα και οι βάσεις, τα οποία αποτελούν απολύτως απαραίτητα αντιδραστήρια για τη χημική βιομηχανία και κατ' επέκταση για τη στήριξη των σύγχρονων ανεπτυγμένων κοινωνιών. *Για παράδειγμα, σε κάθε κάτοικο της Γης αναλογεί κατανάλωση 18,5 κιλών αμμωνίας και 34,2 κιλών θειικού οξέος κάθε χρόνο.* Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται κάποια στατιστικά για την παγκόσμια παραγωγή κάποιων οξέων, βάσεων και αλάτων.

Πίνακας 5.7: *Παγκόσμια παραγωγή μερικών οξέων, βάσεων και αλάτων (τιμές κατά περίπτωση για το 2021 ή το 2022 ή εκτίμηση για το 2023). Η βιομηχανία αυτών των υλών έχει κύκλο εργασιών δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως.*

Χημικός Τύπος	Εμπορική Ονομασία	Παγκόσμια Παραγωγή (σε 10^6 τόνους)	Χρήσεις
CaO $Ca(OH)_2$	ασβέστης	430	Τσιμεντοβιομηχανία, χαλυβουργία, επεξεργασία υδάτων κ.ά.
H_2SO_4	θειικό οξύ	265	Λιπάσματα (~60 %), απορρυπαντικά, συνθετικές ρητίνες, χρώματα, φαρμακευτικά προϊόντα.
NH_3	αμμωνία	176	Λιπάσματα (~90 %), βιομηχανικός διαλύτης, βιομηχανία χημικών προϊόντων.
H_3PO_4	φωσφορικό οξύ	83	Λιπάσματα (~90 %), απορρυπαντικά, βιομηχανία τροφίμων.
$NaOH$	καυστική σόδα	70	Βιομηχανία χάρτου, απορρυπαντικά, αλουμίνιο, υφάνσιμες ίνες, βιομηχανία χημικών προϊόντων κ.ά.
HNO_3	νιτρικό οξύ	57	Λιπάσματα (~90 %), βιομηχανία χημικών προϊόντων, πολυμερών και πλαστικών.
Na_2CO_3	ανθρακικό νάτριο	52	Υαλοπίνακες, απορρυπαντικά, βιομηχανία χάρτου, βιομηχανία τροφίμων κ.ά.
HCl	υδροχλωρικό οξύ	15	Χαλυβουργία, βιομηχανία χημικών προϊόντων.
$NaClO$	υποχλωριώδες νάτριο	12	Βιομηχανία λευκαντικών, απολυμαντικών, απορρυπαντικών, αποσμητικών κ.ά. προϊόντων.
Na_2SO_4	θειικό νάτριο	11	Απορρυπαντικά, βιομηχανία χάρτου, βιομηχανία τροφίμων κ.ά.
KOH	καυστική ποτάσα	3	Βιομηχανία χημικών προϊόντων.

Τα οξέα αντιδρούν με τις βάσεις σε μια αντίδραση που είναι γνωστή ως **εξουδετέρωση**. Όπως και στις *αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων* (ενότητα 5.3.1), έτσι και στις αντιδράσεις εξουδετέρωσης *απομακρύνονται ιόντα από ένα υδατικό διάλυμα*, αυτή τη φορά μέσω του σχηματισμού μιας ομοιοπολικής ένωσης (μορίων νερού). Το H_2O είναι ένας εξαιρετικά ασθενής ηλεκτρολύτης (δεν ιοντίζεται σε σημαντικό βαθμό).

Στην ενότητα 5.2 περιγράψαμε τη διάσταση των βάσεων και τον ιοντισμό των οξέων στο νερό. Ας τα ξαναδούμε συζητώντας την Εικόνα 5.49.



(α) (β)

Εικόνα 5.49: *(α) Δυο διαλύματα ισχυρών ηλεκτρολυτών, ενός οξέος, του HCl(aq) και μιας βάσης, του NaOH(aq), αναμειγνύονται και αντιδρούν. (β) Το αποτέλεσμα της αντίδρασης είναι ο σχηματισμός μορίων νερού (H-OH). Τα ιόντα-παρατηρητές (εμφανίζονται με μεγαλύτερο μέγεθος για εποπτικούς λόγους) δεν συμμετείχαν στην αντίδραση και παραμένουν διαλυμένα, δίνοντας ένα διάλυμα NaCl(aq).*

Στην Εικόνα 5.49α σε δυο κωνικές φιάλες υπάρχουν τα δυο διαλύματα, του οξέος και της βάσης. Στο πρώτο διάλυμα έχει γίνει ιοντισμός του οξέος και στο δεύτερο διάσταση της βάσης σύμφωνα με τις εξισώσεις 5.51 και 5.52:

$$HCl(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq) \quad (5.51)$$

$$NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq) \quad (5.52)$$

Κατά την ανάμειξή τους τα ιόντα οξωνίου αντιδρούν με τα ιόντα υδροξειδίου, για να σχηματίσουν νερό, σε μια αντίδραση που ονομάζεται **εξουδετέρωση** και έχει ως ακολούθως (εξίσωση 5.53):

$$H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow 2\,H_2O(\ell) \quad (5.53)$$

Πολλές φορές χάριν απλότητας, αντί της 5.53 χρησιμοποιούμε την 5.54, ακολούθως. Όμως θα πρέπει να θυμόμαστε ότι δεν υπάρχει το σωματίδιο $H^+(aq)$.

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(\ell) \quad (5.54)$$

Η τυπική μορφή της ίδιας εξίσωσης είναι η 5.55:

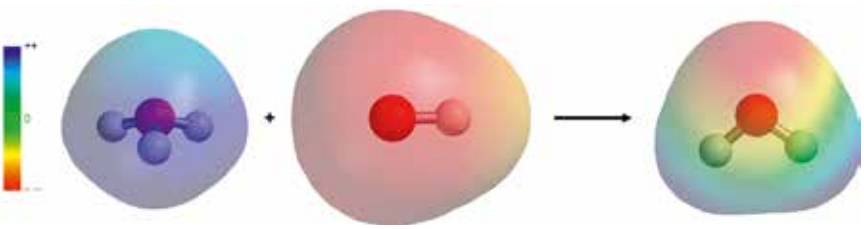
$$NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(\ell) \quad (5.55)$$

Το άλας NaCl(aq) παραμένει διαλυμένο με τη μορφή των ιόντων-παρατηρητών $Na^+(aq)$ και $Cl^-(aq)$.

Θυμίζουμε ότι τα υδροξείδια των μετάλλων είναι ιοντικές ενώσεις και αποτελούν βάσεις! Δείτε και την εξίσωση 5.18!

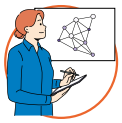
Αντίδραση Εξουδετέρωσης!

Η μεταβολή των χαρτών ηλεκτροστατικού δυναμικού των εμπλεκόμενων ιόντων κατά την αντίδραση εξουδετέρωσης φαίνεται στην Εικόνα 5.50.



Εικόνα 5.50: *Κατά την εξουδετέρωση ένα θετικό ιόν (χαρακτηρίζεται από το βαθύ μπλε χρώμα) και ένα αρνητικό ιόν (έντονο κόκκινο) ενώνονται και δίνουν δυο πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς $O^{\delta-}—H^{\delta+}$.*

Η εξουδετέρωση ως αντίδραση είναι εξώθερμη. Με απλά λόγια, όταν συμβαίνει, απελευθερώνεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας (Εικόνα 5.51). Όμως περισσότερα για αυτό θα συζητήσουμε στη Β΄ Λυκείου.



Παράδειγμα 5.21

Να γράψετε την εξίσωση της αντίδρασης εξουδετέρωσης, η οποία θα συμβεί, αν αναμείξουμε ένα υδατικό διάλυμα $Ca(OH)_2$ με ένα διάλυμα $HNO_3(aq)$ τόσο στην ιοντική όσο και την τυπική της μορφή.

Πλάνο λύσης:

Όταν έχουμε αντίδραση εξουδετέρωσης εντός υδατικού διαλύματος, η αντίδραση εξουδετέρωσης είναι πάντα η ίδια και δίνεται από την εξίσωση 5.53 ή την απλή της μορφή, την εξίσωση 5.54.

Η τυπική μορφή εξίσωσης ενέχει τα αντιδραστήρια τα οποία αναμειγνύονται, εδώ τα $Ca(OH)_2$ και $HNO_3(aq)$ καθώς και το άλας που παράγεται από τον συνδυασμό του κατιόντος της βάσης και του ανιόντος που προκύπτει από τον ιοντισμό του οξέος.

Λύση:

Ιοντική μορφή: $H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow 2\ H_2O(\ell)$ (5.53)

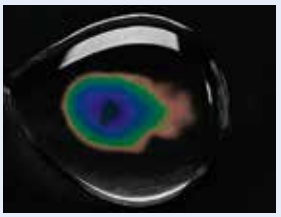
Τυπική μορφή: $2\ HNO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2\,(aq) + 2\ H_2O(\ell)$ (5.56)

Εφαρμογή 5.22

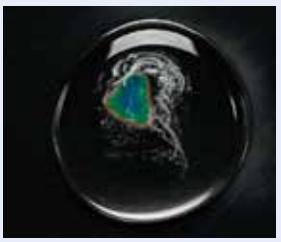
Να γίνει το ίδιο για την περίπτωση των διαλυμάτων: α) H_3PO_4 και NaOH, β) H_2SO_4 και KOH και γ) H_3PO_4 και $Ca(OH)_2$.

Γενικά όλες οι αντιδράσεις εξουδετέρωσης που θα συναντήσουμε στην Α΄ και τη Β΄ Λυκείου υπακούν στο μοτίβο του παραδείγματος 5.21 και της εφαρμογής 5.22.

Η απευθείας επίδραση στερεού βασικού οξειδίου ή αέριου όξινου οξειδίου σε διάλυμα οξέος ή βάσεως, αντιστοίχως, ανήκει και αυτή στις αντιδράσεις εξουδετέρωσης. Στην Α΄ Λυκείου μάς ενδιαφέρει μόνο η Χημεία των υδατικών



(α)



(β)

Εικόνα 5.51: *(α) Όταν NaOH(aq) προστίθεται σε HCl(aq), λαμβάνει χώρα η αντίδραση εξουδετέρωσης και απελευθερώνεται ενέργεια. Στην εικόνα η αντίδραση λαμβάνει χώρα πάνω από θερμογραφικό χαρτί. Οι περιοχές με μπλε χρώμα έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τις περιοχές με κόκκινο. (β) Μια μικρή σταγόνα πυκνού διαλύματος $H_2SO_4(aq)$ προστίθεται σε μικρο-λιμνούλα NaOH(aq). Η έκλυση θερμότητας προκαλεί τοπικό βρασμό του νερού.*

Δείτε το σχετικό βίντεο με την εργαστηριακή πορεία:

διαλυμάτων. Επομένως, την αντίδραση ανάμεσα στο CaO(s) και το HCl(aq) μπορούμε να την περιγράψουμε ως διαδικασία δυο βημάτων ως εξής:

$$CaO(s) + H_2O(\ell) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) \quad (5.57)$$

$$Ca(OH)_2(aq) + 2\,HCl(aq) \rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O(\ell) \quad (5.58)$$

5.3.2.2. Πλήρης και μερική εξουδετέρωση

Έστω ότι διαθέτετε ένα διάλυμα HCl(aq) και ένα διάλυμα NaOH(aq). Σε τρία μικρά ποτήρια φέρονται 10 mL του διαλύματος του οξέος και προστίθενται σε καθένα από αυτά και 2 σταγόνες του δείκτη φαινολοφθαλεΐνη. Ο συγκεκριμένος δείκτης σε όξινο περιβάλλον παραμένει άχρωμος, σε περιβάλλον ουδέτερο γίνεται ροζ, ενώ σε βασικό περιβάλλον είναι φούξια.

Ακολούθως, προστίθενται στα ποτήρια τρεις διαφορετικές ποσότητες του διαλύματος της βάσης και η εικόνα των τελικών διαλυμάτων φαίνεται στην Εικόνα 5.52.

Εικόνα 5.52: *Τα τρία ποτήρια μετά τις προσθήκες των διαλυμάτων της βάσης.*

Με βάση την Εικόνα 5.52 ή τις παρατηρήσεις σας, στην περίπτωση που το αναπαράγετε στη σχολική τάξη, να συζητήσετε στην ομάδα σας τις επόμενες τρεις ερωτήσεις και να κοινοποιήσετε τα αποτελέσματα της συζήτησης στην ολομέλεια.

Στην Εικόνα 5.52 το πρώτο διάλυμα είναι όξινο, ουδέτερο ή βασικό; Υπάρχουν ιόντα H_3O^+ που δεν έχουν αντιδράσει;

.....

.....

Ομοίως για το δεύτερο διάλυμα της Εικόνας 5.52.

.....

.....

Στις εξουδετερώσεις ανήκουν και οι αντιδράσεις (5.59) και (5.60). Όμως, η συζήτηση για αυτές είναι πέραν των στόχων του παρόντος.

$NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$ *(5.59)*

$NH_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq)$ *(5.60)*

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Ομοίως για το τρίτο διάλυμα της Εικόνας 5.52.

.....

.....

.....

Όταν σε ένα διάλυμα, που λαμβάνει χώρα η αντίδραση εξουδετέρωσης (εξίσωση 5.53 ή 5.54), **προκύπτει ουδέτερο διάλυμα, τότε όλα τα ιόντα H3O+ έχουν αντιδράσει με ιόντα OH– και η αντίδραση καλείται πλήρης εξουδετέρωση**. Αν το τελικό διάλυμα είναι όξινο (pH < 7), τότε περισσεύουν ιόντα οξωνίου, που δεν έχουν αντιδράσει. Αν το διάλυμα είναι βασικό (pH > 7), τότε περισσεύουν ιόντα OH^-, που δεν έχουν αντιδράσει. Σε αυτές τις περιπτώσεις λέμε ότι λαμβάνει χώρα **μερική εξουδετέρωση** και ότι το αντιδραστήριο που περισσεύει **βρίσκεται σε περίσσεια**.

Ενδιαφέροντες σύνδεσμοι:

α) Προσομοίωση μεταθετικών αντιδράσεων: https://go-lab.gw.utwente.nl/production/bond/build/bond.html?preview=

β) Προσομοίωση μεταθετικών αντιδράσεων: https://javalab.org/en/precipitation_reaction_en/

γ) Προσομοίωση συμπεριφοράς οξέων και βάσεων σε υδατικά διαλύματα: https://phet.colorado.edu/en/simulations/acid-base-solutions

δ) Περίπτωση αντίδρασης διπλής αντικατάστασης: http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-lor-8521-10475

ε) Μια εξουδετέρωση που παράγει σύννεφο (σύνθεση NH_4Cl): https://www.youtube.com/watch?v=TAEOpQ3-GHU

στ) Προσομοίωση αντιδράσεων καταβύθισης ιόντων: https://interactivechemistry.org/IonicReactions/#

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στις Μεταθετικές Αντιδράσεις.

5.4. Οι Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *διακρίνετε* τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις από τις μεταθετικές με κριτήριο τη μεταβολή του ΑΟ ενός στοιχείου.
- *διατυπώνετε τον ορισμό:*
  α) την οξείδωση ως την αύξηση του ΑΟ ενός στοιχείου,
  β) την αναγωγή ως τη μείωση του ΑΟ ενός στοιχείου.
- *διακρίνετε* σε μια οξειδοαναγωγική αντίδραση απλής αντικατάστασης την ουσία που υφίσταται την οξείδωση από την ουσία που υφίσταται την αναγωγή.
- *συμπληρώνετε* απλές χημικές εξισώσεις οξειδοαναγωγής στη μοριακή τους μορφή:
  α) σύνθεσης, αποσύνθεσης και διάσπασης,
  β) απλής αντικατάστασης, όταν δίνονται οι σχετικές σειρές δραστικότητας.
- *σχεδιάζετε* και *πραγματοποιείτε* πειράματα, προκειμένου να επαληθεύσουν τη σειρά δραστικότητας συγκεκριμένων μετάλλων μεταξύ τους ή σε σχέση με το υδρογόνο, αξιοποιώντας οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις απλής αντικατάστασης.

5.4.1. Γενικά

Αντίθετα προς τις *μεταθετικές αντιδράσεις* (ενότητα 5.3), στις οποίες δεν μεταβάλλονται οι *Αριθμοί Οξείδωσης* (ενότητα 4.2) των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτές, υπάρχει μια σημαντική κατηγορία αντιδράσεων, που αυτό συμβαίνει πάντα. Πρόκειται για τις **Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις** (Εικόνες 5.53 και 5.54).

(α) (β) (γ)

Εικόνα 5.53: *Το ξύλο κατά την καύση του στο τζάκι (α), ο μπρούτζος στο κύριο τμήμα του μηχανισμού των Αντικυθήρων (β) και ο σίδηρος της αιμοσφαιρίνης κατά την αναπνοή (γ) υφίστανται ή έχουν υποστεί οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.*

Ας δούμε ένα απλό παράδειγμα (εξίσωση 5.61 και Εικόνα 5.55):

$$Zn(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2\uparrow \qquad (5.61)$$

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη βασική θεωρία που ερμηνεύει την ύπαρξη ιοντικών και ομοιοπολικών ενώσεων.*
- **Ορίσαμε** *τον Αριθμό Οξείδωσης ενός ατόμου σε μια οντότητα.*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ιοντικές ενώσεις, όταν διαλύονται στο νερό (και στο ποσοστό που διαλύονται), διίστανται πλήρως!*
- **Διαπιστώσαμε** *ότι οι ομοιοπολικές ενώσεις άλλοτε διαλύονται στο νερό με τη μορφή μορίων και άλλοτε υφίστανται ιοντισμό.*
- **Διακρίναμε** *τους ηλεκτρολύτες σε ασθενείς και ισχυρούς.*
- **Μελετήσαμε** *εργαστηριακά μεταθετικές αντιδράσεις.*

Στην αντίδραση 5.61:

- *Ο Α.Ο. του Zn αυξάνεται:* $Zn^0 \rightarrow Zn^{+2}$.
- *Ο Α.Ο. του Η μειώνεται:* $H^{+1} \rightarrow H^0$.

Εικόνα 5.55: *Διάλυση μετάλλου σε οξύ. Διακρίνεται ο έντονος αφρισμός του διαλύματος λόγω έκλυσης διυδρογόνου.*

Εικόνα 5.54: *Σύρμα Mg καίγεται στον αέρα, μια αντίδραση που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα στα φλας των φωτογραφικών μηχανών.*

Προκειμένου να συζητήσουμε αυτές τις αντιδράσεις, απαραίτητοι είναι οι εξής ορισμοί:

Οξείδωση είναι η αντίδραση κατά την οποία ***αυξάνεται ο Α.Ο.*** του ατόμου ή του ιόντος ενός στοιχείου.

Αναγωγή είναι η αντίδραση κατά την οποία ***μειώνεται ο Α.Ο.*** του ατόμου ή του ιόντος ενός στοιχείου.

Παράδειγμα 5.23

Στην παρακάτω αντίδραση ποια ουσία οξειδώνεται (παθαίνει οξείδωση) και ποια ανάγεται (παθαίνει αναγωγή); Ποιες οι μεταβολές των Α.Ο. σε κάθε περίπτωση;

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad (5.62)$$

Πλάνο λύσης:

Υπολογίζουμε τους Α.Ο. των εμπλεκόμενων ατόμων.

Λύση:

Ο Α.Ο. του C αυξάνεται: $C^0 \rightarrow C^{+4}$ (στο CO_2). Άρα, ο C οξειδώνεται σε αυτή την αντίδραση. Αντίστοιχα, ο Α.Ο. του O αλγεβρικά μειώνεται: O^0 στο $O_2 \rightarrow O^{-2}$ (στο CO_2). Άρα, το O_2 ανάγεται.

Η καύση είναι οξειδοαναγωγική αντίδραση.

Παράδειγμα 5.24

Να γίνει το ίδιο για την αντίδραση:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g) \qquad (5.63)$$

Λύση:

$$\overset{0}{N_2}(g) + 3\,\overset{0}{H_2}(g) \rightarrow 2\,\overset{-3\ +1}{NH_3}(g)$$

Επομένως, το H_2 οξειδώνεται (αυξάνεται ο Α.Ο. του) και το N_2 ανάγεται (μειώνεται ο Α.Ο. του).

Σε όλη την ενότητα οι Α.Ο. γράφονται με το πρόσημο +/– να προηγείται του αριθμού.

Παράδειγμα 5.25 Να γίνει το ίδιο για την αντίδραση:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) \quad (5.64)$$

Λύση:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

Παρατηρούμε ότι ο Α.Ο. του Zn αυξάνεται αλγεβρικά από 0 σε +2. Επομένως, ο Zn οξειδώνεται. Αντίστοιχα, ο Α.Ο. του Cu μειώνεται από την τιμή +2 στην τιμή 0. Επομένως, ο Cu^{2+} ανάγεται.

Το ιόν-παρατηρητής SO_4^{2-} δεν συμμετέχει στην αντίδραση.

Εφαρμογή 5.26 Να γίνει το ίδιο για τις αντιδράσεις:

$$4\,Fe(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,Fe_2O_3(s) \quad \text{(Εικόνα 5.56)} \quad (5.65)$$

$$WO_3(s) + 3\,H_2(g) \rightarrow W(s) + 3\,H_2O(g) \quad (5.66)$$

$$Cd(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow CdCl_2(aq) + Cu(s) \quad (5.67)$$

Εικόνα 5.56: *Το σκούριασμα του σιδήρου (εξίσωση 5.65) είναι οξειδοαναγωγική αντίδραση.*

Σημαντικό Συμπέρασμα!!!

Σε μια χημική αντίδραση τα ηλεκτρόνια ούτε παράγονται ούτε καταστρέφονται. Επομένως, η οξείδωση και η αναγωγή συμβαίνουν ταυτόχρονα σε μια χημική αντίδραση. Αυτός είναι και ο λόγος που ονομάζουμε αυτές τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγικές.

Έτσι, στην αντίδραση 5.62 είδαμε ότι ο άνθρακας οξειδώνεται, ενώ το οξυγόνο ανάγεται. Με βάση το ανωτέρω συμπέρασμα θα μπορούσαμε να πούμε ότι το *οξυγόνο προκαλεί την οξείδωση* του άνθρακα. Αντίστοιχα, ο *άνθρακας προκαλεί την αναγωγή* του οξυγόνου. Ομοίως στην 5.63 το N_2 *προκαλεί την οξείδωση* του H_2. Ταυτόχρονα το H_2 *προκαλεί την αναγωγή* του N_2.

5.4.2. Είδη αντιδράσεων οξειδοαναγωγής

Για τη φετινή χρονιά θα μας απασχολήσουν τέσσερα είδη τέτοιων αντιδράσεων:

5.4.2.1. Οι αντιδράσεις σύνθεσης (σχηματισμού) μιας χημικής ένωσης

Πρόκειται για αντιδράσεις της μορφής:

α) *στοιχείο + στοιχείο → χημική ένωση*

Σε αυτές τις αντιδράσεις δυο ή περισσότερα χημικά στοιχεία αντιδρούν προς σχηματισμό τής μεταξύ τους ένωσης. Μερικά παραδείγματα:

$$2\,Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2\,NaCl(s) \quad (5.68)$$

$$Mg(s) + F_2(g) \rightarrow MgF_2(s) \quad (5.69)$$

$$P_4(s) + 6\,Cl_2(g) \rightarrow 4\,PCl_3(\ell) \quad (5.70)$$

Στην αντίδραση 5.68:

- *Ο Α.Ο. του Na αυξάνεται:* $Na^0 \rightarrow Na^+$.
- *Ο Α.Ο. του Cl μειώνεται:* $Cl^0 \rightarrow Cl^{-1}$.

Με άλλα λόγια το μέταλλο χάνει ένα e^- και το αμέταλλο το κερδίζει προς σχηματισμό ιοντικού δεσμού (Εικόνα 5.57).

Παράδειγμα 5.27 Να γράψετε την αντίδραση σύνθεσης του $KClO_3$.

Πλάνο λύσης:

Τα άτομα ή τα μόρια των χημικών στοιχείων στη σταθερότερή τους κατάσταση αντιδρούν, για να σχηματίζουν την τελική ένωση. Το άλας χλωρικό κάλιο αποτελείται από το μέταλλο Κ και τα αμέταλλα Cl και Ο.

Λύση:

$$2\ K(s) + Cl_2(g) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ KClO_3(s) \qquad (5.71)$$

Στην αντίδραση 5.70:

- *Ο Α.Ο. του P αυξάνεται:* $P^0 \rightarrow P^{+3}$.
- *Ο Α.Ο. του Cl μειώνεται:* $Cl^0 \rightarrow Cl^{-1}$.

Τα δυο αμέταλλα σχηματίζουν μεταξύ τους ομοιοπολικό δεσμό.

Εφαρμογή 5.28 Να κάνετε το ίδιο για τα LiF, $PCl_5(s)$ και KIO_4.

β) *χημική ένωση + στοιχείο → χημική ένωση*

Για παράδειγμα ο P από την οξειδωτική κατάσταση (Α.Ο.) +3 στο μόριο PCl_3 μπορεί να μεταβεί στην +5 μέσω αντίδρασης με επιπλέον ποσότητα Cl_2:

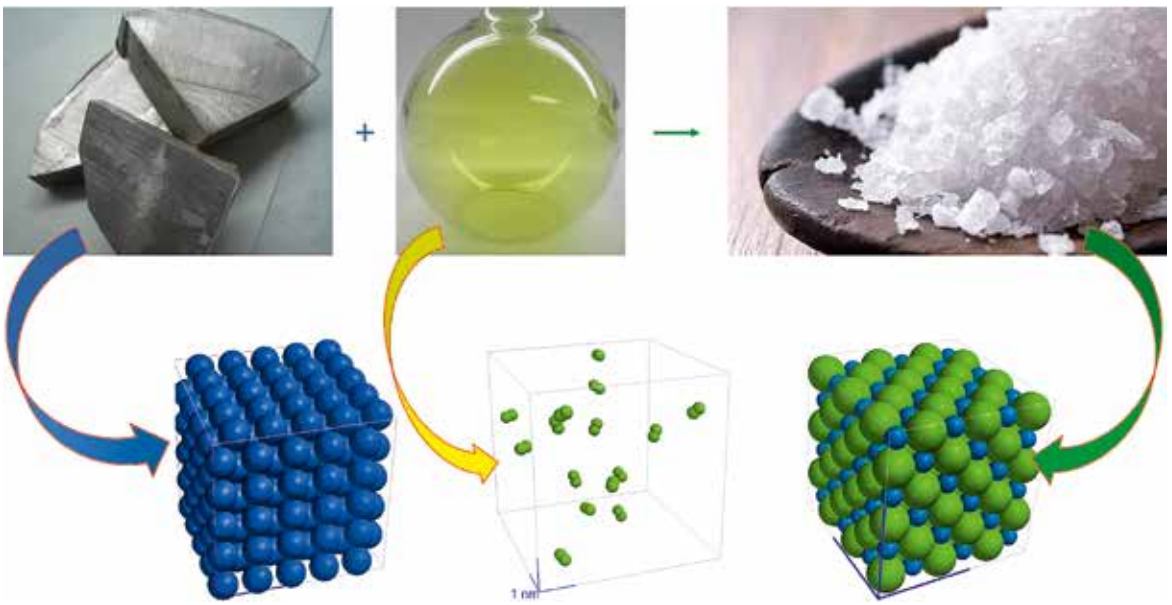
$$PCl_3(\ell) + Cl_2(g) \rightarrow PCl_5(s) \qquad (5.72)$$

5.4.2.2. Οι αντιδράσεις αποσύνθεσης (αποσχηματισμού) μιας χημικής ένωσης

Πρακτικά πρόκειται για πορείες αντίστροφες των αντιδράσεων σύνθεσης, στις οποίες μια χημική ένωση διασπάται στα συστατικά της στοιχεία, όπως στο παράδειγμα:

$$2\ HgO(s) \rightarrow Hg(\ell) + O_2(g) \qquad (5.73)$$

Εφαρμογή 5.29 Το νερό διασπάται με ηλεκτρόλυση στα συστατικά του. Να γράψετε την αντίδραση.



Εικόνα 5.57: *Η αντίδραση 5.68 ανάμεσα στο στερεό νάτριο και το αέριο χλώριο προς σχηματισμό στερεού χλωριδίου του νατρίου (η μπλε γραμμή επί της ακμής της κυβικής κυψελίδας έχει μήκος 1 nm = 10^{-9} m).*

5.4.2.3. Οι αντιδράσεις διάσπασης μιας χημικής ένωσης

Σε αυτές μια χημική ένωση διασπάται προς απλούστερες ουσίες αλλά όχι στα συστατικά της στοιχεία, όπως στα παραδείγματα:

$$2\ KClO_3(s) \rightarrow 2\ KCl(s) + 3\ O_2(g) \qquad (5.74)$$

$$2\ H_2O_2(aq) \rightarrow 2\ H_2O(\ell) + O_2(g) \qquad (5.75)$$

5.4.2.4. Οι αντιδράσεις απλής αντικατάστασης

Πρόκειται για αντιδράσεις στις οποίες ένα στοιχείο αντικαθιστά κάποιο άλλο σε μια ένωσή του. Αυτές οι αντιδράσεις αφορούν τόσο τα μέταλλα όσο και τα αμέταλλα. Παραδείγματα τέτοιων αντιδράσεων αποτελούν οι 5.64 και 5.67 καθώς και οι αντιδράσεις:

$$2\ Al(s) + 6\ HCl(aq) \rightarrow 2\ AlCl_3(aq) + 3\ H_2\uparrow \qquad (5.76)$$

$$Br_2(\ell) + 2\ NaI(aq) \rightarrow 2\ NaBr(aq) + I_2(s) \qquad (5.77)$$

5.4.3. Τα μέταλλα αντικαθιστούν μεταλλικά ιόντα σε ιοντικές ενώσεις

Ας δούμε ξανά την αντίδραση 5.58:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s) \qquad (5.64)$$

Μια τέτοια αντίδραση μπορεί να γίνει ως εξής: Εντός δοκιμαστικού σωλήνα που φέρει γαλάζιο διάλυμα θειικού χαλκού (ΙΙ) εμβαπτίζεται ένα έλασμα ψευδαργύρου (Zn) (Εικόνα 5.58). Η εξίσωση 5.58 που περιγράφει την αντίδραση είναι γραμμένη στην τυπική της μορφή. Τα δυο θειικά άλατα είναι σχετικά ευδιάλυτα στο νερό. Ας εξαγάγουμε την ιοντική της μορφή (βλ. ενότητα 5.3):

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + Cu(s) \qquad (5.64\alpha)$$

διαγράφουμε τα ιόντα-παρατηρητές

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) + \cancel{SO_4^{2-}}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + \cancel{SO_4^{2-}}(aq) + Cu(s) \qquad (5.64\beta)$$

και καταλήγουμε στην εξίσωση

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (5.64\gamma)$$

Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 5.58, το αρχικά γαλάζιο διάλυμα αποχρωματίζεται καθώς ο μεταλλικός χαλκός εναποτίθεται επί της επιφάνειας του ψευδαργύρου (επιχάλκωση). Παράλληλα άχρωμα ιόντα Zn^{2+} απελευθερώνονται στο διάλυμα. **Η αντίδραση είναι οξειδοαναγωγική, με τον Zn να οξειδώνεται και τον Cu2+ να ανάγεται** (παράδειγμα 5.19).

Ας δούμε αναλυτικά τις πορείες που λαμβάνουν χώρα σε υπομικροσκοπικό επίπεδο (Εικόνα 5.59).

Ερώτηση:
Είναι τα προϊόντα της αντίδρασης 5.74 όμοια με εκείνα της αποσύνθεσης του $KClO_3$ (η αντίστροφη της 5.71);

.....

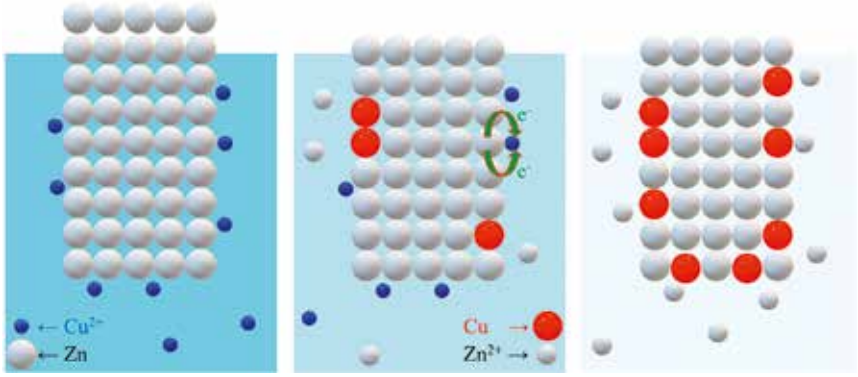
.....

.....

Λόγω του ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν οι αντιδράσεις απλής αντικατάστασης θα συζητηθούν ξεχωριστά στις επόμενες ενότητες (5.4.3. έως 5.4.6).

Εικόνα 5.58: *Διάλυση Zn(s) σε υδατικό διάλυμα ιόντων Cu^{2+}.*

Παρατηρήστε τις μεταβολές στο χρώμα του διαλύματος και την υφή του ελάσματος του Zn. Δείτε την ερμηνεία των μεταβολών στην Εικόνα 5.59!



(α) (β) (γ)

Εικόνα 5.59: *(α) Το έλασμα Zn εμβαπτίζεται στο γαλάζιο διάλυμα ιόντων Cu^{2+}, (β) κατά την επαφή τους τα ιόντα Cu^{2+} με τα άτομα Zn δέχονται την προσφορά 2 e^- ανά άτομο Zn, (γ) τα άτομα Cu που σχηματίζονται αντικαθιστούν τα άτομα Zn στο μεταλλικό πλέγμα (επιχάλκωση). Παράλληλα τα άτομα Zn που έχασαν τα 2 e^- περνούν στην υδατική φάση ως άχρωμα ιόντα Zn^{2+}.*

Η ως άνω μεταφορά ηλεκτρονίων από τον Zn προς τον Cu^{2+} αναπαρίσταται ως εξής:

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$ (αποβολή 2 e^-, οξείδωση) (5.78)

$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Cu(s)$ (πρόσληψη 2 e^-, αναγωγή) (5.79)

Οι εξισώσεις 5.78 και 5.79 που αναπαριστούν τη μεταφορά ηλεκτρονίων σε μια οξειδοαναγωγική πορεία καλούνται ημιαντιδράσεις. Όταν γράφουμε ημιαντιδράσεις, θα πρέπει να προσέχουμε, ώστε αριστερά και δεξιά από το βέλος τα φορτία να είναι ίσα (ισχύει η Αρχή Διατήρησης του Φορτίου).

Μερικά ακόμη παραδείγματα αντιδράσεων απλής αντικατάστασης της υπό εξέταση μορφής δίνονται στις εξισώσεις 5.80 έως 5.82 και στις Εικόνες 5.60 έως 5.62.

$Cu(s) + 2\ AgNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2\ Ag(s)$ (Εικόνα 5.60) (5.80)

$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$ (Εικόνα 5.61) (5.81)

$2\ Al(s) + 3\ CuSO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ Cu(s)$ (Εικόνα 5.62) (5.82)

Με αφορμή τις αντιδράσεις απλής αντικατάστασης υπάρχουν δυο **παρατηρήσεις** που οφείλουμε να κάνουμε:

α) Από τις αντιδράσεις 5.80 και 5.81 προκύπτει ότι άλλοτε ο χαλκός οξειδώνεται (Cu σε Cu^{2+}) και άλλοτε ανάγεται (Cu^{2+} σε Cu). Το συμπέρασμα αυτό είναι γενικό. **Ο τρόπος με τον οποίο θα αντιδράσει ένα μέταλλο εξαρτάται από τη φύση του και από τη φύση του μεταλλικού άλατος με το οποίο έρχεται σε επαφή**.

β) **Υπάρχουν αντιδράσεις που δεν είναι δυνατόν να γίνουν αυθόρμητα (χωρίς την προσφορά ενέργειας)**. Για παράδειγμα, η αντίστροφη

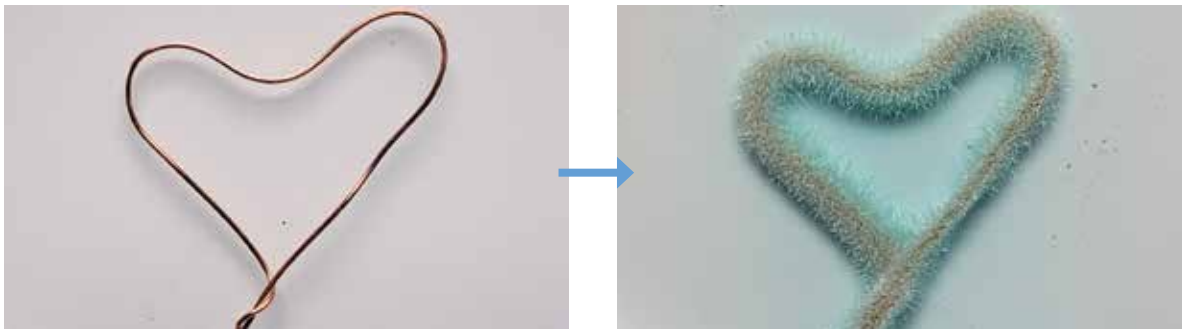
«Τρέξτε» τώρα και τη σχετική προσομοίωση:

Η 5.78 καλείται ημιαντίδραση οξείδωσης και η 5.79 καλείται ημιαντίδραση αναγωγής.

αντίδραση της 5.64 δεν γίνεται. Ο χαλκός δεν διαλύεται (δεν αντιδρά) σε διάλυμα ιόντων Zn^{2+}:

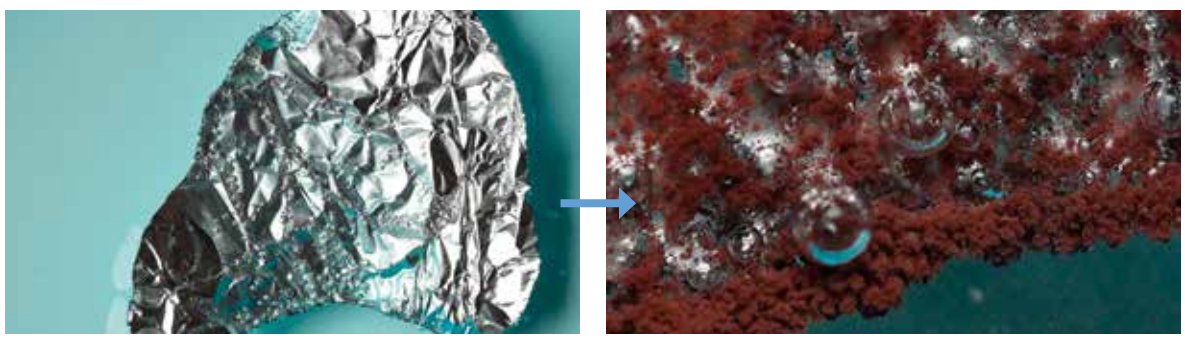
$$Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \rightarrow \textit{δεν αντιδρούν}!!! \quad (5.83)$$

Το ίδιο ισχύει και για τις αντίστροφες αντιδράσεις όλων των παραδειγμάτων που έχουμε αναφέρει έως τώρα στην παρούσα ενότητα.



Εικόνα 5.60: *Σύρμα Cu εμβαπτίζεται σε $AgNO_3(aq)$. Παρατηρήστε την αλλαγή του χρώματος και τον άργυρο που επικάθεται επί του χαλκού με τη μορφή βελόνων.*

Εικόνα 5.61: *Σιδερένια βίδα εμβαπτίζεται σε διάλυμα $CuSO_4$. Παρατηρήστε τον Cu που επικάθεται επί της βίδας.*



Εικόνα 5.62: *Αλουμινόχαρτο σε διάλυμα $CuSO_4$, αρχικά και λίγη ώρα μετά. Το Al αντιδρά και με το νερό H_2O δίνοντας φυσαλιδες H_2.*

Επομένως προκύπτει το ερώτημα:

Μπορούμε να ταξινομήσουμε τα μέταλλα σε μια σειρά ανάλογα με τη δυνατότητά τους να αντιδρούν;

Με άλλα λόγια μπορούμε να κατασκευάσουμε μια *σειρά δραστικότητας* των μετάλλων, τέτοια ώστε να γνωρίζουμε αν ένα μέταλλο εντός διαλύματος κάποιου άλλου μεταλλικού ιόντος θα προκαλέσει αντίδραση (το μέταλλο θα οξειδωθεί και το μεταλλικό ιόν θα αναχθεί);

Θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση σε αυτό το ερώτημα στην ερχόμενη ενότητα.

Εφαρμογή 5.30

Να γράψετε στην ιοντική της μορφή την εξίσωση 5.81 και ακολούθως να δώσετε τις σχετικές ημιαντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής.

5.4.4. Η σειρά δραστικότητας των μετάλλων

Έχετε στη διάθεσή σας ελάσματα κάποιων μετάλλων και υδατικά διαλύματα αλάτων τους. Μπορείτε, εργαζόμενοι σε ομάδες, ***να διατάξετε τα μέταλλα αυτά σε σειρά μειούμενης δραστικότητας*** *(ξεκινώντας με το πιο δραστικό εξ αυτών και συνεχίζοντας μέχρι το λιγότερο δραστικό);*

1. Ελάσματα ή ρινίσματα των μετάλλων Mg, Ni, Cu, Zn, Fe και Al.
2. Υδατικά διαλύματα κατιόντων των ως άνω μετάλλων.
3. Φύλλο εργαστηριακής άσκησης 5.4.4 (θα σας δοθεί μετά τη συζήτηση που ακολουθεί από τον/την καθηγητή/ριά σας).
4. .....
5. .....
6. .....

Συζητήστε στην ομάδα σας για τον τρόπο που θα αντιμετωπίσετε το ερευνητικό ερώτημα. Διαμορφώστε μια στρατηγική επίλυσης και καταγράψτε την στις ακόλουθες γραμμές:

.....

.....

.....

.....

Συζητήστε στην ολομέλεια του τμήματος την προτεινόμενη στρατηγική και αποφασίστε ένα κοινό πλάνο δράσης. Αν αυτό διαφέρει από την αρχική σας πρόταση σημειώστε το στις γραμμές που ακολουθούν:

Ερευνητικό Ερώτημα

Όργανα και Υλικά

Να προτιμηθούν τα χλωρίδια έναντι των θειικών αλάτων.

Αν σας δόθηκαν κάποια άλλα υλικά, σημειώστε τα εδώ:

Εναλλακτικά μπορείτε σε ομάδες να πραγματοποιήσετε τις προσομοιώσεις που θα βρείτε εδώ:

.....

.....

.....

.....

Συζήτηση στην ολομέλεια

Να παραλάβετε το φύλλο εργαστηριακής άσκησης από τον/την υπεύθυνο του τμήματός σας. Με τη βοήθειά του να εκτελέσετε τα πειράματα που σχεδιάσατε!

Βρείτε εδώ το ΦΕΑ 5.4.4

Είναι υποχρεωτικό να τηρείτε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας καθ' όλη τη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης και μέχρι τον καθαρισμό του πάγκου / θρανίου σας καθώς και την απόρριψη των υλικών.

Είναι πιθανό να σας φανεί χρήσιμος ο κατωτέρω πίνακας εργαστηριακών παρατηρήσεων (Πίνακας 5.8).

Πίνακας 5.8: *Εργαστηριακές παρατηρήσεις (π.χ. διάλυση μετάλλων, αλλαγή σε χρώματα κ.τ.λ.).*

		Μεταλλικό Ιόν					
		$Cu^{2+}(aq)$					
Μέταλλο	Cu						

Ακολούθως να καταγράψετε τις αντιδράσεις που έλαβαν χώρα χρησιμοποιώντας την τυπική μορφή των εξισώσεων (δώστε προσοχή στο αντισταθμιστικό ανιόν).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Με βάση τις εργαστηριακές σας παρατηρήσεις ή/και τις Εικόνες 5.63-5.67, ποια είναι η σειρά δραστικότητας των υπό μελέτη μετάλλων; Να τη συμπληρώσετε κατωτέρω:

Σειρά Δραστικότητας των Μετάλλων: ..... > ..... > ..... > ..... > ..... > .....

Συζητήστε στην ολομέλεια του τμήματος τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

Η **σειρά δραστικότητας** στην οποία καταλήξατε μπορεί να γενικευτεί (Πίνακας 5.9):

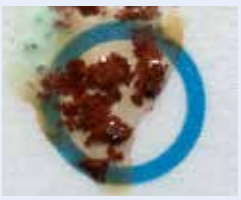
Πίνακας 5.9: *Δραστικότητα των μετάλλων (τάση τους προς αντικατάσταση άλλων μεταλλικών ιόντων σε ιοντικές ενώσεις εντός υδατικών διαλυμάτων).*

αύξηση της δραστικότητας του μετάλλου (αύξηση της τάσης του μετάλλου προς οξείδωση)

$Li \rightarrow Li^+ + e^-$	
$K \rightarrow K^+ + e^-$	
$Ba \rightarrow Ba^{2+} + 2\,e^-$	
$Ca \rightarrow Ca^{2+} + 2\,e^-$	
$Na \rightarrow Na^+ + e^-$	
$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2\,e^-$	
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3\,e^-$	
$Mn \rightarrow Mn^{2+} + 2\,e^-$	
$H_2(g, \text{αμέταλλο}) + OH^- \rightarrow 2\,H_2O(l) + 2\,e^-$	
$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$	
$Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3\,e^-$	
$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$	
$Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2\,e^-$	
$Co \rightarrow Co^{2+} + 2\,e^-$	
$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2\,e^-$	
$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2\,e^-$	
$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2\,e^-$	
$H_2\,(g, \text{αμέταλλο}) \rightarrow 2\,H^+ (\text{με τη μορφή } H_3O^+) + e^-$	
$Sb\ (\text{μεταλλοειδές}) \rightarrow Sb^{3+} + 3\,e^-$	
$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2\,e^-$	
$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$	
$Hg \rightarrow Hg^{2+} + 2\,e^-$	
$Pt \rightarrow Pt^{2+} + 2\,e^-$	
$Au \rightarrow Au^{3+} + 3\,e^-$	

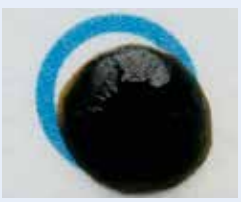
αύξηση της οξειδωτικής δύναμης των ιόντων του μετάλλου (αύξηση της τάσης του μετάλλου προς αναγωγή)

Από τα δεδομένα του Πίνακα 5.9 μπορούμε να γνωρίζουμε αν μια αντίδραση απλής αντικατάστασης είναι δυνατόν να λάβει χώρα ως εξής: **τα μέταλλα που είναι πάνω και αριστερά αντικαθιστούν (ανάγουν) τα μεταλλικά ιόντα που είναι κάτω και δεξιά**. Για παράδειγμα:



Εικόνα 5.63: *Επίδραση ιόντων $Cu^{2+}(aq)$ σε Fe(s).*

Εικόνα 5.64: *Επίδραση ιόντων $Fe^{2+}(aq)$ σε Cu(s).*



Εικόνα 5.65: *Επίδραση ιόντων $Fe^{2+}(aq)$ σε Mg(s).*

Εικόνα 5.66: *Επίδραση ιόντων $Cu^{2+}(aq)$ σε Mg(s).*

Εικόνα 5.67: *Επίδραση ιόντων $Zn^{2+}(aq)$ σε Mg(s).*

$$Mg(s) + Cd^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Cd(s) \quad (5.84)$$

Το αντίθετο δεν συμβαίνει. Για παράδειγμα:

$$Ag(s) + Na^{+}(aq) \rightarrow \text{δεν αντιδρούν!!!} \quad (5.85)$$

Παράδειγμα 5.31 Να γράψετε την εξίσωση της διάλυσης του Cu σε διάλυμα $AgNO_3$ (αντίδραση 5.61) στην ιοντική της μορφή.

Πλάνο λύσης:
Αν είναι γνωστή η τυπική μορφή, εργαζόμαστε όπως στην ενότητα 5.4.3. Όμως, συνήθως τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας είναι αυτά του Πίνακα 5.9. Με βάση αυτά μπορούμε να εργαστούμε με δυο τρόπους.

1ος τρόπος:
Γράφουμε τα αντιδρώντα και τα προϊόντα τηρώντας την αρχή ότι το μέταλλο πάνω αριστερά αντιδρά (ανάγει) το μεταλλικό ιόν κάτω και δεξιά:

$$Cu(s) + Ag^{+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Ag(s) \quad (5.86α)$$

Εν αντιθέσει προς την εξίσωση 5.58γ και την εφαρμογή 5.24, το φορτίο των αντιδρώντων δεν ταυτίζεται με το φορτίο των προϊόντων. Σε αυτή την περίπτωση μπροστά από το ιόν Ag^{+} θέτουμε ως συντελεστή το 2 (που είναι το φορτίο του Cu^{2+} και διορθώνουμε ανάλογα τους υπόλοιπους συντελεστές):

$$Cu(s) + 2\,Ag^{+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s) \quad (5.86β)$$

2ος τρόπος:
α) Γράφουμε τις δυο ημιαντιδράσεις (οξείδωσης και αναγωγής):

$$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,e^{-} \quad (5.86γ)$$

$$Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s) \quad (5.86δ)$$

β) Πολλαπλασιάζουμε τις δυο ημιαντιδράσεις με τον κατάλληλο αριθμό, ώστε κατά την πρόσθεση κατά μέλη που θα ακολουθήσει να διαγράφονται τα e^{-} (πρακτικά πρέπει να βρούμε και πάλι το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο).

$$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,e^{-} \quad (5.86γ)$$

$$2\,Ag^{+}(aq) + 2\,e^{-} \rightarrow 2\,Ag(s) \quad (5.86ε)$$

$$Cu(s) + 2\,Ag^{+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s) \quad (5.86β)$$

Πρακτικά βρίσκουμε το Ελάχιστο Κοινό Πολλαπλάσιο, με άλλα λόγια θέτουμε ως συντελεστή στο ένα ιόν το φορτίο του άλλου.

Εφαρμογή 5.32 Να γράψετε στην ιοντική της μορφή την εξίσωση 5.82.

5.4.5. Η διάλυση των μετάλλων στα οξέα

Στον Πίνακα 5.9, εκτός από τις οξειδώσεις των μετάλλων, υπάρχει χαμηλά και η ημιαντίδραση:

$$H_2(g, \text{αμέταλλο}) \rightarrow 2\,H^{+}(aq, \text{με τη μορφή } H_3O^{+}) + 2\,e^{-} \quad (5.87)$$

«Τρέξτε» τώρα και τις σχετικές προσομοιώσεις:

Μια κοινή αντίδραση των περισσοτέρων μετάλλων είναι ότι διαλύονται σε απλά οξέα (αραιά διαλύματα HCl(aq) ή H_2SO_4(aq)) με ταυτόχρονη έκλυση αερίου διυδρογόνου (π.χ. εξίσωση 5.61 και Εικόνα 5.55). **Από τον Πίνακα 5.9 γίνεται φανερό ότι όλα τα μέταλλα που εμφανίζονται πάνω από τη συγκεκριμένη αντίδραση οξειδώνονται από τα συνήθη οξέα και τα ίδια προκαλούν την αναγωγή των ιόντων H^+ (H_3O^+) σε H_2(g)**.

Εφαρμογή 5.33 Κατά το πρότυπο της εξίσωσης 5.61 να γράψετε σε τυπική μορφή τις εξισώσεις διάλυσης των Fe και Ni στο HCl(aq) και του Zn στο H_2SO_4(aq).

Εφαρμογή 5.34 Με βάση τον Πίνακα 5.9 τα ευγενή μέταλλα Pt και Au αλλά και ο Cu διαλύονται στα συνήθη οξέα;

5.4.6. Η διάλυση των δραστικότερων μετάλλων στο κρύο νερό

Από τον Πίνακα 5.9 γίνεται φανερό ότι τα δραστικότερα μέταλλα (Li έως Na) αντιδρούν και μάλιστα κάποια από αυτά εκρηκτικά με το νερό προς σχηματισμό διαλύματος βάσης και αερίου H_2. Για παράδειγμα:

$$Na(s) + H_2O(\ell) \rightarrow NaOH(aq) + \tfrac{1}{2}\, H_2\uparrow \qquad (5.88)$$

$$Ca(s) + 2\, H_2O(\ell) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2\uparrow \qquad (5.89)$$

Πολλά ακόμα μέταλλα οξειδώνονται από το νερό αλλά σε διαφορετικές συνθήκες.

5.4.7. Τα αμέταλλα αντικαθιστούν ιόντα αμετάλλων σε ιοντικές ενώσεις

Τα αμέταλλα δίνουν και αυτά αντιδράσεις απλής αντικατάστασης. Αυτή τη φορά **το μόριο ενός αμετάλλου προκαλεί την οξείδωση του ιόντος κάποιου άλλου αμετάλλου, ενώ ταυτόχρονα το ίδιο ανάγεται**. Για παράδειγμα:

$$Cl_2(g) + 2\, KBr(s) \rightarrow 2\, KCl(s) + Br_2(\ell) \text{ (Εικόνες 5.68 και 5.69)} \qquad (5.90)$$

$$Br_2(\ell) + 2\, I^-(s) \rightarrow 2\, Br^-(aq) + I_2(s) \qquad (5.91)$$

Όπως και στην περίπτωση των μετάλλων, μπορεί να κατασκευαστεί ένας πίνακας με τη σειρά δραστικότητας των αμετάλλων. Όμως δεν θα αναφερθούμε αναλυτικά. Συνοπτικά η σειρά περιγράφεται στην Εικόνα 5.70:

$$F_2 > O_3 > Cl_2 > O_2 > Br_2 > I_2$$

Εικόνα 5.70: *Σειρά δραστικότητας των αμετάλλων. Το αμέταλλο στα αριστερά προκαλεί την οξείδωση ιόντων αμετάλλων που έχει στα δεξιά του. Το ίδιο ανάγεται.*

Όπως και στην περίπτωση των μετάλλων, οι αντίστροφες αντιδράσεις δεν δύναται να λάβουν χώρα.

Εικόνα 5.68: *Το Br_2 είναι ένα καστανέρυθρο υγρό.*

Στο σχολικό εργαστήριο είναι δύσκολο να διεξάγουμε αντιδράσεις όπως η 5.90 και η 5.91, λόγω της τοξικότητας αντιδρώντων και προϊόντων.

Όμως οι κίνδυνοι μπορούν να παρακαμφθούν, αν εργαστούμε με εξαιρετικά μικρές ποσότητες, όπως στο βίντεο που ακολουθεί. Η συσκευή που χρησιμοποιήσαμε φαίνεται στην Εικόνα 5.69.

Εικόνα 5.69: *Συσκευή μικροηλεκτρόλυσης. Στον κεντρικό χώρο ιόντα Cl^- οξειδώνονται προς Cl_2. Το δραστικό αέριο οξειδώνει τα ιόντα Br^- (πάνω) και I^- (κάτω).*

Εφαρμογή 5.35

Ποια από τις ακόλουθες αντιδράσεις δύναται να λάβει χώρα με βάση τη σειρά δραστικότητας της Εικόνας 5.70; Να γράψετε τη σχετική εξίσωση τόσο στην τυπική της όσο και στην ιοντική της μορφή.

$I_2(s) + NaBr(aq) \rightarrow$ (5.92)

$Cl_2(g) + NaI(aq) \rightarrow$ (5.93)

$Br_2(\ell) + NaCl(aq) \rightarrow$ (5.94)

5.4.8. Εφαρμογές των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων

Ας ξαναδούμε τις ακόλουθες (ημι)αντιδράσεις (Εικόνες 5.58 και 5.59):

$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ (5.64γ)

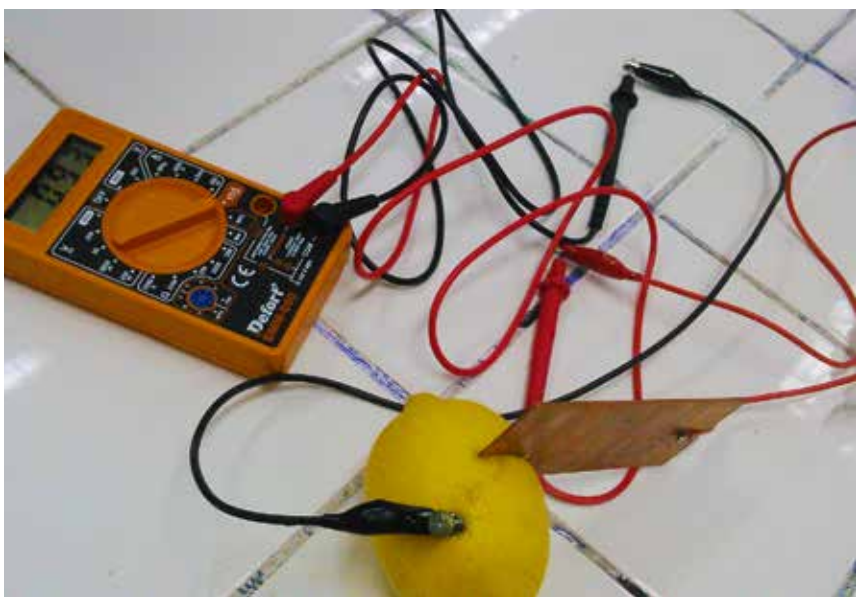
$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$ (αποβολή 2 e^-, οξείδωση) (5.78)

$Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightarrow Cu(s)$ (πρόσληψη 2 e^-, αναγωγή) (5.79)

Όπως έχουμε εξηγήσει, η αντίδραση λαμβάνει χώρα με μεταφορά 2 ηλεκτρονίων από κάθε άτομο Zn που συμμετέχει προς αντίστοιχα κάποιο ιόν χαλκού Cu^{2+}.

Τι θα συνέβαινε, αν εξαναγκάζαμε αυτά τα ηλεκτρόνια να κινηθούν σε ένα καλώδιο, προτού φθάσουν στα ιόντα χαλκού; Θα είχαμε φτιάξει μια μπαταρία!!!

Μπορούμε να κατασκευάσουμε μια πολύ απλή μπαταρία με τον τρόπο που υποδεικνύεται στην Εικόνα 5.71.



Εικόνα 5.71: *Ενα έλασμα Cu και ένα καρφί με επίστρωση Zn ή απλή σιδερένια βίδα βυθίζονται σε ένα ζουμερό λεμόνι (συνήθως το πιέζουμε για λίγο στον πάγκο). Μια μικρή ποσότητα του Zn διαλύεται στο κιτρικό οξύ του λεμονιού αποδίδοντας ιόντα Zn^{2+} και e^-. Τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσω των καλωδίων, πριν επιστρέψουν μέσω του χάλκινου ελάσματος στο λεμόνι (ανάγοντας τα H^+ του οξέος προς H_2), κλείνοντας με αυτό τον τρόπο το κύκλωμα.*

Στη σειρά δραστικότητας των αμετάλλων (Εικόνα 5.70) το O_3 λέγεται όζον και είναι πολύ δραστικό. Αποτελεί και συστατικό της ατμόσφαιρας. Με τις αντιδράσεις του δεν θα ασχοληθούμε φέτος.

Συζητήστε στην τάξη τον ρόλο που παίζουν καθώς και αυτόν που καλούνται να παίξουν οι μπαταρίες στη ζωή μας.

Αφορμές για συζήτηση:

- *Θα υπήρχαν «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα, αν δεν υπήρχαν διαθέσιμες μπαταρίες που να τα υποστηρίζουν;*
- *Ποιος θα είναι ο ρόλος των μπαταριών στην υποχρεωτική ηλεκτροκίνηση εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 2030-2035;*
- *Τι ρόλο καλείται να παίξει η βιομηχανία ανακύκλωσης μπαταριών;*

Το Nobel Χημείας του 2019 απονεμήθηκε σε επιστήμονες που εργάστηκαν στον τομέα των μπαταριών:

Με το βλέμμα στον κόσμο: Η οξειδοαναγωγική αντίδραση που θρέφει δισεκατομμύρια ανθρώπους.

Μια από τις σπουδαιότερες προσφορές της Χημείας στην ανθρωπότητα έχει όνομα. Πρόκειται για την πορεία Haber-Bosch με την οποία μετατρέπονται καταλυτικά το άζωτο της ατμόσφαιρας (N_2) και το (H_2), που παράγεται από το μεθάνιο του φυσικού αερίου, σε αμμωνία (NH_3), σύμφωνα με την εξίσωση 5.13:

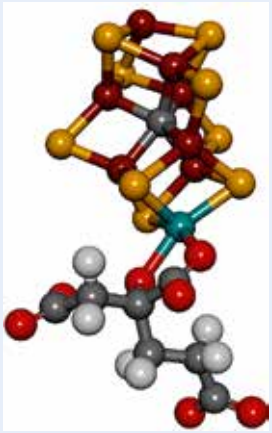
$$N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$$

Επινοήθηκε από τους χημικούς Fritz Haber και Robert Le Rossignol το 1909 και ένα χρόνο αργότερα έγινε δυνατή η χρήση της σε βιομηχανική κλίμακα από τον χημικό μηχανικό Carl Bosch. Οι Haber και Bosch βραβεύτηκαν για την ανακάλυψή τους με το βραβείο Nobel Χημείας του 1931. Η αντίδραση αυτή της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου, το οποίο, ως γνωστόν, είναι χημικά αδρανές, έκανε εφικτή την παραγωγή φθηνών αμμωνιακών και νιτρικών λιπασμάτων, τα οποία με τη σειρά τους μετέτρεψαν άγονες εκτάσεις σε γόνιμα χωράφια (Εικόνα 5.72). Δεν είναι υπερβολή να υποστηρίξουμε ότι η αλματώδης αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού τα τελευταία 50 χρόνια οφείλεται σε αυτή ακριβώς την αντίδραση.

Εικόνα 5.72: *Φυτεία σόγιας.*

Όμως αυτή η αντίδραση έχει ένα τεράστιο μειονέκτημα. Είναι εξαιρετικά ενεργοβόρος και αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για μια βιομηχανική πορεία που από μόνη της επιδεινώνει το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Δεν είναι παράξενο, λοιπόν, που δεκάδες Εργαστήρια Χημείας παγκοσμίως, τόσο σε Πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, όσο και στη βιομηχανία, προσπαθούν να βρουν εναλλακτικές πορείες.

Το ενδιαφέρον σε αυτό είναι ότι υπάρχουν κάποια είδη βακτηρίων, τα κυανοβακτήρια και τα ριζοβακτήρια, τα οποία μπορούν και δεσμεύουν το διάζωτο



Εικόνα 5.73: *Ο συμπαράγοντας μολυβδαινίου-σιδήρου του ενζύμου νιτρογενάση. Η πρωτεϊνική αλυσίδα συνδέεται με τον συμπαράγοντα (το μέρος του ενζύμου στο οποίο γίνονται οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις) μέσω του σιδήρου (με κόκκινο) της κορυφής και του μολυβδαινίου (με πράσινο).*

Εικόνα 5.74: *Ο Douglas Macfarlane που ηγείται της έρευνας. Πηγή: Monash University.*

της ατμόσφαιρας δίνοντας αμμωνία, μέσω της δράσης ενός ενζύμου, που λέγεται νιτρογενάση (Εικόνα 5.73). Η παραγόμενη αμμωνία συμμετέχει στον βιοχημικό κύκλο του αζώτου στη φύση. Έτσι, η Χημεία εμπνεόμενη από τη φύση προσπαθεί να επινοήσει νέες αντιδράσεις και πορείες. Αυτές οι πορείες ονομάζονται βιομιμητικές.

Πρόσφατα δημοσιεύτηκε στην επιθεώρηση Nature και αλλού μια σειρά άρθρων από χημικούς του Monash University της Μελβούρνης (Εικόνα 5.74) σύμφωνα με την οποία είναι εφικτή η δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου και η παραγωγή αμμωνίας εύκολα, σε θερμοκρασία 20 °C, μέσω μιας ηλεκτροχημικής συσκευής. Μάλιστα θα μπορούσε με μια τέτοια συσκευή ο κάθε αγρότης να γίνει παραγωγός του δικού του λιπάσματος! Μένει να δούμε αν τέτοιες συσκευές θα αντικαταστήσουν τα ενεργοβόρα εργοστάσια (Εικόνα 5.75) και θα συμβάλουν με αυτό τον τρόπο στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής.

Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, αν και ο Fritz Haber συνέβαλε με την ανακάλυψή του τα μέγιστα στην υποστήριξη του παγκόσμιου πληθυσμού, ο ίδιος θεωρείται ως ο «πατέρας του χημικού πολέμου», αφού χρησιμοποίησε το χλώριο ως όπλο κατά των συμμάχων κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο, ξεκινώντας από τη δεύτερη μάχη της Υπρ (1915).

Δείτε την εικόνα και σε ψηφιακή μορφή

Εικόνα 5.75: *Εργοστάσιο παραγωγής αμμωνίας.*

5.4.9. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στο δίπτυχο Επιστήμη και Ηθική

Με αφορμή την περίπτωση του Haber συζητήστε στην ομάδα σας και στην ολομέλεια για την ηθική υποχρέωση ενός επιστήμονα απέναντι στην Κοινωνία και τον Άνθρωπο. Ακολούθως, σε μια μικρή παράγραφο καταγράψτε τα συμπεράσματά σας σχετικά με τη στάση που πρέπει να κρατά ένας επιστήμονας απέναντι στην μετατροπή μιας ανακάλυψής του σε όπλο μαζικής καταστροφής.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Θα πρέπει κατά τη γνώμη σας να περιορίζεται η χρηματοδότηση των επιστημονικών προσπαθειών από τον φόβο οι νέες ανακαλύψεις να χρησιμοποιηθούν για πολεμικούς σκοπούς; Συζητήστε στην ομάδα σας, καταγράψτε τα συμπεράσματά σας και ανακοινώστε τα στην ολομέλεια.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Με το βλέμμα στον κόσμο: Φωτοσύνθεση και αναπνοή: η ενέργεια για τη ζωή.

Η *φωτοσύνθεση* και η *αναπνοή* είναι δύο θεμελιώδεις βιολογικές διεργασίες που παρέχουν ενέργεια για τη ζωή στη Γη. Είναι αλληλένδετες, αλλά συμβαίνουν σε διαφορετικά κυτταρικά οργανίδια φυτών και άλλων φωτοσυνθετικών οργανισμών.

Η **φωτοσύνθεση** είναι η διαδικασία με την οποία τα πράσινα φυτά, τα φύκη και ορισμένα βακτήρια **μετατρέπουν την ενέργεια του φωτός από τον ήλιο σε χημική ενέργεια**, παράγοντας τελικά γλυκόζη (σάκχαρο) και οξυγόνο (Εικόνα 5.76). Η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα κυρίως στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων και αποτελείται από δύο στάδια: τις φωτοεξαρτώμενες αντιδράσεις και τις φωτοανεξάρτητες αντιδράσεις. Η πολύπλοκη αυτή διεργασία συνοψίζεται στην εξίσωση (5.80):

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \textit{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \qquad (5.80)$$

Η **φωτοσύνθεση** είναι το θεμέλιο της τροφικής αλυσίδας στη Γη, επειδή παρέχει την ενέργεια και τα οργανικά μόρια που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και τη συντήρηση των φυτών και των ζώων που τα καταναλώνουν.

Η **κυτταρική αναπνοή**, από την άλλη πλευρά, είναι η διαδικασία με την οποία τα κύτταρα, συμπεριλαμβανομένων των φυτικών, **οξειδώνουν τη γλυκόζη και άλλα οργανικά μόρια για να παράγουν ATP, το οποίο είναι το ενεργειακό νόμισμα των κυττάρων**. Η πολύπλοκη αυτή διεργασία συνοψίζεται στη χημική εξίσωση 5.81:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{ενέργεια} \qquad (5.81)$$

Συνοπτικά η φωτοσύνθεση συλλαμβάνει και αποθηκεύει την ηλιακή ενέργεια ως χημική στη γλυκόζη, ενώ η αναπνοή απελευθερώνει αυτή την αποθηκευμένη ενέργεια, παράγοντας ATP για τις διάφορες κυτταρικές διεργασίες. Αυτές οι δύο διαδικασίες είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της ζωής στη Γη, καθώς παρέχουν την ενέργεια που απαιτείται για την ανάπτυξη, τη συντήρηση και την αναπαραγωγή των οργανισμών. Είναι επίσης αλληλένδετες, με τα προϊόντα της μίας (γλυκόζη και οξυγόνο από τη φωτοσύνθεση) να χρησιμεύουν ως αντιδρώντα για την άλλη (γλυκόζη και οξυγόνο για την αναπνοή).

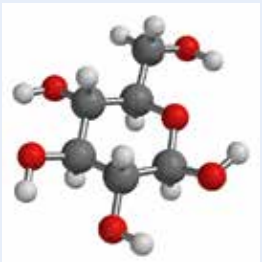
Ένας από τους στόχους της σύγχρονης χημικής έρευνας είναι η κατασκευή ενός *«τεχνητού φύλλου»*, δηλαδή μιας συσκευής που θα είναι ικανή να συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και να τη μετατρέπει σε χημική ενέργεια (Εικόνα 5.77).

Ενδιαφέροντες σύνδεσμοι:

α) Προσομοίωση αντιδράσεων απλής αντικατάστασης: https://chemcollective.org/vlab/106

β) Επίδραση οξέος σε μέταλλα: http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-lor-8521-10505

γ) Πειράματα σε βίντεο από τα οποία εξάγεται σειρά δραστικότητας: https://www.youtube.com/watch?v=JRTuMViLEuw

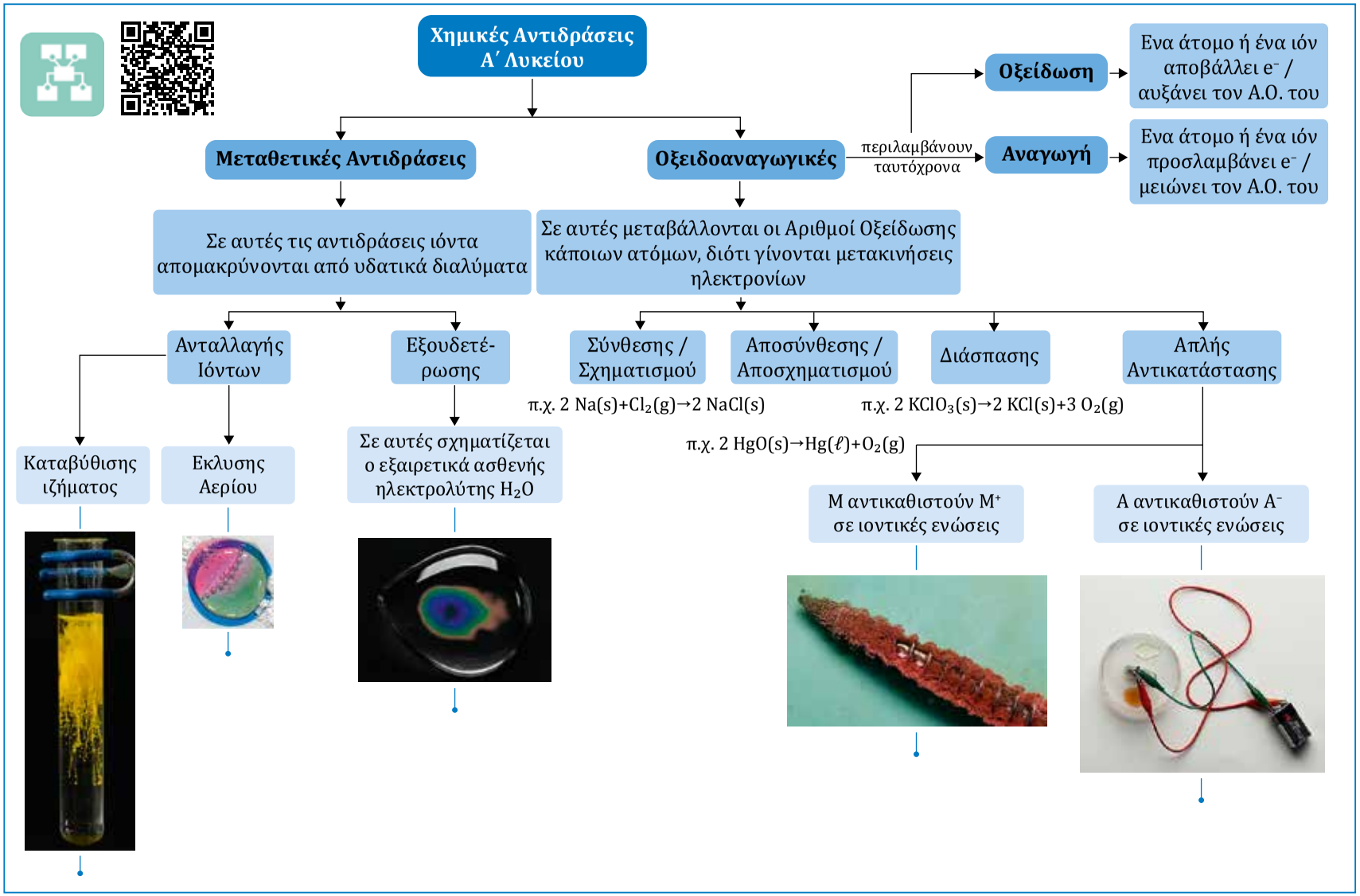


Εικόνα 5.76: *Το μόριο της γλυκόζης.*

Εικόνα 5.77: *Ο καθηγητής του Πανεπιστημίου του Cambridge Erwin Reisner, ο οποίος ανακοίνωσε πρόσφατα (Απρίλιος 2023) ότι κατάφερε με την ομάδα του να παρασκευάσει αιθανόλη από CO_2 και ηλιακό φως. (Πηγή: Reisner Lab)*

Κάνετε τώρα και το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στις Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις.

Εννοιολογικός Χάρτης 5.3-5.4



5.5. Χημικές Αντιδράσεις και Καθημερινή Ζωή

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *περιγράφετε* 2-3 φαινόμενα καθημερινής ζωής με τις γνώσεις που αποκτήσατε για τις χημικές αντιδράσεις.

Η χημεία αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινής μας ζωής, είτε το συνειδητοποιούμε είτε όχι. Με άλλα λόγια, καθημερινά ερχόμαστε σε επαφή ή βιώνουμε αναρίθμητες χημικές αντιδράσεις. Στην παρούσα ενότητα θα μελετήσουμε μερικές χαρακτηριστικές τέτοιες περιπτώσεις.

Συγχρόνως οι επόμενες υποενότητες αποτελούν και μια πρώτης τάξεως ευκαιρία να δουλέψετε ξανά σε επίπεδο ομάδας και να δημιουργήσετε μια πρωτότυπη εργασία, ένα τέχνημα ή να εκτελέσετε ένα πείραμα. Τα συμπεράσματά σας μπορείτε να τα παρουσιάσετε στην ολομέλεια ή να τα δημοσιεύσετε στην εφημερίδα του σχολείου σας κ.τ.λ.

Φυσικά, οι ακόλουθες υποενότητες μπορούν να αντικατασταθούν από προτάσεις για δημιουργικές εργασίες που θα βρείτε διάσπαρτες στο παρόν βιβλίο (στα πλαίσια *«Με το βλέμμα στον κόσμο»* και στις προτάσεις *«Δουλεύοντας σε ομάδες»*) ή από άλλες περιπτώσεις χημικών φαινομένων που θα επιλέξετε σε συνεργασία με τον/την καθηγητή/ριά σας.

5.5.1. Παραδείγματα οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων

Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο «παιχνίδι» της ζωής. Ας δούμε μερικά απλά παραδείγματα.

5.5.1.1. Ατελής καύση: Η τοξικότητα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO)

Όταν μια θερμάστρα προπανίου, ένα τζάκι, μια ξυλόσομπα ή (παλαιότερα) ένα μαγκάλι (Εικόνα 5.78), χρησιμοποιείται σε κλειστό χώρο, πρέπει να υπάρχει επαρκής εξαερισμός. Εάν η παροχή διοξυγόνου είναι περιορισμένη, η ατελής καύση της καύσιμης ύλης (αέριο, πετρέλαιο, ξύλο, κάρβουνο) παράγει **μονοξείδιο του άνθρακα** (Εικόνα 5.79). Για παράδειγμα, η ατελής καύση του μεθανίου στο φυσικό αέριο γράφεται ως εξής:

$$2\,CH_4(g) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO(g) + 4\,H_2O(g) + \text{ενέργεια} \qquad (5.82)$$

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και πολύ δηλητηριώδες αέριο. Όταν εισπνέεται, περνά στην κυκλοφορία του αίματος, όπου συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη, γεγονός που μειώνει την ποσότητα του οξυγόνου (O_2) το οποίο φτάνει στα κύτταρα. Ως αποτέλεσμα το άτομο μπορεί να παρουσιάσει μείωση της ικανότητας άσκησης, της οπτικής αντίληψης και της χειρωνακτικής επιδεξιότητας.

Η αιμοσφαιρίνη (Hb, Εικόνα 5.53γ) είναι η πρωτεΐνη που μεταφέρει το O_2 στο αίμα. Όταν η ποσότητα της αιμοσφαιρίνης που συνδέεται με το CO

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *δυο βασικές κατηγορίες χημικών αντιδράσεων, τις μεταθετικές και τις οξειδοαναγωγικές.*

Εικόνα 5.78: *Μαγκάλι που χρησιμοποιείται ως ψησταριά σε εξωτερικό χώρο.*

Εικόνα 5.79: *Το μόριο του CO.*

Εικόνα 5.80: *Ο Γάλλος συγγραφέας του περίφημου «Κατηγορώ» Émile Zola πέθανε από δηλητηρίαση από CO, που προκλήθηκε από καμινάδα που δεν λειτουργούσε σωστά.*

(HbCO) είναι περίπου το 10% της συνολικής, ένα άτομο μπορεί να εμφανίσει δύσπνοια, ήπιο πονοκέφαλο και υπνηλία. Οι χρόνια καπνιστές μπορεί να έχουν επίπεδα HbCO στο αίμα τους έως και 9%. Αν το 50% ή περισσότερο της αιμοσφαιρίνης του αίματος ενός ανθρώπου συνδεθεί με CO, το άτομο αυτό μπορεί να χάσει τις αισθήσεις του και να πεθάνει (Εικόνα 5.80). Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να μεταφερθεί άμεσα σε νοσοκομείο και να του χορηγηθεί αμέσως O_2.

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες να ετοιμάσετε ένα άρθρο προοριζόμενο για την εφημερίδα του σχολείου σας, ένα πόστερ για μια δράση του Δήμου σας και ένα άρθρο για μια τοπική ιστοσελίδα στα οποία θα περιγράφετε τις επιπτώσεις του καπνίσματος στην υγεία.

5.5.1.2. Η λεύκανση των μαλλιών

Ξέρετε φίλους/ες σας που έχουν κάνει ντεκαπάζ (Εικόνα 5.81); Πρόκειται για μια τεχνική «ξανοίγματος» του χρώματος των μαλλιών. Τα περισσότερα οικιακά σετ για λεύκανση των μαλλιών περιέχουν υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2, το γνωστό μας «οξυζενέ»), έναν εξαιρετικό **οξειδωτικό παράγοντα** (προκαλεί εύκολα οξείδωση σε άλλα μόρια). Όταν εφαρμόζεται στα μαλλιά, το υπεροξείδιο του υδρογόνου οξειδώνει τη μελανίνη, τη σκούρα χρωστική ουσία που δίνει στα μαλλιά το χρώμα τους (Εικόνα 5.82). Μόλις η μελανίνη οξειδωθεί, τα μαλλιά αποκτούν λευκή εμφάνιση.

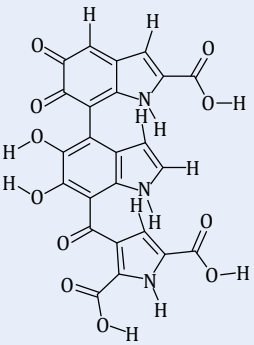
Όμως, το υπεροξείδιο του υδρογόνου οξειδώνει επίσης και άλλα συστατικά των μαλλιών. Για παράδειγμα, τα πρωτεϊνικά μόρια των μαλλιών περιέχουν ομάδες -SH που ονομάζονται θειόλες. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου οξειδώνει αυτές τις ομάδες θειόλης σε ομάδες σουλφονικού οξέος, $-SO_3H$. Η οξείδωση αυτή προκαλεί αλλαγές στην κερατίνη, την κύρια πρωτεΐνη της τρίχας, κάτι που καθιστά τα μαλλιά εύθραυστα. Κατά συνέπεια, τα άτομα με έντονα λευκασμένα μαλλιά χρησιμοποιούν ισχυρά μαλακτικά προϊόντα για να προστατεύσουν τα μαλλιά τους. Τα μαλακτικά αυτά, γνωστά στο εμπόριο ως μάσκες μαλλιών, περιέχουν ενώσεις που σχηματίζουν λεπτές, λιπαντικές επιστρώσεις στους επιμέρους άξονες των τριχών. Αυτές οι επικαλύψεις αποτρέπουν το μπέρδεμα και κάνουν τα μαλλιά ευκολοχτένιστα.

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες να ετοιμάσετε:
α) μια παρουσίαση σχετική με τους πιθανούς κινδύνους από τις συχνές λευκάνσεις μαλλιών.
β) μια παρουσίαση για την απολυμαντική δράση του υπεροξειδίου του υδρογόνου.

5.5.1.3. Ελεύθερες ρίζες και αντιοξειδωτικά

Ο όρος **«ελεύθερες ρίζες»** ακούγεται όλο και πιο συχνά τις τελευταίες δυο δεκαετίες στα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Πρόκειται για εξαιρετικά δραστικά μόρια τα οποία διαθέτουν μονήρες ηλεκτρόνιο. Ως εκ τούτου κάποιο άτομο σε αυτά, συνήθως οξυγόνου ή αζώτου, δεν συμπληρώνει οκτάδα (θεωρία Lewis) και για αυτό τον λόγο γίνονται εξαιρετικά δραστικά. Οι ελεύθερες ρίζες παράγονται στο ανθρώπινο σώμα είτε μέσω κάποιων φυσιολογικών

Εικόνα 5.81: *Κομμωτής εφαρμόζει λευκαντική κρέμα και τυλίγει τα μαλλιά σε αλουμινόχαρτο.*

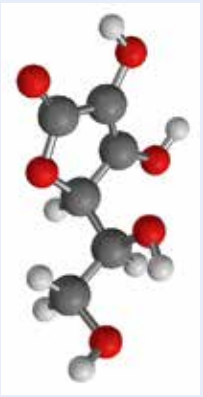


Εικόνα 5.82: *Η μελανίνη είναι ένα φυσικό πολυμερές, το οποίο μεταξύ άλλων προσδίδει στο δέρμα και τα μαλλιά το χρώμα τους. Η δομή του αποτελείται από πολλά μέρη, όπως αυτό. Στις γωνίες των πολυγώνων υπάρχουν άτομα C.*

βιοχημικών πορειών είτε λόγω κάποιων παθολογικών καταστάσεων ή εξωτερικών παραγόντων, όπως η έκθεση σε ακτινοβολίες ή το κάπνισμα. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να αλλοιώσουν τη δομή διαφόρων βιομορίων και βιοπολυμερών οξειδώνοντάς τα. Από την άλλη πλευρά, το ανθρώπινο σώμα διαθέτει μηχανισμούς καταστροφής (οξείδωσης ή αναγωγής) αυτών των ριζών, αλλά αν αυτές υπερβούν την ικανότητα του οργανισμού να τις ρυθμίζει, προκύπτει μια κατάσταση γνωστή ως **οξειδωτικό στρες**. Όταν γίνει αυτό, είναι δυνατόν να προκληθούν ασθένειες.

Οι ουσίες που χρησιμοποιεί ο οργανισμός, για να καταπολεμήσει τις ελεύθερες ρίζες, λέγονται **αντιοξειδωτικά**. Γνωστά μόρια με επιβεβαιωμένη αντιοξειδωτική δράση είναι οι βιταμίνες A, C και E (Εικόνα 5.83).

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες να ετοιμάσετε ένα άρθρο για τη σχολική εφημερίδα που να περιγράφει τρόφιμα που είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικές ουσίες καθώς και την επίδραση που έχουν σε αυτές η παρατεταμένη αποθήκευση και το μαγείρεμα.



Εικόνα 5.83: *Το ασκορβικό οξύ, γνωστό ως βιταμίνη C.*

5.5.2. Οικιακά χημικά

Πολύ συχνά ακούμε τον όρο «χημικά» και αυτός ο όρος στα μέσα μαζικής ενημέρωσης έχει αποκτήσει αρνητική σημασία. Όμως, ο όρος αυτός όχι μόνο δεν συνδέεται με κάτι το αρνητικό, αλλά στην πράξη δεν έχει και νόημα η χρήση του, μιας που όλα τα υλικά γύρω μας, ανεξαρτήτως της χρήσης τους, από το νερό που χρειαζόμαστε για να ζήσουμε έως τους υγρούς κρυστάλλους σε μια μεγάλη τηλεόραση, αποτελούνται από χημικά μόρια και ιόντα.

5.5.2.1. Τα αβγά με τον πράσινο κρόκο

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες πραγματοποιήστε στο Εργαστήριο Χημείας την ακόλουθη δραστηριότητα.

1. Τοποθετήστε 2 αβγά σε ποτήρι ζέσεως ή σε μικρή κατσαρόλα με νερό και βάλτε τα να βράσουν για 15 min (αρχίζουμε να μετράμε τον χρόνο από το χρονικό σημείο έναρξης του βρασμού του νερού).

2. Στο τέλος των 15 min αποσύρετε το δοχείο από την πηγή της θερμότητας.

3. Τοποθετήστε το ένα αβγό σε δοχείο που περιέχει κρύο νερό. Προσθέστε στο δοχείο πάγο, ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία χαμηλή. Το άλλο αβγό αφήστε το στο ζεστό νερό στο δοχείο που έβρασε. Αφήστε τα αβγά στα δυο δοχεία άλλα 15 min.

4. Καθαρίστε τα αβγά από το κέλυφος τους και αφαιρέστε τους κρόκους ολόκληρους. Παρατηρείτε κάποια διαφορά στους κρόκους των δύο αβγών; Αν ναι, ποια είναι αυτή;

.....

.....

Ας δούμε πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τις παρατηρήσεις σας!

Εικόνα 5.84: *Το αμινοξύ κυστεΐνη.*

Το ασπράδι του αβγού, που αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες, έχει σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε κυστεΐνη και μεθειονίνη, δυο αμινοξέα που περιέχουν θείο (S) (Εικόνα 5.84). Όταν βράζουμε ένα αβγό, το θείο απελευθερώνεται με τη μορφή κυρίως αερίου H_2S. Η μυρωδιά του μαγειρεμένου αβγού οφείλεται σε αυτό ακριβώς το αέριο.

Το αέριο **H_2S**, όπως και όλα τα αέρια, διαλύεται περισσότερο στο κρύο νερό σε σχέση με το ζεστό. Καθώς βράζει ένα αβγό, το αέριο H_2S που παράγεται μετακινείται προς το κέντρο του αβγού, διότι εκεί η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Επομένως, θα διαλυθεί περισσότερο. Όμως ο κρόκος ενός αβγού περιέχει ιόντα Fe^{2+} (περίπου 0,590 mg). Έτσι, όταν το αέριο H_2S φθάσει στον κρόκο του αβγού, πραγματοποιείται η αντίδραση του H_2S με τα ιόντα του Fe^{2+} που περιέχονται σε αυτόν και σχηματίζεται ως προϊόν η ένωση **FeS** που έχει πρασινωπό χρώμα (Εικόνα 5.85). Η ένωση αυτή FeS δεν είναι βλαβερή για τον οργανισμό, αλλά οι περισσότεροι άνθρωποι προτιμούν ο κρόκος του αβγού να έχει λαμπερό κίτρινο χρώμα, παρά πράσινο. Για να αποφευχθεί η παραπάνω αντίδραση πρέπει, μετά το βράσιμο, να ψύξουμε εξωτερικά το αβγό, π.χ. βυθίζοντάς το σε κρύο νερό. Έτσι, το αέριο H_2S θα μετακινηθεί προς το εξωτερικό του αβγού, όπου εκεί θα διαλυθεί περισσότερο, σε σύγκριση με το εσωτερικό του.

Προετοιμάστε τώρα ένα άρθρο για τη σχολική εφημερίδα, περιγράφοντας την πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε, δίνοντας φωτογραφίες και περιλαμβάνοντας τα ανωτέρω συμπεράσματα. Μην παραλείψετε να γράψετε σε αυτό τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που έλαβε χώρα (σε ιοντική μορφή), σημειώνοντας και τη φυσική κατάσταση ή φάση όλων των ουσιών.

Εικόνα 5.85: *Το πρασίνισμα του κρόκου του βραστού αβγού, που οφείλεται στον σχηματισμό του FeS.*

5.5.2.2. Και άλλα οικιακά χημικά

Το αλάτι και η ζάχαρη είναι δύο γνωστές χημικές ουσίες στο τραπέζι της κουζίνας σας. Το ξίδι, ένα άλλο χημικό της κουζίνας, είναι ένα διάλυμα οξικού οξέος. Τα εσπεριδοειδή περιέχουν κιτρικό οξύ και είναι υπεύθυνα για την ξινή γεύση των λεμονιών και των λάιμ, ενώ η ασπιρίνη, ένα γνωστό αντιφλεγμονώδες φάρμακο, περιέχει ακετυλοσαλικυλικό οξύ.

Το υδροχλωρικό οξύ, που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των ανθρακικών αλάτων από πλακάκια και ειδή υγιεινής, πωλείται στο σούπερ μάρκετ ως «Aqua Forte». Το θειικό οξύ, που βρίσκεται στις μπαταρίες αυτοκινήτων, είναι μια επικίνδυνη χημική ουσία που πρέπει να αντιμετωπίζεται με μεγάλη προσοχή. Ίσως η πιο επικίνδυνη χημική ουσία στο σπίτι είναι η καυστική σόδα, NaOH, η οποία πωλείται ως καθαριστικό αποχετεύσεων και ως καθαριστικό φούρνων. Αν έρθει σε επαφή με το δέρμα σας, δίνει μια γλιστερή αίσθηση και προκαλεί ερυθρότητα και ερεθισμό.

Όμως πέρα από την κουζίνα και το μπάνιο, τα πάντα γύρω σας είναι προϊόντα της χημικής και της φαρμακευτικής βιομηχανίας.

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες, εντοπίστε τρία αντικείμενα που μπορείτε να βρείτε εύκολα σε ένα σπίτι, αναζητήστε πληροφορίες, π.χ. δομή, τρόποι παρασκευής, φύλλα SDS κ.τ.λ. και καταγράψτε τες σε μια παρουσίαση. Προτείνεται να μην

περιοριστείτε στην κουζίνα και το μπάνιο ενός σπιτιού, αλλά να αναζητήσετε πληροφορίες για τρόφιμα και συστατικά τροφίμων, επεξεργασμένων ή μη, ρούχα και συνθετικές ίνες, υλικά κατασκευής υπολογιστών κ.ά.

5.5.3. Οι μπαταρίες

Ένας από τους τρόπους που η Χημεία έχει επηρεάσει τον σύγχρονο τρόπο ζωής είναι η ανακάλυψη των επαναφορτιζόμενων μπαταριών μεγάλης χωρητικότητας και διάρκειας ζωής. Δίχως αυτές δεν θα μπορούσαμε να έχουμε «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα ή ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Για τον λόγο αυτό τρεις χημικοί μοιράστηκαν το Nobel Χημείας του 2019 (Εικόνα 5.86).

Χωριστείτε σε ομάδες και εργαστείτε ως εξής:

α) 3 ομάδες, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο το επισυναπτόμενο φύλλο εργασίας («κατεβάστε» το μέσω του συνδέσμου που θα βρείτε στην πλαϊνή στήλη, Εικόνα 5.87), **φτιάξτε τις δικές σας μπαταρίες**. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήστε τα ζεύγη μετάλλων – διαλυμάτων ιόντων που θα σας προτείνει ο καθηγητής/ήτριά σας. Ακολούθως συζητήστε στην ολομέλεια για το ζεύγος με το οποίο πετύχατε την μεγαλύτερη διαφορά δυναμικού.

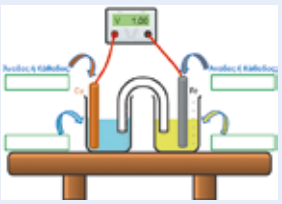
β) 3 ομάδες βρείτε πληροφορίες και παρουσιάστε τες στην ολομέλεια σχετικά με την εργασία των τριών χημικών που οδήγησε στη βράβευσή τους με το **Nobel Χημείας**.

γ) 3 ομάδες βρείτε πληροφορίες και παρουσιάστε τες στην ολομέλεια σχετικά με το *υδρογόνο ως καύσιμο* (Εικόνα 5.88), τη λειτουργία των **κυψελών καυσίμου** αλλά και για τη λειτουργία των **μπαταριών ροής**.

Εικόνα 5.88: *Λεωφορείο που κινείται με υδρογόνο ως καύσιμο.*

Οργανώστε μια ημερίδα ενημέρωσης στο σχολείο σας σχετικά με τη συνεισφορά της χημείας στη διαμόρφωση του σύγχρονου τρόπου ζωής, με έμφαση στην ανάπτυξη των «έξυπνων κινητών τηλεφώνων», της ηλεκτροκίνησης και των καθαρών πηγών ενέργειας ως μέσων καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.

Εικόνα 5.86: *Ο John B. Goodenough (1922-2023). Μοιράστηκε το Nobel Χημείας του 2019 για «την ανάπτυξη των μπαταριών ιόντων λιθίου» (πηγή: The University of Texas at Austin).*



Εικόνα 5.87: *Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσετε.*

Βρείτε το φύλλο εργασίας εδώ:

Γλωσσάριο

Αναγωγή: Η αντίδραση κατά την οποία μειώνεται ο αριθμός οξείδωσης του ατόμου ενός στοιχείου.

Ανταλλαγή ιόντων: Μεταθετική αντίδραση στην οποία λαμβάνει χώρα καταβύθιση ιζήματος ή έκλυση αερίου.

Αντίδραση απλής αντικατάστασης: Πρόκειται για την αντίδραση στην οποία ένα στοιχείο αντικαθιστά το ιόν κάποιου άλλου στοιχείου σε μια ένωση.

Αντίδραση αποσύνθεσης ή αποσχηματισμού: Πρόκειται για την αντίδραση κατά την οποία μια χημική ένωση διασπάται στα συστατικά της στοιχεία.

Αντίδραση έκλυσης αερίου: Αντίδραση στην οποία απελευθερώνεται συνήθως από ένα υδατικό διάλυμα κάποιο αέριο. Η έκλυση γίνεται εμφανής από τον σχηματισμό φυσαλίδων.

Αντίδραση καταβύθισης: Αντίδραση στην οποία σχηματίζεται (στερεό ίζημα).

Αντίδραση σύνθεσης ή σχηματισμού: Πρόκειται για την αντίδραση κατά την οποία δυο ή περισσότερα χημικά στοιχεία αντιδρούν προς σχηματισμό τής μεταξύ τους ένωσης.

Αρχή διατήρησης της μάζας: *Βλ. Νόμος διατήρησης της μάζας.*

Ασθενής ηλεκτρολύτης: Είναι η ένωση που, όταν διαλύεται στο νερό, μόνο ένα μέρος της βρίσκεται υπό μορφή ιόντων.

Βιοορυκτοποίηση: Πρόκειται για τον σχηματισμό ή τη συσσώρευση μεταλλικών αλάτων από οργανισμούς, κυρίως σε βιολογικούς ιστούς ή δομές.

Διάσταση: το φαινόμενο κατά το οποίο οι ιοντικές ενώσεις στο μέτρο που διαλύονται στο νερό διαχωρίζονται στα ιόντα τους. Αυτά κινούνται ελεύθερα με τη μορφή εφυδατωμένων ιόντων.

Διάχυση: Αυθόρμητη πορεία στην οποία μόρια, ιόντα κ.τ.λ. κινούνται τυχαία προς όλες τις κατευθύνσεις. Τελικά τα κινούμενα σωματίδια οδεύουν από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης σε περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης.

Ένζυμα: Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες που δρουν ως καταλύτες επιταχύνοντας τις χημικές αντιδράσεις, που λαμβάνουν χώρα σε ζωντανούς οργανισμούς. Συχνά στο καταλυτικό κέντρο απαντούν μεταλλικά ιόντα, όπως π.χ. ιόντα σιδήρου.

Εξουδετέρωση: Η αντίδραση ανάμεσα στο $H^+(aq)$ (ή το ιόν $H_3O^+(aq)$) και το ιόν $OH^-(aq)$ προς σχηματισμό $H_2O(\ell)$.

Ηλεκτρολύτες: Οι χημικές ενώσεις που, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν αγώγιμα διαλύματα.

Ίζημα: Στερεό που συνήθως σχηματίζεται σε μια χημική αντίδραση, η οποία λαμβάνει χώρα σε ένα διάλυμα. Αν το διάλυμα αφεθεί να ηρεμήσει, η ποσότητα του στερεού θα καταβυθιστεί στον πυθμένα του δοχείου που το περιέχει.

Ιόντα-παρατηρητές: Τα ιόντα που δεν συμμετέχουν σε μια χημική αντίδραση, π.χ. σε μια καταβύθιση ιζήματος, και παραμένουν στο υδατικό διάλυμα. Πολλές φορές χαρακτηρίζονται ως αντισταθμιστικά (αντισταθμίζουν το φορτίο).

Ιοντική μορφή εξίσωσης: Μορφή χημικής εξίσωσης στην οποία αναγράφονται αποκλειστικά τα ιόντα που συμμετέχουν στην αντίδραση. Σε αυτή τη μορφή παραλείπονται τα ιόντα-παρατηρητές.

Ιοντισμός: Είναι η αντίδραση με το νερό κατά την οποία μια ομοιοπολική ένωση διασπάται σε ιόντα.

Ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων: Η διαδικασία εύρεσης κατάλληλων συντελεστών που τίθενται επί των αντιδρώντων και των προϊόντων σε μια χημική αντίδραση, ώστε να ισχύει ο νόμος διατήρησης της μάζας. Με άλλα λόγια ο συνολικός αριθμός των ατόμων, που εμφανίζονται στα αντιδρώντα μιας χημικής εξίσωσης, θα πρέπει να είναι ίσος κατά το είδος και τον αριθμό με τον συνολικό αριθμό των ατόμων των προϊόντων.

Ισχυρός ηλεκτρολύτης: Είναι η ένωση, η οποία στα υδατικά της διαλύματα απαντά πλήρως με τη μορφή ιόντων.

Μερική εξουδετέρωση: Τα ιόντα οξωνίου δεν αντιδρούν πλήρως με τα ιόντα υδροξειδίου.

Το τελικό διάλυμα θα είναι είτε όξινο (περίσσεια οξωνίων) είτε βασικό (περίσσεια υδροξειδίων).

Μεταθετική αντίδραση: Η αντίδραση στην οποία ιόντα ανταλλάσσουν τις θέσεις τους. Κάποια από αυτά απομακρύνονται από το υδατικό διάλυμα ως ίζημα, αέριο ή ασθενής ηλεκτρολύτης, όπως το H_2O.

Μέτωπο αντίδρασης: Η νοητή επιφάνεια επί της οποίας λαμβάνει χώρα μια χημική αντίδραση.

Μοριακό διάλυμα: Το υδατικό διάλυμα μιας ομοιοπολικής ένωσης.

Νόμος διατήρησης της μάζας: Η συνολική μάζα των αντιδρώντων σε μια χημική αντίδραση ισούται με τη συνολική μάζα των προϊόντων.

Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις: Πρόκειται για αντιδράσεις στις οποίες πάντα λαμβάνει χώρα η οξείδωση ενός αντιδρώντος από ένα άλλο αντιδρών, το οποίο ταυτόχρονα ανάγεται.

Οξείδωση: Η αντίδραση κατά την οποία αυξάνεται ο αριθμός οξείδωσης του ατόμου ενός στοιχείου.

Όξινη βροχή: Πρόκειται για βροχή ή άλλες κατακρημνίσεις, π.χ. χιόνι, που έχει ιδιαίτερα χαμηλό pH. Δημιουργείται, όταν οξείδια του θείου και του αζώτου, προϊόντα βιομηχανικής παραγωγής, αναμειχθούν με υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Η αντίδραση τους δίνει ανόργανα οξέα, που κατακρημνίζονται με τη βροχή. Η όξινη βροχή έχει προκαλέσει τεράστια προβλήματα σε οικοσυστήματα αλλά και σε μνημεία και άλλες κατασκευές.

Οξώνιο: Πρόκειται για το ιόν H_3O^+. Έχει βρεθεί ότι η δομή του περιλαμβάνει και άλλα μόρια νερού που το εφυδατώνουν. Σε αυτό οφείλονται οι ιδιότητες των οξέων.

Μπαταρία: Πηγή ηλεκτρικής ισχύος, η οποία επιτυγχάνει διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων της με τη χρήση μιας ή περισσότερων οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων.

Περίσσεια αντιδραστηρίου: Σε μια χημική αντίδραση ένα από τα αντιδραστήρια τίθεται σε μεγαλύτερη ποσότητα και δεν αντιδρά πλήρως, με αποτέλεσμα να περισσεύει.

Πιγμέντο: Μια έγχρωμη ουσία που είναι πρακτικά αδιάλυτη στο νερό, σε αντίθεση με τις χρωστικές. Συνήθως έχει ανόργανη προέλευση και ιστορικά τα πιγμέντα λαμβάνονταν από ορυκτά, όπως π.χ. η ώχρα, το κάρβουνο και ο λαζουρίτης.

Πλήρης εξουδετέρωση: Τα ιόντα οξωνίου αντιδρούν πλήρως με τα ιόντα υδροξειδίου, με αποτέλεσμα το τελικό διάλυμα να είναι ουδέτερο.

Ποιοτική ανάλυση ιόντων: Εργαστηριακή πορεία με την οποία εξακριβώνεται το είδος των ιόντων που υπάρχουν σε ένα δείγμα. Συνήθως απαιτούνται πολλά βήματα.

Πορεία διάκρισης ενώσεων/ιόντων: Πρόκειται για την πορεία εργαστηριακών βημάτων που πρέπει να εφαρμοστεί, προκειμένου να διαπιστωθεί αν ένα δείγμα μιας ένωσης ανήκει στην ένωση Α ή την ένωση Β ή αν ένα δείγμα μιας ιοντικής ένωσης περιέχει το ιόν Γ ή το ιόν Δ. Αυτά τα εργαστηριακά βήματα συνήθως αποτελούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις.

Σειρά δραστικότητας μετάλλων ή αμετάλλων: Μορφή ταξινόμησης των μετάλλων ή των αμετάλλων, ανάλογα με τη δυνατότητά τους να προκαλούν την αναγωγή κάποιου κατιόντος ή ανιόντος, αντιστοίχως, σε κάποιο υδατικό διάλυμα.

Τυπική μορφή εξίσωσης: Μορφή χημικής εξίσωσης στην οποία αναγράφονται οι χημικοί τύποι των ιοντικών ενώσεων που λαμβάνουν μέρος σε μια αντίδραση.

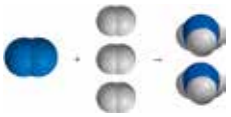
Υδροξείδιο: Πρόκειται για το ανιόν OH^-. Σε αυτό οφείλονται οι ιδιότητες των βάσεων.

Χαρακτηριστική αντίδραση: Πρόκειται, συνήθως, για μια απλή στην εκτέλεση αντίδραση με την οποία διαπιστώνεται αν είναι παρόν κάποιο ιόν ή μόριο σε ένα δείγμα. Λέγεται χαρακτηριστική, διότι, αν η δοκιμασία (test) είναι θετική, τότε λαμβάνει χώρα κάτι που γίνεται άμεσα αντιληπτό, όπως π.χ. αλλαγή χρώματος, καταβύθιση ιζήματος, έκλυση αερίου κ.τ.λ.

Χημική αντίδραση: Η διαδικασία με την οποία στοιχεία ή ενώσεις μετατρέπονται σε νέες ουσίες.

Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών

5.1 Η Αναπαράσταση των Χημικών Φαινομένων: Οι Χημικές Εξισώσεις



- Μια χημική μεταβολή ή χημική αντίδραση είναι η διαδικασία με την οποία μια ή περισσότερες ουσίες που ονομάζονται αντιδρώντα μετατρέπονται σε νέες που ονομάζονται προϊόντα.
- Στις χημικές αντιδράσεις ισχύει ο **νόμος διατήρησης της μάζας**.
- Για να ισοσταθμιστεί μια χημική εξίσωση τοποθετούνται κατάλληλοι αριθμοί μπροστά από τους χημικούς τύπους. Αυτοί οι αριθμοί λέγονται στοιχειομετρικοί συντελεστές.

5.2 Οι Ιδιότητες των Υδατικών Διαλυμάτων

- Οι χημικές ενώσεις, οι οποίες, όταν διαλύονται στο νερό, δίνουν αγώγιμα διαλύματα, καλούνται **ηλεκτρολύτες.**
- Οι ιοντικές ενώσεις είναι ηλεκτρολύτες, διότι στον βαθμό που διαλύονται στο νερό **διίστανται** στα ιόντα τους. Για παράδειγμα:

  $NaCl(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
- Οι ομοιοπολικές ενώσεις, ως επί το πλείστον, δεν είναι ηλεκτρολύτες. Όμως υπάρχουν κάποιες που, όταν προστίθενται στο νερό, αντιδρούν με αυτό σχηματίζοντας ιόντα. Αυτή η αντίδραση ονομάζεται ιοντισμός. Παράδειγμα ενώσεων που ιοντίζονται είναι τα οξέα, όπως το HCl και το HNO_3:

  $HCl(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$
- Το ιόν H_3O^+ καλείται οξώνιο και σε αυτό οφείλονται οι όξινες ιδιότητες των οξέων.

5.3 Οι Μεταθετικές Αντιδράσεις

- Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των μεταθετικών αντιδράσεων είναι ότι με αυτές **απομακρύνονται ιόντα** από ένα υδατικό διάλυμα.
- Διακρίνονται στις αντιδράσεις **ανταλλαγής**, στις οποίες τα ιόντα απομακρύνονται λόγω **σχηματισμού ιζήματος ή αερίου** και τις αντιδράσεις **εξουδετέρωσης** στις οποίες τα ιόντα απομακρύνονται, σχηματίζοντας τον ασθενή ηλεκτρολύτη $\mathbf{H_2O}$.
- Όταν ενώσεις διαλύονται στο νερό, τα σωματίδια που τις αποτελούν διαχέονται σε αυτό, σχηματίζοντας ομογενές διάλυμα.
- Υπάρχουν δυο τρόποι γραφής χημικών εξισώσεων: η **τυπική** και η **ιοντική μορφή**. Η τυπική μορφή μάς δίνει πληροφορίες για τα αντιδραστήρια που αναμείξαμε:

  $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3(aq)$

  Η ιοντική μορφή μάς δίνει πληροφορίες για το ποια αντίδραση έλαβε χώρα:

  $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl\downarrow$

5.4 Οι Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις

- **Οξείδωση** είναι η αντίδραση κατά την οποία αυξάνεται ο Α.Ο. του ατόμου ενός στοιχείου.
- **Αναγωγή** είναι η αντίδραση κατά την οποία μειώνεται ο Α.Ο. του ατόμου ενός στοιχείου.
- Η οξείδωση και η αναγωγή λαμβάνουν χώρα πάντα ταυτόχρονα.
- Το αν μια ένωση θα οξειδωθεί ή θα αναχθεί καθορίζεται από τη φύση της και από τη φύση των άλλων αντιδρώντων. Με άλλα λόγια οι συνήθεις ενώσεις άλλοτε οξειδώνονται και άλλοτε ανάγονται.

Οι ασκήσεις με την ένδειξη είναι περισσότερο απαιτητικές.

Οι Χημικές Εξισώσεις

5.1. Χρησιμοποίησε τον σχηματισμό του νερού από υδρογόνο και οξυγόνο·

$2\ H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(\ell)$

για να εξηγήσεις του όρους: *χημική αντίδραση*, *αντιδρώντα*, *προϊόντα* και *χημική εξίσωση*.

5.2. Να αναφέρετε τρεις από τις ενδείξεις που υποδηλώνουν χημική αντίδραση.

5.3. Γιατί μια χημική εξίσωση πρέπει να είναι ισοσταθμισμένη;

5.4. Να ισοσταθμίσετε τις ακόλουθες χημικές εξισώσεις:

α) $Cu_2O(s) + O_2(g) \rightarrow CuO(s)$

β) $Al(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + Al_2(SO_4)_3(aq)$

γ) $HCl(aq) + Al(s) \rightarrow H_2(g) + AlCl_3(aq)$

δ) $Pb(NO_3)_2(aq) + NaCl(aq) \rightarrow PbCl_2(s) + NaNO_3(aq)$

5.5. Για καθεμία από τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις γράψτε μια ισοσταθμισμένη εξίσωση, χρησιμοποιώντας χημικούς τύπους, συμπεριλαμβάνοντας και τις φυσικές καταστάσεις ή φάσεις (s, ℓ, g ή aq):

α) Το μέταλλο λίθιο αντιδρά με υγρό νερό, σχηματίζοντας αέριο υδρογόνο και υδατικό υδροξείδιο του λιθίου.

β) Ο στερεός φωσφόρος αντιδρά με αέριο χλώριο για να σχηματιστεί στερεό πενταχλωρίδιο του φωσφόρου.

γ) Το στερεό οξείδιο του σιδήρου (II) αντιδρά με αέριο μονοξείδιο του άνθρακα προς σχηματισμό στερεού σιδήρου και αερίου διοξειδίου του άνθρακα.

δ) Υγρό πεντένιο (C_5H_{10}) καίγεται με αέριο οξυγόνο, σχηματίζοντας αέριο διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς.

ε) Αέριο υδρόθειο και στερεό χλωρίδιο του σιδήρου (III) αντιδρούν προς σχηματισμό στερεού σουλφιδίου του σιδήρου (III) και αερίου υδροχλωρίου.

Οι Ιδιότητες των Υδατικών Διαλυμάτων

5.6. Το NaOH είναι ισχυρός ηλεκτρολύτης, ενώ η CH_4O (μεθανόλη) είναι μη ηλεκτρολύτης. Σε τι διαφέρει το διάλυμα του NaOH από αυτό της CH_4O;

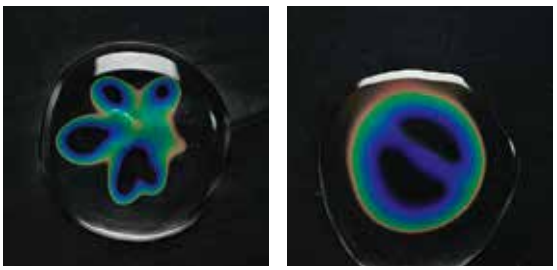
5.7. Το KF είναι ισχυρός ηλεκτρολύτης, ενώ το HF είναι ασθενής ηλεκτρολύτης. Σε τι διαφέρει το διάλυμα του KF από αυτό του HF;

5.8. Το νερό κατατάσσεται συνήθως στους μη ηλεκτρολύτες. Στην πραγματικότητα είναι ένας εξαιρετικά ασθενής ηλεκτρολύτης. Συνεπώς, έχει απειροελάχιστη αγωγιμότητα. Παρ' όλα αυτά, είναι επικίνδυνο να χειρίζεστε ηλεκτρικές συσκευές με βρεγμένα χέρια. Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό;

5.9. Γράψε τις χημικές εξισώσεις διάστασης ή ιοντισμού για τις ενώσεις HCl, HI, H_2SO_4, $(NH_4)_2CO_3$, CH_3COOH, $Ba(OH)_2$ και K_3PO_4.

Η Διάχυση και οι Αντιδράσεις Ανταλλαγής των Ιόντων

5.10. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται δυο στιγμιότυπα που καταγράφηκαν από πειράματα αραίωσης πυκνού διαλύματος του οξέος H_2SO_4 σε νερό. Η αραίωση λαμβάνει χώρα πάνω από θερμογραφικό χαρτί (δείτε και τις Εικόνες 5.1, 5.12, 5.13 και 5.51).



(α) (β)

Εικόνα 5.89: *(α) Προσθήκη μιας σταγόνας πυκνού διαλύματος $H_2SO_4(aq)$ σε μικρο-λιμνούλα νερού. (β) Προσθήκη μιας σταγόνας νερού σε μικρο-λιμνούλα πυκνού διαλύματος $H_2SO_4(aq)$.*

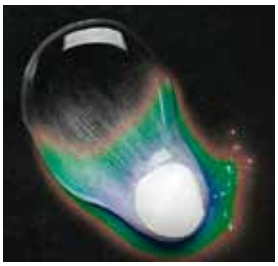
Προσοχή: *ποτέ δεν πρέπει να προσθέτουμε νερό σε οξύ στο Εργαστήριο Χημείας!*

α) Είναι κατά τη γνώμη σας η διάλυση του θειικού οξέος στο νερό ενδόθερμη (απορροφάται θερμότητα και ψύχεται το διάλυμα) ή εξώθερμη (εκλύεται θερμότητα);

β) Αφού δείτε και το σχετικό βίντεο, ακολουθώντας το link της Εικόνας 5.90, γιατί κατά τη γνώμη σας στο δελτίο δεδομένων ασφαλείας του $H_2SO_4(aq)$ υπάρχει η σχετική σήμανση (Εικόνα 5.90β);

Εικόνα 5.90: *Εικονόγραμμα του GHS για το $H_2SO_4(aq)$ και link για το σχετικό βίντεο.*

5.11. Στην Εικόνα 5.91 φαίνεται η διάλυση ενός σφαιριδίου NaOH σε μια μικρο-λιμνούλα ύδατος.

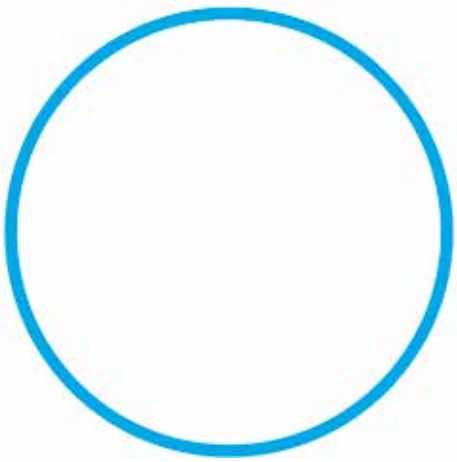


Εικόνα 5.91: *Διάλυση σφαιριδίου NaOH στο νερό και link για το σχετικό βίντεο.*

α) Ποια διεργασία λαμβάνει χώρα κατά τη διάλυση αυτής της ιοντικής ένωσης στο νερό;
β) Είναι η αντίδραση ενδόθερμη (απορροφάται θερμότητα και ψύχεται το διάλυμα) ή εξώθερμη (εκλύεται θερμότητα);

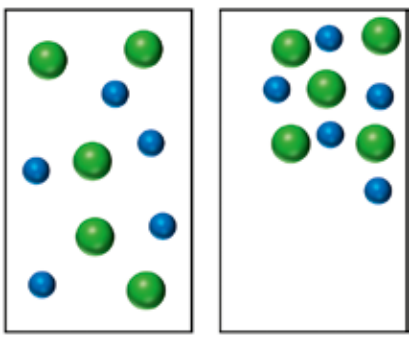
5.12. Στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 5.92) φαίνεται το μέτωπο της αντίδρασης που δημιουργείται κατά την ανάμειξη των αντιδραστηρίων $CuSO_4(aq)$ και NaOH(aq) σε ένα πείραμα ανάλογο με εκείνα της υποενότητας 5.3.1.1. Μπορείτε να αναπαραστήσετε το μέτωπο της αντίδρασης εντός του γαλάζιου κύκλου που ακολουθεί (Εικόνα 5.93) εργαζόμενοι όπως στην Εικόνα 5.33; Μπορείτε να αναπαραστήσετε τα εφυδατωμένα ιόντα σαν κυκλάκια.

Εικόνα 5.92: *Σχηματισμός μετώπου αντίδρασης κατά την ανάμειξη $CuSO_4(aq)$ και NaOH(aq).*



Εικόνα 5.93: *Αναπαράσταση του μετώπου αντίδρασης της Εικόνας 5.92.*

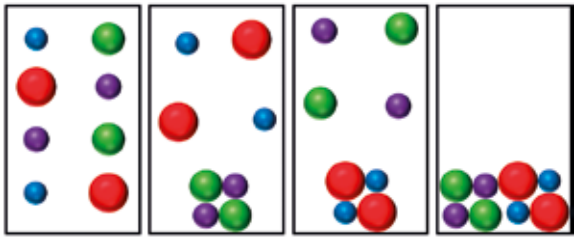
5.13. Σε ένα ποτήρι με απιονισμένο νερό διαλύεται NaCl(s). Μετά από αρκετή ώρα, λόγω διάχυσης, τα κατιόντα και τα ανιόντα έχουν καταλάβει όλο τον όγκο του διαλύματος. Αυτό αναπαρίσταται στο διάγραμμα (α) που ακολουθεί. Όμως, τα ιόντα εξακολουθούν να κινούνται εντός του διαλύματος. Είναι δυνατόν μετά από αρκετή ώρα η κατάσταση στο διάλυμα να αναπαρίσταται από το διάγραμμα (β); Στα δυο διαγράμματα τα μόρια του νερού δεν αναπαρίστανται χάριν απλότητας.



(α) (β)

Εικόνα 5.94: *Διαγράμματα άσκησης 5.13 (μπλε σφαίρες = Na+(aq) και λαχανί σφαίρες = Cl-(aq)).*

5.14. Στην υποενότητα 5.3.1.1. είδαμε την αντίδραση που έγινε κατά την ανάμειξη των υδατικών διαλυμάτων των $AgNO_3$ και NaCl. Ποιο από τα ακόλουθα διαγράμματα αναπαριστά το τελικό μείγμα (τα μόρια του νερού δεν αναπαρίστανται σε αυτά χάριν απλότητας);



(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 5.95: *Διαγράμματα άσκησης 5.14 «(μπλε σφαίρες = Na+(aq), λαχανί σφαίρες = Cl-(aq), μωβ σφαίρες = Ag+(aq) και κόκκινες σφαίρες = NO3-(aq)).*

5.15. Με βάση τον Πίνακα 5.3 ποιες από τις ακόλουθες ιοντικές ενώσεις αναμένετε να είναι ευδιάλυτες στο νερό και ποιες δυσδιάλυτες;

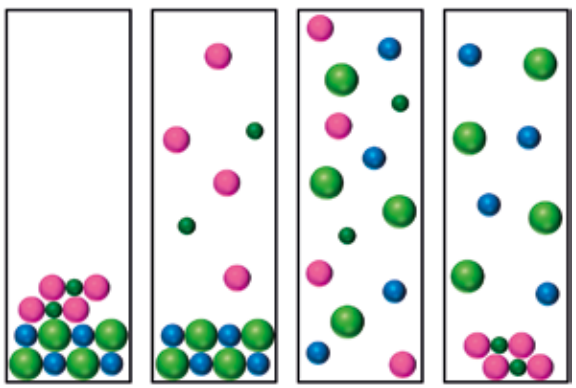
α) $(NH_4)_2SO_4$

β) $NaClO_4$

γ) $ZnBr_2$

δ) MnS

5.16. Έστω ότι σε ένα δοχείο αναμειγνύονται τα διαλύματα NaOH(aq) και $MgCl_2$(aq). Ποιο από τα ακόλουθα διαγράμματα αναπαριστά το τελικό μείγμα (τα μόρια του νερού δεν αναπαρίστανται σε αυτά χάριν απλότητας);



(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 5.96: *Διαγράμματα άσκησης 5.16 «(μπλε σφαίρες = Na+(aq), λαχανί σφαίρες = Cl-(aq), πράσινες σφαίρες = Mg2+(aq) και ροζ σφαίρες = OH-(aq))».*

5.17. Για ποιο λόγο συμβαίνουν οι παρακάτω αντιδράσεις (ποια χημική μεταβολή παρατηρείται στο σύστημα);

α) $BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2\ NaCl(aq)$

β) $Ag^+(aq) + Br^-(aq) \rightarrow AgBr\downarrow$

γ) $HCl(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow NaCl(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$

5.18. Να συμπληρωθούν οι ακόλουθες εξισώσεις στην τυπική τους μορφή και ακολούθως να γραφεί η ιοντική τους μορφή. Να χρησιμοποιήσετε τον Πίνακα 5.3.

α) $Ba(NO_3)_2(aq) + K_2CO_3(aq) \rightarrow$

β) $NaOH(aq) + NiCl_2(aq) \rightarrow$

γ) $Al_2(SO_4)_3(aq) + NaOH(aq) \rightarrow$

δ) $Cu(NO_3)_2(aq) + K_2S(aq) \rightarrow$

ε) $CdSO_4(aq) + H_2S(aq) \rightarrow$

στ) $BaCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow$

5.19. Με βάση το γεγονός ότι οι ακόλουθες πέντε ενώσεις είναι δυσδιάλυτες στο νερό να γράψετε απευθείας τις αντιδράσεις καταβύθισης από τα ιόντα τους (ιοντική μορφή εξίσωσης):

α) $AgI\downarrow$

β) $PbSO_4\downarrow$

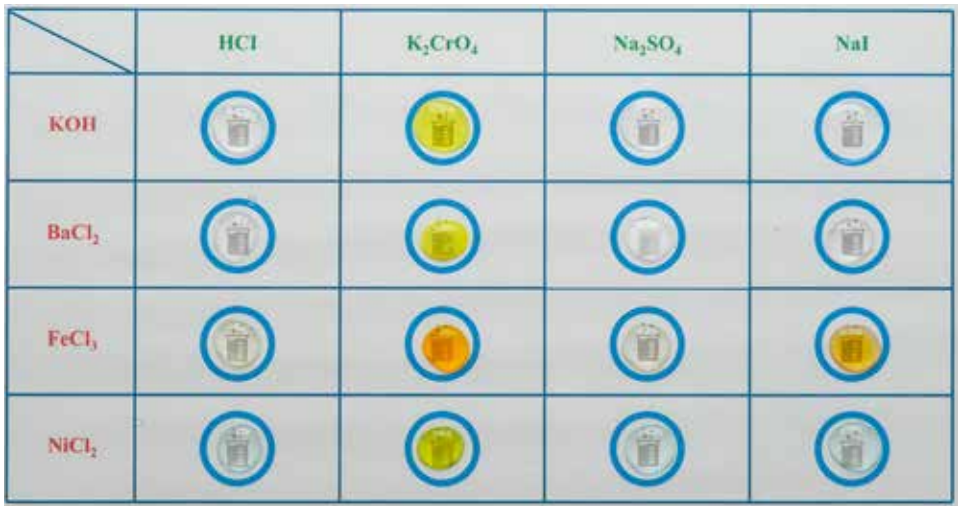
γ) $BaCrO_4\downarrow$ (Εικόνα 5.97)

δ) $Co_3(PO_4)_2\downarrow$

ε) $FeS\downarrow$

Εικόνα 5.97: *Καταβύθιση ιζήματος $BaCrO_4$ από διαλύματα $BaCl_2$ και K_2CrO_4.*

5.20. Προσπαθώντας ένας μαθητής να εμπλουτίσει τον πίνακα ιζημάτων που κατασκευάζει, σχεδίασε και εκτέλεσε μια σειρά πειραμάτων. Το σχετικό φύλλο της εργαστηριακής άσκησης απεικονίζεται στην Εικόνα 5.98. Μπορείτε να εντοπίσετε τα ιζήματα και να τον βοηθήσετε να γράψει τις σχετικές ιοντικές εξισώσεις;



Εικόνα 5.98: *Φωτογραφία του φύλλου εργαστηριακής άσκησης που χρησιμοποίησε ο μαθητής. Υπόδειξη: Η αλλαγή του χρώματος στο FeI_3 δεν οφείλεται σε ίζημα αλλά σε φωτοχημική οξείδωση των ιόντων ιωδίου, από τα ιόντα του Fe^{3+}, προς παραγωγή ιωδίου (I_2).*

5.21. Μια μαθήτρια υποστηρίζει ότι το NaF θα πρέπει να είναι ευδιάλυτο στο νερό, ενώ το $Ca_3(PO_4)_2$ να είναι δυσδιάλυτο. Με βάση τη συζήτηση της υποενότητας 5.3.1.3 και, χωρίς να χρησιμοποιήσετε πίνακες διαλυτότητας, τι γνώμη έχετε για την άποψη της μαθήτριας;

5.22. Η απάντηση που δώσατε στην ερώτηση 5.21 στηρίζεται από τη συζήτηση της υποενότητας 3.1.2;

Οι Χαρακτηριστικές Αντιδράσεις και η Ποιοτική Ανάλυση των Ιόντων

5.23. Ένα φιαλίδιο περιέχει ένα λευκό κρυσταλλικό στερεό που μπορεί να είναι ένα εκ των Na_2SO_4 και K_2CO_3. Να σχεδιάσετε μια πορεία εργαστηριακών βημάτων με την οποία να μπορείτε με ασφάλεια να αποφασίσετε ποιο εκ των δυο στερεών βρίσκεται στο φιαλίδιο.

5.24. Ομοίως στην περίπτωση που το φιαλίδιο περιέχει $CaCl_2(s)$ ή $BaCl_2(s)$.

5.25. Ομοίως στην περίπτωση που το φιαλίδιο περιέχει ένα άχρωμο υδατικό διάλυμα που μπορεί να είναι είτε $Mg(NO_3)_2(aq)$ είτε $NaNO_3(aq)$.

5.26. Ομοίως στην περίπτωση που το φιαλίδιο περιέχει NaCl(s) ή KCl(s).

5.27. Ένας καθηγητής ανέθεσε σε έναν μαθητή του να παρασκευάσει υδατικά διαλύματα των ενώσεων $AgNO_3$, HCl, K_2CO_3, NaOH και $Pb(NO_3)_2$. Ο μαθητής τα παρασκεύασε, αλλά πριν προλάβει να βάλει ετικέτες στις φιάλες, ένας φίλος του τους άλλαξε θέση. Μπορείτε να βοηθήσετε τον μαθητή να βρει ποια ένωση βρίσκεται σε κάθε δοχείο και να ολοκληρώσει επιτυχώς την εργασία του;

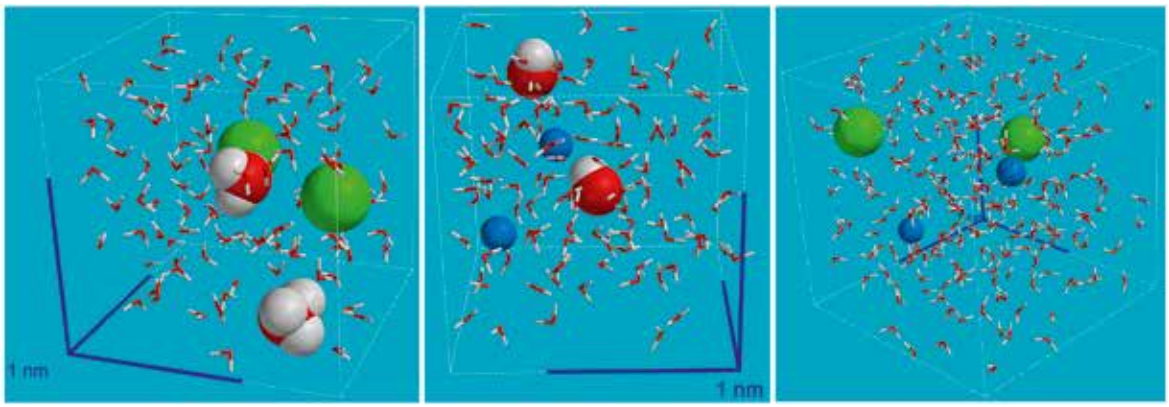
5.28. Ομοίως στην περίπτωση που τα διαλύματα είναι τα εξής: $AgNO_3$, $AlCl_3$, HCl, Na_2CO_3 και NH_3.

5.29. Ομοίως στην περίπτωση που τα διαλύματα είναι τα εξής: $AlCl_3$, HNO_3, Kl, NaOH και $Pb(NO_3)_2$.

Οι Αντιδράσεις Εξουδετέρωσης

5.30. Στην υποενότητα 5.3.2 αναφέρθηκε ότι «σε κάθε κάτοικο της Γης αναλογεί κατανάλωση 18,5 κιλών αμμωνίας και 34,2 κιλών θειικού οξέος κάθε χρόνο». Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας διατυπώνεται η άποψη αυτή;

5.31. Στην Εικόνα 5.99 διακρίνονται οι αναπαραστάσεις τριών διαλυμάτων: (α) ενός διαλύματος HCl(aq), (β) ενός διαλύματος NaOH(aq) και (γ) ενός διαλύματος που προκύπτει από την ανάμειξη των διαλυμάτων (α) και (β). Σε όλες τις αναπαραστάσεις τα μόρια του νερού αναπαρίστανται μικρότερα για λόγους ευκρίνειας.
(i) Ποια σωματίδια είναι διαλυμένα σε κάθε διάλυμα;
(ii) Τι έχει συμβεί στο διάλυμα (γ);
(iii) Είναι πλήρης η αντίδραση που έλαβε χώρα εντός του διαλύματος (γ);



(α) (β) (γ)

Εικόνα 5.99: *Αναπαραστάσεις διαλυμάτων οξέων και βάσεων στο νερό.*

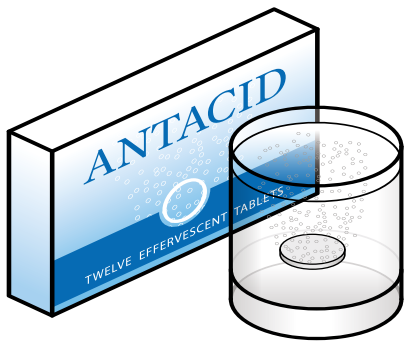
Δείτε και τις σχετικές προσομοιώσεις που επισυνάπτονται.

Με το βλέμμα στον κόσμο: Οι Μεταθετικές Αντιδράσεις

5.32. Για ποιο λόγο τα αναψυκτικά που περιέχουν ανθρακικό (οξύ) χάνουν τη γεύση τους γρήγορα μετά το άνοιγμα του δοχείου που τα περιέχει (Εικόνα 5.100);

Εικόνα 5.100: *Ηδύποτο τύπου cola.*

5.33. Το γάλα της μαγνησίας αποτελεί ένα πολύ συνηθισμένο αντιόξινο φάρμακο, που χρησιμοποιείται για την ανακούφιση των στομαχικών διαταραχών (Εικόνα 5.101). Η λέξη «γάλα» αναφέρεται σε ένα εναιώρημα μιας ουσίας που δεν διαλύεται καλά στο νερό. Το κύριο συστατικό του φαρμάκου είναι η ένωση $Mg(OH)_2$. Με δεδομένο ότι τα υγρά του στομάχου αποτελούν ένα σχετικά πυκνό διάλυμα HCl(aq) να περιγράψετε τη δράση του συγκεκριμένου φαρμάκου.



Εικόνα 5.101: *Αναβράζον δισκίο αντιόξινου φαρμάκου.*

5.34. Το θειικό βάριο χρησιμοποιείται ως απεικονιστικό σε ακτινογραφίες. Μπορεί να παραχθεί από την προσθήκη διαλύματος χλωριδίου του βαρίου σε αραιό θειικό οξύ. Να γραφούν η τυπική και η ιοντική μορφή εξίσωσης για την αντίδραση αυτή.

5.35. Το θειικό βάριο χρησιμοποιείται στην ιατρική παρά το γεγονός ότι ως ένωση θεωρητικά είναι ιδιαίτερα τοξική για τον οργανισμό. Για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας η χρήση αυτού του άλατος δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα;

5.36. Το ξίδι περιέχει ένα οξύ που καλείται οξικό. Είδαμε στην υποενότητα 5.2 ότι το οξικό οξύ (CH_3COOH) ιοντίζεται στο νερό (αν και όχι πλήρως).

Εικόνα 5.102: *Οικιακός καθαρισμός βραστήρα.*

(i) Ποια είναι η αντίδραση του ιοντισμού του CH_3COOH στο νερό;
(ii) Πολλές συσκευές που έρχονται σε επαφή με το νερό, π.χ. αντίσταση πλυντηρίων, καφετιέρες κ.τ.λ., με το χρόνο αποκτούν λευκές αποθέσεις (σαν λευκές πέτρες) που περιορίζουν τη λειτουργικότητά τους (Εικόνα 5.102). Αυτές οι αποθέσεις είναι στην πραγματικότητα ίζημα $CaCO_3(s)$, το οποίο προέρχεται από το νερό. Αρκετοί προτείνουν τον καθαρισμό των συσκευών με ξίδι ή άλλα φυσικά οξέα, π.χ. χυμό τομάτας. Μπορείτε να αιτιολογήσετε τον ρόλο του ξιδιού ως καθαριστικού; Δίνεται ότι τα άλατα των οξικών ιόντων είναι συνήθως ευδιάλυτα στο νερό.

5.37. Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χημικοί που εργάζονται στη συντήρηση ζωγραφικών έργων είναι το γεγονός ότι αρκετά από τα χρώματα των πινάκων σκουραίνουν ή αλλάζουν με το πέρασμα των αιώνων. Τα χρώματα (πιο σωστά τα πιγμέντα) που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι του παρελθόντος βασίζονταν σε ανόργανα άλατα, όπως τα $PbCO_3$ (λευκό), $PbSO_4$ (λευκό), $PbCrO_4$ (κίτρινο), $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ (πρωσικό μπλε) κ.τ.λ. (Εικόνα 5.103).
(i) Κάποιοι χημικοί θεωρούν ότι, αν ένας πίνακας έχει εκτεθεί επί μακρόν σε περιβάλλον βιομηχανικής ρύπανσης και υγρασίας, το λευκό χρώμα του $PbCO_3$ μαυρίζει. Να αιτιολογήσετε αυτή την άποψη, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη αντίδραση και τον Πίνακα 5.3:

$PbCO_3(s) + H_2S(aq) \rightarrow$

(ii) Αν κατά τη δημιουργία του πίνακα βρεθούν σε επαφή δυο στερεές χρωστικές, είναι δυνατόν σε βάθος χρόνου να αναμειχθούν. Για παράδειγμα, παρουσία υγρασίας το πρωσικό μπλε (που περιλαμβάνει ιόντα Fe^{3+}) αντιδρά με βασικές χρωστικές που περιλαμβάνουν ιόντα OH^-, δίνοντας κόκκινους λεκέδες $Fe(OH)_3(s)$. Να γράψετε την ιοντική μορφή εξίσωσης αυτής της αντίδρασης.

Εικόνα 5.103: *Εναστρη νύχτα, Vincent Van Gogh, λάδι σε καμβά. Για τη δημιουργία του πίνακα χρησιμοποιήθηκε η πρώτη συνθετική χρωστική, το πρωσικό μπλε, το οποίο ανακαλύφθηκε το 1703 από τον Johann Diesbach.*

Η Οξείδωση και η Αναγωγή

5.38. Ποια/ες από τις ακόλουθες τρεις αντιδράσεις είναι οξειδοαναγωγική/ές;
α) $Mg(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$
β) $MgO(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(\ell)$
γ) $Mg(OH)_2(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2\ H_2O(\ell)$

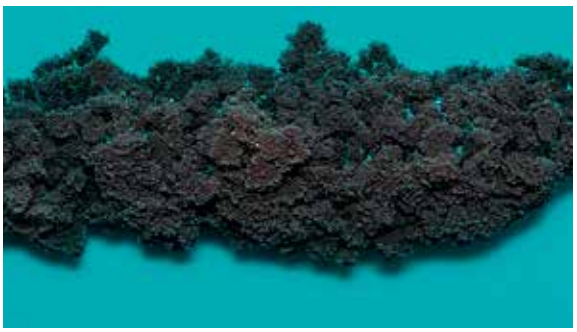
5.39. Ποιες από τις επόμενες πέντε αντιδράσεις είναι οξειδοαναγωγικές;
α) $SnCl_2(s) + Cl_2(g) \rightarrow SnCl_4(\ell)$
β) $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$
γ) $Ba^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaCrO_4(s)$
δ) $2\ H_2O\ (\ell) \rightarrow 2\ H_2(g) + O_2(g)$
ε) $Cd(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + Cu(s)$

5.40. Στην προηγούμενη άσκηση, στις αντιδράσεις που είναι οξειδοαναγωγικές, να εντοπίσετε ποια ουσία οξειδώνεται και ποια ανάγεται.

5.41. Είναι η ακόλουθη αντίδραση οξειδοαναγωγική;

$CO_3^{2-}(aq) + 2\ H_3O^+(aq) \rightarrow 3\ H_2O(\ell) + CO_2(g)$

5.42. Δείτε τις χημικές μεταβολές που απεικονίζονται στην Εικόνα 5.104. Κάποιοι μαθητές περιγράφουν τις αντιδράσεις που έλαβαν χώρα ως σκούριασμα του μετάλλου. Συμφωνείτε μαζί τους;



(α)

(β)

Εικόνα 5.104: *(α) Ρινίσματα σιδήρου και (β) σκόνη ψευδαργύρου φέρονται σε διάλυμα $CuCl_2$.*

5.43. Γιατί δεν πρέπει να αναμειγνύουμε καθαριστικά διαλύματα; Η οικιακή χλωρίνη περιέχει υποχλωριώδες νάτριο (NaClO). Δεν πρέπει να αναμειγνύεται με καθαριστικά διαλύματα αμμωνίας (NH_3), διότι λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις:

$OCl^- + NH_3 \rightarrow OH^- + NH_2Cl$

$NH_3 + NH_2Cl + OH^- \rightarrow N_2H_4 + Cl^- + H_2O$

Οι παραγόμενες ενώσεις είναι τοξικές και εν δυνάμει εκρηκτικές. Να δείξετε ότι οι ανωτέρω αντιδράσεις είναι οξειδοαναγωγικές και να βρείτε ποια ουσία οξειδώνεται και ποια ανάγεται.

5.44. Σε ποια υποκατηγορία αντιδράσεων οξειδοαναγωγής, δηλαδή σύνθεσης, αποσύνθεσης, διάσπασης και απλής αντικατάστασης, ανήκουν οι ακόλουθες αντιδράσεις;

α) $2\ Rb(s) + Br_2(\ell) \rightarrow 2\ RbBr_2(s)$

β) $NaClO(s) \rightarrow Na(s) + ½\ Cl_2(g) + ½\ O_2(g)$

γ) $Pb(s) + 2\ HBr(aq) \rightarrow PbBr_2(s) + H_2(g)$

δ) $HgS(s) \rightarrow Hg(\ell) + S(s)$

ε) $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$

στ) $2\ KI(aq) + F_2(g) \rightarrow 2\ KF(aq) + I_2(s)$

5.45. Κοιτάξτε ξανά την Εικόνα 5.59. Σε αυτήν φαίνεται ότι οι μπλε σφαίρες που αναπαριστούν τα σωματίδια του χαλκού στο (α) είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες κόκκινες σφαίρες των (β) και (γ). Γιατί κατά τη γνώμη σας συμβαίνει αυτό;

5.46. Τόσο στην Εικόνα 5.58 όσο και στην Εικόνα 5.59, το διάλυμα $CuSO_4(aq)$ μοιάζει με το πέρασμα του χρόνου (από το (α) στο (γ)) να αποχρωματίζεται. Μπορείτε να δώσετε μια εξήγηση σε αυτό;

5.47. Στην Εικόνα 5.60 παρουσιάζεται η αντίδραση ανάμεσα στον χαλκό (με τη μορφή σύρματος) και ένα διάλυμα ιόντων αργύρου. Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα σκαρίφημα της αντίδρασης αυτής; Χρησιμοποιήστε ως πρότυπο για τη σχεδίαση που θα κάνετε την Εικόνα 5.59.

5.48. Στην Εικόνα 5.60 επισημαίνεται κάποια αλλαγή στο χρώμα του διαλύματος. Σε ποια αλλαγή αναφέρεται ο υπότιτλος και πώς αυτή προέκυψε;

5.49. Να γράψετε την εξίσωση της αντίδρασης σύνθεσης της γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) από τα στοιχεία της (αντίδραση σχηματισμού).

5.50. Να γράψετε την εξίσωση της αντίδρασης σύνθεσης του υπερμαγγανικού καλίου ($KMnO_4$) από τα στοιχεία του (αντίδραση σχηματισμού).

5.51. Να γράψετε την εξίσωση της αντίδρασης αποσύνθεσης της αιθανόλης (C_2H_6O) στα στοιχεία της (αντίδραση αποσχηματισμού).

Οι Εξισώσεις των Αντιδράσεων

5.52. Με βάση τις σειρές δραστικότητας των μετάλλων και των αμετάλλων (Πίνακας 5.9 και Εικόνα 5.70) να γράψετε την τυπική και την ιοντική μορφή της εξίσωσης για καθεμιά από τις ακόλουθες αντιδράσεις:

α) Σίδηρος διαλύεται στο υδροχλωρικό οξύ.
β) Νικέλιο εμβαπτίζεται σε διάλυμα νιτρικού χαλκού (II).
γ) Χρώμιο διαλύεται στο θειικό οξύ.
δ) Χρυσός εμβαπτίζεται σε υδροχλωρικό οξύ.
ε) Λίθιο εμβαπτίζεται σε νερό.
στ) Φθόριο (F_2) επιδρά σε στερεό NaCl.
ζ) Κοβάλτιο εμβαπτίζεται σε διάλυμα χλωριδίου του καλίου.
η) Λευκόχρυσος (Pt) εμβαπτίζεται σε νερό.
θ) Σίδηρος εμβαπτίζεται σε διάλυμα νιτρικού αργύρου.
ι) Αργίλιο εμβαπτίζεται σε διάλυμα νιτρικού νικελίου.

Η Δραστικότητα των Μετάλλων και ο Περιοδικός Πίνακας

5.53. Παρατηρώντας τον Πίνακα 5.9, ποιο μέταλλο ή ιόν μετάλλου αναμένετε να ανάγεται «ευκολότερα»;

5.54. Παρατηρώντας τον Πίνακα 5.9, ποιο μέταλλο ή ιόν μετάλλου αναμένετε να οξειδώνεται «ευκολότερα»;

5.55. Από την παρατήρηση του Πίνακα 5.9 συνάγεται ότι τα πιο δραστικά μέταλλα ανήκουν στις πρώτες δυο ομάδες του Περιοδικού Πίνακα. Είναι αυτό το γεγονός αναμενόμενο;

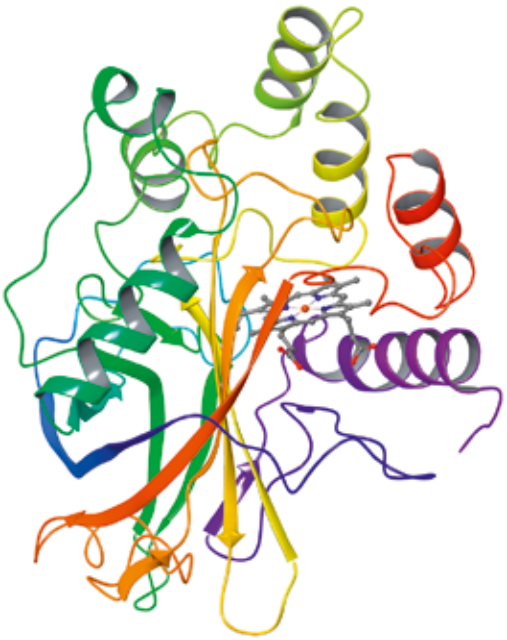
5.56. Θυμηθείτε τη συζήτηση της υποενότητας 2.2.2.
α) Να θέσετε τα τρία πρώτα αλκάλια (μέταλλα της $1^{ης}$ ομάδας του Περιοδικού Πίνακα) κατά σειρά μειούμενης «ευκολίας» απώλειας του εξωτερικού τους ηλεκτρονίου.
β) Κατά πόσο συμφωνεί η σειρά που καταστρώσατε με τη σειρά δραστικότητας αυτών των μετάλλων (Πίνακας 5.9);
γ) Για να απαντήσετε στο υποερώτημα (α), ποια σημαντική παράμετρο των αντιδράσεων απλής αντικατάστασης δεν λάβατε υπ' όψιν σας;

Υπόδειξη: Δείτε ξανά τον τίτλο του Πίνακα 5.9!

Σημειώνεται ότι πέραν της επισήμανσης της παραμέτρου δεν μπορεί να γίνει περαιτέρω συζήτηση για αυτό στο πλαίσιο του μαθήματος της Α΄ Λυκείου.

Με το βλέμμα στον κόσμο: Οι Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις

5.57. Οι περισσότερες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στους ζωντανούς οργανισμούς είναι οξειδο-αναγωγικές. Αυτές οι αντιδράσεις συνήθως επιταχύνονται από ένζυμα (βιοχημικοί καταλύτες).



Εικόνα 5.105: *Απεικόνιση Richardson του ενζύμου καταλάση. Διακρίνεται η αίμη, δηλαδή ο δακτύλιος της πορφυρίνης, με το κεντρικό ιόν Fe^{3+} (πορ-Fe^{3+}).*

Η καταλάση είναι ένα τέτοιο ένζυμο (Εικόνα 5.105), το οποίο προστατεύει τα κύτταρα των οργανισμών από τη συγκέντρωση σε αυτά του επικίνδυνου οξειδωτικού παράγοντα H_2O_2 (το γνωστό μας οξυζενέ). Η καταλάση διασπά το H_2O_2 με τη βοήθεια των ιόντων σιδήρου που περιέχει. Οι ενζυμικές αντιδράσεις (Εικόνα 5.106) με τις οποίες επιτυγχάνεται αυτή η διάσπαση, απλουστευμένα, μπορούν να παρουσιαστούν ως εξής:

Εικόνα 5.106: *Διάφορα είδη σκαθαριών, προκειμένου να προστατευτούν από τους εχθρούς τους, εκτοξεύουν ένα τοξικό υγρό, το οποίο δημιουργείται μεταξύ άλλων από την αντίδραση της καταλάσης.*

α) $H_2O_2(aq) + ενζ(πορ\text{-}Fe^{3+}) \rightarrow ενζ(πορ^{+}\text{-}Fe^{4+}=O) + H_2O(\ell)$

β) $ενζ(πορ^{+}\text{-}Fe^{4+}=O) + H_2O_2(aq) \rightarrow ενζ(πορ\text{-}Fe^{3+}) + H_2O(\ell) + O_2(g)$

Να δείξετε ότι αμφότερες οι αντιδράσεις είναι οξειδο-αναγωγικές και να εντοπίσετε τις ουσίες που υφίστανται την οξείδωση ή την αναγωγή.

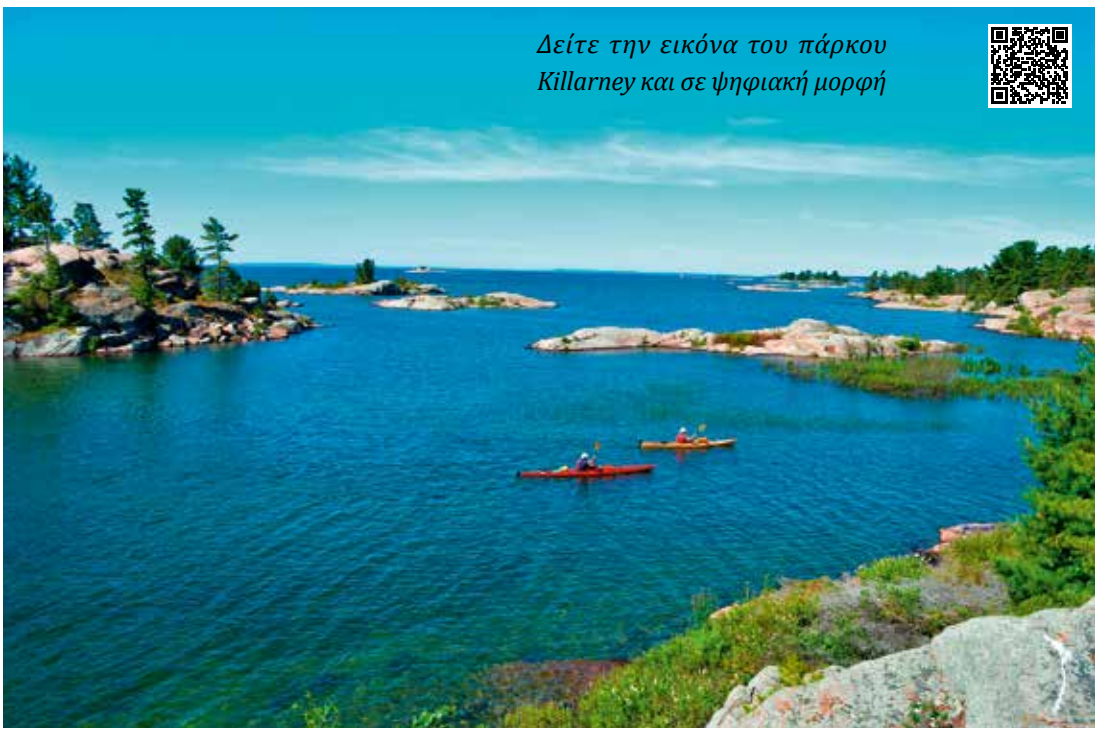
Δουλεύοντας σε ομάδες: Οι Χημικές Αντιδράσεις

Ο5.1. *«Μια ομάδα παιδιών που κάνουν κανό στο επαρχιακό πάρκο Killarney του Καναδά (Εικόνα 5.107), κωπηλατούν σε μια γαλήνια και αφύσικα τιρκουάζ λίμνη. Είναι μια ζεστή ηλιόλουστη μέρα και ένα διψασμένο αγόρι βυθίζει ένα αλουμινένιο κατσαρολάκι στο νερό για να ξαναγεμίσει τα θερμός των φίλων του. Σε μια στιγμιαία απώλεια συγκέντρωσης το δοχείο γλιστράει από το χέρι του. Καθώς βυθίζεται μέσα στο νερό, το απίστευτο είναι ότι είναι ορατό μέχρι τον πυθμένα της λίμνης περίπου 15 μέτρα πιο κάτω.*

Είναι τα μέσα της δεκαετίας του 1980. Ένα από τα παιδιά που κωπηλατούν είμαι εγώ, και υπάρχει μια ατυχής εξήγηση για αυτή τη διαύγεια του νερού. Αυτή η λίμνη, κοντά στα χυτήρια νικελίου και χαλκού της πόλης Sudbury του Οντάριο, έχει αλλοιωθεί ριζικά από την όξινη βροχή. Σχεδόν κάθε ζωντανό ον στο νερό (όπως τα μικροσκοπικά φύκια που κανονικά θα εμπόδιζαν το φως να φτάσει στα βάθη) έχει εξαφανιστεί, αφήνοντας το νερό εδώ και στις λίμνες σε όλη την περιοχή ένα όμορφο αλλά απόκοσμα άψυχο γαλαζοπράσινο.»

Lesley Evans Ogden, 7/8/2019,

Η γλυκόπικρη ιστορία τού πώς σταματήσαμε την όξινη βροχή, BBC.com.



Εικόνα 5.107: *Η λίμνη στο πάρκο Killarney.*

Εικόνα 5.108: *Η Ακρόπολη των Αθηνών με τον Παρθενώνα. Οπως πολλά μνημεία παγκοσμίως, έχει υποστεί σημαντική καταστροφή από τις συνέπειες της όξινης βροχής.*

https://www.bbc.com/future/article/20190823-can-lessons-from-acid-rain-help-stop-climate-change

Εργαζόμενοι/ες σε ομάδες:

Βρείτε πληροφορίες για το πρόβλημα της όξινης βροχής, πώς δημιουργήθηκε, πώς έγινε αντιληπτό, πώς επηρέασε τα οικοσυστήματα αλλά και τα μνημεία (Εικόνα 5.108) και πώς τελικά αντιμετωπίστηκε.

Να παρουσιάσετε στην ολομέλειά σας τα αποτελέσματα της έρευνάς σας με κείμενα, παρουσιάσεις, βίντεο, κατασκευές ή ό,τι άλλο κρίνετε σκόπιμο.

Δείτε την εικόνα της Ακρόπολης των Αθηνών και σε ψηφιακή μορφή

6 Στοιχειομετρία

Ποσότητα ύλης, Mole, Αριθμός Avogadro, Μολαρική μάζα, Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί, Συγκέντρωση διαλύματος

6.1. Η Έννοια του mole
6.2. Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί I
6.3. Συγκέντρωση Διαλύματος

Η διατήρηση, προστασία και βιώσιμη χρήση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων αποτελεί έναν από τους στόχους για την αειφόρο ανάπτυξη. Η επίτευξη αυτού του στόχου προϋποθέτει τον ποσοτικό προσδιορισμό και τη συνεχή παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων για το οικοσύστημα. Τέτοιου είδους ποσοτικοί υπολογισμοί είναι το αντικείμενο μελέτης αυτής της ενότητας.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε τι είναι οι χημικές αντιδράσεις, πώς τις συμβολίζουμε και σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται. Όταν πραγματοποιείται μια χημική αντίδραση, είναι σημαντικό να μπορούμε να υπολογίσουμε εκ των προτέρων πόση ποσότητα κάθε προϊόντος θα παραχθεί και πόση ποσότητα κάθε αντιδρώντος θα καταναλωθεί. Η πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων χωρίς αυτή τη γνώση μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτες συνέπειες. Ίσως ένα ακριβό αντιδραστήριο να πάει χαμένο, επειδή προστέθηκε πολύ περισσότερο από ό,τι χρειαζόταν. Μια αντίδραση μπορεί να παράγει περισσότερο αέριο από όσο μπορεί να χωρέσει το δοχείο της αντίδρασης, οδηγώντας σε έκρηξη. Επίσης, σε πολλές αντιδράσεις είναι δύσκολο να διαχωριστεί το επιθυμητό προϊόν από κάποιο αντιδρών που μπορεί να περισσέψει.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε πώς να υπολογίζουμε τις ποσότητες των αντιδρώντων που καταναλώνονται και των προϊόντων που παράγονται, δεδομένης της ισοσταθμισμένης χημικής εξίσωσης που αναπαριστά μια χημική αντίδραση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **στοιχειομετρικός υπολογισμός**. Όταν τελειώσετε τη μελέτη του κεφαλαίου, θα πρέπει να είστε σε θέση να προσδιορίζετε την ποσότητα ενός προϊόντος που σχηματίζεται σε μια χημική αντίδραση δεδομένης της ποσότητας των αντιδρώντων, αλλά και το αντίστροφο. Επειδή οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί γίνονται με βάση τις ποσότητες των ουσιών που συμμετέχουν σε μία αντίδραση, θα εισάγουμε προηγουμένως ένα θεμελιώδες φυσικό μέγεθος, την **ποσότητα ουσίας**, καθώς και τη μονάδα μέτρησής της που είναι το **mole**. Επιπλέον, σε αυτό το κεφάλαιο θα επεκτείνουμε την ενασχόλησή μας με τα διαλύματα, εισάγοντας μια νέα έκφραση περιεκτικότητας, τη **συγκέντρωση**. Θα δούμε διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να μεταβάλουμε τη συγκέντρωση ενός διαλύματος, όπως είναι η **αραίωση** και η **συμπύκνωση** ενός διαλύματος, η **προσθήκη διαλυμένης ουσίας** και η **ανάμειξη** διαφορετικών διαλυμάτων. Τέλος, θα συμπεριλάβουμε στους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς και διαλύματα ουσιών που συμμετέχουν σε μία αντίδραση.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *συνδέετε* τις μακροσκοπικές με τις υπομικροσκοπικές ποσότητες της ύλης, μέσω της έννοιας του mole.
- *εκτελείτε* απλούς στοιχειομετρικούς υπολογισμούς.
- *πραγματοποιείτε* εργαστηριακά διαδικασίες παρασκευής, αραίωσης και ανάμειξης διαλυμάτων αξιοποιώντας την έννοια της συγκέντρωσης.

6.1. Η Έννοια του mole

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *αναγνωρίζετε* τη χρησιμότητα της εισαγωγής της έννοιας του mole.
- *διατυπώνετε* τον ορισμό του mole και τον συσχετίζετε με τον αριθμό του Avogadro N_A και με την ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας (u).
- *διατυπώνετε* τον ορισμό της μολαρικής μάζας (M).
- *μετατρέπετε* τα mol μιας ουσίας σε μάζα ή/και αριθμό μορίων/σωματιδίων/ιόντων και αντίστροφα.

Όταν θέλουμε να κάνουμε το ρόφημά μας λίγο πιο γλυκό, προσθέτουμε ένα κουταλάκι ζάχαρη. Ή αλλιώς, περίπου $3 \cdot 10^{21}$ μόρια ζάχαρης! Ο αριθμός των σωματιδίων (ατόμων, μορίων ή ιόντων) που περιέχεται σε μερικά μόλις γραμμάρια μιας ουσίας είναι τεράστιος και ο πειραματικός προσδιορισμός του είναι μια δύσκολη διαδικασία. Αυτό που μπορούμε σχετικά εύκολα να μετρήσουμε είναι η μάζα ή ο όγκος μιας ουσίας. Πολλοί όμως χημικοί υπολογισμοί στηρίζονται στον αριθμό σωματιδίων των ουσιών. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη να εισαχθεί ένα φυσικό μέγεθος που θα εκφράζει, πιο απλά, τον τεράστιο και δύσκολο να προσδιοριστεί αριθμό των σωματιδίων μιας ουσίας και θα τον συνδέει με τη μάζα ή τον όγκο της.

6.1.1. Το mole και η σταθερά του Avogadro

Το μέγεθος που χρησιμοποιούμε για να εκφράσουμε πιο απλά τον αριθμό σωματιδίων μιας ουσίας είναι η ***ποσότητα ουσίας (n)***. Είναι ένα από τα επτά θεμελιώδη μεγέθη στο SI και η μονάδα μέτρησής του είναι το **mole** (σύμβολο **mol**). Πώς όμως έχει οριστεί το mole; Ποια ποσότητα ουσίας εκφράζει;

Ας ξεκινήσουμε τη συζήτηση παρακολουθώντας το βίντεο με τη δραστηριότητα που θα βρείτε στον πλαϊνό σύνδεσμο.

Ανάλογη διαδικασία με αυτήν που είδατε στο βίντεο μπορούμε να εφαρμόσουμε, για να βρούμε τον αριθμό ατόμων που περιέχεται σε ορισμένη μάζα ενός στοιχείου.

Διαθέτουμε στο εργαστήριο στη στοιχειακή τους μορφή τα στοιχεία C και Mg.

σκόνη C

σκόνη Mg

1. *Οι A_r των δύο στοιχείων [A_r(C) = 12 και A_r(Mg) = 24], όπως γνωρίζετε, εκφράζουν τη **μέση** μάζα των ατόμων τους. Πόσες φορές μεγαλύτερη μάζα έχει το άτομο του Mg από το άτομο του C;*

.....

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη μονάδα ατομικής μάζας (u).*
- **Γνωρίσαμε** *τη σχετική ατομική και τη σχετική μοριακή μάζα.*
- **Συζητήσαμε** *για τον συμβολισμό και γνωρίσαμε τις ονομασίες των χημικών στοιχείων και των χημικών ενώσεων.*

Μπορείτε να παρακολουθήσετε βίντεο σχετικό με τη Δραστηριότητα αυτή εδώ:

Φύλλο εργασίας για δραστηριότητα.

Δραστηριότητα:

Μετρώντας τα άτομα

Γνωρίζουμε από την Ενότητα 2 την έννοια της σχετικής ατομικής μάζας A_r ενός στοιχείου.

2. *Πόσες φορές μεγαλύτερη μάζα θα έχουν: α) Δύο άτομα Mg από δύο άτομα C; β) Εκατό άτομα Mg από εκατό άτομα C; γ) Πεντακόσια άτομα Mg από πεντακόσια άτομα C;*

.....

3. *Ζυγίζουμε με το ζυγό 0,2 g C. Πόσα g Mg πρέπει να ζυγίσουμε για να περιέχουν* ***τον ίδιο αριθμό ατόμων*** *Mg με τα άτομα C που περιέχονται στα 0,2 g C;*

.....

4. *Θέλουμε τώρα να βρούμε ποιος ακριβώς είναι ο αριθμός των ατόμων που περιέχεται σε αυτές τις μάζες C και Mg που ζυγίσαμε. Τι θα κάναμε, αν γνωρίζαμε ότι η μέση μάζα των ατόμων C είναι $2 \cdot 10^{-23}$ g; Να κάνετε τον υπολογισμό.*

.....

5. *Με βάση τον αριθμό ατόμων που βρήκαμε στο βήμα 4, υπολογίζουμε τώρα τη μέση μάζα των ατόμων Mg σε g.*

.....

6. *Υπολογίζουμε τώρα: α) Πόσα άτομα C περιέχονται σε τόσα g C όσο είναι το A_r του και β) Πόσα άτομα Mg περιέχονται σε τόσα g Mg όσο είναι το A_r του.*

.....

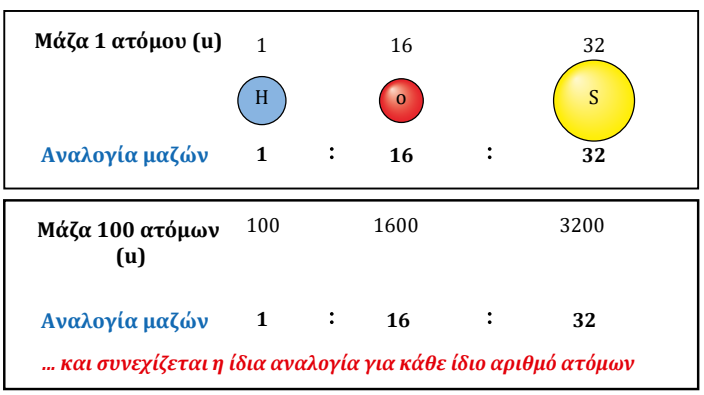
Συγκρίνουμε τα δύο αποτελέσματα. Τι συμπεραίνουμε;

.....

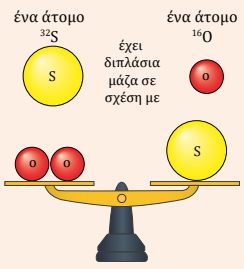
Συζήτηση στην ομάδα

Συζήτηση στην ολομέλεια

Η σχετική ατομική μάζα (A_r) του υδρογόνου Η είναι 1, του οξυγόνου Ο είναι 16 και του θείου S είναι 32. Με άλλα λόγια ένα άτομο Ο έχει μάζα 16 φορές μεγαλύτερη από ένα άτομο Η, ενώ ένα άτομο S έχει μάζα 32 φορές μεγαλύτερη από ένα άτομο Η (Εικόνα 6.1). Αυτή η αναλογία μαζών (1:16:32) για τα στοιχεία Η, Ο και S θα παραμείνει σταθερή, αν αυξήσουμε τον αριθμό των ατόμων, αρκεί να έχουμε πάλι **τον ίδιο αριθμό ατόμων από κάθε στοιχείο** (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Αν πάρουμε ίδιο αριθμό ατόμων από κάθε στοιχείο, η αναλογία μαζών παραμένει σταθερή.



Εικόνα 6.1: Αφού $A_r(O)=16$ και $A_r(S)=32$, η μάζα του ατόμου του S είναι διπλάσια από τη μάζα του ατόμου του O.

Επομένως, αν πάρουμε τόση μάζα σε γραμμάρια από κάθε στοιχείο όση είναι η A_r του, διατηρήσουμε δηλαδή την ίδια αναλογία μαζών που υπάρχει και στο ένα άτομο των στοιχείων, οι μάζες αυτές θα πρέπει να περιέχουν τον ίδιο αριθμό ατόμων. Για παράδειγμα, 1 g υδρογόνου, 16 g οξυγόνου και 32 g θείου περιέχουν τον ίδιο αριθμό ατόμων.

Μια μάζα σε g οποιουδήποτε στοιχείου, η οποία ισούται αριθμητικά με την A_r του στοιχείου, περιέχει τον ίδιο αριθμό ατόμων.

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή, το mole είναι η μονάδα μέτρησης της ποσότητας ουσίας. Με βάση όσα είπαμε θα ήταν πολύ βολικό να οριστεί το mole με βάση τον αριθμό των ατόμων που περιέχονται σε τόσα γραμμάρια των στοιχείων όσο είναι το A_r τους. Έτσι, το 1 mol ενός στοιχείου θα συνδέει ένα συγκεκριμένο, σταθερό αριθμό ατόμων με μια γνωστή μάζα του στοιχείου, δηλαδή (A_r)g. Ποιος είναι όμως αυτός ο αριθμός ατόμων που περιέχονται σε (A_r)g οποιουδήποτε στοιχείου;

Όπως γνωρίζετε, η **μέση** μάζα των ατόμων ενός στοιχείου εκφράζεται απευθείας από τη σχετική ατομική μάζα A_r του στοιχείου.

Για να υπολογίσουμε τον αριθμό των ατόμων που περιέχονται σε ορισμένη μάζα ενός στοιχείου εκφρασμένη σε g, μπορούμε να διαιρέσουμε τη μάζα αυτή του στοιχείου με τη σχετική ατομική του μάζα (A_r), εκφρασμένη επίσης σε g.

Για να εκφράσουμε την A_r ενός στοιχείου σε g, αρκεί να πολλαπλασιάσουμε την A_r του στοιχείου με τη μάζα του 1u.

$1u = 1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g

Με βάση αυτό, θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των ατόμων που περιέχονται σε (A_r) g ενός στοιχείου. Αν N είναι αυτός ο αριθμός των ατόμων, τότε θα ισχύει:

$$N = \frac{m_{\text{στοιχείου}}}{m_{\text{ατόμου}}} = \frac{(A_r)\ \text{g}}{(A_r \cdot \text{u})\ \text{g/άτομο}} = \left(\frac{1}{1{,}66 \cdot 10^{-24}}\right) \text{άτομα} \approx 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{άτομα}$$

Όπως φαίνεται και από τη διπλανή σχέση, τα $6{,}02 \cdot 10^{23}$ u έχουν μάζα $6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot (1u)g =$ $= 6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-24}\ g = 1\ g$.

Μια μάζα σε g οποιουδήποτε στοιχείου η οποία ισούται αριθμητικά με την A_r του στοιχείου, περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ άτομα.

Αυτός ο αριθμός, $6{,}02 \cdot 10^{23}$, ονομάζεται ***αριθμός Avogadro***, συμβολίζεται με N_A και με βάση αυτόν έχει οριστεί το mole. Επομένως:

> 1 mol είναι η ποσότητα ουσίας που περιέχει $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ στοιχειώδεις οντότητες.

Με τον όρο οντότητες εννοούνται άτομα, μόρια, ιόντα κ.τ.λ. Για το Λύκειο θα προσεγγίζουμε τον αριθμό Avogadro στην τιμή $6{,}02 \cdot 10^{23}$

Ο αριθμός $6{,}02 \cdot 10^{23}$ είναι ασύλληπτα μεγάλος. Για να πάρετε μια ιδέα, ένα mol δευτερολέπτων αντιστοιχεί σε χρονικό διάστημα 4 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερο από την ηλικία της γης, ενώ ένα mol από μαρμάρινα πλακάκια μπορεί να καλύψει ολόκληρη τη γη σε βάθος 60 χιλιομέτρων! Ωστόσο, επειδή τα άτομα είναι πάρα πολύ μικρά, ένα mol ατόμων ή μορίων είναι μια απολύτως διαχειρίσιμη ποσότητα ουσίας.

Ο αριθμός Avogadro, που ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του Ιταλού επιστήμονα Amedeo Avogadro (Εικόνα 6.3), εκφράζει έναν συγκεκριμένο αριθμό σωματιδίων και είναι καθαρός αριθμός. Αυτός όμως ο αριθμός αντιστοιχεί ταυτόχρονα και σε μία σταθερά, τη ***σταθερά Avogadro***, με βάση την οποία

Εικόνα 6.3: *Amedeo Avogadro (1776 – 1856). Ο Avogadro με τις μελέτες του στις αρχές του 19ου αιώνα άνοιξε τον δρόμο για τον μετέπειτα θεωρητικό και πειραματικό προσδιορισμό του αριθμού στον οποίο δόθηκε προς τιμήν του το όνομά του (N_A).*

ορίζεται το mol και η οποία έχει μονάδες mol^{-1}, αφού αντιστοιχούν $6,02 \cdot 10^{23}$ οντότητες ανά mol ουσίας.

Παράδειγμα 6.1 Πόσα mol ατόμων του στοιχείου Al περιέχουν $12,04 \cdot 10^{23}$ άτομα Al;

Λύση:

Με βάση τον ορισμό του mole έχουμε:

Σε 1 mol ατόμων Al περιέχονται $6,02 \cdot 10^{23}$ άτομα Al

n = ; $12,04 \cdot 10^{23}$ άτομα Al

$$n = 1 \text{ mol} \cdot \frac{12,04 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2 \text{ mol Al}$$

Εφαρμογή 6.2 Πόσα μόρια της ένωσης CO_2 περιέχονται σε 2,5 mol CO_2;

.....

.....

Με το βλέμμα στον κόσμο: Πειραματικός προσδιορισμός του αριθμού Avogadro.

Ο αριθμός Avogadro έχει υπολογιστεί με διάφορους τρόπους.

Είδαμε ήδη έναν τρόπο υπολογισμού του, μετρώντας μάζες και έχοντας ως δεδομένο ότι το 1u έχει μάζα $1,66 \cdot 10^{-24}$ g. Τι μπορεί όμως να γίνει, αν αυτή η μάζα δεν είναι γνωστή;

Το 1914 ο William Bragg (Νόμπελ Φυσικής 1915 μαζί με τον γιό του Lawrence) χρησιμοποίησε μια κρυσταλλογραφική τεχνική, την **περίθλαση ακτίνων Χ**, για να υπολογίσει τον αριθμό Avogadro. Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει τη διέλευση ακτίνων Χ μέσα από πολύ καθαρούς κρυστάλλους και την ανάλυση της εικόνας που προκύπτει σε μια φωτογραφική πλάκα.

Με αυτή την τεχνική μπορεί να προσδιοριστεί η θέση των σωματιδίων του υλικού (άτομα ή ιόντα) στο κρυσταλλικό πλέγμα.

Ας δούμε ένα παράδειγμα τέτοιου υπολογισμού

Στην Εικόνα 6.4 φαίνεται η **μοναδιαία κυψελίδα** του μεταλλικού νατρίου. Η μοναδιαία κυψελίδα είναι η απλούστερη διευθέτηση ατόμων στον κρύσταλλο η οποία, επαναλαμβανόμενη, θα αναπαράγει την ίδια δομή.

Το κεντρικό άτομο Na βρίσκεται μέσα στην κυψελίδα.

Τα οκτώ άτομα στις γωνίες της κυβικής κυψελίδας ανήκουν το καθένα ταυτόχρονα σε οκτώ μοναδιαίες κυψελίδες (Εικόνα 6.5). Αυτό σημαίνει ότι ο

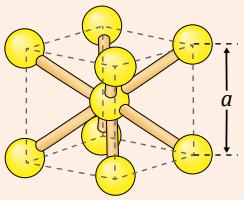
καθαρός αριθμός ατόμων που περιέχει η μοναδιαία κυψελίδα είναι συνολικά $1 + 8 \cdot 1/8 = 2$ άτομα. Η περίθλαση των ακτίνων Χ δείχνει ότι η ακμή της κυψελίδας του νατρίου (συμβολίζεται με ***a*** στην Εικόνα 6.4) είναι 0,429 nm ή $0{,}429 \cdot 10^{-7}$ cm ($1\ \text{nm} = 10^{-9}\ \text{m}$).

Ο όγκος της μοναδιαίας κυψελίδας, δηλαδή δύο ατόμων, είναι $(0{,}429 \cdot 10^{-7})^3\ \text{cm}^3 = 0{,}0790 \cdot 10^{-21}\ \text{cm}^3$. Επομένως, ο όγκος που καταλαμβάνει ένα άτομο νατρίου είναι $0{,}0395 \cdot 10^{-21}\ \text{cm}^3$.

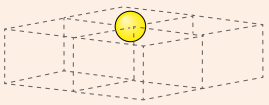
Η σχετική ατομική μάζα του νατρίου είναι 22,99 και η πυκνότητα του νατρίου είναι $0{,}97\ \text{g/cm}^3$. Με βάση τη σχέση **όγκος = μάζα / πυκνότητα** ο όγκος ενός mol ατόμων νατρίου θα είναι: $22{,}99\ \text{g} / 0{,}97\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 23{,}70\ \text{cm}^3$.

Ο **αριθμός Avogadro = όγκος 1 mol ατόμων / όγκος ενός ατόμου** = $23{,}70\ \text{cm}^3 / 0{,}0395 \cdot 10^{-21}\ \text{cm}^3 = 6 \cdot 10^{23}$.

Μπορείτε κι εσείς, με απλά μέσα, να προσεγγίσετε τον αριθμό Avogadro ακολουθώντας την πορεία της δραστηριότητας Ο6.1 (στο τέλος του Κεφαλαίου).



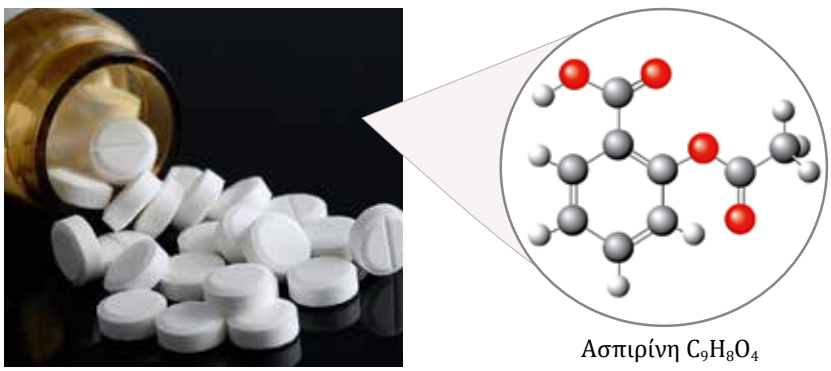
Εικόνα 6.4: *Η μοναδιαία κυψελίδα του μεταλλικού νατρίου. Οι σφαίρες στην πράξη ακουμπούν μεταξύ τους, καλύπτοντας σχεδόν όλον τον χώρο του κύβου.*



Εικόνα 6.5: *Η κίτρινη σφαίρα (άτομο Na) ανήκει ταυτόχρονα και στις τέσσερις κυψελίδες που βρίσκονται ακριβώς από πάνω.*

6.1.2. Τα mole ατόμων (ή ιόντων) των στοιχείων σε μια χημική ένωση

Η ασπιρίνη με μοριακό τύπο $C_9H_8O_4$ είναι ένα ευρέως γνωστό αντιφλεγμονώδες και αναλγητικό φάρμακο (Εικόνα 6.6). Ας προσπαθήσουμε να βρούμε πόσα mol ατόμων C, H και O περιέχονται σε 5 mol μορίων ασπιρίνης.



Ασπιρίνη $C_9H_8O_4$

Εικόνα 6.6: *Αριστερά: Δισκία ασπιρίνης. Δεξιά: Ένα μοριακό μοντέλο και ο μοριακός τύπος της ασπιρίνης.*

Οι δείκτες σε έναν μοριακό τύπο δείχνουν τον αριθμό των ατόμων κάθε στοιχείου που περιέχονται στο ένα μόριο της ουσίας (Εικόνα 6.7).

Από τον μοριακό τύπο της ασπιρίνης προκύπτει ότι:

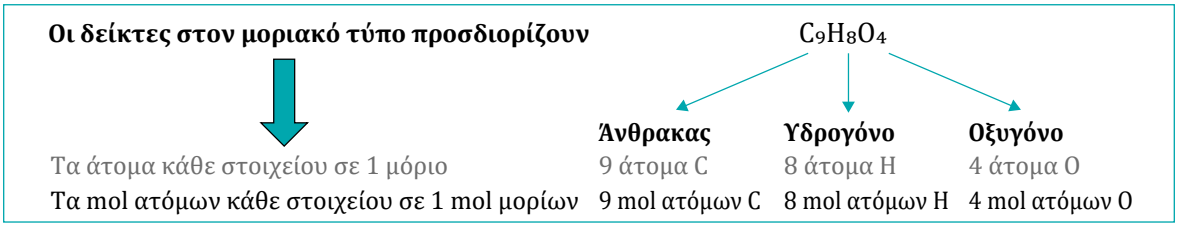
Σε 1 μόριο $C_9H_8O_4$ περιέχονται 9 άτομα C, 8 άτομα H και 4 άτομα O.

Οπότε, αναλογικά:

Σε N_A μόρια $C_9H_8O_4$ περιέχονται $9N_A$ άτομα C, $8N_A$ άτομο H και $4N_A$ άτομα O.

Επομένως:

Σε 1 mol μορίων $C_9H_8O_4$ περιέχονται 9 mol ατόμων C, 8 mol ατόμων H και 4 mol ατόμων O.

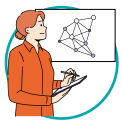


Εικόνα 6.7: Πληροφορίες που παίρνουμε από τους δείκτες στον μοριακό τύπο μιας ουσίας.

Οι δείκτες σε έναν μοριακό τύπο δείχνουν και τον αριθμό mol ατόμων κάθε στοιχείου που περιέχονται σε ένα mol μορίων της ουσίας.

Οπότε, αναλογικά:

Σε 5 mol μορίων $C_9H_8O_4$ περιέχονται 45 mol ατόμων C, 40 mol ατόμων H και 20 mol ατόμων O.

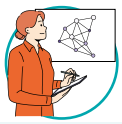


Παράδειγμα 6.3 Πόσα mol μορίων NH_3 περιέχουν 12 mol ατόμων H;

Το 1 mol NH_3 περιέχει 3 mol ατόμων H

$$\frac{n_{NH_3}}{1\ mol} = \frac{12\ mol}{3\ mol}$$

$$n_{NH_3} = 1\ mol \frac{12\ mol}{3\ mol} = 4\ mol$$



Παράδειγμα 6.4 Πόσα mol ιόντων Ca^{2+} και NO_3^- περιέχονται σε 3 mol του άλατος $Ca(NO_3)_2$;

Λύση:

Σε ποσότητα 1 mol $Ca(NO_3)_2$ περιέχονται 1 mol ιόντων Ca^{2+} και 2 mol ιόντων NO_3^-

Σε 3 mol x = ; y;

x = 3 mol και y = 6 mol

6.1.3. Η μολαρική μάζα

Είδαμε ότι 1 mol οποιουδήποτε χημικού στοιχείου ζυγίζει A_r g. Τελείως ανάλογα προκύπτει ότι 1 mol οποιασδήποτε μοριακής ουσίας (στοιχείου ή ένωσης) ζυγίζει M_r g, ενώ 1 mol οποιασδήποτε ιοντικής ένωσης ζυγίζει F_r g.

Η μάζα ενός mol μιας ουσίας ονομάζεται *μολαρική μάζα*, συμβολίζεται με *M* και έχει μονάδες g·mol^{-1}.

Με βάση τα προηγούμενα συμπεραίνουμε ότι η μολαρική μάζα ^{M} μιας ουσίας ισούται αριθμητικά με:

- την A_r για άτομα στοιχείου,
- την M_r για μοριακή ουσία, στοιχείο ή χημική ένωση,
- την F_r για ιοντική ένωση.

Επομένως: **1 mol μιας ουσίας ζυγίζει *M* γραμμάρια και περιέχει N_A σωματίδια της ουσίας.**

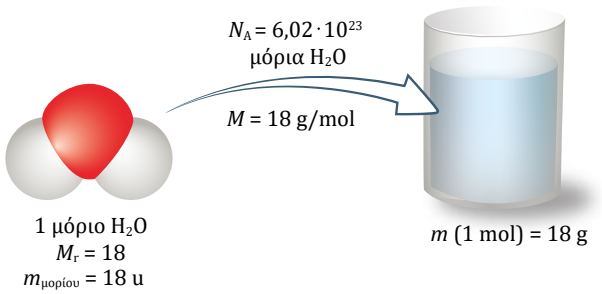
Όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 2, η M_r είναι η σχετική μοριακή μάζα μιας μοριακής ουσίας και η F_r είναι η σχετική τυπική μάζα μιας ιοντικής ένωσης.

Για παράδειγμα, ο άνθρακας (C) έχει σχετική ατομική μάζα A_r 12. Αυτό σημαίνει ότι 1 mol ατόμων άνθρακα περιέχει N_A άτομα και έχει μάζα 12 g. Οπότε, για να έχουμε 1 mol ατόμων άνθρακα, αρκεί να ζυγίσουμε 12 g άνθρακα (Εικόνα 6.8). Η μολαρική μάζα M ενός στοιχείου βρίσκεται κοιτώντας απλά τη σχετική ατομική του μάζα A_r στον περιοδικό πίνακα.

Εικόνα 6.8: *Δείγματα 1 mol από διάφορες χημικές ουσίες.*

Ας δούμε μερικά ακόμα παραδείγματα για τη σχέση mol, αριθμού σωματιδίων και μάζας μιας ουσίας.

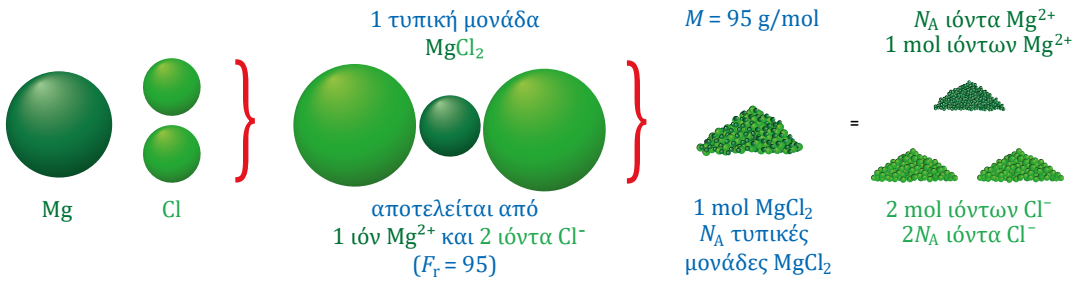
1 mol H_2O περιέχει N_A μόρια H_2O και ζυγίζει 18 g [$M_r(H_2O) = 18$] (Εικόνα 6.9).



Εικόνα 6.9: *Η σχέση mol, μάζας και αριθμού μορίων για το νερό.*

Επιπλέον 1 mol $MgCl_2$ (ιοντική ένωση) περιέχει 1 mol ιόντων Mg^{2+} (N_A ιόντα Mg^{2+}) και 2 mol ιόντων Cl^- ($2N_A$ ιόντα Cl^-) και ζυγίζει 95 g [$F_r(MgCl_2) = 95$] (Εικόνα 6.10).

Αντίστοιχα, 1 mol CO_2 περιέχει N_A μόρια CO_2 και ζυγίζει 44 g [$M_r(CO_2) = 44$] (Εικόνα 6.11).



Εικόνα 6.10: *Η σχέση mol, μάζας και αριθμού τυπικών μονάδων και ιόντων για την ιοντική ένωση $MgCl_2$.*

Παράδειγμα 6.5 Πόσα mol ατόμων Al περιέχονται σε 40,5 g αργιλίου; Δίνεται: $A_r(Al) = 27$.

Λύση:

Με βάση την ανωτέρω περιγραφή έχουμε:

Σε 27 g Al περιέχεται 1 mol ατόμων

40,5 g Al n = ;

$$n = 1\ \text{mol} \cdot \frac{40{,}5\ \text{g}}{27\ \text{g}} = 1{,}5\ \text{mol}$$

Παράδειγμα 6.6 Πόσα mol μορίων περιέχονται σε 138 g αιθανόλης (C_2H_6O); Δίνονται: $A_r(H) = 1$, $A_r(C) = 12$ και $A_r(O) = 16$.

Λύση:

Καταρχάς, θα υπολογίσουμε το M_r της αιθανόλης:

$M_r = 2\,A_r(C) + 6\,A_r(H) + A_r(O) = 46$

Επομένως, ισχύει:

Σε 46 g αιθανόλης περιέχεται 1 mol μορίων

136 g αιθανόλης n = ;

$$n = 1\ \text{mol} \cdot \frac{136\ \text{g}}{46\ \text{g}} = 3\ \text{mol}$$

Εικόνα 6.11: Η σχέση mol, μάζας και αριθμού μορίων για το CO_2.

6.1.4. Σχέσεις για αλληλομετατροπές μάζας, mole και αριθμού σωματιδίων

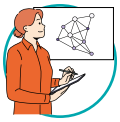
Είναι ξεκάθαρο ότι το *mole* αποτελεί τον συνδετικό κρίκο που συνδέει τη μάζα μιας ουσίας με τον αριθμό των σωματιδίων που αυτή περιέχει. Τώρα μπορούμε να εξάγουμε δύο χρήσιμες σχέσεις τις οποίες θα χρησιμοποιούμε απευθείας, αντί να κάνουμε αναλογία, για να αλληλομετατρέπουμε τα μεγέθη ποσότητα σε mol (n), μάζα σε g (m) και αριθμός σωματιδίων (N) μιας ουσίας.

Είναι προφανές ότι η ποσότητα σε mol μιας ουσίας προκύπτει, αν διαιρέσουμε τη μάζα m της ουσίας με τη μάζα M του ενός mol της ή τον αριθμό των σωματιδίων N της ουσίας με τον αριθμό των σωματιδίων N_A του ενός mol της. Επομένως ισχύει:

$$n = \frac{m}{M} \quad (6.1) \qquad \text{και} \qquad n = \frac{N}{N_A} \quad (6.2)$$

Το γενικό σχήμα για να κάνουμε αυτές τις μετατροπές για μια ουσία Χ είναι:

$$m(\text{X}) \xleftrightarrow[n = \frac{m}{M}]{M_x} n(\text{X}) \xleftrightarrow[n = \frac{N}{N_A}]{N_A} N(\text{X})$$



Αλληλομετατροπές των μεγεθών n, N, m

Παράδειγμα 6.7

Να βρεθεί ο αριθμός των μορίων που περιέχονται σε 132 g CO_2. Δίνονται $A_r(C) = 12$, $A_r(O) = 16$.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Οι μετατροπές θα γίνουν με βάση το σχήμα* $m(X) \xleftrightarrow{M_x} n(X) \xleftrightarrow{N_A} N(X)$	$m(CO_2) \xrightarrow{M} n(CO_2) \xrightarrow{N_A} N(CO_2)$ Θα μετατρέψουμε, μέσω της μολαρικής μάζας M, τη μάζα του CO_2 σε mol και έπειτα, μέσω του N_A, θα μετατρέψουμε τα mol σε αριθμό μορίων.
Βήμα 1: ***Υπολογίζουμε την M_r του CO_2 από τις A_r του C και του O.***	$M_r = 12 + 2 \cdot 16 = 44$ άρα $M = 44$ g/mol.
Βήμα 2: ***Βρίσκουμε τα mol του CO_2 από τη σχέση $n = \frac{m}{M}$.***	$n = m/M = 132\ g/44\ g \cdot mol^{-1} = 3$ mol CO_2.
Βήμα 3: ***Βρίσκουμε των αριθμό μορίων του CO_2 από τη σχέση $n = \frac{N}{N_A}$.***	$n = N/N_A \Rightarrow N = n \cdot N_A =$ **$3N_A$ μόρια CO_2.**

Εφαρμογή 6.8 Ποια είναι η μάζα 6 mol άλατος NaCl; Δίνονται: $A_r(Na) = 23$ και $A_r(Cl) = 35,5$.

Εφαρμογή 6.9 Σε πόσα mol $CaCl_2$ αντιστοιχεί μάζα 444 g; Δίνονται: $A_r(Ca) = 40$ και $A_r(Cl) = 35,5$.

.....

.....

.....

.....

Παράδειγμα 6.10

Πόσα mol ιόντων Cl^- περιέχονται σε 2,34 g NaCl; Σε ποιον αριθμό ιόντων αντιστοιχεί αυτή η ποσότητα; Δίνονται: $A_r(Na) = 23$ και $A_r(Cl) = 35,5$.

Λύση:

Καταρχάς υπολογίζουμε τη μοριακή μάζα του NaCl:

$F_r(NaCl) = A_r(Na) + A_r(Cl) = 23 + 35,5 = 58,5 \Rightarrow M_{NaCl} = 58,5$ g/mol

Ακολούθως υπολογίζουμε τα mol του NaCl:

$$n_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}} = \frac{2,34\text{ g}}{58,5\text{ g/mol}} = 0,04\text{ mol}$$

Όπως φαίνεται από τον χημικό τύπο του NaCl, σε 0,04 mol NaCl περιέχονται 0,04 mol ιόντων Cl^- (και 0,04 mol ιόντων Na^+). Επομένως ο αριθμός ιόντων του Cl^- είναι $n = N/N_A \Rightarrow N = n \cdot N_A = 0,04\ N_A$ ιόντα Cl^-.

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στην έννοια του mole.

Εφαρμογή 6.11

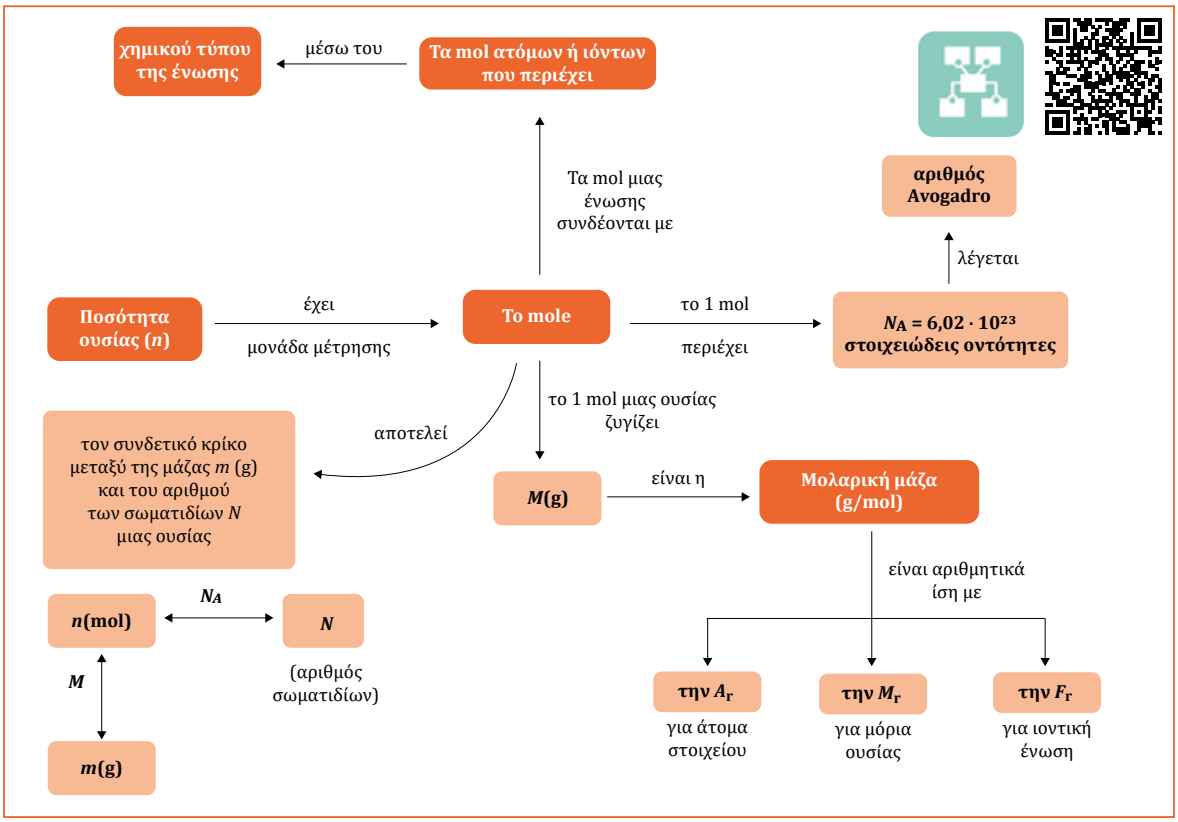
Πόσα mol ιόντων Br^- περιέχονται σε 4 g $CaBr_2$; Σε ποιον αριθμό ιόντων αντιστοιχεί αυτή η ποσότητα; Δίνονται: $A_r(Ca) = 40$ και $A_r(Br) = 80$.

.....

.....

.....

Εννοιολογικός Χάρτης 6.1



6.2. Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί Ι

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *υπολογίζετε*: i) την ποσότητα που απαιτείται από ένα αντιδρών για να αντιδράσει με συγκεκριμένη ποσότητα άλλου αντιδρώντος, ii) την ποσότητα που απαιτείται από ένα αντιδρών για να παραχθεί συγκεκριμένη ποσότητα προϊόντος και αντίστροφα.

Όταν πραγματοποιείται μια χημική αντίδραση, είναι πολύ χρήσιμο να μπορούμε να προβλέψουμε τις ποσότητες των προϊόντων που θα πάρουμε χρησιμοποιώντας ορισμένες ποσότητες αντιδρώντων, ή την ποσότητα ενός αντιδρώντος που μπορεί να αντιδράσει με ορισμένη ποσότητα ενός άλλου αντιδρώντος. Η διαδικασία θεωρητικού υπολογισμού που ακολουθείται, ονομάζεται ***στοιχειομετρικός υπολογισμός***.

6.2.1. Εισαγωγική δραστηριότητα στη στοιχειομετρία

Όπως γνωρίζετε, τα οξέα, όπως το H_2SO_4, αντιδρούν με τα ανθρακικά άλατα. Ως ανθρακικό άλας μπορεί να θεωρηθεί και το $NaHCO_3$.

1. *Γράψτε την ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση της αντίδρασης μεταξύ H_2SO_4 και $NaHCO_3$.*

.....

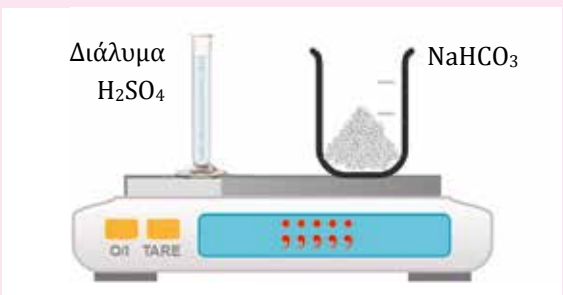
2. *Ζητήστε από τον/την καθηγητή/τριά σας να σας δώσει στερεό $NaHCO_3$ και ένα μπουκαλάκι με διάλυμα H_2SO_4.*

3. *Ζυγίζουμε στο ζυγό 3 g $NaHCO_3$ και τα μεταφέρουμε σε ένα ποτήρι ζέσεως.*

4. *Βάζουμε σε ογκομετρικό κύλινδρο 25 mL από το διάλυμα H_2SO_4.*

5. *Ζυγίζουμε ταυτόχρονα το ποτήρι με το $NaHCO_3$ και τον ογκομετρικό κύλινδρο με το διάλυμα H_2SO_4 και καταγράφουμε τη συνολική μάζα τους (Εικόνα 6.12).*

.....



Εικόνα 6.12: Ζυγίζουμε μαζί το ποτήρι με το στερεό $NaHCO_3$ και τον ογκομετρικό κύλινδρο με το διάλυμα H_2SO_4.

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Γνωρίσαμε** *τη σχετική ατομική και μοριακή μάζα.*
- **Γνωρίσαμε** *τη μολαρική μάζα.*
- **Αναγνωρίσαμε** *τη χρησιμότητα του mole.*
- **Εργαστήκαμε** *σε μετατροπή g ↔ mol*
- **Πραγματοποιήσαμε** *χημικές αντιδράσεις, αναγνωρίζοντας ποιοτικά τα προϊόντα αυτών.*

Δραστηριότητα:

Μπορείτε να παρακολουθήσετε video με το πείραμα που εκτελέσατε στη δραστηριότητα αυτή εδώ:

Η παρούσα εργαστηριακή δραστηριότητα μπορεί να μετατραπεί σε άσκηση για το σπίτι, αν κριθεί ότι δεν υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος διδασκαλίας.

6. *Αρχίζουμε να προσθέτουμε σιγά-σιγά στο ποτήρι το διάλυμα του H_2SO_4 (Εικόνα 6.13). Τι παρατηρείτε μετά από κάθε σταγόνα που ρίχνετε; Πώς το εξηγείτε;*

.....

.....

Εικόνα 6.13: *Προσθέτουμε σιγά-σιγά όλο το διάλυμα H_2SO_4 στο ποτήρι με το $NaHCO_3$ και περιμένουμε μέχρι να σταματήσει ο σχηματισμός φυσαλίδων.*

7. *Συνεχίζουμε να προσθέτουμε σιγά-σιγά το διάλυμα του H_2SO_4. Αφού προσθέσουμε όλο το H_2SO_4, περιμένουμε μέχρι να σταματήσουν να παράγονται φυσαλίδες στο διάλυμα μέσα στο ποτήρι.*

8. *Κάνοντας τώρα μία ζύγιση, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα ενός προϊόντος της αντίδρασης που παράχθηκε. Ποιο προϊόν είναι αυτό και τι πρέπει να ζυγίσουμε για να υπολογίσουμε τη μάζα του;*

.....

.....

Κάνουμε αυτή τη ζύγιση και υπολογίζουμε τη μάζα του προϊόντος.

.....

9. *Υπολογίζουμε τα mol που αντιστοιχούν σε αυτή τη μάζα του προϊόντος.*

.....

10. *Υπολογίζουμε τα mol που αντιστοιχούν στο H_2SO_4 που αντέδρασε. Δίνεται ότι στα 25 mL του διαλύματος H_2SO_4 που χρησιμοποιήσαμε περιέχονται 1,225 g H_2SO_4.*

.....

11. *Βρίσκουμε τον λόγο* ***mol προϊόντος :mol H_2SO_4****. Ο λόγος που βρήκαμε πρέπει να είναι πολύ κοντά σε ακέραιο αριθμό. Σχετίζεται αυτός ο λόγος με τους συντελεστές αυτών των ουσιών στη χημική εξίσωση; Αν ναι, πώς;*

.....

Είναι αναμενόμενο αυτό το αποτέλεσμα; Γιατί;

.....

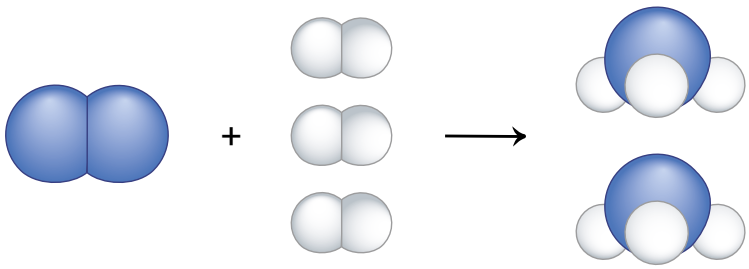
12. *Με βάση την απάντησή σας στο προηγούμενο ερώτημα προσπαθήστε να υπολογίσετε πόσα mol $NaHCO_3$ αντέδρασαν με τα mol του H_2SO_4 που χρησιμοποιήσαμε.*

.....

6.2.2. Τι δείχνουν οι συντελεστές σε μια χημική εξίσωση;

Ας ξαναδούμε την εξίσωση για την αντίδραση παρασκευής της αμμωνίας που συναντήσαμε στην 5η ενότητα.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad (5.13)$$



Για τους συντελεστές μιας χημικής εξίσωσης, ισχύει:

Οι συντελεστές των ουσιών στη χημική εξίσωση εκφράζουν την *αναλογία mol* με την οποία αντιδρούν και παράγονται οι ουσίες.

Επομένως, οι συντελεστές δείχνουν ότι οι ουσίες N_2, H_2 και NH_3 συμμετέχουν στην αντίδραση με αναλογία mol 1:3:2 αντίστοιχα. Με άλλα λόγια καθένα mol μορίων N_2 αντιδρά με 3 mol μορίων H_2 και παράγονται 2 mol μορίων NH_3. Φυσικά, αν διαθέτουμε 15 mol N_2, αυτά μπορούν να αντιδράσουν αναλογικά με 45 mol H_2 και να παραχθούν 30 mol NH_3, κ.ο.κ.

Για να κάνουμε στοιχειομετρικό υπολογισμό, θα πρέπει να γνωρίζουμε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης, δηλαδή τους *συντελεστές*, καθώς και την *ποσότητα μιας ουσίας* που αντιδρά ή παράγεται στην αντίδραση.

Έτσι, αν γνωρίζουμε τα mol μιας ουσίας Α που αντιδρά ή παράγεται, μπορούμε, κάνοντας μια αναλογία με βάση τους συντελεστές, να βρούμε τα mol μιας ουσίας Β που επίσης αντιδρά ή παράγεται στην αντίδραση.

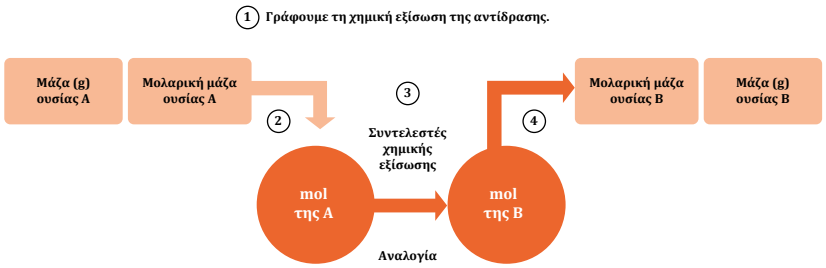
6.2.3. Κάνοντας στοιχειομετρικούς υπολογισμούς

Ένας στοιχειομετρικός υπολογισμός μπορεί να γίνει σε τέσσερα απλά βήματα, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Τα 4 βήματα των στοιχειομετρικών υπολογισμών

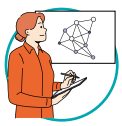
1. Γράφουμε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται.
2. Υπολογίζουμε τα αρχικά mol της ουσίας Α από τη μάζα της με βάση τη γνωστή σχέση $n = \frac{m}{M}$.
3. Χρησιμοποιούμε (α) την αναλογία των στοιχειομετρικών συντελεστών των ουσιών Α και Β και (β) τα mol της ουσίας Α που γνωρίζουμε, για να βρούμε τα mol της ουσίας Β που μας ενδιαφέρει.
4. Μετατρέπουμε τα mol της ουσίας Β σε μάζα, εφαρμόζοντας και πάλι την ίδια σχέση.

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται συνοπτικά στο επόμενο σχήμα:



Μην ξεχνάμε ότι σε κάθε άσκηση καλό είναι να σχεδιάζουμε ένα απλό σχήμα στο οποίο να σημειώνουμε όλα τα δεδομένα καθώς και τα ζητούμενα.

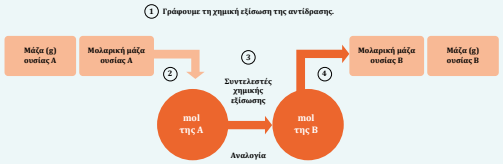
Ας δούμε πώς εφαρμόζουμε αυτή τη διαδικασία στα επόμενα παραδείγματα.



Κάνουμε στοιχειομετρικούς υπολογισμούς:

Παράδειγμα 6.12

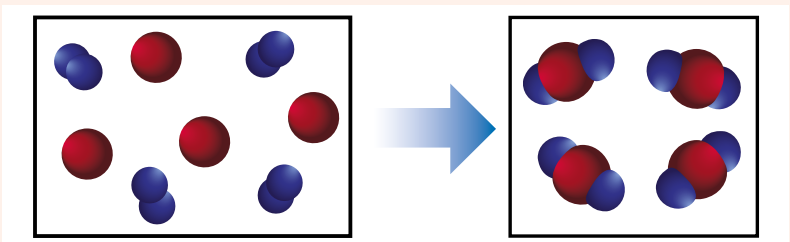
56 g $N_2(g)$ αντιδρούν πλήρως με $H_2(g)$ και παράγεται $NH_3(g)$.
Πόσα g NH_3 θα σχηματιστούν;
Δίνονται: $A_r(H) = 1$, $A_r(N) = 14$.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Θα ακολουθήσουμε τα 4 βήματα των στοιχειομετρικών υπολογισμών με βάση το διπλανό σχήμα.*	Προσοχή! πριν τη Λύση Καταρχάς να διευκρινίσουμε ότι η λέξη «πλήρως» στην εκφώνηση σημαίνει ότι υπάρχει όσο H_2 απαιτείται για τη μετατροπή όλης της ποσότητας του N_2 σε NH_3. 
Βήμα 1: ***Γράφουμε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται.***	$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

Βήμα 2: ***Αν γνωρίζουμε τη μάζα μιας ουσίας Α που αντιδρά ή παράγεται, υπολογίζουμε τα mol της με βάση τη γνωστή σχέση n = m/M.***	Η ουσία Α είναι εδώ το N_2. Θα μετατρέψουμε τη μάζα του N_2 σε mol. Υπολογίζουμε πρώτα το M_r του N_2. $M_r = 2 \cdot 14 = 28$, άρα $M = 28\ g \cdot mol^{-1}$ Οπότε $n = m/M = 56\ g/28\ g \cdot mol^{-1} = 2\ mol\ N_2$.
Βήμα 3: ***Κάνουμε αναλογία με βάση τους συντελεστές των ουσιών Α και Β και τα mol της ουσίας Α που γνωρίζουμε, για να βρούμε τα mol της ουσίας Β που μας ενδιαφέρει.***	Η ουσία Β είναι εδώ η NH_3. Το 1 mol N_2 δίνει 2 mol NH_3 Τα 2 mol N_2 δίνουν n_{NH_3}; $n_{NH_3} = 4\ mol\ NH_3$ παράγονται
Βήμα 4: ***Μετατρέπουμε τα mol της ουσίας Β σε μάζα.***	Θα μετατρέψουμε τα mol της NH_3 σε μάζα. Υπολογίζουμε πρώτα το M_r της NH_3. $M_r = 3 \cdot 1 + 14 = 17$, άρα $M = 17\ g \cdot mol^{-1}$ Οπότε $n = m/M \Rightarrow m = n \cdot M = 4\ mol \cdot 17\ g \cdot mol^{-1}$ = **68 g NH_3.**

Εφαρμογή 6.13

Η αντίδραση μεταξύ του αντιδρώντος Α (μπλε σφαίρες) και του αντιδρώντος Β (κόκκινες σφαίρες) αναπαρίσταται στην επόμενη εικόνα:



i. Με βάση την εικόνα ποια χημική εξίσωση περιγράφει καλύτερα την αντίδραση;

α) $A_2 + B \rightarrow A_2B$ β) $A_2 + 4\ B \rightarrow 2\ AB_2$

γ) $2\ A + B_4 \rightarrow 2\ AB_2$ δ) $A + B_2 \rightarrow AB_2$.

ii. Με βάση αυτήν τη χημική εξίσωση να βρεθεί ο αριθμός των mol του προϊόντος που θα παραχθεί, αν αντιδράσουν 4 mol του Α.

.....

.....

Εφαρμογή 6.14

Το μεταλλικό κάλιο (K) αντιδρά έντονα με το υγρό νερό και σχηματίζει το ευδιάλυτο στο νερό KOH και αέριο H_2.

α) Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

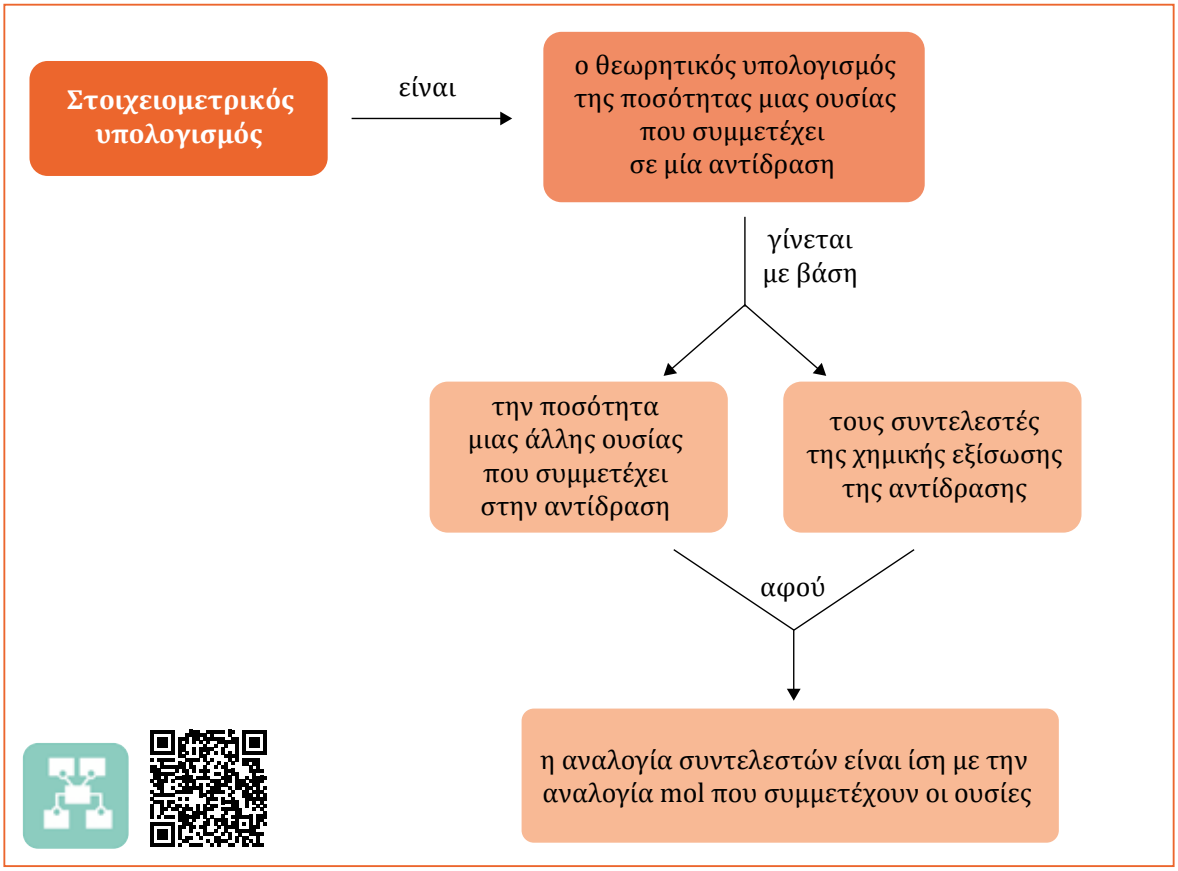
β) Πόσα μόρια H_2O απαιτούνται για να αντιδράσουν πλήρως με 117 g K;

γ) Πόσα γραμμάρια KOH σχηματίζονται από την αντίδραση;

Δίνονται: A_r(H) = 1, A_r(O) = 16, A_r(K) = 39.

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στοιχειομετρία.

Εννοιολογικός Χάρτης 6.2



6.3. Συγκέντρωση Διαλύματος

Μετά το τέλος της ενότητας αναμένεται να είστε σε θέση να:

- *διατυπώνετε* τον ορισμό της συγκέντρωσης διαλύματος *c* (σε mol/L).
- *υπολογίζετε* τη συγκέντρωση διαλύματος από κατάλληλα δεδομένα και αντίστροφα.
- *υπολογίζετε* τη συγκέντρωση διαλύματος μετά από αραίωση, συμπύκνωση, προσθήκη διαλυμένης ουσίας ή μετά από ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας ουσίας και αντίστροφα.
- *παρασκευάζετε* με ακρίβεια διάλυμα συγκεκριμένης συγκέντρωσης.
- *πραγματοποιείτε* κατάλληλη αραίωση σε δεδομένο διάλυμα.

Έχουμε δει ότι ορισμένες ιδιότητες ενός διαλύματος, όπως η αγωγιμότητα, έχουν άμεση σχέση με τη φύση της διαλυμένης ουσίας. Αν διαλύσουμε ένα κουταλάκι ζάχαρη και ένα κουταλάκι αλάτι σε δύο ποτήρια με νερό, το πρώτο θα έχει γλυκιά γεύση ενώ το δεύτερο αλμυρή. Αν ωστόσο διαλύσουμε στο πρώτο ποτήρι άλλο ένα κουταλάκι ζάχαρη, η γεύση του θα είναι ακόμα πιο γλυκιά. Οι ιδιότητες ενός διαλύματος έχουν σχέση και με την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που περιέχει.

6.3.1. Η συγκέντρωση διαλύματος *c* (σε mol/L)

Ας ξεκινήσουμε με ένα πείραμα. Στο Γυμνάσιο μάθαμε για την περιεκτικότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια ουσία. Σε αυτή την ενότητα θα εισαγάγουμε μια εναλλακτική έκφραση περιεκτικότητας, τη συγκέντρωση.

6.3.1.1. Μελετώντας την περιεκτικότητα διαλύματος

Βάζουμε σε 4 κωνικές φιάλες των 50 mL από 25 mL νερό βρύσης στην καθεμία με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου. Αριθμούμε τις φιάλες (1 έως 4).

Προσθέτουμε σε κάθε φιάλη με το σταγονόμετρο σταγόνες κόκκινης χρωστικής ζαχαροπλαστικής (Εικόνα 6.14)*, ως εξής:*

Εικόνα 6.14: *Οι τέσσερις φιάλες μετά την προσθήκη σταγόνων της κόκκινης χρωστικής.*

Στις προηγούμενες ενότητες:

- **Χρησιμοποιήσαμε** *τη μολαρική μάζα για να υπολογίσουμε τα mol μιας ουσίας.*
- **Χρησιμοποιήσαμε** *τα mol, προκειμένου να κάνουμε απλούς στοιχειομετρικούς υπολογισμούς.*

Πείραμα Επίδειξης

Μπορείτε να παρακολουθήσετε βίντεο με το πείραμα που εκτελέσαμε στη δραστηριότητα αυτή εδώ:

Οι διάφορες εκφράσεις περιεκτικότητας διαλύματος καλύπτονται στην Θεματική Ενότητα 3.5 του βιβλίου της Β΄ Γυμνασίου.

Ποιο διάλυμα έχει τη μεγαλύτερη και ποιο τη μικρότερη περιεκτικότητα σε χρωστική; Γιατί;

.....

Αν δεν γνωρίζαμε πόσες σταγόνες χρωστικής έχουν προστεθεί σε κάθε φιάλη, θα μπορούσαμε να καταλάβουμε σε ποιες φιάλες είναι τα διαλύματα με τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη περιεκτικότητα, αντίστοιχα; Πώς;

.....

Αριθμούμε μία 5η φιάλη. Παίρνουμε με ογκομετρικό κύλινδρο 10 mL από το διάλυμα στη 2η φιάλη και τα μεταφέρουμε στην 5η φιάλη. Η περιεκτικότητα του διαλύματος στην 5η φιάλη έχει σχέση με αυτήν του διαλύματος στη 2η φιάλη; Πώς το καταλαβαίνετε αυτό βλέποντας τα διαλύματα; Ποια εξήγηση θα δίνατε;

.....

Συζήτηση στην ομάδα

Αν παίρναμε 20 mL αντί για 10 mL από το διάλυμα, θα καταλήγαμε στο ίδιο συμπέρασμα; Γιατί;

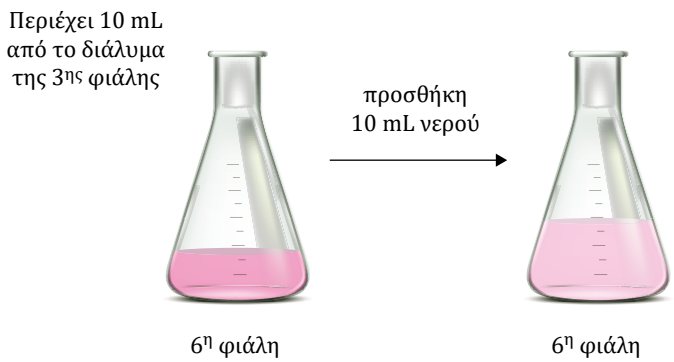
.....

Θεωρείτε ότι τα προηγούμενα συμπεράσματά μας ισχύουν για όλα τα διαλύματα; Γιατί;

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Αριθμούμε μία 6η φιάλη. Παίρνουμε με κύλινδρο 10 mL από το διάλυμα της 3ης φιάλης και τα μεταφέρουμε στην 6η φιάλη. Στη συνέχεια προσθέτουμε στην 6η φιάλη 10 mL νερό με τον κύλινδρο (Εικόνα 6.15).



Εικόνα 6.15: *Μεταφέρουμε στην 6η φιάλη 10 mL από το διάλυμα της 3ης φιάλης και μετά προσθέτουμε 10 mL νερό.*

Μεταβλήθηκε η μάζα του διαλύματος με την προσθήκη του νερού; Αν ναι, πόσο;

.....

Μεταβλήθηκε η μάζα της διαλυμένης ουσίας; Αν ναι, πόσο;

.....

Μεταβλήθηκε η περιεκτικότητα του διαλύματος; Αν ναι, αυξήθηκε ή ελαττώθηκε; Πώς το καταλάβατε; Πώς το εξηγείτε;

.....

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

Συγκρίνουμε το χρώμα του διαλύματος της 6ης φιάλης, μετά την προσθήκη του νερού, με τα χρώματα των διαλυμάτων των φιαλών 1, 2, 3 και 4. Θεωρείτε ότι το διάλυμα του 6ης φιάλης έχει ίδια περιεκτικότητα με κάποιο από τα διαλύματα των φιαλών 1, 2, 3 ή 4; Πώς το καταλάβατε;

.....

Αριθμούμε μια 7η φιάλη. Παίρνουμε με κύλινδρο 10 mL από το διάλυμα της 1ης φιάλης και τα μεταφέρουμε στην 7η φιάλη. Στη συνέχεια προσθέτουμε μία σταγόνα χρωστικής. Μεταβλήθηκε η περιεκτικότητα του διαλύματος; Αν ναι, αυξήθηκε ή ελαττώθηκε; Πώς το καταλάβατε; Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

Αριθμούμε μία 8η φιάλη. Παίρνουμε με κύλινδρο 10 mL από το διάλυμα της 4ης φιάλης και τα μεταφέρουμε στην 8η φιάλη. Στη συνέχεια παίρνουμε με κύλινδρο 10 mL από το διάλυμα της 1ης φιάλης και τα μεταφέρουμε και αυτά στην 8η φιάλη. Μπορείτε να ταξινομήσετε τις περιεκτικότητες των διαλυμάτων στις φιάλες 1, 4 και 8 από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη; Πώς καταλήξατε σε αυτήν τη σειρά;

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

.....

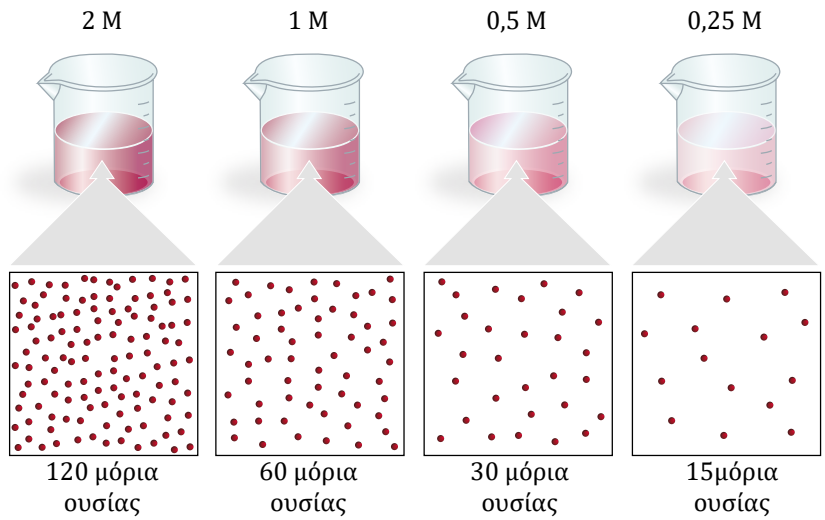
Μια έκφραση περιεκτικότητας που χρησιμοποιείται πολύ συχνά είναι η **συγκέντρωση (*c*) (Molarity)**.

Η συγκέντρωση *c* εκφράζει τα mol διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος. Η μονάδα μέτρησής της είναι το 1 mol/L ή 1 M.

$$c = \frac{n}{V} \qquad (6.3)$$

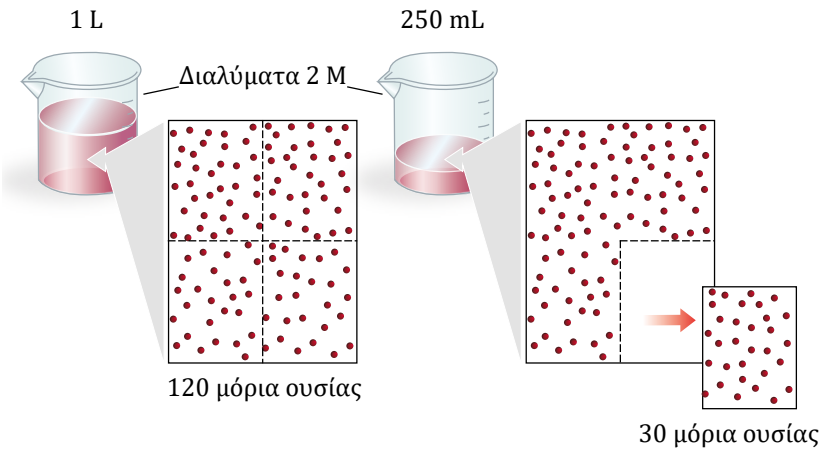
Για παράδειγμα, διάλυμα ζάχαρης 2 M σημαίνει ότι σε 1 L διαλύματος περιέχονται 2 mol ζάχαρης.

Στην Εικόνα 6.16 φαίνονται τέσσερα διαλύματα μιας κόκκινης ουσίας με διαφορετική συγκέντρωση, καθώς και μια αναπαράσταση των μορίων της ουσίας σε κάθε διάλυμα, με κόκκινες κουκίδες.



Εικόνα 6.16: *Επάνω: Τέσσερα διαλύματα της ίδιας ουσίας διαφορετικής συγκέντρωσης. Κάτω: Μια αναπαράσταση των μορίων της διαλυμένης ουσίας σε κάθε διάλυμα. Καθώς μειώνεται η συγκέντρωση, μειώνεται ο αριθμός των σωματιδίων αναλογικά. Το χρώμα των διαλυμάτων υποστηρίζει αυτό το συμπέρασμα.*

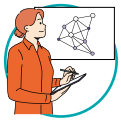
Η αναπαράσταση των μορίων της ουσίας στην Εικόνα 6.17 δείχνει τι συμβαίνει, όταν μεταφέρουμε μέρος ενός διαλύματος σε ένα άλλο ποτήρι.



Εικόνα 6.17: *Όταν παίρνουμε ένα μέρος από ένα διάλυμα, η συγκέντρωση παραμένει η ίδια.*

Υπάρχουν συνολικά λιγότερα μόρια ουσίας στο μέρος του διαλύματος που μεταφέρθηκε στο άλλο ποτήρι. Ωστόσο η συγκέντρωση του διαλύματος δεν έχει μεταβληθεί. Αυτό συμβαίνει διότι το διάλυμα είναι *ομογενές μείγμα*, δηλαδή η κατανομή των μορίων της διαλυμένης ουσίας είναι ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του διαλύματος. Έτσι, αν πάρουμε 250 mL από ένα διάλυμα 1 L, παίρνουμε και το ένα τέταρτο των μορίων της διαλυμένης ουσίας. Και επειδή η συγκέντρωση δεν αλλάζει, το κόκκινο χρώμα του διαλύματος έχει την ίδια ένταση.

Αν πάρουμε ένα μέρος από ένα διάλυμα, η συγκέντρωση σε αυτό το μέρος του διαλύματος θα είναι ίδια με τη συγκέντρωση του αρχικού διαλύματος.



Εύρεση συγκέντρωσης διαλύματος ή κάποιου στοιχείου του διαλύματος, όταν δίνεται η συγκέντρωση.

Παράδειγμα 6.15

Διαλύουμε 34,2 g ζάχαρης (M_r = 342) σε νερό και προκύπτει διάλυμα όγκου 200 mL. Να βρεθεί η συγκέντρωση c του διαλύματος.

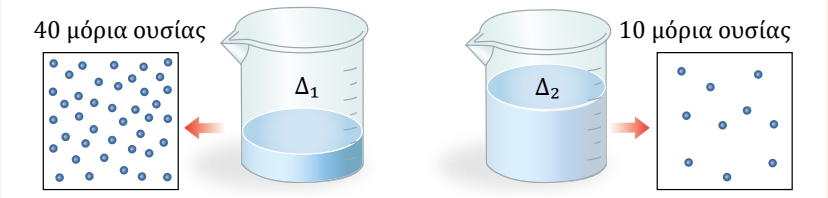
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ:	Θα βρούμε τα mol της ζάχαρης από τη σχέση $n = \frac{m}{M}$ και μετά θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση $c = \frac{n}{V}$, για να βρούμε τη συγκέντρωση.
$2^{ος}$ τρόπος: Συνδυάζουμε τις σχέσεις $c = \frac{n}{V}$ και $n = \frac{m}{M}$ για να βρούμε το επιθυμητό αποτέλεσμα	Υπολογίζουμε τα mol της ζάχαρης $n = \frac{m}{M} = \frac{34,2\ \text{g}}{342\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,1\ \text{mol}.$
Η συγκέντρωση του διαλύματος (Δ) σε ζάχαρη (ζ) είναι: $c_ζ = \frac{n_ζ}{V_Δ}$ (1) Η μάζα της ζάχαρης συνδέεται με τα mol της: $n_ζ = \frac{m_ζ}{M_ζ}$ (2) Από (1)(2) $\Rightarrow c_ζ = \frac{m_ζ}{V_Δ \cdot M_ζ} =$ $= \frac{34,2\ \text{g}}{0,2\text{L} \cdot 342\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{1}{2}\ \frac{\text{mol}}{\text{L}} =$ $= 0,5$ M	Υπολογίζουμε τη συγκέντρωση, αφού μετατρέψουμε τον όγκο του διαλύματος σε L. $V = 200\ \text{mL}/1000\ \text{mL} \cdot \text{L}^{-1} = 0,2\ \text{L}.$ $c = \frac{n}{V} = \frac{0,1\ \text{mol}}{0,2\ \text{L}} =$ **0,5 M**

Εφαρμογή 6.16

Μια εργαστηριακή διαδικασία απαιτεί την παρασκευή 500 mL διαλύματος $Ca(NO_3)_2$ 0,5 M. Ποια μάζα $Ca(NO_3)_2$ (σε g) χρειάζεται για την παρασκευή του διαλύματος; Δίνονται: A_r(N) = 14, A_r(O) = 16, A_r(Ca) = 40.

Εφαρμογή 6.17

Παρακάτω βλέπουμε δύο υδατικά διαλύματα, $Δ_1$ και $Δ_2$, της ίδιας μπλε χρωστικής ουσίας, καθώς και μια αναπαράσταση των μορίων της ουσίας σε κάθε διάλυμα με μπλε κουκίδες.



α) Ποιο διάλυμα έχει μεγαλύτερο όγκο; .....

β) Ποιο διάλυμα έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση; Πώς το καταλάβατε;

.....

γ) Ένας μαθητής, βλέποντας την παραπάνω εικόνα, ισχυρίζεται ότι η συγκέντρωση του $Δ_1$ είναι τετραπλάσια από αυτή του $Δ_2$, δηλαδή ότι $c_1=4c_2$. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε; Εξηγήστε.

.....

δ) Ποιος όγκος του Διαλύματος 2 περιέχει την ίδια ποσότητα διαλυμένης ουσίας με 5 mL του Διαλύματος 1;

.....

ε) Ποιος όγκος του Διαλύματος 1 περιέχει την ίδια ποσότητα διαλυμένης ουσίας με 30 mL του Διαλύματος 2;

.....

στ) Αν για τους όγκους των δύο διαλυμάτων ισχύει $V_2=3V_1$, να βρείτε ποιο διάλυμα περιέχει περισσότερα mol διαλυμένης ουσίας.

.....

6.3.1.2. Τα όργανα μέτρησης του όγκου και η ακρίβεια των μετρήσεων

Σε ένα χημικό εργαστήριο υπάρχουν πολλά υάλινα σκεύη, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του όγκου ενός διαλύτη ή ενός διαλύματος. Όμως, δεν προσφέρουν όλα την ίδια ακρίβεια στις μετρήσεις. Επομένως, είναι εξαιρετικά σημαντικό να επιλέγουμε για κάθε πείραμά μας το κατάλληλο σκεύος. Στην Εικόνα 6.18 βλέπουμε κάποια από τα σκεύη που έχουν διαγράμμιση και μπορεί να γίνει με αυτά μέτρηση του όγκου. Επιπλέον, στην Εικόνα 6.19 παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης του όγκου που παρέχουν πολύ υψηλή ακρίβεια κατά τις μετρήσεις.

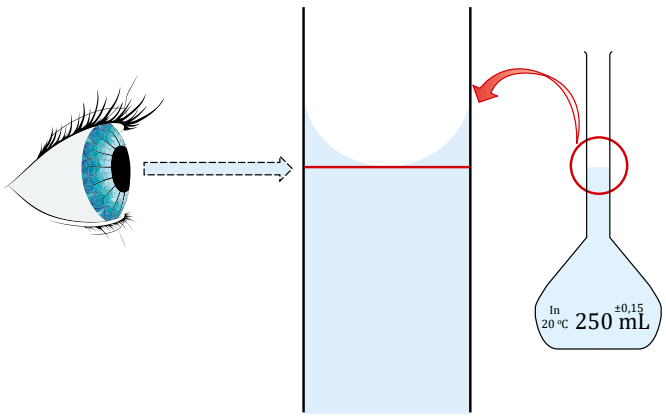
Από όλα τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι όχι μόνο δεν παρέχουν όλα τα όργανα την ίδια ακρίβεια κατά τις μετρήσεις, αλλά και ότι δεν υπάρχει μέτρηση που να είναι ακριβής 100%!

Οι μετρήσεις του όγκου καθαρών υγρών ή υδατικών διαλυμάτων γίνονται ως εξής: Κάθε υγρό που τίθεται εντός ενός σωλήνα μικρής διατομής, λόγω

των διαμοριακών του δυνάμεων αλλά και λόγω των αλληλεπιδράσεών του με τα τοιχώματα του σωλήνα, δημιουργεί έναν μηνίσκο (Εικόνα 6.20). Έτσι, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε το μάτι μας να είναι στην ίδια ευθεία με το κάτω μέρος του μηνίσκου και με τη διαγράμμιση του σωλήνα. Στα πειράματα που θα ακολουθήσουν θα χρησιμοποιήσετε μια ογκομετρική φιάλη των 100 ή των 250 mL. Η ορθή ανάγνωση του τελικού όγκου θα πρέπει να γίνει, όπως στην Εικόνα 6.21.

(α) (β) (γ) (δ)

Εικόνα 6.18: *Υάλινα σκεύη που απαντούν σε ένα σχολικό χημικό εργαστήριο. (α) Ποτήρι ζέσεως 250 mL. Χρησιμοποιείται για προσεγγιστικές μετρήσεις και απλούς βρασμούς. (β) Κωνική φιάλη 250 mL. Δεν έχει μεγάλη ακρίβεια. Χρησιμοποιείται σε ογκομετρήσεις (Γ΄ Λυκείου). (γ) Ογκομετρική φιάλη των 100 mL. Πρόκειται για σκεύος που προσφέρει ικανοποιητική ακρίβεια για την παρασκευή διαλυμάτων (έως ± 0,08 mL). (δ) Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 mL. Μέτριας ακρίβειας όργανο για απλές μετρήσεις όγκου (περίπου ± 0,5 mL).*



Εικόνα 6.21: *Η ορθή ανάγνωση της ένδειξης. Θα πρέπει ο οφθαλμός μας, η διαγράμμιση και το κάτω μέρος του μηνίσκου να είναι στην ίδια ευθεία. Διαφορετικά προκύπτουν σφάλματα!*

Εικόνα 6.19: *Υάλινα όργανα μέτρησης όγκου υψηλής ακρίβειας (± 0,03 mL, δηλαδή λιγότερο από 1 σταγόνα = 0,05 mL). (α) Προχοΐδα 25 mL. Χρησιμοποιείται σε τιτλοδοτήσεις (Γ΄ Λυκείου). (β) Σιφώνιο πλήρωσης 25 mL. Χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση και μεταφορά όγκου. Δεν διαθέτει περαιτέρω διαγράμμιση.*

Εικόνα 6.20:
Ο μηνίσκος ενός διαλύματος πράσινου χρώματος, όπως σχηματίζεται σε έναν ογκομετρικό κύλινδρο.

Παρασκευή διαλύματος ορισμένης συγκέντρωσης και όγκου.

Η παρασκευή ενός διαλύματος NaCl(aq) όγκου ..... mL και συγκέντρωσης ..... M

Ακολουθώντας τις οδηγίες του/της καθηγητή/ριάς σας και με τη βοήθεια του σχετικού βίντεο, να παρασκευάσετε ένα υδατικό διάλυμα NaCl. Θα χρειαστείτε:

1. Απιονισμένο νερό
2. Φιαλίδιο που περιέχει στερεό NaCl
3. Ηλεκτρονικό ή φαρμακευτικό ζυγό
4. Ύαλο ωρολογίου
5. Ογκομετρική φιάλη των 100 mL ή των 250 mL
6. Χωνί, γυάλινο ή πλαστικό
7. Ποτήρι ζέσεως των 250 mL
8. Ράβδο ανάδευσης
9. Σταγονόμετρο
10. Υδροβολέα με απιονισμένο νερό.

Χωριστείτε σε ομάδες. Η κάθε ομάδα θα παρασκευάσει διάλυμα διαφορετικής συγκέντρωσης.

Να υπολογίσετε τη μάζα στερεού NaCl που πρέπει να ζυγίσετε, προκειμένου να παρασκευάσετε ένα υδατικό του διάλυμα όγκου ..... mL και συγκέντρωσης ..... mol/L. Δίνεται η μοριακή μάζα του άλατος M_{NaCl} *= 58,5 g/mol.*

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κομπιουτεράκι για τις πράξεις και να στρογγυλοποιήσετε την τιμή που θα βρείτε ανάλογα με την ακρίβεια που σας παρέχει ο ζυγός (τυπικά μπορείτε να δώσετε την τιμή με ένα δεκαδικό ψηφίο).

.....

.....

Στη συνέχεια να συμπληρώσετε μόνο τη γραμμή του Πίνακα 6.1 που αφορά στην ομάδα σας.

Πίνακας 6.1: *Συγκέντρωση NaCl(aq), χωρητικότητα ογκομετρικής φιάλης που χρησιμοποιήθηκε και μάζα NaCl που ζυγίστηκε, ανά ομάδα εργασίας.*

Ομάδα	*c* (mol/L)	*V* (mL)	*m* (g)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Εργαστηριακή Άσκηση

Συμπληρώστε 100 mL ή 250 mL καθώς και τη συγκέντρωση M, ανάλογα με τις οδηγίες που θα λάβετε.

Όργανα και Υλικά

Δείτε με ποιον τρόπο παρασκευάζεται ένα υδατικό διάλυμα ορισμένης συγκέντρωσης στο ακόλουθο βίντεο.

Συζήτηση στην ομάδα

Εργαζόμαστε στην ομάδα μας ως εξής:

1. Ζυγίζουμε την απαραίτητη ποσότητα του άλατος στον ηλεκτρονικό ζυγό με τη βοήθεια της υάλου ωρολογίου.
2. Μεταφέρουμε το στερεό με τη βοήθεια μιας σπάτουλας στο ποτήρι ζέσεως των 250 mL.
3. Ξεπλένουμε την ύαλο με τον υδροβολέα, για να μεταφέρουμε και τον τελευταίο κόκκο στερεού στο ποτήρι.
4. Προσθέτουμε στο ποτήρι περίπου 50 mL απιονισμένου νερού. Αναδεύουμε με τη ράβδο ανάδευσης, για να διαλυθεί πλήρως το στερεό.
5. Μεταφέρουμε το διάλυμα με τη βοήθεια του χωνιού και της ράβδου στην ογκομετρική φιάλη.
6. Ξεπλένουμε το ποτήρι, τη ράβδο και το χωνί με τον υδροβολέα, συλλέγοντας το νερό έκπλυσης στη φιάλη.
7. Συμπληρώνουμε νερό με τον υδροβολέα μέχρι λίγο πριν τη χαραγή της φιάλης και στη συνέχεια με ένα σταγονόμετρο ακριβώς μέχρι τη χαραγή.
8. Πωματίζουμε τη φιάλη και αναστρέφουμε 3 φορές για πλήρη ανάμειξη.

Δείξτε στον/την υπεύθυνο/η καθηγητή/ρια το διάλυμα που παρασκευάσατε. Φυλάμε το διάλυμα σε ποτήρι ζέσεως ή κωνική φιάλη. **Θα το χρησιμοποιήσουμε και σε επόμενες εργαστηριακές ασκήσεις.**

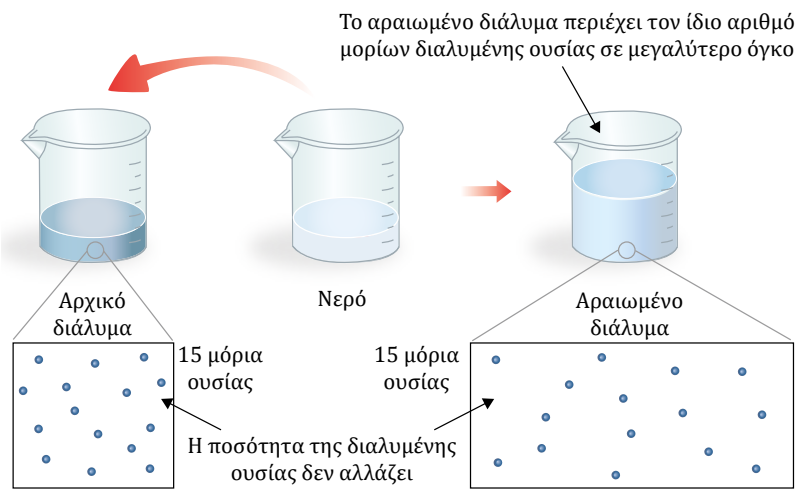
Πειραματική πορεία

6.3.2. Αραίωση, συμπύκνωση, προσθήκη διαλυμένης ουσίας και ανάμειξη διαλυμάτων

Πολλές φορές χρειάζεται να μεταβάλουμε την περιεκτικότητα ενός διαλύματος. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω κατάλληλων διαδικασιών, όπως είναι η αραίωση, η συμπύκνωση, η προσθήκη διαλυμένης ουσίας ή η ανάμειξη διαλυμάτων.

6.3.2.1. Αραίωση διαλύματος

***Αραίωση* ενός διαλύματος ονομάζεται η προσθήκη επιπλέον ποσότητας διαλύτη στο διάλυμα που οδηγεί σε ελάττωση της περιεκτικότητας του διαλύματος** (Εικόνα 6.22).



Εικόνα 6.22: *Επάνω: Αραίωση ενός διαλύματος. Κάτω: Μια αναπαράσταση των μορίων της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό και στο αραιωμένο διάλυμα.*

Κατά την αραίωση ενός διαλύματος *η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό διάλυμα είναι ίση με την ποσότητά της στο τελικό (αραιωμένο) διάλυμα.*

Δηλαδή για τη διαλυμένη ουσία ισχύει:

$$n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad (6.4)$$

Για τους όγκους των διαλυμάτων ισχύει:

$$V_2 = V_1 + V_{\text{νερού που προσθέσαμε}} \quad (6.5)$$

Υπολογισμοί σε αραίωση διαλύματος

Παράδειγμα 6.18

Διάλυμα NaCl όγκου 200 mL με c = 1 M και αραιώνεται με προσθήκη 600 mL νερού. Να βρεθεί η συγκέντρωση του αραιωμένου διαλύματος.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Χρησιμοποιούμε τη βασική σχέση της αραίωσης $c_1V_1 = c_2V_2$ και τη σχέση για τους όγκους των διαλυμάτων $V_2 = V_1 + V_{(H_2O\ προσθ)}$.*	
Βήμα 1: ***Υπολογίζουμε τον όγκο του τελικού διαλύματος από τη σχέση $V_2 = V_1 + V_{(H_2O\ προσθ)}$.***	$V_2 = V_1 + V_{(H_2O προσθ)}$ = 200 mL + 600 mL = 800 mL.
Βήμα 2: ***Μετατρέπουμε τους όγκους σε L και από τη σχέση για τη διαλυμένη ουσία $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2V_2$ υπολογίζουμε το c_2.***	V_1 = 200 mL = 0,2 L, V_2 = 800 mL = 0,8 L. $c_1V_1 = c_2V_2 \Rightarrow 1\ mol \cdot L^{-1} \cdot 0,2\ L = c_2 \cdot 0,8\ L \Rightarrow c_2 = 0,25$ M.

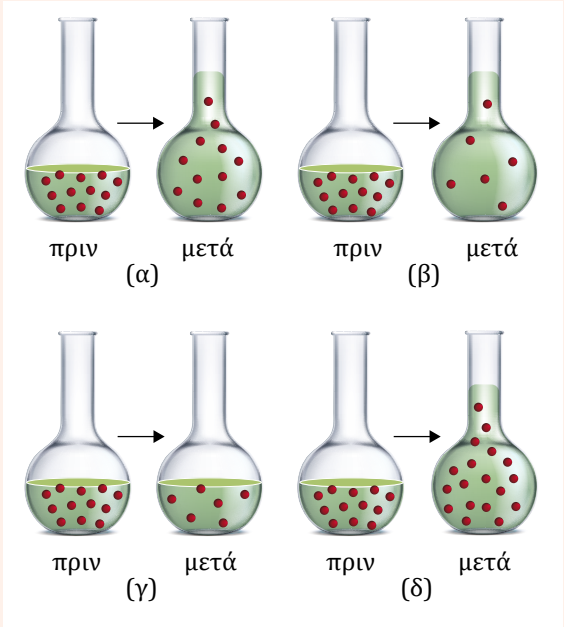
Εφαρμογή 6.19

Πόσα mL νερού πρέπει να προσθέσουμε σε 20 mL ενός πυκνού διαλύματος HCl 4 M, για να παρασκευάσουμε ένα διάλυμα HCl 0,2 M;

Στην πραγματικότητα ο όγκος του τελικού διαλύματος δεν είναι ακριβώς ίσος με το άθροισμα των όγκων του αρχικού διαλύματος και του νερού που προστίθεται. Ωστόσο στους καθημερινούς υπολογισμούς συνηθίζεται αυτή η προσέγγιση.

Παρατήρηση: Στη σχέση $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ δεν είναι απαραίτητο να μετατρέπουμε τα mL σε L. Μπορούμε να θέσουμε αμφότερους τους όγκους σε mL.

Εφαρμογή 6.20 Ποια εικόνα αναπαριστά καλύτερα τη μοριακή εικόνα πριν και μετά από την αραίωση ενός πυκνού διαλυματος;



.....

6.3.2.2. Η αραίωση στο σχολικό εργαστήριο

Ακολουθώντας τις οδηγίες του/της καθηγητή/ριάς σας και με τη βοήθεια του σχετικού βίντεο, θα αραιώσετε κατάλληλα το υδατικό διάλυμα που παρασκευάσατε στην προηγούμενη υποενότητα, ώστε να παρασκευάσετε αραιότερο διάλυμα ορισμένου όγκου και συγκέντρωσης.

Από το διάλυμα που είχατε παρασκευάσει, να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος που πρέπει να αραιώσετε μέχρι τελικού όγκου 100 mL ή 250 mL (ανάλογα με την ογκομετρική φιάλη που διαθέτετε), ώστε να παρασκευάσετε διάλυμα με την επιθυμητή συγκέντρωση που θα σας υποδείξει ο/η καθηγητής/τριά σας.

.....

.....

.....

.....

Τα όργανα και υλικά που θα χρειαστούμε είναι:

1. Ποτήρι ζέσεως με το διάλυμα που παρασκευάσατε στην υποενότητα 6.3.1.
2. Υδροβολέας με απιονισμένο νερό.

Εργαστηριακή Άσκηση

Συζήτηση στην ομάδα

Δείτε τη διαδικασία που ακουθείται στο ακόλουθο βίντεο.

Όργανα και Υλικά

3. Σιφώνιο πλήρωσης των 10 mL ή των 25 mL.
4. Ογκομετρική φιάλη των 100 mL ή των 250 mL.
5. Πουάρ τριών βαλβίδων (Εικόνα 6.23).
6. Σταγονόμετρο.

Εργαζόμαστε ως εξής:

Πειραματική πορεία

1. Προσαρμόζουμε το πουάρ στο σιφώνιο (η προσαρμογή και χρήση του πουάρ θα γίνει με βάση τις οδηγίες του/της καθηγητή/ριας).
2. Παίρνουμε με το σιφώνιο τον όγκο του αρχικού διαλύματος που υπολογίσαμε.
3. Μεταφέρουμε το διάλυμα στην άδεια ογκομετρική φιάλη των 100 mL ή των 250 mL.
4. Προσθέτουμε στη φιάλη απιονισμένο νερό με τον υδροβολέα μέχρι λίγο πριν τη χαραγή της φιάλης.
5. Προσθέτουμε με το σταγονόμετρο κι άλλο απιονισμένο νερό ακριβώς μέχρι τη χαραγή.
6. Πωματίζουμε τη φιάλη και αναστρέφουμε 3 φορές για πλήρη ανάμειξη.
7. Δείξτε στον/ην υπεύθυνο/η καθηγητή/ρια το διάλυμα που παρασκευάσατε.

Φυλάμε το διάλυμα που παρασκευάσαμε σε ποτήρι ζέσεως ή κωνική φιάλη. **Θα το χρησιμοποιήσουμε και σε επόμενη εργαστηριακή άσκηση.**

Εικόνα 6.23: Πουάρ τριών βαλβίδων για την αναρρόφηση υγρών.

6.3.2.3. Εκτίμηση της συγκέντρωσης διαλυμένων αλάτων σε «ενεργειακά» ποτά του εμπορίου

Εργαστηριακή Άσκηση

Όταν ένας/μια αθλητής/ρια ασκείται έντονα επί πάρα πολλή ώρα και ιδρώνει, εκτός από νερό χάνει και πολύτιμους ηλεκτρολύτες. Οι ηλεκτρολύτες είναι απαραίτητα συστατικά, τα οποία ο/η αθλητής/ρια θα πρέπει να αναπληρώσει, προκειμένου να συνεχίσει τον αγώνα του/της. Αυτό συνήθως γίνεται μέσω κάποιου «ενεργειακού» ποτού.

Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση θα εκμεταλλευτούμε την αγωγιμότητά των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων, προκειμένου να εκτιμήσουμε τη συγκέντρωση του άλατος που περιέχεται σε κάποιο «ενεργειακό» ποτό του εμπορίου. Να σημειωθεί ότι πολλά από αυτά τα ποτά περιέχουν και ζάχαρη. Επομένως, δεν συνιστάται η άνευ λόγου κατανάλωσή τους.

Με το βλέμμα στον κόσμο: Η κατασκευή μιας συσκευής εκτίμησης της αγωγιμότητας ενός διαλύματος.

Μια βασική ιδιότητα των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων είναι ότι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Μπορούμε να κατασκευάσουμε μια απλή συσκευή με την οποία να μπορεί να γίνει εκτίμηση της αγωγιμότητας διαλυμάτων, με πολύ μικρό κόστος, χρησιμοποιώντας τα υλικά που φαίνονται στην Εικόνα 6.24 και με τη βοήθεια του βίντεο που ακολουθεί.

Η κατασκευή μιας συσκευής εκτίμησης της αγωγιμότητας από απλά υλικά:

Εικόνα 6.24: *Τα υλικά για την κατασκευή της συσκευής. (α) Πολύμετρο με τα καλώδιά του. (β) Μπαταρία 9 V. (γ) Καλώδια για μπαταρία 9 V με κλιπ σύνδεσης. (δ) Τρία καλώδια με «κροκοδειλάκια» στις άκρες τους. (ε) Μια μικρού μήκους πλαστική ράβδος, όπως π.χ. ένα πλαστικό καλαμάκι ή ένα τουβλάκι LEGO. (στ) 2 χάλκινα σύρματα μικρής διατομής, π.χ. 0,5 ή 0,6 mm (διατίθενται σε καταστήματα ειδών χόμπι).*

Εργαζόμαστε στην ομάδα μας ως εξής:

1. Μετράμε, με τη συσκευή που κατασκευάσαμε στο εργαστήριο, την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τα διαλύματα που παρασκευάσαμε στις υποενότητες 6.3.1.2 και 6.3.2.2.

2. Ενημερωνόμαστε από τις υπόλοιπες ομάδες για τις δικές τους μετρήσεις και συμπληρώνουμε τον Πίνακα 6.2.

Συνιστάται οι μετρήσεις όλων των διαλυμάτων να γίνουν διαδοχικά από το αραιότερο προς το πυκνότερο διάλυμα και σχετικά γρήγορα.

Πίνακας 6.2: *Μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τα διαλύματα NaCl διαφορετικών συγκεντρώσεων, που παρασκευάστηκαν στις προηγούμενες υποενότητες.*

c (mol/L)	*I* (mA)

c (mol/L)	*I* (mA)

c (mol/L)	*I* (mA)

Συζήτηση στην ομάδα

3. Παραλαμβάνουμε από τον/την καθηγητή/ριά μας τη φιάλη του «ενεργειακού» ποτού και, αφού πάρουμε δείγμα, μετράμε με τη συσκευή την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει.

Ποια ήταν η τιμή της έντασης του ρεύματος που μετρήσατε;

.....

Εναλλακτικά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο «ενεργειακό» ποτό που επιλέξαμε να φέρουμε εμείς στο εργαστήριο.

4. Τα «ενεργειακά» ποτά συνήθως περιέχουν 5 με 6 διαφορετικά άλατα. Όμως, το άλας που περιέχεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι το NaCl. **Ας κάνουμε μια υπόθεση εργασίας: Στο «ενεργειακό» ποτό που μελετάτε υπάρχει μόνο NaCl**.

Αν ισχύει η υπόθεση εργασίας, μπορείτε με βάση τις μετρήσεις του Πίνακα 6.2, να εκτιμήσετε τη συγκέντρωση του NaCl, που είναι διαλυμένο στο δείγμα σας; Τι σας οδήγησε σε αυτό το συμπέρασμα;

.....

.....

.....

1η Υπόθεση εργασίας

Συζήτηση στην ομάδα και στην ολομέλεια

6.3.2.4. Δραστηριότητα εμβάθυνσης στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών

Ένας μαθητής **θεωρεί** ότι όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των ιόντων σε ένα διάλυμα, τόσο περισσότεροι θα είναι οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτό. Επομένως, είναι αναμενόμενο για αυτόν **η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα διαλύματα που παρασκεύασε στην προηγούμενη εργαστηριακή δραστηριότητα να είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του άλατος.**

Να σχεδιάσετε εντός της Εικόνας 6.25 τη γραφική παράσταση της συνάρτησης $I = f(c)$, όπου I, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε mA και c, η συγκέντρωση των διαλυμάτων που παρασκευάσατε στις υποενότητες 6.3.1.2 και 6.3.2.2, σε mol/L.

Με βάση τη γραφική παράσταση που σχεδιάσατε, είναι κατά τη γνώμη σας ορθή η **υπόθεση εργασίας** του μαθητή;

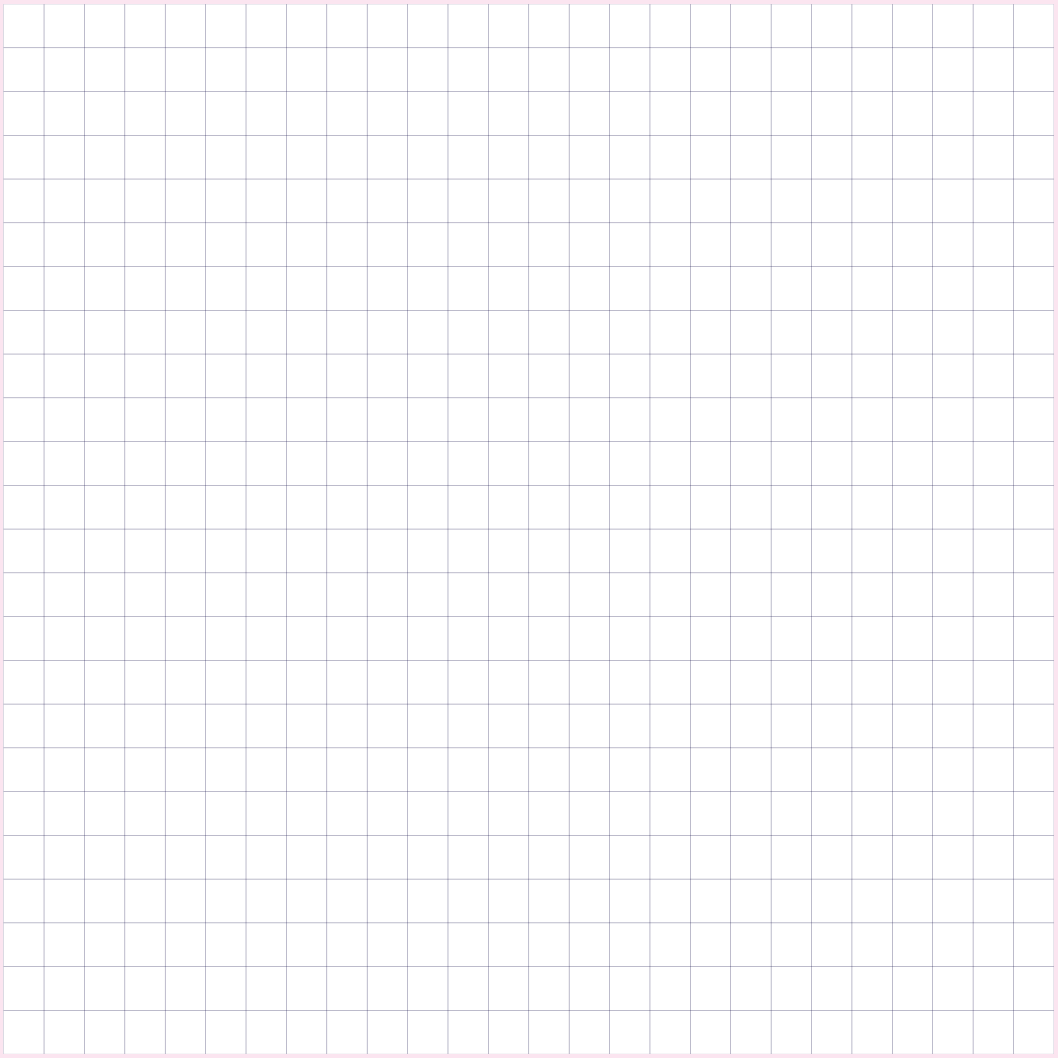
.....

.....

.....

2η Υπόθεση εργασίας

Η παρούσα δραστηριότητα εμβάθυνσης μπορεί να μετατραπεί σε «άσκηση για το σπίτι», αν κριθεί ότι δεν υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος διδασκαλίας.



Εικόνα 6.25: *Διάγραμμα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I συναρτήσει της συγκέντρωσης c των διαλυμάτων.*

Με βάση την ευθεία των πειραματικών τιμών μπορείτε να βρείτε την τιμή της συγκέντρωσης των αλάτων (ως NaCl) στο δείγμα «ενεργειακού» ποτού, το οποίο μετρήσατε;

.....

.....

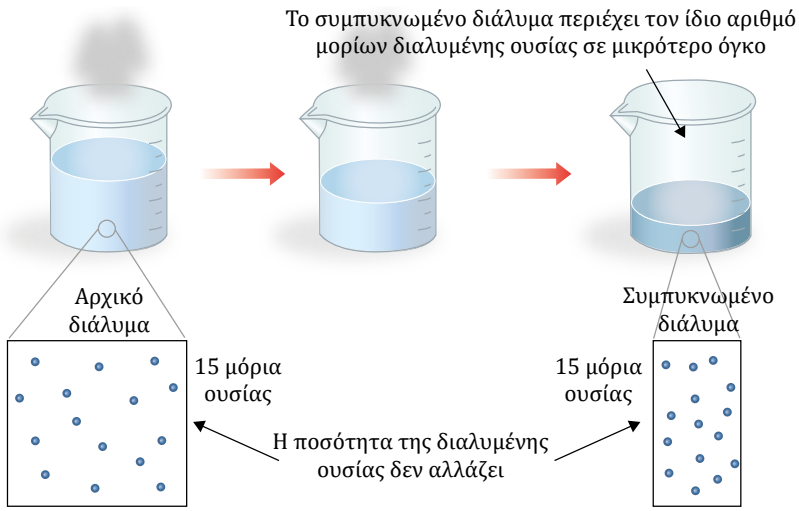
6.3.2.5. Συμπύκνωση διαλύματος

Συμπύκνωση **ενός διαλύματος ονομάζεται η απομάκρυνση ποσότητας διαλύτη από το διάλυμα (π.χ. με εξάτμιση) που οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του διαλύματος (Εικόνα 6.26).**

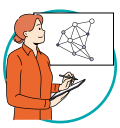
Κατά τη συμπύκνωση ενός διαλύματος ισχύει ότι –όπως και στην αραίωση– *η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό διάλυμα είναι ίση με την ποσότητά της στο τελικό (συμπυκνωμένο) διάλυμα.*

Δηλαδή για τη διαλυμένη ουσία ισχύει: $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$ (6.4)

Για τους όγκους των διαλυμάτων ισχύει: $V_2 = V_1 - V_{\text{νερού που εξαερώθηκε}}$ (6.6)



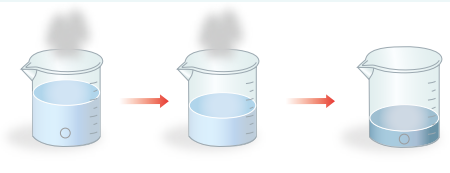
Εικόνα 6.26: *Επάνω: Συμπύκνωση ενός διαλύματος. Κάτω: Μια αναπαράσταση των μορίων της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό και στο συμπυκνωμένο διάλυμα.*



Υπολογισμοί σε συμπύκνωση διαλύματος

Παράδειγμα 6.21

Από διάλυμα ζάχαρης με $c = 1$ M και $V = 300$ mL εξατμίζονται 100 mL νερού. Βρείτε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Χρησιμοποιούμε τη βασική σχέση της συμπύκνωσης $c_1V_1 = c_2V_2$ και τη σχέση για τους όγκους των διαλυμάτων $V_2 = V_1 - V_{(H_2O\ εξατμ)}$.*	
Βήμα 1: ***Υπολογίζουμε τον όγκο του τελικού διαλύματος από τη σχέση $V_2 = V_1 - V_{(H_2O\ εξατμ)}$.***	$V_2 = V_1 - V_{(H_2O\ εξατμ)} = 300\ \text{mL} - 100\ \text{mL} = 200\ \text{mL}$.
Βήμα 2: ***Μετατρέπουμε τους όγκους σε L και από τη σχέση για τη διαλυμένη ουσία $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2V_2$ υπολογίζουμε το c_2.***	$V_1 = 300\ \text{mL} = 0{,}3\ \text{L}$, $V_2 = 200\ \text{mL} = 0{,}2\ \text{L}$ $c_1V_1 = c_2V_2 \Rightarrow 1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0{,}3\ \text{L} = c_2 \cdot 0{,}2\ \text{L} \Rightarrow c_2 = 1{,}5\ \text{M}$.

Εφαρμογή 6.22

Ποιος όγκος νερού πρέπει να εξατμιστεί από 300 mL διαλύματος KI 0,2 M (Δ1), ώστε να προκύψει διάλυμα Δ2 συγκέντρωσης 0,6 M;

6.3.2.6. Προσθήκη διαλυμένης ουσίας

Ένας άλλος τρόπος να αυξήσουμε την περιεκτικότητα ενός διαλύματος είναι **να προσθέσουμε επιπλέον ποσότητα διαλυμένης ουσίας** στο διάλυμα (Εικόνα 6.27).

Κατά την *προσθήκη διαλυμένης ουσίας στο διάλυμα*, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο τελικό διάλυμα ισούται με το άθροισμα της ποσότητάς της στο αρχικό διάλυμα και της επιπλέον ποσότητας που προστέθηκε.

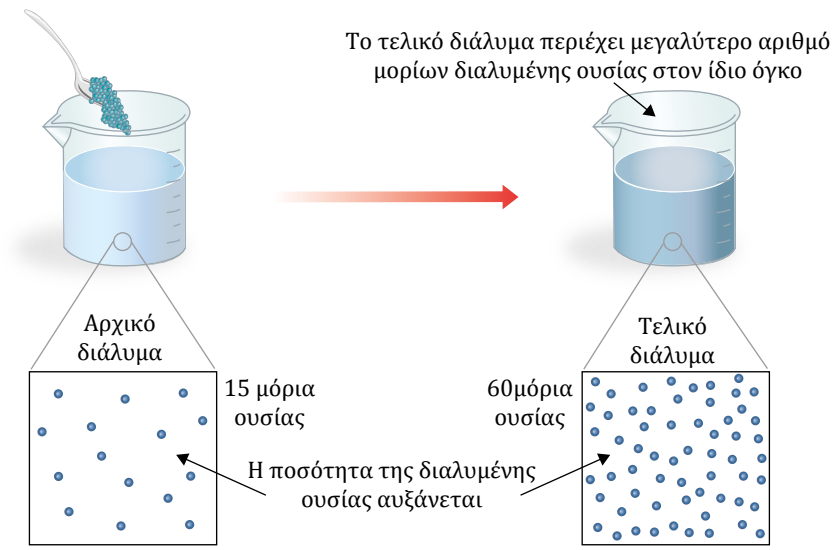
Δηλαδή για τη διαλυμένη ουσία ισχύει:

$$n_1 + n_{\text{προσθ.}} = n_2 \Rightarrow c_1V_1 + n_{\text{προσθ.}} = c_2V_2 \qquad (6.7)$$

Για τους όγκους των διαλυμάτων ισχύει:

$$V_2 = V_1 \qquad (6.8)$$

(για μικρή ποσότητα στερεής ή αέριας διαλυμένης ουσίας)

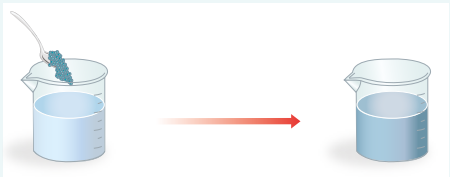


Εικόνα 6.27: *Επάνω: Αύξηση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος με προσθήκη διαλυμένης ουσίας. Κάτω: Μια αναπαράσταση των μορίων της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό και στο τελικό διάλυμα.*

Υπολογισμοί σε προσθήκη διαλυμένης ουσίας σε διάλυμά της

Παράδειγμα 6.23

Σε διάλυμα ζάχαρης (M_r = 342) με c = 0,01 M και V = 200 mL προσθέτουμε 0,342 g ζάχαρης. Βρείτε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Χρησιμοποιούμε τη βασική σχέση για την προσθήκη διαλυμένης ουσίας* $c_1V_1 + n_{προσθ} = c_2V_2$ *και τη σχέση για τους όγκους των διαλυμάτων* $V_2 = V_1$.	
Βήμα 1: ***Υπολογίζουμε τα mol της ζάχαρης που προσθέσαμε από τη σχέση n = m/M.***	$n = m/M$ = 0,342 g/342 g · mol^{-1} = 0,001 mol ζάχαρης.
Βήμα 2: ***Μετατρέπουμε τον όγκο σε L, θεωρούμε ότι*** $V_1 = V_2$ ***και από τη σχέση για τη διαλυμένη ουσία*** $n_1 + n_{προσθ} = n_2 \Rightarrow c_1V_1 + n_{προσθ} = c_2V_2$ ***υπολογίζουμε το*** c_2.	$V_1 = V_2$ = 200 mL = 0,2 L. $c_1V_1 + n_{προσθ} = c_2V_2 \Rightarrow$ 0,01 mol · L^{-1} · 0,2 L + 0,001 mol = c_2 · 0,2 L $\Rightarrow$ c_2 = 0,015 M.

Εφαρμογή 6.24

Σε 200 mL διαλύματος NaOH 0,5 M ($Δ_1$) διαλύεται επιπλέον ποσότητα στερεού NaOH, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος.

Το διάλυμα $Δ_2$ που προκύπτει έχει συγκέντρωση 0,9 M. Να υπολογίσετε την επιπλέον μάζα του NaOH που διαλύθηκε στο $Δ_1$. Δίνονται: A_r(H) = 1, A_r(O) = 16, A_r(Na) = 23.

6.3.2.7. Ανάμειξη διαλυμάτων

Ανάμειξη μπορεί να έχουμε μεταξύ διαλυμάτων που περιέχουν την ίδια ή διαφορετικές διαλυμένες ουσίες.

Κατά την *ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας ουσίας* (Εικόνα 6.28) **η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο τελικό διάλυμα ισούται με το άθροισμα των ποσοτήτων της στα διαλύματα που αναμίχθηκαν.**

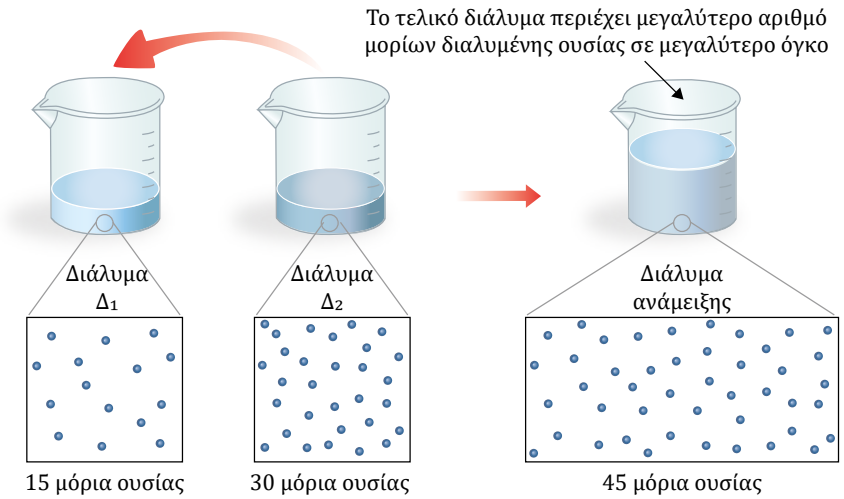
Π.χ. κατά την ανάμειξη δύο διαλυμάτων για τη διαλυμένη ουσία ισχύει:

$$n_1 + n_2 = n_3 \Rightarrow c_1V_1 + c_2V_2 = c_3V_3 \quad (6.9)$$

Για τους όγκους των διαλυμάτων ισχύει:

$$V_3 = V_1 + V_2 \quad (6.10)$$

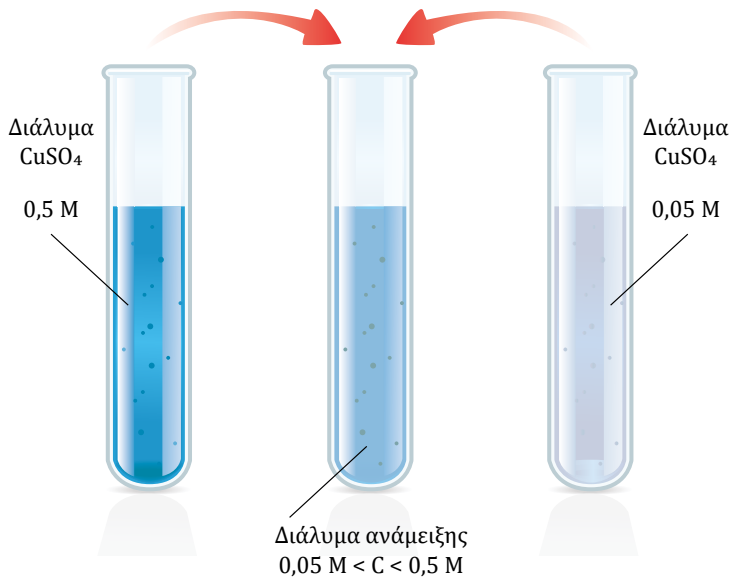
Στην πραγματικότητα ο όγκος του τελικού διαλύματος δεν είναι ακριβώς ίσος με το άθροισμα των όγκων των διαλυμάτων που αναμειγνύονται. Ωστόσο, συχνά κάνουμε αυτήν την παραδοχή, διότι συνήθως η απόκλιση δεν είναι μεγάλη.



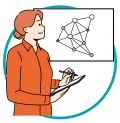
Εικόνα 6.28: Επάνω: Ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας διαλυμένης ουσίας. Κάτω: Μια αναπαράσταση των μορίων της διαλυμένης ουσίας στα αρχικά διαλύματα και στο τελικό διάλυμα.

Κατά την *ανάμειξη δύο διαλυμάτων της ίδιας ουσίας* η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος βρίσκεται πάντα *ενδιάμεσα* στις δύο συγκεντρώσεις των διαλυμάτων που αναμείχθηκαν.

Για παράδειγμα, αν αναμείξουμε ένα διάλυμα $CuSO_4$ 0,05 M με ένα διάλυμα $CuSO_4$ 0,5 M, για τη συγκέντρωση C του τελικού διαλύματος θα ισχύει: 0,05 M < C < 0,5 M (Εικόνα 6.29).



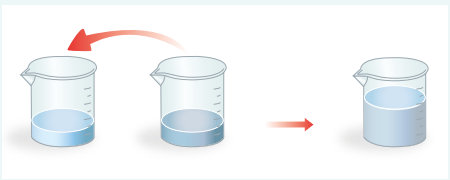
Εικόνα 6.29: Κατά την ανάμειξη δύο διαλυμάτων $CuSO_4$ το τελικό διάλυμα έχει συγκέντρωση ενδιάμεση των συγκεντρώσεων των δύο διαλυμάτων, όπως φαίνεται και από την ένταση των χρωμάτων των τριών διαλυμάτων. Το χρώμα οφείλεται στον $CuSO_4$ παρουσία νερού.



Υπολογισμοί σε ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας διαλυμένης ουσίας

Παράδειγμα 6.25

Διάλυμα NaOH με c_1 = 0,25 M και όγκο 200 mL αναμειγνύεται με άλλο διάλυμα NaOH με c_2 = 0,5 M και όγκο 300 mL. Να βρεθεί η συγκέντρωση του διαλύματος που προκύπτει.

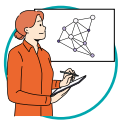
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Χρησιμοποιούμε τη βασική σχέση της ανάμειξης διαλυμάτων της ίδιας διαλυμένης ουσίας* $c_1V_1 + c_2V_2 = c_3V_3$ *και τη σχέση για τους όγκους των διαλυμάτων* $V_3 = V_1 + V_2$.	
Βήμα 1: ***Υπολογίζουμε τον όγκο του τελικού διαλύματος από τη σχέση*** $V_3 = V_1 + V_2$.	$V_3 = V_1 + V_2$ = 200 mL + 300 mL = 500 mL.
Βήμα 2: ***Μετατρέπουμε τους όγκους σε L και χρησιμοποιούμε τη σχέση για τη διαλυμένη ουσία*** $n_1 + n_2 = n_3 \Rightarrow C_1V_1 + C_2V_2 = C_3V_3$ ***για να υπολογίσουμε το*** C_3.	V_1 = 0,2 L, V_2 = 0,3 L, V_3 = 0,5 L. $c_1V_1 + c_2V_2 = c_3V_3 \Rightarrow 0{,}25\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0{,}2\ \text{L} + 0{,}5\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0{,}3\ \text{L} = c_3 \cdot 0{,}5\ \text{L} \Rightarrow c_3 = 0{,}4\ \text{M}$.

Εφαρμογή 6.26

Δίνεται διάλυμα HCl 6 M ($Δ_1$) και διάλυμα HCl 1 M ($Δ_2$). Να υπολογίσετε με ποια αναλογία όγκων (V_1/V_2) πρέπει να τα αναμείξουμε, για να προκύψει διάλυμα HCl 2 M ($Δ_3$).

6.3.2.8. Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί με διαλύματα

Στους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς μπορούμε τώρα να εισαγάγουμε και όσα μάθαμε για τη συγκέντρωση των διαλυμάτων. Αν γνωρίζουμε τα δύο από τα τρία μεγέθη C, n, V για το διάλυμα μιας ουσίας που συμμετέχει σε μια αντίδραση, μπορούμε να υπολογίσουμε το τρίτο. Ας δούμε ένα παράδειγμα:



Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί με διαλύματα

Παράδειγμα 6.27

Πόσα g στερεού NaOH απαιτούνται για την πλήρη εξουδετέρωση 300 mL διαλύματος H_2SO_4 0,2 M; Δίνονται: $A_r(H) = 1$, $A_r(O) = 16$, $A_r(Na) = 23$.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ: *Ακολουθούμε τα 4 γνωστά βήματα των στοιχειομετρικών υπολογισμών. Στις μετατροπές μεγεθών που κάνουμε (βήματα 2 και 4), εμπλέκονται και ένα ή περισσότερα διαλύματα ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση. Χρησιμοποιούμε τη σχέση της συγκέντρωσης $c = n/V$ και υπολογίζουμε το μέγεθος που χρειαζόμαστε κάθε φορά για τη λύση της άσκησης.*

Βήμα 1: ***Γράφουμε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται.***	$2NaOH(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$
Βήμα 2: ***Αν γνωρίζουμε τη μάζα μιας ουσίας Α που αντιδρά ή παράγεται, υπολογίζουμε τα mol της. Αν εμπλέκεται στην αντίδραση διάλυμα της ουσίας Α, τα mol της μπορούν να υπολογιστούν από τη συγκέντρωση και τον όγκο του διαλύματος.***	Βρίσκουμε τα mol του H_2SO_4 από τα στοιχεία του διαλύματός του. Μετατρέπουμε πρώτα τον όγκο σε λίτρα. $V = 300\ mL/1000\ mL \cdot L^{-1} = 0,3\ L$. $c = n/V \Rightarrow n = c \cdot V = 0,2\ mol \cdot L^{-1} \cdot 0,3\ L = 0,06\ mol\ H_2SO_4$ αντιδρούν.
Βήμα 3: ***Κάνουμε αναλογία με βάση τους συντελεστές των ουσιών Α και Β και τα mol της ουσίας Α που γνωρίζουμε, για να βρούμε τα mol της ουσίας Β που μας ενδιαφέρει.***	Η ουσία Β είναι εδώ το NaOH. Το 1 mol H_2SO_4 αντιδρά με 2 mol NaOH Τα 0,06 mol H_2SO_4 αντιδρούν με x=; x= 0,12 mol NaOH αντιδρούν.
Βήμα 4: ***Μετατρέπουμε τα mol της ουσίας Β σε μάζα. Αν εμπλέκεται διάλυμα της ουσίας Β, μπορούμε με βάση την ποσότητα της Β να υπολογίσουμε κάποιο στοιχείο του διαλύματος (συγκέντρωση ή όγκο).***	Θα μετατρέψουμε τα mol του NaOH σε μάζα. Υπολογίζουμε πρώτα το M_r του NaOH. $M_r = 1 + 23 + 16 = 40$, άρα $M = 40\ g \cdot mol^{-1}$ Οπότε $n = m/M \Rightarrow m = n \cdot M = 0,12\ mol \cdot 40\ g \cdot mol^{-1} =$ **4,8 g NaOH.**

Εφαρμογή 6.28

Για την πλήρη εξουδετέρωση 60 mL διαλύματος $Ca(OH)_2$ ($Δ_1$) καταναλώθηκαν 40 mL διαλύματος HI 0,2 M ($Δ_2$).

α) Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

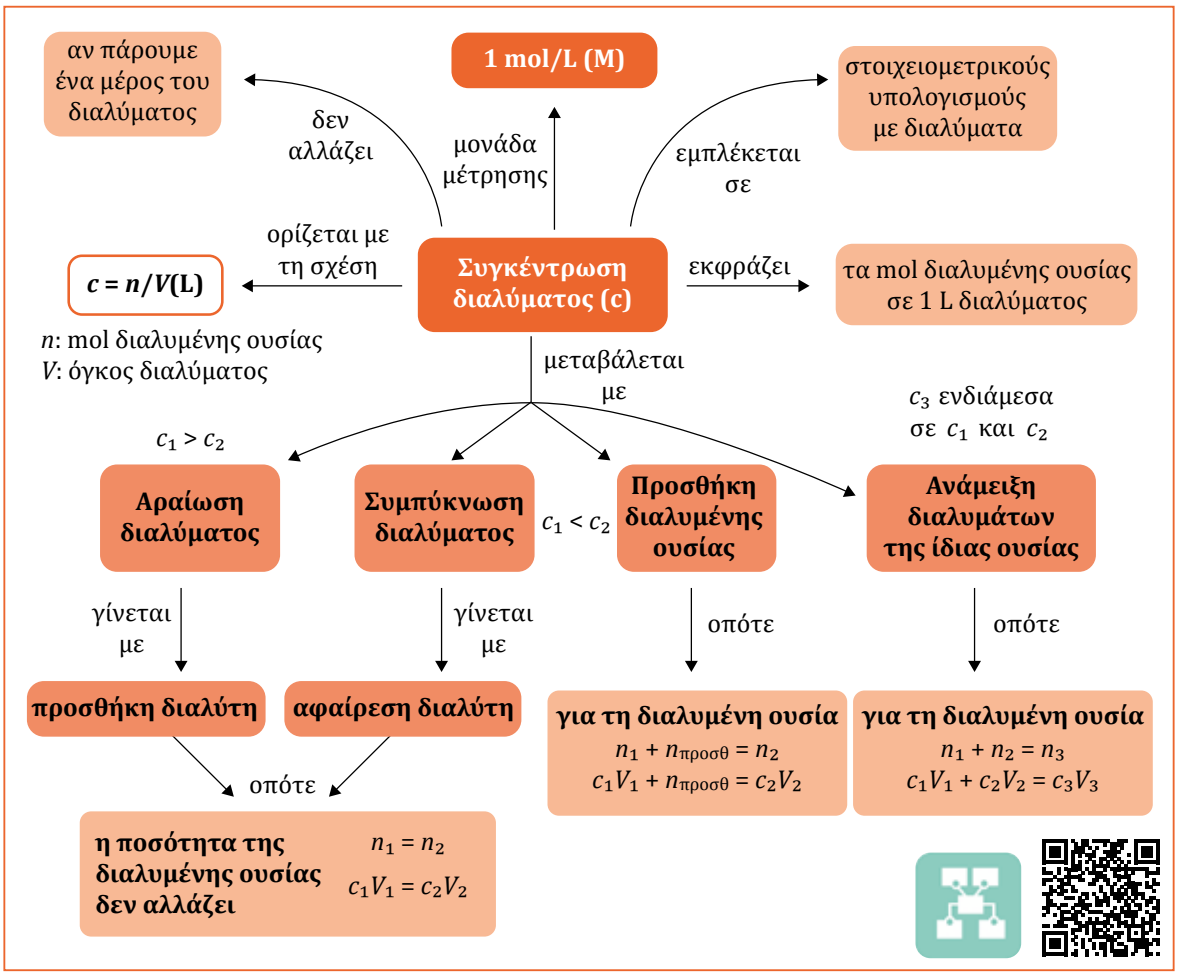
β) Να υπολογίσετε:

i. τη συγκέντρωση του διαλύματος $Δ_1$.

ii. τη μάζα του άλατος που σχηματίστηκε. Δίνονται: $A_r(Ca) = 40$, $A_r(I) = 127$.

Κάνετε τώρα το Τεστ Αυτοαξιολόγησης στη συγκέντρωση διαλύματος.

Εννοιολογικός Χάρτης 6.3



Γλωσσάριο

Mole: Μία ποσότητα που περιέχει N_A=6,02·10^{23} στοιχειώδεις οντότητες.

Αριθμός (σταθερά) Avogadro: Ο αριθμός σωματιδίων (N_A=6,02·10^{23}) που περιέχεται σε ένα mol ουσίας.

Μοναρική μάζα (*M*): Η μάζα ενός mol ουσίας. Έχει μονάδες g/mol.

Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί: Η διαδικασία θεωρητικού υπολογισμού της ποσότητας μιας ουσίας που συμμετέχει σε μία αντίδραση, όταν γνωρίζουμε την ποσότητα μιας άλλης ουσίας που συμμετέχει στην ίδια αντίδραση.

Συγκέντρωση διαλύματος (*c*): Τα mol διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος. Είναι μια έκφραση περιεκτικότητας.

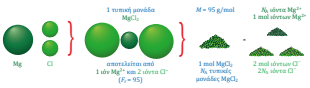
Αραίωση διαλύματος: Η προσθήκη διαλύτη σε ένα διάλυμα που οδηγεί σε ελάττωση της περιεκτικότητας του διαλύματος.

Συμπύκνωση διαλύματος: Η απομάκρυνση διαλύτη από ένα διάλυμα (π.χ. με εξάτμιση) που οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του διαλύματος.

Ανασκόπηση Βασικών Εννοιών

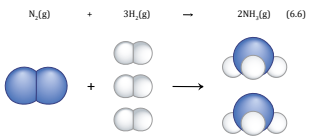
6.1 Η Έννοια του Mole

- Το mole είναι η μονάδα ποσότητας ουσίας στο SI. Εκφράζει πιο απλά τον τεράστιο και δύσκολο να προσδιοριστεί αριθμό των σωματιδίων μιας ουσίας και τον συνδέει με τη μάζα ή τον όγκο της ουσίας που είναι εύκολο να μετρηθούν.
- Το 1 mol είναι η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ στοιχειώδεις οντότητες της ουσίας (άτομα, μόρια ή ιόντα).
- Ο αριθμός N_A λέγεται αριθμός Avogadro και είναι ο αριθμός ατόμων που περιέχονται σε τόσα γραμμάρια στοιχείου όσο η A_r του.



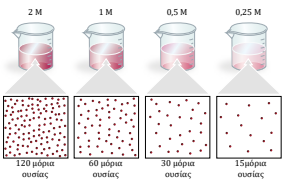
- Η μάζα σε g που αντιστοιχεί σε 1 mol μιας ουσίας ισούται αριθμητικά με την M_r μοριακής ουσίας, ή την A_r για άτομα στοιχείου, ή την F_r ιοντικής ένωσης, και ονομάζεται ***μολαρική μάζα***. Η μολαρική μάζα συμβολίζεται με ***M*** και έχει μονάδες $g \cdot mol^{-1}$.
- Οι σχέσεις που συνδέουν τα mol με τον αριθμό σωματιδίων και τη μάζα μιας ουσίας είναι, αντίστοιχα: $n = \frac{N}{N_A}$ και $n = \frac{m}{M}$.

6.2 Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί I

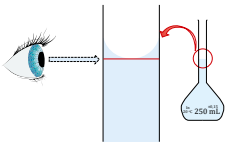


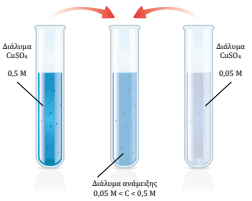
- Η διαδικασία θεωρητικού υπολογισμού της ποσότητας μιας ουσίας που αντιδρά ή παράγεται σε μία αντίδραση, όταν γνωρίζουμε την ποσότητα μιας άλλης ουσίας που αντιδρά ή παράγεται στην ίδια αντίδραση, ονομάζεται ***στοιχειομετρικός υπολογισμός***.
- Οι υπολογισμοί αυτοί στηρίζονται στο ότι οι συντελεστές των ουσιών σε μια χημική εξίσωση εκφράζουν και την αναλογία mole με την οποία αντιδρούν και παράγονται οι ουσίες.

6.3 Συγκέντρωση Διαλύματος



- *Η συγκέντρωση (c) (Molarity)* εκφράζει τα mol διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος, $c = \frac{n}{V}$.
- Όταν πάρουμε ένα μέρος από ένα διάλυμα, η συγκέντρωσή του παραμένει σταθερή.
- ***Αραίωση*** ονομάζεται η ελάττωση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος με προσθήκη επιπλέον ποσότητας διαλύτη στο διάλυμα.
- ***Συμπύκνωση*** ονομάζεται η απομάκρυνση ποσότητας διαλύτη από ένα διάλυμα που οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του διαλύματος
- Κατά την ***προσθήκη διαλυμένης ουσίας*** σε ένα διάλυμα η περιεκτικότητα του διαλύματος αυξάνεται.
- Κατά την ***ανάμειξη*** δύο διαλυμάτων της ίδιας διαλυμένης ουσίας η περιεκτικότητα του τελικού διαλύματος είναι ενδιάμεσα στις περιεκτικότητες των διαλυμάτων που αναμειγνύονται.





Ερωτήσεις και Ασκήσεις

Σε όποιες ασκήσεις χρειάζονται οι σχετικές ατομικές μάζες (A_r) των στοιχείων, μπορείτε να τις δείτε στο σχετικό παράρτημα στο τέλος του βιβλίου.

Οι ασκήσεις με την ένδειξη είναι περισσότερο απαιτητικές.

Η έννοια του mole

6.1. α) Τι είναι το mole; β) Τι είναι ο αριθμός Avogadro και ποια η τιμή του;

6.2. Υπολογίστε καθένα από τα ακόλουθα:
α) αριθμό ατόμων C σε 0,5 mol C, β) αριθμός μορίων SO_2 σε 1,2 mol SO_2, γ) mol Fe σε $3{,}01 \times 10^{22}$ άτομα Fe, δ) mol C_2H_6O σε $12{,}04 \times 10^{24}$ μόρια C_2H_6O

6.3. Υπολογίστε καθεμία από τις ακόλουθες ποσότητες σε 2 mol H_3PO_4:
α) mol H, β) mol O, γ) άτομα P, δ) άτομα O

6.4. Η κινίνη, $C_{20}H_{24}N_2O_2$, είναι συστατικό του τονωτικού νερού και του πικρού λεμονιού. Πόσα mol H, C, N και O περιέχονται σε 0,2 mol κινίνης;

6.5. Το θειικό αργίλιο, $Al_2(SO_4)_3$, χρησιμοποιείται σε ορισμένα αντιιδρωτικά σκευάσματα.
α) Πόσα mol O περιέχονται σε 3 mol $Al_2(SO_4)_3$;
β) Πόσα mol ιόντων αργιλίου (Al^{3+}) υπάρχουν σε 0,4 mol $Al_2(SO_4)_3$;
γ) Πόσα mol θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) υπάρχουν σε 1,5 mol $Al_2(SO_4)_3$;

6.6. Πόσα γραμμάρια περιέχονται σε 5 mol κάθε ένωσης;
α) HCl, β) Na_2SO_4, γ) C_2H_2, **δ.** $Al(OH)_3$

6.7. Υπολογίστε τη μάζα, σε γραμμάρια, του C σε καθεμία από τις ακόλουθες ενώσεις:
α) 11 g CO_2, β) 21 g C_3H_6, γ) 92 g C_2H_6O, δ) 14,4 g $C_8H_{16}O_2$

6.8. Το μονοξείδιο του διαζώτου, N_2O, γνωστό ως το αέριο γέλιου, χρησιμοποιείται ως αναισθητικό στην οδοντιατρική.
α) Πόσα γραμμάρια της ένωσης περιέχονται σε 1,5 mol του N_2O;
β) Πόσα mol της ένωσης περιέχονται σε 22 g του N_2O;
γ) Πόσα γραμμάρια N περιέχονται σε 22 g του N_2O;

6.9. Πόσα μόρια H_2S περιέχουν τα ίδια άτομα H με όσα περιέχονται σε 17 g NH_3;

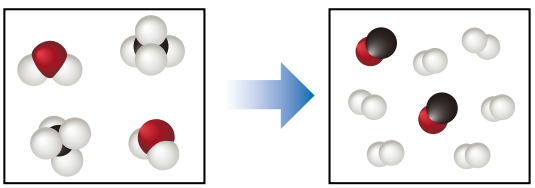
Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί I

6.10. Η χημική αντίδραση του υδρογόνου με το οξυγόνο παράγει νερό.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

α) Πόσα mol O_2 απαιτούνται για να αντιδράσουν με 2,6 mol H_2;
β) Πόσα mol H_2O σχηματίζονται, όταν αντιδρούν 2,5 mol O_2;

6.11. Παρακάτω αναπαρίσταται μια αντίδραση μεταξύ των ενώσεων CH_4 και H_2O.



α. Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση. Όλες οι ουσίες είναι σε αέρια φάση.
β. Με βάση αυτήν την αντίδραση βρείτε πόσα mol κάθε προϊόντος μπορούν να ληφθούν, αν αντιδράσουν 4 mol CH_4.

6.12. Χρησιμοποιήστε την ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για να συμπληρώσετε τον πίνακα με τα mol που αντιδρούν και παράγονται:

$$2FeS(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2FeO(s) + 2SO_2(g)$$

FeS	O_2	FeO	SO_2
2 mol	..... mol	..... mol	..... mol
..... mol	..... mol	..... mol	4,6 mol

6.13. Το μεταλλικό νάτριο (Na) αντιδρά έντονα όταν προστίθεται στο νερό, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$2Na(s) + 2H_2O(\ell) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

α) Πόσα mol H_2O απαιτούνται, για να αντιδράσουν πλήρως με 3 mol Na;
β) Πόσα mol H_2 σχηματίζονται από 0,3 mol Na;
γ) Πόσα mol H_2 σχηματίζονται από 3,6 mol H_2O;
δ) Πόσα γραμμάρια NaOH σχηματίζονται από 3 mol Na;
ε) Πόσα γραμμάρια H_2O χρειάζονται, για να αντιδράσουν πλήρως με 0,2 mol Na;

6.14. Η αμμωνία και το οξυγόνο αντιδρούν σχηματίζοντας άζωτο και νερό.

$$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(g)$$

Πόσα γραμμάρια H_2O σχηματίζονται από την αντίδραση 34 g NH_3;

6.15. Εξετάστε τη μη ισοσταθμισμένη εξίσωση για την εκρηκτική διάσπαση του στερεού νιτρικού αμμωνίου προς σχηματισμό μονοξειδίου του διαζώτου και νερού:

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + H_2O(g)$$

Ισοσταθμίστε την εξίσωση και προσδιορίστε πόσα mol H_2O θα μπορούσαν να παραχθούν από τη διάσπαση 0,3 mol NH_4NO_3.

6.16. Όταν το στερεό σουλφίδιο του μολύβδου (II) αντιδρά με αέριο οξυγόνο, τα προϊόντα είναι στερεό οξείδιο του μολύβδου (II) και αέριο διοξείδιο του θείου.

α) Γράψτε την ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση.

β) Πόσα γραμμάρια διοξειδίου του θείου μπορούν να παραχθούν κατά την αντίδραση 95,6 g σουλφιδίου του μολύβδου (II);

Συγκέντρωση διαλύματος

6.17. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση των παρακάτω διαλυμάτων:

α) 3 mol KCl σε 1,5 L διαλύματος, β) 0,44 mol $NaNO_3$ σε 880 mL διαλύματος, γ) 5,85 g NaCl σε 400 mL διαλύματος, δ) 16,8 g $NaHCO_3$ σε 0,5 L διαλύματος

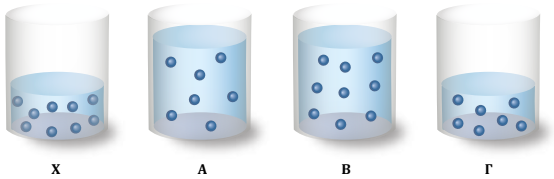
6.18. Πόσα mol και πόσα γραμμάρια διαλυμένης ουσίας περιέχονται σε κάθε διάλυμα;

α) 200 mL διαλύματος NaOH 0,25 M, β) 50 mL διαλύματος HNO_3 2 M, γ) 2,5 L διαλύματος HCl 3 M.

6.19. Κάθε μέρα το στομάχι ενός ενήλικου ατόμου παράγει περίπου 2 L γαστρικού υγρού που περιέχει 0,1 M HCl. Πόσα γραμμάρια HCl περιέχονται σε 2 L γαστρικού υγρού;

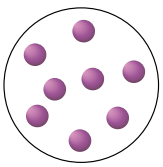
6.20. Μια εργαστηριακή διαδικασία απαιτεί την παρασκευή 400 mL διαλύματος $NaNO_3$ 1,1 M. Ποια μάζα $NaNO_3$ (σε g) χρειάζεται για την παρασκευή του διαλύματος;

6.21. α) Εάν το διάλυμα στο Χ αραιωθεί, ποια αναπαράσταση (Α-Γ) αντιπροσωπεύει το τελικό διάλυμα;

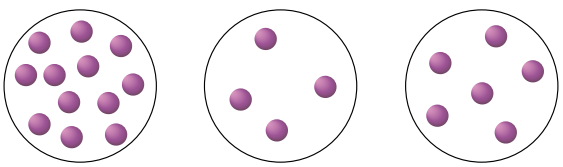


β) Αν οι όγκοι των Α και Β είναι διπλάσιοι από τον όγκο του Γ, ποιο διάλυμα από τα τρία είναι το πιο πυκνό; Ποιο διάλυμα από τα τρία είναι το πιο αραιό;

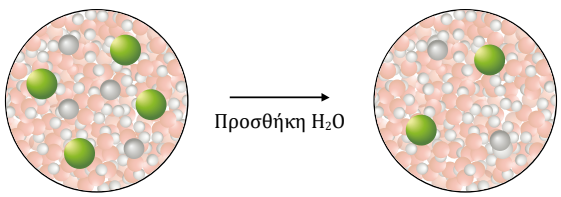
6.22. Ο κύκλος που ακολουθεί αναπαριστά 1 λίτρο διαλύματος με συγκέντρωση διαλυμένης ουσίας 1 M:



Εξηγήστε τι θα προσθέτατε (ποσότητα διαλυμένης ουσίας ή ποσότητα διαλύτη) στο διάλυμα, για να λάβετε ένα διάλυμα που αντιπροσωπεύεται από κάθε κύκλο α, β και γ.



6.23. α) Στο στιγμιότυπο Α αναπαρίσταται ένα μικρός όγκος ενός διαλύματος NaCl. Ακολούθως, το διάλυμα αραιώνεται με νερό και στο στιγμιότυπο Β αναπαρίσταται ο ίδιος όγκος με το Α. Αν η συγκέντρωση του αρχικού διαλύματος NaCl ήταν 0,1 M, να βρεθεί η συγκέντρωση του ίδιου διαλύματος μετά την αραίωση. β) Αν ο όγκος του Α είναι 50 mL, πόσο νερό προστίθεται για να σχηματιστεί το Β;



6.24. Πόσα mL διαλύματος NaCl 2,5 M απαιτούνται για την παρασκευή διαλύματος NaCl 25 mL συγκέντρωσης 1 M με κατάλληλη αραίωση;

6.25. Σε ποιον όγκο πρέπει να αραιώσουμε 50 mL ενός πυκνού διαλύματος HNO_3 12 M, για να παρασκευάσουμε ένα διάλυμα HNO_3 0,1 M;

6.26. 35,1 γραμμάρια χλωριδίου του νατρίου (NaCl) διαλύονται σε νερό και προκύπτει διάλυμα Α που έχει όγκο 300 mL.
α) Να βρεθεί η συγκέντρωση του διαλύματος Α.
β) Από το διάλυμα Α εξατμίζονται 100 mL νερού, οπότε προκύπτει διάλυμα Β. Να βρεθεί η συγκέντρωση του διαλύματος Β.

6.27. Πόσα mL νερού πρέπει να εξατμιστούν από 200 mL διαλύματος NaCl 0,25 M ($Δ_1$), ώστε να προκύψει διάλυμα $Δ_2$ συγκέντρωσης 0,4 M;

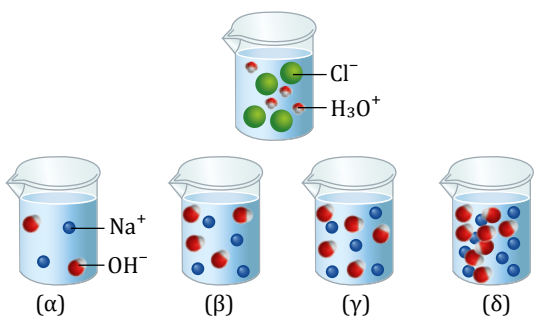
6.28. Σε 200 mL διαλύματος $NaNO_3$ 0,1 M ($Δ_1$) διαλύονται επιπλέον 0,85 g στερεού $NaNO_3$, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος $Δ_2$.

6.29. Σε 600 mL διαλύματος NH_3 0,3 M ($Δ_1$) διαλύεται επιπλέον ποσότητα αέριας NH_3, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Αν το διάλυμα $Δ_2$ που προκύπτει έχει συγκέντρωση 0,8 M, να υπολογίσετε την επιπλέον μάζα της NH_3 που διαλύθηκε στο $Δ_1$.

6.30. Αναμειγνύονται 3 L διαλύματος H_2SO_4 0,1 M με 2 L διαλύματος H_2SO_4 0,6 M. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του διαλύματος που προκύπτει.

6.31. Δίνεται διάλυμα NaOH 3 M ($Δ_1$) και διάλυμα NaOH 1 M ($Δ_2$). Να υπολογίσετε με ποια αναλογία όγκων πρέπει να τα αναμείξουμε, για να προκύψει διάλυμα NaOH 1,5 M ($Δ_3$).

6.32. Ένα διάλυμα υδροχλωρικού οξέος θα εξουδετερώσει ένα διάλυμα ιωδίδιο του νατρίου. Κοιτάξτε τις μοριακές όψεις για ένα ποτήρι ζέσεως με το διάλυμα HCl και τέσσερα ποτήρια ζέσεως με διαλύματα NaOH. Ποιο διάλυμα NaOH θα εξουδετερώσει ακριβώς το διάλυμα HCl; Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την αντίδραση εξουδετέρωσης.



6.33. Για την πλήρη εξουδετέρωση 60 mL διαλύματος NaOH ($Δ_1$) καταναλώθηκαν 40 mL διαλύματος HBr 0,75 M ($Δ_2$), οπότε προέκυψε διάλυμα $Δ_3$. Να υπολογίσετε:
α) τη συγκέντρωση του διαλύματος $Δ_1$, β) τη συγκέντρωση του άλατος στο τελικό διάλυμα $Δ_3$.

Γενικά προβλήματα

6.34. Πόσο όγκο νερού πρέπει να προσθέσουμε σε 25 mL διαλύματος HCl 12 M, για να έχουμε διάλυμα συγκέντρωσης 5 M;

6.35. Υδατικό διάλυμα H_2SO_4 2 M αραιώνεται με νερό, ώστε το τελικό διάλυμα να έχει όγκο πενταπλάσιο του αρχικού. Να υπολογίσετε την συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

6.36. Πόσος όγκος από ένα διάλυμα HCl 0,5 M ($Δ_1$) και πόσος από ένα άλλο διάλυμα HCl 0,1 M ($Δ_2$) πρέπει να αναμειχθούν, για την παρασκευή 2 L διαλύματος HCl 0,2 M ($Δ_3$);

6.37. Ένα δείγμα 20 mL διαλύματος H_3PO_4 εξουδετερώνεται από διάλυμα NaOH 0,1 M. Πλήρης εξουδετέρωση επιτυγχάνεται όταν προστίθενται 15 mL διαλύματος NaOH. Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος H_3PO_4;

6.38. Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του όζοντος (O_3) στον αέρα, είναι η διέλευση του δείγματος αέρα μέσω ενός διαλύματος που περιέχει ιωδίδιο του νατρίου, το οποίο απομακρύνει το όζον, αφού αντιδρά με αυτό, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$O_3(g) + 2NaI(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow O_2(g) + I_2(s) + 2NaOH(aq)$$

α) Πόσα mol ιωδιδίου του νατρίου απαιτούνται για την απομάκρυνση $6 \cdot 10^{-6}$ mol O_3;
β) Πόσα γραμμάρια ιωδιδίου του νατρίου απαιτούνται για την απομάκρυνση 2,4 mg O_3;

6.39. Υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου HCl (διάλυμα Α) έχει όγκο 500 mL και περιέχει 73 g HCl.
α) Να βρεθεί η συγκέντρωση του διαλύματος Α.
β) Στο διάλυμα Α προσθέτουμε 1500 mL νερού, οπότε προκύπτει διάλυμα Β. Να βρεθεί η συγκέντρωση του διαλύματος Β.
γ) Στο διάλυμα Β προσθέτουμε 1,2 γραμμάρια μαγνησίου (Mg), οπότε αντιδρά όλο το Mg και ελευ-

θερώνεται ένα αέριο. Να υπολογίσετε την μάζα του αερίου.

6.40. Το σκληρό νερό περιέχει συχνά διαλυμένα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+}. Ένας τρόπος για να μαλακώσουμε το νερό είναι να προσθέσουμε φωσφορικά άλατα. Τα φωσφορικά ιόντα σχηματίζουν δυσδιάλυτα ιζήματα με τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, απομακρύνοντάς τα από το διάλυμα. Ένα διάλυμα περιέχει χλωρίδιο του ασβεστίου 0,05 M και νιτρικό μαγνήσιο 0,08 M. Ποια μάζα φωσφορικού νατρίου θα προσθέτατε σε 1,5 L αυτού του διαλύματος, για να απομακρύνετε πλήρως τα ιόντα του σκληρού νερού; Υποθέστε πλήρη αντίδραση.

6.41. Ένα κουτάκι αναψυκτικού διαίτης περιέχει 176,4 mg του τεχνητού γλυκαντικού ασπαρτάμη. Όταν η ασπαρτάμη προσλαμβάνεται, μεταβολίζεται σε φαινυλαλανίνη, ασπαρτικό οξύ και μεθανόλη, σύμφωνα με την ισοσταθμισμένη εξίσωση:

$$\underset{\text{ασπαρτάμη}}{C_{14}H_{18}N_2O_5} + 2\,H_2O \longrightarrow \underset{\text{φαινυλαλανίνη}}{C_9H_{11}NO_2} + \underset{\text{Ασπαρτικό οξύ}}{C_4H_7NO_4} + \underset{\text{μεθανόλη}}{CH_3OH}$$

α) Χρησιμοποιώντας αυτή την εξίσωση, προσδιορίστε πόση μεθανόλη (σε mg) σχηματίζεται κατά το μεταβολισμό της ασπαρτάμης που περιέχεται σε ένα κουτί αναψυκτικού. Η μοριακή μάζα της ασπαρτάμης είναι 294 g/mol, ενώ της μεθανόλης είναι 32 g/mol.

β) Η μεθανόλη είναι μια τοξική ένωση, με τη μέση θανατηφόρα δόση στον άνθρωπο να υπολογίζεται σε 428 mg/kg σωματικού βάρους. Πόσα κουτιά αναψυκτικού θα πρέπει να καταναλώσει ένα άτομο βάρους 52 κιλών, για να λάβει θανατηφόρα δόση μεθανόλης;

6.42. Όταν τα ρούχα έχουν λεκέδες, μπορεί να προστεθεί χλωρίνη στο πλύσιμο για να αντιδράσει με τον ρύπο και να κάνει τους λεκέδες άχρωμους. Το διάλυμα χλωρίνης (Εικόνα 6.30) παρασκευάζεται με διαβίβαση αερίου χλωρίου σε ένα διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, για να παραχθεί διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου NaClO, χλωριδίου του νατρίου και νερού. Ένα λευκαντικό (χλωρίνη) περιέχει υποχλωριώδες νάτριο 0,7 M.

α) Ποια είναι η μοριακή μάζα του υποχλωριώδους νατρίου;

β) Σχεδιάστε τον τύπο Lewis για το υποχλωριώδες ιόν ClO^-.

γ) Γράψτε μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση για την παρασκευή της χλωρίνης.

δ) Πόσα γραμμάρια NaOH απαιτούνται για να παραχθεί το υποχλωριώδες νάτριο που περιέχεται σε 0,5 λίτρα χλωρίνης;

Εικόνα 6.30: *Η χλωρίνη είναι διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου*

Δουλεύοντας σε ομάδες: Το mole και η συγκέντρωση

Ο6.1. Εκτίμηση του αριθμού Avogadro με απλά μέσα

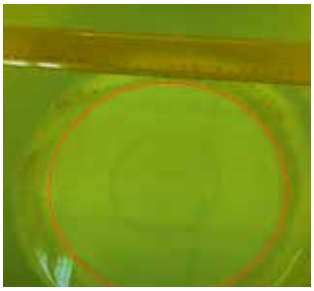
Η δραστηριότητα βασίζεται στο περίφημο πείραμα του Benjamin Franklin (Εικόνα 6.31) στη λίμνη του Clapham το 1774.

Εικόνα 6.31: *Ο Benjamin Franklin (1705-1790). Αμερικανός πολυμαθής και φιλόσοφος. Επινόησε το αλεξικέραυνο. Ένας εκ των «Πατέρων του Έθνους» των Η.Π.Α.*

Υλικά

Θα χρειαστούμε μια λεκάνη με νερό (όσο γίνεται πιο μεγάλη), ελαιόλαδο και κάποιο μπαχαρικό, το οποίο να επιπλέει στο νερό (Εικόνα 6.32). Επιπλέον μια μεζούρα, μια σύριγγα και έναν ογκομετρικό κύλινδρο.

Για να κάνετε τη μέτρηση ακολουθήστε τις οδηγίες που θα βρείτε στον παρακάτω σύνδεσμο.



Εικόνα 6.32: *Η προσθήκη μιας σταγόνας ελαιόλαδου σε νερό, του οποίου έχουμε καλύψει την επιφάνεια με κανέλα, δημιουργεί ένα κυκλικό άνοιγμα στην κανέλα.*

Μπορείτε να κάνετε μια εκτίμηση πιο κοντά στην πραγματική τιμή;

Δείτε τώρα και το σχετικό βίντεο.

Ο6.2. Εκτιμώντας τη συγκέντρωση ενός διαλύματος $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Ο χαλκός θειικός, $CuSO_4$, (Εικόνα 6.33), είναι ένα ευδιάλυτο άλας και έχει διάφορες χρήσεις. Τα διαλύματα αυτού του άλατος έχουν μπλε χρώμα. Όπως είδαμε, η ένταση του χρώματος αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης. Σε αυτήν τη δραστηριότητα θα διαπιστώσουμε πως μπορούμε από το χρώμα ενός διαλύματος $CuSO_4(aq)$ να εκτιμήσουμε τη συγκέντρωσή του. Αφού διαβάσετε τις οδηγίες που θα βρείτε στους παρακάτω συνδέσμους και χρησιμοποιώντας το εργαστήριο του σχολείου σας, μπορείτε να εκτιμήσετε τη συγκέντρωση ενός διαλύματος που θα παραλάβετε από τον/την καθηγητή/τριά σας;

Εικόνα 6.33: *Αριστερά: Λευκός άνυδρος $CuSO_4$. Δεξιά: Ο $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ έχει μπλε χρώμα.*

Παράρτημα 1

Τιμές ορισμένων φυσικών σταθερών για υπολογισμούς

Σταθερά Avogadro: $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.
Παγκόσμια σταθερά αερίων: $R = 0{,}082\ \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8{,}314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
Φορτίο πρωτονίου: $q_p = +1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$.
Φορτίο ηλεκτρονίου: $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$.
Μάζα πρωτονίου και νετρονίου: $m_p = m_n = 1{,}67 \cdot 10^{-24}\ \text{g}$.
Μάζα ηλεκτρονίου: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-28}\ \text{g}$.
Ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας: $1\text{u} = 1{,}66 \cdot 10^{-24}\ \text{g}$.
Μολαρικός όγκος ιδανικών αερίων σε STP συνθήκες: $V_m = 22{,}4\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Βρείτε τον πίνακα και σε ψηφιακή μορφή

Παράρτημα 2

Θεμελιώδη μεγέθη και μονάδες – Ορισμένα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων

Θεμελιώδη μεγέθη και μονάδες

Μέγεθος	Σύμβολο μεγέθους	Ονομασία μονάδας	Σύμβολο μονάδας
Μήκος	l	μέτρο	m
Μάζα	m	χιλιόγραμμο	kg
Χρόνος	t	δευτερόλεπτο	s
Θερμοκρασία	T	κέλβιν	K
Ποσότητα ουσίας	n	μολ	mol
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	I	αμπέρ	A
Ένταση φωτός	I_u	καντέλα	cd

Ορισμένα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων

Πρόθεμα	Σύμβολο	Σχέση με βασική μονάδα	Παράδειγμα
Mega-	M	10^6	1 Mm = 10^6 m
kilo-	k	10^3	1 km = 10^3 m
deci-	d	10^{-1}	1 dm = 10^{-1} m
centi-	c	10^{-2}	1 cm = 10^{-2} m
milli-	m	10^{-3}	1 mm = 10^{-3} m
micro-	μ	10^{-6}	1 μm = 10^{-6} m
nano-	n	10^{-9}	1 nm = 10^{-9} m
pico-	p	10^{-12}	1 pm = 10^{-12} m

Βρείτε τον πίνακα και σε ψηφιακή μορφή

Παράρτημα 3

Σχετικές ατομικές μάζες (Ar) ορισμένων στοιχείων για υπολογισμούς

Ατομικός αριθμός	Όνομα στοιχείου	Σύμβολο στοιχείου	Σχετική ατομική μάζα (A_r)
1	Υδρογόνο	H	1
2	Ήλιο	He	4
3	Λίθιο	Li	7
4	Βηρύλλιο	Be	9
5	Βόριο	B	11
6	Άνθρακας	C	12
7	Άζωτο	N	14
8	Οξυγόνο	O	16
9	Φθόριο	F	19
10	Νέον	Ne	20
11	Νάτριο	Na	23
12	Μαγνήσιο	Mg	24
13	Αργίλιο	Al	27
14	Πυρίτιο	Si	28
15	Φωσφόρος	P	31
16	Θείο	S	32
17	Χλώριο	Cl	35,5
18	Αργό	Ar	40
19	Κάλιο	K	39
20	Ασβέστιο	Ca	40

Βρείτε τον πίνακα και σε ψηφιακή μορφή

Ατομικός αριθμός	Όνομα στοιχείου	Σύμβολο στοιχείου	Σχετική ατομική μάζα (A_r)
24	Χρώμιο	Cr	52
25	Μαγγάνιο	Mn	55
26	Σίδηρος	Fe	56
27	Κοβάλτιο	Co	59
28	Νικέλιο	Ni	59
29	Χαλκός	Cu	63,5
30	Ψευδάργυρος	Zn	65
31	Γάλλιο	Ga	70
32	Γερμάνιο	Ge	73
33	Αρσενικό	As	75
34	Σελήνιο	Se	79
35	Βρώμιο	Br	80
36	Κρυπτό	Kr	84
37	Ρουβίδιο	Rb	85,5
38	Στρόντιο	Sr	88
47	Άργυρος	Ag	108
50	Κασσίτερος	Sn	119
53	Ιώδιο	I	127
56	Βάριο	Ba	137
80	Υδράργυρος	Hg	201
82	Μόλυβδος	Pb	207

Βρείτε τη συγκεντρωτική βιβλιογραφία:

Βρείτε εδώ το συνολικό Γλωσσάριο του βιβλίου σε ηλεκτρονική μορφή:

Λύσεις των Εφαρμογών Κεφαλαίου 2

Εφαρμογή 2.1:

Πίνακας 2.2: *Υποατομικά Σωματίδια*

	Πρωτόνιο (p)	Ηλεκτρόνιο (e)	Νετρόνιο (n)
Θέση μέσα στο άτομο	πυρήνας	γύρω από τον πυρήνα	πυρήνας
Μάζα (σε kg)	$1{,}67262 \cdot 10^{-27}$	$9{,}10938 \cdot 10^{-31}$	$1{,}67493 \cdot 10^{-27}$
Μάζα (σε g)	$1{,}67262 \cdot 10^{-24}$	$9{,}10938 \cdot 10^{-28}$	$1{,}67493 \cdot 10^{-24}$
Ηλεκτρικό φορτίο (σε C)	$+1{,}6022 \cdot 10^{-19}$	$-1{,}6022 \cdot 10^{-19}$	0
Ηλεκτρικό φορτίο (σε μC)	$+1{,}6022 \cdot 10^{-13}$	$-1{,}6022 \cdot 10^{-13}$	0

Εφαρμογή 2.3:

$^{14}_{6}$C: $A_r \approx A = 14$, $m_{\text{ατόμου}} = A_r \cdot 1\text{u} = 14 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g = $2{,}324 \cdot 10^{-23}$ g.

$^{16}_{8}$C: $A_r \approx A = 16$, $m_{\text{ατόμου}} = A_r \cdot 1\text{u} = 16 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g = $2{,}656 \cdot 10^{-23}$ g.

Εφαρμογή 2.5: Θα λάβουμε υπόψη μας τόσο τις μάζες όσο και τις φυσικές αναλογίες των ισοτόπων για να βρούμε τον σταθμικό μέσο όρο των μαζών των τριών ισοτόπων, που εκφράζει την A_r του στοιχείου μαγνήσιο. Η A_r κάθε ισοτόπου είναι πρακτικά ίση με τον μαζικό του αριθμό, οπότε $A_r(^{24}\text{Mg}) = 24$, $A_r(^{25}\text{Mg}) = 25$ και $A_r(^{26}\text{Mg}) = 26$. Επομένως για το στοιχείο μαγνήσιο: $A_r(\text{Mg}) = (79/100) \cdot 24 + (10/100) \cdot 25 + (11/100) \cdot 26 = 24{,}32$.

Εφαρμογή 2.8:

Πίνακας 2.3: *Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων για τις 7 πρώτες στιβάδες*

Τιμή n	Συμβολισμός στιβάδας	Μέγιστος αριθμός e^-
1	*K*	$2 \cdot 1^2 = 2\ e^-$ max
2	*L*	$2 \cdot 2^2 = 8\ e^-$ max
3	*M*	$2 \cdot 3^2 = 18 e^-$ max
4	*N*	$2 \cdot 4^2 = 32\ e^-$ max
5	*O*	$2 \cdot 5^2 = 50\ e^-$ max
6	*P*	$2 \cdot 6^2 = 72\ e^-$ max
7	*Q*	$2 \cdot 7^2 = 98\ e^-$ max

Εφαρμογή 2.10: *K*(2) *L*(8) *M*(18) *N*(7).

Εφαρμογή 2.12:

	$^{37}_{17}$Cl	$^{40}_{20}$Ca	$^{40}_{20}Ca^{2+}$	$^{37}_{17}Cl^-$
Αριθμός e^-	17	20	18	18
Αριθμός p	17	20	20	17
Αριθμός n	20	20	20	20
Ηλεκτρονιακή δομή	*K*(2) *L*(8) *M*(7)	*K*(2) *L*(8) *M*(8) N(2)	*K*(2) *L*(8) *M*(8)	*K*(2) *L*(8) *M*(8)

Εφαρμογή 2.13: Όπως φαίνεται από το βίντεο, όλα τα αλκάλια αντιδρούν βίαια με το νερό. Επίσης, φαίνεται ότι η βιαιότητα της αντίδρασης αυξάνεται καθώς «κατεβαίνουμε» στην 1η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα, με το Cs να αντιδρά πιο βίαια.

Εφαρμογή 2.15: Καταρχάς ξεκινάμε από τις ηλεκτρονιακές δομές των δυο στοιχείων: $_4$Be: *K*(2) *L*(2) και $_{20}$Ca: *K*(2) *L*(8) *M*(8) *O*(2).

Όπως γίνεται φανερό, τα δυο στοιχεία ανήκουν στην ίδια Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα (τη 2η), αφού στην εξωτερική τους στιβάδα έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων (2). Επομένως, το Ca αναμένεται να έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα, διότι διατάσσει τα ηλεκτρόνιά του σε περισσότερες στιβάδες (4 έναντι 2).

Εφαρμογή 2.16: Με δεδομένο ότι ο αριθμός της Περιόδου μάς παρέχει τον αριθμό των στιβάδων που έχουν χρησιμοποιηθεί:

α) σε 5. β) σε 2.

Εφαρμογή 2.18: Κατ' αρχάς ξεκινάμε από τις ηλεκτρονιακές δομές των δυο στοιχείων: $_{15}$P: *K*(2) *L*(8) *M*(5) και $_{17}$Cl: *K*(2) *L*(8) *M*(7).
Τα δυο στοιχεία ανήκουν στην ίδια Περίοδο του Περιοδικού Πίνακα (την 3η), αφού τα άτομά τους διαθέτουν τον ίδιο αριθμό στιβάδων (3). Επομένως, το Cl αναμένεται να έχει μικρότερη ατομική ακτίνα, διότι έχει μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο για τον ίδιο αριθμό εσωτερικών ηλεκτρονίων. Πράγματι, r_{vdW} = 180 pm για τον P και r_{vdW} = 175 pm για το Cl.
Συζήτηση για την Εικόνα 2.22: Ακολουθώντας τον νόμο της περιοδικότητας αναμένεται το Ne να έχει ενέργεια ιοντισμού: 24,6 μονάδες ενέργειας (μ.ε.) > $E.I._{Ne}$ > 15,8 μ.ε. (λόγω των αντίστοιχων ενεργειών της 18ης Ομάδας), ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει $E.I._{Ne}$ > 17,4 μ.ε. (λόγω των αντίστοιχων ενεργειών της 2ης Περιόδου). Επομένως, περιμένουμε μια τιμή περίπου 21 μ.ε. Η πειραματική είναι 21,6 μ.ε. Εργαζόμενοι με παρόμοιο τρόπο για το ιώδιο, αναμένουμε: 12,1 μ.ε. > $E.I._{I}$ > 9,0 μ.ε. (λόγω των αντίστοιχων ενεργειών της 5ης Περιόδου) και $E.I._{I}$ < 11,8 μ.ε. (λόγω των αντίστοιχων ενεργειών της 17ης Ομάδας). Επομένως, αναμένεται μια τιμή περίπου 10,5 μ.ε. Η πειραματική τιμή είναι 10,5 μ.ε.
Εφαρμογή 2.19: Ακολουθώντας τον νόμο της περιοδικότητας αναμένουμε την αντιστοιχία:

Στοιχεία		A_r
C		28,1
Si		12,0
Ge		118,7
Sn		72,6
Pb		207,2

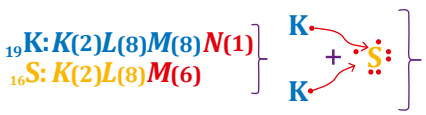
Εφαρμογή 2.21: Θα ξεκινήσουμε από το στοιχείο Κ και την ηλεκτρονιακή του απεικόνιση: $_{19}$K: *K*(2) *L*(8) *M*(8) *N*(1).
Επομένως, ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του σε 4 στιβάδες: την *K*, τη *L*, τη *M* και την *N*. Επομένως, ανήκει στα στοιχεία της 4ης Περιόδου. Επιπλέον, διαθέτει 1 ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα. Άρα, βρίσκεται στην 1η Ομάδα του Περιοδικού Πίνακα. Εργαζόμενοι με όμοιο τρόπο βρίσκουμε: $_{12}$Mg: *K*(2) *L*(8) *M*(2) ⇒ 3η Περίοδος και 2η Ομάδα. $_{5}$B: *K*(2) *L*(3) ⇒ 2η Περίοδος και 13η Ομάδα. $_{18}$Ar: *K*(2) *L*(8) *M*(8) ⇒ 3η Περίοδος και 18η Ομάδα.
Εφαρμογή 2.23: α) Αφού το νάτριο είναι στοιχείο της 3ης Περιόδου, αυτό σημαίνει ότι ταξινομεί τα ηλεκτρόνιά του σε 3 στιβάδες. Επιπλέον, από το γεγονός ότι είναι στοιχείο της 1ης Ομάδας, συμπεραίνεται ότι διαθέτει 1 ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα. Συνδυάζοντας τα δυο αυτά δεδομένα μπορούμε να γράψουμε: Na: *K*( ) *L*( ) *M*(1). Για να έχει το νάτριο εξωτερική στιβάδα την *M*, σημαίνει ότι οι εσωτερικές του στιβάδες έχουν πλήρως συμπληρωθεί: Na: *K*(2) *L*(8) *M*(1). Άρα, επειδή το άτομο του νατρίου είναι ουδέτερο, ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ισούται με τον ατομικό του αριθμό και Z = 11.
β) Εργαζόμενοι με όμοιο τρόπο βρίσκουμε Z = 17.

Βρείτε εδώ τις λύσεις στις ασκήσεις και τα προβλήματα του Κεφαλαίου 2:

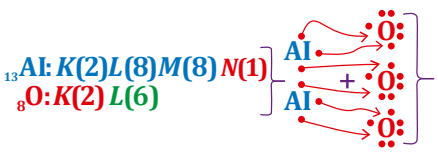
Απαντήσεις Ερωτήσεων και Λύσεις Εφαρμογών Κεφαλαίου 3

Επίλυση Εφαρμογών

3.1. α) Στην ένωση ανάμεσα στο $_{19}$K και το $_{16}$S, το πρώτο άτομο K συνεισφέρει το εξωτερικό του ηλεκτρόνιο. Όμως, το S διαθέτει μια ακόμα κενή θέση. Για να συμπληρώσει τη δομή ενός ευγενούς αερίου απαιτείται η πρόσληψη και ενός δεύτερου ηλεκτρονίου από άλλο άτομο K. Στην ιοντική ένωση K_2S η αναλογία κατιόντων K προς ανιόντα S είναι 2:1. Αναλυτικά:



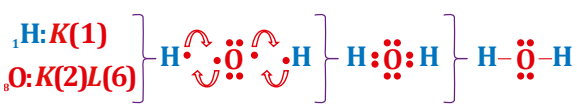
β) Αντίστοιχα, για την ένωση ανάμεσα στο $_{13}$Al και το $_{8}$O, έχουμε:



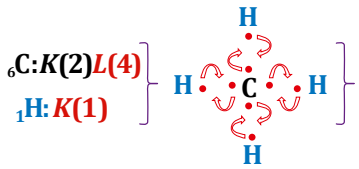
Όπως φαίνεται και από το ανωτέρω διάγραμμα, προκειμένου όλα τα ιόντα να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου, απαιτούνται 3 ανιόντα O^{2-} για κάθε 2 κατιόντα Al^{3+}. Αυτή είναι και η αναλογία ιόντων στον κρύσταλλο της ιοντικής ένωσης Al_2O_3.

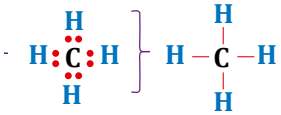
3.2. Για το HF:

Για το H_2O:

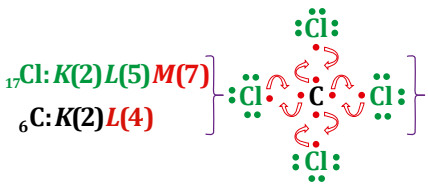


Για το CH_4:





Για το CCl_4:



Δραστηριότητα στους χάρτες ΕΡΜ

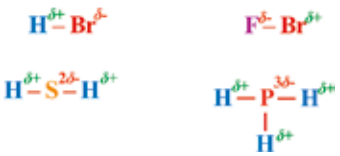
$F^{\delta-} - Cl^{\delta+}$ / $F^{\delta-} - I^{\delta+}$ / $Cl^{\delta-} - I^{\delta+}$

3.3. Το H διαθέτει μόνο 1 πρωτόνιο. Επομένως, όταν συνδέεται με το $_{7}$N, αναμένεται να «χάνει» στην «ηλεκτρονιακή διελκυστίνδα»:

3.4. α) Για το NaCl: Δ*EN* = 3,16 – 0,93 = 2,23.
Για το KF: Δ*EN* = 3,98 – 0,82 = 3,16.
Για το HBr: Δ*EN* = 3,98 – 2,20 = 1,78.
Για το FBr: Δ*EN* = 3,98 – 2,96 = 1,02.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι εμφανές ότι η διαφορά ηλεκτραρνητικότητας μεταξύ των στοιχείων που σχηματίζουν ιοντικό δεσμό είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αυτών που σχηματίζουν ομοιοπολικό δεσμό.

β)



3.5. Προκειμένου να εφαρμόσουμε τη γενική τάση μεταβολής της *EN*, αρκεί να βρούμε τη θέση του κάθε χημικού στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα (Π.Π.).

α) $_{8}$O: *K*(2) *L*(6) => Ανήκει στη 2^{η} περίοδο και την 16^{η} ομάδα. $_{16}$S: *K*(2) *L*(8) *M*(6) => Ανήκει στην 3^{η} περίοδο και την 16^{η} ομάδα. Επομένως, ανήκουν στην ίδια ομάδα του Π.Π. και το O αναμένεται να έχει μεγαλύτερη τιμή *EN*.

β) $_{11}$Na: *K*(2) *L*(8) *M*(1) => Ανήκει στη 3^{η} περίοδο και την 1^{η} ομάδα. $_{13}$Al: *K*(2) *L*(8) *M*(3) => Ανήκει στην 3^{η} περίοδο και την 13^{η} ομάδα. Επομένως, ανήκουν στην ίδια περίοδο του Π.Π. και το Al αναμένεται να έχει μεγαλύτερη τιμή *EN*.

γ) $_{5}$B: *K*(2) *L*(3) => Ανήκει στη 2^{η} περίοδο και την 13^{η} ομάδα. $_{9}$F: *K*(2) *L*(7) => Ανήκει στη 2^{η} περίοδο και την 17^{η} ομάδα. Επομένως, ανήκουν στην ίδια περίοδο του Π.Π. και το F αναμένεται να έχει μεγαλύτερη τιμή *EN*.

Δραστηριότητα εμβάθυνσης στην ηλεκτραρνητικότητα

Με βάση τη θεωρία που έχει παρουσιαστεί τα δυο μεγέθη, που αναμένεται να παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση της τιμής της *EN* ενός στοιχείου είναι (α) ο ατομικός του αριθμός, με άλλα λόγια το φορτίο του πυρήνα του και (β) η ακτίνα του ατόμου του.

Από τα διαγράμματα μπορούμε να εκτιμήσουμε τα εξής:

α) *Για καθεμία από τις 4 πρώτες περιόδους του Π.Π. η EN αυξάνεται κατά μήκος της με την αύξηση του Z.* Όταν αλλάζει η περίοδος, οι τιμές ξαναπέφτουν.

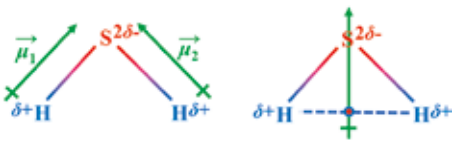
β) Δεν υπάρχει κάποιο μοτίβο που να αναδεικνύει πιθανή σύνδεση. *Κατά μήκος μιας περιόδου φαίνεται ότι η ατομική ακτίνα δεν παίζει σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση των τιμών της EN.*

γ) και δ) *Σε μια ομάδα του Π.Π. η ηλεκτραρνητικότητα μειώνεται από πάνω προς τα κάτω. Με βάση τα διαγράμματα προκύπτει ότι σε αυτή τη μείωση παίζουν ρόλο αμφότερα το πυρηνικό φορτίο και η ατομική ακτίνα.*

Δραστηριότητα εμβάθυνσης στα χαρακτηριστικά των ιοντικών και των ομοιοπολικών ενώσεων

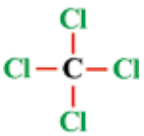
Στην πρώτη εικόνα το αέριο του αερόπλοιου θα πρέπει να είναι ελαφρύτερο του ατμοσφαιρικού αέρα. Επομένως, αποτελείται από μόρια H_2. Στη δεύτερη εικόνα κάποια στερεή ένωση τήκεται σε εμφανώς υψηλή θερμοκρασία. Θα πρέπει να είναι ιοντική ένωση. Στην τρίτη εικόνα μια χημική ουσία έχει διαλυθεί στο νερό και δίνει αγώγιμο διάλυμα. Πρόκειται για το άλας KI. Το ελαιόλαδο είναι μείγμα ομοιοπολικών ενώσεων και είναι υγρό στις συνήθεις συνθήκες. Επομένως, αποτελείται από μόρια. Τέλος, η ζάχαρη δεν δίνει αγώγιμα υδατικά διαλύματα. Άρα, είναι μια ομοιοπολική ένωση.

3.8. α) Το H_2S είναι ένα μόριο που περιλαμβάνει δυο πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς υπό γωνία. Επομένως, αναμένεται να είναι πολικό:

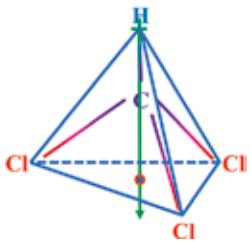


β) Αντίθετα, το CH_4, ενώ περιλαμβάνει 4 πολωμένους δεσμούς, αναμένεται να είναι άπολο λόγω της τετραεδρικής συμμετρίας του.

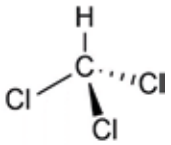
3.13. Όπως περιγράφηκε και στην παράγραφο 3.2.1.2, το CO_2 είναι ένα γραμμικό μόριο, το οποίο είναι μη πολικό, λόγω συμμετρίας. Επομένως, οι φυσικές του ιδιότητες θα καθορίζονται από τις δυνάμεις διασποράς. Για τη δομή της NH_3 δείτε το παράδειγμα 3.7. Τα μόριά της συνδέονται με ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου (παράγραφος 3.2.2.3), οι οποίοι ενισχύουν τις δυνάμεις διασποράς. Ο CCl_4, σχηματίζεται από 4 απλούς, πολωμένους ομοιοπολικούς δεσμούς C-Cl. Το γεγονός αυτό, όπως είδαμε και στην εφαρμογή 3.2, αναπαρίσταται ως ακολούθως:



Η δομή του C που φέρει 4 δεσμούς ακολουθεί αυτή του CH_4 (εφαρμογή 3.8). Επομένως, αναμένεται να είναι ένα άπολο μόριο, οι φυσικές ιδιότητες του οποίου διακατέχονται από τις δυνάμεις London. Τέλος, το $CHCl_3$ είναι και αυτό ένα πυραμιδικό μόριο. Αλλά σε αντίθεση με τα CH_4 και CCl_4 δεν είναι συμμετρικό. Επομένως, το σημείο ζέσεώς του θα καθορίζεται από τις δυνάμεις διπόλου-διπόλου, οι οποίες ενισχύουν τις δυνάμεις διασποράς.



Το μόριο του $CHCl_3$.

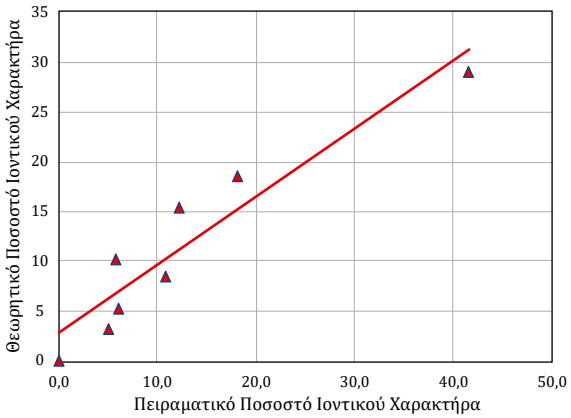


Chloroform

Δραστηριότητα εμβάθυνσης στη διπολική ροπή

Πίνακας 3.4

ατ. Α	ατ. Χ	EN_A	EN_X	Χ.Ι.$_{\pi}$	V_A	N_A	B_A	p_A	δ_A	V_X	N_X	B_X	p_X	δ_X	Χ.Ι.$_{\varphi}$
H	H	2,2	2,2	0	1	0	2	0,5	0	1	0	2	0,5	0	0
F	H	4,0	2,2	42	7	6	2	0,6	-0,3	1	0	2	0,4	0,3	29
Cl	H	3,2	2,2	18	7	6	2	0,6	-0,2	1	0	2	0,4	0,2	19
Br	H	3,0	2,2	12	7	6	2	0,6	-0,2	1	0	2	0,4	0,2	15
I	H	2,7	2,2	6	7	6	2	0,6	-0,1	1	0	2	0,4	0,1	10
F	Cl	4,0	3,2	11	7	6	2	0,6	-0,1	7	6	2	0,4	0,1	11
Cl	Br	3,2	3,0	5	7	6	2	0,5	0,0	7	6	2	0,5	0,0	3
Br	I	3,0	2,7	6	7	6	2	0,5	-0,1	7	6	2	0,5	0,1	5
Cl	I	3,2	2,7	11	7	6	2	0,5	-0,1	7	6	2	0,5	0,1	8



Από το ανωτέρω διάγραμμα συνάγεται ότι η μέθοδος Allen δίνει μια πρώτη και χωρίς μεγάλη ακρίβεια προσέγγιση της πραγματικότητας.

Βρείτε εδώ τις λύσεις των ασκήσεων και προβλημάτων του Κεφαλαίου 3:

Λύσεις των Εφαρμογών Κεφαλαίου 4

Τα μονοατομικά και πολυατομικά ιόντα

Εφαρμογή 4.1: α) NO_3^-, β) OH^-, γ) CN^-.

Ο αριθμός οξείδωσης

Εφαρμογή 4.4: α) Το Η: +1, το Ο: –2, οπότε για το Ρ: 3(+1) + x + 4(–2) = 0 ⇒ x = +5.
β) Το Η: +1, το Ο: –2. Τους Α.Ο. των Ν και S θα τους βρούμε από τα φορτία των πολυατομικών ιόντων στα οποία ανήκουν. Για το Ν στο NH_4^+: χ + 4(+1) = +1 ⇒ x = –3. Για το S στο SO_4^{2-}: y + 4(–2) = –2 ⇒ y = +6.
γ) Το Η: +1, το Ο: –2, οπότε για το Ρ: (+1) + x + 4(–2) = –2 ⇒ χ = +5.
δ) Το Ο: –2, οπότε για το Cr: 2x + 7(–2) = –2 ⇒ x = +6.

Βρείτε εδώ τις λύσεις των ασκήσεων και προβλημάτων του Κεφαλαίου 4:

Ο συμβολισμός και η γραφή των ανόργανων ενώσεων

Εφαρμογή 4.5: α) MgO, β) $CaSO_4$, γ) $Al_2(CO_3)_3$, δ) $AlPO_4$

Εφαρμογή 4.6: α) οξύ, β) βάση, γ) άλας, δ) οξύ, ε) άλας, στ) οξείδιο, ζ) οξείδιο και η) οξείδιο.

Εφαρμογή 4.7: α) $Fe_2O_3.xH_2O$. Ένυδρο οξείδιο, β) Διότι το αργίλιο (αλουμίνιο) ερχόμενο σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα σχηματίζει επιφανειακά ένα λεπτό στρώμα Al_2O_3 που λειτουργεί προστατευτικά και αποτρέπει την περαιτέρω οξείδωσή του.

Απαντήσεις Ερωτήσεων και Λύσεις Εφαρμογών Κεφαλαίου 5

5.1. Η εξίσωση 5.4.

5.2. $Fe(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H2\uparrow$

5.5. α) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,NO(g)$
β) $2\,HgO(s) \rightarrow 2\,Hg(\ell) + O_2(g)$
γ) $4\,Fe(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,Fe_2O_3(s)$
δ) $2\,Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2\,NaCl(s)$
ε) $Mg(s) + 2\,AgNO_3(aq) \rightarrow 2\,Ag(s) + Mg(NO_3)_2(aq)$

5.6. α) Πρόκειται για τα αντιδρώντα F_2 και HCl και για τα προϊόντα Cl_2 και HF.
β) $F_2(g) + 4\,HCl(g) \rightarrow 2\,Cl_2(g) + 4\,HF(g)$

5.7. α) $KF(aq) \rightarrow K^+(aq) + F^-(aq)$
β) $LiBr(aq) \rightarrow Li^+(aq) + Br^-(aq)$
γ) $Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$
δ) $K_2SO_4(aq) \rightarrow 2\,K^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
ε) $NaNO_3(aq) \rightarrow Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$

5.8. α) $CaCl_2(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq)$

$NH_4NO_3(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$

β) Παρατηρούμε ότι το χρώμα στο θερμογραφικό χαρτί γίνεται μπλε κατά την είσοδο στη μικρολιμνούλα των κόκκων $CaCl_2$. Επιπλέον διαπιστώνουμε ότι η θερμότητα διαχέεται στη μικρολιμνούλα κατά τη διάλυση. Επομένως, η διάλυση του $CaCl_2$ είναι εξώθερμη. Αντίθετα, παρατηρούμε ότι η διάλυση του NH_4NO_3 στο νερό είναι ενδόθερμη. Το θερμό νερό δίνει χρώμα μπλε. Κατά τη διάλυση των κρυστάλλων το διάλυμα ψύχεται και το χρώμα γίνεται κόκκινο.

5.9. Σωστή απάντηση είναι η β).

5.10. $HBr(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$

$HI(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + I^-(aq)$

$HClO_4(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + ClO_4^-(aq)$

5.12. α) $AgNO_3(aq) + KBr(aq) \rightarrow AgBr\downarrow + KNO_3(aq)$
β) $Pb(NO_3)_2(aq) + 2\,KI(aq) \rightarrow PbI_2\downarrow + 2\,KNO_3(aq)$
γ) $Ca(NO_3)_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4\downarrow + 2\,NaNO_3(aq)$
δ) $BaCl_2(aq) + K_2CrO_4(aq) \rightarrow BaCrO_4\downarrow + 2\,KCl(aq)$

5.14. Ξεκινήστε κοιτώντας τα συνήθη ιζήματα του Πίνακα 5.6.

α) $AlCl_3(aq) + 3\,AgNO_3(aq) \rightarrow Al(NO_3)_3(aq) + 3\,AgCl\downarrow$

$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl\downarrow$

β) $3\,MgCl_2(aq) + 2\,Na_3PO_4(aq) \rightarrow Mg_3(PO_4)_2\downarrow + 6\,NaCl(aq)$
$3\,Mg^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{3-}(aq) \rightarrow Mg_3(PO_4)_2\downarrow$
γ) $FeSO_4(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow FeCO_3\downarrow + Na_2SO_4(aq)$
$Fe^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow FeCO_3\downarrow$
δ) $NaI(aq) + KOH(aq) \rightarrow$ από την ανταλλαγή των ιόντων δεν παράγεται ίζημα
ε) $BaCl_2(aq) + K_2S(aq) \rightarrow BaS\downarrow + 2\,KCl(aq)$

$Ba^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow BaS\downarrow$

5.15. α) $H_2SO_4(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$
β) $HNO_3(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$
γ) $2\,CH_3COOH(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow 2\,CH_3COONa(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$

5.16. Καταρχάς λαμβάνεται δείγμα από το φιαλίδιο. Το δείγμα φέρεται εντός δοκιμαστικού σωλήνα (δ.σ.) και διαλύεται στην ελάχιστη ποσότητα απιονισμένου νερού. Ακολούθως θα πρέπει να προστεθούν μερικές σταγόνες ενός διαλύματος κάποιας ουσίας με την οποία είτε το NaCl είτε το Na_2CO_3 αντιδρά, δίνοντας ίζημα ή φυσαλίδες αερίου. Αυτές οι ασκήσεις δεν έχουν μοναδική λύση. Στη δική μας περίπτωση παρατηρούμε ότι ένα από τα δυο πιθανά άλατα είναι ανθρακικό. Επομένως, μπορούμε να προσθέσουμε μερικές σταγόνες κάποιου οξέος, π.χ. HCl(aq). Αν στο φιαλίδιο υπήρχε NaCl, τότε με την προσθήκη του οξέος στον δ.σ. δεν θα παρατηρήσουμε κάτι αξιόλογο. Αν το φιαλίδιο περιείχε Na_2CO_3, τότε στο δ.σ. θα παρατηρήσουμε την έκλυση αερίου CO_2, σύμφωνα με την εξίσωση:
$2\,HCl(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow 2\,NaCl(aq) + CO_2\uparrow + H_2O(\ell)$
Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να προσθέσουμε μερικές σταγόνες διαλύματος $BaCl_2$. Στην περίπτωση που ο δ.σ. περιέχει NaCl(aq), δεν θα παρατηρηθεί κάτι αξιόλογο. Αν όμως περιέχει $Na_2CO_3(aq)$, θα παρατηρήσουμε τον σχηματισμό ιζήματος $BaCO_3$, σύμφωνα με την εξίσωση:

$BaCl_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow BaCO_3\downarrow + 2\ NaCl(aq)$

5.17. Ακολουθείται η ίδια πορεία με αυτή της εφαρμογής 5.16. Ήτοι λαμβάνεται δείγμα, διαλύεται στην ελάχιστη ποσότητα νερού και προστίθεται κατάλληλο αντιδραστήριο. Ένα τέτοιο αντιδραστήριο είναι το NaOH(aq). Αν το φιαλίδιο περιείχε $MgCl_2$, τότε στον δ.σ. θα λάβει χώρα ο σχηματισμός λευκού ιζήματος $Mg(OH)_2$:

$Mg^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow$

Αντίθετα, αν το φιαλίδιο περιείχε το άλας του βαρίου, τότε στον δ.σ. δεν θα παρατηρήσουμε κάτι σημαντικό.

5.20. Ακολουθείται η πορεία των παραδειγμάτων 5.18 και 5.19. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι παρατηρήσεις που αναμένονται, με βάση τα ιζήματα που καταγράφονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας: Αναμενόμενες παρατηρήσεις.

	$AgNO_3$	HCl	K_3PO_4	NaOH	$Pb(NO_3)_2$
$AgNO_3$	–	λευκό	κίτρινο	καφέ	–
HCl	λευκό	–	–	–	λευκό
K_3PO_4	κίτρινο	–	–	–	λευκό
NaOH	καφέ	–	–	–	λευκό
$Pb(NO_3)_2$	–	λευκό	λευκό	λευκό	–

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

(α) Το φιαλίδιο, που δίνει τα 3 λευκά ιζήματα, περιέχει το $Pb(NO_3)_2(aq)$.

(β) Το φιαλίδιο, που δίνει τρία ιζήματα, ένα λευκό, ένα κίτρινο και ένα καφέ, περιέχει το $AgNO_3(aq)$.

(γ) Το φιαλίδιο, που δίνει τα 2 λευκά ιζήματα, περιέχει το HCl(aq).

(δ) Το φιαλίδιο, που δίνει το λευκό και το κίτρινο ίζημα, περιέχει το $K_3PO_4(aq)$.

(ε) Το φιαλίδιο, που δίνει το λευκό και το καφέ ίζημα, περιέχει το $Pb(NO_3)_2(aq)$.

5.22. Ιοντική μορφή: $H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow 2\ H_2O(\ell)$

Τυπική μορφή:

(α) $H_3PO_4(aq) + 3\ NaOH(aq) \rightarrow Na_3PO_4(aq) + 3\ H_2O(\ell)$

(β) $H_2SO_4(aq) + 2\ KOH(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2\ H_2O(\ell)$

(γ) $2\ H_3PO_4(aq) + 3\ Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(aq)\downarrow + 6\ H_2O(\ell)$

5.26. Εργαζόμαστε όπως στα παραδείγματα 5.17-5.19:

$$\overset{0}{4\ Fe(s)} + \overset{0}{3\ O_2(g)} \rightarrow \overset{+3\ \ -2}{2\ Fe_2O_3(s)}$$

Επομένως, ο Fe οξειδώνεται (αυξάνεται ο Α.Ο. του), ενώ το O_2 ανάγεται (μειώνεται ο Α.Ο. του).

Ομοίως για τη δεύτερη αντίδραση:

$$\overset{+3}{WO_3(s)} + 3\ \overset{0}{H_2(g)} \rightarrow \overset{0}{W(s)} + 3\ \overset{+1}{H_2O(g)}$$

Επομένως, το H_2 οξειδώνεται (αυξάνεται ο Α.Ο. του), ενώ το WO_3 ανάγεται (μειώνεται ο Α.Ο. του W σε αυτό). Παρατηρήστε ότι σε αυτή την αντίδραση δεν αλλάζει ο Α.Ο. του οξυγόνου.

Ομοίως για την τρίτη αντίδραση:

$$\overset{0}{Cd(s)} + \overset{+2}{CuCl_2(aq)} \rightarrow \overset{+2}{CdCl_2(aq)} + \overset{0}{Cu(s)}$$

Επομένως, το Cd οξειδώνεται (αυξάνεται ο Α.Ο. του), ενώ ο Cu^{2+} ανάγεται (μειώνεται ο Α.Ο. του). Σε αυτή την αντίδραση τα νιτρικά ιόντα είναι ιόντα-παρατηρητές.

5.28. Εργαζόμαστε όπως στο παράδειγμα 5.27:

$2\ Li(s) + F_2(g) \rightarrow 2\ LiF(s)$

$2\ P(s) + 5\ Cl_2(g) \rightarrow 2\ PCl_5(s)$

$K(s) + I_2(s) + O_2(g) \rightarrow KIO_4(s)$

5.29. $H_2O(\ell) \rightarrow H_2(g) + ½\ O_2(g)$

5.30. Η ένωση $CuSO_4$ είναι ευδιάλυτη στο νερό (φαίνεται από το aq):

$Fe(s) + Cu^{2+}(aq) + \cancel{SO_4^{2-}}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + \cancel{SO_4^{2-}}(aq) + Cu(s)$

Επομένως, τα ιόντα SO_4^{2-} είναι ιόντα-παρατηρητές. Έτσι, η ιοντική μορφή της εξίσωσης έχει ως εξής:

$Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

Για να γράψουμε τις ημιαντιδράσεις, παρατηρούμε τις αλλαγές στα φορτία των δυο μετάλλων.

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2\ e^-$ (οξείδωση)

$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Cu(s)$ (αναγωγή)

5.32. Η εξίσωση 5.82 είναι η εξής:

$Al(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + Cu(s)$

Αφού τα θειικά ιόντα είναι παρατηρητές, η εξίσωση, χωρίς τους συντελεστές της, θα είναι:

$Al(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + Cu(s)$

Ακολούθως, όπως και στο παράδειγμα 5.25, θα εργαστούμε με δυο τρόπους.

1ος τρόπος: Θέτουμε ως συντελεστή στο ένα ιόν το φορτίο του άλλου.

$Al(s) + 3\ Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2\ Al^{3+}(aq) + Cu(s)$

Μετά διορθώνουμε κατάλληλα την εξίσωση:

$2\ Al(s) + 3\ Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2\ Al^{3+}(aq) + 3\ Cu(s)$

2ος τρόπος: Με ημιαντιδράσεις.

$Al(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3\ e^-$ (οξείδωση)

$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Cu(s)$ (αναγωγή)

Μετά πολλαπλασιάζουμε τις δυο ημιαντιδράσεις με τον κατάλληλο αριθμό, ώστε κατά την πρόσθεση κατά μέλη που θα ακολουθήσει να διαγράφονται τα e^-.

$2\ Al(s) \rightarrow 2\ Al^{3+}(aq) + 6\ e^-$ (οξείδωση)

$3\ Cu^{2+}(aq) + 6\ e^- \rightarrow 3\ Cu(s)$ (αναγωγή)

$2\ Al(s) + 3\ Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2\ Al^{3+}(aq) + 3\ Cu(s)$

5.33. Η εξίσωση 5.61 είναι η εξής:

$Zn(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2\uparrow$

Οι ζητούμενες εξισώσεις είναι:

$Fe(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow FeCl_{2(}aq) + H_2\uparrow$

$Ni(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow NiCl_2(aq) + H_2\uparrow$

$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2\uparrow$

Να σημειωθεί ότι για αμφότερα τα μέταλλα γνωρίζουμε από τον Πίνακα 5.9 ότι οξειδώνονται προς τα αντίστοιχα ιόντα με φορτίο 2+.

5.34. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.9, τα ευγενή μέταλλα Ag, Pt και Au αλλά και ο χαλκός είναι λιγότερο δραστικά από το H_2. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν μεγάλη τάση προς οξείδωση. Για τον λόγο αυτό δεν αντιδρούν με τα οξέα (ιόντα H_3O^+) και έτσι δεν διαλύονται σε αυτά.

5.35. Η σειρά δραστικότητας των αλογόνων (σειρά αυξανόμενης τάσης τους για αναγωγή, Εικόνα 5.70) είναι η ακόλουθη:

$$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$$

Με βάση αυτή τη σειρά προκύπτει ότι μόνο η δεύτερη αντίδραση μπορεί να λάβει χώρα (εξίσωση 5.93).

Τυπική μορφή εξίσωσης:

$Cl_2(g) + 2\ NaI(aq) \rightarrow 2\ NaCl(aq) + I_2(s)$

Ιοντική μορφή εξίσωσης:

$Cl_2(g) + 2\ NaI(aq) \rightarrow 2\ NaCl(aq) + I_2(s)$

$Cl_2(g) + 2\ Na^+(aq) + 2\ I^-(aq) \rightarrow 2\ Na^+(aq) + 2\ Cl^-(aq) + I_2(s)$

$Cl_2(g) + 2\ I^-(aq) \rightarrow 2\ Cl^-(aq) + I_2(s)$

Τα ιόντα Na^+ είναι ιόντα-παρατηρητές.

Βρείτε εδώ τις λύσεις των ασκήσεων και προβλημάτων του Κεφαλαίου 5:

Λύσεις των Εφαρμογών Κεφαλαίου 6

Η έννοια του mole

Εφαρμογή 6.2: $N = n \cdot N_A = 2{,}5N_A = 2{,}5 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 15{,}05 \cdot 10^{23}$.

Εφαρμογή 6.8: NaCl: $M = 58{,}5$ g/mol, $m = n \cdot M = 6 \cdot 58{,}5 = 351$ g.

Εφαρμογή 6.9: $CaCl_2$: $M = 111$ g/mol, $n = m/M = 444/111 = 4$ mol.

Εφαρμογή 6.11: $CaBr_2$: $M = 200$ g/mol, $n = m/M = 4/200 = 0{,}02$ mol.
Br^-: $n_{\text{ιόντων}} = n_{\text{τυπικών μονάδων}} \cdot$ δείκτης $= 0{,}02 \cdot 2 = 0{,}04$ mol Br^-, $N = n \cdot N_A = 0{,}04N_A$ ιόντα Br^-.

Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί I

Εφαρμογή 6.13: i. Η εξίσωση (α).
ii. Το 1 mol A δίνει 1 mol προϊόντος
Τα 4 mol A δίνουν $x = ?$ $x = 4$ mol προϊόντος.

Εφαρμογή 6.14: α) $K(s) + H_2O(\ell) \rightarrow KOH(aq) + \frac{1}{2} H_2(g)$.
β) K: $n = m/M = 117/39 = 3$ mol K.
Το 1 mol K αντιδρά με 1 mol H_2O
Τα 3 mol K αντιδρούν με $x = ?$ $x = 3$ mol H_2O, οπότε $N = n \cdot N_A = 3N_A$ μόρια H_2O.
γ) Το 1 mol K παράγουν 1 mol KOH
Τα 3 mol K παράγουν $y = ?$ $y = 3$ mol KOH.
M(KOH) = 56 g/mol, οπότε $m = n \cdot M = 3 \cdot 56 = 168$ g KOH.

Συγκέντρωση διαλύματος

Εφαρμογή 6.16: $c = n/V \Rightarrow n = c \cdot V = 0{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}25$ mol,
$Ca(NO_3)_2$: $M = 164$ g/mol, $m = n \cdot M = 0{,}25 \cdot 164 = 41$ g.

Εφαρμογή 6.17: α) Το Δ_2. β) Το Δ_1, διότι έχει πιο έντονο χρώμα. γ) Στον ίδιο όγκο τα μόρια της ουσίας στο Δ_1 είναι τετραπλάσια από τα μόριά της στο Δ_2. Επομένως, το ίδιο ισχύει και για τη συγκέντρωση της ουσίας στα δύο διαλύματα, δηλαδή $C_1 = 4C_2$. Συμφωνούμε. δ) $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2V_2 \Rightarrow 4c_2 \cdot 0{,}005 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0{,}02$ L = 20 mL. ε) $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 4c_2 \cdot V_1 = c_2 \cdot 0{,}03 \Rightarrow V_1 = 0{,}0075$ L = 7,5 mL. στ) $n_1 = c_1V_1 = 4c_2V_1$, $n_2 = c_2V_2 = c_2 \cdot 3V_1 = 3c_2V_1$, επομένως $n_1 > n_2$.

Εφαρμογή 6.19: Αραίωση: $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2V_2 \Rightarrow 4 \cdot 0{,}02 = 0{,}2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0{,}4$ L = 400 mL.
Επομένως $V_{\text{νερού}} = V_2 - V_1 = 400 - 20 = 380$ mL.

Εφαρμογή 6.20: Η εικόνα (α). Θα αυξηθεί ο όγκος του διαλύματος, ενώ ο αριθμός μορίων της διαλυμένης ουσίας θα είναι ο ίδιος.

Εφαρμογή 6.22: Συμπύκνωση: $n_1 = n_2 \Rightarrow c_1V_1 = c_2V_2 \Rightarrow 0{,}2 \cdot 0{,}3 = 0{,}6 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0{,}1$ L = 100 mL.
Επομένως $V_{\text{νερού}} = V_1 - V_2 = 300 - 100 = 200$ mL.

Εφαρμογή 6.24: Προσθήκη διαλυμένης ουσίας: $n_1 + n_{\text{προσθ}} = n_2 \Rightarrow c_1V_1 + n_{\text{προσθ}} = c_2V_2 \Rightarrow 0{,}5 \cdot 0{,}2 + n_{\text{προσθ}} = 0{,}9 \cdot 0{,}2 \Rightarrow n_{\text{προσθ}} = 0{,}08$ mol NaOH, άρα $m = n \cdot M = 0{,}08 \cdot 40 = 3{,}2$ g NaOH.

Εφαρμογή 6.26: Ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας ουσίας: $n_1 + n_2 = n_3 \Rightarrow c_1V_1 + c_2V_2 = c_3V_3 \Rightarrow c_1V_1 + c_2V_2 = c_3(V_1 + V_2) \Rightarrow 6V_1 + 1V_2 = 2(V_1 + V_2) \Rightarrow 4V_1 = V_2 \Rightarrow V_1/V_2 = 1/4$.

Εφαρμογή 6.28: α) $Ca(OH)_2(aq) + 2HI(aq) \rightarrow CaI_2(aq) + 2H_2O(\ell)$.
β) Για το HI στο Δ_2: $n_2 = c_2 \cdot V_2 = 0{,}2 \cdot 0{,}04 = 0{,}008$ mol HI αντέδρασαν.

$$\begin{array}{ccccc} Ca(OH)_2(aq) & + & 2HI(aq) & \rightarrow & CaI_2(aq) + 2H_2O(\ell) \\ 1 \text{ mol} & & 2 \text{ mol} & & 1 \text{ mol} \\ x = ? & & 0{,}008 \text{ mol} & & y = ? \end{array}$$

$x = 0{,}004$ mol $Ca(OH)_2$ αντέδρασαν, $y = 0{,}004$ mol CaI_2 παράχθηκαν
Για το $Ca(OH)_2$ στο Δ_1: $c_1 = n_1/V_1 = 0{,}004/0{,}06 = 1/15$ M.
Για το CaI_2: $m = n \cdot M = 0{,}004 \cdot 294 = 1{,}176$ g CaI_2 παράχθηκαν.

Βρείτε εδώ τις λύσεις των ασκήσεων και προβλημάτων του Κεφαλαίου 6: