



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ « ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ »

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Μεγάλες Ανακαλύψεις στη Χημεία
Ένα Ισχυρό Εκπαιδευτικό Εργαλείο
στη Διδασκαλία της Χημείας**

**ΒΙΚΤΩΡΑΤΟΥ ΑΙΜΙΛΙΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Μεγάλες Ανακαλύψεις στη Χημεία
Ένα Ισχυρό Εκπαιδευτικό Εργαλείο στη Διδασκαλία της Χημείας

ΒΙΚΤΩΡΑΤΟΥ ΑΙΜΙΛΙΑ

A.M.: 131210

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Γιαννακουδάκης Παναγιώτης, Καθηγητής ΑΠΘ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σιγάλας Μιχάλης
Καθηγητής ΑΠΘ
Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Χημείας

Γιαννακουδάκης Ανδρέας
Καθηγητής ΑΠΘ
Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Χημείας

Γιαννακουδάκης Παναγιώτης
Καθηγητής ΑΠΘ
Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Χημείας

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 14/02/17

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί, να μελετηθεί και να αξιοποιηθεί διδακτικά το χρονικό των ιστορικών ανακαλύψεων οι οποίες αποτέλεσαν σταθμούς στη γένεση και την εξέλιξη της Χημείας ως επιστήμης. Σε πρώτο επίπεδο, ο στόχος είναι η βαθύτερη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (Nature of Science, NoS) και σε δεύτερο επίπεδο, αξιοποιείται το ιστορικό πλαίσιο των ανακαλύψεων με την ανάπτυξη κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Χρησιμοποιούνται ποικίλες στρατηγικές προσέγγισης για το σκοπό αυτό: 1) η βιογραφική προσέγγιση με το αφηγηματικό μοντέλο διδασκαλίας (Story Telling Teaching Model, S@TM), 2) η αξιοποίηση του ιστορικού πλαισίου ως το «μαθησιακό περιβάλλον» μέσα στο οποίο οργανώνεται η διδασκαλία, οργανώνονται οι έννοιες και τα μοντέλα και δημιουργείται το πεδίο για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων, 3) η κλασική αξιοποίηση των ιστορικών πειραμάτων των ερευνητών της εποχής ως μια διδακτική κατάσταση όπου εξανθρωπίζεται η Χημεία και 4) η μικτή όπου ενεργοποιούνται όλα τα παραπάνω και καθιστούν τη διδασκαλία σαφώς πιο ελκυστική. Αρχικά μελετάται η ανακάλυψη του οξυγόνου (1772) η οποία σηματοδοτεί τη γένεση της Χημείας ως επιστήμης και αναπτύσσονται οι σύγχρονες αντιλήψεις στη Χημεία σε μακροσκοπικό επίπεδο. Στη συνέχεια ακολουθεί η αναβίωση της ιδέας του ατόμου του Δημόκριτου από τον Dalton και η διατύπωση της Ατομικής Θεωρίας (1803). Το 1811, ο Avogadro συλλαμβάνει την ιδέα των μορίων και της ατομικότητας των στοιχείων και διατυπώνει την υπόθεση Avogadro, ενώ αργότερα ο αριθμός Avogadro παίρνει τιμητικά το όνομά του. Το 1869, ο Mendeleev και ο Meyer οδηγούνται στην ιδέα της ταξινόμησης των στοιχείων με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει κάποιο νόημα και δημιουργούν τον Περιοδικό Πίνακα των στοιχείων με βάση τις ιδιότητες και το ατομικό βάρος τους που οδηγεί στην κορυφαία ανακάλυψη της περιοδικότητας των στοιχείων.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική της Χημείας και Ιστορία της Χημείας

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ανακαλύψεις στη Χημεία, επιστημονικές επαναστάσεις στη Χημεία, αφηγηματικό μοντέλο διδασκαλίας, Λαβουαζιέ, μακροσκοπική και μοριακή αντίληψη της ύλης

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate, study and utilize for teaching purposes the historical discoveries which constituted the landmarks in the genesis and evolution of chemistry as a science. Primarily, the aim is the profound understanding of the Nature of Science (NoS) and secondarily, to exploit the historical context of discoveries by developing appropriate educational material to high school level. Various approaches and strategies have been used for this purpose: 1) the biographical approach narrative teaching model (StoryTelling Teaching Model, S@TM), 2) the utilization of the historical background as the "learning environment" in which the teaching is organized, concepts and models are arranged and scope is created for the development of activities, 3) the classical use of the historical experiments of the researchers of the past as a teaching state where chemistry is humanized and 4) a combination of the above is activated that makes teaching much more attractive. Initially, the discovery oxygen, in 1772, is studied as a fact that marks the origin of chemistry as a science and the current concepts developed in Chemistry at a macroscopic level. Next, the revival of the concept of Democritus 's atom by Dalton and the discovery of the Atomic Theory (1803). In 1811, Avogadro conceives the idea of molecules and individuality of the elements and delivers the Avogadro hypothesis while later the number of Avogadro is named after him honorary. In 1869, Mendeleev and Meyer are led to the idea of classifying the elements in a way that is meaningful and create the Periodic Table of the elements according to their properties and their atomic weight that leads to the culminating discovery of the periodicity of the elements.

SUBJECT AREA: chemistry teaching and history of chemistry

KEYWORDS: discoveries in chemistry, scientific revolutions in chemistry, storytelling teaching model, Lavoisier, macroscopic and molecular perception of matter

Αφιερώνω αυτήν την εργασία στη μητέρα μου και τη μνήμη του πατέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας μου, Καθηγητή κ. Παναγιώτη Γιαννακουδάκη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας μου, Καθηγητές κ. Μιχάλη Σιγάλα και κ. Αντρέα Γιαννακουδάκη, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Τέλος, οφείλω ευχαριστίες σε όλους όσοι με στήριξαν στην πορεία αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	15
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1 Ιστορία της Χημείας και Διδακτική της Χημείας.....	16
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ	19
2.1 Περίοδος προϊστορίας της Χημείας	19
2.2 Ιστορία της Χημείας και Διδακτική της Χημείας.....	21
2.3 Περίοδος Ιατροχημείας	22
2.4 Περίοδος Επιστημονικής Χημείας.....	23
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ	26
3.1 Ιστορικό πλαίσιο	26
3.1.1 Εισαγωγή.....	26
3.1.2 Χημικά στοιχεία και φιλοσοφικές απόψεις.....	26
3.1.3 Διερεύνηση του αέρα	27
3.1.4 Αλχημιστές.....	29
3.1.5 Φλογιστική θεωρία	30
3.1.6 Διερεύνηση διαφόρων ειδών αέρα	31
3.1.7 Ασβεστολιθικά πετρώματα και η ιστορία της ασβέστου	34
3.1.8 Ιστορία και ανακάλυψη οξέων.....	36
3.1.9 Το οξυγόνο	41
3.1.10 A. Lavoisier	47
3.1.11 Ευδιόμετρο	54
3.2 Διδακτικά σενάρια.....	56
3.2.1 Σκοπός σεναρίων.....	56
3.2.2 Συνήθεις παρανοήσεις μαθητών σχετικά με την καύση και την οξείδωση..	57
3.2.3 Παρασκευή και μελέτη του διοξειδίου του άνθρακα	59
3.2.4 Ανακάλυψη του υδρογόνου και μελέτη των ιδιοτήτων του	75

3.2.5	Ανακάλυψη του οξυγόνου και μελέτη των ιδιοτήτων του	82
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ	107
4.1	Ιστορικό πλαίσιο	107
4.1.1	Εισαγωγή.....	107
4.1.2	Ο διάλογος στην αρχαιότητα.....	108
4.1.3	Λεύκιππος και Δημόκριτος	109
4.1.4	Τον 17ο και 18 ^ο αιώνα αναβιώνει ο ατομισμός	112
4.1.5	Ο John Dalton και η αναγέννηση της ατομικής θεωρίας.....	113
4.2	Διδακτικό σενάριο	124
4.2.1	Σκοπός σεναρίου	124
4.2.2	Στόχοι.....	124
4.2.3	Η ιστορία του δασκάλου Dalton και των αόρατων «ατόμων»	125
4.2.4	Δραστηριότητες.....	128
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΑ ΑΤΟΜΑ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΜΟΡΙΑ	138
5.1	Ιστορικό πλαίσιο	138
5.1.1	Εισαγωγή.....	138
5.1.2	Amedeo Carlo Avogadro.....	139
5.1.3	Τα γιγαντιαία βήματα του Avogadro	140
5.2	Δραστηριότητες	148
6.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Ο ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	155
6.1	Ιστορικό πλαίσιο	155
6.1.1	Εισαγωγή.....	155
6.1.2	J. W. Dobereiner	157
6.1.3	A. E. De Chancourtois	158
6.1.4	Jonh Newlands	159
6.1.5	Ποιος είναι ο «πατέρας» του Περιοδικού Πίνακα	160

6.1.6	Dimitri Mendeleev	161
6.1.7	Γιατί ο Περιοδικός Πίνακας ήταν τόσο επιτυχημένος.....	169
6.1.8	Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας	172
6.2	Δραστηριότητα.....	174
ΕΠΙΛΟΓΟΣ		180
4.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	181
5.	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	182
6.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	183
8.	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	185

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Πάπυρος του Ebers	19
Εικόνα 2: Αλχημιστές.....	21
Εικόνα 3: Μεσαιωνική ξυλογραφία Παράκελσου	22
Εικόνα 4: Georg Ernst Stahl	23
Εικόνα 5: The Sceptical Chemist.....	24
Εικόνα 6: Απόφθεγμα Αριστοτέλη	27
Εικόνα 7: Αναπαράσταση πειράματος Φίλωνα.....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 8: Leonardo Da Vinci	28
Εικόνα 9: Γιόχαν Γιοακίμ Μπέχερ	29
Εικόνα 10: Έμβλημα Αλχημιστών.....	29
Εικόνα 11: Αλχημιστικά σύμβολα	30
Εικόνα 12: Georg Ernst Stahl	30
Εικόνα 13: The Royal Society.....	31
Εικόνα 14: Το πρώτο καταστατικό της R. Society	32
Εικόνα 15: On Facicius Airs.....	33
Εικόνα 16: Συσκευή Cavendish	33
Εικόνα 17: Ασβεστολιθικά πετρώματα.....	35
Εικόνα 18: Αλχημιστικό σύμβολο.....	36
Εικόνα 19: Φυσικά ορυκτά «βιτριόλια»	37
Εικόνα 20: Geber.....	38
Εικόνα 21: Rhazes.....	38
Εικόνα 22: Κεραμικά αλχημιστικά σκεύη.....	39
Εικόνα 23: Albertus Magnus.....	40
Εικόνα 24: Jabir ibn Hayyan	40
Εικόνα 25: Άμβουκας.....	41
Εικόνα 26: Carl W. Scheele.....	41
Εικόνα 27: Το εργαστήριο του Scheele	42
Εικόνα 28: Joseph Priestley	42
Εικόνα 29: Συσκευή ανίχνευσης αερίων του Priestley	42
Εικόνα 30: Priestley. Θέρμανση HgO	44
Εικόνα 31: Αλλοτροπικές μορφές του HgO.....	45
Εικόνα 32: Πειραματική διάταξη του Priestley.....	46
Εικόνα 33: Pneumatic trough.....	46
Εικόνα 34: Το έργο του Priestley έξι τόμων	46

Εικόνα 35: Πειράματα Priestley	46
Εικόνα 36: A. Lavoisier	47
Εικόνα 37: Το εργαστήριο του Lavoisier	48
Εικόνα 38: Εργαστηριακός εξοπλισμός του Lavoisier.....	49
Εικόνα 39: A. Lavoisier	50
Εικόνα 40: Μερικά έργα του Lavoisier	51
Εικόνα 41: Joseph Black	52
Εικόνα 42: Robert Boyle	53
Εικόνα 43: Ευδιόμετρα	54
Εικόνα 44: Προσομοίωση ευδιόμετρο Landriani.....	55
Εικόνα 45: Επίδραση ξυδιού σε ανθρακικό ασβέστιο	59
Εικόνα 46: Επίδραση υδροχλωρικού σε ανθρακικό ασβέστιο	60
Εικόνα 47: Πειραματική διάταξη παρασκευής CO ₂	60
Εικόνα 48 Θόλωση διαλύματος Ca(OH) ₂	61
Εικόνα 49: Παρασκευή CO ₂	64
Εικόνα 50: Μπαλόνια συλλογής αερίου	65
Εικόνα 51: Πειραματική διάταξη παραγωγής και συλλογής αερίου.....	66
Εικόνα 52: Προσομοίωση κύκλου του άνθρακα.....	72
Εικόνα 53: Φυτοπλαγκτόν	73
Εικόνα 54: Συσκευή παραγωγής υδρογόνου Cavendish.....	75
Εικόνα 55: Πείραμα Cavendish.....	76
Εικόνα 56: Διαδραστική προσομοίωση.....	79
Εικόνα 57: Εικονικό εργαστήριο	80
Εικόνα 58: Εικονικό εργαστήριο	80
Εικόνα 59: Η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου	81
Εικόνα 60: Το πείραμα του Priestley	83
Εικόνα 61: Το πείραμα του Priestley	83
Εικόνα 62: Η απίθανη κατασκευή καύσης του Lavoisier.....	84
Εικόνα 63: Το εργαστήριο του Lavoisier	85
Εικόνα 64: Θερμική διάσπαση HgO.....	88
Εικόνα 65: Προσομοίωση παραγωγής οξυγόνου	89
Εικόνα 66: Ανίχνευση οξυγόνου με παρασχίδα	90
Εικόνα 67: Το πείραμα του Priestley	91
Εικόνα 68: Στιγμιότυπο από επίδειξη πειράματος	93
Εικόνα 69: Ανάφλεξη υδρογόνου και σχηματισμός υδρατμών.....	94

Εικόνα 70: Συσκευή Hoffman	96
Εικόνα 71: Συσκευή Hoffman	97
Εικόνα 72 Διαδραστική προσομοίωση.....	98
Εικόνα 73: Απόσπασμα της ταινίας “Einstein’s Big Idea”	102
Εικόνα 74: Διάταξη πειράματος Lavoisier.....	103
Εικόνα 75: Ανάφλεξη σκόνης μαγνησίου	105
Εικόνα 76: Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι	107
Εικόνα 77: Έλληνες φιλόσοφοι	108
Εικόνα 78: Δημόκριτος.....	109
Εικόνα 79: Το άτομο	109
Εικόνα 80 Λεύκιππος.....	110
Εικόνα 81: Πίνακας του Joseph Wright of Debby “Ο Αλχημιστής”	110
Εικόνα 82: Pierre Gassendi	112
Εικόνα 83: Πορτραίτο του Dalton.....	114
Εικόνα 84: Σελίδα σημειώσεων του Dalton.....	115
Εικόνα 85: J. L. Proust.....	116
Εικόνα 86: New System of Chemical Philosophy	117
Εικόνα 87: Χημικά στοιχεία και συνδυασμοί τους από το βιβλίο του Dalton	118
Εικόνα 88: Σύμβολα χημικών στοιχείων του Dalton.....	122
Εικόνα 89: Δομή buckyball	123
Εικόνα 90: John Dalton.....	125
Εικόνα 91: Πίνακας ατομικών βαρών του Dalton.....	125
Εικόνα 92: Πίνακας ατομικών βαρών του Dalton.....	126
Εικόνα 93: Οξείδια αζώτου	131
Εικόνα 94: Οξείδια θείου.....	131
Εικόνα 95 Amedeo Carlo Avogadro.....	138
Εικόνα 96: Ο Avogadro πειραματίστηκε με αέρια	139
Εικόνα 97: Νόμος συνδυαζόμενων όγκων.....	141
Εικόνα 98: Υπόθεση Avogadro.....	143
Εικόνα 99: Stanislao Cannizzaro	144
Εικόνα 100: Προσομοίωση κίνησης Brown.....	146
Εικόνα 101: J. B. Perrin	147
Εικόνα 102: R. Millikan	147
Εικόνα 103: Μικροσκοπική παρατήρηση αερίων	149
Εικόνα 104: H. Brand.....	156

Εικόνα 105: J. Dobereiner	157
Εικόνα 106: De Chancourtois	158
Εικόνα 107: Newlands	159
Εικόνα 108: L. Meyer.....	160
Εικόνα 109: D. Mendeliev	160
Εικόνα 110: D. Mendeleev.....	161
Εικόνα 111: Διεθνές Συνέδριο Χημείας, Karlsruhe.....	163
Εικόνα 112: D. Mendeleev στο γραφείο του	165
Εικόνα 113: Χειρόγραφο σχέδιο του ΠΠ του Mendeleev	166
Εικόνα 114: Ο Περιοδικός Πίνακας που δημοσίευσε ο Mendeleev.....	169
Εικόνα 115: Ο ΠΠ του Mendeleev, 1871	170
Εικόνα 116: Περιοδικός Πίνακας στοιχείων ανά χρονικές περιόδους	171
Εικόνα 117: Henry Moseley	172
Εικόνα 118: Ο Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας.....	172

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Πειραματικές μετρήσεις.....	100
Πίνακας 2: Σχετικών ατομικών βαρών	120
Πίνακας 3: Προβλέψεις Mendeleev.....	168
Πίνακας 4: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων.....	181
Πίνακας 5: Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους.....	182

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή διενεργήθηκε στο πλαίσιο της αναζήτησης πιο ελκυστικών και αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας, μέσα από την προσέγγιση της Ιστορίας της Χημείας, που καθιστούν την επιστήμη της Χημείας περισσότερο οικεία, κατανοητή και «ανθρώπινη» στον μαθητή. Η ιδέα γεννήθηκε μετά από τη μελέτη σημαντικών ιστορικών ανακαλύψεων στην επιστήμη αυτή. Οι μεγάλες ανακαλύψεις στη Χημεία, που επιλέχθηκαν και διερευνήθηκαν συστηματικά στην παρούσα εργασία, αποτέλεσαν ένα πλούσιο πεδίο έμπνευσης για την ανάπτυξη αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού. Η αναζήτηση και μελέτη σημαντικών ανακαλύψεων και γεγονότων προσέφερε βαθύτερη γνώση της φύσης της επιστήμης και ανέδειξε εργαλεία που μπορούν να διευκολύνουν τη διδασκαλία και οδηγούν σε πιο εξειδικευμένες προσεγγίσεις. Οι προσεγγίσεις αυτές επιχειρούν να αντιμετωπίσουν και να λύσουν αντικειμενικά προβλήματα στη διδασκαλία της Χημείας όπως αυτό της κατανόησης της σωματιδιακής φύσης της ύλης καθώς και των νοητικών, μοριακών αναπαραστάσεων και των επιστημονικών μοντέλων κ.α.

Μέσα από τη διαθεματική προσέγγιση της Ιστορίας της Χημείας, το πεδίο της Διδακτικής της Χημείας ενισχύεται, εμπλουτίζεται και διαφοροποιείται από τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Σε κάθε ενότητα εξετάζεται ένας σημαντικός σταθμός στην Ιστορία της Χημείας, μια σημαντική ανακάλυψη. Στο πρώτο μέρος κάθε ενότητας αναπτύσσεται το ιστορικό πλαίσιο ενώ στο δεύτερο μέρος αναπτύσσονται οι διδακτικές προτάσεις (διδακτικά σενάρια, δραστηριότητες κτλ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορία της Χημείας και Διδακτική της Χημείας

Σύμφωνα με τους ιστορικούς των Φυσικών Επιστημών, η Χημεία είναι μια επιστήμη που ξεκίνησε πριν τρεις αιώνες με τη χημική επανάσταση του Lavoisier (Βαμβακερός 2013). Στο ερώτημα αν πρέπει να εντάσσεται μια ιστορική προοπτική στη διδακτική της Χημείας και γιατί, η πρώτη σκέψη είναι ότι η Ιστορία αποτελεί έτσι κι αλλιώς αναπόσπαστο μέρος του περιεχομένου της επιστήμης. Άλλωστε, τα διαθέσιμα σχολικά βιβλία παρουσιάζουν έτσι και αλλιώς μια «παλιά» επιστήμη. Σε ένα βαθύτερο προβληματισμό, οι ειδικοί αναγνωρίζουν ότι η Ιστορία της Χημείας μπορεί να συνδράμει στη Διδακτική προωθώντας τη νοητική μάθηση της Χημείας και ενισχύοντας τη διδασκαλία με ποικίλους τρόπους.

Η ενσωμάτωση της Ιστορίας της Χημείας στη Διδακτική της Χημείας προωθεί:

- την καλύτερη οργάνωση του περιεχομένου του μαθήματος και τη διευκόλυνση ενσωμάτωσης της γνώσης στη διδακτέα ύλη
- την καλύτερη κατανόηση εννοιών και της εξέλιξης ιδεών
- τον παραλληλισμό μεταξύ ανάπτυξης ατομικής γνώσης και ιστορικής ανάπτυξης της γνώσης και τη διδακτική αξιοποίησή του
- την κατανόηση της φύσης της επιστήμης (NOS) η οποία είναι ουσιώδης για την εκπαίδευση και αναπόσπαστο στοιχείο ενός σύγχρονου μαθήματος (Fuller 1997, Millar 1996, Ziman 2000)
- την κατανόηση των μεθόδων έρευνας
- την ευκολότερη διάκριση της ψευδοεπιστήμης
- τη σύνδεση των επιστημονικών αλμάτων με τον εργαστηριακό εξοπλισμό και την τεχνολογία της εποχής (χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η φασματοσκοπία που οδήγησε στην ανακάλυψη νέων χημικών στοιχείων και του Περιοδικού Πίνακα)
- τη σύνδεση της Χημείας με άλλες επιστήμες γενικότερα
- την ανάπτυξη συνείδησης ότι η επιστήμη δεν μπορεί να λύσει όλα τα προβλήματα

- την ανάδειξη επιστημονικών εμποδίων και τη διδακτική αξιοποίησή τους
- την ανάδειξη του ρόλου της γλώσσας στη Χημεία
- την ανάδειξη του ρόλου των μοντέλων
- την ανάδειξη του ρόλου των ανταγωνιστικών ιδεών και των ερευνητικών υποθέσεων της εποχής στην εξέλιξη της Χημείας
- την ανάδειξη αναλογιών των επιστημονικών ιδεών κάθε εποχής με τις προϋποθέσεις των μαθητών για την πρόβλεψη δυσκολιών στη διδασκαλία
- τον εξανθρωπισμό της Χημείας καθιστώντας την πιο οικεία και αξιαγάπητη
- τη διέγερση της φαντασίας, της διερευνητικής στάσης και της επαφής με τη φύση της επιστήμης όπου ικανοποιούνται τα ερωτήματα: πώς, πότε, και γιατί;

(Katz D.A. 1992, Chamizo J.A 2007, Σάλτα 2011, Olsson Kr., Balgopal M.M., Levinger N.E, 2015).

Στο πλαίσιο του αυξημένου ερευνητικού ενδιαφέροντος για τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας με την Ιστορία της Χημείας, έχει αναπτυχθεί σχετική βιβλιογραφία όπου διακρίνονται ομοιότητες μεταξύ της επιστημονικής σκέψης σε διάφορες ιστορικές περιόδους της Χημείας και των προϋποθέσεων-παρανοήσεων των μαθητών. Οι ομοιότητες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν ως διδακτικοί στόχοι και διδακτικές ευκαιρίες για την πρόκληση γνωστικών συγκρούσεων με στόχο την εννοιολογική αλλαγή.

Ακολούθως παρατίθενται ενδεικτικά μερικές αναλογίες των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και των ιδεών επιστημόνων του παρελθόντος, όπως καταγράφονται στη βιβλιογραφία:

- Ιδέες Δημόκριτου: Οι μαθητές μεταφέρουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες στα σωματίδια, για παράδειγμα τα άτομα και μόρια των στερεών είναι σκληρά, ενώ των υγρών μαλακά. Με θέρμανση διαστέλλεται το υλικό και τα άτομά του.
- Ιδέες Dalton: Οι μαθητές δεν κάνουν διάκριση σε μόρια και άτομα.
- Ανιμισμός Επίκουρου και Αλχημιστών: Οι μαθητές πιστεύουν ότι τα σωματίδια αερίων θέλουν να ανεβαίνουν προς τα πάνω κτλ.

- Αλημιστές: Οι μαθητές δεν πιστεύουν ότι τα αέρια έχουν βάρος και ύλη.
- Ιδέες Bertholler: Η αναλογία των στοιχείων σε μια ένωση καθορίζεται από την αναλογία με την οποία λαμβάνονται τα αντιδρώντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

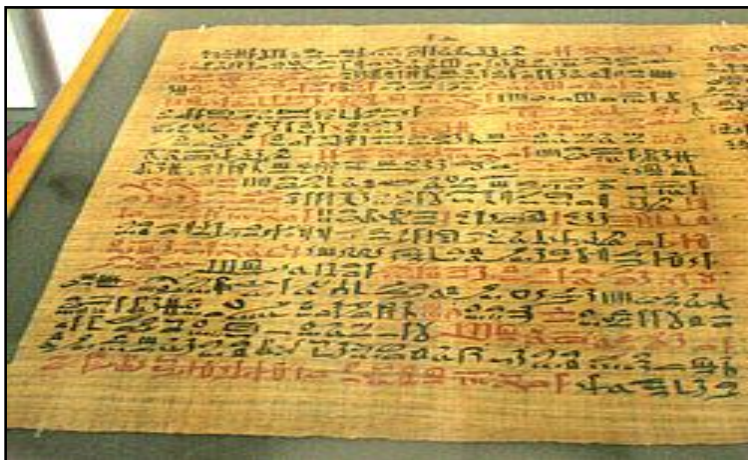
ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Ακόμα και οι λαυθαομένες υποθέσεις και θεωρίες εξυπηρετούν στο να οδηγηθούμε σε ανακαλύψεις... Οι Αλχημιστές ανακάλυψαν τη χημεία κυνηγώντας χιμαιρικά προβλήματα και θεωρίες που ήταν λαυθαομένες.

Claude Bernard

2.1 Περίοδος προϊστορίας της Χημείας (από την αρχαιότητα μέχρι τον 4^ο π.Χ. αιώνα)

Η Χημεία όπως τη γνωρίζουμε σήμερα ήταν άγνωστη κατά την αρχαιότητα. Οι λαοί της Μεσογείου (Αιγύπτιοι, Βαβυλώνιοι, Έλληνες και Ρωμαίοι) ανέπτυξαν διάφορες κοσμοθεωρίες οι οποίες αργότερα έγιναν το θεμέλιο πάνω στο οποίο αναπτύχθηκε η μεσαιωνική και σύγχρονη ιστορία της Χημείας.



Εικ. 1: Ο πάπυρος του Ebers προτείνει μια θεραπεία για το άσθμα, όπου θερμαίνοντας ένα μίγμα βοτάνων ο ασθενής εισπνέει τους ατμούς του (wikipedia.org)

Οι πρώτοι υπαινιγμοί περί επιστήμης της Χημείας ξεκινούν από Αιγύπτιους ιερείς, οι οποίοι φύλασσαν τις γνώσεις τους με μεγάλη μυστικότητα και μιούσαν σε αυτές αποκλειστικά τους έμπιστους ιερείς στους ναούς. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Σόλωνα (600 π.Χ.) , τον Πυθαγόρα (500 π.Χ.), τον Ηρόδοτο (440 π.Χ.) και τον Πλάτωνα (380 π.Χ.), όταν έγινε προσπάθεια να φέρουν στο

φως τα μυστήρια και τις γνώσεις των μυστικιστών ιερέων δεν αποκαλύφθηκε κάποιο είδος χημείας (Αλεξανδρίδης Ιωάννης, Ιστορία της Χημείας, 1869).

Την εποχή αυτή, επίσης, ανακαλύπτεται η ύαλος και η βαφική από τους Φοίνικες (3000-2500 π.Χ.) (Ακρίβος Π., 2010). Οι Ισραηλίτες μαθαίνουν από τους Αιγύπτιους για πολλές ιδιότητες των μετάλλων. Οι Έλληνες την εποχή του Ομήρου (8ος αιώνα π.Χ.) κατέχουν κάποιες ατελείς γνώσεις μεταλλουργίας. Η μόνη επιστήμη που αναφέρεται την εποχή αυτή είναι η φαρμακευτική. Το 1872 ο αιγυπτιολόγος Georg Ebers ανακάλυψε ένα πάπυρο (Εικ. 1) που είχε γραμμένα στοιχεία με φαρμακευτικό περιεχόμενο του 1600 π.Χ..

Οι αρχαίοι Έλληνες ασχολούνται περισσότερο με τη φιλοσοφία, τη ρητορική, την ποίηση και την πολιτική. Κατά την περίοδο αυτή, ο Θαλής, ο Αναξίμανης, ο Ηράκλειτος, ο Δημόκριτος, ο Αριστοτέλης, ο Θεόφραστος, ο Διοσκουρίδης και άλλοι αναπτύσσουν θεωρίες για τον κόσμο και τη φύση του (Αλεξανδρίδης Ιωάννης, 1869). Η πρώτη γνήσια επιστημονική σκέψη αποδίδεται κατά παράδοση στον Θαλή το Μιλήσιο (6ο αιώνα π.Χ.). Την εποχή του Θαλή τέσσερα στοιχεία θεωρούνται τα βασικά στοιχεία της φύσης: «ύδωρ, πυρ, αήρ και γη», από συνθέσεις των οποίων δημιουργούνται όλα τα πράγματα. Η μορφή τους καθορίζεται από την αναλογία αυτών ακριβώς των στοιχείων, δηλαδή αν πλεονάζει το νερό τότε το σώμα είναι υγρό κ.ο.κ. Ο Θαλής είναι ο πρώτος που αναρωτιέται για τη σύσταση του Σύμπαντος και απαντά στο ερώτημα χωρίς να στηριχθεί στους θεούς και το υπερφυσικό. Ως ικανότατος παρατηρητής της Φύσης και ακολουθώντας την επαγωγική έρευνα, παρατηρεί προσεκτικά ότι στη Φύση το στοιχείο το οποίο εμφανώς πλεονάζει και πλεονεκτεί έναντι των άλλων ήταν το «ύδωρ». Από αυτό το γεγονός υποθέτει ότι το νερό πρέπει να είναι το βασικό στοιχείο της αρχής του Κόσμου, το ουσιώδες συστατικό όλων των πραγμάτων και ότι τα πάντα προέρχονται από το νερό (Asimov, 1997). Αυτή η προσπάθεια να δοθεί η απάντηση για την προέλευση του Κόσμου με αποδείξεις αντιπροσωπεύει τη γέννηση του ορθολογισμού. Η ιδέα αυτή και ο τρόπος σκέψης του Θαλή ήταν μόνο η αρχή καθώς άρχισαν να αναπτύσσονται γοργά και να εξελίσσονται από τους μαθητές του. Είχε ανακαλυφθεί πλέον ένας καινούργιος τρόπος σκέψης και είχε ξεκινήσει μια μεγάλη φιλοσοφική συζήτηση.

2.2 Περίοδος Αλχημείας (από τον 4^ο π.Χ. αιώνα μέχρι τις αρχές του 16ου αιώνα)

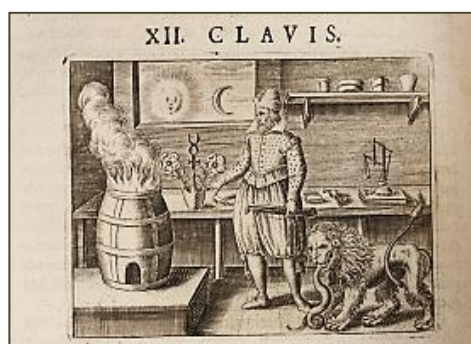
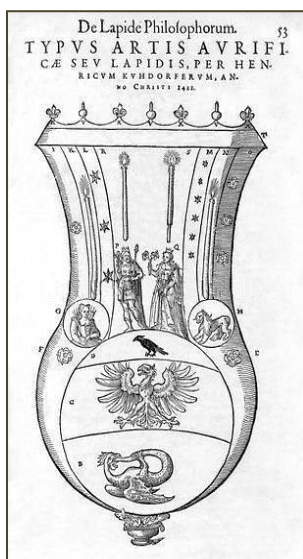
Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από τις προσπάθειες των Αράβων Αλχημιστών να βρουν ή να παρασκευάσουν τη φιλοσοφική λίθο, η οποία θεωρούν ότι είναι το

ελιξήριο της ζωής γιατί μπορεί να χαρίσει μακροζωία, να θεραπεύσει ασθένειες. Επίσης, μπορεί να μετατρέψει τον υδράργυρο και άλλα μεταλλά σε χρυσό. Η αναζητήσις τους είναι η αφορμή να

γίνει επισταμένη έρευνα, να αναπτυχθούν πολλές εμπειρικές μέθοδοι και να πραγματοποιηθούν σημαντικές ανακαλύψεις που αποτελούν σήμερα τη βάση της Χημείας ως εμπειρικής επιστήμης.

Οι Άραβες Αλχημιστές επηρέασαν τους φιλοσόφους της Αιγύπτου οι οποίοι μετέφεραν τις εμπειρίες τους στην Ιταλία και την Ισπανία τον 7ο αιώνα. Στους χριστιανούς της Δύσης η Αλχημεία άρχισε να διαδίδεται τον 13ο αιώνα. Τότε μεταφράζονται πολλά χειρόγραφα αρχαίας κληρονομιάς από μοναχούς όπου περιγράφονται τεχνικές εξαγωγής μετάλλων, τρόποι παρασκευής κραμάτων, πυροτεχνημάτων, πυρίτιδας και παρασκευή αλκοόλης με απόσταξη κρασιού.

Ο πρώτος Αλχημιστής συγγραφέας θεωρείται ο Ζώσιμος (Zosimus, περίπου 300 μ.Χ.) από την Πανόπολη της Αιγύπτου αλλά δυστυχώς λίγα γραπτά του διασώθηκαν. Στη συνέχεια, οι Πέρσες Αλχημιστές Jabir Ibn Hayyan (Geber, 721-815 μ.Χ.), ο ιατρός Ibn Zakariya al-Razi (Rhazes, 865-925 μ.Χ.) και αργότερα ο Γερμανός μοναχός Albertus Magnus (1193-1280 μ.Χ.) επηρέασαν σημαντικά τη δυτική Αλχημεία. Ειδικότερα, στα βιβλία του Geber περιγράφονται με μεγάλη ακρίβεια φούρνοι, εργαλεία, οδηγίες, τεχνικές και συνταγές.



Εικ.2: Οι Αλχημιστές απεικονίζουν τα πειράματά τους με κωδικοποιημένες εικόνες. Αριστερά: Περιέκτης της φιλοσοφικής λίθου

Χαρακτηριστική είναι η συνταγή παρασκευής «διαλυτικού νερού»:

«Πρώτα λάβε Βιτριόλι Κύπρου, λίβρα 1 Νίτρο, λίβρες II και από Jamenous Allom ένα τέταρτο. Βγάλε το νερό με την ερυθρότητα του Alembek (γιατί είναι πολύ διαλυτό) και χρησιμοποίησέ το όπως ισχυρίζομαι πριν. Αυτό γίνεται πολύ πιο έντονο αν διαλύσεις μέσα του ένα τέταρτο αμμωνιακό άλας γιατί διαλύει το χρυσό, το θείο και τον άργυρο.»

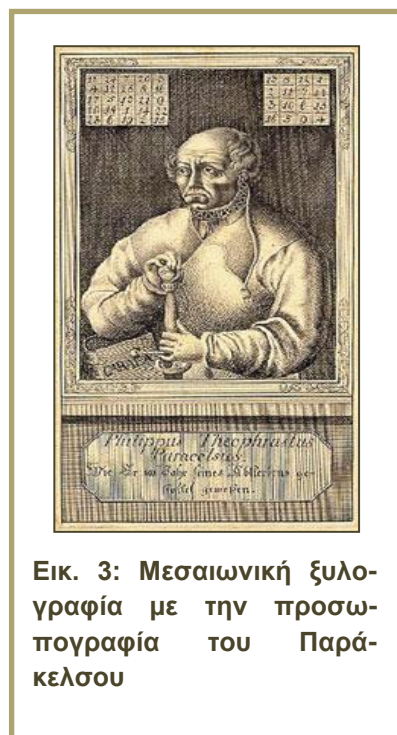
Θεωρείται μια από τις καλύτερες περιγραφές τρόπου παρασκευής μίγματος θειικού, νιτρικού και υδροχλωρικού οξέος. (Leicester H., 1993)

Οι Αλχημιστές είναι μυστικοπαθείς και χρησιμοποιούν σύμβολα και αλληγορίες διότι δεν θέλουν να αποκαλυφθεί η τέχνη της δημιουργίας της φιλοσοφικής λίθου (Εικ. 2). Οι

μελετητές των συγγραμμάτων των Αλχημιστών αποκρυπτογραφούν τα μυστικά τους και αρχίζουν σταδιακά να προσβλέπουν στην αξιοποίηση των χημικών μεθόδων και σε άλλους τομείς πέραν της Αλχημείας.

2.3 Περίοδος Ιατροχημείας (αρχές του 16ου αιώνα μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα)

Ο 16ος αιώνας είναι μια περίοδος με μεγάλη επιστημονική πρόοδο. Η Χημεία, όμως, παραμένει μια επιστήμη που δεν ασκείται ανεξάρτητα για δικό της λογαριασμό και θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν προοδεύει γρήγορα όπως συνέβη με άλλα γνωστικά πεδία. Είναι η περίοδος όπου η Χημεία τίθεται στην υπηρεσία της Ιατρικής και αναπτύσσεται η Φαρμακευτική. Κύριος εκπρόσωπος είναι ο Παράκελσος (Theophrast Bombast Von Hohenhein dit Paracelse, 1493-1541) μια αμφιλεγόμενη μορφή στην ιστορία της Ιατρικής και της Χημείας, ο οποίος πίστευε ότι όλες οι λειτουργίες της ζωής έχουν χημικό χαρακτήρα και μπορούν να επηρεαστούν με χημικά μέσα (Εικ. 3). Τα πρώτα φάρμακα που χρησιμοποιεί είναι ορυκτά άλατα, άνθη θείου, ενώσεις υδραργύρου, θειικό οξύ για το στομάχι και βαρέα μεταλλικά άλατα. Σε πολλές



Εικ. 3: Μεσαιωνική ξυλο-γραφία με την προσωπογραφία του Παράκελσου

περιπτώσεις τα φάρμακα είναι άκρως επικίνδυνα για τον ασθενή. Οι ιατροχημικές αντιλήψεις του Παράκελσου και των οπαδών του (παρακελσιανοί) συνεισέφεραν στην εξέλιξη της πρακτικής αλλά και της θεωρητικής Χημείας και επιτάχυναν την ανακάλυψη νέων φαρμάκων και χημικών ουσιών. Βέβαια, τα γραπτά του και οι ιδέες του δε βρήκαν αμέσως ευρεία απήχηση. Οι άνθρωποι εκείνη την περίοδο πιστεύουν ακόμα σε δαιμόνια και κακά πνεύματα και αντιμετωπίζουν τους Αλχημιστές ως μάγους που κάνουν θαύματα. (Κούρτης Δ., Μπάσιος Μ., Ιστορία της Χημείας, 1992).



Εικ. 4: Georg Ernst Stahl,

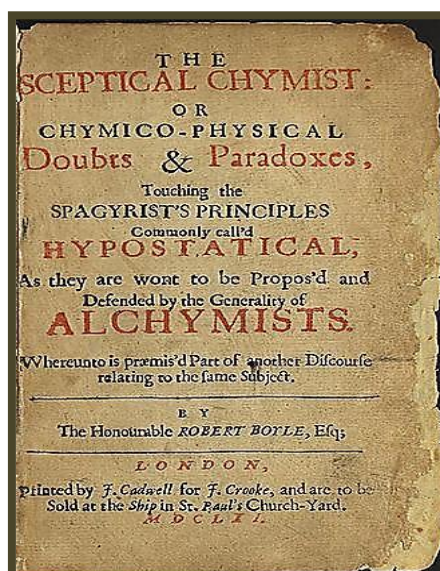
2.4 Περίοδος Επιστημονικής Χημείας (από τα μέσα του 17ου αιώνα και μετά)

Φλογιστική Εποχή

Με την παρακμή της Ιατρικής Χημείας ξεκινά μια νέα περίοδος όπου η Χημεία σταδιακά γίνεται ένας ανεξάρτητος κλάδος των φυσικών επιστημών που αποκτά τα δικά του ερευνητικά ενδιαφέροντα. Διερευνά τη σύνθεση της ύλης, τους νόμους που τη διέπουν και το κατά πόσο οι ιδιότητες των σωμάτων εξαρτώνται από τη σύστασή τους. Είναι η εποχή που οι χημικοί παύουν να θεωρούν το θείο του Παράκελσου ως θεμελιώδες συστατικό των μετάλλων.

Ο Αλχημιστής ιατρός Johann Joachim Becker (1635-1682) πιστεύει ότι

οποιαδήποτε ερμηνεία του υλικού κόσμου βασίζεται στο φαινόμενο της



Εικ. 5: "The Sceptical Chymist", Robert Boyle, 1661.

καύσης και διακρίνει τρία είδη «γης» που αποτελούν την ύλη: την υαλώδη, τη λιπαρώδη και τη ρευστή. Η λιπαρώδης εγκαταλείπει τα σώματα όταν καίγονται. Η θεωρία αυτή γίνεται τμήμα μιας ευρύτερης θεωρίας που αρχίζει να αναπτύσσεται και επηρεάζει πολλούς χημικούς καθώς γίνεται το κεντρικό δόγμα της Χημείας. Είναι η θεωρία του φλογιστού που είναι μια απόπειρα ερμηνείας της καύσης των σωμάτων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, κάθε υλικό που μπορεί να καεί αποβάλλει ένα συστατικό, το φλογιστό, το οποίο ελευθερώνεται στον αέρα. Η θεωρία πρωτοδιατυπώνεται από τον Georg Ernst Stahl το 1702, γρήγορα αποκτά πολλούς οπαδούς και επικρατεί μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα (Εικ. 4). Το σημαντικό είναι ότι οι παρατηρήσεις που κάνουν οι οπαδοί της φλογιστικής θεωρίας γίνονται αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών και οδηγούν στην ανακάλυψη του οξυγόνου. Σταδιακά, η Χημεία απομακρύνεται από προλήψεις και δεισιδαιμονίες, εκδίδονται συγγράμματα, περιοδικά και διαδίδονται οι ανακαλύψεις και νέες αντιλήψεις.

Ποσοτική Εποχή

Το τέλος του 17ου αιώνα είναι η εποχή που τα μαθηματικά παγιώνονται ως το βασικό εργαλείο των επιστημών για την περιγραφή του φυσικού κόσμου (Euler, Bernoulli κ.α.). Αποσύρονται σταδιακά οι θεωρίες με αλχημιστικό υπόβαθρο ενώ η φλογιστική θεωρία εξασθενεί και χάνει οπαδούς μετά την ανακάλυψη του οξυγόνου από τους J. Priestley και C. W. Sheele.

Χαράσσεται μια καινούργια εποχή για την επιστήμη της Χημείας όπου εδραιώνεται η ποσοτική ανάλυση από τον Lavoisier και εισάγονται νέες αντιλήψεις.

Κατά την περίοδο αυτή η Χημεία αναγνωρίζεται οριστικά ως αυτοτελής επιστήμη, μπαίνουν οι βάσεις της σύγχρονης Χημείας και προσδιορίζεται το πεδίο της έρευνάς της που είναι η μελέτη της ύλης και των μετατροπών της.

Κύριος εκπρόσωπος, εκτός από τον Lavoisier, θεωρείται επίσης ο Robert Boyle (1627-1691) ο οποίος προηγήθηκε με το περίφημο βιβλίο του "The Sceptical Chymist" (1661). Το βιβλίο αυτό αποτελεί το πρώτο βιβλίο ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης Χημείας (Εικ. 5). Ο Boyle είναι ένας ερασιτέχνης ερευνητής και επιδέξιος πειραματιστής. Παρόλο που δεν είναι πλήρως απαλλαγμένος από αλχημιστικές αντιλήψεις, ωστόσο προτείνει μια

πλήρη αλλαγή νοοτροπίας στη Χημεία και παρουσιάζει επιχειρήματα για να ανασκευάσει τις περισσότερες από τις πεποιθήσεις που υπήρχαν τότε. Μάλιστα, ο Boyle είναι από τους πρώτους εμπνευστές της Βασιλικής Εταιρείας στο Λονδίνο που ιδρύθηκε το 1662. Αντίστοιχα, στη Γαλλία ιδρύεται η Ακαδημία Επιστημών στο Παρίσι το 1666. Η διεθνής αλληλογραφία μεταξύ των επίσημων επιστημονικών εταιρειών και άλλων ομάδων είναι συνηθισμένη, ενώ χάρη στα περιοδικά αυτών των εταιρειών δημοσιεύονται και διαδίδονται σχετικά γρήγορα τα αποτελέσματα ερευνών και οι ανακαλύψεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (1772)

Η πιο συναρπαστική φράση που μπορεί να ακούσεις στην επιστήμη, που να προαναγγέλλει μια ανακάλυψη, δεν είναι το «εύρηκα!» αλλά περισσότερο «χμμμ... έχει γούστο!»

Isaac Asimov

3.1 Ιστορικό πλαίσιο

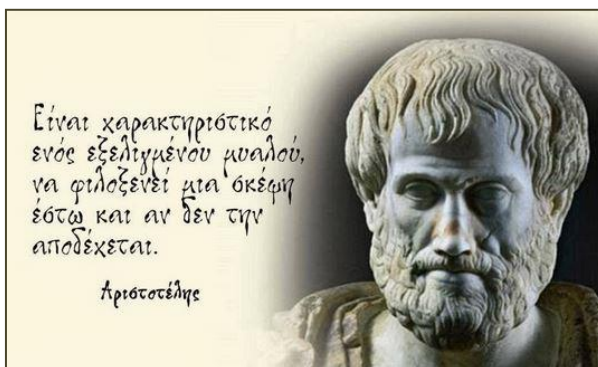
3.1.1 Εισαγωγή

Ο Karl Wilhelm Scheele και ο Joseph Priestley ανακαλύπτουν το οξυγόνο, πειραματιζόμενοι ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο. Παράγουν οξυγόνο σε διάφορα πειράματα και στη συνέχεια ο Joseph Priestley περιγράφει το ρόλο του οξυγόνου στην καύση και την αναπνοή. Αργότερα, ο Antoine-Laurent de Lavoisier επαναλαμβάνει τα πειράματα αυτά, διευκρινίζει τη φύση των στοιχείων και δίνει στο οξυγόνο το όνομά του. Μαζί με άλλους χημικούς θέτουν τις βάσεις για την ονοματολογία των χημικών στοιχείων και γεννιέται η σύγχρονη Χημεία (Leicester H., 1993). Ποια ήταν όμως τα βήματα εξέλιξης της επιστήμης στην κατανόηση της φύσης της ύλης, των χημικών στοιχείων, των αερίων και του οξυγόνου από την αρχαιότητα μέχρι την ανακάλυψή του;

3.1.2 Χημικά Στοιχεία και Φιλοσοφικές Απόψεις

Στην αρχαιότητα ο άνθρωπος, στην προσπάθειά του να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες της καθημερινής του ζωής, χρησιμοποίησε τα διάφορα φυσικά υλικά (νερό, χώμα, πέτρες) στην αρχή αυτούσια και κατόπιν μετατρέποντάς τα ανάλογα με τις ανάγκες του. Ανέπτυξε τεχνικές και μεθόδους μεταλλουργίας, υαλουργίας, βαφικής και κεραμικής. Στην πορεία του αυτή ανακάλυψε διάφορα χημικά στοιχεία όπως μέταλλα και άλλα. Τα στοιχεία που ήταν γνωστά από την αρχαιότητα ήταν: χρυσός, άργυρος, υδράργυρος, χαλκός, κασσίτερος, μόλυβδος, σίδηρος, θείο, άνθρακας.

Ωστόσο, οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι πίστευαν ότι υπήρχαν μόνο τέσσερα στοιχεία-ουσίες: γη, ύδωρ, πυρ και αήρ και ότι όλα αυτά είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση όλων των υπόλοιπων ουσιών στη φύση. Ο Αριστοτέλης πρόσθεσε σε αυτά τον αιθέρα, ο οποίος είναι για τον Αριστοτέλη μια πέμπτη ουσία (πεμππουσία) αγέννητη, άφθαρτη και αναλλοίωτη.

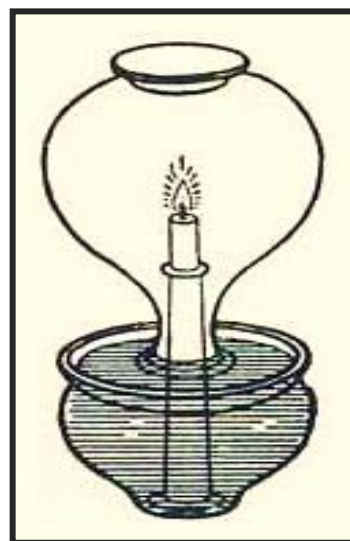


Εικ. 6: Απόφθεγμα Αριστοτέλη

3.1.3 Διερεύνηση του αέρα

Ο αέρας, λοιπόν στην αρχαιότητα, θεωρούνταν ως ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία από τα οποία έχει δημιουργηθεί ο κόσμος.

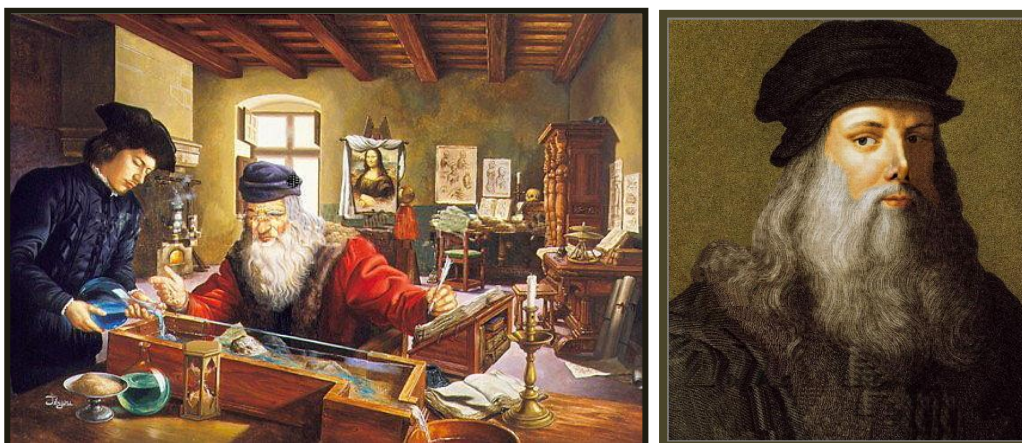
Ένα από τα πρώτα πειράματα μελέτης του αέρα και της καύσης ήταν αυτό του Φίλωνα του Βυζαντίου (Εικ. 7). Ο Φίλων υπήρξε ένας από τους σημαντικότερους μαθηματικούς και μηχανικούς της Ελληνιστικής περιόδου. Η γέννησή του τοποθετείται περί το 280 π.Χ.. Κατά την ακμή του, μεταξύ 260-180 π.Χ., διακρίθηκε για τις περίφημες μηχανικές κατασκευές του και τις αυτόματες μηχανές όπως η αυτόματη υπηρέτρια του Φίλωνα (το πρώτο λειτουργικό ρομπότ στην ιστορία). Στα «Πνευματικά», ένα από τα οκτώ βιβλία του που σώζονται, γραμμένα στα ελληνικά, μελετά τις δυνατότητες του αέρα και του ατμού. Περιγράφει την καύση ενός κεριού μέσα σε ανεστραμμένο γυάλινο δοχείο του οποίου το στόμιο είναι εμβαπτισμένο μέσα σε άλλο γυάλινο δοχείο γεμάτο νερό. Παρατηρεί την άνοδο της στάθμης του νερού μέσα στο ανεστραμμένο δοχείο, πιο πάνω από την αναμενόμενη με βάση την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων. Προσπαθώντας να ερμηνεύσει το φαινόμενο της ανόδου, θεωρεί εσφαλμένα ότι οφείλεται στο ότι



Εικ. 7: Αναπαράσταση πειράματος του Φίλωνα

ο αέρας, που είχε εγκλωβιστεί στο δοχείο, μετατράπηκε σε φωτιά που μπόρεσε να διαφύγει από τους πόρους του γυαλιού.

Αιώνες αργότερα ο Leonardo Da Vinci (1452-1519), ένας μεγάλος καλλιτέχνης, μηχανικός και επιστήμονας, βασιζόμενος στο έργο του Φίλωνα υποστήριξε ότι μέρος του αέρα καταναλώνεται με την καύση (Εικ. 8).



Εικ. 8: Leonardo Da Vinci (1452-1519)

Καλλιτέχνης και Εφευρέτης

(Science photo library, <http://www.sciencephoto.com>)

Στα τέλη του 17ου αιώνα ο Robert Boyle (1627 – 1691) αποδεικνύει την αναγκαιότητα του αέρα για την καύση.

Το 1668, ο Άγγλος χημικός John Mayow (1641 – 1679) δημοσιεύει τα έργα του "Tractatus duo" και "De respiratione" όπου περιγράφει με λεπτομερείς σημειώσεις και υπολογισμούς τα πειράματά του. Υποστηρίζει ότι η καύση χρειάζεται μόνο ένα μέρος του αέρα. Υπολογίζει ότι περίπου το 1/5 του αέρα καταλαμβάνεται με την άνοδο της στάθμης του νερού σε κλειστό αεροστεγώς δοχείο στο πείραμα του Φίλωνα. Το ίδιο αποτέλεσμα προκαλείται είτε με την καύση του κεριού είτε τοποθετώντας ένα ποντίκι. Συνδέει την καύση με την αναπνοή. Διατυπώνει την άποψη ότι οι πνεύμονες ξεχωρίζουν το ίδιο τμήμα του αέρα που υποστηρίζει τη ζωή, την καύση και την οξείδωση των μετάλλων και το διοχετεύουν στο υπόλοιπο σώμα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος.

Η άποψη αυτή ότι ο αέρας είναι μίγμα, ήταν τολμηρή για την εποχή της γιατί αντέκρουσε την επικρατούσα κλασική αριστοτέλεια αντίληψη ότι ο αέρας («αιθέρας») είναι ένα από τα τέσσερα πρωταρχικά στοιχεία που αποτελούν την ύλη.

Ωστόσο, ο αέρας παραμένει μυστήριο μέχρι την ανακάλυψη του οξυγόνου.

3.1.4 Αλχημιστές

Μετά τους αρχαίους χρόνους ακολουθεί η περίοδος των αλχημιστών, από τον 4ο αιώνα π.Χ. μέχρι τις αρχές του 16ου αιώνα μ.Χ. Οι αλχημιστές πίστευαν ότι εκτός από τα τέσσερα βασικά στοιχεία-ουσίες: η φωτιά, ο αέρας, η γη και το



Εικ. 9: Ο Αλχημιστής και θεραπευτής Γιόχαν Γιοακίμ Μπέχερ (Johann Joachim Becher)



Εικ. 10: Έμβλημα των Αλχημιστών. Απεικονίζει τα τέσσερα κλασικά στοιχεία στις γωνίες της εικόνας, μαζί με τα tria prima (wikipedia.org)

νερό υπάρχουν και τρία αιθέρια στοιχεία (tria prima): το άλας, το θειάφι και ο υδράργυρος (σώμα, ψυχή και πνεύμα) (Εικ. 10). Επίσης, πίστευαν στην ύπαρξη ενός πέμπτου στοιχείου (μιας πέμπτης ουσίας - πεμπτουσίας) που ονόμαζαν φιλοσοφική λίθο και πίστευαν ότι αποτελούσε το βασικό συστατικό για τη δημιουργία του ελιξιρίου της ζωής που θα θεράπευε όλες τις ασθένειες και θα πρόσφερε την αθανασία στον άνθρωπο. Τα μέταλλα εκτός από τον χρυσό θεωρούνταν ατελή και ότι μπορούν να μετατραπούν σε χρυσό από τη φιλοσοφική λίθο.

3.1.5 Φλογιστική Θεωρία

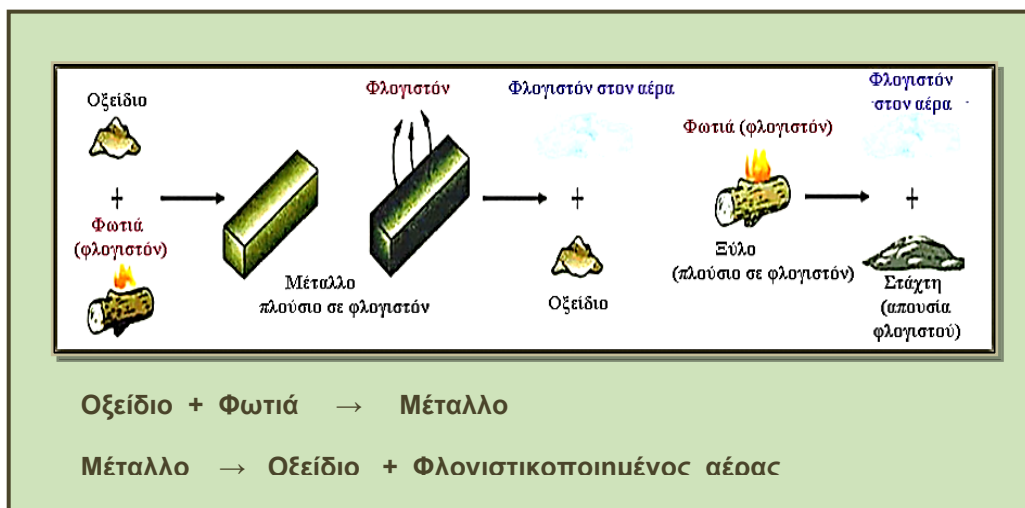
Στις αρχές του 18ου αιώνα, το 1702, ο χημικός Γκέοργκ Σταλ (Georg Ernst Stahl) διατύπωσε τη φλογιστική θεωρία στην προσπάθειά του να εξηγήσει τα φαινόμενα της καύσης και της οξειδωσης (Εικ. 12). Για πρώτη φορά

αναφέρεται ο όρος «φλογιστόν» το 1667, στο σύγγραμμα «Φυσική Εκπαίδευση» (“Physical Education”) που δημοσίευσε ο Γερμανός φυσιοδίφης και αλχημιστής Γιόχαν Γιοακίμ Μπέχερ (Johann Joachim Becher (1635 – 1682), στο οποίο



Εικ. 12: Georg Ernst Stahl

για πρώτη φορά ανέφερε τη θεωρία του φλογιστού. Η έννοια του φλογιστού περιγράφει μια ανύπαρκτη ουσία που βρίσκεται σε κάθε υλικό που μπορεί να καεί και χάνεται στον αέρα εν μέρει ή συνολικά κατά την καύση της ουσίας. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή,



όλα τα εύφλεκτα υλικά περιέχουν πολύ φλογιστόν. Το φλογιστόν είναι ένα υλικό χωρίς χρώμα, οσμή, γεύση ή μάζα που απελευθερώνεται κατά την καύση. Μόνο ό,τι απομένει μετά την καύση αποτελεί την πραγματική φύση της ουσίας. Τα άκαυστα υλικά (αυτά που δεν είναι δυνατό να καούν) είναι αυτά που δεν περιέχουν φλογιστόν.

Η φλογιστική θεωρία επικράτησε ουσιαστικά σε όλη σχεδόν τη διάρκεια του 18ου αιώνα και συνέβαλε, με τις πειραματικές παρατηρήσεις της για την καύση, στην ανακάλυψη του οξυγόνου. Σταδιακά τέθηκε στο περιθώριο και εγκαταλείφθηκε με την ανακάλυψη του οξυγόνου και την παρουσίαση από τον Lavoisier, το 1777, της θεωρίας του περί καύσης των σωμάτων.

3.1.6 Διερεύνηση διαφόρων «ειδών» αέρα. Η Ανακάλυψη Αερίων

3.1.6.1 Το Διοξείδιο του Άνθρακα

Σημαντικό στάδιο εξέλιξης της επιστήμης της Χημείας και της ανακάλυψης του οξυγόνου αποτέλεσαν οι πειραματικές προσπάθειες για την ανακάλυψη

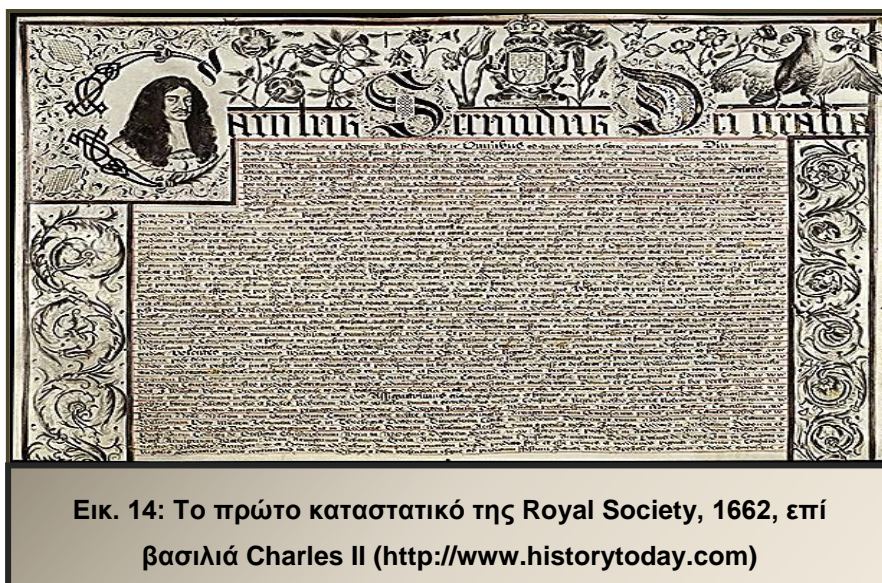


Εικ. 13: The Royal Society στο Burlington House

αερίων και της σύστασης του αέρα.

Από το 1624 ο Φλαμανδός ιατρός Jan Baptist van Helmont (1579-1644) διαπίστωσε ότι υπάρχουν διαφορετικά αέρια με διαφορετικές ιδιότητες. Ανακάλυψε το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), ως προϊόν της καύσης ξύλου ή ζυμώσεων και αρχικά το ονόμασε «ξυλαέριο» (gas silvestre). Εισηγάγε τον όρο «αέριο» (gas) στην επιστημονική ορολογία στη θέση του όρου «αέρας» (air).

Επίσης, το 1754, Σκωτσέζος χημικός Joseph Black απομόνωσε το διοξείδιο του άνθρακα με ισχυρή θέρμανση ασβεστόλιθου, το οποίο ονόμασε «σταθερό αέρα» (fixed air). Το διοξείδιο του άνθρακα ονομάστηκε ακόμη «δεσμευμένος» ή «σταθεροποιημένος αέρας», επειδή μπορούσε να δεσμευτεί από την άσβεστο προς ανθρακικό ασβέστιο, ενώ οι οπαδοί του φλογιστού το ονόμασαν και «φλογιστικοποιημένο αέρα» (phlogisticated air), ως αποτέλεσμα της απομάκρυνσης του φλογιστού από καύσιμα υλικά (Asimov, 1997).



Εικ. 14: Το πρώτο καταστατικό της Royal Society, 1662, επί βασιλιά Charles II (<http://www.historytoday.com>)

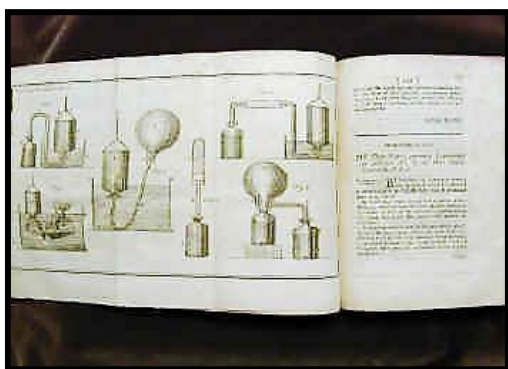
Το 1768 ο Άγγλος χημικός J. Priestley, λόγω του ότι έμεινε δίπλα από ένα ζυθοποιείο παρασκευής μπίρας και μπορούσε να πειραματίζεται με το διοξείδιο του άνθρακα, ανακάλυψε ότι με τη διάλυση μιας ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα σε νερό σχηματίζεται ένα δροσιστικό ποτό, η γνωστή σε εμάς σόδα! Κατά ένα τρόπο, λοιπόν, ο Priestley θα μπορούσε να θεωρηθεί ο «πατέρας» της βιομηχανίας αναψυκτικών.

3.1.6.2 Το Υδρογόνο

Η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου («The Royal Society») είχε αναθέσει στους επι-στήμονες μέλη της εποχής, μεταξύ άλλων, να διερευνήσουν τα διάφορα είδη «αέρα» (Εικ. 13). Η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου είναι ίσως η παλαιότερη κοινότητα για τις φυσικές επιστήμες που υπάρχει και δρα έως και σήμερα. Ιδρύθηκε το Νοέμβριο του 1660 μ.Χ. από το βασιλιά Κάρολο II και είχε ως σκοπό τη βελτίωση της φυσικής γνώσης (Εικ. 14). Εξέδιδε ένα

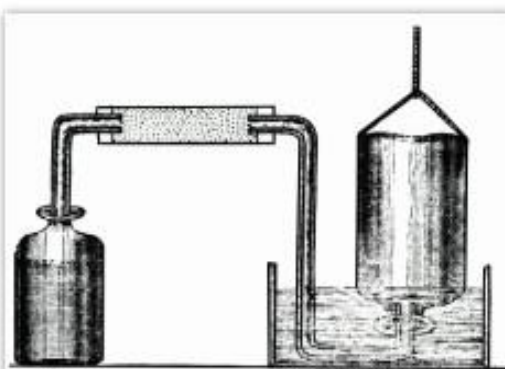
περιοδικό με τίτλο «Φιλοσοφικές Διατριβές» όπου δημοσιεύονταν τα επιστημονικά επιτεύγματα της εποχής, πειράματα και ανακαλύψεις των εταίρων τόσο από την Αγγλία όσο και από το εξωτερικό.

Το 1661 ο Robert Boyle δημοσίευσε το βιβλίο του «The Sceptical Chymist», το οποίο θεωρείται ως το βιβλίο ακρογωνιαίος λίθος στον τομέα της Χημείας.



Εικ. 15: Ο Cavendish εκδίδει την πρώτη εργασία του "On Factitious Airs" (1766) και λαμβάνει το μετάλλιο Copley από τη Royal Society.

(<http://theworldsgreatbooks.com/cavendish.htm>)



Εικ. 16: Συσκευή παραγωγής και συλλογής υδρογόνου του Η. Cavendish

Ο Boyle παρουσίασε την υπόθεσή του ότι κάθε φαινόμενο είναι το αποτέλεσμα των συγκρούσεων των σωματιδίων σε κίνηση. Υποστήριξε ότι η Χημεία θα πρέπει να πάψει να είναι υποταγμένη στην Ιατρική ή στην Αλχημεία, και θα πρέπει να αποτελέσει μια ξεχωριστή επιστήμη. Δήλωσε ότι δεν πιστεύει στον περιορισμό των στοιχείων στα κλασικά τέσσερα: γη, νερό, αέρας και φωτιά, κάτι που διαπιστώνει από τα πειράματά του. Ήθελε να προσδιορίζονται τα χημικά στοιχεία με πειραματικές μεθόδους χημικής ανάλυσης και όχι με συλλογισμούς. Πίστευε ότι πρέπει να θεωρείται απλό χημικό στοιχείο κάτι που δεν μπορεί να αναλυθεί σε κάτι απλούστερο. Υποστήριξε ότι όλες οι θεωρίες πρέπει να αποδεικνύονται πειραματικά προτού θεωρηθούν ως αλήθεια, ωθώντας έτσι τη Χημεία προς την κατεύθυνση της πειραματικής επιστήμης (Strathern, 2004).

Ο R. Boyle περιέγραψε το 1661 την αντίδραση ρινισμάτων σιδήρου με επίδραση διαλυμάτων οξέων η οποία κατέληγε σε παραγωγή του αερίου

υδρογόνου. Όμως, ο Άγγλος χημικός Henry Cavendish ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε το υδρογόνο ως ξεχωριστό χημικό στοιχείο. Το 1766 απομόνωσε το υδρογόνο, με αντίδραση μετάλλου και οξέος, και το ονόμασε «εύφλεκτο αέρα» ή «πύρινο αέρα» ("flammable air"). Περιέγραψε ένα άχρωμο, άοσμο αέριο, πολύ ελαφρύτερο του αέρα, που καίγεται και μπορεί να σχηματίσει ένα εκρηκτικό μείγμα με τον αέρα (Εικ. 16). Μέτρησε το βάρος που έχουν συγκεκριμένοι όγκοι διαφορετικών αερίων για να προσδιορίσει την πυκνότητά τους και διαπίστωσε ότι το νέο αέριο έχει μόλις το ένα δέκατο τέταρτο της πυκνότητας του αέρα. Ο Cavendish, στη δημοσίευσή του "On Factitious Airs" (1766) περιγράφει τον «εύφλεκτο αέρα» ο οποίος, όταν καιγόταν, σχημάτιζε νερό (Εικ. 15). Ο A. Lavoisier, το 1783 ονομάζει το αέριο αυτό «υδρογόνο» όταν ανακαλύπτει εκ νέου ότι κατά την καύση του σχηματίζει νερό («υδρογενής»). Επίσης, ο Cavendish περιγράφει και ένα διαφορετικό «αέρα» που προέκυπτε με επίδραση διαλυμάτων οξέων σε μάρμαρο (το διοξείδιο του άνθρακα).

3.1.7 Ασβεστολιθικά πετρώματα και η Ιστορία της Ασβέστου

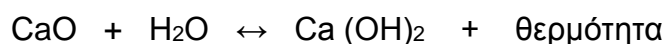
Ο ασβέστης αναφέρεται ως ένα από τα παλαιότερα γνωστά υλικά, το ίδιο παλιό όσο και η πέτρα. Αναφορές συναντά κανείς σε γραπτά του Αλχημιστή Ζώσιμου του Πανοπολίτη της Αιγύπτου στο έργο του «Περί ασβέστου». Οι ιστορικές αναφορές στον ασβέστη αναφέρονται, άλλοτε στην άνυδρη άσβεστο (οξειδίο του ασβεστίου, CaO) και άλλοτε στην υδράσβεστο (υδροξείδιο του ασβεστίου, Ca(OH)₂).

Ο ασβέστης προέρχεται από τα ασβεστολιθικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι) που είναι πετρώματα με κύριο ορυκτό συστατικό το ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃ (ορυκτός ασβεστίτης). Υπάρχουν διάφορες μορφές ασβεστόλιθου όπως είναι οι εξής: μάρμαρο, κοινός ασβεστόλιθος (ασβεστόπετρα), δολομίτες, αμμούχοι ασβεστόλιθοι κ.α. (Εικ. 17).

Ο ασβεστόλιθος, όταν θερμανθεί σε υψηλή θερμοκρασία (πάνω από τους 900 °C), εκλύει διοξείδιο του άνθρακα και απομένει η «άσβεστος» CaO («άνυδρη άσβεστος» ή κοινώς «άσβεστος ασβέστης»):



Η ασβεστος CaO αντιδρά ραγδαία με το νερό, απελευθερώνοντας θερμότητα και δίνει την υδράσβεστο Ca(OH)₂ («σβησμένος ασβέστης» ή κοινός «ασβέστης»). Η ενυδάτωση της ασβέστου CaO είναι μια αμφίδρομη αντίδραση που περιγράφεται από την ακόλουθη χημική εξίσωση:



Ο λευκός πολτός που προκύπτει διαλυμένος στο νερό είναι το γνωστό ασβεστόνερο.



Εικ. 17: Ασβεστολιθικά πετρώματα

Ο κοινός ασβέστης χρησιμοποιήθηκε το 4000 π.Χ. στην Αίγυπτο για την κατασκευή των πυραμίδων, όπως επίσης το 1500 π.Χ. για τα παλάτια της Κνωσού στην Κρήτη. Αναφέρεται στη Βίβλο, στην κατασκευή του Σινικού τείχους καθώς και στην κατασκευή του ναού του Απόλλωνα στην Αρχαία Ελλάδα. Επί Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας χρησιμοποιήθηκε ευρέως και αναφέρεται και στην κατασκευή της Αππίας οδού.

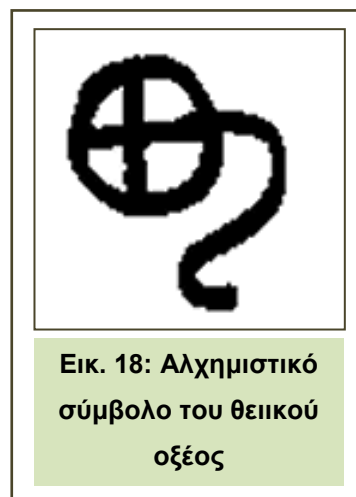
Δεν είναι δύσκολο να φαντασθούμε πως ανακαλύφθηκαν τα κονιάματα με βάση τον ασβέστη. Στο παρελθόν θα συνέβη κάποια φωτιά σε μια περιοχή με ασβεστολιθικά πετρώματα που στη συνέχεια θα έσβησε με βροχή. Το νερό θα δημιούργησε μια λεπτόκοκκη σκόνη που με τη σειρά της με περισσότερη βροχή έδωσε έναν άσπρο πολτό. Μετά από πάροδο μερικών ημερών ή εβδομάδων διαπιστώθηκε ότι ο πολτός είχε στερεοποιηθεί και κατά κάποιο τρόπο είχε την εμφάνιση του αρχικού πετρώματος. Η «ανακάλυψη» των κονιαμάτων ήταν γεγονός εκατοντάδες χρόνια πριν αποδοθούν με χημικές αντιδράσεις τα φυσικά φαινόμενα της εποχής εκείνης.

3.1.8 Ιστορία και Ανακάλυψη των Οξέων: Θεικού Οξέος και Υδροχλωρικού Οξέος

3.1.8.1 Θεικό Οξύ

Η ανακάλυψη του θεικού οξέος πιστώνεται στους Πέρσες αλχημιστές Jābir Ibn Hayyān (Γιαμπίρ Ιμπν Χαϊάν, 721-815 μ.Χ.), γνωστός ως Geber, και Ibn Zakariya al-Razi (865-925 μ.Χ.), γνωστός ως Rhazes (Εικ. 20, 21).

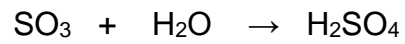
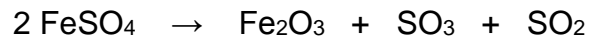
Τα θειικά άλατα πολλών μετάλλων ήταν γνωστά από την αρχαιότητα ως «βιτριόλια» (Εικ. 19) μια και αποτελούν συστατικά ορυκτών τα οποία μάλιστα, συνοδεύονται από θειούχα άλατα. Η ονομασία αυτή έχει Λατινική προέλευση: vitriolium, από τα vitrum: ύαλος, vitriolus: υαλώδης, καθώς τα άλατα αυτά είναι διαφανείς κρύσταλλοι με εντυπωσιακά χρώματα. Από την εποχή των Σουμέριων (3800 π.Χ.) τα «βιτριόλια» ήταν ήδη γνωστά και κατατάσσονταν ανάλογα με το χρώμα τους.



Αναφορές στα βιτριόλια γίνονται αργότερα από διάφορους στα έργα τους, όπως από τον ιατρό και φαρμακολόγο Διοσκουρίδη (40-90 μ.Χ), τον Ρωμαίο φυσιοδίφη Πλήνιο τον Πρεσβύτερο (23-79 μ.Χ.), και το διασημότερο ιατρό της αρχαιότητας, τον Γαληνό (129-216 μ.Χ.) που αναφέρει κάποιες ιατρικές χρήσεις τους. Στη συνέχεια, ορισμένες χρήσεις των «βιτριολικών ουσιών» αναφέρονται κατά την ελληνιστική περίοδο σε διάφορες μεθόδους μεταλλουργίας.

Ο Jābir ibn Hayyān και ο Ibn Zakariya al-Razi περιγράφουν τα βιτριόλια, ενώ ο διάσημος ιατροφιλόσοφος Ibn Sina (980-1037 μ.Χ.), γνωστός ως Avicenna επικεντρώνει την περιγραφή του στις ιατρικές χρήσεις τους.

Ο Ibn Zakariya al-Razi πειραματίζεται και καταφέρνει να παρασκευάσει θεικό οξύ με ξηρή απόσταξη, σε κεραμικό άμβυκα (Εικ. 22), ορυκτών θεικών αλάτων, όπως ο ένυδρος θειικός σίδηρος ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) και ο ένυδρος θειικός χαλκός ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Με τη μέθοδο αυτή παραλαμβάνει μίγμα τριοξειδίου του θείου με νερό, τα οποία με ανάμειξη δίνουν θειικό οξύ:



"Πράσινο βιτριόλιο"
Copperas,
($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)



"Γαλάζιο βιτριόλιο"
Γαλαζόπετρα,
Χάλκανθος,
($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)



"Ερυθρό βιτριόλιο"
($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)



Χάλκανθίτης ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

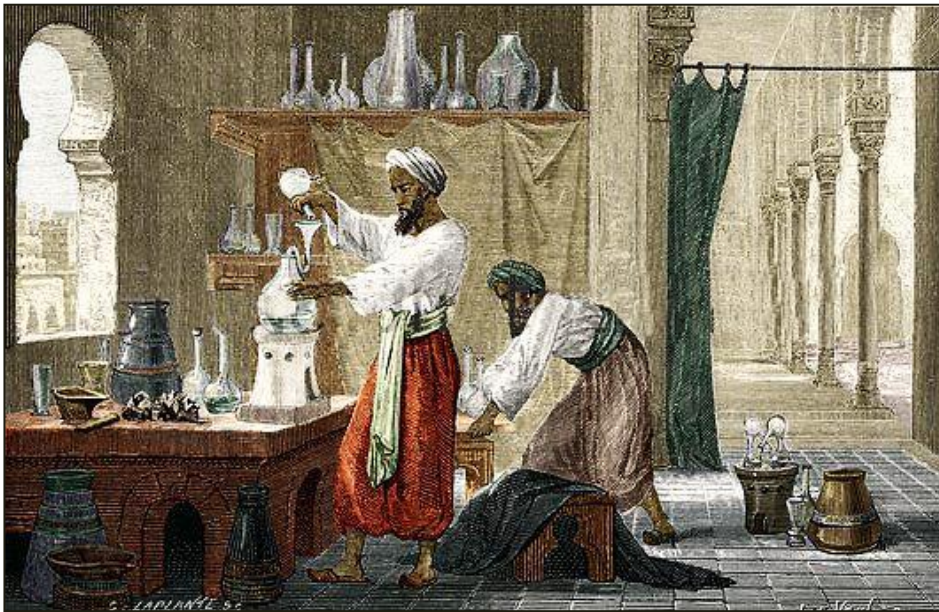


Μελαντερίτης ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Εικ. 19: Φυσικά ορυκτά "βιτριόλια"



Εικ. 20: Jābir Ibn Hayyān ή Geber (721-815 μ.Χ.)
(Science photo library, <http://www.sciencephoto.com>)



Εικ. 21: Ibn Zakariya al-Razi ή Rhazes (865-925 μ.Χ.)
(Science photo library, <http://www.sciencephoto.com>)

Η μέθοδος καταγράφηκε σε διάφορα αραβικά και περσικά εγχειρίδια και έπειτα μεταφράστηκαν και διαδόθηκαν στην Ευρώπη από μεγάλους αλχημιστές, όπως ο Albertus Magnus κατά τον 13ο αιώνα (Εικ. 23).

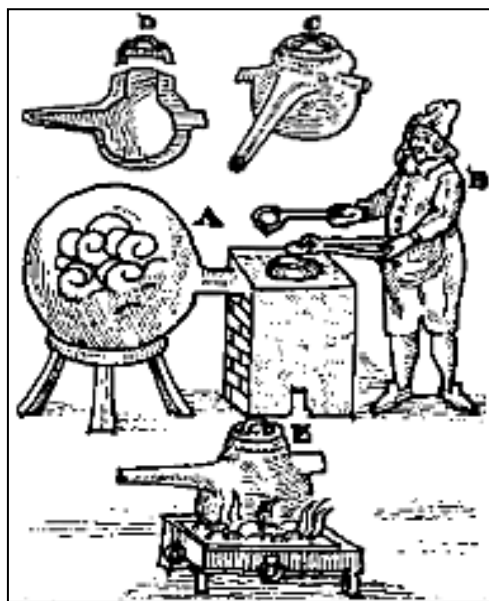
Αρχικά, το θειικό οξύ είχε ονομαστεί «βιτριόλι» ή «βιτριολικό οξύ». Η ονομασία αυ-τή, εκτός από τη λατινική προέλευση, επίσης προέρχεται από τη λέξη V.I.T.R.I.O.L. που είναι τα αρχικά της φράσης: "Visita Interiora Terrae Rectificando Invenies Occultum Lapidem", που σημαίνει «Επισκέψου τα έγκατα της Γης και καθαρίζοντας θα ανακαλύψεις τη μυστική (φιλοσοφική) λίθο». Το κείμενο αυτό προέρχεται από το γερμανό αλχημιστή του 15ου αιώνα Basilius Valentinus, στο σύγγραμμά του «L' Azoth des Philosophes». Είναι φανερό ότι το θειικό οξύ είχε εντυπωσιάσει τους αλχημιστές της Ευρώπης με τις ιδιότητές του. Κατέτρωγε όλα τα μέταλλα εκτός από το γυαλί και τον χρυσό που ήταν και ο στόχος των αλχημιστών. Είχε θεωρηθεί η πιο σημαντική αλχημική ουσία για την αναζήτηση της φιλοσοφικής λίθου.

Ωστόσο μέχρι τον 16ο αιώνα λίγα ήταν πραγματικά γνωστά για το θειικό οξύ.

Το 1600 ο Φλαμανδός ιατροχημικός Johann Van Helmont κατάφερε να

παρασκευάσει και να μελετήσει κάποια ποσότητα θειικού οξέος με απόσταξη ένυδρου θειικού σιδήρου (II).

Αργότερα, το 1787, ο Lavoisier, εισάγοντας το δικό του σύστημα ονοματολογίας, αντικατέστησε την ονομασία «βιτριόλι» ή «βιτριολικό οξύ» με τη σύγχρονη ονομασία θειικό οξύ (sulfuric acid).

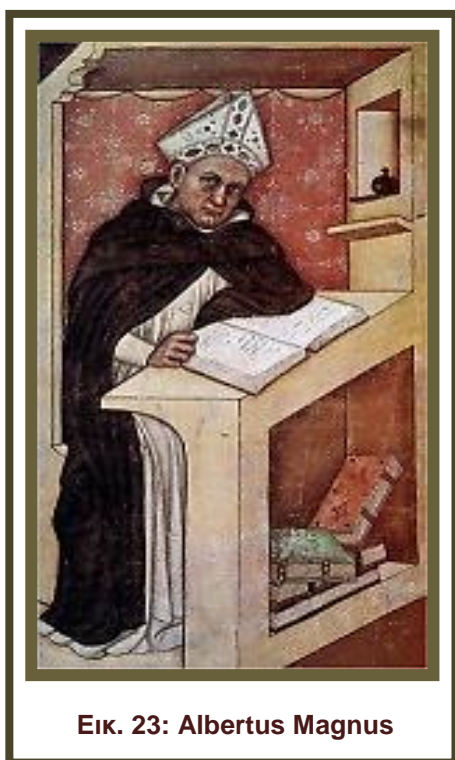
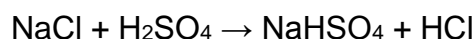


Εικ. 22: Κεραμικά αλχημιστικά σκεύη απόσταξης (άμβυκες) για τη μέθοδο παρασκευής του θειικού οξέος με ξηρή απόσταξη $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

3.1.8.2 Υδροχλωρικό Οξύ

Ο αλχημιστής Γιαμπέρ Ιμπν Χαϊάν (Jabir Ibn Hayyan) (Εικ. 24) ανακάλυψε πρώτος το υδροχλωρικό οξύ γύρω στο 800 μ.Χ. όταν ανάμειξε μαγειρικό αλάτι με βιτριόλι.

Με θέρμανση στους 150 °C πραγματοποιήθηκε η αντίδραση:



Διασώθηκε η ανακάλυψη του υδροχλωρικού οξέος καθώς και άλλων χημικών ενώσεων, που πραγματοποιήθηκαν από τον Γιαμπέρ σε πάνω από είκοσι βιβλία όπου κατέγραψε τις παρατηρήσεις του.

Στους αλχημιστές κατά το Μεσαίωνα το υδροχλωρικό οξύ ήταν γνωστό ως σπίρτο του άλατος. Το αέριο υδροχλώριο ονομαζόταν «θαλασσινό οξύ του αέρα».

Τον 15ο αιώνα καταγράφηκε παραγωγή υδροχλωρικού οξέος από τον Βασίλειο Βαλεντίνο (Basilus Valentinus) αλχημιστή του μοναστηριού των Βενεδικτίνων Σανκτ Πέτερ (Sankt Peter) στην Ερφούρτη της Γερμανίας.

Το 1772 ο Άγγλος χημικός Priestley παρασκεύασε καθαρό υδροχλώριο.



Εικ. 25: Άμβυκας

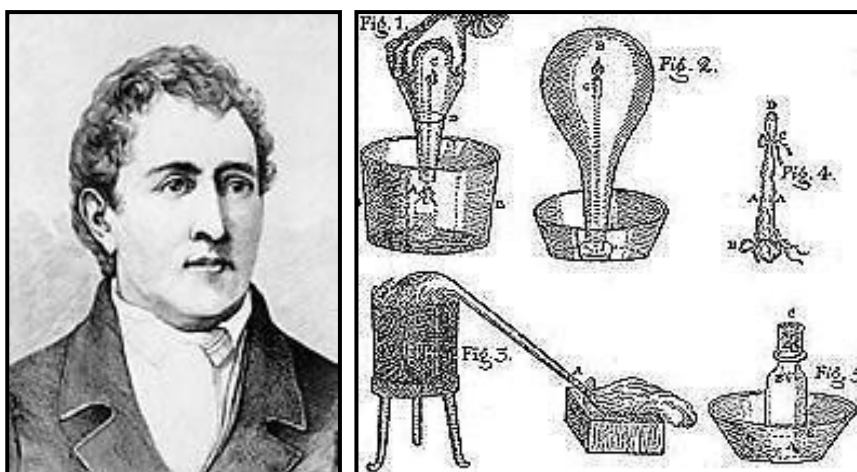
Η διαχρονική αλχημιστική συσκευή απόσταξης σε διάφορες εκδοχές

3.1.9 Το Οξυγόνο

Η ανακάλυψη του οξυγόνου θεωρείται κομβικό σημείο στην Ιστορία της Χημείας γιατί έγινε σαφής η διάκριση μεταξύ χημικών στοιχείων (όπως τα εννοούμε σήμερα) και ψευδοστοιχείων όπως είναι το φλογιστόν. Παράλληλα σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στη μέθοδο μελέτης της Χημείας. Οι ερευνητές της εποχής έγιναν πιο συστηματικοί, σχεδίαζαν, επαναλάμβαναν και μελετούσαν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα πειράματά τους.

3.1.9.1 Karl Wilhelm Scheele

Το 1772, ο Σουηδός φαρμακοποιός Karl Wilhelm Scheele (1742-1786)



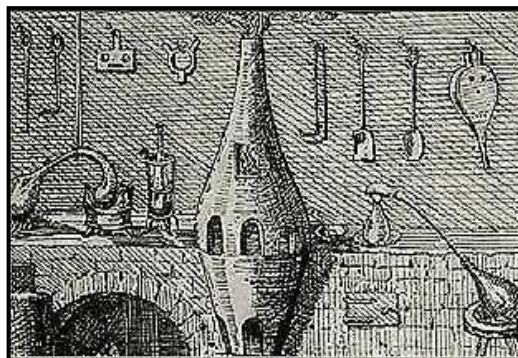
Εικ. 26: Carl W. Scheele και κάποια σκεύη που χρησιμοποιούσε

πρώτος παρασκεύασε καθαρό οξυγόνο με θερμική διάσπαση του οξειδίου του υδραργύρου και νιτρικών αλάτων:





Δεν το αναγνώρισε ως ξεχωριστό στοιχείο αν και του έδωσε το όνομα “fire air” («φωτιά του αέρα» ή «πύρινος αέρας»). Παρόλο που ο Scheele δεν είχε στη διάθεσή του τα εξελιγμένα και πανάκριβα χημικά όργανα (Εικ. 26, 27) που διέθετε ο Lavoisier, προσδιόρισε ότι ο αέρας ήταν μίγμα δύο αερίων, από τα οποία μόνο το ένα μπορούσε να συντηρήσει την καύση.



Εικ. 27: Το εργαστήριο του Scheele

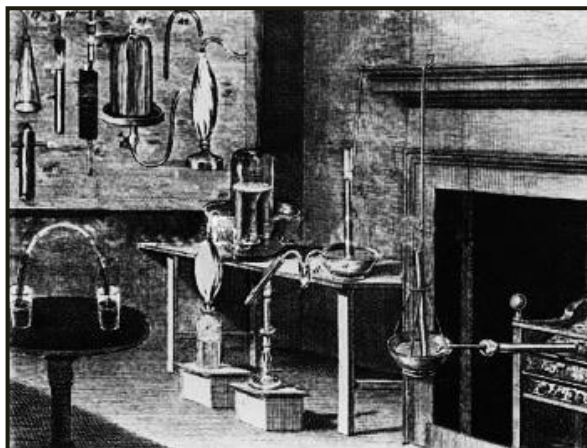
Δε δημοσίευσε την ανακάλυψή του αυτή παρά μόνο πολύ αργότερα το 1777 σε μια εργασία του «Πραγματεία για τη Φωτιά και τον Αέρα» (“Treatise on Air and Fire”), χάνοντας το τραίνο της δόξας. Με τα πειράματά του συνεισέφερε στην κατάρριψη της φλογιστικής θεωρίας χωρίς ο ίδιος να καταφερθεί ποτέ κατά της θεωρίας αυτής.

3.1.9.2 Joseph Priestley

Την ίδια εποχή (Αύγουστος 1774), ένας πολύ μορφωμένος, ανήσυχος και πολυπράγμων άνθρωπος, ο Άγγλος κληρικός Joseph Priestley (1733-1804)



Εικ. 28: Joseph Priestley



Εικ. 29: Συσκευή ανίχνευσης αερίων του

απομόνωσε το οξυγόνο εργαζόμενος ανεξάρτητα από τον Scheele (Εικ. 28). Το χαρακτήρισε “dephlogisticated air” («αποφλογιστικοποιημένο αέρα») καθώς ήταν οπαδός της θεωρίας του φλογιστού και δημοσίευσε την εργασία του πριν από τον Scheele, το 1774.

Ο J. Priestley ήταν φυσικός φιλόσοφος και ένας ριζοσπαστικός ιδεαλιστής διανοούμενος της εποχής του. Μελετούσε και έγραφε συνεχώς τις σκέψεις και τις απόψεις του για καθετί. Έγραφε για ιστορικά και θεολογικά ζητήματα, για την πολιτική και την επιστήμη (Chemical Heritage Foundation, 2005). Ο Priestley εδραίωσε τη φήμη του ως χημικός με το έργο του «Πειράματα και Παρατηρήσεις επί Διαφόρων Ειδών Αέρα» (“Experiments and Observations on Different Kinds of Air”, 1774-86) (Εικ. 34). Εκτέλεσε μια σειρά από πειράματα αναζητώντας καινούργιους τύπους “air” «αέρα» (αυτά που σήμερα ονομάζουμε αέρια). Την εποχή εκείνη ήταν γνωστά τρία είδη «αέρα»:

- «ο φρέσκος αέρας»,
- «ο εύφλεκτος αέρας» δηλαδή το υδρογόνο και
- «ο φλογιστικοποιημένος αέρας» ή «σταθεροποιημένος αέρας» δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα.

Η επιτυχία των πειραμάτων του Priestley οφειλόταν στην ικανότητά του να κατασκευάζει ευρηματικές συσκευές και να τις χειρίζεται με δεξιοτεχνία. Σχεδίασε μια συσκευή που παρήγαγε ανθρακούχο νερό, ένα μίγμα που πίστευε ότι θα θεράπευε όσους υπέφεραν από σκορβούτο. Παρόλο που αποδείχθηκε αναποτελεσματικό στη θεραπεία ασθενειών, ωστόσο αργότερα η τεχνική αξιοποιήθηκε στη βιομηχανία για την παρασκευή σόδας. Ο Priestley πρώτος σχεδίασε το ευδιόμετρο με υδράργυρο (δοχείο με υδράργυρο ανεστραμμένο σε δοχείο που περιέχει επίσης υδράργυρο) και μέτρησε την καθαρότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο. Συνέλεγε αέρια δια μέσου υδραργύρου αντί νερού και έτσι μπόρεσε να απομονώσει και να μελετήσει αέρια που ήταν διαλυτά στο νερό (αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα και υδροχλώριο) (Εικ. 29). Το 1773 τιμήθηκε, για το έργο του στη μελέτη αερίων, με το υψηλό κύρους **Copley Medal** από τη Royal Society. Χρησιμοποιώντας για τη συλλογή αερίων στα πειράματά του αυτό το βαρύ υγρό μέταλλο είχε παρατηρήσει ότι κατά τη θέρμανση του μετάλλου στον αέρα παραγόταν μια κεραμιδοχρωμή στερεή ουσία, το οξειδίο του υδραργύρου HgO (Εικ. 31). Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στο επόμενο πείραμα που εκτέλεσε το 1774 και έμεινε στην ιστορία. Το διάσημο πείραμα ήταν η θέρμανση του οξειδίου του υδραργύρου (HgO) (Εικ. 30).



Εικ. 30: J. Priestley. Θέρμανση του HgO

Στιγμιότυπα video 4 min 17'

(Πηγή: 100 Great Discoveries in Chemistry, Science Channel)

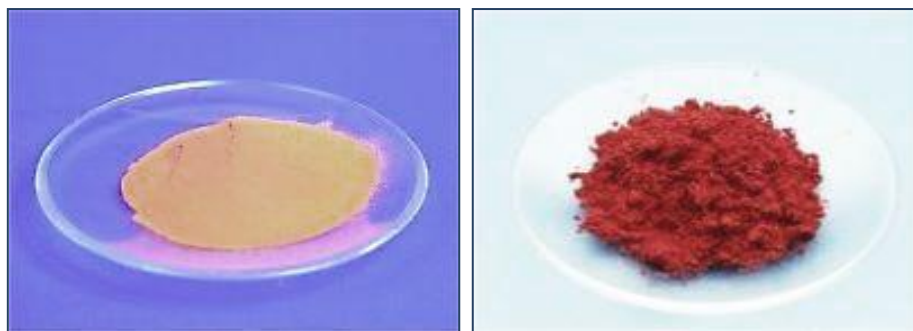
Στο πείραμα αυτό είναι αξιοσημείωτα δύο σημεία:

- Η χρήση του υδραργύρου για τη συλλογή των αερίων και
- Η χρήση υάλινων σκευών που επιτρέπουν την παρατήρηση του φαινομένου και της παραγωγής αερίου.

Ο Priestley, αρχικά, θέρμανε μια ποσότητα οξειδίου του υδραργύρου μέσα σε μια γυάλινη σφαιρική φιάλη. Χρησιμοποίησε ένα μεγάλο συγκλίνοντα φακό, που απέκτησε εκείνη την εποχή, για να στρέψει το ηλιακό φως πάνω στο οξύδιο (Εικ. 32).

Η θέρμανση προκάλεσε τη διάσπαση της ουσίας (στους 350 °C) ελευθερώνοντας σιλιπνά μαύρα σφαιρίδια υδραργύρου πάνω στα τοιχώματα της φιάλης. Παράλληλα ελευθερώθηκε ένα αέριο (το οξυγόνο) το οποίο διέθετε εξαιρετικά μοναδικές ιδιότητες.

Η αντίδραση που είχε πραγματοποιηθεί ήταν η εξής:



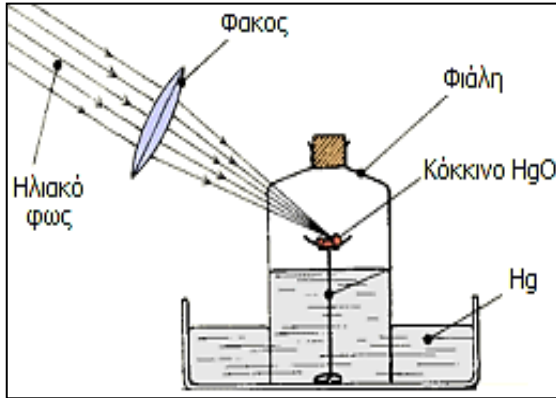
Εικ. 31: Οι δύο αλλοτροπικές μορφές του οξειδίου του υδραργύρου:
Η κίτρινη καθιζάνει με επίδραση βάσεων σε διαλύματα αλάτων του Hg(II).
Η κόκκινη παρασκευάζεται με θέρμανση του Hg στον αέρα στους 350 °C.

Το αέριο αυτό είχε την ικανότητα να αναζωπυρώνει τη φλόγα. Επίσης, τα εύφλεκτα υλικά καίγονταν ταχύτερα και με πιο ζωντανή φλόγα, ενώ ποντίκια που εκτέθηκαν σε αυτό έγιναν πολύ ζωντανά (Εικ. 35).

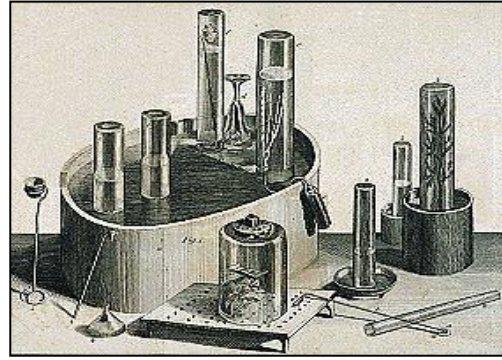
Στη συνέχεια, όταν ο ίδιος εκτέθηκε στην ατμόσφαιρα αυτού του καινούργιου «αέρα» ένιωσε ευχαρίστηση και ευεξία (Asimov, 1997).

Ονόμασε αυτό τον «αέρα» ως «αποφλογιστικοποιημένο αέρα» (dephlogisticated air) καθώς ήταν οπαδός του «φλογιστόν». Είχε ανακαλύψει το οξυγόνο αλλά παρέμεινε προσκολλημένος στη θεωρία του «φλογιστόν» και δε συνειδητοποίησε ότι πρόκειται για ένα καινούργιο στοιχείο.

Η περίπτωση του Priestley μάς διδάσκει ότι οι φιλοσοφικές προϋδεάσεις των ερευνητών αποτελούν επιστημονικό εμπόδιο διότι επηρεάζουν την ανάγνωση των πειραματικών ευρημάτων τους και την ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών. Η μεγαλοφυΐα ενός ερευνητή πολλές φορές έγκειται στη διορατικότητά του και το θάρρος του να αποτινάξει δόγματα και μυστικιστικούς γρίφους που δεν ευσταθούν και τον οδηγούν σε παράδοξα.

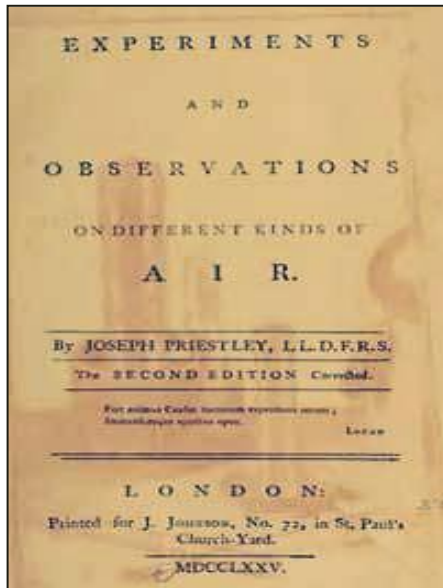


Εικ.32: Πειραματική διάταξη που χρησιμοποίησε ο J. Priestley για την παρασκευή οξυγόνου με θέρμανση οξειδίου του υδραργύρου

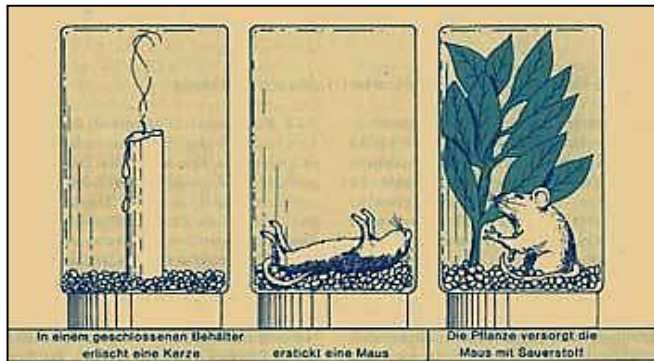


Εικ.33: Pneumatic trough (πνευματικό δοχείο δηλαδή με συμπιεσμένο αέριο) και άλλα σκεύη που χρησιμοποίησε ο J. Priestley στις μελέτες του πάνω στα διάφορα «είδη» αέρα

Δυόμιση μήνες μετά το πείραμα του Priestley, το 1774, ο Scheele στέλνει γράμμα στον Lavoisier ανακοινώνοντάς του την ανακάλυψή του. Ο Lavoisier δεν απάντησε ποτέ. Σχεδόν ταυτόχρονα ο Priestley επισκέπτεται τον Lavoisier και τον ενημερώνει για τις δικές του παρατηρήσεις.



Εικ. 34: Το έργο του Priestley έξι τόμων «Πειράματα και Παρατηρήσεις επί Διαφόρων Ειδών Αέρα», 1774-86



Εικ. 35: Πειράματα Priestley:

«Τα φυτά μπορούν να μας δώσουν τον αέρα και τη φρεσκάδα του πίσω»

«Χρησιμοποιημένος αέρας» (εικόνα αριστερά)

Με «χρησιμοποιημένο αέρα» το ποντίκι δεν επιβιώνει μετά από λίγα λεπτά (μεσαία εικόνα)

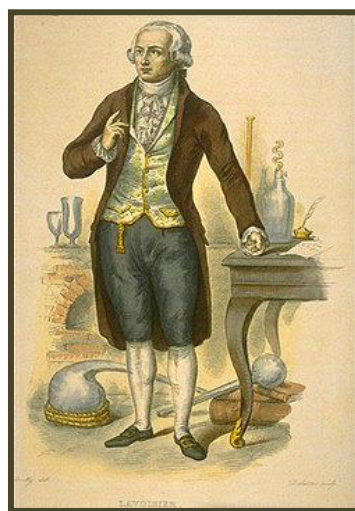
Με «χρησιμοποιημένο αέρα» μαζί με ένα φυτό το ποντίκι επιβιώνει για μεγάλο χρονικό διάστημα (εικόνα δεξιά)

3.1.10 A. Lavoisier

Αναλογίζομαι τη φύση ως ένα τεράστιο χημικό εργαστήριο όπου όλα τα είδη σύνθεσης και αποσύνθεσης συμβαίνουν.

Antoine Lavoisier

Ο Αντουάν Λαβουαζιέ (Antoine Laurent De Lavoisier, 1743-1794) ήταν Γάλλος αριστοκράτης και χημικός. Το 1768 μπήκε στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών (Εικ. 36). Είχε το πιο σύγχρονο χημικό εργαστήριο της εποχής του και πάντα διατηρούσε επαφές με μεγάλους επιστήμονες. Χωρίς ποτέ να διακόψει τα χημικά του πειράματα., ασχολούνταν παράλληλα με την πρακτική καλλιέργεια των σιτηρών, τη δημιουργία νέου συστήματος μέτρων και σταθμών, την ίδρυση ταμειυτηρίων και ασφαλιστικών ταμείων, τη μελέτη του εδαφικού πλούτου της χώρας του, τη σύνταξη φορολογικών νόμων καθώς και με μια εταιρία που είχε αναλάβει την είσπραξη των φόρων από τους αγρότες, και πολλά άλλα. Κατείχε ανώτερα διοικητικά αξιώματα και ήταν ο άνθρωπος που έκανε τα πάντα χωρίς ποτέ να κατέχει τίτλους. Ο ιστορικός της επιστήμης Γκιλέσπι Τσαρλς χαρακτήρισε τον Λαβουαζιέ ως «το πνεύμα της λογιστικής που έχει αρθεί στο ύψος της ιδιοφυΐας» (Strathern, 2004)



Εικ. 36: A. Lavoisier

Θεωρείται ο «πατέρας της σύγχρονης Χημείας», καθώς θεμελίωσε με τις έρευνές του μια νέα αντίληψη στη μελέτη της φύσης και οδήγησε την ανθρώπινη σκέψη στην ορθολογική προσέγγιση των χημικών φαινομένων, σύμφωνα με τις επιταγές της εποχής του ορθού λόγου. Ο Λαβουαζιέ ήδη μελετούσε τα φαινόμενα καύσης και της οξειδωσης μετάλλων. Είχε εμμονή με την ακριβή μέτρηση των ποσοτήτων πριν και μετά το πείραμα (Εικ. 37, 38). Σε ένα πείραμα καύσης του κασσίτερου σε κλειστό δοχείο παρατήρησε ότι δεν υπήρχε συνολική αύξηση του βάρους του δοχείου. Πρόσεξε επίσης ότι ο αέρας έμπαινε ορμητικά μέσα όταν άνοιξε το δοχείο, πράγμα που σήμαινε ότι μέρος του αέρα μέσα στο δοχείο είχε καταναλωθεί. Σημείωσε επίσης ότι το

βάρος του κασσίτερου είχε αυξηθεί και ότι η αύξηση αυτή ήταν η ίδια με το βάρος του αέρα που μπήκε στο δοχείο (Cook 1968, Oxygen). Οι πειραματικές

παρατηρήσεις δε συμφωνούσαν με τη θεωρία του «φλογιστόν» κατά την οποία η εύφλεκτη ουσία όταν καεί αποβάλλει «φλογιστόν» και επομένως θα πρέπει να παρουσιάζει ελάττωση μάζας.



Εικ. 37: Το εργαστήριο του A. Lavoisier

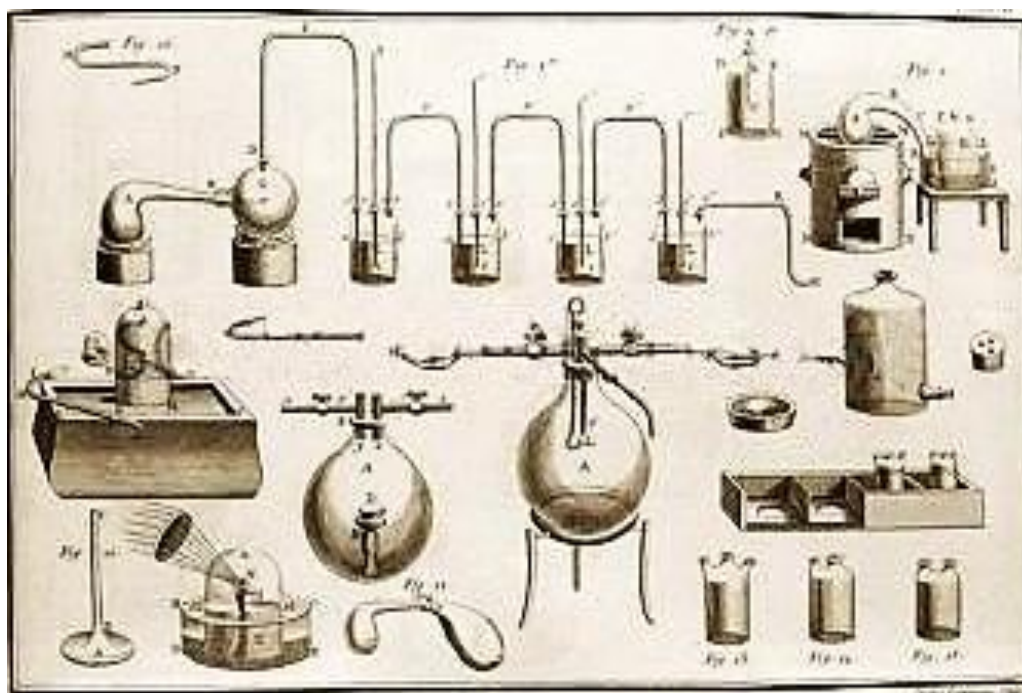
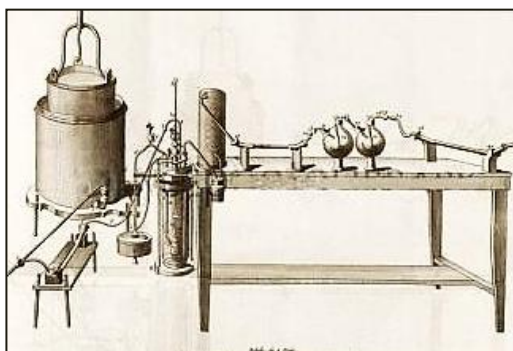
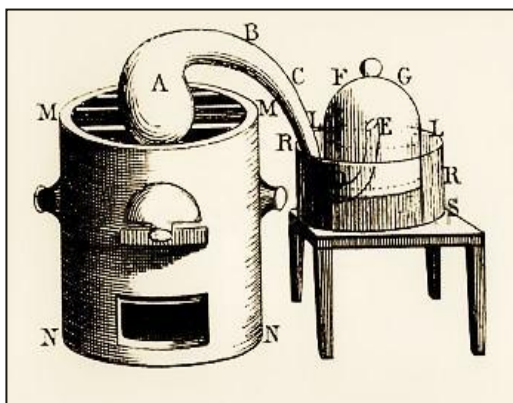
Επανάλαβε τα πειράματα του Scheele και του Priestley και προσπάθησε να αποδείξει ότι η Θεωρία του Φλογιστόν ήταν λανθασμένη και ότι η ουσία που είχαν ανακαλύψει οι Scheele και Priestley ήταν ένα νέο χημικό στοιχείο. Επανάλαβε το αντίστροφο πείραμα της καύσης του υδραργύρου και παρατήρησε ότι η αύξηση μάζας του μετάλλου κατά την καύση του είναι ίση με την ελάττωση μάζας του οξειδίου μετά τη θερμική διάσπασή του:

ΚΑΥΣΗ: $\text{Hg} \rightarrow \text{HgO} + \text{αύξηση μάζας}$

ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ: $\text{HgO} \rightarrow \text{Hg} + \text{ελάττωση μάζας}$

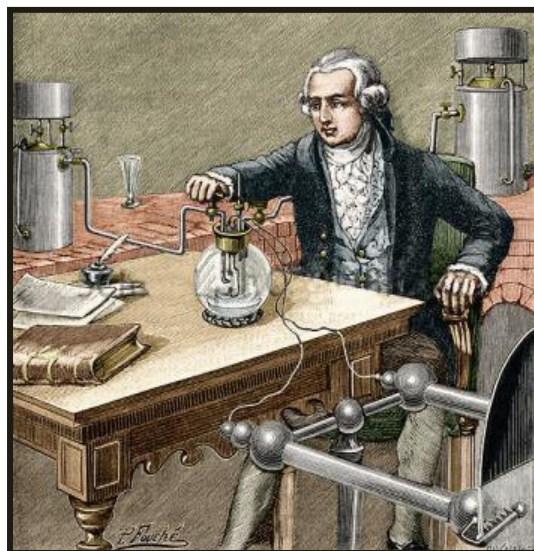
Με καύση διάφορων υλικών (P, S, Pb) σε κλειστά δοχεία και προσεκτικές ζυγίσεις (η ακρίβεια ζύγισης που είχε πετύχει ήταν 0,5 mg) διατύπωσε τη σωστή άποψη ότι το υλικό που καίγεται δεν αποβάλλει φλογιστόν, αλλά ενώνεται με ένα μέρος του αέρα (σήμερα γνωρίζουμε ότι οξειδώνεται δεσμεύοντας το οξυγόνο). Στην εργασία του "Reflexions sur le Phlogistique" (1783), ο Lavoisier έδειξε ότι η εφαρμογή της «θεωρίας του φλογιστόν» στην καύση είναι ασυνεπής. Ήταν ο πρώτος που είχε το θάρρος να πει ότι δεν υπάρχει φλογιστόν.

Αυτά και άλλα πειράματα καύσης καταγράφηκαν στο βιβλίο του «Σχετικά με την καύση γενικά» ("Sur la combustion en général"), που δημοσιεύθηκε το 1777.



Εικ. 38: Εργαστηριακός εξοπλισμός του A. Lavoisier

Στο βιβλίο αυτό, ο Λαβουαζιέ, απέδειξε ότι ο αέρας είναι ένα μίγμα δύο αερίων: του «ζωτικού αέρα», ο οποίος είναι απαραίτητος για την καύση και την αναπνοή, και του «αζώτου», (από την ελληνική λέξη «άζωτο» = «άψυχο»), το οποίο δεν είναι απαραίτητο (Cook 1968, Oxygen).



Εικ. 39: Antoine-Laurent De Lavoisier

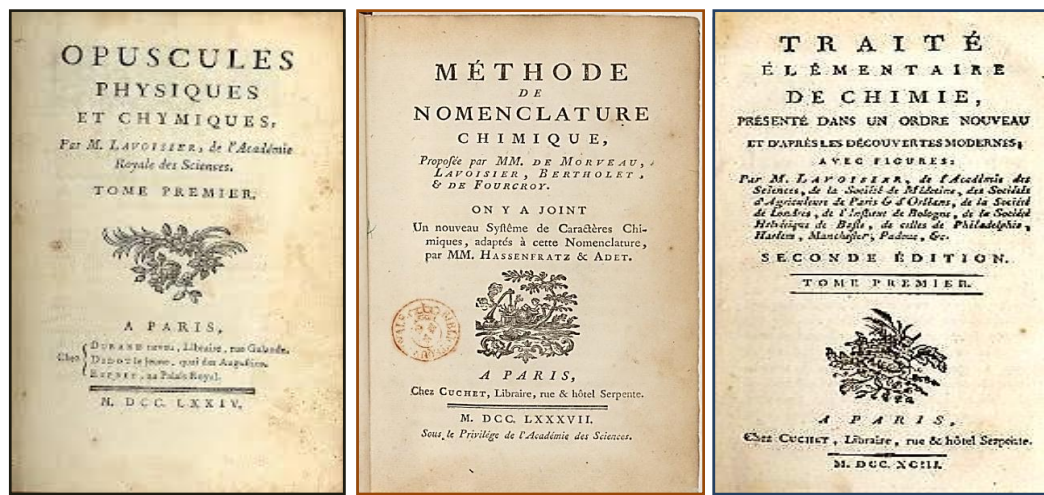
Στο βιβλίο του «Γενικές θεωρίες σχετικά με τη φύση των οξέων» («Considérations Générales sur la Nature des acides», 1778), έδειξε ότι ο «αέρας» είναι υπεύθυνος για την καύση καθώς επίσης είναι η πηγή της οξύτητας. Ο Λαβουαζιέ μετονόμασε τον ζωτικό αέρα σε "oxygène" από τις ελληνικές λέξεις "οξύς" (oxys) και "-γενής" (-genes) επειδή νόμιζε λανθασμένα ότι το οξυγόνο ήταν συστατικό όλων των οξέων.

Όπως σημείωσε ο Χάμφρυ Ντέιβι το 1812, οι χημικοί γρήγορα διαπίστωσαν ότι ο Λαβουαζιέ έκανε λάθος σε αυτή την παρατήρησή του για τα οξέα αλλά ήταν πλέον αργά διότι το όνομα είχε ήδη δοθεί.

Το 1789, λίγο πριν το τέλος του, στη φημισμένη «Στοιχειώδη Πραγματεία στη Χημεία» ("Traité Élémentaire de Chimie"), ο Lavoisier μνημονεύει το Οξυγόνο του και αναφέρει «ο κ. Priestley, ο κ. Scheele, και εγώ το ανακαλύψαμε περίπου ταυτόχρονα» (Εικ. 40). Ήταν το πρώτο σύγχρονο βιβλίο Χημείας. Παρουσίασε μια ενοποιημένη άποψη των νέων θεωριών της χημείας, το βιβλίο περιείχε μια σαφή διατύπωση του Νόμου της Διατήρησης της Μάζας, και αρνήθηκε την ύπαρξη του «φλογιστόν».

Επιπλέον, περιείχε ένα κατάλογο των στοιχείων, ή ουσιών που δεν μπορούν να διασπαστούν περαιτέρω, η οποία περιελάμβανε το οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο, φώσφορο, τον υδράργυρο, τον ψευδάργυρο και το θείο. Ωστόσο, στη λίστα του, περιλαμβάνονται επίσης το φως (luminie, λούμιο) και η θερμιδική (caloric, θερμίδιο) τα οποία λανθασμένα πίστευε ότι είναι υλικές ουσίες. Τα δύο αυτά στοιχεία απορρίφθηκαν όταν άρχισε να καθιερώνεται η

έννοια της ενέργειας μετά τα μέσα του 19ου αιώνα. Εισάγοντας τον όρο «χημικό στοιχείο» ουσιαστικά έκανε τη διάκριση από τις «χημικές ενώσεις». Εργάστηκε με τον Μπερτολέ (Claude Louis Berthollet) και άλλους για να επινοήσει ένα σύστημα χημικής ονοματολογίας που αργότερα χρησίμευσε ως



Εικ. 40: Μερικά έργα του πολυγραφότατου A. Lavoisier

βάση του σύγχρονου συστήματος ονοματολογίας των χημικών ενώσεων. Σύμφωνα με το νέο αυτό σύστημα, οι χημικές ενώσεις ανήκαν κυρίως σε τρεις κατηγορίες: α) σε εκείνες που είχαν οξυγόνο και αμέταλλο, που τις λέμε οξέα, β) σε εκείνες που έχουν οξυγόνο και μέταλλα, τις βάσεις, και γ) τις ενώσεις οξέων και βάσεων, τα άλατα.

Στο σύγγραμμά του «Μέθοδοι της Χημικής ονοματολογίας» (“Methode de Nomenclature Chimique”, 1787), ο Lavoisier επινόησε αυτό το σύστημα της ονοματοδοσίας και ταξινόμησης που είναι ακόμη και σήμερα σε χρήση σε μεγάλο βαθμό, συμπεριλαμβανομένων ονομάτων όπως το θειικό οξύ, θειικά και θειώδη (Εικ. 40). Μίλησε για 33 στοιχεία και ήταν ο πρώτος που όρισε τι είναι ένα χημικό στοιχείο: «αυτό που δε μπορεί να διασπαστεί με τα υπάρχοντα χημικά μέσα».

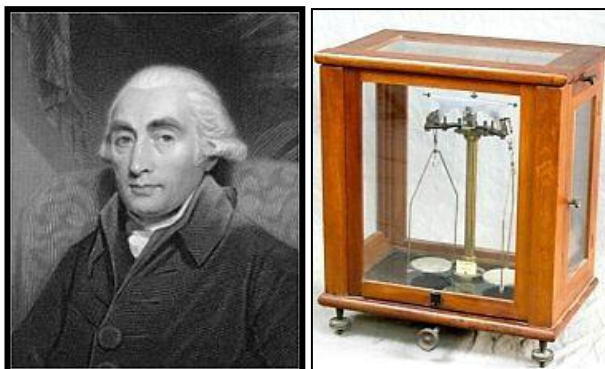
Ο Λαβουαζιέ, στη Γαλλική Επανάσταση οδηγήθηκε στη λαιμητόμο, σε ηλικία 50 ετών, με την κατηγορία ότι υπήρξε εργολάβος φοροεισπράκτορας του βασιλιά. Λέγεται ότι ο στρατοδίκης αντέταξε στους επιστήμονες μάρτυρες υπεράσπισης το περιβόητο «Η Επανάσταση δεν έχει ανάγκη από Επιστήμονες». Μόνο να εικάσει μπορεί κανείς τι θα μπορούσε να επιτύχει αν ζούσε και συνέχιζε το έργο του.

A. Λαβουαζιέ

Ο «πατέρας» της σύγχρονης Χημείας και η συνεισφορά του

Η σύγχρονη Χημεία άκμασε από την εποχή του Λαβουαζιέ. Παρά το πλήθος των δραστηριοτήτων του, ο Λαβουαζιέ έμεινε σε όλη τη ζωή του βαθειά αφοσιωμένος στην επιστήμη. Η θεμελιώδης συνεισφορά του Lavoisier στην επιστήμη της Χημείας ήταν ότι η Χημεία απέκτησε μια αυστηρή ποσοτική φύση, επιτρέποντας να γίνουν αξιόπιστες προβλέψεις.

Επέβαλε μαζί με τον R. Boyle τη χρήση του χημικού ζυγού. Η επανάσταση που έφερε στη χημεία ήταν αποτέλεσμα μια συνειδητής προσπάθειας για να ταιριάζουν όλα τα πειράματα στο πλαίσιο μιας ενιαίας θεωρίας. Διατύπωσε πρώτος το βασικό νόμο της Χημείας, το



Εικ. 41: Ο Σκωτσέζος χημικός Joseph Black (1728-1799) εισήγαγε τους ζυγούς ακριβείας στο χημικό εργαστήριο

Νόμο Διατήρησης της Μάζας. Ανέπτυξε ένα νέο σύστημα χημικής ονοματολογίας. Ο Λαβουαζιέ έδωσε στο νέο αέριο το όνομα «οξυγόνο» και χρησιμοποίησε το οξυγόνο για να ανατρέψει τη θεωρία του «φλογιστόν». Επίσης, έδωσε την πρώτη σωστή εξήγηση για το πώς λειτουργεί η καύση και η οξειδωση (G.A.Cook, 1968). Ο Λαβουαζιέ σάρωσε όλη τη καθαγιασμένη από το χρόνο χημική ονοματολογία η οποία στηριζόταν σε μεθόδους παρασκευής ή σε φανταστικές ομοιότητες και εισήγαγε τους όρους που χρησιμοποιούμε σήμερα (J.D. Bernal 1983). Ο Λαβουαζιέ ξεχωρίζει γιατί άλλαξε τη ροή της επιστήμης με το να αλλάξει τη γλώσσα της (D. Knight, 1992).

Μετρήσεις Ακριβείας

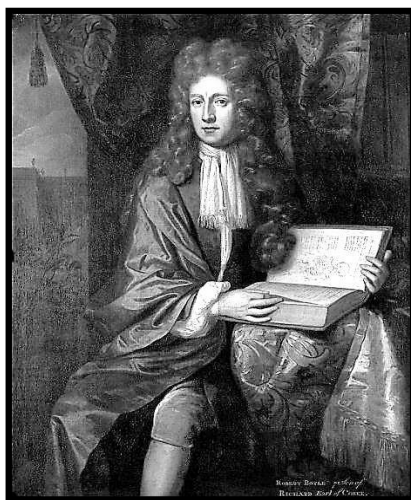
Από τις αρχές του 18ου αιώνα οι ερευνητές άρχισαν να γίνονται πιο σχολαστικοί στα πειράματά τους και άρχισαν πλέον να κάνουν συστηματική χρήση του ζυγού. Την αρχή έκανε ο Σκωτσέζος χημικός Joseph Black (1728-1799), ο οποίος θεωρείται ως ο εφευρέτης του αναλυτικού ζυγού και άρχισε να περιγράφει τα πειράματά του παρουσιάζοντας ακριβείς ποσοτικές

σχέσεις (Εικ. 41). Αλλά ο Λαβουαζιέ ήταν αυτός που κατέστησε την ακριβή ζύγιση αναπόσπαστο μέρος κάθε προσεκτικά σχεδιασμέ-νου χημικού πειράματος και ο Lavoisier ήταν αυτός που επέφερε το τελειωτικό χτύπημα στους γρίφους, στις παραδοξότητες και στους μυστικισμούς της αλχημιστικής αντίληψης.

Ο Λαβουαζιέ στη Γαλλία και ο Μπόιλ στην Αγγλία θεωρούνται και είναι οι πρωτοπόροι και «πατέρες» της πραγματικής επιστήμης της Χημείας, με πραγματικά πειράματα, παρατήρηση, λεπτομερή καταγραφή μετρήσεων,

αλλά και με έλεγχο της ακρίβειας των μετρήσεων (Εικ. 41).

Ο Λαβουαζιέ σε ηλικία 26 ετών έγινε γνωστός όταν κατέρριψε τη μέχρι τότε επικρατούσα θεωρία ότι το νερό μετατρέπεται σε



Εικ. 42α: Robert Boyle
(1627-1691)



Εικ. 42β: A. Lavoisier
(1743-1794)

«γη» κατά την επαναλαμβανόμενη απόσταξη. Για 100 ημέρες έβραζε νερό και μετέφερε το απόσταγμα που συνέλεγε, ξανά στον βραστήρα, έτσι ώστε να μην υπάρχει κάποια απώλεια. Ζυγίζοντας την αποστακτική συσκευή με το νερό πριν και μετά την όλη διαδικασία, όπως και το στερεό υπόλειμμα που είχε μαζευτεί στην αποστακτική συσκευή, έδειξε ότι το στερεό αυτό προϊόν προερχόταν από τα γυάλινα σκεύη και όχι από το νερό (Asimov Isaac, 1997).

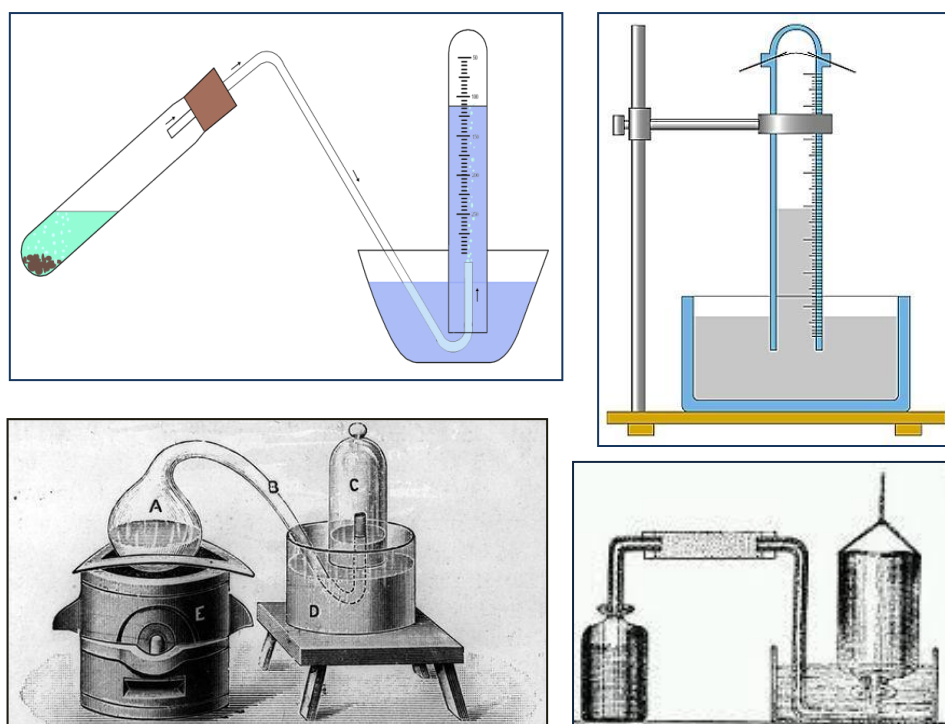
Ο Λαβουαζιέ (Εικ. 42), μετά από προσεκτικές μετρήσεις διαπίστωσε ότι δεν υπεισέρχεται κάποια απώλεια της μάζας μετά από μια χημική αντίδραση και έτσι διατύπωσε πρώτος τον βασικό νόμο της Χημείας, το Νόμο Διατήρησης της Μάζας. Βεβαίως, οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι,, ο Εμπεδοκλής, ο Παρμενίδης, ο Αναξαγόρας και ο Δημόκριτος είχαν νωρίτερα εκφράσει μια φιλοσοφική προσέγγιση της αρχής διατηρήσεως της μάζας και της ενέργειας

με αυτά τα λόγια: «Τίποτε δεν γεννιέται από το τίποτε και τίποτε δεν φθείρεται στο τίποτε». Όμως ο Λαβουαζιέ ήταν εκείνος που την απέδειξε πειραματικά.

3.1.11 Ευδιόμετρο (Eudiometer, Pneumatic trough)

Το ευδιόμετρο ή αλλιώς πνευματικό δοχείο (με πεπιεσμένο ρευστό) είναι μια συσκευή που επιτρέπει τον ποσοτικό προσδιορισμό των αερίων που συμμετέχουν σε μια αντίδραση (Εικ. 43). Σήμερα το ευδιόμετρο χρησιμοποιείται μόνο για διδακτικούς σκοπούς.

Αποτελείται από ένα γυάλινο βαθμονομημένο σωλήνα όπου στη μια άκρη του

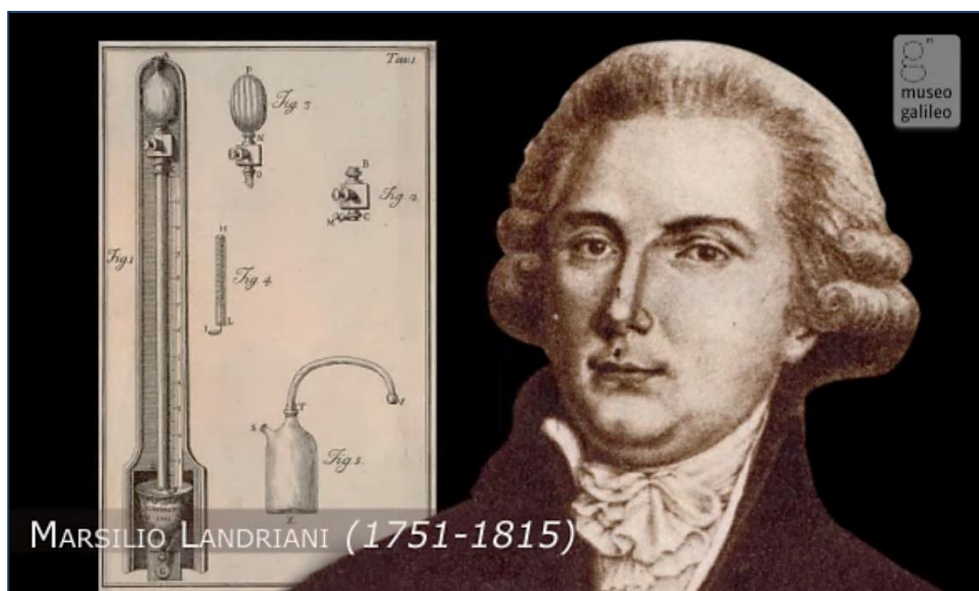


Εικ. 43: Ευδιόμετρα

συνδέονται δύο ηλεκτρόδια και αυτά με τη σειρά τους συνδέονται με ένα πηνίο. Ο σωλήνας είναι εμβαπτισμένος ανεστραμμένος σε δοχείο με υδράργυρο (ή νερό). Αρχικά εισάγονται στο σωλήνα τα αέρια που θα αντιδράσουν μεταξύ τους και μετράται ο όγκος τους. Προκαλείται με σπινθήρα η αντίδραση και μετράται ο όγκος που σχηματίστηκε. Το κλασικό πείραμα που εκτελείται με το ευδιόμετρο είναι η καύση του υδρογόνου που οδηγεί στο σχηματισμό νερού. Όταν εισάγονται στον σωλήνα δύο μέρη υδρογόνου και ένα μέρος οξυγόνου τότε με την παραγωγή σπινθήρα σχηματίζονται σταγόνες νερού στο άκρο του σωλήνα ενώ σχεδόν όλος ο χώρος καλύπτεται από

υδράργυρο. Όταν ένα από τα αέρια είναι σε περίσσεια τότε η ποσότητα που δεν αντιδρά αφήνει κατειλημμένο ένα μέρος του σωλήνα.

Ο Stephen Hales, (1677 –1761) ήταν αυτός που επινόησε το ευδιόμετρο (pneumatic trough) για τη μέτρηση αερίων διαμέσου του νερού. Σχεδίασε διάφορες παραλλαγές της συσκευής. Το 1772 ο J. Priestley ξεκίνησε να πειραματίζεται και να ερευνά διά-φορα αέρια σχεδιάζοντας πρώτος ένα ευδιόμετρο με υδράργυρο. Αργότερα, ο H. Cavendish χρησιμοποίησε μια παρόμοια συσκευή για να προσδιορίζει την περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο. Το 1777 ο καθηγητής Marsilio Landriani σχεδίασε μια εξελιγμένη μορφή σύγχρονου ευδιομέτρου και μέτρησε την καθαρότητα (“healthiness”) του αέρα (Εικ. 44).



Εικ. 44: Προσομοίωση Ευδιόμετρου του Λαντριάνι

Museum Galileo, M. Landriani Eudiometer

<http://catalogue.museogalileo.it/multimedia/LandrianisEudiometer.html>

3.2 Διδακτικά σενάρια.

Η ενηλικίωση της Χημείας ως επιστήμης. Παρασκευή και διερεύνηση αερίων

3.2.1 Σκοπός των σεναρίων

Ο σκοπός του σεναρίου είναι οι μαθητές να ανακαλύψουν και να μελετήσουν κάποια αέρια (CO_2 και H_2), τον αέρα και το οξυγόνο μέσα από δραστηριότητες και πειράματα που περιέχουν ενσωματωμένα ιστορικά στοιχεία και γεγονότα τα οποία ακολουθούν την πορεία της ιστορικής ανακάλυψης του οξυγόνου. Σκοπός δεν είναι η απλή παράθεση ιστορικών γεγονότων αλλά η αξιοποίηση της πορείας της μελέτης των διαφόρων «ειδών αερίων» από τους Χημικούς της εποχής εκείνης και η δημιουργική εμπλοκή του ιστορικού πλαισίου για την κατασκευή διδακτικών καταστάσεων που θα διευκολύνουν τη διδασκαλία, θα εμπνεύσουν τους μαθητές και θα τους βοηθήσουν να ανασυγκροτήσουν τις νοητικές αναπαραστάσεις τους με τη διαδικασία της ανακάλυψης.

Οι μαθητές ανακαλύπτουν το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο και μελετούν τις ιδιότητές τους. Μελετούν τον αέρα, ανακαλύπτουν το οξυγόνο και ερμηνεύουν την καύση και τη φωτοσύνθεση μέσα από ιστορικά πειράματα. Διαπιστώνουν την αρχή διατήρησης μάζας του Λαβουαζιέ και την εφαρμόζουν.

Με αυτή τη διδακτική προσέγγιση επιχειρείται οι μαθητές να κατακτήσουν ιδέες, αρχές και νόμους στη Χημεία ακριβώς στη γένεσή τους. Να έρθουν σε επαφή με την πραγματική φύση της επιστήμης της Χημείας, την επιστημονική σκέψη και την αντίληψη για τον κόσμο όπως ακριβώς γεννήθηκε, αναπτύχθηκε και διαμορφώθηκε από τους επιστήμονες της εποχής εκείνης.

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές εξακολουθούν να διατηρούν τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους ακόμα και μετά την αποφοίτησή τους από το σχολείο. Για το λόγο αυτό επιχειρείται οι πειραματικές παρατηρήσεις και οι διαπιστώσεις τους να τους φέρουν σε γνωστική σύγκρουση με τις τυχόν προσωπικές πεποιθήσεις τους, ώστε να καταρριφθούν πιθανές παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες και να οδηγηθούν σε περαιτέρω γνωστική ανάπτυξη (Druyan 2001, Hewson 1984, Niaz 1995).

Επιπλέον, νοηματοδοτείται η διδασκαλία των αερίων, της ανακάλυψης του οξυγόνου και γενικότερα το μάθημα της Χημείας, κάνοντας εμφανή την

επιρροή των ανακαλύψεων αυτών σε καθημερινές κοινωνικές πρακτικές (όπως καύση, φωτοσύνθεση, αναπνοή, ρύπανση περιβάλλοντος, φαινόμενο θερμοκηπίου κ.α.). Έτσι οι μαθητές είναι σε θέση να αντιληφθούν «σε τι χρησιμεύουν όλα αυτά» που μαθαίνουν (Westbroek, H. et al., 2003).

Ο τελικός σκοπός είναι η επίτευξη υψηλού επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών με τη βαθύτερη κατανόηση και σύλληψη της πρώτης Χημικής Επανάστασης που έφερε ο Λαβουαζιέ, σε μακροσκοπικό επίπεδο, με την ταξινόμηση της ύλης και των εννοιών όπως για παράδειγμα είναι η έννοια της χημικής σύστασης.

3.2.2 Συνήθεις παρανοήσεις μαθητών σχετικά με τον αέρα, τα αέρια και την καύση σε μακροσκοπικό επίπεδο

Για τη δημιουργία των διδακτικών σεναρίων λήφθηκαν υπόψη οι συνήθεις παρανοήσεις και προϋδεάσεις των μαθητών όπως αυτές έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία.

Οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι:

Ο αέρας περιέχει ένα μόνο συστατικό.

Ο αέρας είναι ένα χημικό στοιχείο.

Ο αέρας συχνά ταυτίζεται με το οξυγόνο.

Ο αέρας και η θερμότητα είναι το ίδιο.

Ο αέρας δεν έχει βάρος (Driver R., 2000, 1993)

Τα αέρια δεν έχουν ύλη γιατί δεν είναι ορατά.

Τα αέρια δεν έχουν βάρος διότι στέκονται ψηλά.

Τα αέρια δε διαλύονται στο νερό.

Η διαλυτότητα των αερίων αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Το νερό είναι χημικό στοιχείο.

(Chemistry Misconceptions, New York Science Teacher,

<http://newyorkscienceteacher.com/sci/pages/miscon/chem.php>)

Διαισθητική αντίληψη για την καύση:

Αν και το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την καύση, δεν αλληλεπιδρά με το υλικό που καίγεται.

Θεωρούν ότι η καύση είναι η αλλαγή της μορφής του καυσίμου σε αέριο, ενώ η σκουριά είναι μια άλλη μορφή ή κατάσταση του στερεού. (Σάλτα, 2007)

Η καύση περιλαμβάνει πράγματα που κοκκινίζουν και εμφανίζουν φλόγες.

Η καύση χρειάζεται οξυγόνο ή αέρα

Ο ρόλος του αέρα και το οξυγόνου δεν είναι σαφής. Μπορεί και να καίγεται κατά την καύση.

Τα πράγματα γίνονται ελαφρύτερα όταν καίγονται.

Η καύση βγάζει καπνό ή κομμάτια υλικού που φεύγουν σαν καπνός.

Τα στερεά κατάλοιπα ή η στάχτη είναι κομμάτια που δεν κάηκαν.

Το σκούριασμα θεωρείται φυσική μεταβολή της κατάστασης του υλικού.

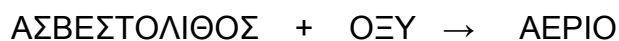
Με το σκούριασμα το βάρος του υλικού μειώνεται. (Σάλτα 2011)

3.2.3 «Παρασκευή και μελέτη ιδιοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα»

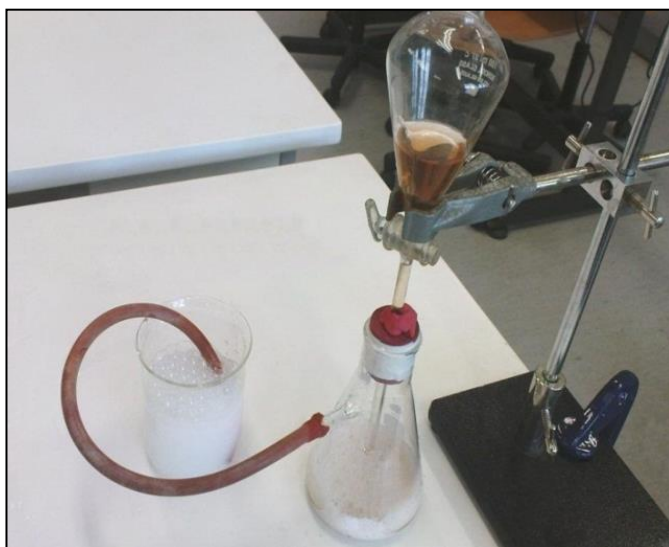
3.2.3.1 Ιστορικό Πλαίσιο

Το 1624 ο Φλαμανδός ιατρός Jan Baptist van Helmont (1579-1644) διαπίστωσε ότι υπάρχουν διαφορετικά αέρια με διαφορετικές ιδιότητες. Ανακάλυψε το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ως προϊόν της καύσης ξύλου και άλλων οργανικών ενώσεων και αρχικά το ονόμασε «ξυλαέριο».

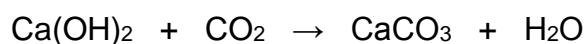
Το 1754 ο J. Black επιδρώντας με οξέα σε ανθρακικό ασβέστιο, CaCO₃ ανακάλυψε και απομόνωσε ένα καινούργιο αέριο, το διοξείδιο του άνθρακα CO₂. Ήταν ένα αέριο άχρωμο, άοσμο και άφλεκτο. Η αντίδραση που πραγματοποιούνταν ήταν:



Φαινόταν ότι ήταν διαφορετικό από τον αέρα γιατί εκδήλωνε διαφορετικές ιδιότητες. Το αέριο αυτό όταν διοχετευόταν μέσα σε ασβεστόνερο προκαλούσε λευκό θόλωμα που είναι το ανθρακικό ασβέστιο (Εικ. 46):

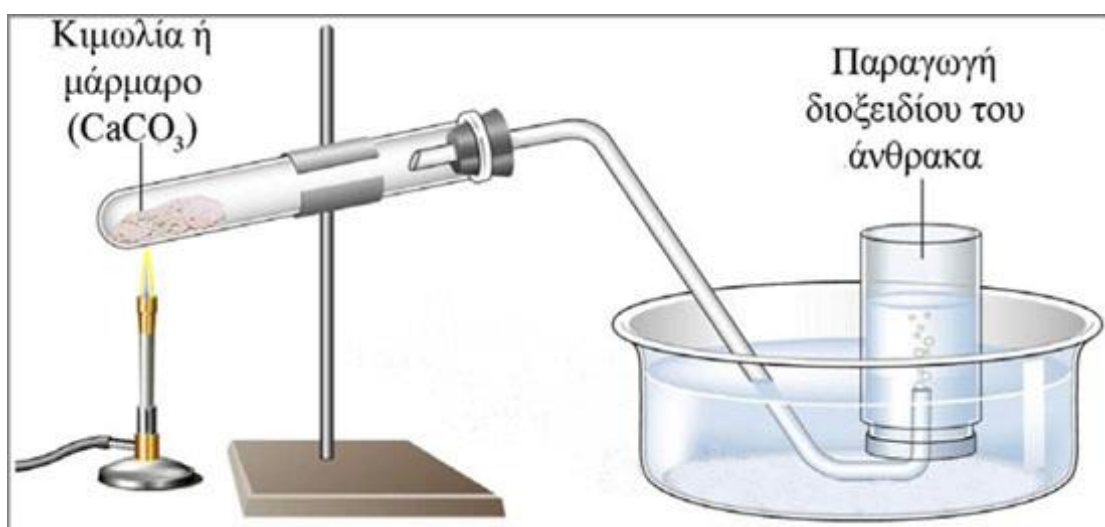


Εικ. 45: Επίδραση ξυδιού σε ανθρακικό ασβέστιο και θόλωση ασβεστόνερου με τη διαβίβαση του παραγόμενου αερίου





Εικ. 46: Επίδραση υδροχλωρικού οξέος σε ανθρακικό ασβέστιο και διαβίβαση του παραγόμενου αερίου σε ασβεστό-νερο



Εικ. 47: Πειραματική διάταξη παρασκευής διοξειδίου του άνθρακα με θερμική διάσπαση ανθρακικού άλατος και διαβίβασης αυτού σε νερό

Επίσης, το ίδιο αέριο φαινόταν να παράγεται με θερμική διάσπαση ανθρακικού ασβεστίου (Εικ. 47):



Το 1766, ο H.Cavendish επανέλαβε το πείραμα, απομόνωσε και άρχισε να μελετά αυτό το καινούργιο αέριο που παραγόταν, το οποίο φαινόταν να εκδηλώνει διαφορετικές ιδιότητες από άλλα αέρια. Παρατήρησε ότι έσβηνε τη φλόγα, προκαλούσε λευκό θόλωμα στο ασβεστόνερο και όταν διοχετευόταν σε κλειστό δοχείο τότε το ποντίκι μέσα σε αυτό δεν επιβίωνε μετά από λίγα λεπτά.

Επίσης, το ίδιο αέριο φαινόταν να απομονώνεται κατά την καύση ξύλων καθώς προκαλούσε και αυτό θόλωμα στο ασβεστόνερο. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι αν αφήσουμε διαυγές ασβεστόνερο εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα, σχηματίζεται μια λευκή κρούστα στην επιφάνεια όμοια με το λευκό στερεό που προκαλεί το θόλωμα στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Επιπλέον αν φυσήξουμε με ένα καλαμάκι μέσα σε ασβεστόνερο, σχηματίζεται πάλι το λευκό θόλωμα (Εικ. 48).



Εικ. 48: Θόλωση διαυγούς αρχικά διαλύματος Ca(OH)_2 μετά από εμφύσηση εκπνεόμενου αέρα (πλούσιου σε CO_2) λόγω σχηματισμού δυσδιάλυτου CaCO_3

Όλες οι πειραματικές παρατηρήσεις οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι αυτό το αέριο συνδέεται με την αναπνοή, τις καύσεις και ότι προφανώς υπάρχει στην ατμόσφαιρα.

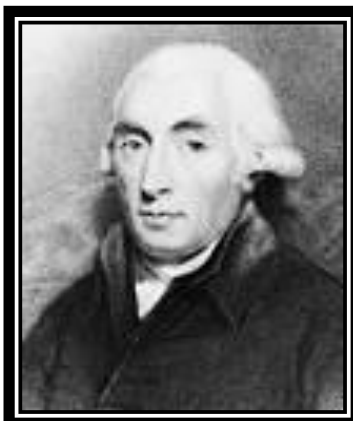
Το 1772, ο Άγγλος χημικός Τζόζεφ Πρίστλεϋ (Joseph Priestley) δημοσίευσε μια εργασία με τίτλο "Εμπλουτισμός του νερού με Σταθερό Αέρα" στην οποία περιέγραφε μια διαδικασία κατά την οποία όταν έπεφταν σταγόνες θειικού οξέος (ή βιτριόλι όπως το ήξερε ο Πρίστλεϋ) στην κιμωλία, για να παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο στη συνέχεια όταν διοχετευόταν σε δοχείο με νερό, διαλυόταν. Ο Πρίστλεϋ είχε παρασκευάσει υπέρκορο υδατικό διάλυμα

CO₂ (οξυανθρακούχο ύδωρ με ευχάριστη όξινη γεύση (pH=3-4) και "δροσιστικές" ιδιότητες. Από τις αρχές του 19ου αιώνα άρχισε η βιομηχανική παρασκευή και εμπορική διάθεση του οξυανθρακούχου ύδατος, το οποίο αργότερα ονομάστηκε soda water (νατριούχο ύδωρ), λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε νάτριο ορισμένων φυσικών οξυανθρακούχων υδάτων.

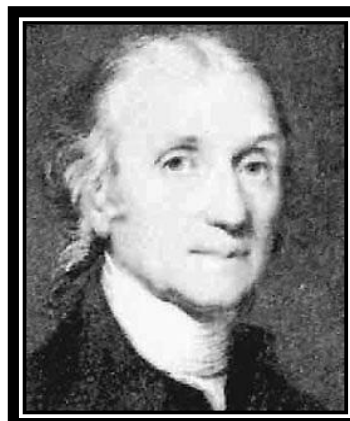
3.2.3.2 Περιγραφή σεναρίου: «Παρασκευή και μελέτη ιδιοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα»



J. B. Helmont
(1579-1644)



Joseph Black
(1728 – 1799)



Henry Cavendish
(1731-1810)

Στην αρχή του διδακτικού σεναρίου θέτουμε προεργαστηριακές ερωτήσεις στους μαθητές για να τους προετοιμάσουμε για τις δραστηριότητες που θα ακολουθήσουν. Από τη μια διεγείρουν την προσοχή τους και από την άλλη αποκαλύπτουν τις προϋδεάσεις και το γνωστικό τους υπόβαθρο.

Προεργαστηριακές Ερωτήσεις

1) Ποια αέρια γνωρίζετε ότι υπάρχουν στη φύση;

Πιθανές απαντήσεις που αναμένουμε από τους μαθητές είναι : ο αέρας, το οξυγόνο, το «ανθρακικό», τα καυσαέρια, ο καπνός, οι μυρωδιές, οι αναθυμιάσεις κ.α..

2) Ποιο αέριο είναι αυτό με το οποίο γεμίζουμε τα μπαλόνια φυσώντας;

3) Προς τα πού κατευθύνονται τα μπαλόνια όταν αφεθούν ελεύθερα;

Στη συνέχεια, προβάλλουμε ένα Power Point όπου παρουσιάζουμε μια ιστορική αναδρομή ξεκινώντας με τα «είδη αέρα» που γνώριζαν οι χημικοί μέχρι τις αρχές του 17ου αιώνα καθώς μελετούσαν επίμονα την καύση και την ισχυρή θέρμανση πολυάριθμων υλικών της φύσης. Αναφέρουμε ότι είχαν μια ασαφή αντίληψη αυτών των «ειδών αέρα» και διέκριναν τον καθαρό αέρα από τον χρησιμοποιημένο αέρα. Αργότερα ο χημικός Jan Baptist van Helmont (το 1624) και ο Joseph Black (το 1754) διέκριναν ένα αέριο που προέκυπτε από την καύση ξύλων, με επίδραση οξέων σε ασβεστόλιθο και την ισχυρή θέρμανση του ασβεστόλιθου. Το αέριο αυτό φαινόταν διαφορετικό από τον αέρα γιατί ήταν άκαυστο και προκαλούσε θόλωμα σε ασβεστόνερο. Το 1766,

ο Η. Cavendish επανέλαβε τα πειράματα αυτά και μελέτησε διεξοδικά το αέριο αυτό. Αργότερα ονόμασαν το αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Στη συνέχεια, είτε γίνεται επίδειξη του πειράματος επίδρασης οξέος σε ανθρακικά άλατα, είτε προβάλλεται video από το Φωτόδεντρο (Εθνικός Συσσωρευτής Εκπαιδευτικού Περιεχομένου) (Εικ. 49).



Εικ. 49: Παρασκευή και Ιδιότητες του Διοξειδίου του Άνθρακα.
Πηγή: Φωτόδεντρο (Video Διάρκειας 2 min 37')

Έπειτα, ζητείται οι μαθητές να εκτελέσουν το πείραμα, με μια πιο απλή διάταξη.

Εκτέλεση πειράματος:

1ο Μέρος:

Πάνω σε ζυγό τοποθετούμε δύο δοχεία ζέσεως των 50 mL. Στο πρώτο δοχείο προσθέτουμε 1,68 g (0,02 mol) μαγειρικής σόδας (NaHCO₃) ενώ στο δεύτερο δοχείο προσθέτουμε 20 mL διαλύματος HCl 1M. Σημειώνουμε την ένδειξη του ζυγού. Στη συνέχεια, αδειάζουμε το περιεχόμενο του δεύτερου δοχείου μέσα στο πρώτο δοχείο και ξεκινά η αντίδραση:



Αφού ολοκληρωθεί η παραγωγή φυσαλίδων CO₂ και σταθεροποιηθεί η ένδειξη του ζυγού, σημειώνουμε την ελάττωση μάζας που παρατηρήθηκε.

2^ο Μέρος:

Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, χωρίς το ζυγό αυτή τη φορά, και πλησιάζουμε στο παραγόμενο αέριο ένα αναμμένο κεριό οπότε διαπιστώνεται ότι το κεριό σβήνει.

3^ο Μέρος:

Σε ένα πλαστικό μπουκάλι αναμιγνύουμε περίπου 2 g μαγειρική σόδα με 20 mL ξύδι (6% οξύτητα) και αμέσως στο στόμιο εφαρμόζουμε ένα μπαλόνι το οποίο σταδιακά γεμίζει με το αέριο που παράγεται. Όταν διασταλεί αρκετά, τότε απομακρύνουμε το μπαλόνι και δένουμε το στόμιο του μπουκαλιού. Αφήνουμε ελεύθερο το μπαλόνι στον αέρα και παρατηρούμε προς τα πού θα κατευθυνθεί (Εικ. 50).



Εικ. 50: Μπαλόνια συλλογής αερίου προσδεμένα σε πλαστικό μπουκάλι όπου αναμίχθηκε μαγειρική σόδα με ξύδι

Ακολουθεί συζήτηση με τους μαθητές και συμπληρώνεται Φύλλο Εργασίας:

Φύλλο Εργασίας

- 1) Ποιο αέριο πιστεύετε ότι παράχθηκε από την επίδραση υδροχλωρίου με μαγειρική σόδα;
- 2) Γιατί παρατηρήθηκε ελάττωση μάζας στο πείραμα;
- 3) Γράψτε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
- 4) Υπολογίστε στοιχειομετρικά την ελάττωση μάζας που θα έπρεπε να είχε παρατηρηθεί στο πείραμα. Συμφωνεί με την πειραματική μέτρηση; Αιτιολογήστε.
- 5) Τι παρατηρήσατε όταν το αέριο που παράχθηκε διοχετεύθηκε σε αναμμένο κεριό;

6) Γιατί το μπαλόνι με το αέριο δεν ανυψώθηκε;
 7) Συγκρίνετε την πυκνότητα του διοξειδίου του άνθρακα με την πυκνότητα του αέρα και επιλέξτε:

A) $\rho_{\text{CO}_2} > \rho_{\text{αέρα}}$

B) $\rho_{\text{CO}_2} < \rho_{\text{αέρα}}$

Γ) $\rho_{\text{CO}_2} = \rho_{\text{αέρα}}$

Δ) δεν είναι δυνατό να γνωρίζουμε

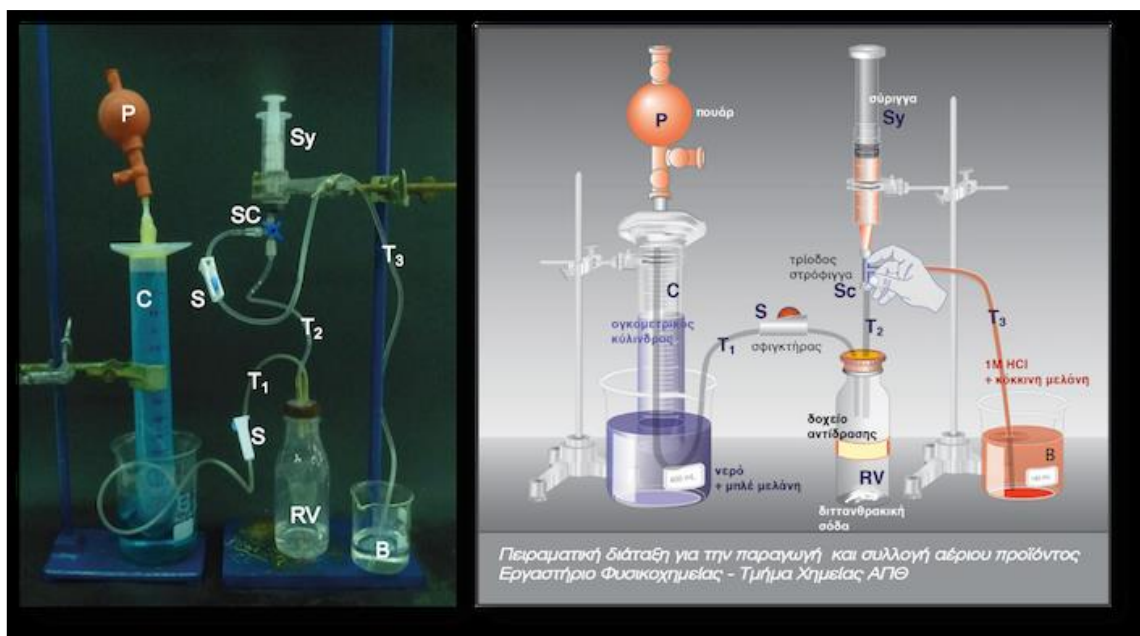
8) Ποιες από τις παρακάτω ιδιότητες διαπιστώσατε για το διοξείδιο του άνθρακα στο Πείραμα που εκτελέσατε; Επιλέξτε:

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι:

- ο Αέριο,
- ο Άχρωμο,
- ο Άοσμο,
- ο Έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα
- ο Δε συντηρεί τη φλόγα και την καύση
- ο Προκαλεί λευκό θόλωμα σε διαυγές ασβεστόνερο

Παρατήρηση

Εναλλακτικά, το πείραμα παρασκευής του διοξειδίου του άνθρακα με διάσπαση μαγειρικής σόδας, μετά από προσθήκη HCl, θα μπορούσε να



Εικ. 51: Πειραματική διάταξη παραγωγής και συλλογής εκλυόμενου αερίου (Παρισσοπούλου Ε., Γιαννακουδάκης Π., 9^ο ΕΝΕΦΕΤ 2015)

εκτελεστεί και σε κλειστή διάταξη παραγωγής και συλλογής αερίου, όπως περιγράφεται σε σχετική εργασία (Παρισσοπούλου Ε., Γιαννακουδάκης Π., Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ) και αναπαρίσταται στην παρακάτω εικόνα. Η διάταξη

αυτή επιτρέπει τον προσδιορισμό του όγκου του παραγόμενου CO₂ με ικανοποιητική ακρίβεια και επαναληψιμότητα (Εικ. 51).

Στη συνέχεια, μπορεί να ακολουθήσει Φύλλο Εργασίας όπου ζητείται από τους μαθητές (επιπέδου Α΄ Λυκείου) να εκτελέσουν τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς.

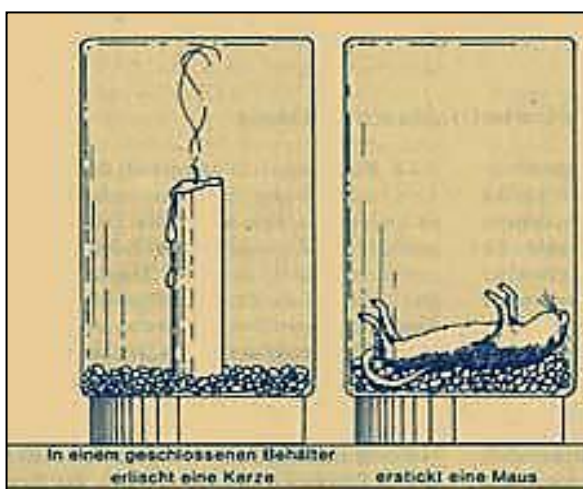
3.2.3.3 Σύνδεση του διοξειδίου του άνθρακα με την αναπνοή και την καύση. Εφαρμογή: Πυροσβεστήρες

Συζητάμε με τους μαθητές για τα ανεξάρτητα πειράματα και τις παρατηρήσεις των πρωτοπόρων χημικών Joseph Black και Henry Cavendish, τα οποία πραγματοποίησαν με σκοπό την περαιτέρω μελέτη των ιδιοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα. Ζητάμε από τους μαθητές να προβληματιστούν και να τα ερμηνεύσουν.

Πείραμα 1^ο

Όταν ο Cavendish διοχέτευσε το αέριο CO_2 σε κλειστό δοχείο όπου προηγουμένως είχε τοποθετήσει ένα αναμμένο κερί τότε το κερί έσβησε αμέσως.

Στη συνέχεια, διοχέτευσε το αέριο σε κλειστό δοχείο που προηγουμένως είχε τοποθετηθεί ένα ποντίκι. Το πειραματόζωο δεν επιβίωσε ούτε καν λίγα λεπτά.



Ακολουθεί συζήτηση και οι μαθητές συμπληρώνουν φύλλο εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

- 1) Μπορεί το αέριο CO_2 να συντηρήσει την καύση; Είναι εύφλεκτο; (ναι/όχι)
- 2) Μπορεί το αέριο CO_2 να συντηρήσει τη ζωή; (ναι/όχι)
- 3) Πιστεύετε ότι το CO_2 θα ήταν κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στους πυροσβεστήρες;
- 4) Η μεγάλη πυκνότητα του διοξειδίου του άνθρακα πώς πιστεύετε ότι λειτουργεί στους πυροσβεστήρες;

Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

Ακολουθεί συζήτηση.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Εξηγούμε στους μαθητές τη λειτουργία των πυροσβεστήρων.

Σε κάποιους τύπους πυροσβεστήρων, στο εσωτερικό τους, αντιδρά πυκνό διάλυμα NaHCO_3 με διάλυμα H_2SO_4 , ευρισκόμενο σε ξεχωριστή φιάλη μέσα στον πυροσβεστήρα. Κατά τη χρήση θραύεται η φιάλη με το H_2SO_4 , οπότε το

παραγόμενο CO₂ αναπτύσσει την απαιτούμενη πίεση για την εκτόξευση του αερίου προς την εστία φωτιάς (Βαλαβανίδης Θ., 2014).

Πείραμα 2^ο

Ζητάμε από τους μαθητές να φυσήξουν με ένα καλαμάκι σε διαυγές διάλυμα ασβεστόνευρου και να σημειώσουν τις παρατηρήσεις τους. Παρατηρούν ένα λευκό θόλωμα.

Επίσης, από την προηγούμενη ημέρα έχουμε αφήσει εκτεθειμένο στον αέρα ένα διαυγές διάλυμα ασβεστόνευρου, οπότε την επόμενη ημέρα οι μαθητές παρατηρούν μια λευκή κρούστα που έχει σχηματιστεί στην επιφάνεια.

Θυμίζουμε στους μαθητές ότι το ίδιο αέριο είχε παρατηρήσει ο J. B. Helmont, το 1624, με την καύση ξύλων και όταν διοχετευόταν στο ασβεστόνευρο προκαλούσε ομοίως θόλωμα.

Ακολουθεί συζήτηση.

Κατόπιν συμπληρώνουν Φύλλο Εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

- 1) Τι παρατηρήσατε στο διάλυμα ασβεστόνευρου αφού φυσήξατε με το καλαμάκι;
- 2) Τι περιέχουν οι φυσαλίδες που δημιουργούνται;
- 3) Ποιο αέριο πιστεύετε ότι περιέχει η εκπνοή μας; Εξηγήστε.
- 4) Γιατί πιστεύετε ότι σχηματίστηκε η λευκή κρούστα στην επιφάνεια του δεύτερου διαλύματος; Από τι προκλήθηκε το φαινόμενο;
- 5) Πιστεύετε ότι ο αέρας περιέχει το αέριο CO₂; (ναι/όχι)
- 6) Πώς πιστεύετε ότι σχηματίζεται το CO₂ στην ατμόσφαιρα;
- 7) Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα παράγουν CO₂;
 - ο Καύση
 - ο Αναπνοή
 - ο Κεραυνός που πέφτει πάνω σε ασβεστόλιθο
 - ο Αλκοολική ζύμωση
 - ο Ζυθοποίηση μπύρας

3.2.3.4 Πείραμα του Priestley (1772). Παρασκευή οξυανθρακούχου νερού (δροσιστική σόδα)

Εξηγούμε στους μαθητές ότι ο πρωτοπόρος χημικός J. Priestley, έμενε δίπλα από ένα ζυθοποιείο παρασκευής μπύρας και μπορούσε να πειραματίζεται με το διοξείδιο του άνθρακα. Περιγράφουμε το πείραμα που εκτέλεσε, το 1776, επιδρώντας με οξύ σε ανθρακικό άλας. Στην εργασία του, που δημοσίευσε με τίτλο "Εμπλουτισμός του νερού με Σταθερό Αέρα", περιέγραφε ότι κατά τη διαδικασία αυτή παραγόταν ένα αέριο το οποίο όταν διοχετευόταν στο νερό διαλυόταν σε αυτό. Το διάλυμα που προέκυπτε είχε μια ευχάριστη όξινη γεύση και ήταν δροσιστικό. Ο Priestley θα μπορούσε να είχε γίνει ο «βασιλιάς» των αναψυκτικών αν αξιοποιούσε την ανακάλυψή του αυτή.

Στις αρχές του 19ου αιώνα η διαδικασία εμπλουτισμού αποτέλεσε τη συνταγή παρασκευής του βιομηχανικού ποτού γνωστού σε εμάς ως σόδα το οποίο παραμένει πάντα δημοφιλές.

Ακολουθεί επίδειξη του πειράματος με κρύο νερό για να έχουμε αυξημένη διαλυτότητα του αερίου στο νερό. Ελέγχουμε την οξύτητα με παρουσία δείκτη. Στη συνέχεια το πείραμα μπορεί να εκτελεστεί από τους μαθητές.

Για την επίδειξη θα χρειαστούμε:

1M HCl

Ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 (σκόνη μαρμάρου) ή μαγειρική σόδα NaHCO_3

Μεγάλο δοκιμαστικό σωλήνα ή κωνική φιάλη

Λαστιχένιο πώμα με μία οπή

Λαστιχένιο σωλήνα, μήκους 50 cm

100 mL ποτήρι ζέσεως ή πλαστικό μπουκάλι

Δείκτης ηλιανθίνη

Επίδειξη

Ασφάλεια: Φοράμε προστατευτικά γυαλιά

1. Προσαρμόζουμε το λαστιχένιο σωλήνα στην οπή του πώματος.
2. Προσεκτικά προσθέτουμε 50 mL κρύο νερό στο ποτήρι ζέσεως και λίγες σταγόνες δείκτη ηλιανθίνη.
3. Προσθέτουμε προσεκτικά 25 mL διάλυμα HCl στο δοκιμαστικό σωλήνα.
4. Προσθέτουμε το ανθρακικό άλας στο οξύ.
5. Γρήγορα εφαρμόζουμε το πώμα στο δοκιμαστικό σωλήνα.

6. Καθώς το CO₂ ελευθερώνει φυσαλίδες, οδηγούμε το αέριο μέσω του λαστιχένιου σωλήνα στο ποτήρι ζέσεως με το νερό, οπότε βγάζει φυσαλίδες μέσα σε αυτό και αλλάζει το χρώμα του διαλύματος.

Φύλλο Εργασίας

1) Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας κατά τη διάρκεια της επίδειξης του πειράματος.

2) Πώς διαπιστώνετε ότι παράγεται αέριο;

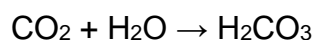
3) Γράψτε τη χημική εξίσωση που πραγματοποιείται (προαιρετικά ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών).

4) Μπορείτε να συμπεράνετε από την επίδειξη αν το CO₂ είναι διαλυτό στο νερό;

5) Πιστεύετε ότι ένα αέριο μπορεί να είναι διαλυτό στο νερό; Αναφέρετε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.

6) Πού οφείλεται η αλλαγή χρώματος του δείκτη στο διάλυμα που προκύπτει;

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η αλλαγή χρώματος του δείκτη οφείλεται στην οξύτητα του διαλύματος γιατί με τη διάλυση του CO₂ στο νερό σχηματίζεται ανθρακικό οξύ:



3.2.3.5 Δραστηριότητα: «Ο κύκλος του άνθρακα»

Διαδικασία:

Προβάλλεται προσομοίωση που περιγράφει τον κύκλο του άνθρακα (Εικ. 52).

Στην προσομοίωση αυτή περιγράφουμε παράλληλα:

Ο άνθρακας ανταλλάσσεται μεταξύ ατμόσφαιρας, βιόσφαιρας, ωκεανών και εδάφους. Είναι το πρωταρχικό στοιχείο με το οποίο χτίστηκε η ζωή στη γη.

Τα μωβ βέλη στην προσομοίωση δείχνουν την απορρόφηση του άνθρακα, ενώ τα κίτρινα βέλη την έκλυση του άνθρακα. Τα φυτά παίρνουν τον άνθρακα ως CO₂ από την ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα ζώα τρέφονται με τα φυτά και είτε εκπνέουν τον άνθρακα ως CO₂, είτε μετακινείται στην τροφική αλυσίδα, καθώς το ένα ζώο τρέφεται με το άλλο. Όταν τα ζώα και τα φυτά πεθαίνουν τότε ο άνθρακας μεταφέρεται στο έδαφος. Οι ωκεανοί δέχονται τον άνθρακα με φυσικές και βιολογικές μεθόδους. Στην επιφάνεια των ωκεανών το CO₂ της ατμόσφαιρας διαλύεται στο νερό. Το φυτοπλαγκτόν στα βάθη των θαλασσών χρησιμοποιεί αυτό το CO₂ για φωτοσύνθεση. Το

φυτοπλαγκτόν είναι η βάση της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας. Στη στεριά τα ζώα και τα φυτά εκπνέουν άνθρακα ή το αφήνουν στην τροφική αλυσίδα (Εικ. 53).

Όταν το φυτοπλαγκτόν πεθαίνει τότε αποσυντίθεται και ανακυκλώνεται στην επιφάνεια του νερού. Στη συνέχεια κατακρημνίζεται και θάβεται στο θαλάσσιο



Εικ. 52: Προσομοίωση Κύκλου του Άνθρακα (Διάρκεια 0:53 min). Science Photo Library

ίζημα. Με τη διαδικασία αυτή ο πυθμένας των ωκεανών γίνεται το μεγαλύτερο απόθεμα σε άνθρακα στον πλανήτη. Η ανθρωπογενής εξαγωγή πετρελαίου και γαιανθράκων που σχηματίστηκαν από την αποσύνθεση φυτικών και ζωικών οργανισμών και η μετέπειτα καύση τους ως καύσιμα μεταφέρει τον άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα ως CO₂.

Φύλλο Εργασίας

Ζητείται από τους μαθητές να αντιστοιχίσουν τα βέλη της εικόνας του κύκλου του άνθρακα με τις διεργασίες που δίνονται:

- 1- Απορρόφηση άνθρακα (ως CO₂)
- 2- Έκλυση άνθρακα (παραγωγή CO₂)
- 3- Εξαγωγή πετρελαίου και γαιανθράκων από το έδαφος
- 4- Φωτοσύνθεση (απορρόφηση CO₂ των φυτών από την ατμόσφαιρα)
- 5- Παραγωγή CO₂ (εκπνοή ζώων)
- 6- Διάλυση του CO₂ της ατμόσφαιρας στην επιφάνεια της θάλασσας

7- Παραγωγή CO₂
(φωτοσύνθεση του
φυτοπλαγκτού)

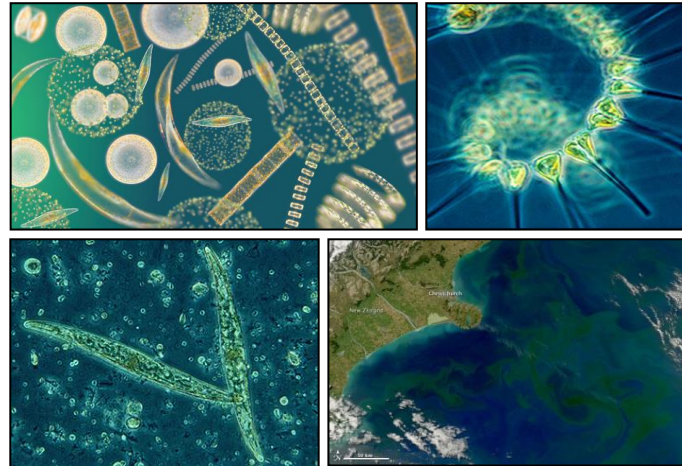
8- Παραγωγή CO₂
(καύση πετρελαίου και
γαιανθράκων)

9- Μεταφορά άνθρακα
(οργανικού υλικού) στη
θάλασσα με απορροή
επιφανειακών νερών

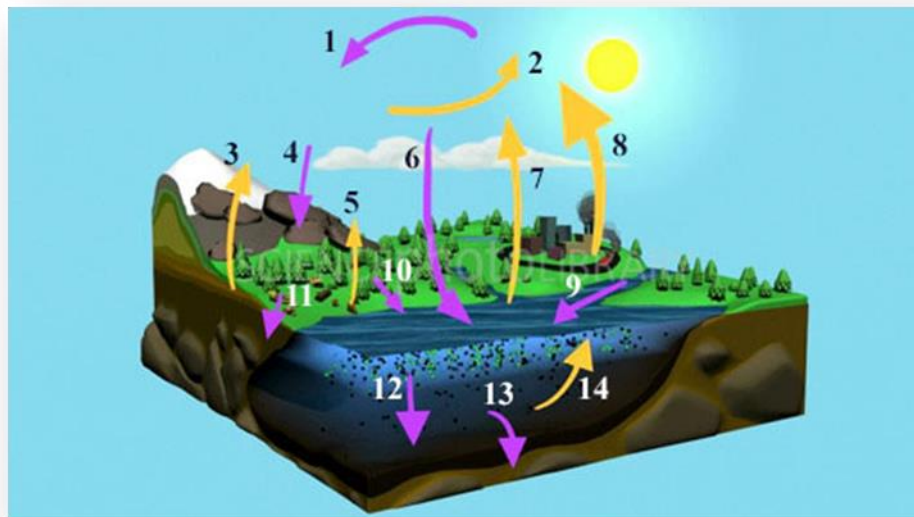
10- Μεταφορά άνθρακα
(οργανικού υλικού) από
το έδαφος στη θάλασσα

11- Μεταφορά άνθρακα (οργανικού υλικού) στο έδαφος με την αποσύνθεση
νεκρών φυτικών και ζωικών οργανισμών

12- Κατακρήμνιση του φυτοπλαγκτού και σχηματισμός ιζήματος στον
πυθμένα θαλασσών



Εικ. 53: Φυτοπλαγκτόν. Περιλαμβάνει όλους τους φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς που είναι προσαρμοσμένοι να ζουν αιωρούμενοι σε επιφανειακά ύδατα.



13- Μετατροπή του φυτοπλαγκτού σε πετρέλαιο και γαιάνθρακες

14- Φωτοσύνθεση από το φυτοπλαγκτόν στα βάθη των θαλασσών

Ακολουθεί συζήτηση και προβληματισμός σχετικά με την υπερβολική παραγωγή του CO₂ λόγω των πολλών ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν, λαμβάνοντας υπόψη τους τον

κύκλο του άνθρακα, πού θα συγκεντρωθεί περισσότερο CO₂ λόγω των πολλών καύσεων και τι ενδεχομένως να προκαλεί αυτό.

3.2.3.6 Ανάθεση εργασίας: «Το CO₂ ως ρυθμιστής κλίματος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου»

Αναθέτουμε στους μαθητές να αναζητήσουν πληροφορίες για το πώς η εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα επηρεάζει το κλίμα στον πλανήτη. Τι είναι και πώς προκαλείται το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μπορούμε να προβάλουμε επίσης ένα από τα παρακάτω animation/simulation:

1) ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ: ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

<http://photodentro.edu.gr/lor/handle/8521/2782>

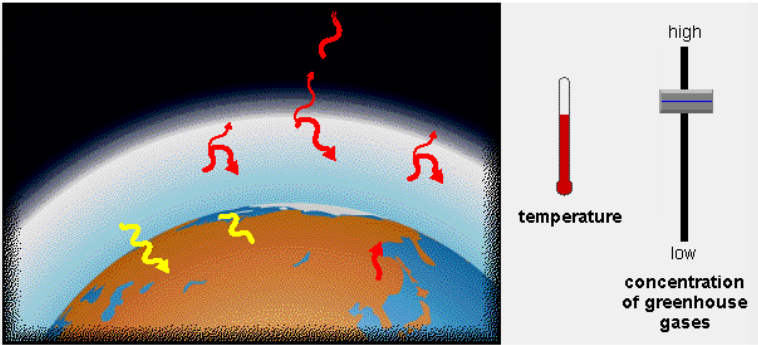
2) PHET, UNIVERSITY OF COLORADO: ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

<https://phet.colorado.edu/el/simulation/greenhouse>

3) ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ:ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6206>

Προσομοίωση του Φαινομένου του Θερμοκηπίου

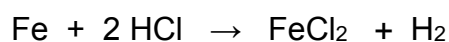


Τα αέρια του θερμοκηπίου, κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα ανακλούν πίσω στη γή την εκπεμπόμενη από το έδαφος υπέρυθη ακτινοβολία και δεν της επιτρέπουν να περάσει προς το διάστημα. Μετακινήστε τον μεταβολέα για να δείτε πως η συγκεντρωση των αερίων θερμοκηπίου επηρεάζουν την επιστρεφόμενη προς την γη ακτινοβολία καθώς και την θερμοκρασία της γης.

3.2.4 Ανακάλυψη του υδρογόνου και μελέτη των ιδιοτήτων του

3.2.4.1 Ιστορικό Πλαίσιο

Η ανακάλυψη του υδρογόνου έγινε αρχικά το 1671 από τον Ρόμπερτ Μπόιλ (Robert Boyle) ο οποίος περιέγραψε την αντίδραση ριτισμάτων σιδήρου με διαλύματα οξέων και την παραγωγή ενός αερίου. Ήταν φυσικά το υδρογόνο.

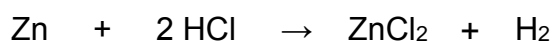


Ωστόσο, η ανακάλυψη αποδίδεται στον Henry Cavendish καθώς ήταν ο πρώτος που απομόνωσε και αναγνώρισε το «νέο» αέριο ως ξεχωριστό χημικό στοιχείο, το 1766. Κατάφερε να το παράγει και να το μελετήσει με επίδραση οξέων σε κομμάτια ψευδαργύρου (Εικ. 54, 55). Το ονόμασε «εύφλεκτο αέρα» ή «πύρινο αέρα», γιατί ήταν εύφλεκτο αέριο. Διαπίστωσε ότι

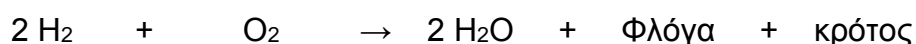


η καύση του προκαλούσε ένα χαρακτηριστικό κρότο και παράλληλα παράγονταν σταγονίδια νερού.

Μέταλλο + Οξύ → Υδρογόνο

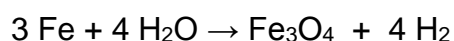
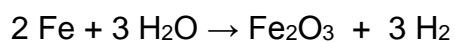
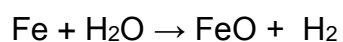


Υδρογόνο + Οξυγόνο → Νερό + Φλόγα + κρότος



Ο Cavendish μελετώντας διάφορα αέρια, σύγκρινε το βάρος που έχουν συγκεκριμένοι όγκοι διαφορετικών αερίων για να προσδιορίσει την πυκνότητά

τους. Διαπίστωσε ότι το νέο αέριο έχει μόλις το ένα δέκατο τέταρτο της πυκνότητας του αέρα. Το υδρογόνο είναι το αέριο με τη μικρότερη πυκνότητα. Ο A. Lavoisier παρήγαγε υδρογόνο με διαβίβαση υδρατμών μέσα από πυρακτωμένο σιδερένιο σωλήνα.



Το 1783 είχε την ιδέα να ονομάσει το νέο χημικό στοιχείο «υδρογόνο» από τις ελληνικές λέξεις «ύδρο» και «γενής» λόγω της ιδιότητάς του να γεννά νερό. Ο



Το πείραμα του Cavendish με Zn



Ψευδάργυρος



Ανάφλεξη υδρογόνου



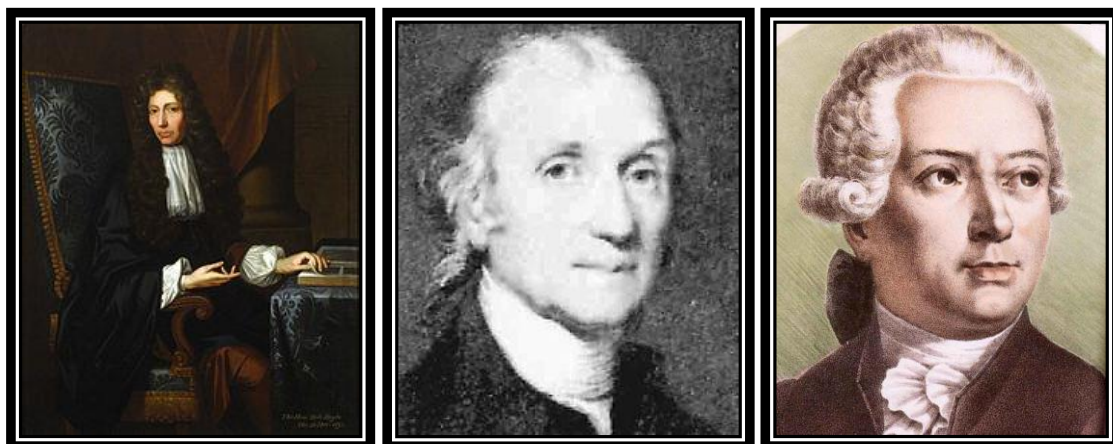
Υδρατμοί σχηματίζονται εσωτερικά στα τοιχώματα του δοκιμαστικού σωλήνα μετά την ανάφλεξη του υδρογόνου

Εικ. 55: Πείραμα Cavendish (BBC Four. Chemistry, A Volatile History)

Cavendish δεν είχε συνειδητοποιήσει τη σημασία της παρατήρησής του αυτής

που αργότερα συνέλαβε ο Lavoisier. Η ανακάλυψη ότι το νερό μπορεί να σχηματιστεί από ένα άλλο στοιχείο, το υδρογόνο, οδήγησε στην κατάρριψη της επικρατούσας άποψης περί τεσσάρων στοιχείων που συνθέτουν όλο τον υλικό κόσμο: γη, νερό, αέρας, φωτιά.

3.2.4.2 Περιγραφή σεναρίου: «Ανακάλυψη και μελέτη υδρογόνου»



Robert Boyle
(1627-1691)

H. Cavendish
(1731-1810)

A. Lavoisier
(1743-1794)

Το σενάριο ξεκινά με ένα Φύλλο Εργασίας όπου αρχικά τίθεται το ερώτημα στους μαθητές ποια αέρια γνωρίζουν. Καταγράφουν τις απαντήσεις τους (ίσως αέρας, νερό, οξυγόνο, υδρατμοί, καυσαέρια, άνεμος, καπνός, διοξείδιο του άνθρακα που ενδεχομένως διδάχθηκαν στο προηγούμενο σενάριο κτλ).

Στη συνέχεια προβάλλουμε ένα Power Point όπου παρουσιάζεται μια ιστορική αναδρομή στην οποία οι μαθητές μαθαίνουν ότι μέχρι το 1624 τα αέρια ήταν μια σχεδόν ανεξερεύνητη περιοχή για τους ερευνητές της εποχής. Γνώριζαν μόνο την ύπαρξη του «φρέσκου αέρα» πριν χρησιμοποιηθεί για καύση ή αναπνοή και του «σταθεροποιημένου αέρα» που προέκυπτε μετά από μια καύση δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα (“fixed air”) που είχε σαφώς διαφορετικές ιδιότητες από τον φρέσκο αέρα.

Το 1624 ο J. B. Helmont εισήγαγε για πρώτη φορά τον όρο «αέριο» για να διαφοροποιήσει το διοξείδιο του άνθρακα που παρήγαγε με καύση ξύλων από τον αέρα.

Πολύ αργότερα, το 1671, ο Boyle και το 1766 ο Cavendish, παρατήρησαν την παραγωγή ενός εύφλεκτου αερίου με επίδραση οξέων σε μέταλλα. Το 1783,

το αέριο αυτό ονομάστηκε από τον Lavoisier «υδρογόνο» γιατί με την καύση του παρατηρήθηκε ότι παράγονται υδρατμοί, «ύδωρ-γεννώ».

Ακολουθεί πείραμα παραγωγής υδρογόνου το οποίο είτε γίνεται με επίδειξη είτε εκτελείται από τους μαθητές.

Πειραματική δραστηριότητα: Παραγωγή υδρογόνου

Διαδικασία:

Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστίθεται μικρή ποσότητα ριניσμάτων δραστικού μετάλλου (είτε μαγνήσιο, είτε ψευδάργυρος) και στη συνέχεια 5 mL διαλύματος HCl 1M. Αμέσως, σκεπάζουμε το δοκιμαστικό σωλήνα με ένα άλλο στεγνό δοκιμαστικό σωλήνα που τοποθετείται ανεστραμμένος. Παρατηρείται η παραγωγή άχρωμου και άοσμου αερίου σαν καπνός. Επίσης, καθώς ο μαθητής κρατά το δοκιμαστικό σωλήνα νιώθει το σωλήνα να θερμαίνεται. Το αέριο λόγω μικρής πυκνότητας ανέρχεται και εγκλωβίζεται στο δεύτερο σωλήνα. Έπειτα, απομακρύνουμε προσεκτικά το δεύτερο σωλήνα και πλησιάζουμε αναμμένο αναπτήρα. Αμέσως προκαλείται χαρακτηριστικός κρότος, στιγμιαία λάμψη και τέλος απομένουν σταγόνες στο σωλήνα μετά την έκρηξη. Επίσης, οι μαθητές τοποθετούν θερμόμετρο στον πρώτο σωλήνα για να διαπιστώσουν την άνοδο της θερμοκρασίας.

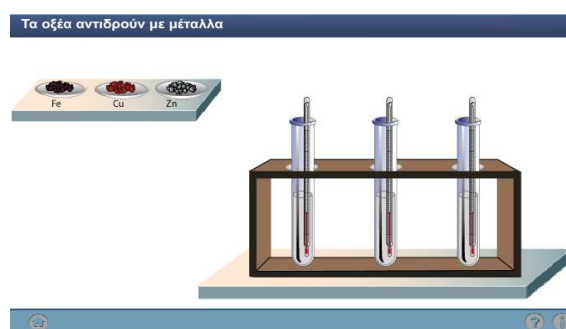
Ακολουθεί συζήτηση και συμπληρώνουν το Φύλλο Εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

- 1) Ποιο αέριο παράχθηκε από την επίδραση του οξέος στο μέταλλο;
- 2) Γράψτε την εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
- 3) Επιλέξτε ποιες από τις παρακάτω ιδιότητες διαπιστώσατε πειραματικά για το αέριο αυτό (άχρωμο, άοσμο, εύφλεκτο, «ελαφρύτερο» του αέρα, έχει μικρότερη πυκνότητα από τον αέρα, παράγει χαρακτηριστικό κρότο και φως με την ανάφλεξή του)
- 4) Η αντίδραση που προκλήθηκε με την ανάμειξη του οξέος με το μέταλλο είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη;
- 5) Τι πιστεύετε ότι διαπίστωσε ο Cavendish όταν επανέλαβε το πείραμά του με άλλα οξέα και μέταλλα; Παράχθηκε το ίδιο αέριο;
- 6) Ποια ουσία πιστεύετε ότι είναι οι σταγόνες που σχηματίστηκαν στα τοιχώματα του δεύτερου σωλήνα μετά την ανάφλεξη;

- 7) Γράψτε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
- 8) Πλησιάζοντας τη φλόγα στο αέριο που παράχθηκε, αμέσως προκλήθηκε στιγμιαία λάμψη. Ποιες άλλες αντιδράσεις γνωρίζετε όπου παράγεται φως και θερμότητα; Δώστε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή. Πώς ονομάζονται αυτές οι αντιδράσεις γενικά;

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Εναλλακτικά μπορεί να γίνει η Δραστηριότητα παραγωγής υδρογόνου με την ακόλουθη διαδραστική προσομοίωση «ΤΑ ΟΞΕΑ ΑΝΤΙΔΡΟΥΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΑ» (ΠΗΓΗ: Φωτόδεντρο) (Εικ. 56)



Εικ. 56: Διαδραστική Προσομοίωση «Τα οξέα αντιδρούν με μέταλλα»

Επέκταση σε δραστικότητα μετάλλων (Mg, Zn, Fe, Cu)

Στη συνέχεια, μπορούμε να κάνουμε προεκτάσεις στη δραστικότητα των μετάλλων που διαπιστώνεται με έκλυση υδρογόνου σε εικονικό εργαστήριο, αξιοποιώντας τις διαδραστικές προσομοιώσεις που ακολουθούν (Εικ. 57, 58)

Δραστηριότητα 1η

Εικονικό Εργαστήριο «Αντιδράσεις μετάλλων με αραιά διαλύματα οξέων»

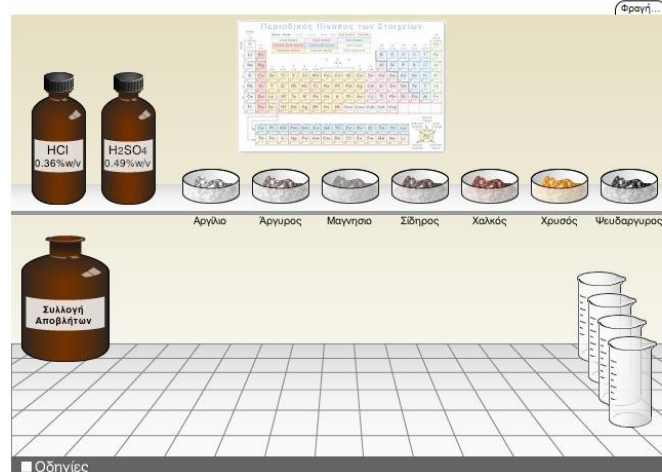


Εικ. 57: Εικονικό Εργαστήριο: «Αντιδράσεις μετάλλων με αραιά διαλύματα οξέων»

Δραστηριότητα 2^η

Εικονικό Εργαστήριο: Εκπαιδευτικό Λογισμικό Χημείας Γυμνασίου, ΥΠΕΠΘ

Η αντίδραση των οξέων με τα μέταλλα



Εικ. 58: Εικονικό Εργαστήριο «Η αντίδραση οξέων με μέταλλα»
(Πηγή: Εκπαιδευτικό Λογισμικό Χημείας Γυμνασίου, ΥΠΕΠΘ)

Ανάθεση εργασίας (Project): Βόμβα Υδρογόνου

Η πρώτη έκρηξη βόμβας υδρογόνου έγινε στις 31 Οκτωβρίου (1η Νοεμβρίου τοπική) του 1952 στην ατόλη Enewetak, στα Νησιά Μάρσαλ του Ειρηνικού Ωκεανού από τις ΗΠΑ (Εικ. 59). Η έκρηξη εξαέρωσε 80 τόνους εδάφους και είχε 8 μίλια διάμετρο με 27 μίλια ύψος. Στις 12 Αυγούστου του 1952 ακολουθεί η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου από τη Σοβιετική Ένωση. Το πιο ισχυρό πυρηνικό όπλο αυτού του τύπου που χρησιμοποιήθηκε ποτέ ήταν μια βόμβα πυρηνικής σύντηξης, η Tsar Bomba, που δοκιμάστηκε από τη Σοβιετική Ένωση στο νησί Νοβάγια Ζέμλα του Βόρειου Παγωμένου Ωκεανού στις 30 Οκτωβρίου του 1961. Η ισχύς της ισοδυναμούσε με 57.000.000 τόνους TNT. Εξερράγη 4 χλμ. πάνω από το έδαφος. Μπορούσε να προκαλέσει εγκαύματα 3ου βαθμού σε απόσταση 100 χλμ, ενώ η δόνηση από την έκρηξη έγινε αισθητή μέχρι και τη Φιλανδία. Η βόμβα ζύγιζε 27 τόνους



Εικ. 59: Η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, με το κωδικό όνομα *Ivy Mike*, έγινε από τις ΗΠΑ το 1952 στον Ειρηνικό Ωκεανό

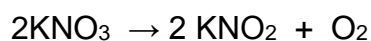
3.2.5 Η ανακάλυψη του οξυγόνου

3.2.5.1 Ιστορικό πλαίσιο

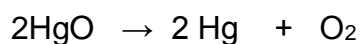


Κατά το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα, οι χημικοί K. W. Scheele και J. Priestley, πειραματίζονταν με τη θέρμανση διαφόρων αλάτων και οξειδίων. Εργάζονταν ανεξάρτητα ο καθένας. Ωστόσο, και οι δύο παρατήρησαν ότι παραγόταν ένα διαφορετικό αέριο, με ιδιαίτερες ιδιότητες, το οποίο είχε την ιδιότητα να αναζωπυρώνει τη φλόγα. Το αέριο που παραγόταν ήταν αυτό που σήμερα ονομάζουμε οξυγόνο (Εικ. 60).

Η χημική εξίσωση της θερμικής διάσπασης του νιτρικού καλίου με την οποία πειραματίστηκαν είναι:

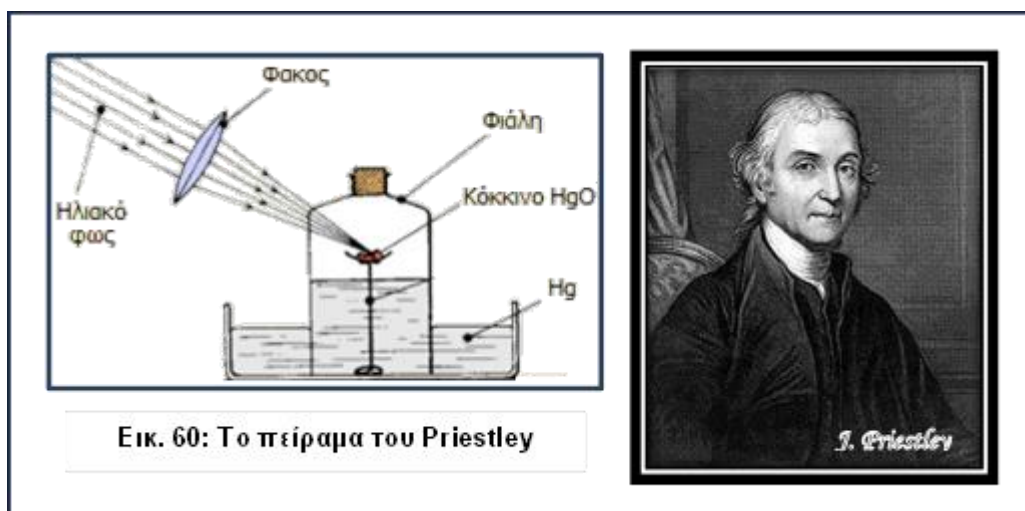


Επίσης, η χημική εξίσωση της θερμικής διάσπασης του οξειδίου του υδραργύρου HgO , στους $350\text{ }^\circ\text{C}$, με την οποία κατάφεραν να απομονώσουν το οξυγόνο, είναι:



Ο Priestley μελέτησε εκτενέστερα το αέριο αυτό. Όταν το διοχέτευε σε κλειστό δοχείο που είχε τοποθετήσει προηγουμένως ένα ποντικό, φαινόταν να ζωηρεύει ο ποντικός και να παρατείνεται ο χρόνος ζωής του. Το ίδιο αυτό

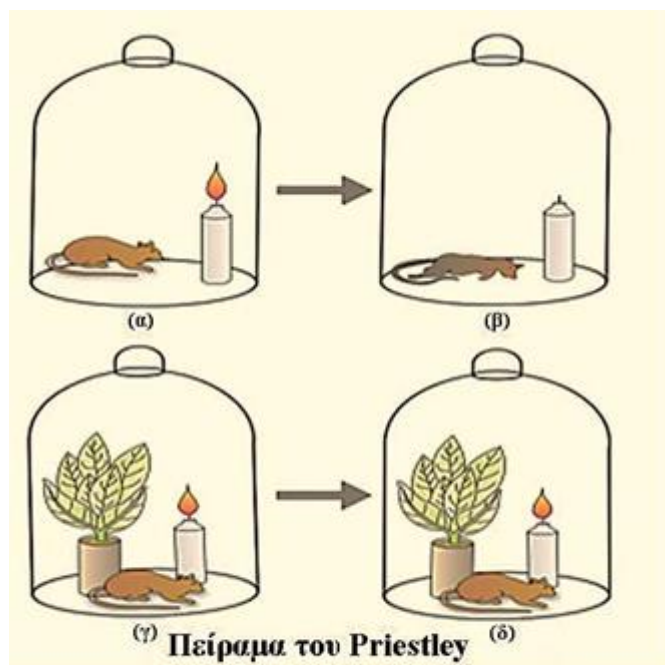
αέριο φαινόταν να παράγεται και από τα φυτά μια και παρέτεινε ομοίως το χρόνο ζωής του ποντικού σε ένα κλειστό δοχείο και την καύση ενός κεριού,



Εικ. 60: Το πείραμα του Priestley

όπως κάνει ένα φυτό (Εικ. 61). Ο ίδιος ο Priestley, όταν εκτέθηκε στο αέριο αυτό, διαπίστωσε ότι του πρόσφερε μια αίσθηση ευεξίας. Όλα τα πειραματικά ευρήματα καταδείκνυαν ότι το αέριο αυτό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής και της καύσης.

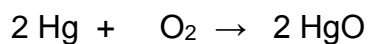
Ο Lavoisier, ο οποίος μελετούσε την καύση των μετάλλων εκείνη την εποχή,



Εικ. 61: Το πείραμα του Priestley

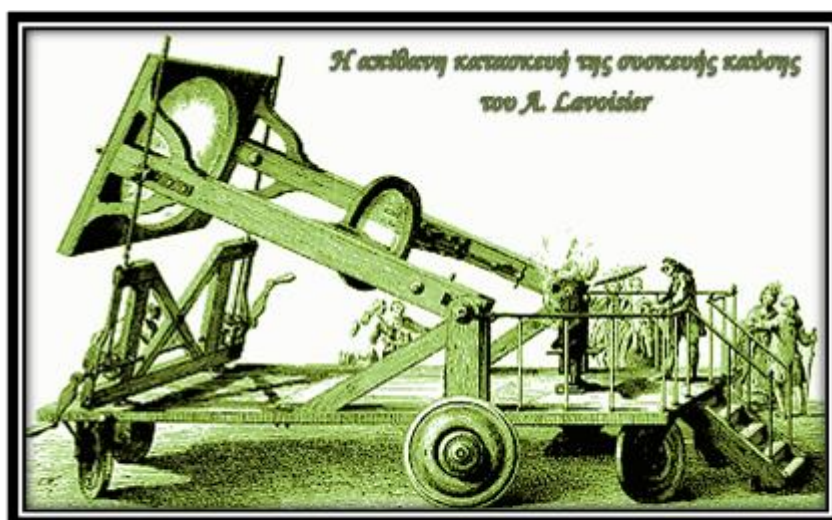
επανέλαβε τα πειράματα των Scheele και Priestley όταν αυτοί τον πληροφόρησαν και αντάλλαξαν απόψεις μαζί του για τον καινούργιο αυτό τύπο αέρα.

Στη συνέχεια, ο Lavoisier είχε την ιδέα να πραγματοποιήσει το αντίστροφο πείραμα από εκείνο της διάσπασης του οξειδίου του υδραργύρου, δηλαδή την καύση του υδραργύρου:



Σχολαστικός και ακριβής στις μετρήσεις του καθώς ήταν, παρατήρησε ότι η μάζα του μετάλλου αυξανόταν μετά την καύση του ακριβώς τόσο όσο ήταν η ελάττωση της μάζας του οξειδίου του υδραργύρου μετά τη θερμική διάσπασή του.

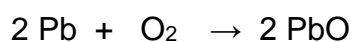
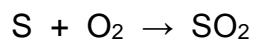
ΚΑΥΣΗ: Υδράργυρος → Οξείδιο + Αύξηση Μάζας
ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ: Οξείδιο → Υδράργυρος + Ελάττωση Μάζας



Εικ. 62: Η απίθανη κατασκευή συσκευής καύσης του Lavoisier

Επίσης, όταν η καύση του υδραργύρου έγινε σε κλειστό δοχείο, το βάρος του δοχείου δε μεταβλήθηκε. Όταν, όμως, άνοιξε το δοχείο τότε ο αέρας μπήκε ορμητικά μέσα. Αυτό έδειξε ότι μέρος του αέρα είχε καταναλωθεί στην καύση. Επιπλέον, το βάρος του μετάλλου είχε αυξηθεί όσο ακριβώς ήταν το βάρος αέρα που μπήκε στο δοχείο. Η διαπίστωση αυτή τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι κάποιο συστατικό του αέρα είχε ενωθεί με το μέταλλο και ότι το υπόλοιπο μέρος του αέρα δε μπορεί να συντηρήσει τη ζωή διότι ο ποντικός δεν επιβίωνε σε αυτό. Ο Lavoisier είχε το θάρρος και τη διορατικότητα να υποστηρίξει ότι πρόκειται για ένα καινούργιο χημικό στοιχείο. Συνέχισε να πειραματίζεται με άλλα στοιχεία για να επιβεβαιώσει τις υποθέσεις του (όπως

με θείο, φωσφόρο, κασσίτερο και μόλυβδο) και διαπίστωσε ότι παράγονταν όξινες ουσίες:



Αυτό τον οδήγησε στο λανθασμένο συμπέρασμα ότι το συστατικό αυτό του αέρα, που ήταν απαραίτητο για την καύση των σωμάτων, δημιουργεί οξέα και το ονόμασε «οξυγόνο».



Ο Lavoisier περιέγραψε πλήρως την καύση σε μια εποχή που κυριαρχούσαν διάφορες συγκεχυμένες και αντικρουόμενες θεωρίες για την καύση (Εικ. 62). Υποστήριξε ότι πρόκειται για την ίδια χημική διαδικασία με την αναπνοή. Με συνεχή πειράματα και επίμονες μετρήσεις, με μια σειρά από διάφορες ουσίες, διαπίστωσε ότι κάποιες από αυτές δεν είναι δυνατό να διασπαστούν σε απλούστερες (Εικ. 63). Τις ονόμασε «Χημικά Στοιχεία». Το 1778 δημοσίευσε μια λίστα χημικών στοιχείων σε ένα εγχειρίδιο Χημείας και στη συνέχεια έγραψε τη φημισμένη Στοιχειώδη Πραγματεία της Χημείας ("Traité Élémentaire de Chimie"). Σε αυτό το βιβλίο συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων τα χημικά στοιχεία: οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο, θείο, άνθρακας, φωσφόρος, αντιμόνιο, κοβάλτιο, χαλκός, χρυσός, σίδηρος, μαγγάνιο, μολυβδένιο, νικέλιο, λευκόχρυσος, άργυρος, κασσίτερος, βολφράμιο και ψευδάργυρος.

Την εποχή εκείνη επικρατούσε η φιλοσοφική αντίληψη ότι το νερό είναι ένα από τα τέσσερα βασικά χημικά στοιχεία που συνθέτουν τον υλικό κόσμο μας. Ο Lavoisier κατέρριψε τη θεωρία αυτή όταν διαπίστωσε ότι σταγονίδια υδρατμών σχηματίζονταν με την ανάφλεξη του υδρογόνου («εύφλεκτος αέρας» κατά τον Cavendish). Δεδομένου ότι με την καύση το υδρογόνο ενώνεται με το οξυγόνο και σχηματίζεται νερό, αυτόματα διευκρινίστηκε ότι το νερό αποτελεί μια χημική ένωση μεταξύ των δύο στοιχείων, υδρογόνο και οξυγόνο.

Στη συνέχεια, ο Lavoisier δημιούργησε ένα επαναστατικό και μεθοδικό λεξιλόγιο χημείας με νέους χημικούς όρους (όπως οξείδια, οξέα, άλατα κ) οι οποίοι καθιερώθηκαν στην επιστημονική κοινότητα και χρησιμοποιούνται έως σήμερα. Ανέτρεψε θεωρίες της εποχής του και έθεσε τις βάσεις για τις ανακαλύψεις των δυο επόμενων αιώνων.

3.2.5.2 Διδακτικό σενάριο: « Ανακάλυψη του οξυγόνου και μελέτη των ιδιοτήτων του»

Το Διδακτικό Σενάριο ξεκινά με την προβολή Power Point όπου γίνεται ιστορική αναδρομή της πορείας προς την ανακάλυψη του οξυγόνου από τους Scheele, Priestley και Lavoisier. Περιγράφεται η συμβολή κάθε επιστήμονα στην ανακάλυψη αυτή. Επισημαίνονται τα πειράματα της θερμικής διάσπασης του οξειδίου του υδραργύρου και της θερμικής διάσπασης του χλωρικού καλίου των Scheele και Priestley από τα οποία προέκυψε ένα «καινούργιο» αέριο με ιδιαίτερες ιδιότητες. Γίνεται αναφορά σχετικά με το ποια αέρια γνώριζαν ήδη την εποχή εκείνη (τον «εύφλεκτο αέρα» δηλαδή το υδρογόνο, τον «σταθεροποιημένο αέρα» δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα και τον φρέσκο αέρα). Επίσης, γίνεται αναφορά στις συγκεχυμένες και αντικρουόμενες απόψεις που κυριαρχούσαν περί καύσης. Διευκρινίζεται ποιες ήταν οι αντιλήψεις την εποχή εκείνη περί νερού και αέρα, ως δύο από τα τέσσερα βασικά στοιχεία που αποτελούν την ύλη. Περιγράφεται πώς καταρρίφθηκε η αντίληψη αυτή, μετά την ανακάλυψη του οξυγόνου, όταν δόθηκε από τον Lavoisier η ακριβής ερμηνεία της καύσης και του σχηματισμού των υδρατμών κατά την ανάφλεξη του υδρογόνου.

Μετά την προβολή του Power Point, οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις Φύλλου Εργασίας:

Φύλλο Εργασίας

- 1) Ποια πίστευαν στην αρχαιότητα ήταν τα τέσσερα στοιχεία του κόσμου;
- 2) Με την ανακάλυψη ποιου αερίου καταρρίφθηκε η αντίληψη αυτή;
- 3) Ποια άλλα αέρια είχαν απομονώσει και μελετήσει μέχρι τότε;
- 4) Ποιες ιδιότητες του οξυγόνου γνωρίζετε;

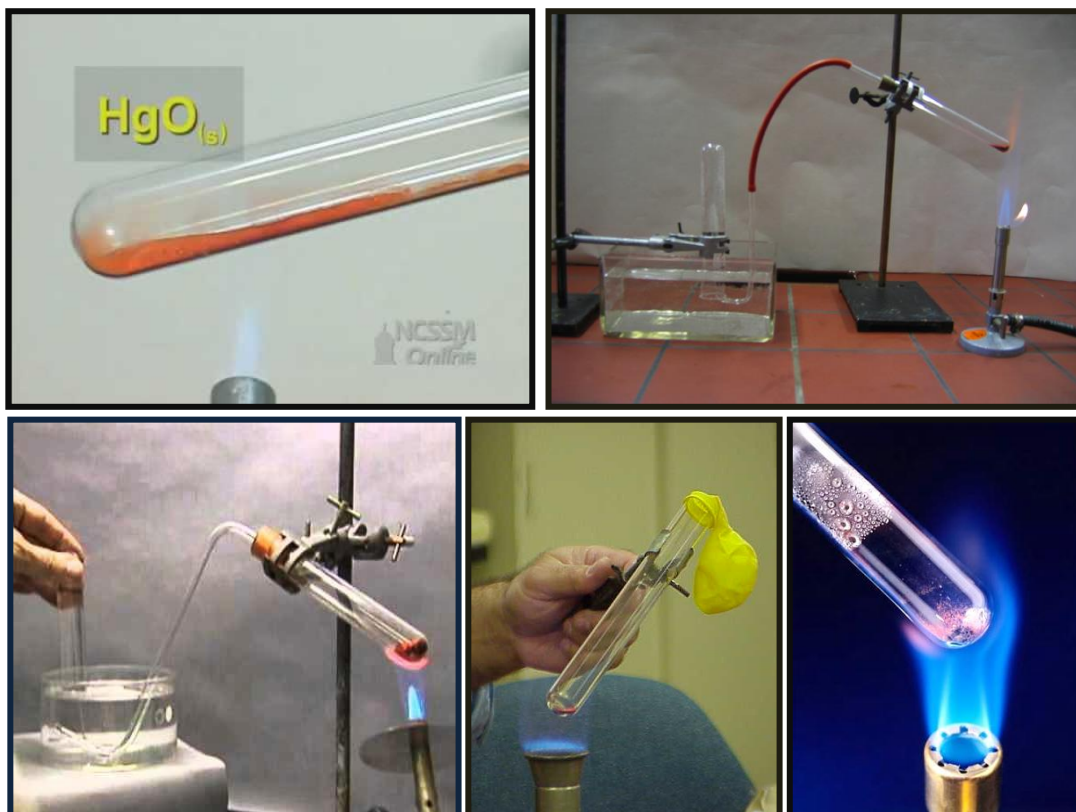
Στη συνέχεια προβάλλεται, σε Video, πείραμα της θερμικής διάσπασης του HgO .



Εικ. 64: Θερμική διάσπαση HgO

Πείραμα 1^ο: «Θερμική διάσπαση HgO και παραγωγή οξυγόνου»

Video: Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Χημεία Γυμνασίου. Ο Θαυμαστός Κόσμος της Χημείας (Β΄- Γ΄ Γυμνασίου)



Εικ. 64β: Θερμική διάσπαση HgO και παραγωγή οξυγόνου
(Πηγή: Ο Θαυμαστός Κόσμος της Χημείας Β΄- Γ΄ Γυμνασίου)

Στο πείραμα οι μαθητές παρατηρούν το σχηματισμό του υδραργύρου στο δοκιμαστικό σωλήνα καθώς με τη θέρμανση του πορτοκαλί οξειδίου του υδραργύρου HgO δημιουργείται ένα στερεό που έχει μεταλλικό ασημί χρώμα. Παράλληλα, παρατηρούν το σχηματισμό φυσαλίδων που προκαλεί το παραγόμενο οξυγόνο όταν διοχετεύεται με ένα λαστιχένιο σωλήνα σε ανεστραμμένο σωλήνα ο οποίος έχει βυθιστεί σε δοχείο με νερό (Εικ. 64). Ακολουθεί συζήτηση.

Έπειτα, οι μαθητές συμπληρώνουν Φύλλο Εργασίας.

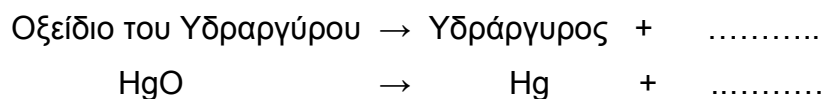
Φύλλο Εργασίας

- 1) Σχεδιάστε την πειραματική διάταξη.
- 2) Ποιο στερεό σχηματίστηκε στο δοκιμαστικό σωλήνα; Τι χρώμα έχει;
- 3) Γιατί παρατηρήθηκαν φυσαλίδες στο νερό; Από πού προήλθαν;

4) Ποιο αέριο παράχθηκε;

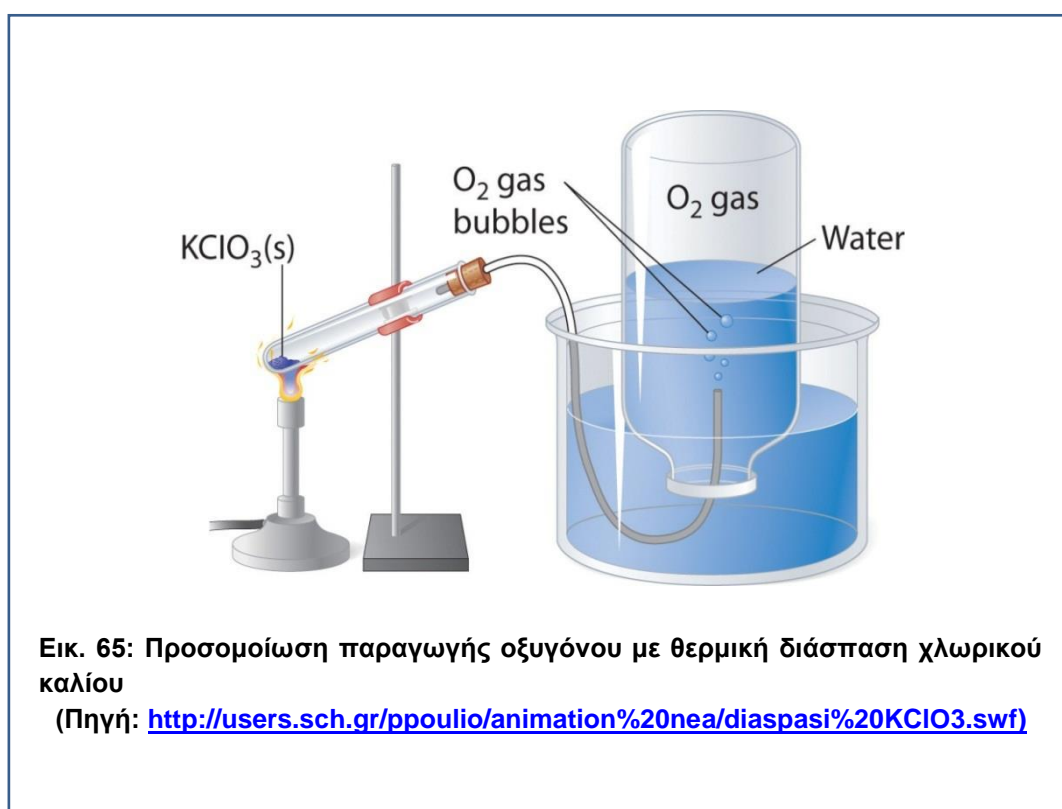
5) Παρατηρώντας τις φυσαλίδες μπορείτε να συμπεράνετε αν το αέριο αυτό είναι διαλυτό στο νερό;

5) Συμπληρώστε την εξίσωση:



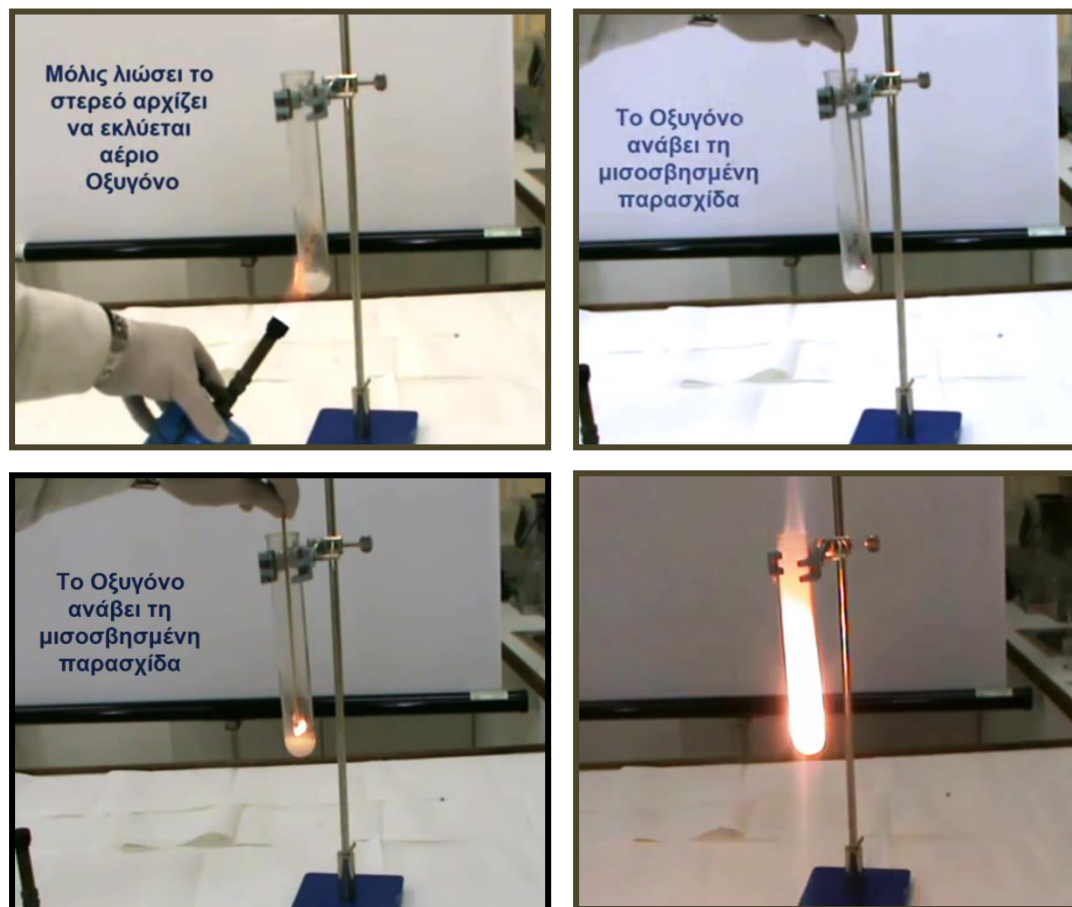
6) Πώς πιστεύετε ότι θα μπορούσαμε να ανιχνεύσουμε πειραματικά ποιο αέριο είναι αυτό που παράχθηκε; Στη συνέχεια ακολουθεί πειραματική ανίχνευση οξυγόνου.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Εναλλακτικά ή συμπληρωματικά θα μπορούσε να προβληθεί μια προσομοίωση παραγωγής οξυγόνου με θερμική διάσπαση του χλωρικού καλίου (Εικ. 65).



Πείραμα 2°

«Εντυπωσιακή ανίχνευση του οξυγόνου με παρασχίδα»



Εικ. 66: Ανίχνευση οξυγόνου με παρασχίδα
(Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=HzcNfvdyxaM>)

Εκτελούμε το πείραμα ή εναλλακτικά προβάλλουμε το video. Στο video αυτό οι μαθητές παρακολουθούν τη θέρμανση του χλωρικού καλίου σε δοκιμαστικό σωλήνα έως ότου λιώσει. Όταν λιώσει αρχίζει να παράγεται το αέριο οξυγόνο. Διακόπτουμε τη θέρμανση και προσθέτουμε μια σβησμένη παρασχίδα η οποία αναζωπυρώνεται εντυπωσιακά καθώς εξακολουθεί να παράγεται οξυγόνο από τη συνεχή διάσπαση το χλωρικού καλίου (Εικ. 66).

Ακολουθεί συζήτηση.

Οι μαθητές συμπληρώνουν Φύλλο Εργασίας.

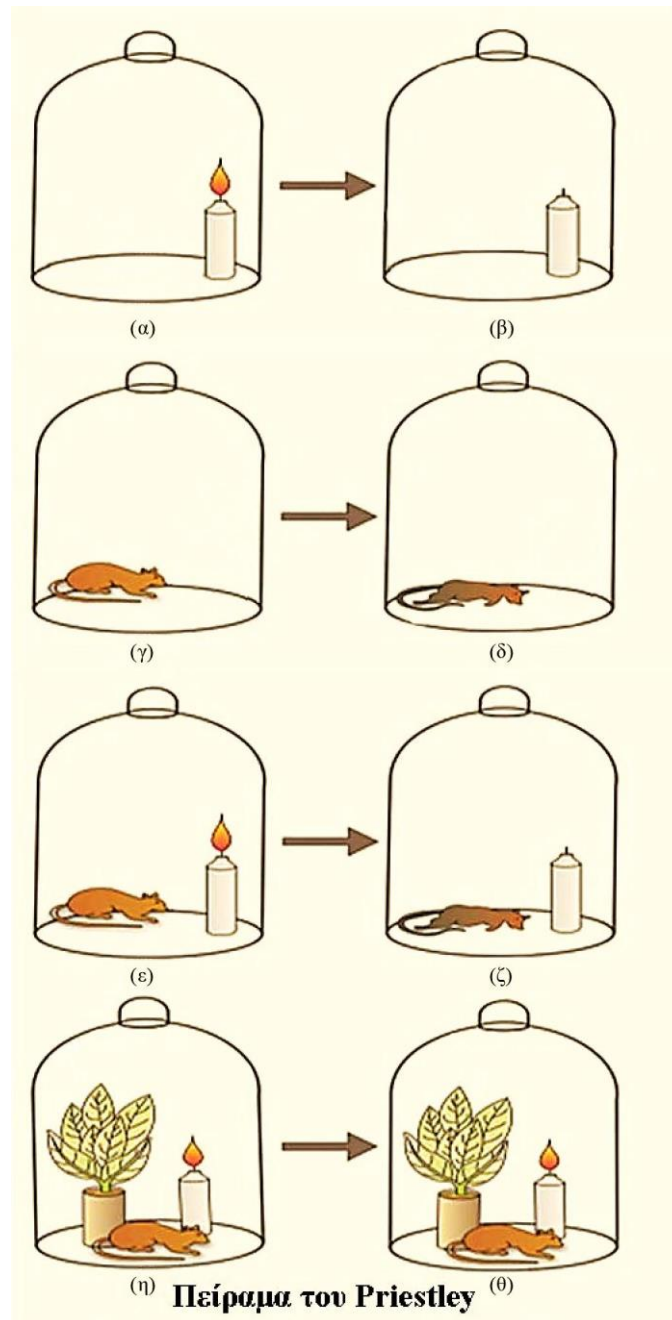
Φύλλο Εργασίας

- 1) Ποιο αέριο ελευθερώθηκε από τη θέρμανση του χλωρικού καλίου;
- 2) Γιατί αναζωπυρώθηκε η παρασχίδα;
- 3) Ποιες ιδιότητες του αερίου αυτού διαπιστώνετε από το πείραμα 1 & 2;

(άχρωμο, άοσμο, αναζωπυρώνει τη φλόγα)

Δραστηριότητα: Σύνδεση καύσης και αναπνοής (Πείραμα J. Priestley)

Περιγράφουμε τα πειράματα που έκανε ο Priestley στην προσπάθειά του να διερευνήσει τις ιδιότητες του αερίου αυτού (Εικ. 67). Ζητάμε από τους μαθητές να σχολιάσουν τις εικόνες και να διατυπώσουν τις διαπιστώσεις που έκανε τότε ο Priestley απαντώντας στα ερωτήματα του Φύλλου Εργασίας.



Εικ. 67: Το πείραμα του Priestley

Φύλλο Εργασίας

1) Εικόνες α,β: Γιατί το κερί σβήνει;

(Ο αέρας περιέχει κάποιο συστατικό απαραίτητο για την καύση)

2) Εικόνες γ,δ: Γιατί το ποντίκι πεθαίνει;

(Ο αέρας περιέχει, επίσης, ένα συστατικό απαραίτητο για την αναπνοή. Άραγε το ίδιο ή διαφορετικό;)

3) Εικόνες ε,δ: Γιατί το ποντίκι πεθαίνει και το κερί σβήνει σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα όταν συνυπάρχουν στο δοχείο;

(Το ίδιο συστατικό του αέρα είναι απαραίτητο για την αναπνοή και την καύση)

4) Εικόνες η,θ: Γιατί παρατείνεται ο χρόνος ζωής του ποντικού και η καύση του κεριού όταν υπάρχει και ένα φυτό στο κλειστό δοχείο;

(Τα φυτά παράγουν, το συστατικό της ατμόσφαιρας που είναι απαραίτητο για την καύση και την αναπνοή)

5) Όταν το αέριο που παράγεται από τη θερμική διάσπαση διοχετεύεται στο κλειστό δοχείο με το αναμμένο κερί ή τον ποντικό παρατηρείται παράταση του χρόνου ζωής του ποντικού και της καύσης του κεριού. Μάλιστα το ποντίκι ζωηρεύει και η φλόγα του κεριού αναζωπυρώνεται. Τι πιστεύετε ότι συμπέρανε ο Priestley από τις παρατηρήσεις αυτές;

(Πρόκειται για το ίδιο αέριο σε κάθε περίπτωση. Το οξυγόνο)

6) Πιστεύετε ότι η αναπνοή και η καύση συνδέονται; Εξηγήστε.

(Και για τις δύο χημικές διαδικασίες είναι απαραίτητο το οξυγόνο)

Πείραμα 3^ο

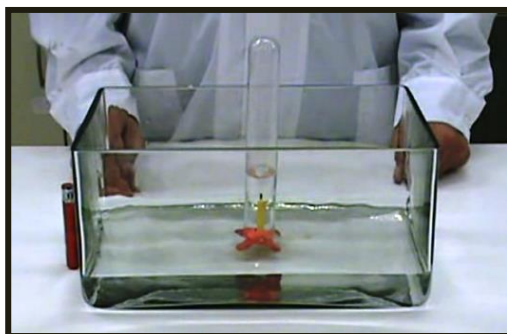
«Ο αέρας περιέχει οξυγόνο»

Προβάλλεται video επίδειξης του πειράματος «Ο αέρας περιέχει οξυγόνο» (Εικ. 68).

Στο video παρακολουθούμε τα εξής:

Δοκιμαστικός σωλήνας πλήρης σε αέρα τοποθετείται πάνω από αναμμένο κερί του οποίου το κάτω άκρο του στηρίζεται μέσα σε δοχείο με νερό. Ταυτόχρονα βυθίζεται στο νερό παγιδεύοντας έτσι τον αέρα που περιέχει. Το οξυγόνο που περιέχει ο αέρας καίγεται πλήρως και το κερί σβήνει. Μέρος του οξυγόνου που καίγεται μετατρέπεται σε ίσου όγκου διοξείδιο του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο οξυγόνο μετατρέπεται σε υδρατμούς που υγροποιούνται και καταλαμβάνουν μέρος του όγκου του οξυγόνου που καταναλώθηκε. Πριν

ξεκινήσουμε το πείραμα ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί όταν το αναμμένο κεριό τοποθετηθεί στη λεκάνη με το νερό και σκεπαστεί με τον ανεστραμμένο σωλήνα. Η απότομη άνοδος της στάθμης του νερού (αναρρόφηση νερού λόγω υποπίεσης) αντιστοιχεί σε μέρος του οξυγόνου που καταναλώθηκε στην καύση και τους υδρατμούς που υγροποιούνται.



**Εικ. 68: Στιγμιότυπο από video επίδειξης πειράματος
«Ο αέρας περιέχει οξυγόνο» (Διάρκεια: 29 sec)
(Πηγή: <http://photodentro.edu.gr>)**

Φύλλο Εργασίας

1) Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί όταν το αναμμένο κεριό τοποθετηθεί στη λεκάνη με το νερό και σκεπαστεί με τον ανεστραμμένο σωλήνα όπως φαίνεται στη διάταξη; Εξηγήστε.

2) Γιατί πιστεύετε ότι έσβησε το κεριό;

(Καταναλώθηκε όλο το οξυγόνο του αέρα)

3) Γιατί ανέβηκε η στάθμη του νερού στο σωλήνα;

(Οι υδρατμοί υγροποιούνται, δημιουργείται υποπίεση και προκαλείται αναρρόφηση νερού το οποίο καταλαμβάνει μέρος του όγκου του οξυγόνου που καταναλώθηκε στην καύση)

4) Γιατί δεν ανεβαίνει η στάθμη του νερού μέχρι το ανώτερο σημείο του ανεστραμμένου σωλήνα;

(Διότι ο αέρας περιέχει και άλλα αέρια – κυρίως άζωτο - που δεν συμμετείχαν στην καύση, τα οποία έχουν απομείνει στο σωλήνα μαζί με τα προϊόντα της καύσης)

Πείραμα 4^ο

«Το νερό: Στοιχείο ή χημική ένωση;»

Οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί το υδρογόνο και επαναλαμβάνουν το πείραμα παραγωγής του υδρογόνου και ανάφλεξης προς σχηματισμό υδρατμών.

Διαδικασία

Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστίθεται μικρή ποσότητα ρινισμάτων δραστικού μετάλλου (είτε μαγνησίου, είτε ψευδαργύρου) και στη συνέχεια 5 mL διαλύματος HCl 1M. Αμέσως, σκεπάζουμε το δοκιμαστικό σωλήνα με έναν άλλο στεγνό δοκιμαστικό σωλήνα που τοποθετείται ανεστραμμένος επάνω στον πρώτο. Παρατηρείται η παραγωγή άχρωμου και άοσμου αερίου σαν καπνός. Επίσης, καθώς ο μαθητής κρατά τον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα



Εικ. 69: α. Ανάφλεξη υδρογόνου



β. Υδρατμοί σχηματίζονται εσωτερικά στα τοιχώματα του δοκιμαστικού σωλήνα

BBC Four. Chemistry, A Volatile History

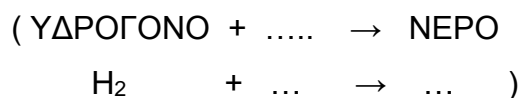
νιώθει το σωλήνα να θερμαίνεται. Το αέριο λόγω μικρής πυκνότητας ανέρχεται και εγκλωβίζεται στο δεύτερο σωλήνα. Έπειτα, απομακρύνουμε προσεκτικά το δεύτερο σωλήνα και πλησιάζουμε σε αυτόν ένα αναμμένο αναπτήρα. Αμέσως προκαλείται χαρακτηριστικός κρότος, στιγμιαία λάμψη και τέλος απομένουν σταγόνες στο σωλήνα μετά την έκρηξη (Εικ. 69). Επίσης, οι μαθητές έχουν τοποθετήσει θερμομέτρο στον πρώτο σωλήνα πριν και μετά την προσθήκη HCl, για να διαπιστώσουν την άνοδο της θερμοκρασίας. Ακολουθεί συζήτηση και οι μαθητές συμπληρώνουν Φύλλο Εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

1) Ποια ουσία πιστεύετε ότι είναι τα σταγονίδια που σχηματίστηκαν από την ανάφλεξη του υδρογόνου;

2) Με ποιο συστατικό αντέδρασε το υδρογόνο με την καύση;

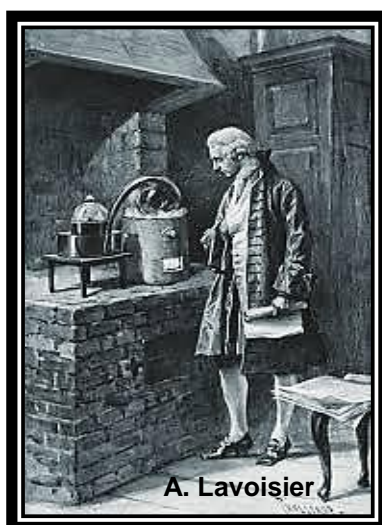
3) Συμπληρώστε την εξίσωση του σχηματισμού των υδρατμών.



4) Από ποια συστατικά αποτελείται το νερό;

5) Πώς πιστεύετε ότι καταρρίφθηκε η αντίληψη ότι το νερό είναι το ένα από τα τέσσερα στοιχεία του κόσμου όταν ο Lavoisier παρατήρησε το σχηματισμό των υδρατμών;

Στη συνέχεια ακολουθεί συζήτηση και προβάλλεται ένα Power Point όπου παρουσιάζεται η μεγάλη συμβολή του Lavoisier στη θεμελίωση της Χημείας ως επιστήμης. Εξηγούμε την οριστική ανατροπή που έφερε στις υπάρχουσες ασαφείς και αντικρουόμενες αντιλήψεις περί ύλης την εποχή εκείνη. Πρώτος ο Lavoisier είχε το θάρρος να υποστηρίξει ότι το οξυγόνο είναι χημικό στοιχείο. Όρισε τα χημικά στοιχεία ως τις ουσίες που δε μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες. Έδειξε ότι το νερό αποτελείται από οξυγόνο κι υδρογόνο οπότε το όρισε ως χημική ένωση. Δημιούργησε γενικότερα ένα επαναστατικό λεξιλόγιο στη Χημεία που χρησιμοποιούμε έως σήμερα και έθεσε τα θεμέλια για τις ανακαλύψεις που ακολούθησαν.



Ηλεκτρολυτική διάσπαση νερού και ανίχνευση των αερίων που παράγονται (Αντίστροφο πείραμα)

Οι μαθητές ήδη γνωρίζουν ότι το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο. Αρχικά, τους θέτουμε το ερώτημα ποια συστατικά πιστεύουν ότι θα προέκυπταν αν καταφέρναμε να διασπάσουμε το νερό.

Στη συνέχεια, εκτελούμε το πείραμα της ηλεκτρολυτικής διάσπασης του νερού με τη Συσκευή Hoffman ή εναλλακτικά προβάλλοντας το εικονικό πείραμα από το Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Χημεία Γυμνασίου, Ο Θαυμαστός Κόσμος της Χημείας (Β΄- Γ΄ Γυμνασίου).

Πείραμα 5^ο

Ηλεκτρολυτική διάσπαση νερού με συσκευή Hoffman

Σκεύη – Συσκευές – Υλικά:

- 1) Συσκευή ηλεκτρόλυσης Hoffman με ηλεκτρόδια Pt
- 2) Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 18V ή μπαταρίες (4X4,5V)
- 3) Χωνί διήθησης
- 4) Αναπτήρας με μακρύ λαιμό
- 5) 2 καλώδια σύνδεσης με κροκοδειλάκια
- 6) 1 μικρός δοκιμαστικός σωλήνας
- 7) Παρασχίδα ανίχνευσης οξυγόνου (O₂)
- 8) Μονωτική ταινία για στερέωση των ηλεκτροδίων



Εικ. 70: Συσκευή Hoffman

Πειραματική διαδικασία:

1) Τοποθετούμε τα δύο ηλεκτρόδια της Συσκευής Hoffman (Εικ. 70). Επειδή υπάρχει κίνδυνος να αποσυνδεθούν, λόγω της πίεσης που ασκεί το διάλυμα του θειικού οξέος, τα στερεώνουμε στη γυάλινη συσκευή Hoffman με τη βοήθεια μονωτικής ταινίας.

2) Με το διάλυμα του θειικού οξέος (H₂SO₄) 25% w/w, γεμίζουμε το βολτάμετρο τύπου Hoffman ως εξής:

Ανοίγουμε τη μία στρόφιγγα και προσθέτουμε το διάλυμα του οξέος από το μεσαίο σωλήνα.

Το διάλυμα πρέπει να φτάσει μέχρι τη βάση της στρόφιγγας και όχι μέσα σ' αυτήν.

Κλείνουμε τη στρόφιγγα αυτή και ανοίγουμε την άλλη ώστε να γεμίσει και ο άλλος σωλήνας με τον ίδιο ακριβώς τρόπο.

Συμπληρώνουμε το μεσαίο σωλήνα με το διάλυμα του οξέος μέχρι το σημείο που αρχίζει να διευρύνεται.

3) Συνδέουμε τα ηλεκτρόδια της συσκευής, με τη βοήθεια των καλωδίων που φέρουν κροκοδειλάκια, με τους πόλους του τροφοδοτικού συνεχούς ρεύματος με τάση περίπου 18V ή με 4 μπαταρίες των 4,5 V συνδεδεμένες σε σειρά.

4) Μετά τη διέλευση 10-15 λεπτών καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

Ακολουθεί συζήτηση και ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν ποια αέρια προέκυψαν και πώς θα μπορούσαμε να τα ανιχνεύσουμε και να τα ταυτοποιήσουμε.

Ακολουθεί Φύλλο Εργασίας που συμπληρώνεται από τους μαθητές.

Φύλλο Εργασίας

1) Γιατί παρατηρούνται φυσαλίδες σε κάθε ηλεκτρόδιο;

(Παράγεται αέριο)

2) Από πού προέρχονται οι φυσαλίδες που παράγονται;

(Από τη διάσπαση του νερού)

3) Ποιους τρόπους πειραματικής ανίχνευσης θα προτείνατε για να διαπιστώσετε ποιο αέριο συλλέγεται σε κάθε σωλήνα;

4) Ποιο αέριο τελικά ανιχνεύεται σε κάθε σωλήνα (βλέπε Εικ. 71);

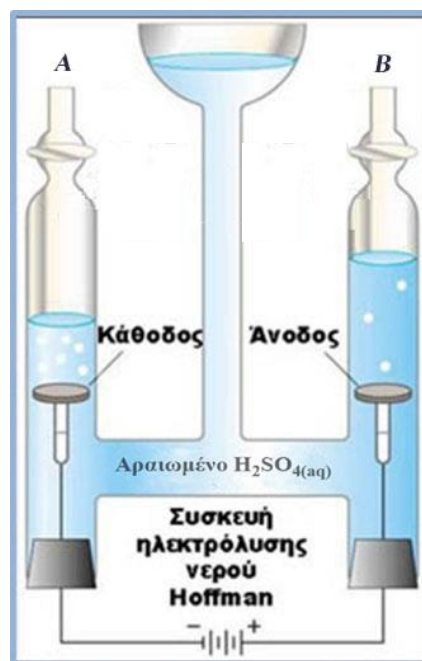
ΣΩΛΗΝΑΣ Α:

ΣΩΛΗΝΑΣ Β:

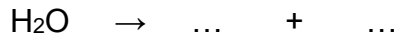
5) Ποια είναι η αναλογία όγκων των δύο αερίων που παρατηρήσατε στους δύο σωλήνες;

6) Συμπληρώστε την εξίσωση:

$\text{NEPO} \rightarrow \dots + \dots$



Εικ. 71: Συσκευή Hoffman



7) Το νερό είναι στοιχείο ή χημική ένωση; Εξηγήστε.

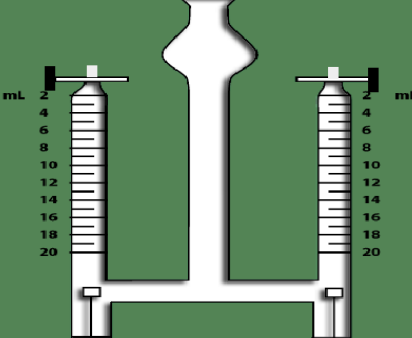
Δραστηριότητα:

Ηλεκτρολυτική διάσπαση νερού και χημική σύσταση

Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού

1. Γεμίζουμε τη συσκευή ηλεκτρόλυσης (Hofmann) με υδατικό διάλυμα θειικού οξέος 20% v/v.

ΕΝΑΡΞΗ



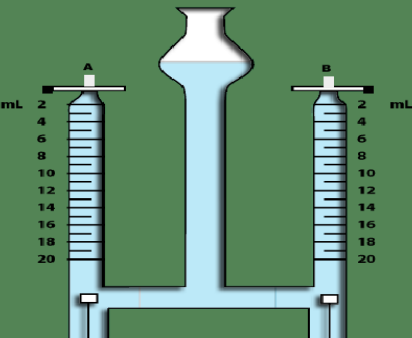
Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού

2. Κλείνουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα. Θα παρατηρήσουμε ότι παράγονται δύο αέρια πάνω από τα καλώδια που καταλήγουν στο εσωτερικό της συσκευής.

Να καταγράψεις τα mL αερίου που παράγονται στο σωλήνα A και B, στους χρόνους που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Χρόνος (s)	Όγκος A (mL)	Όγκος B (mL)
55		
90		
120		
152		
184		



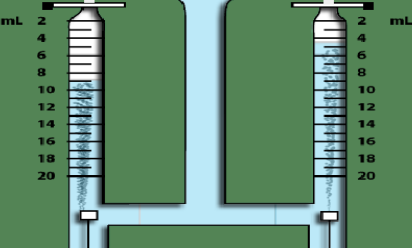
Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού

Χρόνος (s) 135

2. Κλείνουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα. Θα παρατηρήσουμε ότι παράγονται δύο αέρια πάνω από τα καλώδια που καταλήγουν στο εσωτερικό της συσκευής.

Να καταγράψεις τα mL αερίου που παράγονται στο σωλήνα A και B, στους χρόνους που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνος (s)	Όγκος A (mL)	Όγκος B (mL)
55	4	2
90	6	3
120	8	4
152	0	0
184	0	0



Εικ. 72: Στιγμιότυπα διαδραστικής προσομοίωσης «Ηλεκτρολυτική Διάσπαση Νερού» (Πηγή: Φωτόδεντρο)

Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές εκτελούν το διαδραστικό εικονικό εργαστήριο της ηλεκτρολυτικής διάσπασης του νερού και καταγράφουν σε πίνακα τους όγκους των δύο αερίων που παρατηρούν σε διάφορους χρόνους (Εικ. 72). Έτσι, έχουν την ευκαιρία να διαπιστώσουν τη σταθερή αναλογία

όγκων υδρογόνου και οξυγόνου στο νερό. Τέλος, καταγράφουν τη σχέση των δύο όγκων (2:1).

Επιπλέον, τους δίνεται σε πίνακα η μάζα κάθε αερίου που παράγεται στους αντίστοιχους χρόνους που μελετήθηκαν. Οι μαθητές ανακαλύπτουν τη σταθερή σχέση μαζών H/O στο νερό και εξασκούνται σε υπολογισμούς με σκοπό την εξοικείωση με την έννοια της σταθερής σύστασης των διαφόρων χημικών ενώσεων.

Η δραστηριότητα συνοδεύεται από Φύλλο Εργασίας. Η ερώτηση 12 γίνεται ανάλογα με το αν οι μαθητές έχουν διδαχθεί την ατομική θεωρία.

Φύλλο Εργασίας

1) Με τη διάσπαση του νερού διαπιστώνουμε ότι το νερό είναι στοιχείο ή χημική ένωση;

2) Πιστεύετε ότι το νερό έχει σταθερή ή μεταβλητή σύσταση;

3) Ποιο αέριο περιέχεται σε κάθε σωλήνα αν γνωρίζετε ότι το αέριο του Σωλήνα Α αναφλέγεται προκαλώντας κρότο και λάμψη, ενώ το αέριο του Σωλήνα Β αναζωπυρώνει μια σβησμένη παρασχίδα;

Σωλήνας Α:

Σωλήνας Β:

4) Ποια είναι η σχέση των όγκων των δύο αερίων υδρογόνο-οξυγόνο (H/O) που προκύπτουν από την ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού;

4) Να υπολογίσετε πόσα mL υδρογόνου και πόσα mL οξυγόνου θα ελευθερωθούν από τη διάσπαση 30 mL νερού.

5) Πόσα mL οξυγόνου απαιτούνται να ενωθούν χημικά με 60 mL υδρογόνου και πόσα mL νερού θα σχηματιστούν;

6) Ζυγίζοντας τα δύο αέρια στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές του πειράματος παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 1. Πειραματικές μετρήσεις				
Χρόνος (s)	Όγκος A (mL)	Όγκος B (mL)	Μάζα A (mg)	Μάζα B (mg)
55	4	2	0,4	3,2
90	6	3	0,6	4,8
120	8	4	0,8	6,4
152	10	5	1,0	8,0
184	12	6	1,2	9,6

Ποια είναι η σχέση μαζών των δύο στοιχείων υδρογόνου-οξυγόνου (H/O) που περιέχονται στο νερό;

7) Να υπολογίσετε πόσα g υδρογόνου και πόσα g οξυγόνου θα ελευθερωθούν αν διασπάσουμε 90 g νερού.

8) Πόσα g οξυγόνου απαιτούνται να ενωθούν χημικά με 20 g υδρογόνου και πόσα g νερού θα σχηματιστούν;

9) Επαναλαμβάνοντας αντίστοιχες μετρήσεις κατά τη διάσπαση του διοξειδίου του άνθρακα διαπιστώσαμε ότι ελευθερώνει άνθρακα και οξυγόνο με σταθερή αναλογία μαζών άνθρακα προς οξυγόνο (C/O) 3:8. Να υπολογίσετε πόσα g άνθρακα και πόσα g οξυγόνου ελευθερώνονται από τη διάσπαση 55 g διοξειδίου του άνθρακα.

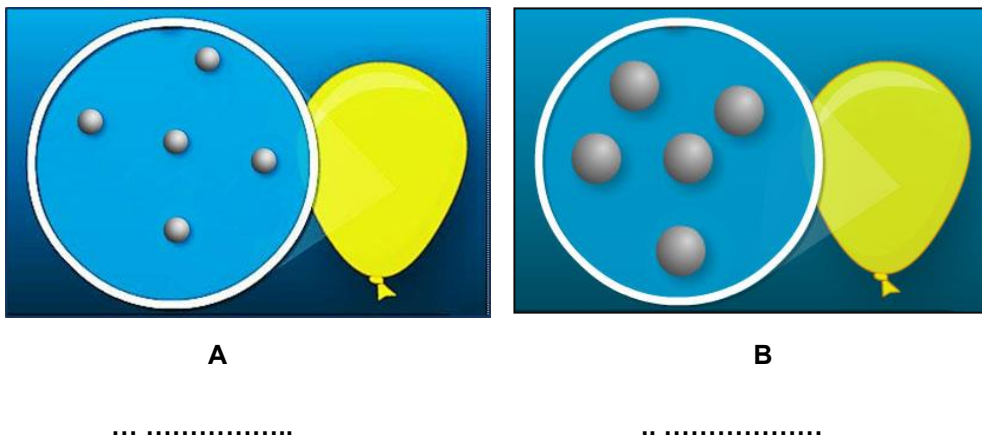
10) Η αναλογία μαζών (1:8) δε συμπίπτει με την αναλογία όγκων (2:1) υδρογόνου-οξυγόνου που ελευθερώνονται με τη διάσπαση του νερού. Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;

11) Υπολογίστε την πυκνότητα κάθε αερίου αξιοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 1. Ποιο από τα δύο αέρια είναι πυκνότερο στις ίδιες συνθήκες; Ποιος είναι ο λόγος των πυκνοτήτων H/O;

12) Σύμφωνα με την υπόθεση Avogadro ίσοι όγκοι αερίων, στις ίδιες συνθήκες, περιέχουν ίσο αριθμό σωματιδίων. Με δεδομένο αυτό, ο λόγος των πυκνοτήτων εκφράζει το λόγο των μαζών των σωματιδίων (μόρια) των δύο αερίων.

α) Ποια είναι η σχέση μαζών των σωματιδίων των δύο αερίων;

β) Αντιστοιχίστε τις εικόνες A και B με τα αέρια (υδρογόνο και οξυγόνο) που ελευθερώνονται από τη διάσπαση του νερού.



Δραστηριότητα: Αρχή διατήρησης μάζας

Η δραστηριότητα ξεκινά με την προβολή Power Point όπου παρουσιάζουμε την ιδιαίτερη συμβολή του Lavoisier στη συγκεντρωτική μελέτη των ανακαλύψεων και πειραματισμών διάφορων ερευνητών της εποχής του, σε συνδυασμό με τις δικές του πειραματικές μετρήσεις. Το μεγάλο πάθος του για την επιστήμη αλλά και η κοινωνική του θέση επέτρεπαν στον Lavoisier να οργανώνει σπίτι του συνεστιάσεις με σπουδαίους ερευνητές, όπου αντάλασσαν ιδέες και επιστημονικές απόψεις. Επισημαίνουμε την εμμονή του με τον ακριβή σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, με ακριβείς πάντα μετρήσεις πριν και μετά το πείραμα. Αυτή ακριβώς η προσήλωσή του τον οδήγησε στη σύλληψη της μεγάλης ιδέας: της Αρχής Διατήρησης Μάζας. Η ιδέα υπήρχε σαφώς από παλιότερα, ακόμα και από την αρχαιότητα, όμως απέκτησε καθαρότητα και σαφήνεια από τον Αντουάν Λαβουαζιέ.

Παρεμβάλλουμε ένα σύντομο μεταγλωτισμένο Video το οποίο ζωντανεύει τη σκηνή όπου ο Lavoisier βρίσκεται στο εργαστήριό του και περιγράφει στους προσκεκλημένους του, επιστήμονες της εποχής, με τη βοήθεια της συζύγου του, το πείραμα το οποίο τον οδηγεί στη σύλληψη της ιδέας ότι η φύση είναι ένα κλειστό σύστημα το οποίο υπακούει στην Αρχή Διατήρησης Μάζας (Εικ. 73).

VIDEO ΔΡΑΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (Διάρκεια 4:41 min)



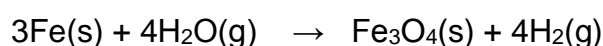
Εικ. 73: Απόσπασμα (διάρκειας 4:41 min) από το 27^ο min 50^ο της ταινίας “Einstein ‘s Big Idea”, βασισμένη στο βιβλίο «E=mc², Η βιογραφία της πιο διάσημης εξίσωσης στον κόσμο» του Bodanis D.

(Πηγή:<https://www.youtube.com/watch?v=x9iZq3ZxbO8&list=PL2RhsrPJmzvX-XLY1et-S2HK5qZH0dd8l>)

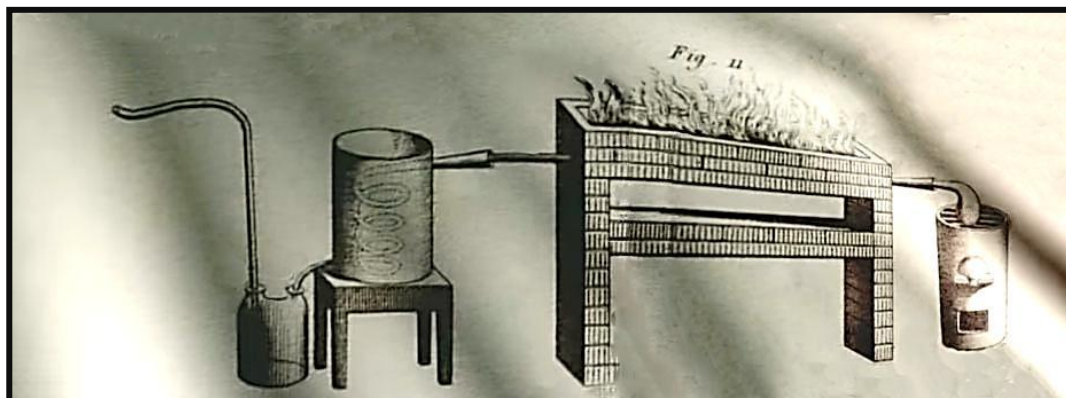
Περίληψη του Video:

Ο Lavoisier πειραματίζεται με τη θέρμανση νερού σε κλειστό σύστημα το οποίο διαβιβάζει τους ατμούς που παράγονται, μέσα από σωλήνα ερυθροπυρωμένου σιδήρου. Στη συνέχεια, οι ατμοί διαβιβάζονται μέσα από σύστημα ψύξης όπου συλλέγεται το νερό και ένα αέριο (Εικ. 74). Ο Lavoisier διερευνώντας τι έχει συμβεί διαπιστώνει ότι το άθροισμα της μάζας του νερού και του αερίου που συλλέγει είναι λιγότερο από την αρχική ποσότητα νερού. Αναζητώντας πού οφείλεται η ελάττωση μάζας, συγκρίνει τη μάζα του σωλήνα, πριν και μετά το πείραμα, και διαπιστώνει ότι έχει αυξηθεί. Η αύξηση αυτή είναι ίση με το έλλειμμα μάζας που είχε διαπιστώσει στα προϊόντα συλλογής. Επιβεβαιώνει λοιπόν την ιδέα ότι τίποτα δε χάνεται σε μια μετατροπή.

Η αντίδραση που είχε πραγματοποιηθεί είναι:



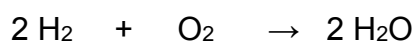
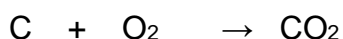
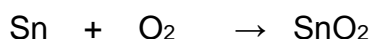
Η αύξηση μάζας του σωλήνα οφειλόταν στο οξυγόνο που αντέδρασε με το σίδηρο, ενώ το αέριο που είχε ελευθερωθεί (το υδρογόνο) δε θα μπορούσε να είναι ο αέρας διότι το άγνωστο αέριο ήταν εύφλεκτο και ελαφρύτερο του αέρα.



Εικ. 74: Η διάταξη του πειράματος του Lavoisier διαβίβασης υδρατμών μέσα από ερυθροπυρωμένο σίδηρο

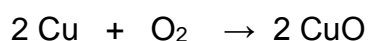
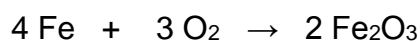
Κατόπιν, επισημαίνουμε τη μεγαλοφυΐα του Lavoisier στην οποία έγκειται η ιδέα της εκτέλεσης του αντίστροφου πειράματος, εκτός από το ευθύ πείραμα που επαναλάμβανε για να ερμηνεύσει τόσο τα δικά του ευρήματα όσο και άλλων ερευνητών.

Με το αντίστροφο πείραμα, διαπίστωσε ότι το προϊόν καύσης του υδραργύρου είχε αυξημένη μάζα σε σχέση με τον αρχικό υδράργυρο και η αύξηση αυτή ήταν ίση με την ελάττωση μάζας του οξειδίου του υδραργύρου κατά τη θερμική διάσπασή του, στο πείραμα των Priestley και Scheele. Επίσης, η ελάττωση αυτή ήταν ίση με την ελάττωση του αέρα που καταναλώθηκε στην καύση του υδραργύρου. Ο Lavoisier πειραματίστηκε με την καύση πολλών υλικών όπως θείου, κασσίτερου, φωσφόρου και μολύβδου και έτσι μπόρεσε να οδηγηθεί στη γενίκευση των παρατηρήσεών του.



Διευκρινίζουμε ότι ο Lavoisier συνέδεσε το φαινόμενο της καύσης με τη χημική ένωση των υλικών με το οξυγόνο ξεδιαλύνοντας οριστικά το μυστήριο και τις

ασαφείς ιδέες της εποχής για την καύση. Επίσης, συνέδεσε την ένωση των υλικών με το οξυγόνο με το γενικότερο φαινόμενο της οξειδωσης και διάβρωσης όπως, για παράδειγμα, του σκουριάσματος του σιδήρου και το πρασίνισμα του χαλκού. Η ένωση των στοιχείων με το οξυγόνο οδηγεί στο σχηματισμό χημικών ενώσεων, τις οποίες ο Lavoisier ονόμασε οξείδια.



Επιπλέον, επισημαίνουμε την οξειδωση των τροφών και τις βιολογικές καύσεις ως την ένωση των τροφών με το οξυγόνο καθώς είναι γνωστό ότι οι οργανισμοί προσλαμβάνουν οξυγόνο με την αναπνοή.

Τέλος, εξηγούμε ότι το οξυγόνο της ατμόσφαιρας που καταναλώνουν οι ζωντανοί οργανισμοί αναπληρώνεται με τη φωτοσύνθεση.

Ακολουθεί πειραματική δραστηριότητα.

Πειραματική δραστηριότητα:

Επίδειξη ανάφλεξης μαγνησίου και μέτρηση μεταβολής μάζας του μετάλλου

Εισαγωγή

Το μαγνήσιο είναι ένα πολύ δραστικό στερεό μέταλλο με αργυρόλευκο χρώμα. Αναφλέγεται εύκολα παράγοντας εντυπωσιακά ένα πολύ έντονο λευκό φως, γι' αυτό χρησιμοποιείται για να προσθέσει λευκούς σπινθήρες ή για να βελτιώσει τη συνολική λάμψη του πυροτεχνήματος. Παλαιότερα, χρησιμοποιούνταν στα φλας των φωτογραφικών μηχανών.

Προφυλάξεις

Το μαγνήσιο είναι επικίνδυνο όταν είναι υγρό γιατί γίνεται ακόμη πιο δραστικό και αναφλέγεται εύκολα σε επαφή με νερό ή υγρά υλικά.

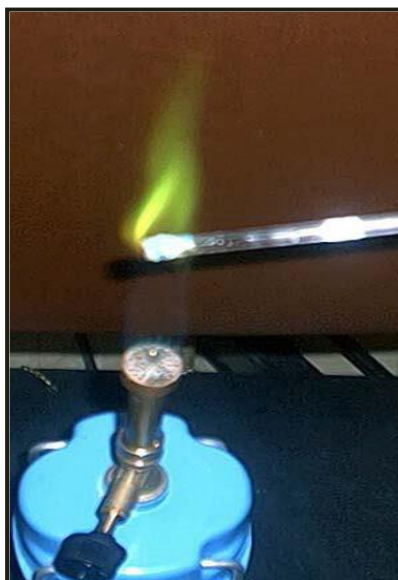
Προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα, στα μάτια και στην αναπνευστική οδό.

Η παρακολούθηση του λευκού φωτός που παράγει μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην όραση.

Η επίδειξη του πειράματος ανάφλεξης πρέπει να γίνει με μικρή ποσότητα μαγνησίου. Ωστόσο, πάλι απαιτείται να ληφθούν προφυλάξεις. Ο διδάσκων πρέπει να φορά ειδικά προστατευτικά γυαλιά και η επίδειξη να γίνει κρατώντας μια απόσταση από τους μαθητές.

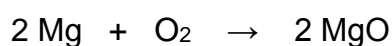
Διαδικασία

Ζυγίζουμε μια ποσότητα Mg (ταινία Mg) και ζητάμε από τους μαθητές να καταγράψουν τη μέτρηση. Στη συνέχεια, κρατώντας την ταινία Mg με μια ξύλινη λαβίδα, πάνω από ένα δοχείο συλλογής, πλησιάζουμε μια φλόγα (Εικ. 75). Αμέσως ξεκινά η ανάφλεξη η οποία μετατρέπει το μέταλλο σε μια λευκή σκόνη την οποία συλλέγουμε.



Εικ. 75: Ανάφλεξη σκόνης μαγνησίου αφού έρθει σε επαφή με τη φλόγα

Η αντίδραση που πραγματοποιήθηκε είναι:



Συμβουλεύουμε τους μαθητές να μην κοιτάζουν για πολλή ώρα το φως που παράγεται για να μη βλάψει την όρασή τους.

Ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν αν η μάζα θα έχει αυξηθεί ή ελαττωθεί. Ζυγίζουμε τη σκόνη που προκύπτει και οι μαθητές καταγράφουν το αποτέλεσμα.

Ακολουθεί η συμπλήρωση Φύλλου Εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

1) Πού οφείλεται η παραγωγή του φωτός που παρατηρήσατε;

Ποιο φαινόμενο πραγματοποιείται;

2) Συμπληρώστε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που πραγματοποιείται:

Μαγνήσιο + →

Mg + →

3) Προβλέψτε αν η μάζα του τελικού προϊόντος θα έχει μεταβληθεί και πώς (αύξηση/ελάττωση).

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

4) Καταγράψτε την αρχική μάζα του μαγνησίου και του τελικού προϊόντος που μετρήσατε στο πείραμα:

Μάζα Μαγνησίου:

Μάζα Προϊόντος:

Πού οφείλεται η αύξηση που παρατηρείτε;

5) Πόσο οξυγόνο αντέδρασε; Σε ποια αρχή στηρίζετε για να απαντήσετε στο ερώτημα;

6) Προβλέψτε ποια θα είναι η μεταβολή μάζας του τελικού προϊόντος αν το πείραμα επαναληφθεί με 10πλάσια ποσότητα μαγνησίου.

7) Πότε πιστεύετε ότι έχει μεγαλύτερη μάζα ένα σιδερένιο καρφί, όταν είναι σκουριασμένο ή πριν αλλοιωθεί;

8) Περιγράψτε ένα φαινόμενο οξειδωσης και ένα φαινόμενο καύσης από την καθημερινότητά σας. Ποιες είναι οι ομοιότητες μεταξύ των δύο φαινομένων και ποιες είναι οι διαφορές που εντοπίζετε;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ (1803)

*Ἀρχάς εἶναι τῶν ὅλων ἀτόμους καὶ κενόν, τὰ δ' ἄλλα πάντα
νενομίσθαι.*

*Τὰ άτομα καὶ τὸ κενὸ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν πάντων, τὰ δευλόιπα εἶναι
κατασκευάσματα τοῦ νοῦ.*

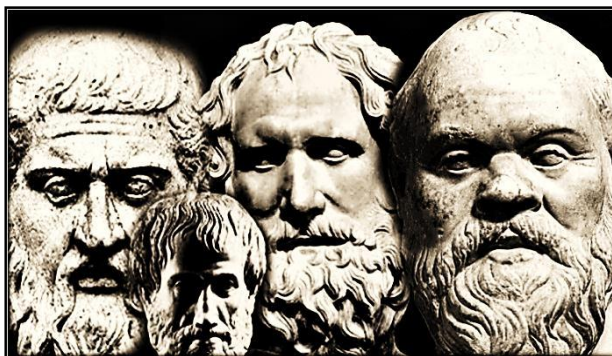
Δημόκριτος

4.1 Ἱστορικό πλαίσιο

4.1.1 Εισαγωγικά

Με τον όρο ατομική θεωρία εννοούμε, στη φιλοσοφία και τις φυσικές επιστήμες, τη θεωρία που υποστηρίζει ότι η ύλη συγκροτείται από μικροσκοπικά στοιχειώδη αδιάσπαστα σωματίδια που ονομάζονται άτομα. Η έννοια του ατόμου είναι θεμελιώδης για τη σύγχρονη επιστημονική θεώρηση του κόσμου. Στην πρώτη διάλεξή του στη φυσική, ο διάσημος φυσικός Richard Feynman είχε διατυπώσει το ερώτημα: «Αν καταστρεφόταν όλη η επιστημονική γνώση σε κάποιο κατακλυσμό και μόνο μια πρόταση διασωζόταν για τις επόμενες γενιές, ποια θα ήταν αυτή η πρόταση που θα περιείχε τις περισσότερες πληροφορίες με τις λιγότερες δυνατές λέξεις;». Στη συνέχεια είχε εκφράσει την άποψη:

«Πιστεύω ότι αυτή είναι η ατομική υπόθεση, ότι δηλαδή όλα τα πράγματα είναι φτιαγμένα από άτομα—μικρά σωματίδια, τα οποία βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και τα οποία αλληλοέλκονται όταν βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και αλληλοαπωθούνται όταν πιέζονται το ένα πάνω στο άλλο» (Feynman et al. 1963).



Εικ. 76: Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι

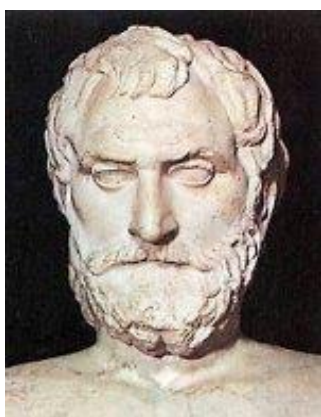
σωματίδια, τα οποία βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και τα οποία αλληλοέλκονται όταν βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και αλληλοαπωθούνται όταν πιέζονται το ένα πάνω στο άλλο» (Feynman et al. 1963).

4.1.2 Ο διάλογος στην αρχαιότητα γύρω από τη δομή της ύλης & η αναβίωση της Ατομικής Θεωρίας

Οι Έλληνες φυσικοί φιλοσόφοι (7ου - 5ου αιώνα π.Χ.) υπήρξαν οι πρώτοι που αναζήτησαν την πρωταρχική φύση του κόσμου και ερμήνευσαν τη λειτουργία του φυσικού κόσμου, αποφεύγοντας την επίκληση στο υπερφυσικό, το θείο, το μυστήριο, και κατά συνέπεια το ανεξιχνίαστο.

Θεωρούνται για αυτό ως «προ-επιστήμονες» (Εικ. 76).

Προσπάθησαν να αναγάγουν την πολυπλοκότητα της φύσης σε κάποιες απλές και στοιχειώδεις οντότητες και να ερμηνεύσουν κάθε φυσικό γεγονός με βάση αυτές τις παραδοχές αναπτύσσοντας την αντίστοιχη κοσμοθεωρία.



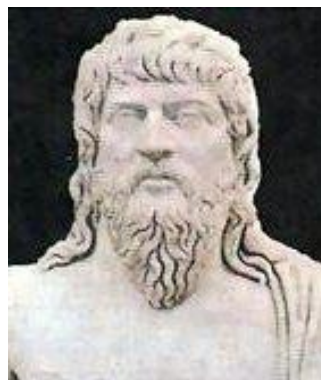
Θαλής
(624-546 π.Χ.)



Αναξίμανδρος
(~610 – 546 π.Χ.)



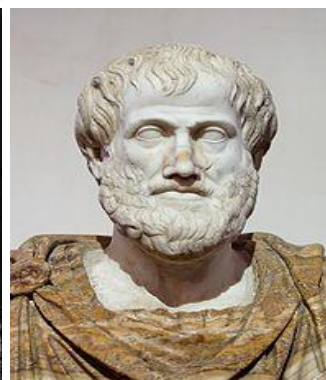
Αναξίμενης
(~585 – 528 π.Χ.)



Ηράκλειτος
(~535 – 475 π.Χ.)



Εμπεδοκλής
(~490 – ~430 π.Χ.)

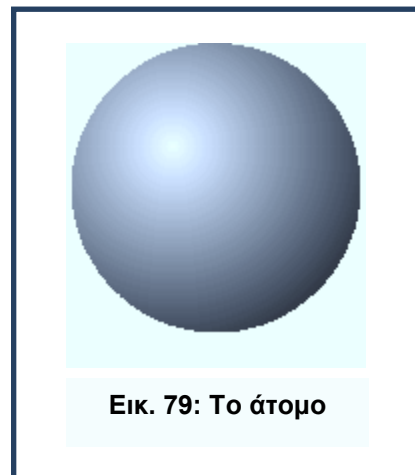
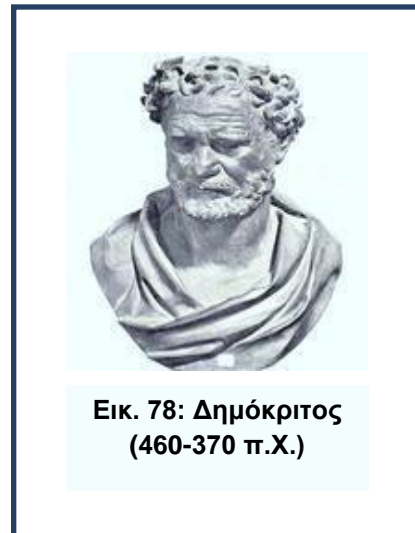


Αριστοτέλης
(384 – 322 π.Χ.)

Εικ. 77: Έλληνες φιλόσοφοι

Κατά την αναζήτηση αυτή διατυπώθηκαν διάφορες φιλοσοφικές απόψεις μέχρι την εμφάνιση της ατομικής θεωρίας του Δημόκριτου.

Αρχικά, ο Θαλής (~624 – ~546 π.Χ.) διατύπωσε την υπόθεση ότι η πρωταρχική φύση του κόσμου είναι το νερό, και ότι από αυτό προέρχονται όλα τα υπόλοιπα διότι είχε παρατηρήσει τα υγρά μεταβάλλονται σε αέρα, και ότι η υγρή γη μεταβάλλεται σε στερεή (όταν ξηραίνεται). Ακολουθεί ο Αναξίμανδρος (~610 – ~546 π.Χ.), μαθητής του Θαλή (αλλά μόλις περίπου κατά 14 χρόνια νεώτερός του) ο οποίος θεώρησε ότι η αρχή του κόσμου είναι το άπειρο. Ο Αναξίμενης (~585 – 528 π.Χ.), μαθητής του Αναξίμανδρου, αντίθετα με τον μέντορά του, υποστήριξε ότι υπάρχει μια πρωταρχική φύση όλων των πραγμάτων, και αυτή είναι ο αέρας. Ο Ηράκλειτος (~535 – ~475 π.Χ.) θεώρησε ότι το πρωταρχικό συστατικό του κόσμου είναι το πυρ και ότι η αλλαγή (ή αλλιώς η κίνηση) είναι ιδιότητα σύμφυτη με το καθετί στον κόσμο («τα πάντα ρει»). Ο Εμπεδοκλής (~490 – ~430 π.Χ.) υπήρξε ο θεμελιωτής της «θεωρίας των τεσσάρων ριζών» (δηλαδή στοιχείων) και υποστήριξε ότι οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από μίξη κατάλληλων ποσοτήτων από φωτιά, αέρα, νερό, και γη. Ο Αριστοτέλης (384 – 322 π.Χ.), ο πατέρας της λογικής, πρόσθεσε ένα πέμπτο στοιχείο στα τέσσερα του Εμπεδοκλή: τον αιθέρα, για τον οποίο είπε ότι αποτελεί την ουσία από την οποία συντίθενται τα ουράνια σώματα (Εικ. 77)



4.1.3 Λεύκιππος και Δημόκριτος

Ο πρώτος που διατύπωσε την υπόθεση ότι η ύλη αποτελείται από άτομα ήταν ο Λεύκιππος (Εικ. 80). Ο Λεύκιππος ήταν Έλληνας φυσικός φιλόσοφος του 5ου αι. π.Χ. από τη Μίλητο και υπήρξε δάσκαλος του Δημόκριτου. Ο Δημόκριτος συστηματοποίησε τη θεωρία του ατομισμού, της έδωσε βάθος αλλά και συνοχή. Δημιούργησε μια χαλαρή αλλά ενιαία κοσμοθεωρία για τον

κόσμο όσο και τον άνθρωπο και είπε ότι «το ον υπάρχει τόσο όσο και το μη ον».

Ο Δημόκριτος γεννήθηκε στα Άβδηρα της Θράκης (460 π.Χ.-370 π.Χ). Ήταν Έλληνας φυσικός φιλόσοφος και στοχαστής. Ταξίδεψε σε πολλά μέρη όπως Ινδία, Αίγυπτο και Βαβυλωνία (Εικ. 78). Νέος μαθήτευσε κοντά σε Αιγύπτιους ιερείς και Βαβυλώνιους μάγους όπου απέκτησε ένα τεράστιο πλούτο γνώσεων. Κατόπιν θήτευσε στη σχολή του Λεύκιππου, κοντά στον οποίο ανέπτυξε το ενδιαφέρον του για την ατομική θεωρία. Ήταν, γενικότερα, πολυμαθής και ασχολήθηκε με μαθηματικά, μουσική, μετεωρολογία, γλωσσολογία, τέχνη του πολέμου, κοσμολογία, αστρονομία, βιολογία, γεωλογία, γεωγραφία, λογική, ηθική, αισθητική, ιστορία, παιδεία. Έγραψε περίπου 70 βιβλία, τα οποία όμως δε σώζονται. Η βασικότερη σωζόμενη πηγή για το έργο του Δημόκριτου και του Λεύκιππου είναι η κριτική που άσκησε ο Αριστοτέλης στα γραπτά του.

Κατά τον Λεύκιππο και το Δημόκριτο η ύλη αποτελείται από δύο στοιχεία: τα άτομα (άτομον: άτμητον) και το κενό, σε αντίθεση με τους Ελεάτες που πίστευαν ότι το παν αποτελείται

από ένα όν (μονισμός). Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος πιστεύουν ότι εκτός από το είναι (το ον) υπάρχει και το κενό (το μη ον). Σύμφωνα με το Δημόκριτο ο κόσμος αποτελείται από τα άτομα (Εικ. 79) τα οποία είναι τα ελάχιστα, αδιαίρετα σώματα τα οποία κινούνται στο κενό. Η κίνηση των ατόμων, η



Εικ. 80: Λεύκιππος 5ος αι. π.Χ.



Εικ. 81: Πίνακας του Joseph Wright of Derby «Ο αλχημιστής, ψάχνοντας για τη φιλοσοφική λίθο, ανακαλύπτει το φωσφόρο»

σύνθεση και ο χωρισμός τους, είναι η βάση κάθε φαινομένου. Τα άτομα έχουν την ιδιότητα της κίνησης λόγω της ύπαρξης του κενού. Το κενό, διευκρινίζει ο Δημόκριτος, δεν ταυτίζεται με το τίποτα και έχει υλική υπόσταση. Τα άτομα είναι μικροσκοπικά, συμπαγή, αόρατα, αιώνια, αεικίνητα, άφθαρτα, αμετάβλητα, αδιαίρετα σωμάτια και γεννήθηκαν αυτόματα και τυχαία. Δεν έχουν καμία ποιοτική διαφορά μεταξύ τους, παρά μόνο στο μέγεθος και στο σχήμα τους. Από τις συγκρούσεις των ατόμων δημιουργείται η ύλη. Επομένως, όλες οι "ποιοτικές" διαφορές στα αντικείμενα εξαρτώνται μόνο από ποσοτικές διαφορές και διαφορές θέσης και διάταξης των ατόμων που τα αποτελούν (Ακρίβος, 2010).

Τα βασικά σημεία της ατομικής θεωρίας όπως διατυπώθηκαν από τον Δημόκριτο είναι:

1. Η ύλη αποτελείται από αόρατα σωματίδια που ονομάζονται άτομα.
2. Τα άτομα είναι άφθαρτα.
3. Τα άτομα είναι στερεά και αόρατα.
4. Τα άτομα είναι ομογενή.
5. Τα άτομα διαφέρουν μόνο ως προς το σχήμα, το μέγεθος, τη μάζα, τη θέση και τη διάταξη.

Τα στερεά αποτελούνται από μικρά αιχμηρά, οδοντωτά άτομα που αγκιστρώνονται το ένα με το άλλο.

Τα υγρά αποτελούνται από μεγάλα στρογγυλά άτομα και για αυτό διαχωρίζονται εύκολα.

Τα αέρια αποτελούνται από πολύ λεπτά μικρά άτομα

Ο Δημόκριτος πίστευε ότι η ψυχή, η οποία κινεί τους ζωντανούς οργανισμούς, είναι φτιαγμένη από φωτιά που αποτελείται από λεία, ελαφρά και σφαιρικά άτομα. Αντίθετα, η ψυχή ενός κακού ανθρώπου απαρτίζεται από βαριά, τραχιά άτομα.

Επίσης, η γλυκιά γεύση προκαλείται από μεγάλα, στρογγυλά άτομα, ενώ η πικάντικη από βαριά, τραχιά άτομα.

Όταν τα όντα πεθαίνουν, απελευθερώνουν τα άτομα που τα αποτελούν, τα οποία και συντίθεται σε νέες ενώσεις.

Ο Επίκουρος (341-270 π.Χ.) επέκτεινε την ατομική θεωρία και εκτός των άλλων εισήγαγε την έννοια της βούλησης του καθενός ατόμου.

Ωστόσο, οι απόψεις του Δημόκριτου δεν έτυχαν ευρείας αποδοχής κατά την αρχαιότητα. Η ατομική θεωρία πέρασε στη λήθη για μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς βασιζόταν σε υποθέσεις που δεν είχαν καμιά πρακτική χρησιμότητα. Εξάλλου, κυριάρχησαν ο Σωκράτης, ο Πλάτων και ο Αριστοτέλης και επικράτησε ευρέως η αντίπαλη θεωρία των τεσσάρων στοιχείων (αέρας, νερό, γη και φωτιά) που εξηγούσε τη συμπεριφορά της ύλης καθώς και των ιδιοτήτων της.



Εικ. 82: Pierre Gassendi

Αργότερα, κατά το μεσαίωνα κυριάρχησε η Αλχημεία (Εικ. 81) η οποία είχε αρχίσει να εμφανίζεται ήδη από το δεύτερο μ.Χ αιώνα και βασιζόταν στη θεωρία των τεσσάρων στοιχείων του Εμπεδοκλή (φωτιά, αέρας, νερό, γη). Η Αλχημεία ωστόσο δεν ήταν παρά ένα συνονθύλευμα από φανταστικές ιστορίες, μαγικές φόρμουλες και μυστικές συνταγές γεμάτες από απόκρυφα σύμβολα προς αναζήτηση της λεγόμενης “φιλοσοφικής λίθου”, που υποτίθεται ότι χάριζε την αθανασία.

4.1.4 Το 17ο και 18ο αιώνα αναβιώνει ο ατομισμός

Στα μέσα του 17ου αιώνα, ο Γάλλος Pierre Gassendi (1592-1655) «ανακαλύπτει» τον Επίκουρο μέσα από σχετικά κείμενα (Εικ. 82). Ασχολείται με τη μάζα των ατόμων και για να τονίσει το μικρό τους μέγεθος, χρησιμοποιεί για τον ορισμό τους τον όρο *molecula*, υποκοριστικό του *mole* και ισοδύναμο του όρου μάζα.

Τα κείμενα του Gassendi επηρέασαν σαφώς τον Robert Boyle (1627-1691). Ο Boyle, το 1661, δημοσιεύει το έργο του «The Sceptical Chymist» (ο σκεπτικιστής χημικός) το οποίο περιέχει μερικές από τις πρώτες σύγχρονες ιδέες όπως των ατόμων, των μορίων και της χημικής αντίδρασης, και σηματοδοτεί την αρχή της ιστορίας της σύγχρονης χημείας. Ο Boyle ήταν υπέρμαχος της ατομικής θεωρίας, αλλά προτιμούσε τη λέξη *corpuscle* (αιμοσφαίριο) περισσότερο από το άτομο.

Το 17ο και το 18ο αιώνα οι επιστήμονες Descartes, Boyle και Newton υιοθέτησαν την ατομική θεωρία για να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα αλλά δε ποσοτικοποίησαν τις παρατηρήσεις τους ούτε επιβεβαίωσαν τις αντιλήψεις αυτές πειραματικά.

Γενικά, οι ατομιστές του 17ου αιώνα προσπαθούσαν να ανάγουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων σε μερικές βασικές ιδιότητες που θα έπρεπε να φέρουν τα άτομα, όπως κι ο Αριστοτέλης ανήγαγε όλα τα φυσικά φαινόμενα σε μεταβολές των αναλογιών και των σχετικών θέσεων των τεσσάρων βασικών στοιχείων.

4.1.5 Ο John Dalton και η Αναγέννηση της Ατομικής Θεωρίας

Στις 21 Οκτωβρίου 1803 ο Τζων Ντάλτον (John Dalton, 1766 – 1844) επανέφερε οριστικά το άτομο ως φυσική έννοια και μίλησε για τη διακριτότητα της ύλης ανακοινώνοντας τα βασικά σημεία της Σύγχρονης Ατομικής Θεωρίας σε μια συνεδρίαση της Φιλολογικής και Φιλοσοφικής Εταιρείας “Lit & Phil” του Manchester (Εικ. 83). Επίσης, παρουσίασε τη θεωρία του σε μια διάλεξη στο Βασιλικό Ινστιτούτο της Μεγάλης Βρετανίας που εδρεύει στο Λονδίνο (Royal Institute of Great Britain). Ανέσυρε τα άτομα από την αφάνεια πολλών αιώνων και ξεκίνησε μια επανάσταση στις φυσικές επιστήμες καταφέροντας να δείξει ότι τα άτομα πρέπει να υπάρχουν.

Ο Τζων Ντάλτον ήταν Άγγλος χημικός και φυσικός. Γεννήθηκε στο Cumberland της Αγγλίας, σε μια μάλλον φτωχή οικογένεια κουάκερων (θρησκευτική αίρεση) και τυπικά δε σπούδασε ποτέ καθώς οι Άγγλοι διαφωνούντες είχαν αποκλειστεί από τη φοίτηση ή τη διδασκαλία σε αγγλικά πανεπιστήμια. Ωστόσο, έλαβε καλή γενική εκπαίδευση. Όμως, γρήγορα εγκατέλειψε το σχολείο και άρχισε να βοηθά τον πατέρα του. Σε ηλικία 12 ετών, άρχισε να εργάζεται ως δάσκαλος σ' ένα τοπικό σχολείο και παράλληλα μελετούσε λατινικά, αρχαία ελληνικά και φυσικές επιστήμες. Οφείλει την άτυπη εκπαίδευσή του και μεγάλο μέρος της επιστημονικής του γνώσης στον John Gough (Τζων Γκαφ), ένα τυφλό πολυμαθή φιλόσοφο. Επίσης, στα πρώτα χρόνια της ζωής του ο Ντάλτον επηρεάστηκε έντονα από τον Elihu Robinson (Ελιχού Ρόμπινσον), έναν εξέχοντα κουακέρο, μετεωρολόγο και κατασκευαστή μουσικών οργάνων, ο οποίος του εμφύσησε το ενδιαφέρον του σε προβλήματα μαθηματικών και μετεωρολογίας. Η μετεωρολογία έγινε το πάθος

του και καθημερινά φρόντιζε να καταγράφει σε ημερολόγιο σημειώσεις για τις καιρικές συνθήκες και τη συμπεριφορά των αερίων. Κατασκεύαζε βαρόμετρα και άλλα όργανα αυτού του είδους. Μετά το 1791 μετακόμισε στο Manchester, όπου διορίστηκε καθηγητής στην Warrington Academy, ενώ το 1793 έγινε καθηγητής φυσικής φιλοσοφίας και μαθηματικών στο New College και μέλος της Φιλολογικής και Φιλοσοφικής Εταιρείας του Manchester (Manchester Literary and Philosophical Society). Το 1822 ο Ντάλτον εξελέγη μέλος της Royal Society (Βασιλικής Εταιρείας στο Λονδίνο) και οκτώ χρόνια αργότερα έγινε δεκτός ως ένας από τους αλλοδαπούς εταίρους της Académie des Sciences (γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών).



Εικ. 83: Πορτραίτο του John Dalton (1766-1844). Πάνω στο τραπέζι φαίνονται τα σχεδιαγράμματά του με τα σύμβολα των ατόμων.
(Fisher Collection, CHF Collections)

Εκτός από το πρωτοποριακό έργο του στην ανάπτυξη της σύγχρονης ατομικής θεωρίας είναι γνωστός και για την έρευνά του για την αχρωματοψία (από την οποία έπασχε και ο ίδιος) και η οποία αναφέρεται ως «δαλτονισμός» προς τιμήν του.

Μελέτη των αερίων

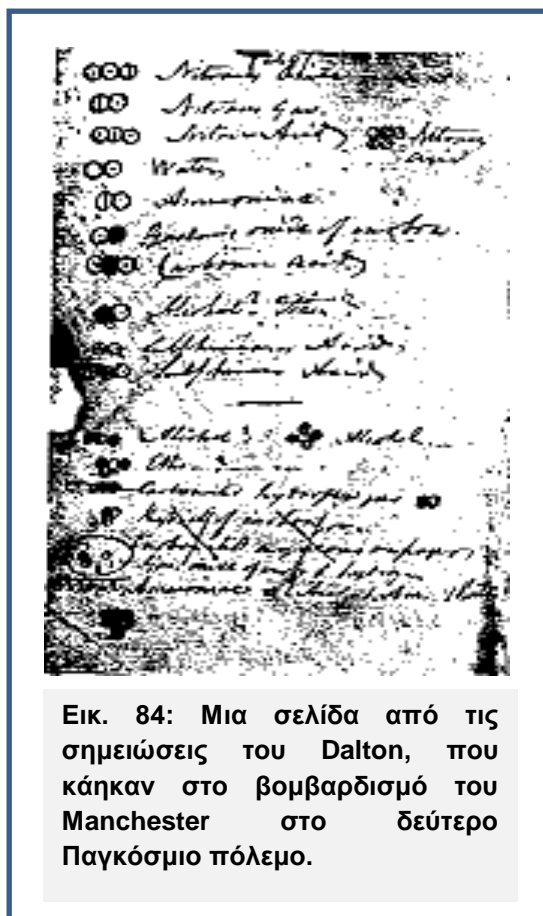
Στην ατομική θεωρία οδηγήθηκε μέσα από τις παρατηρήσεις και το ενδιαφέρον του για τη μετεωρολογία και τη μελέτη των αερίων (Εκ. 84).

Οι πρώτες μελέτες του Τζων Ντάλτον σχετικά με τα αέρια, τον οδήγησαν στη διατύπωση του Νόμου των Μερικών Πίεσεων του Dalton, το 1803 (Ακρίβος, 2010). Εισάγει την έννοια της μερικής πίεσης αερίου και στην τελική του

διατύπωση ο νόμος διακηρύσσει ότι η πίεση ενός μίγματος αερίων είναι ίση με το άθροισμα των μερικών πιέσεων των συστατικών αερίων.

Τα πειραματικά δεδομένα τον οδήγησαν, επίσης, και στη διατύπωση μιας θεωρίας, σύμφωνα με την οποία, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία ενός αερίου, ενώ η πίεσή του παραμένει σταθερή, ο όγκος του αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η πρόταση αυτή δεν είναι άλλη από το Νόμο των Ιδανικών Αερίων του Charles (1802) ($P \propto T$, ισοβαρής θέρμανση). Με λίγα λόγια, την ίδια εποχή με τον Charles κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «με ίσες αυξήσεις της θερμοκρασίας όλα τα αέρια διαστέλλονται με τον ίδιο τρόπο».

Η μελέτη των φυσικών ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας και άλλων αερίων διαμόρφωσε στο μυαλό του την ιδέα



των ατόμων ως μια καθαρά φυσική έννοια που μπορεί να ερμηνεύσει τις πειραματικές παρατηρήσεις αλλά και να προβλέψει ευρήματα και φαινόμενα.

Προσπαθώντας να κατανοήσει τις ιδιότητες των αερίων υπέθεσε ότι κάθε αέριο – και αργότερα κάθε σώμα – συγκροτείται από άτομα για τα οποία πίστευε ότι κινούνται συνεχώς και είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης. Η ιδέα των ατόμων, επίσης, φαινόταν να ερμηνεύει τα πειραματικά ευρήματα που καταδείκνυαν ότι τα στοιχεία συνδυάζονται μεταξύ τους στις χημικές ενώσεις σε σταθερές αναλογίες και μερικές φορές σε πολλαπλάσια εκείνων των αναλογιών. Επιδόθηκε, με ζήλο, αφοσίωση και διορατικότητα στη δημιουργική σύνθεση της ατομικής θεωρίας με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία και τις παρατηρήσεις 150 ετών. Βασίστηκε στο Νόμο Διατήρησης Μάζας (The Law of Conservation of Mass) του A. Lavoisier (1789) και το Νόμο των Σταθερών Αναλογιών (The Law of Constant Composition ή αλλιώς The Law of Definite

Proportions) του J. Louis Proust (1754-1826) που είχε διατυπωθεί από το 1799.

Νόμος Διατήρησης Μάζας του Lavoisier (1789)

Ο Dalton συνειδητοποίησε ότι τα άτομα πρέπει να μην καταστρέφονται προκειμένου να ισχύει ο Νόμος Διατήρησης της Μάζας. Αν ο ίδιος αριθμός και το ίδιο είδος ατόμων υπάρχει στα αντιδρώντα και στα προϊόντα τότε το σύνολο των μαζών αντιδρώντων και προϊόντων θα διατηρείται σταθερό. Συμπέρανε ότι κατά τις χημικές αντιδράσεις λαμβάνει χώρα αναδιάταξη του τρόπου με τον οποίο είναι συνδεδεμένα τα άτομα αλλά αυτά τα ίδια τα άτομα παραμένουν άφθαρτα.

Νόμος Σταθερών Αναλογιών του Joseph Louis Proust (1799)

Όταν μια χημική ένωση διασπαστεί στα συστατικά της στοιχεία οι μάζες των συστατικών που ελευθερώνονται έχουν πάντα την ίδια αναλογία ανεξάρτητα από την ποσότητα της αρχικής ουσίας. Τα πρώτα πειράματα του J. Proust (Εικ. 85) βασίστηκαν στον βασικό ανθρακικό χαλκό (που απαντάται είτε ως ορυκτός μαλαχίτης $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ είτε ως ορυκτός αζουρίτης $\text{Cu}_3[(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2]$).



Εικ. 85: J. L. Proust

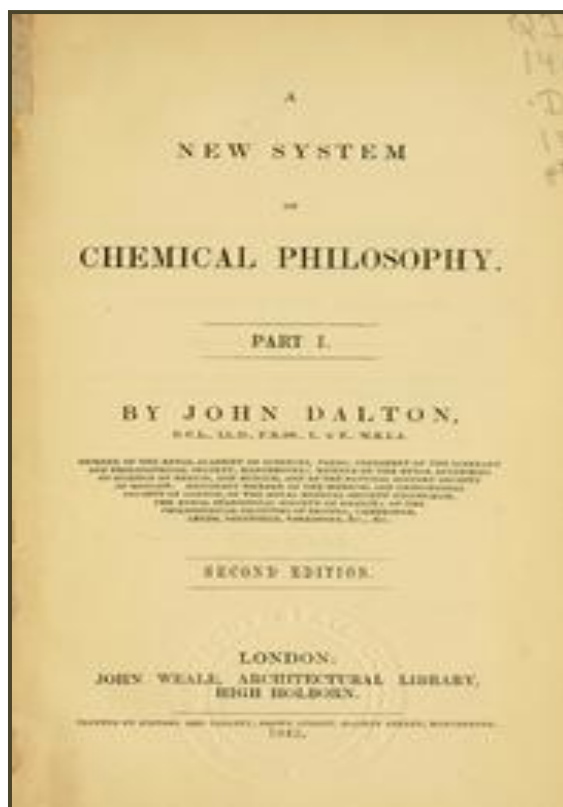
Με μια σειρά πειραμάτων και χημικών αναλύσεων, ο Dalton βεβαιώθηκε ότι τα στοιχεία συνδυάζονται σε καθορισμένες αναλογίες. Τότε ανέπτυξε την ιδέα ότι διαφορετικά δείγματα μιας καθαρής ουσίας

περιέχουν την ίδια αναλογία μαζών διότι η χημική ουσία περιέχει καθορισμένη αναλογία ατόμων των στοιχείων που την αποτελούν. Έτσι έφθασε στο λογικό συμπέρασμα ότι η καθαρή ουσία έχει καθορισμένη σύσταση ατόμων. Παράδειγμα: CO_2 (αναλογία μαζών 3:8)

Νόμος των Πολλαπλών Αναλογιών και Απλών Πολλαπλασίων (1803)

Ο Dalton διατύπωσε την υπόθεση ότι όταν τα στοιχεία σχηματίζουν μία μόνο χημική ένωση τότε τα άτομα συνδέονται με την πιο απλή αναλογία 1:1 (Κανόνας Μέγιστης Απλότητας). Διαπιστώνοντας όμως ότι δύο στοιχεία είναι δυνατό να σχηματίζουν δύο ή και περισσότερες χημικές ενώσεις, διατύπωσε

το νόμο των πολλαπλών αναλογιών, σύμφωνα με τον οποίο τα άτομα των στοιχείων είναι δυνατό να συνδέονται με διαφορετικές αναλογίες και να σχηματίζουν περισσότερες από μία ενώσεις μεταξύ τους, με λόγους μικρών ακέραιων αριθμών. Επίσης, αν δυο στοιχεία Α και Β ενώνονται με ένα στοιχείο Γ και σχηματίζουν ενώσεις στις οποίες τα βάρη τους είναι χ και ψ ως προς το ίδιο βάρος του Γ, τότε αν ενωθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένωση, ο λόγος των βαρών τους στην ένωση αυτή θα είναι χ/ψ.



Εικ. 86: New System of Chemical Philosophy

Παράδειγμα: CH_4 (3:1) και CO_2 (3:8), οπότε η αναλογία με την οποία το υδρογόνο ενώνεται με το οξυγόνο θα είναι 1:8 .

Διατύπωσε συνολικά τη σύγχρονη ατομική θεωρία στο βιβλίο του A New System of Chemical Phi-losophy (Ένα Νέο Σύστημα Χη-μικής Φιλοσοφίας) το 1808 και σύντομα κέρδισε το σεβασμό των συναδέλφων του και του κοινού (Εικ. 86).

Η ατομική θεωρία του Dalton συνοψίζεται στις παρακάτω προτάσεις:

Η ύλη φτιάχεται από άτομα.

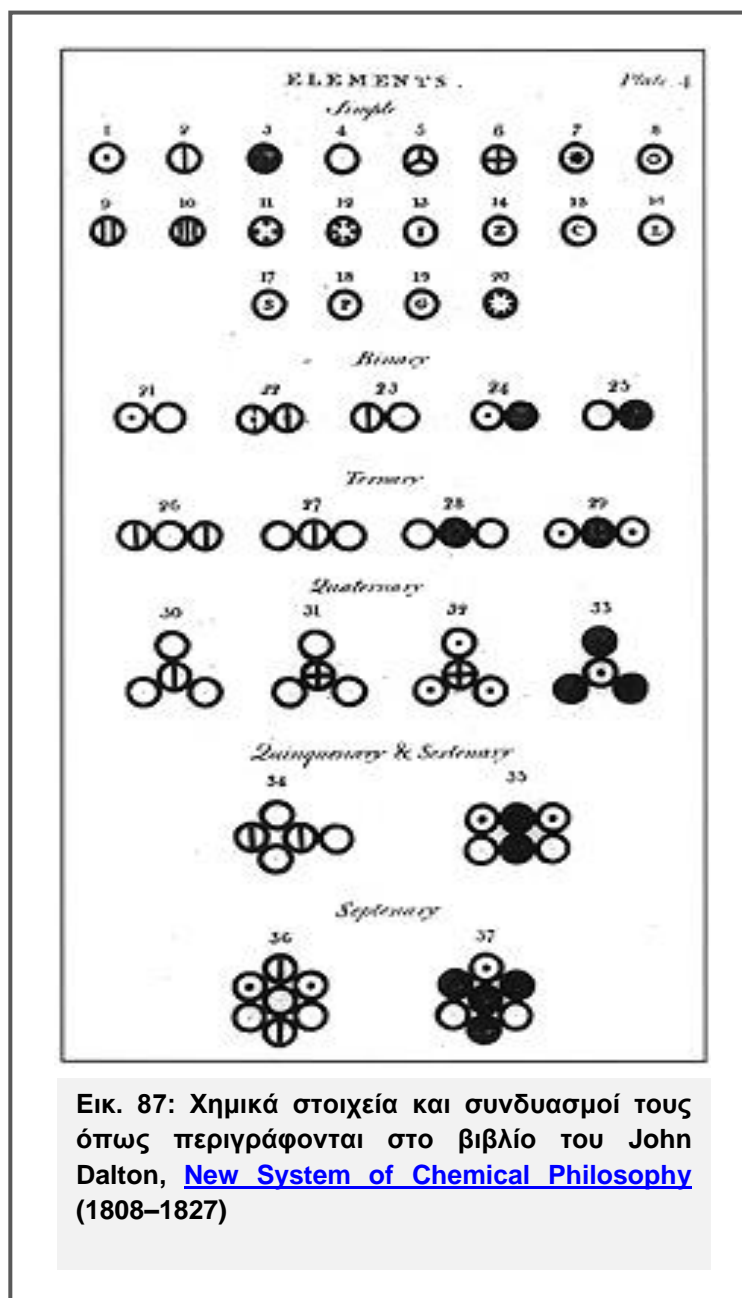
Τα άτομα είναι μικρά, αόρατα και συμπαγή.

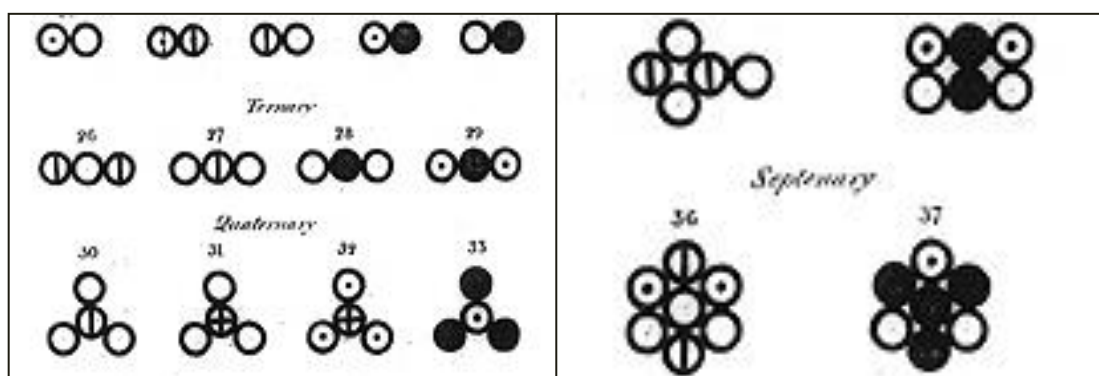
Τα άτομα σε κάθε στοιχείου είναι όμοια μεταξύ τους.

Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων έχουν διαφορετική μάζα και ιδιότητες.

Τα άτομα είναι αδιαίρετα και ακατάλυτα. Σε μια χημική αντίδραση δεν αλλοιώνονται ούτε μετατρέπονται σε άλλα.

Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων συνδυάζονται χημικά σε καθορισμένες απλές ακέραιες αναλογίες για να σχηματίσουν σύνθετα άτομα (“compound-atoms”).





Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων είναι δυνατό να συνδυάζονται σε περισσότερες από μία αναλογίες για να σχηματίσουν διαφορετικές ενώσεις των ίδιων στοιχείων (Κανόνας Πολλαπλών Αναλογιών).

Όταν τα στοιχεία σχηματίζουν μια μόνο χημική ένωση τότε τα άτομά τους συνδυάζονται 1:1 (Κανόνας Μέγιστης Απλότητας). Όταν σχηματίζονται στη φύση δύο χημικές ενώσεις τότε η ένωση που απαντάται περισσότερο είναι αυτή με αναλογία 1:1 και η άλλη έχει αναλογία 2:1. Ομοίως αν σχηματίζονται τρεις ενώσεις.

Αυτή η λογική της απλούστευσης οδήγησε τον Dalton στο συμβολισμό του νερού σαν HO και της αμμωνίας σαν HN (Εικ. 87).

Επιτεύγματα της Ατομικής Θεωρίας

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η επιτυχία μιας θεωρίας δεν εξαρτάται μόνο από την ικανότητά της να ερμηνεύσει τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των πειραμάτων αλλά και από την ικανότητα να προβλέψει φαινόμενα και ευρήματα τα οποία κατά τον καιρό της διατύπωσης της θεωρίας είναι άγνωστα. Και ακριβώς εδώ έγκειται και η επιτυχία της ατομικής θεωρίας του Dalton.

Η Ατομική Θεωρία ερμήνευσε το Νόμο Διατήρησης Μάζας και το Νόμο των Καθορισμένων Αναλογιών και με τον τρόπο αυτό τους ενσωμάτωσε, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί επιβεβαίωση της ατομικής θεωρίας.

Η αντίληψη αυτή για την αφθαρσία του ατόμου και η προσέγγιση του μικρόκοσμου με την ιδέα της αναδιάταξης των ατόμων μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων ήταν ο προάγγελος της «απεικόνισης» μιας χημικής αντίδρασης μακροσκοπικά με τη χημική εξίσωση.

Η Ατομική Θεωρία προέβλεψε το Νόμο των Πολλαπλών Αναλογιών, ο οποίος αργότερα επιβεβαιώθηκε από τα αναλυτικά δεδομένα.

Ο Νόμος των Καθορισμένων Αναλογιών έδωσε στον Dalton την ιδέα των ατομικών βαρών. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, ως γεωμέτρεις, θεωρούσαν ότι τα άτομα διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σχήμα.

Ο Dalton κατανόησε ότι τα άτομα διαφέρουν ως προς το βάρος τους και ανέσυρε το ζήτημα των ατομικών βαρών. Οι χημικοί, την εποχή του Dalton, μπορούσαν να κάνουν χημική ανάλυση διάφορων χημικών ενώσεων με μια σχετική ακρίβεια. Ο Dalton χρησιμοποίησε τις μετρήσεις των συναδέλφων του χημικών καθώς και δικές του για να υπολογίσει τις αναλογίες των βαρών που έχουν τα χημικά στοιχεία σε διάφορες χημικές ενώσεις. Ωστόσο, για να μετατρέψει

τέτοιες μετρήσεις σε αναλογίες ατόμων, χρειάζονταν να ξέρει το βάρος του κάθε ατόμου, πράγμα αδύνατο. Υπερπήδησε το εμπόδιο αυτό επινοώντας τα σχετικά ατομικά βάρη. Υπολόγισε τα βάρη των άλλων ατόμων σε σχέση με το άτομο του υδρογόνου (σχετικά βάρη) γιατί είχε σαφώς αντιληφθεί ότι το υδρογόνο είναι το ελαφρύτερο. "Βρήκε βασικά έναν τρόπο να ζυγίσει τα άτομα", λέει ο David Garner, καθηγητής της Χημείας στο Πανεπιστήμιο του Νότιγγαμ (Krug K., 2003). Αυτό του έδωσε την ιδέα να φτιάξει τον πρώτο πίνακα των σχετικών ατομικών βαρών. Τα δεδομένα του πίνακα μεταβάλλονταν με το χρόνο γιατί συνεχώς άλλαζαν τα σχετικά αναλυτικά δεδομένα. Ένα δείγμα από τα δεδομένα αυτά παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 (Ακρίβος, 2010). Φαίνεται ότι προτείνει την τιμή 1 για το υδρογόνο, την τιμή 7 για το οξυγόνο, ενώ άλλες φορές προσπαθεί να εκτιμήσει προσεγγιστικά τα αναλυτικά δεδομένα και προτείνει για τον άνθρακα την τιμή 5,4 (Εικ. 88).

Πίνακας 2			
Σχετικών Ατομικών Βαρών του Dalton			
Στοιχείο	Έτος		
	1803	1808	1810
H	1	1	1
N	4,2	5	5
C	4,3	5	5,4
O	5,5	7	7
P	7,2	9	9
S	14,4	13	13
Fe		38	50
Zn		56	56
Cu		56	56
Pb		95	95

Προσπαθώντας να απεικονίσει με συντομογραφίες τα άτομα και τον τρόπο που αυτά συνδυάζονται σε σταθερές αναλογίες, πρότεινε να απεικονίζονται ως κυκλικά σύμβολα που μπορούν να ενώνονται μεταξύ τους και να σχηματίζουν «σύνθετα άτομα». Στο εσωτερικό των ατόμων περιέχονται διαγραμμίσεις και έτσι οι ενώσεις μπορούν να εμφανίζονται σαν μικροί τομείς αυτών των συμβόλων. Ακολουθούν παραδείγματα «σύνθετων ατόμων»:

Επέκτεινε τον ορισμό του ατόμου και μίλησε για σύνθετα άτομα. Ονόμασε το στοιχειώδες σωματίδιο του ανθρακικού οξέος σύνθετο άτομο. Διευκρίνισε όμως ότι το σύνθετο άτομο μπορεί να διαιρεθεί και τότε παύει να είναι πλέον άτομο ανθρακικού οξέος.

Στην εποχή του Dalton δεν ήταν γνωστό ότι τα μόρια των στοιχείων μπορεί να αποτελούνται από δύο άτομα. Ο Dalton πίστευε ότι όλα τα χημικά στοιχεία είναι μονοατομικά και ότι τα άτομα στις χημικές ενώσεις έχουν τις απλούστερες ατομικές αναλογίες. Αυτό είχε ως συνέπεια κάποια ατομικά βάρη να έχουν υπολογιστεί λάθος. Για παράδειγμα φαίνεται ότι έχει υπολογίσει πως το άτομο του οξυγόνου είναι επτά φορές βαρύτερο από το άτομο του υδρογόνου λόγω του ότι πίστευε πως το μόριο του νερού είναι HO, ενώ αν γνώριζε πως είναι H₂O τότε θα υπολόγιζε ότι είναι 14 φορές βαρύτερο. Αυτά τα λάθη διορθώθηκαν μόλις έγινε γνωστή η μοριακή συγκρότηση των διαφόρων ενώσεων, με την περίφημη υπόθεση του Avogadro (1811) ο οποίος έδωσε τη σωστή ερμηνεία σύνθεσης του μορίου του νερού. Ωστόσο η αποδοχή των αντιλήψεων αυτών και η σαφής διάκριση μεταξύ των εννοιών άτομο-μόριο έγινε αργότερα από τον Ιταλό Cannizaro (μαθητή του Avogadro), στα μέσα του 19ου αιώνα.

Ο Σουηδός Jöns Jacob Berzelius (1770-1848) καθόρισε τα σύμβολα των ατόμων με τη μορφή που είναι γνωστά σήμερα και πρότεινε τη χρήση δεύτερου γράμματος, εφόσον ορισμένα στοιχεία είχαν το ίδιο αρχικό (π.χ. C= Carbon, Ca= Calcium, Cs= Caesium, Cr= chromium).

Μια σπουδαία και σημαντική ανακάλυψη

Η θεωρία του ατόμου του Dalton δέχθηκε δριμεία κριτική και αμφισβητήθηκε από μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας ακόμα και 100 χρόνια μετά τη διατύπωσή της. Μέχρι το 1908 που αποδείχθηκε η ύπαρξη του ατόμου από τον φυσικό Jean Perrin, το άτομο θεωρούνταν από πολλούς ως ένα επεξηγηματικό εργαλείο και όχι μια πραγματικότητα. Κάποιοι μάλιστα άρχισαν να χρησιμοποιούν κλάσματα στη στοιχειομετρία, υπαινισσόμενοι κατ' αυτόν τον τρόπο ότι δεν υπήρχε αόρατο σωματίδιο.

«Ο Dalton ήταν ο πρώτος νανοτεχνολόγος. Μας προσέφερε πρώτος τον τρόπο για να κατανοήσουμε τη φύση των υλικών. Τώρα μπορούμε να σχεδιάσουμε νέα μόρια με όποια επιθυμητή ιδιότητα θέλουμε», λέει ο καθηγητής David Garner, καθηγητής Χημείας στο Πανεπιστήμιο του Νότιγγχαμ (Krug K., 2003).

«Το κρίσιμο βήμα ήταν να συζητούμε για τα άτομα μέσα στις ενώσεις, κι όχι να μιλάμε για το νερό. Έτσι,

ασχολούμαστε με τα ιδρυτικά στοιχεία του νερού, το υδρογόνα και το οξυγόνο», λέει ο νομπελίστας καθηγητής Harry Kroto, φημισμένος για την ανακάλυψη των ενώσεων buckyballs από άνθρακα (συνδυασμός δομής διαμαντιού με γραφίτη) (Εικ. 89).

«Ο Dalton έκανε τα άτομα επιστημονικά χρήσιμα» εκφράζει ο Rajkumari Williamson Jones, ιστορικός φυσικών επιστημών του Πανεπιστημίου του Manchester (Krug K., 2003).

Τώρα, με τη νανοτεχνολογία, τα άτομα είναι στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Οι επιστήμονες χειρίζονται άμεσα τα άτομα για να κάνουν νέα φάρμακα,

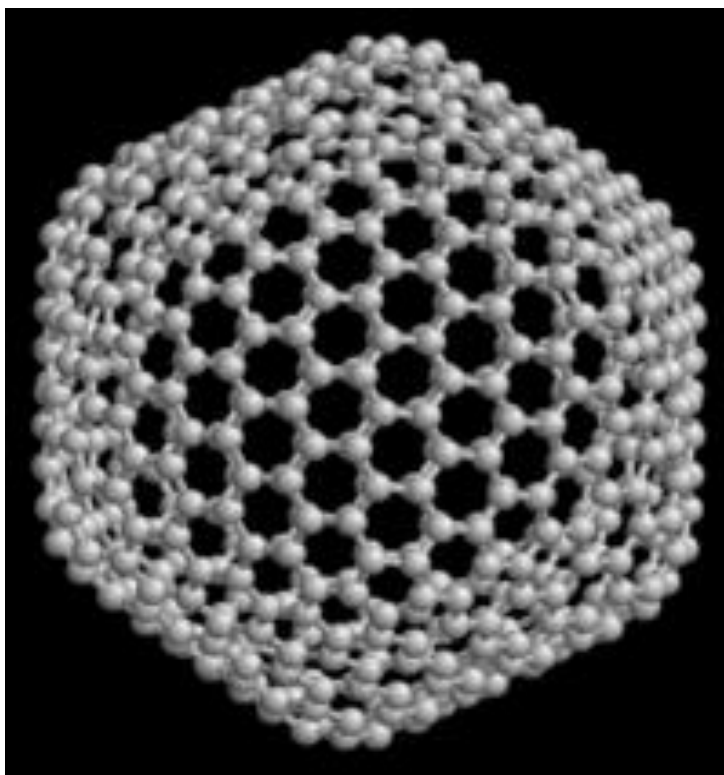
ELEMENTS					
○	Hydrogen	1	○	Strontian	46
○	Azote	5	○	Barytes	68
●	Carbon	5	○	Iron	50
○	Oxygen	7	○	Zinc	56
○	Phosphorus	9	○	Copper	56
○	Sulphur	13	○	Lead	90
○	Magnesia	20	○	Silver	190
○	Lime	24	○	Gold	190
○	Soda	28	○	Platina	190
○	Potash	42	○	Mercury	167

Εικ. 88: Σύμβολα χημικών στοιχείων του Dalton όπως απεικονίζονται στο βιβλίο του [New System of Chemical Philosophy](#)

ημιαγωγούς, πλαστικά και νέα υλικά γενικότερα συναρμολογώντας άτομο-άτομο.

Παρόλο που αποδείχθηκε αργότερα ότι το άτομο μπορεί να διαιρεθεί σε απλούστερα σωματίδια, ωστόσο η έννοια του ατόμου ήταν ένα εύρημα που παρείχε τεράστιες επεξηγηματικές δυνατότητες, όπως για παράδειγμα στον τότε αναπτυσσόμενο κλάδο της θερμοδυναμικής, συνδέοντας την κίνηση των ατόμων με τη θερμότητα.

Η καινοτόμος ατομική θεωρία του Dalton αποδείχθηκε εξίσου σημαντική για το μέλλον της επιστήμης ως σύγχρονης επιστήμης, όπως υπήρξε η θεωρία του Lavoisier με βάση το οξυγόνο.



**Εικ. 89: Δομή buckyball
Μπακμινστερφουλερένιο C₆₀**

4.2 Διδακτικό σενάριο. Ατομική και σωματιδιακή φύση της ύλης «Ανακρίνοντας τον Dalton!»

4.2.1 Σκοπός του Σεναρίου

Ακολουθούμε το αφηγηματικό μοντέλο διδασκαλίας ξεκινώντας με τη διήγηση μίας ελκυστικής ιστορίας, προσαρμοσμένης στους στόχους του σεναρίου, περιγράφοντας τον δάσκαλο Dalton και την πορεία του προς τη σύλληψη και τη διατύπωση της ατομικής θεωρίας. Η ανθρωπιστική προσέγγιση στη διδασκαλία και η αξιοποίηση της Ιστορίας της Επιστήμης, μεταφέρει μέσα στην τάξη το κλίμα της ζωτικότητας της ερευνητικής προσπάθειας, της ανακάλυψης και της δημιουργικότητας στην ανάπτυξη της επιστήμης. Η κατάλληλη ιστορία προσελκύει την προσοχή των μαθητών και προσανατολίζει το ενδιαφέρον τους στην αναζήτηση της αλήθειας. Με τον τρόπο αυτό γεφυρώνει τη φαντασία των μαθητών με την επιστημονική προσπάθεια και διευκολύνει την εννοιολογική προσέγγιση της ατομικής θεωρίας και τη σωματιδιακή αντίληψη της ύλης.

4.2.2 Στόχοι του Σεναρίου

Το σενάριο αυτό έχει ως στόχους να είναι ικανοί οι μαθητές να:

A) Διακρίνουν στην αφήγηση: α) πώς ερμήνευσε ο Dalton το σχηματισμό ορισμένων χημικών ενώσεων και β) τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε.

B) Εφαρμόζουν την ατομική θεωρία του Dalton στο σχηματισμό διαφόρων μορίων.

Γ) Επαληθεύουν την ισχύ του νόμου των απλών πολλαπλασίων του Dalton με παραδείγματα χημικών ενώσεων.

Δ) Να ερμηνεύουν δεδομένα ποσοτικής χημικής ανάλυσης, να εμπεδώσουν την έννοια της καθορισμένης χημικής σύστασης και ότι οι χημικές ενώσεις έχουν καθορισμένη σύσταση.

E) Αντιληφθούν πώς ανακλύπτει η έννοια της σχετικής ατομικής μάζας και πώς κατάφερε ο Dalton να «ζυγίσει» τα άτομα.

ΣΤ) Να εφαρμόζουν την έννοια της σχετικής ατομικής μάζας

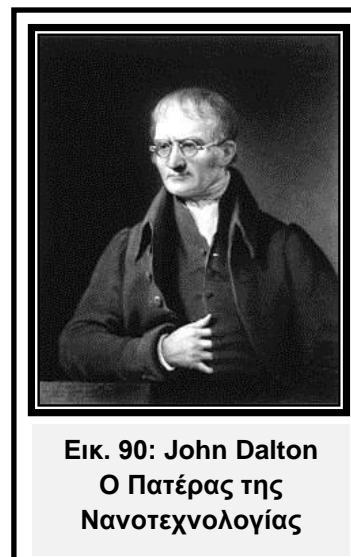
Z) Εντοπίσουν τους λόγους που η ατομική θεωρία του Dalton καθυστέρησε να γίνει αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα.

Η) Να διακρίνουν τα χαρακτηριστικά της επιστήμης και τους τρόπους που αυτή αναπτύσσεται, σύμφωνα με τον κατάλογο McComas (2004).

4.2.3 Η ιστορία του δασκάλου Dalton και των αόρατων «ατόμων»

Ακολουθεί η διήγηση μιας ιστορίας για τη ζωή του Dalton και της πορείας του προς τη σύλληψη της ατομικής θεωρίας, προσαρμοσμένη στους στόχους του σεναρίου. Παράλληλα, στη διάρκεια της αφήγησης, προβάλλεται Power Point με εικόνες του Dalton και του έργου του.

«Ο John Dalton (Εικ. 90) ήταν ένας δάσκαλος με ιδιαίτερη αγάπη για την επιστήμη και τη διδασκαλία. Γεννήθηκε το 1766 στο Eaglesfield στην Αγγλία και καταγόταν από μάλλον φτωχή



οικογένεια. Ωστόσο έλαβε καλή γενική μόρφωση όμως, νωρίς αναγκάστηκε να



ELEMENTS			
Hydrogen	1	Strontian	86
Azote	5	Barytes	68
Carbon	5	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Limet	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

Εικ. 91: Πίνακας ατομικών βαρών του John Dalton

εγκαταλείπει το σχολείο για να βοηθήσει τον πατέρα του, όπως πολλά παιδιά την εποχή εκείνη. Σε ηλικία 12 ετών εργάστηκε ως δάσκαλος σε τοπικό σχολείο και παράλληλα διαρκώς μελετούσε. Σε ηλικία 27 ετών προσλήφθηκε ως λέκτορας Μαθηματικών και Φυσικής Φιλοσοφίας στο New College του Μάντσεστερ και λίγο μετά έγινε μέλος της Φιλολογικής και Φιλοσοφικής Εταιρείας του Manchester. Του άρεσε πολύ να διδάσκει και είχε μεγάλο πάθος για τη χημεία και τη διεξαγωγή πειραμάτων. Είχε μελετήσει τον Lavoisier, που είχε προηγηθεί 100 χρόνια πριν,

και ήταν φανερά οπαδός του νέου χημικού συστήματος που είχε εισάγει ο Lavoisier, την ποσοτική ανάλυση των πειραμάτων, καθώς και τη χρήση εξαιρετικά ευαίσθητων ζυγών ως μέσων ανάλυσης των χημικών αντιδράσεων. Μετά από συνεχείς και ακριβείς χημικές αναλύσεις, το ενδιαφέρον του κέντρισε η διαπίστωση ότι οι μάζες των ουσιών ακολουθούν μια σταθερή

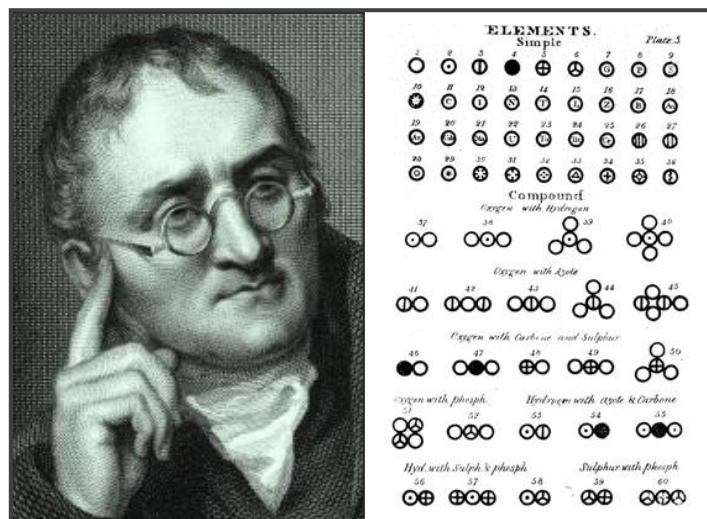
αναλογία όταν μετέχουν σε μια αντίδραση και σχηματίζουν μια νέα ουσία,. Αναρωτήθηκε «γιατί;» και το ερώτημα αυτό στριφογυρνούσε διαρκώς στο μυαλό του γιατί του είχε κάνει μεγάλη εντύπωση. Διαισθάνθηκε ότι η απάντηση θα του αποκάλυπτε κάτι σπουδαίο, κάποιο σημαντικό κανόνα της φύσης. Στο μεταξύ συνέχισε τις αναλύσεις με μεγάλη ακρίβεια και στην πορεία τού έκανε εντύπωση ότι οι κάποιες ουσίες ενώνονται κατά πολλές αναλογίες και συνθέτουν νέες ουσίες.

Είχε επανειλημμένα μετρήσει ότι 2 g υδρογόνο αντιδρούν με 16 g οξυγόνο και σχηματίζουν 18 g νερό. Όταν διασπούσε πολλαπλάσια ποσότητα νερού τότε προέκυπταν αντίστοιχα πολλαπλάσιες ποσότητες υδρογόνου και οξυγόνου.

Επίσης, η ανάλυση της αμμωνίας έδειχνε ότι 17 g αμμωνίας περιέχουν πάντα 3 g υδρογόνο και 14 g άζωτο και αυτή η αναλογία μαζών των συστατικών

στοιχείων (3:14) δεν αλλάζει όσες φορές και αν επαναλάβουμε το πείραμα και αλλάξουμε την ποσότητα της αμμωνίας.

Ακόμα, 207 g μολύβδου αντιδρούν με 16 g οξυγόνο και σχηματίζουν ένα κίτρινο στερεό (ήταν το οξειδίο του μολύβδου PbO), ενώ 207 g του μολύβδου μπορεί να αντι-



Εικ. 92: Πίνακας ατομικών βαρών του John Dalton

δράσουν με 32 g οξυγόνου και τότε προκύπτει ένα καφέ στερεό (ήταν το οξειδίο του μολύβδου PbO₂).

Τέλος, 207 g μολύβδου αντιδρούν πάντα με 32 g θείου.

Μελετώντας τα γραπτά προγενέστερων χημικών δε μπορούσε να καταλήξει σε κάποιο συμπέρασμα. Ώσπου κάποια στιγμή ξεφύλλισε κάποια παλιά κείμενα του Αριστοτέλη (2000 χρόνια πριν) που ασκούσε αρνητική κριτική σε έναν άλλο Έλληνα φιλόσοφο, τον Δημόκριτο. Ο Δημόκριτος φαινόταν να υποστηρίζει ότι ο φυσικός κόσμος είναι φτιαγμένος από μικρά αόρατα αδιαίρετα σωματίδια, τα άτομα (όρος που υποδηλώνει ότι δεν τέμνονται). Αμέσως συνειδητοποίησε ότι η ιδέα του ατόμου ήταν σωστή και θα μπορούσε

να ερμηνεύσει τα πειραματικά αποτελέσματα. Επεξεργάστηκε εκ νέου τα δεδομένα και βήμα-βήμα διατύπωσε κάποιους κανόνες που ερμήνευαν τις παρατηρήσεις του:

- Η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά, στοιχειώδη, αόρατα σωματίδια.
- Τα σωματίδια αυτά δε καταστρέφονται, δε δημιουργούνται και δε διαιρούνται, για αυτό τα ονομάζει άτομα.
- Τα άτομα ενός στοιχείου είναι όμοια μεταξύ τους, αλλά τα άτομα διαφορετικών στοιχείων έχουν διαφορετική μάζα και ιδιότητες.
- Οι χημικές ενώσεις είναι συνδυασμός ατόμων διαφορετικών στοιχείων με σταθερές αναλογίες.

Ο Dalton προετοιμάστηκε με ενθουσιασμό για να παρουσιάσει τις θεωρίες του στον επιστημονικό κόσμο της εποχής του, στο φημισμένο Βασιλικό Ινστιτούτο της Μεγάλης Βρετανίας, που έδρευε στο Λονδίνο (Εικ. 92). Στο δρόμο στο ταξίδι του προς το Λονδίνο αναλογιζόταν ότι ποτέ δε θα ανακάλυπτε το άτομο αν δεν είχε προσέξει ότι η ποσοτική ανάλυση έδινε σταθερές αναλογίες μαζών και δεν είχε αναρωτηθεί «γιατί». Συνεπαρμένος από την ιδέα του ατόμου σκεφτόταν πόσο αποτελεσματικά αυτή η ιδέα εξηγούσε τα πειραματικά του ευρήματα.

Στη διάλεξη ο Dalton ξεκίνησε να περιγράφει τη θεωρία του μπροστά στο συγκεντρωμένο επιστημονικό κόσμο της εποχής του, διατυπώνοντας τις πρώτες αντιλήψεις του: «Ο φυσικός κόσμος γύρω μας είναι δομημένος από μικρά σωματίδια τα οποία ούτε φθείρονται, ούτε δημιουργούνται». Ένωσε το ακροατήριο σε αμηχανία. Συνέχισε: «Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων συνδυάζονται και δημιουργούν νέες ουσίες με σταθερή αναλογία ατόμων από κάθε στοιχείο. Η παραδοχή αυτή εξηγεί τη χημική συμπεριφορά της ύλης». Στο κοινό πλέον επικρατούσε αναβρασμός και δυσφορία.

Ένας ακροατής πήρε το λόγο και ρώτησε: «Έχετε δει αυτά τα άτομα κύριε Dalton;». Ο Dalton απάντησε διστακτικά «Όχι, είναι πολύ μικρά, δε...». Ένας άλλος του απάντησε: «Στην επιστήμη κύριε Dalton δεχόμαστε μόνο παρατηρήσιμα γεγονότα και όχι υποθέσεις χωρίς αποδείξεις!». Ο Dalton ευχαρίστησε αμήχανα το κοινό και αποχώρησε απογοητευμένος. Η διάλεξή του είχε αποτύχει.

Η θεωρία του δεν είχε αποδοχή από πολλούς, ενώ κάποιοι αργότερα την υιοθέτησαν ως ερμηνευτικό εργαλείο στις μελέτες τους και όχι ως

πραγματικότητα. Η θεωρία του περί διαφορετικών ατόμων κάθε στοιχείου περιέπλεκε τη θεώρηση της ύλης καθώς συνεχώς ανακάλυπταν καινούργια στοιχεία. Ο Dalton δικαιώθηκε μετά θάνατο. Χρειάστηκε να περάσουν 100 χρόνια από την ανακοίνωση της ατομικής θεωρίας του Dalton για να αποδειχθεί η ύπαρξη του ατόμου και να λήξει η αντιπαράθεση περί ισχύος της θεωρίας.»

4.2.4 Δραστηριότητες

Δραστηριότητα 1

«ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΟΥ DALTON»

Παρακολούθησε τη διήγηση της ιστορίας του Dalton και απάντησε στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

- A) Ποιες ήταν οι βασικές ιδέες της ατομικής θεωρίας του Dalton;
- B) Ποια μέθοδο ακολούθησε στην έρευνά του;
- Γ) Γιατί άργησε να γίνει καθολικά αποδεκτή η θεωρία του από την επιστημονική κοινότητα;

Δραστηριότητα 2

«Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»

Παρακάτω δίνεται ένας κατάλογος που περιέχει χαρακτηριστικά που οι επιστήμονες θεωρούν ως τα χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης (Nature of Science, NOS):

- A) Η επιστήμη βασίζεται σε εμπειρική γνώση.
- B) Η επιστημονική γνώση είναι δυναμική.
- Γ) Η επιστημονική γνώση έχει διάρκεια.
- Δ) Η επιστημονική γνώση έχει υποκειμενικά στοιχεία.
- Ε) Η επιστημονική έρευνα είναι μια σημαντική δημιουργική δραστηριότητα.
- ΣΤ) Η πρόοδος και η εξέλιξη της επιστήμης επηρεάζονται από την κοινωνική και πολιτιστική κατάσταση της εποχής και γενικά τις ιστορικές συνθήκες.
- Z) Η επιστήμη δεν μπορεί να δώσει όλες τις απαντήσεις και να ερμηνεύσει τη φύση.

Ποια από αυτά τα χαρακτηριστικά εντοπίζετε στην ιστορία του Dalton και στις δραστηριότητες που αναπτύξατε; Εξηγήστε.

Δραστηριότητα 3

«DALTON ΚΑΙ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

2000 χρόνια πριν τον Dalton είχε διατυπωθεί η ατομική θεωρία του Δημόκριτου η οποία πάλι δεν έτυχε ευρείας αποδοχής στην εποχή της καθώς οι φιλόσοφοι σύγχρονοί του πίστευαν σε άλλες θεωρίες για την ύλη.

Ο Δημόκριτος είχε υποστηρίξει ότι η ύλη αποτελείται από άτομα τα οποία είναι μικροσκοπικά, συμπαγή, αόρατα, αιώνια, αεικίνητα, άφθαρτα, αμετάβλητα, αδιαίρετα και γεννήθηκαν αυτόματα και τυχαία. Δεν έχουν καμία ποιοτική διαφορά μεταξύ τους, παρά μόνο στο μέγεθος και στο σχήμα τους. Για παράδειγμα τα στερεά σώματα αποτελούνται από οδοντωτά άτομα ενώ τα υγρά από στρογγυλά και μαλακά άτομα. Ο Δημόκριτος ανέπτυξε μια ενιαία κοσμοθεωρία για τον κόσμο απλώς παρατηρώντας τη φύση δίχως να έχει ποσοτικά δεδομένα χημικής ανάλυσης στη διάθεσή του.

Μελετήστε και συγκρίνετε την ατομική θεωρία του Δημόκριτου και του Dalton. Εντοπίζετε ομοιότητες και διαφορές; Εξηγήστε.

Δραστηριότητα 4

«ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΣ»

Ο Dalton διαπίστωσε ότι δύο χημικά στοιχεία αντιδρούν μεταξύ τους με καθορισμένη αναλογία μαζών για να σχηματίσουν μια χημική ένωση. Συγκεκριμένα, για να σχηματιστεί αμμωνία αντιδρούν 3g υδρογόνου με 14 g άζωτο.

A) Πόσα g αμμωνίας σχηματίζονται; Σε ποια αρχή βασιστήκατε για να απαντήσετε;

B) Εφαρμόστε την ατομική θεωρία του Dalton για να προβλέψετε πόσα g υδρογόνου και πόσα g άζωτο θα χρειαστείτε για να παρασκευάσετε 170 g αμμωνίας.

Δραστηριότητα 5

«ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΕΡΟΥ»

Εφαρμόστε τη θεωρία του Dalton για το σχηματισμό του νερού, αν γνωρίζετε ότι η ποσοτική ανάλυση του Dalton έδειξε ότι η αναλογία μαζών υδρογόνου και οξυγόνου είναι 1:8.

A) Πόσα g υδρογόνου και πόσα g οξυγόνου θα ελευθερωθούν αν διασπάσουμε 180 g νερό;

Β) Το νερό έχει καθορισμένη χημική σύσταση ή μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα νερού και τις συνθήκες που το αναλύουμε; Εξηγήστε.

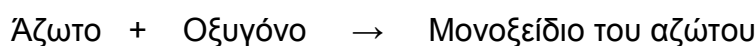
Δραστηριότητα 6

«ΝΟΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ»

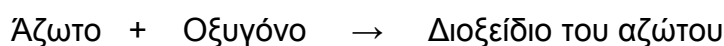
Ο Dalton παρατήρησε ότι ανάλογα με τις συνθήκες του πειράματος είναι δυνατό δύο στοιχεία να αντιδράσουν και να σχηματίσουν περισσότερες από μία χημικές ενώσεις.

Μια τέτοια περίπτωση είναι το άζωτο και το οξυγόνο. Το άζωτο μπορεί να οξειδωθεί με δύο τρόπους:

Στην πρώτη αντίδραση 14 g αζώτου αντιδρούν με 16 g οξυγόνου:



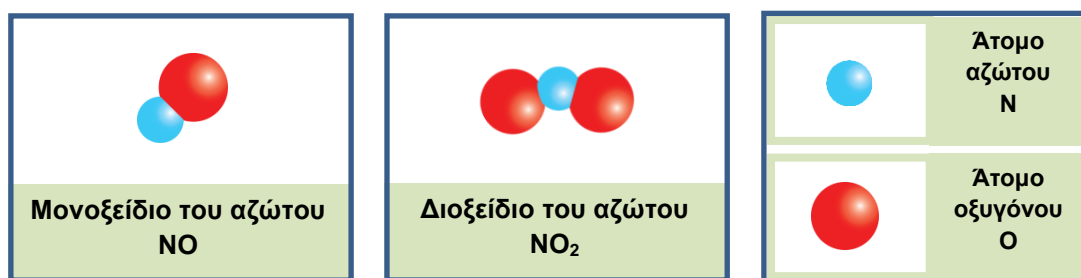
Στη δεύτερη αντίδραση 14g αζώτου αντιδρούν με 32 g οξυγόνου:



Ο Dalton διαπίστωσε ότι ορισμένη μάζα αζώτου ενώνεται χημικά άλλοτε με 1x16 και άλλοτε με 2x16 g οξυγόνου, αντίστοιχα. Ανάλογα δεδομένα, με διάφορες χημικές ενώσεις, τον οδήγησαν στη διατύπωση του νόμου των πολλαπλών αναλογιών:

«Τα άτομα των στοιχείων είναι δυνατό να συνδέονται με πολλαπλές αναλογίες και να σχηματίζουν περισσότερες από μία ενώσεις μεταξύ τους, με λόγους μικρών ακέραιων αριθμών».

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι πολλαπλές αναλογίες 1:1 και 1:2, μεταξύ αζώτου και οξυγόνου (αντίστοιχα), του αποκάλυψαν ότι σχηματίζονται «σύνθετα άτομα» με αντίστοιχες αναλογίες ατόμων όπως απεικονίζονται στην εικόνα 93.



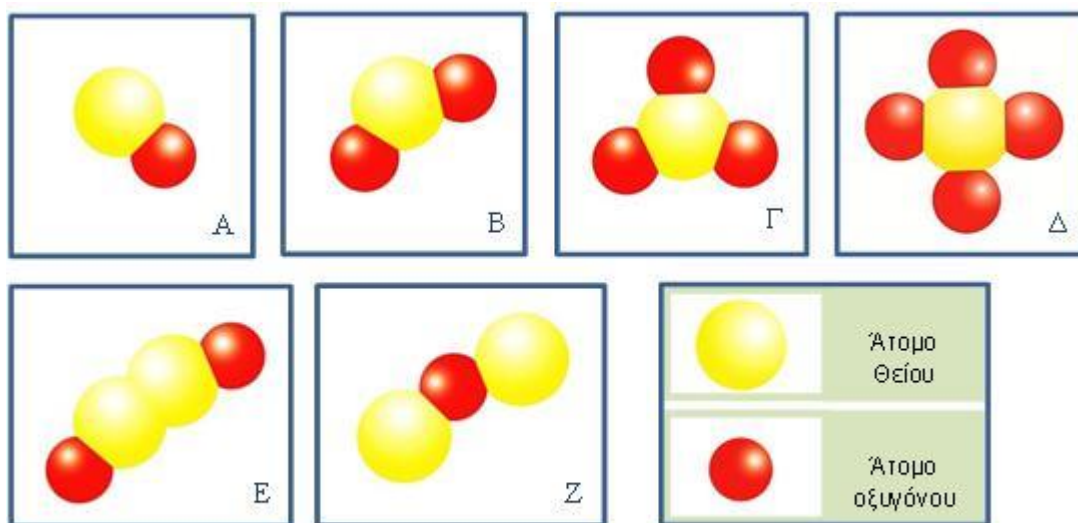
Εικ. 93: Οξείδια του Αζώτου

Να ερευνήσετε την ισχύ του νόμου των πολλαπλών αναλογιών στις χημικές ενώσεις διοξείδιο του θείου και τριοξείδιο του θείου, αν γνωρίζετε ότι τα εξής:

α) το άτομο θείου είναι δύο φορές βαρύτερο από του οξυγόνου και

β) 32 g θείου ενώνονται με 32 g οξυγόνου για να σχηματίσουν διοξείδιο του θείου, και

γ) 32 g θείου ενώνονται με 48 g οξυγόνου για να σχηματίσουν τριοξείδιο του θείου. Ερευνήστε ποια είναι η σχέση πολλαπλών αναλογιών θείου και οξυγόνου και ποια από τις παρακάτω αναπαραστάσεις (Εικ. 94), αντιστοιχούν στο «σύνθετο άτομο» του διοξειδίου του θείου και του τριοξειδίου του θείου.



Εικ. 94: Οξείδια του Θείου



Δραστηριότητα 7

«ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ»

Να κατατάξετε σε ομάδες τις χημικές ενώσεις που ακολουθούν το νόμο των απλών πολλαπλασίων ή αλλοιώς πολλαπλών αναλογιών:

PbO, SnO₄, SO₂, CO, CO₂, N₂H₄, NO, PbO₂, N₂O₃, NH₃, N₂O₅, CuO, NO₂, Cu₂O, N₂O, SnO₂, SO₃

Δραστηριότητα 8

«ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ»

ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑΡΙΟ ΤΟΥ ΔΑΛΤΟΝ
ΠΕΛΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

	Ποσότητα Οξειδίου (g)	Ποσότητα Αζώτου (g)	Ποσότητα Οξυγόνου (g)	Ιδιότητες
1 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	30	14	16	Αέριο, άχρωμο με γλυκειά έντονη οσμή
2 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	46	14		Αέριο, άχρωμο ή καστανό με ισχυρή έντονη οσμή
3 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	44	28		Αέριο άχρωμο με ευχάριστη οσμή, προκαλεί γέλιο
4 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	76		48	Αέριο, όταν ψυχθεί μετατρέπεται σε κρυστούς κρυστάλλους
5 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	60		32	Αέριο, άχρωμο με γλυκειά έντονη οσμή
6 ^ο ΟΞΕΙΔΙΟ	108			Στερεό λευκό κρυσταλλικό

Ο Dalton πραγματοποίησε επίμονες ποσοτικές αναλύσεις σε διάφορα οξειδία του αζώτου καθώς υποπτευόταν ότι τα δύο αυτά στοιχεία ενώνονται με πολλούς συνδυασμούς σχηματίζοντας οξειδία με διαφορετικές ιδιότητες.

Τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης είναι στη διάθεσή σας στο σημειωματάριο του Dalton που ακολουθεί.

Ωστόσο παραλείφθηκαν κάποιες τιμές από το σημειωματάριο του Dalton.

A) Συμπληρώστε τις τιμές που παραλείφθηκαν από το 1ο έως το 5ο οξείδιο εξηγώντας σε ποια αρχή βασιστήκατε για να απαντήσετε.

B) Συμπληρώστε τον πίνακα όπως πιστεύετε ότι θα τον συμπλήρωνε ο Dalton μετά από τη μελέτη των παραπάνω δεδομένων των διαφόρων οξειδίων του αζώτου:

ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΑΖΩΤΟΥ						
	1	2	3	4	5	6
ΣΧΕΣΗ ΑΠΛΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΩΝ ΑΖΩΤΟΥ:ΟΞΥΓΟΝΟΥ (N:O)		Παράδειγμα: 1x14:2x16				
ΧΗΜ. ΤΥΠΟΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ		NO ₂				N ₂ O ₅
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ «ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ»						
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΤΟΜΩΝ N:O ΣΤΟ ΟΞΕΙΔΙΟ		1:2				

Γ) Τι διαπιστώνετε για το 1ο και το 5ο οξείδιο; Έχουν την ίδια ή διαφορετική χημική σύσταση;

Δ) i) Για το 6ο οξείδιο δίνεται στον δεύτερο πίνακα μόνο ο χημικός τύπος. Μπορείτε να προβλέψετε από τον χημικό τύπο ποια είναι τα δεδομένα για το

οξειδίο αυτό και να τα συμπληρώσετε στον δεύτερο πίνακα; Εξηγήστε πώς σκεφθήκατε.

ii) Μπορείτε να προβλέψετε ποια ήταν τα δεδομένα ποσοτικής ανάλυσης που παραλείφθηκαν για το 6ο οξειδίο στον πρώτο πίνακα (Σημειωματάριο του Dalton); Συμπληρώστε τα στον πίνακα και εξηγήστε σε ποιον κανόνα και σε ποια αρχή βασιστήκατε;

Ε) Παρατηρώντας μικροσκοπικά τη δομή των «σύνθετων σωματίδιων» (μόρια) κάθε οξειδίου πιστεύετε ότι η δομή συνδέεται με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες αυτών; Εξηγήστε.

Δραστηριότητα 9

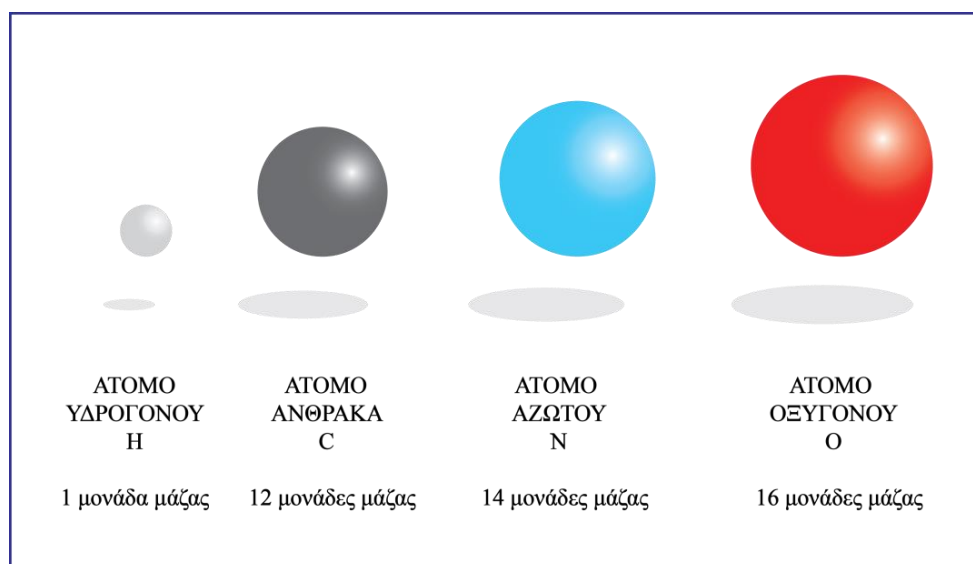
«ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΑΖΕΣ»

A) Το υδρογόνο ενώνεται με το φθόριο με αναλογία μαζών 1:19 και σχηματίζουν το υδροφθόριο. Αν κάθε «σύνθετο άτομο» (μόριο) υδροφθορίου περιέχει ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο φθορίου (HF), τότε το άτομο φθορίου σε σχέση με άτομο του υδρογόνου είναι:


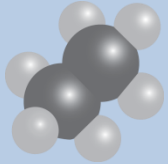
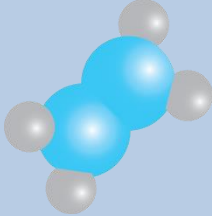
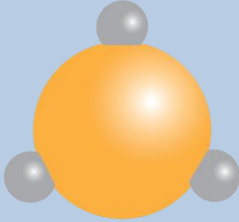
- α) 19 φορές ελαφρύτερο β) 19 φορές βαρύτερο
γ) 20 φορές ελαφρύτερο δ) 38 φορές βαρύτερο

B) Από τα δεδομένα της χημικής ανάλυσης, δεν ήταν δυνατό ο Dalton να υπολογίσει την αναλογία των ατόμων στα σύνθετα άτομα (**μόρια**) γιατί δε γνώριζε το βάρος των ατόμων των στοιχείων. Κατάφερε να υπερπηδήσει αυτό το εμπόδιο επινοώντας την έννοια του σχετικού ατομικού βάρους και «ζυγίζοντας» τα άτομα με βάση πόσες φορές είναι βαρύτερα από το ελαφρύτερο στοιχείο στη φύση, το υδρογόνο.

Δίνεται η σχέση του βάρους των ατόμων υδρογόνου H, άνθρακα C και οξυγόνου O στην παρακάτω εικόνα:

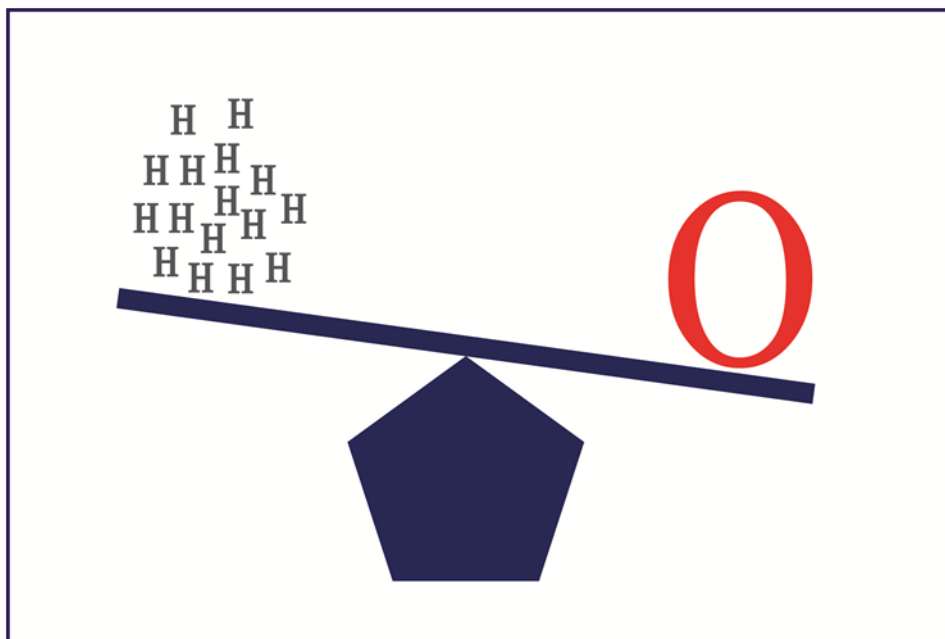


Να συμπληρώσετε τον πίνακα που ακολουθεί:

	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΜΟΡΙΟΥ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΜΑΖΑ	ΣΧΕΣΗ ΜΑΖΩΝ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ	ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΩΣΗΣ (λόγος μαζών των στοιχείων)
Παράδειγμα: ΝΕΡΟ		O = 16	H : O 1 : 16 <i>Το άτομο του οξυγόνου είναι 16 φορές βαρύτερο από του υδρογόνου</i>	H : O 1 : 8
ΑΙΘΑΝΙΟ		C = 14	H : C ...	H : C ...
ΥΔΡΑΖΙΝΗ		N = ...	H : N ...	H : N 1 : 7
ΦΩΣΦΙΝΗ		P = ...	H : P ...	H : P 3 : 31

Γ) Σε ποια θέση θα ισορροπήσει η μπάρα της ακόλουθης εικόνας; (Κάθε σύμβολο αντιπροσωπεύει ένα άτομο του στοιχείου).

Επιλέξτε:



- α) Οριζόντια θέση
- β) Πλάγια θέση, προς την πλευρά του οξυγόνου
- γ) Πλάγια θέση, προς την πλευρά του υδρογόνου

Εξηγήστε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΑ ΑΤΟΜΑ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΜΟΡΙΑ

AVOGADRO (1811)

“Science is more a way of thinking than a body of knowledge”

Carl Sagan

Αμερικανός αστροφυσικός και συγγραφέας

5.1 Ιστορικό πλαίσιο

5.1.1 Εισαγωγή

Η αυγή του 19ου αιώνα ήταν μια συναρπαστική εποχή για τη Χημεία.

Τις προηγούμενες τρεις δεκαετίες είχε προηγηθεί η κατάρριψη του μύθου του φλογιστού από τον Lavoisier με την ανακάλυψη του οξυγόνου (1772) και είχε αναδυθεί μια «μοντέρνα» λίστα χημικών στοιχείων (“Methode de Nomenclature Chimique”).

Κατά τον 18ο και μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα είχε διαμορφωθεί και ωριμάσει πια η πεποίθηση, μεταξύ των χημικών της εποχής εκείνης, ότι οι



Εικ. 95: Amedeo Carlo Avogadro

χημικές ενώσεις έχουν συγκεκριμένη σύνθεση και αποτελούνται από συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σε σταθερές αναλογίες μεταξύ τους. Αυτή η ιδέα εκφράστηκε με το «Νόμο των Καθορισμένων Αναλογιών» του Γάλλου χημικού Joseph Louis Proust, το 1799. Η αποδοχή της ορθής θεωρίας του Proust καθυστέρησε λόγω της επιστημονικής διαμάχης που είχε με τον Γάλλο χημικό Claude Louis Berthollet. Ο Berthollet, ο οποίος είχε μεγαλύτερο κύρος από τον Proust

εκείνη την εποχή στην επιστημονική κοινότητα, απέρριψε το νόμο των καθορισμένων αναλογιών υποστηρίζοντας ότι η αναλογία των στοιχείων σε μια ένωση καθορίζεται από την αναλογία με την οποία λαμβάνονται τα αντιδρώντα.

Γύρω στα 1808, στη Βρετανία, είχε αναγεννηθεί η πανάρχαιη αντίληψη του Δημόκριτου περί σωματιδιακής φύσης της ύλης και της ύπαρξης των αδιαίρετων, αεικίνητων ατόμων. Είχε αναπτυχθεί, από τον Dalton, η έννοια του ατόμου με τις ιδιότητές του και του ατομικού βάρους. Είχαν προσδιοριστεί και αποδοθεί σε διάφορα χημικά στοιχεία συγκεκριμένα ατομικά βάρη (“A New System of Chemical Philosophy”).

Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα οι χημικοί είχαν χωρισθεί σε δύο στρατόπεδα γύρω από την Ατομική Θεωρία. Ο άσημος τότε Ιταλός χημικός Amedeo Avogadro (Εικ. 95) υπήρξε ένθερμος υποστηρικτής της ατομικής θεωρίας και συνεισέφερε στη θεμελίωση αυτής της θεωρίας με ανακαλύψεις στον τομέα των αερίων (Εικ. 96). Διατύπωσε την περίφημη υπόθεση Avogadro, η οποία είναι το «κλειδί» σε πολλά θέματα που αντιμετωπίζει η επιστήμη της Χημείας. Προέβλεψε την ύπαρξη διατομικών στοιχείων και οδήγησε στην «ιδέα» και αργότερα στον προσδιορισμό του αριθμού Avogadro N_A , ο οποίος αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ μικρόκοσμου και μακρόκοσμου. Ωστόσο, οι ιδέες του Avogadro ήταν πολύ μπροστά από την εποχή τους και για αυτό η αποδοχή τους καθυστέρησε 60 χρόνια.

5.1.2 Amedeo Carlo Avogadro

Ο Avogadro γεννήθηκε στο Τορίνο της Ιταλίας (1776 – 1856) και προερχόταν από αριστοκρατική οικογένεια. Στην πραγματικότητα ολόκληρο το όνομά του ήταν Lo-renzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, conte di Quaregna e Cerreto. Ο πατέρας του ήταν Κόμης και διακεκριμένος δικηγόρος. Ο Avogadro κληρονόμησε τον τίτλο του Κόμη και ακολουθώντας την οικογενειακή παράδοση σπούδασε τη νομική επιστήμη στην οποία και διακρίθηκε. Το 1796, όταν ήταν ακόμη 20 ετών, του απονεμήθηκε διδακτορικό δίπλωμα στους εκκλησιαστικούς κανόνες και ξεκίνησε την πρακτική του ως δικηγόρος.



Εικ. 96: Ο Avogadro πειραματίστηκε με αέρια (Ινστιτούτο & Μουσείο Ιστορίας Φυσικών Επιστημών, Φλωρεντία)

Ο Avogadro ήταν ένας εξαιρετικά έξυπνος νέος που βαθμιαία έχασε το ενδιαφέρον του για τα νομικά ζητήματα. Οι φυσικές επιστήμες ήταν πιο προκλητικές για το λογικό μυαλό του και σιγά-σιγά διέθετε όλο και περισσότερο χρόνο στη μελέτη μαθηματικών και φυσικής, ενώ τον βοηθούσε ο καθηγητής Vassalli Eandi. Το 1806 εγκατέλειψε την επιτυχημένη καριέρα του στα νομικά και ξεκίνησε να διδάσκει μαθηματικά και φυσική σε λύκειο στο Τορίνο. Το 1809 έγινε καθηγητής στο College of Vercelli και το 1820 καθηγητής στο πανεπιστήμιο του Τορίνο.

Ο Avogadro μελέτησε και πειραματίστηκε με τον ηλεκτρισμό καθώς την εποχή εκείνη όλη η Ευρώπη είχε ταρακουνηθεί με τις ανακαλύψεις του Alessandro Volta, την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία και τη σχέση ανάμεσα στη χημεία και τον ηλεκτρισμό.

Το ενδιαφέρον του Avogadro, μελετώντας το έργο άλλων επιστημόνων, στράφηκε στη διερεύνηση της συμπεριφοράς των σωματιδίων της ύλης και στο πώς αυτά τα σωματίδια ενώνονται για να σχηματίσουν χημικούς δεσμούς. Μελέτησε το έργο του Dalton και έγινε ένθερμος υποστηρικτής της ατομικής θεωρίας του.

Επίσης, σε μια εποχή που μεσουρανούσε η γαλλική βιβλιογραφία στις φυσικές επιστήμες, δε θα μπορούσε να μην μελετήσει και το έργο των Gay-Lussac και Claude Berthollet για τα αέρια κ.α.

5.1.3 Τα γιγαντιαία επιστημονικά άλματα του Avogadro

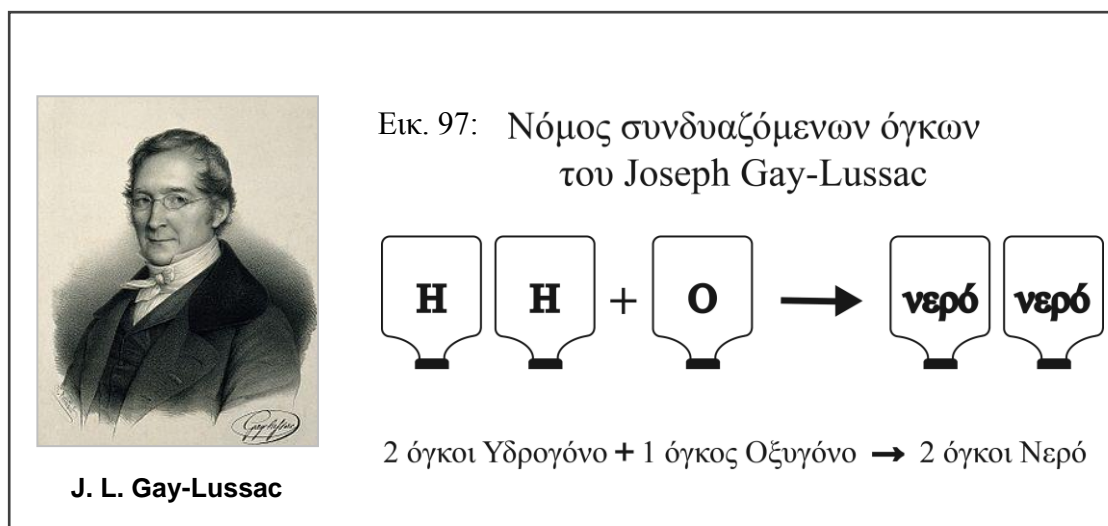
5.1.3.1 Η μελέτη και θεμελίωση του έργου του John Dalton

Το 1808 ο John Dalton αναπτύσσοντας την ατομική θεωρία έφερε τη χημεία σε άλλο επίπεδο, ωστόσο η θεωρία του περιείχε λάθη, όπως είναι ο «κανόνας μέγιστης απλότητας», όπου θεωρούσε ότι μια δυαδική ένωση αποτελείται από την απλούστερη αναλογία 1:1 στοιχείων. Για παράδειγμα, πίστευε ότι κατά τη σύνθεση του νερού ενώνεται ένα άτομο υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου και σχηματίζουν ένα «σύνθετο άτομο» νερού, HO. Με αυτή την παραδοχή, τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης οδηγούσαν σε λανθασμένα σχετικά ατομικά βάρη, όπως ότι του οξυγόνου είναι $O = 8$. Ο Avogadro γρήγορα αντιλήφθηκε ότι αυτή η παραδοχή ήταν αυθαίρετη και μάλλον λανθασμένη.

5.1.3.2 Το «κλειδί» του Joseph Gay-Lussac

Το 1809 ο Joseph Gay-Lussac δημοσίευσε το νόμο των συνδυαζόμενων όγκων των αερίων (νόμος Gay-Lussac) (Εικ. 97):

«Όλα τα αέρια αντιδρούν σε απλές αναλογίες όγκων»



Είχε, για παράδειγμα, παρατηρήσει ότι απαιτούνται δύο λίτρα υδρογόνου για να αντιδράσουν με ένα λίτρο οξυγόνου και τότε σχηματίζεται ένα λίτρο νερού. Παρόλο που σήμερα αυτή η ανακάλυψη θεωρείται αυτονόητη, ωστόσο αποτέλεσε το κλειδί που χρειαζόταν ο Avogadro για να εξηγήσει πώς συνδυάζονται και πώς συμπεριφέρονται τα άτομα των αερίων. Ο Avogadro τότε έστρεψε το ενδιαφέρον της έρευνας από την κατά βάρος ανάλυση προς την ογκομετρική ανάλυση των αερίων.

5.1.3.3 Η σύλληψη της Υπόθεσης Avogadro

Ο Avogadro πρότεινε μια εξήγηση του νόμου του Gay-Lussac και διατύπωσε την υπόθεση Avogadro:

«Ίσοι όγκοι αερίων, στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, περιέχουν τον ίδιο αριθμό σωματιδίων»,

που αργότερα, όταν εδραιώθηκε, ονομάστηκε νόμος Avogadro.

Η υπόθεση Avogadro οδήγησε αυτόματα σε παράδοξο:

Όπως είχε αποδειχθεί το 1805 από τους Gay-Lussac και Alexander von Humboldt, κατά τη σύνθεση του νερού, δύο όγκοι υδρογόνου αντιδρούν με έναν όγκο οξυγόνου στις ίδιες συνθήκες και παράγονται δύο όγκοι νερού,

οπότε θα έπρεπε ένα «σύνθετο άτομο» (μόριο) νερού να περιέχει μισό άτομο οξυγόνου.

2 όγκοι Υδρογόνου + 1 όγκος Οξυγόνο → 2 όγκοι Νερό



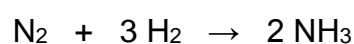
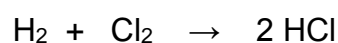
Ωστόσο, σύμφωνα με την ατομική θεωρία το άτομο είναι αδιαίρετο!

5.1.3.4 Η αποκάλυψη της ατομικότητας των χημικών στοιχείων και η διόρθωση των σχετικών ατομικών βαρών

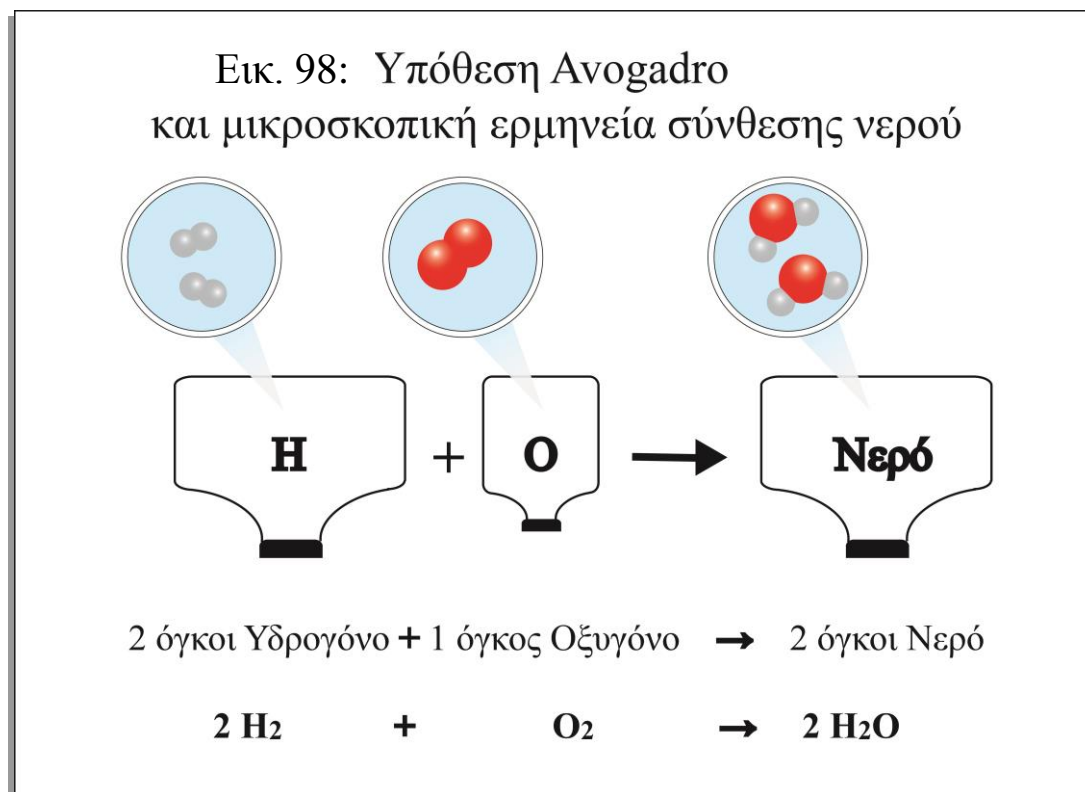
Το παράδοξο στο οποίο οδήγησε τον Avogadro η υπόθεσή του, τον ώθησε τελικά σε ένα νέο και επαναστατικό συλλογισμό: Τα μόρια πρέπει να είναι τουλάχιστον διατομικά! Ήταν ο πρώτος χημικός που συνειδητοποίησε ότι τα χημικά στοιχεία υπάρχουν ως «μόρια» (**molecules**: υποκοριστικό της λατινικής λέξης moles: σωρός) παρά ως άτομα. Τα δεδομένα της ποσοτικής ανάλυσης (σχέση πυκνοτήτων υδρογόνου/οξυγόνου=1/16 και λόγος μαζών των στοιχείων στο νερό H/O=1/8) οδήγησαν στη διαπίστωση ότι το μόριο του νερού συγκροτείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Συνδυάζοντας όλα αυτά με την υπόθεση Avogadro, όλα τα πειραματικά δεδομένα οδηγούσαν στην παραδοχή ότι και τα δύο στοιχεία δεν μπορεί παρά να είναι διατομικά (Εικ. 98):



Παρόμοια συμπεράσματα προέκυπταν και στην περίπτωση σχηματισμού υδροχλωρίου ή αμμωνίας:



Ο Avogadro προχώρησε τους συλλογισμούς του ακόμα πιο πέρα και υποστήριξε ότι πρέπει να υπάρχει διάκριση μεταξύ ατόμων και μορίων, τα μόρια των χημικών στοιχείων μπορεί να είναι πολυατομικά. Αυτό είχε ως άμεση επίπτωση τον επαναπροσδιορισμό και τη διόρθωση των σχετικών ατομικών βαρών του Dalton δίνοντας τις τιμές όπως ισχύουν σήμερα.



Το αξιοπερίεργο είναι ότι ο ίδιος ο Dalton δεν αποδέχθηκε ποτέ τις απόψεις του Avogadro, παρόλο που ο δεύτερος ήταν ένθερμος υποστηρικτής του πρώτου και βασίστηκε στην ατομική θεωρία και τις μετρήσεις του Dalton σε διάφορα αέρια για να φθάσει στα συμπεράσματά του.

Ο Avogadro συμπεριέλαβε τα συμπεράσματά του σε μια εργασία που δημοσίευσε, το 1811, σε γαλλικό επιστημονικό περιοδικό της εποχής, το “Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire”, ενώ εργαζόταν ως καθηγητής φυσικής στο College of Vercelli.

Το άρθρο είχε τίτλο “Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons” («Δοκίμιο για έναν τρόπο με τον οποίο προσδιορίζονται οι σχετικές μάζες των στοιχειωδών μορίων των σωμάτων και οι αναλογίες με τις οποίες αυτά συμμετέχουν στις ενώσεις»).

Το 1821 δημοσίευσε, ως καθηγητής του Πανεπιστημίου του Τορίνο, μια εκτενέστερη μελέτη για τα ατομικά βάρη των στοιχείων και τις αναλογίες με τις οποίες συνδυάζονται. Μέχρι το 1841 δημοσίευσε τέσσερις τόμους λεπτομερειακής μελέτης της φυσικής της ύλης.

Οι απόψεις του Avogadro αγνοήθηκαν για 50 χρόνια μέχρι που ο Stanislao Cannizzaro επανέφερε τις ιδέες αυτές σε ένα συνέδριο στο Karlsruhe, το 1860. Ο Cannizzaro στηρίχθηκε στην υπόθεση



Εικ. 99: Stanislao Cannizzaro. Royal Society of Chemistry, Library and Information Centre

Avogadro για να προσδιορίσει τα ατομικά βάρη των στοιχείων και μάλιστα με τις σύγχρονες τιμές τους.

Ωστόσο, ακόμη και μετά την παρουσίαση του Cannizzaro (Εικ. 99) χρειάστηκε να περάσει μια δεκαετία για να γίνει ευρύτερα αποδεκτή η υπόθεση και να γίνει τελικά νόμος Avogadro.

5.1.3.5 Γιατί η υπόθεση Avogadro απορρίφθηκε για δεκαετίες;

Οι λόγοι που απορρίφθηκε η υπόθεση Avogadro και χρειάστηκε να περάσουν 50 χρόνια για να γίνει αποδεκτή ήταν πολλοί:

- Η ίδια η ατομική θεωρία στην οποία βασίστηκε ο Avogadro αμφισβητούνταν από πολλούς και ενώ τα επόμενα χρόνια υιοθετήθηκε από μερικούς, όπως τον Jöns Jacob Berzelius και τον Thomas Graham, ωστόσο η αξία της δεν είχε αναγνωριστεί και η ύπαρξη των ατόμων βρισκόταν ακόμα στην περιοχή της φαντασίας των φυσικών και χημικών.
- Επικρατούσε η άποψη ότι τα άτομα ίδιου στοιχείου δεν έχουν χημική συγγένεια και είναι αδύνατο να ενωθούν και να σχηματίσουν μόρια. Μάλιστα, η ηλεκτροχημική θεωρία του Jöns Berzelius υποστήριζε ότι ακόμα και τα πιο απλά μόρια είναι πολικά, με ένα θετικό και ένα αρνητικό πόλο (δυϊσμός), κάτι που αυτόματα απέκλειε την περίπτωση να ενώνονται ίδια άτομα μεταξύ τους.
- Μεγάλοι και καταξιωμένοι επιστήμονες της εποχής του, όπως ο John Dalton and ο Jöns Jacob Berzelius διαφωνούσαν με τις απόψεις του Avogadro. Ακόμα και ο ίδιος ο Dalton διαφωνούσε παρόλο που οι απόψεις

του Avogadro βασίζονταν στα αποτελέσματα τόσο τα δικά του όσο και άλλων σύγχρονων πάνω στις αντιδράσεις μεταξύ αερίων σωμάτων.

- Το άρθρο του Avogadro δε συμπεριελάμβανε εκτεταμένα πειραματικά δεδομένα.
- Το περιοδικό στο οποίο δημοσιεύθηκε δεν είχε τη μεγαλύτερη κυκλοφορία.
- Η Ιταλία, η χώρα του Leonardo da Vinci και του Gallileo, δεν αποτελούσε πλέον μια χώρα όπου συνέβαιναν μεγάλα επιστημονικά επιτεύγματα. Μάλιστα, ο ίδιος ο Alessandro Volta είχε ταξιδέψει σε άλλες χώρες στην Ευρώπη για να κάνει γνωστό το έργο του. Αντίθετα, ο Avogadro, παρέμεινε στη χώρα του και δεν έκανε προσωπικές επαφές με άλλους επιστήμονες της εποχής του.

Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι οι θεωρίες του Avogadro ήταν πολύ μπροστά από την εποχή του και ήταν δύσκολο να τις αποδεχθούν. Από την άλλη μεριά, όταν ένας ερευνητής βρίσκεται σε επιστημονική διαμάχη με σύγχρονους του, με μεγαλύτερο επιστημονικό κύρος, τότε σαφώς συναντά εμπόδια η επικράτηση των ριζοσπαστικών απόψεων του πρώτου.

5.1.3.6 Ο Avogadro γεφυρώνει τον μικρόκοσμο με τον μακρόκοσμο

Η σταθερά Avogadro, $N_A = 6.02214129 \times 10^{23}$ είναι ένας από τους πιο σημαντικούς αριθμούς στη Χημεία. Αντιπροσωπεύει τον αριθμό των σωματιδίων (ατόμων, μορίων, ιόντων κτλ) που περιέχονται σε ένα mol οποιασδήποτε ουσίας και στα 12 g άνθρακα-12.

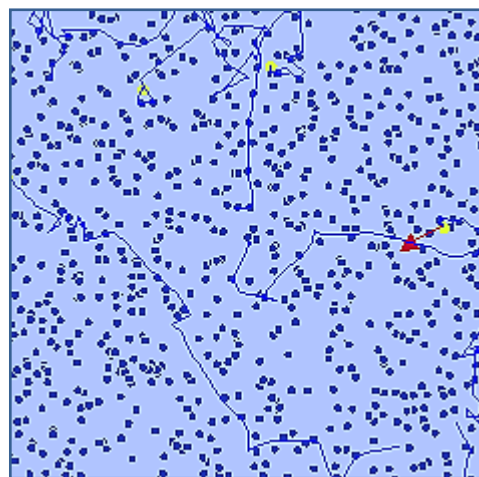
Η σταθερά Avogadro είναι ένα γιγάντιο νούμερο. Για να αντιληφθεί κανείς το μέγεθος αυτό, αρκεί να αναλογιστεί ότι αν κάποιος μπορούσε να αποταμιεύει ένα εκατομμύριο ευρώ κάθε δευτερόλεπτο τότε, για να αποταμιεύσει $N_A = 6.02214129 \times 10^{23}$ ευρώ, θα απαιτούνταν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από όσο πιστεύουμε ότι υπάρχει το σύμπαν. Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, ότι μια μικρή ποσότητα ύλης αποτελείται από ένα τεράστιο αριθμό μικροσκοπικών σωματιδίων.

Η ύπαρξη του αριθμού Avogadro προκύπτει από την υπόθεση και το έργο του Avogadro, μετά από λογικούς συλλογισμούς. Ωστόσο, η τιμή της σταθεράς Avogadro δεν υπολογίστηκε από τον ίδιο αλλά τιμητικά αποδόθηκε στη σταθερά το όνομά του.

Ποιος τελικά προσδιόρισε την τιμή της Σταθεράς Avogadro;

Ο χημικός George M. Bodner, του Πανεπιστημίου του Purdue, εξηγεί ότι, αντίθετα με την πεποίθηση των επόμενων γενεών, ο αριθμός Avogadro δεν υπολογίστηκε από τον ίδιο.

Ο πρώτος επιστήμονας που εκτίμησε τον αριθμό των σωματιδίων σε μια ποσότητα ύλης ήταν ο Josef Loschmidt, το 1865. Συγκεκριμένα, υπολόγισε, βασιζόμενος στην κινητική θεωρία, την ποσότητα των σωματιδίων σε ένα κυβικό εκατοστόμετρο αερίου σε κανονικές συνθήκες (stp), η οποία ονομάστηκε σταθερά Loschmidt $n_0 = 2.6867773 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$. Στη συνέχεια υπολόγισε ότι τα 22,4 L αερίου περιέχουν περίπου 600 εξάκις εκατομμύρια μόρια (Asimov, 1997).



Εικ. 100: Προσομοίωση Κίνησης Brown (wikipedia.org)

Ο όρος «σταθερά Avogadro» χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Γάλλο φυσικό Jean Baptiste Perrin

(Εικ. 100), όταν το 1909 εκτίμησε την τιμή της σταθεράς βασισμένος στη μελέτη της κίνησης Brown (τυχαία κίνηση μικροσκοπικών σωματιδίων αιωρούμενων σε ένα υγρό ή αέριο, που διατυπώθηκε το 1827) (Εικ. 101).

Στη συνέχεια, ακολούθησαν διάφορες άλλες τεχνικές προσδιορισμού αυτής της θεμελιώδους σταθεράς.

Όμως, η ακριβής μέτρηση της τιμής σταθεράς Avogadro απαιτεί μέτρηση μιας ποσότητας τόσο σε μικροσκοπική (ατομική) όσο και σε μακροσκοπική κλίμακα χρησιμοποιώντας την ίδια μονάδα μέτρησης.

Ο Αμερικάνος φυσικός Robert Millikan (Εικ. 102) ήταν ο πρώτος που προσδιόρισε το φορτίο του ηλεκτρονίου. Σήμερα γνωρίζουμε, μετά από σύγχρονα πειράματα, ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι:

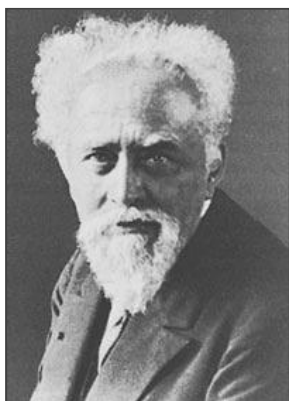
$$e^- = 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ C ανά ηλεκτρόνιο}$$

Επίσης, η καλύτερη εκτίμηση της σταθεράς Faraday (ενός mole), σύμφωνα με το National Institute of Standards and Technology (NIST), είναι 96,485.3383 C/mol ηλεκτρονίων. Αν λοιπόν διαιρέσει κανείς την τιμή της σταθεράς Faraday

με την τιμή του φορτίου του ηλεκτρονίου θα προσδιορίσει με μεγάλη ακρίβεια την τιμή της σταθεράς Avogadro $N_A = 6.02214154 \times 10^{23}$.

Το «κλειδί» του ευφυή Avogadro παραμένει στην αφάνεια για 50 χρόνια

Ο Avogadro αντιμετώπιστηκε με σκεπτικισμό και έμεινε στην αφάνεια για 60 χρόνια, κρατώντας το κλειδί για ένα από τα κεντρικά προβλήματα που



Εικ. 101:
J. Baptiste Perrin



Εικ. 102:
Robert Millikan

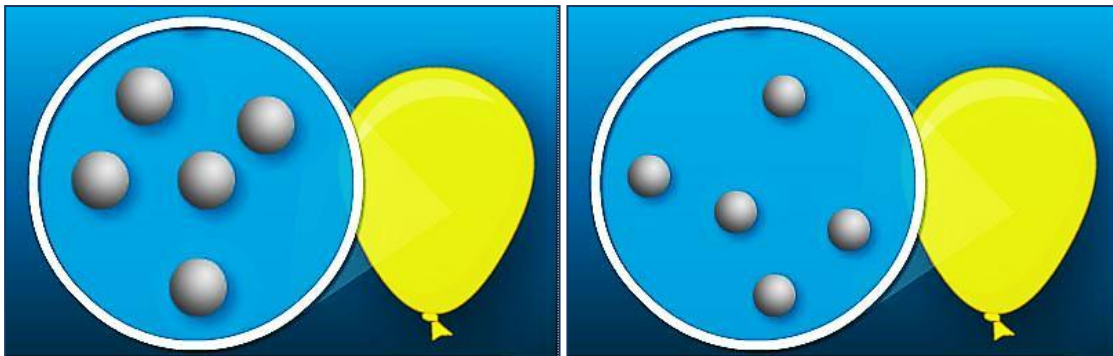
αντιμετωπίζει η Χημεία από τότε έως σήμερα. Χωρίς τη λύση που πρότεινε και τις θεωρίες του, η Χημεία σήμερα θα ήταν πολύ διαφορετική. Η υπόθεση Avogadro είναι το θεμέλιο της έρευνας του μικρόκοσμου των κινούμενων σωματιδίων. Αξιοποιήθηκε στην Ατομική Θεωρία που θεμελίωσε τη

Χημεία και στην Κινητική Θεωρία που θεμελίωσε τη Θερμοδυναμική. Χωρίς αυτή, η Εξίσωση των Ιδανικών Αερίων και η εξίσωση Van der Waals δε θα μπορούσαν να οικοδομηθούν.

5.2 Δραστηριότητες. Σωματιδιακή φύση της ύλης

Δραστηριότητα 1

«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ»



Εικ. 103: Μικροσκοπική παρατήρηση ίσου όγκου αερίων στις ίδιες συνθήκες, μέσα σε μπαλόνη [\(link με animation\)](#)

Σκοπός Δραστηριότητας

Ο σκοπός της δραστηριότητας είναι να συνδέσουν οι μαθητές ένα μακροσκοπικό μέγεθος (την πυκνότητα) με ένα μικροσκοπικό μέγεθος (την ατομική μάζα και το σχετικό μέγεθος ατόμων). Η ερμηνεία διάφορων μακροσκοπικών παρατηρήσεων με τη βοήθεια μοριακών αναπαραστάσεων στοχεύει να καλλιεργήσει την σωματιδιακή α-ντίληψη των μαθητών για την ύλη και τον κόσμο (Εικ. 103).

Διαδικασία

Οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί την έννοια της πυκνότητας και την ενότητα του διοξειδίου του άνθρακα. Γεμίζουν ένα μπαλόνη με ήλιο. Στη συνέχεια, σε δεύτερο μπαλόνη φυσούν διοξείδιο του άνθρακα περίπου ίσου όγκου. Γεμίζουν ένα τρίτο μπαλόνη με αέρα, με μια τρόμπα. Αφήνουν τα μπαλόνια ελεύθερα και συγκρίνουν ποιοτικά τις μάζες των αερίων άρα και των πυκνοτήτων τους ($\rho_{\text{He}} < \rho_{\text{αέρα}} < \rho_{\text{CO}_2}$). Παρατηρούν ότι το μπαλόνη με το ήλιο ανέρχεται στην ατμόσφαιρα και άρα είναι «ελαφρύ», ενώ το μπαλόνη με τον αέρα αιωρείται και το μπαλόνη με το διοξείδιο του άνθρακα πέφτει στο έδαφος. Ακολουθεί συζήτηση και συμπληρώνουν Φύλλο Εργασίας.

Φύλλο Εργασίας

Ήλιο - Διοξείδιο του Άνθρακα – Αέρας

- 1) Ποιο μπαλόνι περιέχει περισσότερη μάζα;
- 2) Δεδομένου ότι τα μπαλόνια έχουν τον ίδιο όγκο, ποιο από τα τρία αέρια έχει μεγαλύτερη πυκνότητα; Εξηγήστε.
- 3) Κατατάξτε τα τρία αέρια κατά σειρά αυξανόμενης πυκνότητας.
- 4) Δεδομένου ότι ίσοι όγκοι αερίων, στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, περιέχουν ίσο αριθμό σωματιδίων (Υπόθεση Avogadro), σχεδιάστε τα σωματίδια κάθε αερίου (ήλιο, διοξείδιο του άνθρακα) σε κάθε μπαλόνι.

Αργό - Κρυπτό

5) Δίνονται δύο μπαλόνια περίπου ίσου όγκου που περιέχουν το ένα Αργό και το άλλο Κρυπτό, και το βάρος είναι αντίστοιχα 40 και 80 g. Όταν αφήσουμε ελεύθερα τα μπαλόνια παρατηρούμε ότι πέφτουν στο έδαφος και ειδικά το Κρυπτό πέφτει «σαν πέτρα»!

α) Συγκρίνετε την πυκνότητα των δύο αερίων σε σχέση με του αέρα. (μικρότερη /μεγαλύτερη)

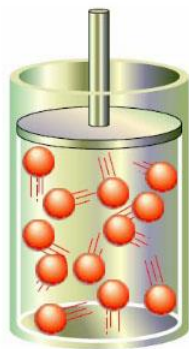
β) Συγκρίνετε την πυκνότητα των δύο αερίων μεταξύ τους.

γ) Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα αέρια αυτά είναι μονοατομικά, συγκρίνετε τη μάζα κάθε ατόμου των δύο αερίων. Πόσες φορές είναι βαρύτερο το άτομο του ενός σε σχέση με του άλλου;

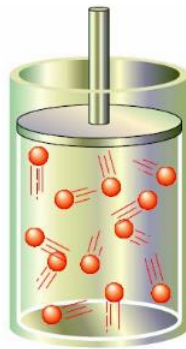
δ) Σχεδιάστε τα άτομα των δύο αερίων σε ίσου όγκου δοχεία.

Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας.

ε) Αντιστοιχίστε την εικόνα των σωματιδίων σε κάθε δοχείο Α και Β.



Δοχείο Α



Δοχείο Β

Ποιες διαφορές διακρίνετε να υπάρχουν σε σχέση με σας δικές σας αναπαραστάσεις; Εντοπίστε σας διαφορές και σχολιάστε.

στ) Αν γνωρίζετε ότι τα άτομα του Αργού είναι 40 φορές βαρύτερα από τα άτομα του υδρογόνου, τότε:

- i) πόση είναι η σχετική ατομική μάζα του Αργού;
- ii) πόση είναι η σχετική ατομική μάζα του Κρυπτού;
- iii) μπορείτε να προβλέψετε πόσο ζυγίζει ίσου όγκου δοχείο γεμάτο με αέριο υδρογόνο στις ίδιες συνθήκες; Λάβετε υπόψη ότι το υδρογόνο είναι διατομικό στοιχείο.

Σχεδιάστε το δοχείο του υδρογόνου, σε αντιστοιχία με τα δοχεία Α και Β.

Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας.

Δραστηριότητα 2

«ΝΟΜΟΣ ΣΥΝΔΥΑΖΟΜΕΝΩΝ ΟΓΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ»

Σκοπός Δραστηριότητας

Ο σκοπός της δραστηριότητας είναι να αναπτύξουν οι μαθητές τη σωματιδιακή αντίληψη της ύλης και των χημικών μετατροπών. Να κατανοήσουν τη στοιχειομετρία των χημικών εξισώσεων, να εξασκηθούν και να εξοικειωθούν με τους συμβολισμούς των χημικών εξισώσεων και να τις συνδέσουν με αναπαραστάσεις ατόμων και μορίων. Στη δραστηριότητα οι μαθητές εφαρμόζουν το νόμο των συνδυαζόμενων όγκων και παράλληλα επιστρατεύουν την υπόθεση Avogadro, για να ανακαλύψουν τη στοιχειομετρία χημικών εξισώσεων.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Οι μαθητές πρέπει να κατανοούν τους χημικούς τύπους.

Να γνωρίζουν τη διαφορά μεταξύ ατόμων και μορίων.

Να γνωρίζουν το νόμο των συνδυαζόμενων όγκων, την υπόθεση Avogadro, την αρχή διατήρησης μάζας, την έννοια της χημικής σύστασης και του ατομικού βάρους.

Φύλλο Εργασίας

Ο Ανογαδνο εκτέλεσε μια σειρά από πειράματα με αέρια στην προσπάθειά του να κατανοήσει τη στοιχειομετρία των χημικών εξισώσεων κάποιων, γνωστών τότε, χημικών αντιδράσεων και προσπαθώντας να ερμηνεύσει τα πειραματικά ευρήματα.

Συμβουλευτήκε τον «μοντέρνο» πίνακα ατομικών βαρών της εποχής του για να συνδυάσει τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των αερίων και να φθάσει στην κατανόηση της σωματιδιακής διάστασης των χημικών αντιδράσεων.

Δίνονται παρακάτω οι σημειώσεις από το σημειωματάριό του, τις οποίες καλείστε να επεξεργαστείτε με σκοπό για να απαντήσετε στα ερωτήματα που τον προβληματίζουν.



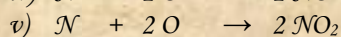
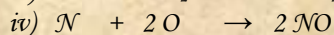
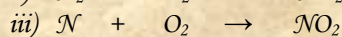
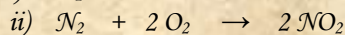
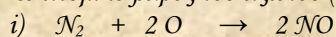
ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑΡΧΙΟ ΑΥΟΓΑΔΡΟ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α

10 L αέριο άζωτο αντιέδρασαν με 20 L οξυγόνο και σχηματίστηκαν 20 L κάποιου οξειδίου του αζώτου (οι όγκοι μετρήθηκαν στις ίδιες συνθήκες).

Η στοιχειακή ανάλυση του παραγόμενου οξειδίου του αζώτου έδειξε ότι ο λόγος μαζών των στοιχείων στο οξείδιο είναι $N/O=7/16$.

Το ατομικό βάρος του αζώτου (N) είναι 14 και του οξυγόνου (O) είναι 16.

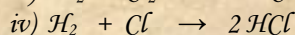
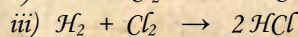
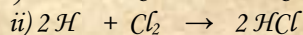
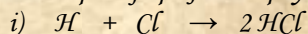


ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β

10 L αέριο υδρογόνο αντιέδρασαν με 10 L χλωρίο και σχηματίστηκαν 20 L οξέος (οι όγκοι μετρήθηκαν στις ίδιες συνθήκες).

Η στοιχειακή ανάλυση του παραγόμενου οξέος έδειξε ότι ο λόγος μαζών των στοιχείων στο οξύ είναι $H/Cl=2/71$.

Το ατομικό βάρος του υδρογόνου (H) είναι 1 και του χλωρίου (Cl) είναι 35,5.

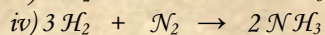
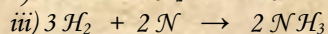
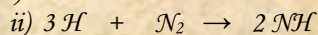
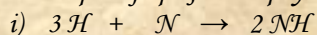


ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Γ

30 L αέριο υδρογόνο αντιέδρασαν με 10 L άζωτο και σχηματίστηκαν 20 L αμμωνίας (οι όγκοι μετρήθηκαν στις ίδιες συνθήκες).

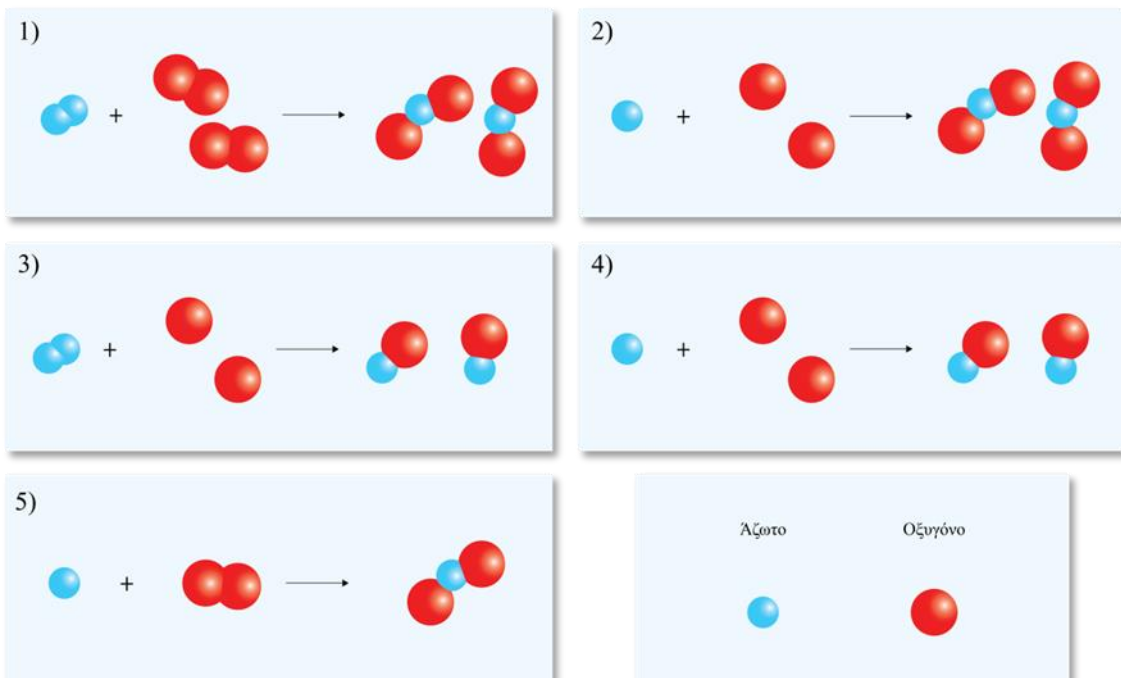
Η στοιχειακή ανάλυση της παραγόμενης αμμωνίας έδειξε ότι ο λόγος μαζών των στοιχείων στην αμμωνία είναι $H/N=1/14$.

Το ατομικό βάρος του υδρογόνου (H) είναι 1 και του αζώτου (N) είναι 14.



Ερωτήσεις για την Περίπτωση Α

α) Αντιστοιχίστε κάθε χημική εξίσωση του Ανογαδρό με μια από τις αναπαραστάσεις με προσομοιώματα που ακολουθούν:

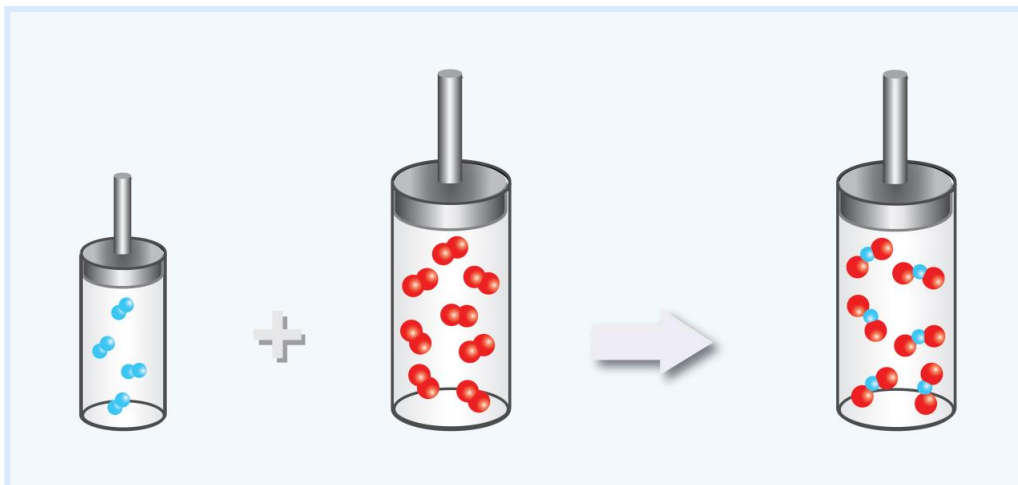


β) Ποια χημική εξίσωση, από αυτές που βρέθηκαν στο σημειωματάριο του Ανογαδρό, παραβαίνει το νόμο των συνδυαζόμενων όγκων με βάση τους όγκους των πειραματικών μετρήσεων;

γ) Ποιες χημικές εξισώσεις παραβαίνουν την αρχή διατήρησης μάζας;

δ) Ποια από τις παραπάνω χημικές εξισώσεις που βρέθηκαν στο σημειωματάριο του Ανογαδρό αναπαριστά την αντίδραση σχηματισμού του οξειδίου αυτού; Εξηγήστε.

ε) Συμπληρώστε στο τρίτο δοχείο τα σωματίδια που λείπουν ώστε η αντίδραση σχηματισμού του οξειδίου να αναπαριστάνεται σωστά και να συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα:



Ερωτήσεις για τις περιπτώσεις Β και Γ

Για κάθε περίπτωση Β και Γ:

- α) Να αναπαραστήσετε τις χημικές εξισώσεις από το σημειωματάριο του Avogadro χρησιμοποιώντας προσομοιώματα ατόμων.
- β) Ποια χημική εξίσωση, από αυτές που βρέθηκαν στο σημειωματάριο του Avogadro, παραβαίνει το νόμο των συνδυαζόμενων όγκων με βάση τους όγκους των πειραματικών μετρήσεων;
- γ) Ποιες χημικές εξισώσεις παραβαίνουν την αρχή διατήρησης μάζας;
- δ) Ποια από τις χημικές εξισώσεις που βρέθηκαν στο σημειωματάριο του Avogadro αναπαριστά την αντίδραση που πραγματοποιήθηκε; Εξηγήστε.
- ε) Να αναπαραστήσετε σε δοχεία τα άτομα των αερίων αντιδρώντων και προϊόντων της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

DIMITRY MENDELEEV &

ΜΙΑ ΡΙΨΟΚΙΝΔΥΝΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ (1869)

For me too, the periodic table was a passion. ... As a boy, I stood in front of the display for hours, thinking how wonderful it was that each of those metal foils and jars of gas had its own distinct personality.

[Referring to the periodic table display in the Science Museum, London, with element samples in bottles]

Freeman Dyson

For the first time I saw a medley of haphazard facts fall into line and order. All the jumbles and recipes and hotchpotch of the inorganic chemistry of my boyhood seemed to fit into the scheme before my eyes—as though one were standing beside a jungle and it suddenly transformed itself into a Dutch garden.

[Upon hearing the Periodic Table explained in a first-tern university lecture]

Baron C.P. Snow

6.1 Ιστορικό πλαίσιο

6.1.1 Εισαγωγή

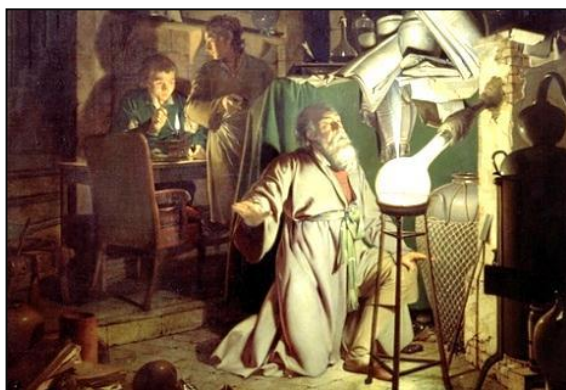
Ο Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων (Π.Π.) αποτελεί ένα από τα πιο εμβληματικά σύμβολα στις Φυσικές Επιστήμες. Κανένα άλλο δημιούργημα στις επιστήμες δεν είναι τόσο γνωστό όσο ο Π.Π. Βέβαια, η ανακάλυψη των χημικών στοιχείων ήταν μια σημαντική προϋπόθεση για την οικοδόμηση του Περιοδικού Πίνακα.

Στοιχεία όπως ο χρυσός, ο άργυρος, ο κασσίτερος, ο χαλκός, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος ήταν γνωστά από την αρχαιότητα. Ωστόσο, η πρώτη επιστημονική ανακάλυψη χημικού στοιχείου έγινε το 1669 από τον Γερμανό αλχημιστή Hennig Brand, ο οποίος αναζητώντας τη φιλοσοφική λίθο ανακάλυψε κατά λάθος το φωσφόρο, μετά από απόσταξη ούρων επί δύο εβδομάδες! (Εικ. 104). Η ανακάλυψή του έμεινε μυστική μέχρι το 1680, όταν ο Robert Boyle ξαναανακάλυψε το φωσφόρο παρακολουθώντας την επίδειξη

του πειράματος του Brand, προσκεκλημένος στην αυλή του Καρόλου Β'. Αργότερα δημοσιοποίησε την ανακάλυψή του καθότι ήταν οπαδός της αντίληψης ότι πρέπει να κοινοποιείται κάθε επιστημονικό εύρημα και μάλιστα μέσω θεσμικών οργάνων όπως ήταν η Βασιλική Εταιρεία. Με τον τρόπο αυτό πίστευε ότι ωφελείται η επιστημονική κοινότητα και προάγεται η επιστήμη αποτελεσματικότερα.

Τα επόμενα 200 χρόνια ακολούθησαν οι ανακαλύψεις και άλλων στοιχείων και μια εκτεταμένη μελέτη των ιδιοτήτων τους και των χημικών ενώσεων που σχηματίζουν.

Μάλιστα, η ανακάλυψη της φασματοσκοπικής μεθόδου, το 1859, από τους Ρόμπερτ Βίλχελμ Μπούνσεν (Robert Wilhelm Bunsen) και Γκούσταβ Ρόμπερτ Κίρκχοφ (Gustav Robert Kirchhof), έδωσε νέα ώθηση στη Χημεία και επέτρεψε στους χημικούς να



Εικ. 104: Hennig Brand

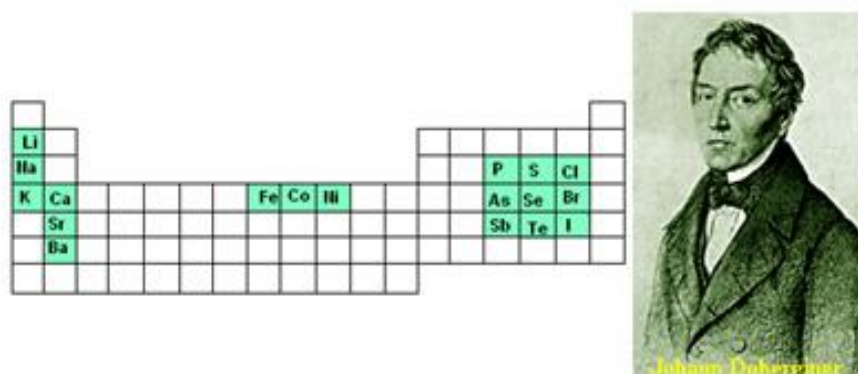
εντοπίσουν πολλά άγνωστα μέχρι τότε στοιχεία. Αυτό εξηγεί γιατί πολλοί χημικοί κατασκεύασαν τόσα διαφορετικά συστήματα ταξινόμησης χημικών στοιχείων κατά τη δεκαετία του 1860.

Μέχρι το 1869 είχαν ανακαλυφθεί 63 χημικά στοιχεία και είχαν καταγραφεί τα ατομικά βάρη και οι χημικές ιδιότητές τους. Ωστόσο η ατομική θεωρία του Dalton (1808) δεν ήταν ακόμα καθολικά αποδεκτή.

Κομβικό σημείο στην ιστορία της Χημείας ήταν το 1858, όταν ο Ιταλός χημικός Κανιζάρο (Stanislao Canizzaro) δημοσίευσε τον πρώτο αξιόπιστο Πίνακα Ατομικών Βαρών. Αρκετοί χημικοί χρησιμοποίησαν τις πληροφορίες που παρείχε αυτός ο πίνακας για να διατάξουν τα μέχρι τότε γνωστά χημικά στοιχεία σε αύξουσα σειρά ατομικού βάρους. Αυτό που παρατήρησαν ήταν μια περιοδική επανάληψη παρόμοιων ιδιοτήτων σε τακτά διαστήματα. Πρέπει να γίνει σαφές ότι παλαιότερα οι χημικοί απλώς παρέθεταν τα χημικά στοιχεία αλφαβητικά και έβαζαν μαζί μέταλλα και αμέταλλα χωρίς να έχουν συλλάβει την ιδέα της ταξινόμησης με βάση τη χημική συμπεριφορά τους σε συνδυασμό με την ατομική μάζα.

6.1.2 J. W. Dobereiner. Ο Νόμος των Τριάδων

Το 1829 ο Γιόχαν Βόλφγκανγκ Ντεμπεράινερ (Johann Wolfgang Dobereiner, 1780 – 1849) παρατήρησε ότι το ατομικό βάρος του στρόντιου ήταν ο μέσος όρος των ατομικών βαρών του ασβεστίου και του βαρίου και μάλιστα έχουν



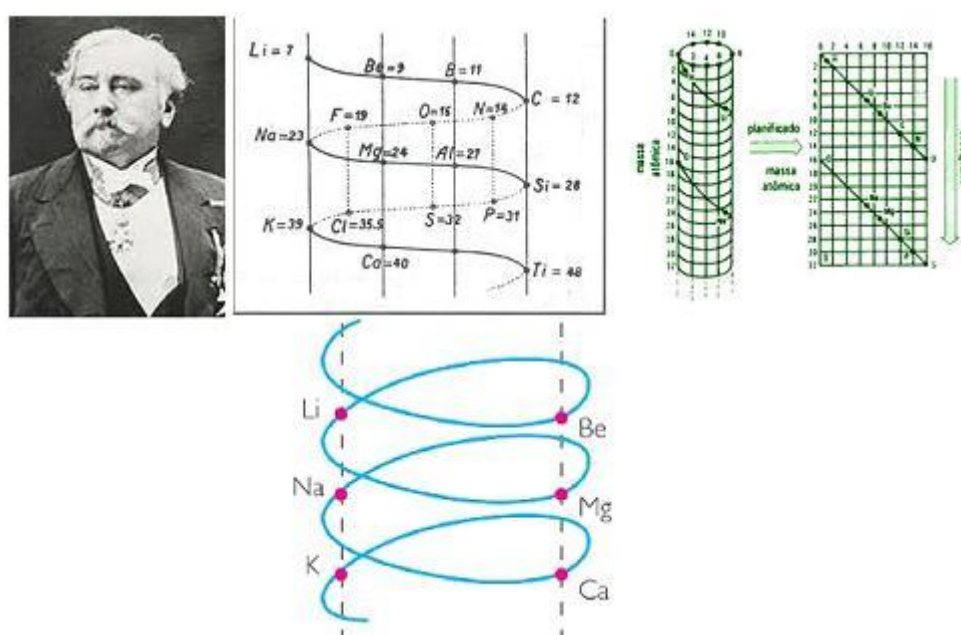
Εικ. 105: Ο Johann Dobereiner και οι τριάδες που πρότεινε

παρόμοιες χημικές ιδιότητες. Ο Ντεμπεράινερ παρόλο που δεν είχε ακαδημαϊκή εκπαίδευση ως χημικός, έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Λένας. Από την εμπειρία, τις μελέτες και από τα πειράματά του διαπίστωσε ότι υπάρχουν αρκετές ομάδες τριών στοιχείων οι οποίες συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο κατά τις χημικές αντιδράσεις (Εικ. 105). Μπόρεσε να βρει αρκετούς συνδυασμούς στοιχείων οι οποίοι πάντα αποτελούνταν από τρία στοιχεία. Σε ένα άρθρο που δημοσίευσε στα Χρονικά της Φυσικής (Annalen der Physik) , ο Ντεμπεράινερ αναφέρθηκε στις μετρήσεις του Μπερζέλιους (Berzelius) οι οποίες έδειχναν ότι μια παρόμοια αναλογία προέκυπτε ανάμεσα στα στοιχεία χλώριο, βρώμιο και ιώδιο. Τελικά ο Ντεμπεράινερ ήταν σε θέση να σχηματίσει δέκα τριάδες οι οποίες κάλυπταν τριάντα από τα πενήντα τρία στοιχεία τα οποία ήταν γνωστά τότε. Το 1829, μετά από την ανακάλυψη της τριάδας των αλογόνων (χλώριο, βρώμιο και ιώδιο) και των αλκαλίων (λίθιο, νάτριο και κάλιο) πρότεινε ότι η φύση περιέχει τριάδες στοιχείων και το μεσαίο στοιχείο έχει ιδιότητες που είναι ο μέσος όρος των δύο άλλων μελών όταν τοποθετηθούν σε σειρά ατομικών βαρών. Αυτή η νέα ιδέα των τριάδων έγινε δημοφιλής περιοχή μελέτης. Μεταξύ 1829 και 1858 ένας αριθμός επιστημόνων (Jean Baptiste Dumas, Leopold Gmelin, Ernst Lenssen, Max von Pettenkofer, and J.P. Cooke) βρήκαν ότι οι τριάδες επεκτείνονται περισσότερο. Όταν το φθόριο προστέθηκε στα αλογόνα, τότε το οξυγόνο, το

θείο, το σελήνιο και το τελούριο ήταν ομαδοποιημένα σε μια ομάδα, ενώ το άζωτο, ο φωσφόρος, το αρσενικό, το αντιμόνιο και το βισμούθιο ήταν ταξινομημένα σε άλλη ομάδα. Δυστυχώς, εκείνη την εποχή οι μετρήσεις των ατομικών βαρών δεν ήταν ακριβείς.

6.1.3 A. E. Beguyer De Chancourtois. Η πρώτη απόπειρα σχεδιασμού Περιοδικού Πίνακα. «Τελουρική Δύναμη»

Αν θεωρήσουμε τον Περιοδικό Πίνακα ως μια ταξινόμηση των χημικών στοιχείων που δείχνει την περιοδικότητα των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους, τότε αυτός πιστώνεται στον Γάλλο Γεωλόγο Σανκουρτουά (A.E.Beguyer



Εικ. 106: Η απόπειρα ταξινόμησης σε σπирάλ από τον De Chancourtois


De Chancourtois), το 1862. Ο Σανκουρτουά οργάνωσε τα χημικά στοιχεία σε ένα είδος σπирάλ, σύμφωνα με την ατομική τους μάζα, δημιουργώντας μια δομή την οποία ονόμασε «τελουρική δύναμη» (*vis tellurique*) (Εικ. 106). Ο Σανκουρτουά παρατήρησε ότι βάζοντας τα στοιχεία σε σειρά πάνω στο σπирάλ κατά αύξοντα αριθμό ατομικής μάζας και ενώ είχε αρκετές διαστάσεις στο σπирάλ, κάποια στοιχεία που σε αυτήν την κατασκευή ήταν το ένα πάνω από το άλλο παρουσίαζαν αξιοσημείωτες ομοιότητες στη συμπεριφορά τους. Αυτό οδήγησε τον Σανκουρτουά να προτείνει ότι «οι ιδιότητες των στοιχείων είναι οι ιδιότητες των αριθμών». Ήταν ο πρώτος που παρατήρησε ότι οι

ιδιότητες των στοιχείων επαναλαμβάνονται κάθε επτά στοιχεία, και χρησιμοποιώντας αυτόν τον χάρτη μπορούσε να προβλέψει τη στοιχειομετρία μερικών οξειδίων των μετάλλων. Δυστυχώς, αυτός ο χάρτης περιελάμβανε κάποια ιόντα και χημικές ενώσεις επιπρόσθετα με τα στοιχεία.

6.1.4 John Newlands. Ο Νόμος των Οκτάβων

Το 1863, ο Τζον Νιούλαντς (John Alexander Reina Newlands), ένας Άγγλος χημικός, έγραψε ένα άρθρο που ταξινομούσε 56 εδραιωμένα στοιχεία σε 11 ομάδες (οριζόντιες γραμμές) με παρόμοιες ιδιότητες, σημειώνοντας ότι πολλά από τα ζεύγη παρόμοιων στοιχείων που υπάρχουν διαφέρουν στο ατομικό βάρος κατά ένα αριθμό πολλαπλάσιο του οκτώ.

Το 1864, ο Νιούλαντς δημοσίευσε τη δική του εκδοχή του περιοδικού πίνακα και πρότεινε το Νόμο των Οκτάβων (σε αναλογία με τα επτά διαστήματα της μουσικής σκάλας). Αυτός ο νόμος υποστηρίζει ότι κάθε στοιχείο επιδεικνύει ανάλογη συμπεριφορά με αυτή του όγδοου στοιχείου που ακολουθεί (Εικ. 107). Δυστυχώς, η έλλειψη θέσεων για τα άγνωστα στοιχεία και η τοποθέτηση δύο στοιχείων στην ίδια θέση συνετέλεσαν στο να μην γίνουν αποδεκτές οι ιδέες του.



Εικ. 107: Νόμος Οκτάβων του Newlands

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50	
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51	
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52	
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53	
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54	
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55	
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	To 43	Au 49	Th 56	

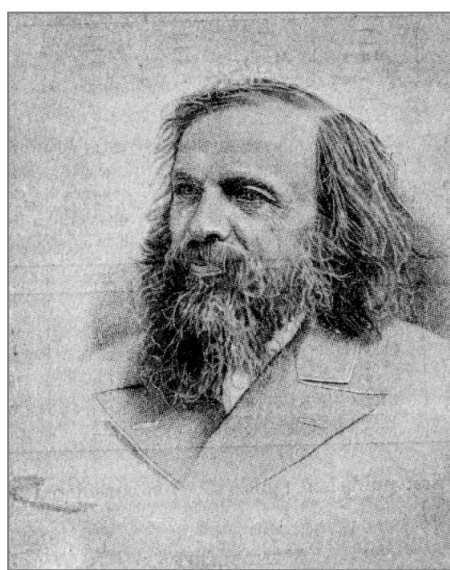
6.1.5 Ποιος είναι ο «πατέρας» του Περιοδικού Πίνακα; Lothar Meyer & Dmitri Mendeleev. Περιοδικότητα Ιδιοτήτων και Ατομικά Βάρη

Στα τέλη της δεκαετίας του 1860, ο Γερμανός Λόταρ Μέγιερ (Julius Lothar Meyer, 1830-1895) και ο Ρώσος Ντμίτρι Μεντελέγιεφ (Dmitri Mendeleev, 1834-1907) δημιούργησαν παρόμοιες ταξινομήσεις χημικών στοιχείων εργαζόμενοι ο ένας ανεξάρτητα από τον άλλο (Εικ. 108, 109).

Το σύγγραμμα του Μέγιερ, το 1864, συμπεριελάμβανε μια συντομευμένη εκδοχή του Π.Π. ταξινόμησης των στοιχείων. Αυτή περιελάμβανε περίπου τα



Εικ. 108: Lothar Meyer



Εικ. 109: Dimitri Mendeleev

μισά από τα γνωστά στοιχεία που είχαν τοποθετηθεί σε σειρά κατά αύξον ατομικό βάρος και δείχνουν την περιοδική σχέση των ιδιοτήτων ως μια λειτουργία του ατομικού βάρους. Το 1868 ο Μέγιερ κατασκεύασε έναν εκτεταμένο πίνακα που δημοσίευσε το Δεκέμβριο του 1869 στα «Χρονικά της Χημείας και της Φαρμακευτικής» (*Annalen fur Chemie und Pharmazie*).

Ωστόσο, τα εύσημα του «πατέρα» του Περιοδικού Πίνακα συνήθως αποδίδονται στον Μεντελέγιεφ. Ο Μεντελέγιεφ κατέταξε τα στοιχεία κατά ατομικό βάρος γενικά αλλά με βασικότερο κριτήριο τις χημικές ιδιότητες. Δημοσίευσε πρώτος το έργο του σε ένα ρωσικό περιοδικό το Μάρτιο του 1869 (αργότερα, το 1871, δημοσίευσε μια λεπτομερή εργασία στο περιοδικό *Χρονικά της Χημείας και της Φαρμακευτικής*).

Το έργο του Μεντελέγιεφ αναγνωρίστηκε περισσότερο από του Μέγιερ κυρίως επειδή χρησιμοποίησε τον περιοδικό πίνακα για να προβλέψει την ύπαρξη στοιχείων που δεν είχαν ανακαλυφθεί ακόμη καθώς και τις ιδιότητες που θα έπρεπε να έχουν, αφήνοντας στον Π.Π. κενές θέσεις. Επιπλέον, η θέση των στοιχείων στον πίνακα ανέδειξε τα λάθη που είχαν κάνει οι χημικοί της εποχής στη μέτρηση κάποιων ατομικών βαρών! Οι επαληθεύσεις των τολμηρών προβλέψεων του Μεντελέγιεφ, που έρχονταν η μία μετά την άλλη, έστρεψαν

όλα τα φώτα πάνω στον δικό του Περιοδικό Πίνακα και οι επιστήμονες όλου του κόσμου πλέον είχαν αρχίσει να ασχολούνται μόνο με αυτόν.

Στο σημείο αυτό διαπιστώνει κανείς τη δύναμη μιας ριψοκίνδυνης πρόβλεψης στις φυσικές επιστήμες. Η δύναμη μιας πρόβλεψης που δεν είναι προφανής είναι τόσο μεγάλη που μπορεί να οδηγήσει στην αποδοχή μιας θεωρίας με την επαλήθευσή της!

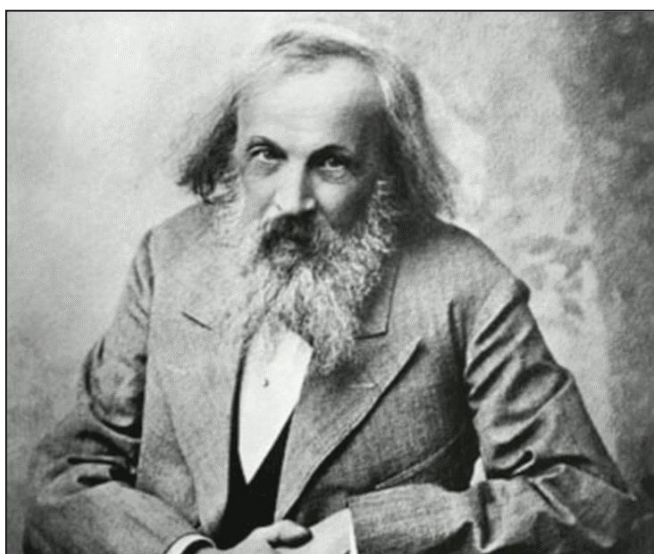
Τα επόμενα χρόνια ο Μεντελέγιεφ και ο Μέγιερ τροποποίησαν ο καθένας τον Πίνακα που είχαν δημιουργήσει (Häusler K., 1990). Η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου, αναγνωρίζοντας το έργο τους, απένειμε το βραβείο Κόπλεϊ (Corpley) και στους δύο.

6.1.6 Ποιος ήταν ο Μεντελέγιεφ;

Ο Μεντελέγιεφ (Dmitri Ivanovich Mendeleev ή Mendelejev, Mendelejeff ή Дмитрий Иванович Менделеев) γεννήθηκε το 1834 στο Verkhnie Angemzyani, ένα χωριό κοντά στο Tobolsk στην επαρχία της Σιβηρίας, στη Ρωσσία. Ο πατέρας του ήταν καθηγητής λογοτεχνίας και φιλο-σοφίας, απόφοιτος του Saint Petersburg's Main Pedagogical Institute, το οποίο ήταν ειδικό ινστιτούτο εκπαίδευσης καθηγητών.

Όταν ο πατέρας του Mendeleev τυφλώθηκε η μητέρα του αναγκάστηκε να ξαναανοίξει το εργοστάσιο υαλοποιίας που παλαιότερα είχε ξεκινήσει ο πατέρας του. Το εργοστάσιο τελικά κήκε όταν ο Mendeleev ήταν 15 ετών, ενώ ο πατέρας του είχε ήδη πεθάνει όταν ο Mendeleev είχε γίνει 13 ετών.

Ο Μεντελέγιεφ, στην ηλικία των 16 ετών, μετακόμισε στο Saint Petersburg (Αγία Πετρούπολη, πρωτεύουσα της Ρωσσίας τότε) όπου εκπαιδεύτηκε ως καθηγητής, όπως ο πατέρας του στο ίδιο κολλέγιο. Σπούδασε μαθηματικά,



**Εικ. 110: Dmitri Ivanovich Mendeleev
(1834-1907)**

φυσική, χημεία και αποφοίτησε ως ο καλύτερος σπουδαστής του κολλεγίου. Σε ηλικία 21 ετών εργάστηκε ως καθηγητής φυσικών επιστημών στο Simferopol, στην Crimea αλλά γρήγορα επέστρεψε στο St. Petersburg. Εκεί ακολούθησε μεταπτυχιακές σπουδές στο Πανεπιστήμιο του St. Petersburg. Ολοκλήρωσε το μεταπτυχιακό του το 1856.

Ο Μεντελέγιεφ (Εικ. 110) εκπαιδεύτηκε και εξάσκησε τόσο την καριέρα του εκπαιδευτικού όσο και την ακαδημαϊκή καριέρα. Το 1859, φεύγοντας στο Πανεπιστήμιο της Heidelberg στη Γερμανία, ασχολήθηκε με την έρευνα μέχρι το 1860. Εκεί είχε την τύχη να εργαστεί μαζί με τον Robert Bunsen. Ο R. Bunsen, μαζί με το συνάδελφό του Gustav Kirchhoff, ανακάλυψαν το στοιχείο Καίσιο (Cs) και το Ρουβίδιο (Rb) με την καινούργια μέθοδο της φασματοσκοπίας, στην οποία μέθοδο μύησαν και τον Μεντελέγιεφ.

Το πρώτο Διεθνές Συνέδριο Χημείας (Karlsruhe Germany, 1860)

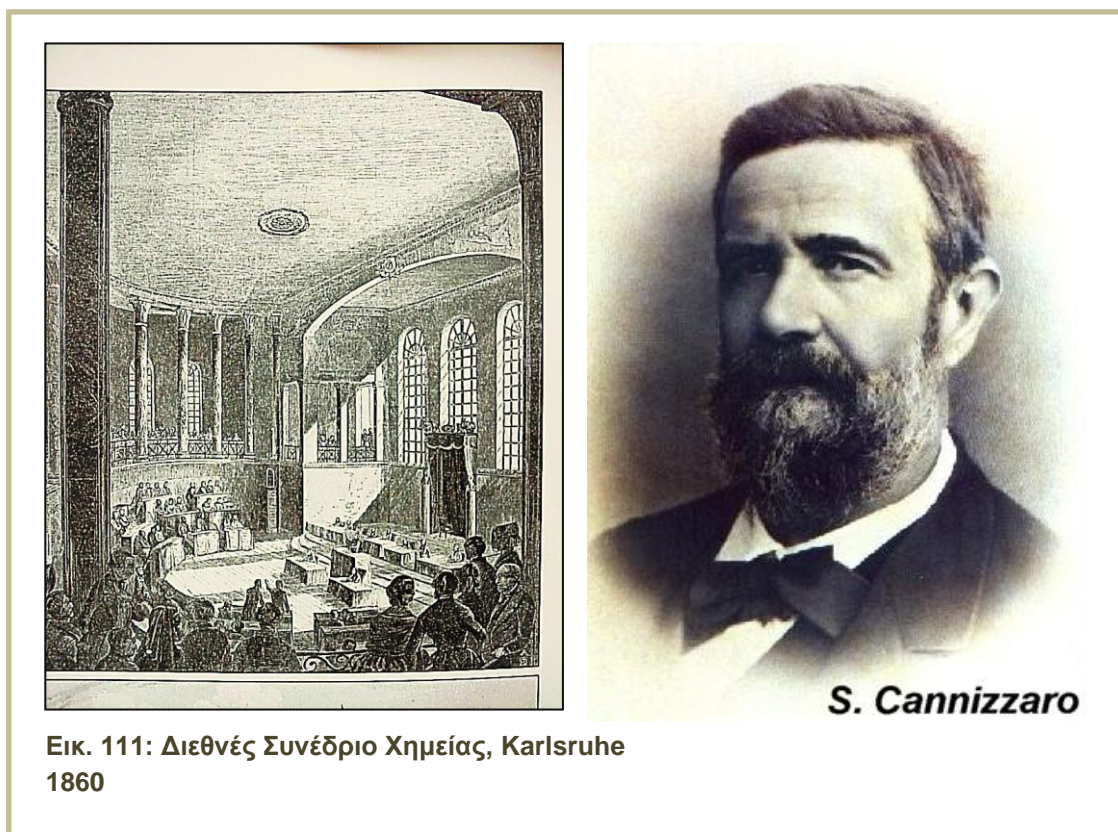
Την παράσταση «κλέβει» ο Cannizzaro

Το 1860, ο Μεντελέγιεφ παρακολούθησε το πρώτο Διεθνές Συνέδριο Χημείας στη Karlsruhe στη Γερμανία, για την καθιέρωση κοινής χημικής γλώσσας. Το μεγαλύτερο μέρος του συνεδρίου μονοπωλήθηκε από την ανάγκη να εναρμονιστούν τα δεδομένα και να τυποποιηθούν οι μέθοδοι στην επιστήμη της Χημείας, καθώς επικρατούσε μεγάλη σύγχυση από την πληθώρα των αντικρουόμενων ερευνητικών ευρημάτων.

Στο συνέδριο την παράσταση «έκλεψε» ο St. Canizzarro (Εικ. 111), ο οποίος υποστήριξε με σθένος ότι τα Σχετικά Ατομικά Βάρη ήταν το «κλειδί» όλων των επιστημονικών ερωτημάτων στη Χημεία και μάλιστα έπρεπε να τυποποιηθεί μια μέθοδος υπολογισμού ακριβείας των σχετικών Ατομικών Βαρών διότι κυκλοφορούσαν διάφοροι πίνακες με ποικίλες, αντικρουόμενες τιμές Ατομικών Βαρών που είχαν κουράσει τον επιστημονικό κόσμο (Strathern, 2004). Ο Canizzarro παρουσίασε μια επαναστατική μέθοδο προσδιορισμού των σχετικών Ατομικών Βαρών, βασισμένη στην ξεχασμένη για μισό αιώνα Υπόθεση Avogadro. Υπολόγισε τα σχετικά Ατομικά Βάρη μέσω προσδιορισμού των πυκνοτήτων των αερίων σε ορισμένες συνθήκες. Ο λόγος των πυκνοτήτων δύο αερίων στις ίδιες συνθήκες εκφράζει τα σχετικά ατομικά (πιο σωστά μοριακά) βάρη τους (Παράδειγμα: ο λόγος πυκνοτήτων $H_2/O=1/16$).

Το συνέδριο έπαιξε τον ρόλο «κλειδί» για τον Μεντελέγιεφ

Στο συνέδριο αυτό, ο Μεντελέγιεφ έγινε δέκτης πολλών νέων επιστημονικών ερεθισμάτων και εντυπωσιάστηκε με τον Cannizzaro. Παθιάστηκε με τα Ατομικά Βάρη και τις ιδιότητες των στοιχείων. Ήταν πεπεισμένος ότι σε αυτά



Εικ. 111: Διεθνές Συνέδριο Χημείας, Karlsruhe 1860

κρυβόταν το αλφάβητο που συνέθετε τη γλώσσα του σύμπαντος. Παθιάστηκε με τη μελέτη των χημικών στοιχείων και των ιδιοτήτων τους. Έγινε ακόμα πιο παθιασμένος με την επιστήμη της Χημείας και ήταν πεπεισμένος ότι ήταν σημαντικό να οργανώσει αυτήν την επιστήμη. Διαισθανόταν ότι πίσω από τα Ατομικά Βάρη κρυβόταν κάτι πολύ σημαντικό για τις ιδιότητες των στοιχείων.

Ο Μεντελέγιεφ επέστρεψε το 1861 στο St. Petersburg, ενθουσιασμένος με τις εξελίξεις στην επιστήμη της Χημείας, που είχε βιώσει στη Γερμανία, επιθυμώντας να τις διαδώσει και στη Ρωσία, όπου οι εξελίξεις ήταν σίγουρα πολύ πίσω.

Την ίδια χρονιά έγραψε το βιβλίο του «Οργανική Χημεία» μέσα σε 61 μέρες. Γράφοντας ασταμάτητα μετέφερε όλη τη γνώση που είχε αποκομίσει στη Γερμανία μέσα σε 500 σελίδες. Ήταν μόνο 27 χρόνων όταν το βιβλίο του κέρδισε το βραβείο Domidov το οποίο τον έφερε στο προσκήνιο ρωσικής εκπαίδευσης στην επιστήμη της Χημείας.

Μέχρι το 1867 ο Μεντελέγιεφ πήρε πολλές ακαδημαϊκές θέσεις και τιμήθηκε με τη μόνιμη πανεπιστημιακή έδρα: Chair of General Chemistry at the University of Saint Petersburg.

Το 1869 συνέλαβε την ιδέα του περιοδικού πίνακα και κατέταξε τα 63 χημικά στοιχεία που ήταν γνωστά τότε, όπως θα δούμε παρακάτω. Επίσης, το 1869 δημοσίευσε το βιβλίο του “The Principles of Chemistry” το οποίο έδωσε νέα ώθηση στη Χημεία στη χώρα του, έγινε δημοφιλές και μεταφράστηκε στα αγγλικά, γαλλικά και γερμανικά.

Μετέτρεψε την Αγία Πετρούπολη σε ένα διεθνώς αναγνωρισμένο κέντρο για την έρευνα στη Χημεία.

Το 1890 παραιτήθηκε από τη θέση του στο Πανεπιστήμιο της Πετρούπολης.

Τιμήθηκε ευρέως από επιστημονικές οργανώσεις σε όλη την Ευρώπη.

Ο κύκλος των ενδιαφερόντων του επιστήμονα ήταν εξαιρετικά πλατύς. Θεωρείται ο εισηγητής του μετρικού συστήματος στη Ρωσική Αυτοκρατορία. Επίσης, μελέτησε την προέλευση του πετρελαίου, μελέτησε τον αιθέρα, τα διαλύματα, τη διαστολή των υγρών και το απόλυτο σημείο βρασμού.

Το 1893 διορίστηκε ως διευθυντής του Γραφείου Μέτρων και Σταθμών.

Το 1905, ο Μεντελέγιεφ εξελέγη μέλος της Σουηδικής Βασιλικής Ακαδημίας Επιστημών. Το 1906 η Επιτροπή του Νόμπελ Χημείας πρότεινε στη Σουηδική Ακαδημία να του απονεμίσει το Βραβείο Νόμπελ Χημείας αλλά τελικά δεν του απονεμήθηκε.

Πέθανε το 1907 από γρίπη σε ηλικία 73 ετών.

Ο κρατήρας Μεντελέγιεφ στη Σελήνη και το ραδιενεργό χημικό στοιχείο Μεντελέβιο, με ατομικό αριθμό 101, ονομάστηκαν έτσι προς τιμήν του.

Το όνειρο του Μεντελέγιεφ

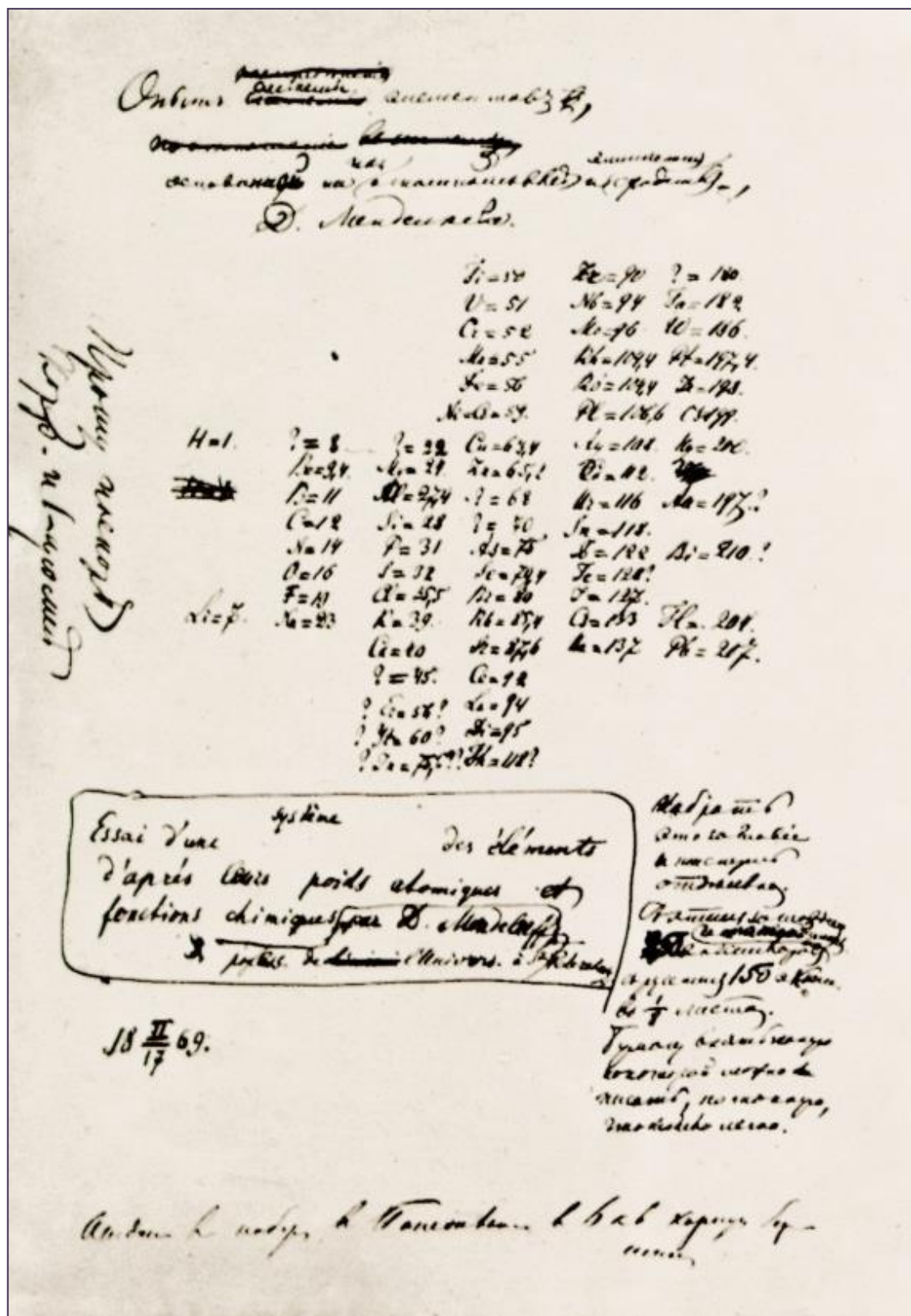
Σε αυτήν την ξεθωριασμένη φωτογραφία βλέπουμε τον Μεντελέγιεφ στο γραφείο του όπου υλοποίησε την ιδέα του Περιοδικού Συστήματος. Ήταν βέβαιος ότι τα στοιχεία θα μπορούσαν να ταξινομηθούν και να ομαδοποιηθούν κατά αυξανόμενο ατομικό βάρος με τέτοιο τρόπο που θα αποκάλυπτε τα μυστικά τους.



Εικ. 112: Dmitri Ivanovich Mendeleev στο γραφείο του (Stathern, 2004)

Το πιο ελαφρό στοιχείο ήταν το υδρογόνο, με ατομικό βάρος 1. Το πιο βαρύ γνωστό στοιχείο ήταν ο μόλυβδος, του οποίου το ατομικό βάρος πίστευαν ότι ήταν 207.

Σύμφωνα με τα λόγια του ίδιου του Μεντελέγιεφ: «Είδα ένα όνειρο με έναν πίνακα όπου όλα τα στοιχεία βρίσκονταν στη θέση τους, όπως έπρεπε. Ξυπνώντας, αμέσως τον κατέγραψα σε μια κόλλα χαρτί» (Εικ. 112).



Εικ. 113: Ένα χειρόγραφο σχέδιο του Περιοδικού Πίνακα των στοιχείων, από τον ίδιο τον Μεντελέεφ, το 1869 (Stathern, 2004)

Ο Μεντελέγιεφ, στο όνειρό του, είχε συνειδητοποιήσει ότι όταν τα στοιχεία ταξινομηθούν με βάση το ατομικό τους βάρος, οι ιδιότητές τους επαναλαμβάνονται ανά περιοδικά διαστήματα (Εικ. 113).

Έφτιαξε κάρτες για κάθε ένα από τα 63 γνωστά τότε στοιχεία. Κάθε κάρτα περιείχε το σύμβολο, το ατομικό βάρος και τις χαρακτηριστικές φυσικές και χημικές ιδιότητες του στοιχείου (Strathern, 2004).

Ταξινόμησε τα στοιχεία σε κάθετες στήλες έτσι ώστε οι οριζόντιες γραμμές που προέκυψαν ταξινομούσαν τα στοιχεία σε οικογένειες (ομάδες) με παρόμοιες ιδιότητες.

Ο Μεντελέγιεφ διατύπωσε τον Περιοδικό Νόμο των χημικών στοιχείων σύμφωνα με τον οποίο «Οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους βάρους» και ονόμασε την ανακάλυψή του Περιοδικό Πίνακα των στοιχείων.

Στις 6 Μαρτίου 1869, ο Μεντελέγιεφ έκανε μία επίσημη παρουσίαση στη Ρωσική Χημική Εταιρεία, με τίτλο «Η Εξάρτηση Μεταξύ των Ιδιοτήτων του Ατομικού Βάρους των Στοιχείων», η οποία περιέγραφε στοιχεία σύμφωνα με το ατομικό βάρος και σθένος.

Εάν δεν υπήρχε κάποιο στοιχείο που να ταιριάζει στο πρότυπό του, πολύ απλά σε εκείνο το σημείο άφησε κενό. Προέβλεψε ότι μια μέρα τα κενά του πίνακα θα συμπληρώνονταν από στοιχεία που ακόμα δεν είχαν ανακαλυφθεί. Συγκεκριμένα ο Μεντελέγιεφ προέβλεψε τρεις θέσεις για τρία στοιχεία που υποψιαζόταν την ύπαρξή τους. Τα ονόμασε Εκα – βόρον (Eka-boron), Εκα – αλουμίνιο (Eka-aluminium), και Εκα – σιλικόνη (Eka-silicium) και προέβλεψε τις ατομικές μάζες τους 44, 68 και 72 αντίστοιχα. Μερικά χρόνια αργότερα τα στοιχεία αυτά ταυτοποιήθηκαν και ονομάστηκαν Σκάνδιο, Γάλλιο και Γερμάνιο αντίστοιχα, όπως απεικονίζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

Μάλιστα, όταν ο γάλλος χημικός ο Λεκόκ (Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran) ανακάλυψε, το 1875, το γάλλιο, υπολόγισε το ειδικό βάρος του γαλλίου το βρήκε 4,7 και όχι 5,9 που ήταν η προβλεπόμενη τιμή.

Όταν ο Μεντελέγιεφ έμαθε τα νέα, έστειλε επιστολή στον Λεκόκ στην οποία ισχυριζόταν ότι το δείγμα του γαλλίου που ανέλυσε δεν ήταν καθαρό και του πρότεινε να επαναλάβει το πείραμα με άλλο δείγμα. Ο Λεκόκ υπάκουσε εκτελώντας τις μετρήσεις του με άλλο δείγμα διαπιστώνοντας ότι τελικά το

ειδικό βάρος του γαλλίου ήταν 5,9, όπως ακριβώς είχε προβλέψει ο Μεντελέγιεφ!

Η πρόβλεψη αυτή, όπως και άλλες που ακολούθησαν, έκαναν τον Περιοδικό Πίνακα του Μεντελέγιεφ ακλόνητο θεμέλιο της σύγχρονης Χημείας.

Μεταξύ του ασβεστίου Ca (Ar=40) και του τιτανίου Ti (Ar=48) ο Μεντελέγιεφ προέβλεψε ότι έπρεπε να υπάρχει ένα στοιχείο με ατομικό βάρος περίπου 44.

Πίνακας 3. Προβλέψεις Mendeleev		
Πρόβλεψη του Μεντελέγιεφ	Ανακάλυψη	Λεπτομέρειες Ανακάλυψης
Eka-Aluminium (M=68)	Gallium (M=70)	1875, P. E. Lecoq de Boisbaudran
Eka-Boron (M=44)	Scandium (M=45)	1879, L. Nilson
Eka-Silicium (M=72)	Germanium (M=73)	1886, C. Winkler

Η ανακάλυψη του σκάνδιου Sc με Ar=45 το 1879 από τον Νίλσον επιβεβαίωσε τις προβλέψεις του πίνακα του Μεντελέγιεφ.

Το 1886 ανακαλύφθηκε το γερμάνιο Ge, από τον C. Winkler, το οποίο ταίριαζε απόλυτα στη θέση που προέβλεψε ο Μεντελέγιεφ (Εικ. 114, 116).

Συνολικά προέβλεψε τη θέση οκτώ χημικών στοιχείων και ότι βρήκε ότι 17 στοιχεία έπρεπε να μετακινηθούν σε νέες θέσεις από αυτές που υποδείκνυαν τα ατομικά βάρη ώστε να ταιριάζουν με άλλα στοιχεία που έχουν τις ίδιες ιδιότητες. Έτσι ανέδειξε λάθη που υπήρχαν στα αποδεκτά ατομικά βάρη με συνδυασμό των οποίων υπολογίζονταν τα ατομικά βάρη άλλων στοιχείων.

Παρόλα αυτά ο πίνακας του Μεντελέγιεφ περιείχε μερικές αποκλίσεις από τον Νόμο Περιοδικότητας. Το στοιχείο ιώδιο I (Αγ=127) τοποθετήθηκε μετά το στοιχείο τελλούριο Te (Αγ=127,6) έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να ανήκουν στις ομάδες με τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Οι αποκλίσεις αυτές εξηγήθηκαν

Heihen	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ⁰	Gruppe IV. RH ⁴ R ⁰	Gruppe V. RH ³ R ⁰	Gruppe VI. RH ² R ⁰	Gruppe VII. RH R ⁰	Gruppe VIII. — R ⁰
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,8	Si=28	P=31	S=33	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Ca=63)	Zn=65	—=69	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Pb=86	Er=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ba=104, Zr=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sa=118	Sb=122	Ta=125	J=127	
8	Cs=133	Ra=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

Εικ. 114: Ο Περιοδικός Πίνακας του Μεντελέγιεφ, 1871 (wikipedia.org)

αργότερα το 1913 από τον Μόσλεϊ (Moseley) που επαναδιατύπωσε τον Περιοδικό Νόμο.

6.1.7 Γιατί ο Περιοδικός Πίνακας του Μεντελέγιεφ ήταν τόσο επιτυχημένος;

Ο Περιοδικός Πίνακας του Μεντελέγιεφ πέτυχε να οργανώσει όλα τα τότε γνωστά στοιχεία συσχετίζοντάς τα μεταξύ τους σε εκτεταμένο δίκτυο οριζόντια, κάθετα και διαγώνια. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι είχε μια τέτοια δυναμική που μπορούσε να λειτουργεί ως ένας πίνακας προβλέψεων για την ανακάλυψη νέων στοιχείων και για την πρόβλεψη των ιδιοτήτων τους. Επιπλέον έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διόρθωση λαθών στα τότε γνωστά ατομικά βάρη. Στη συνέχεια εξελίχθηκε στη σημερινή μορφή του και έτσι σήμερα αποτελεί ένα ακλόνητο θεμέλιο της σύγχρονης Χημείας.

Ακολουθως παρατίθεται ο Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων όπου απεικονίζεται ποια στοιχεία ήταν γνωστά σε διάφορες χρονικές περιόδους και ποια ήταν γνωστά την εποχή που ο Mendeleev δημιούργησε το πρώτο σχέδιο του πίνακά του (Εικ. 115).

Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων

	1																18	
1	H	2																He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La-Lu*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Rt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac-Lr**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Αρχαίοι Χρόνοι

Αλχημιστική περίοδος

Mendeleev 1869

1869 - 1940

1940 έως σήμερα

Εικ. 115: Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων που απεικονίζει τα στοιχεία που ήταν γνωστά ανά χρονική περίοδο, με διαφορετικό χρώμα

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pt = 106,8	Os = 199.	
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Εικ. 116: Ο Περιοδικός Πίνακας τον οποίο δημοσίευσε ο Μεντελέγιεφ δυο εβδομάδες μετά το όνειρό του στην ιστορική εργασία του «Ένα προτεινόμενο σύστημα για τα στοιχεία» (Stathern, 2004)

6.1.8 Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας

Με την ανάδειξη της περιοδικής φύσης των στοιχείων, οι επιστήμονες έπρεπε να εξηγήσουν γιατί οι ιδιότητες των στοιχείων μεταβάλλονται περιοδικά.

Η πλήρης απάντηση δόθηκε το 1922 όταν ο Niels Bohr ανακάλυψε την ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων. Προηγήθηκε, το 1911, η ανακάλυψη του πυρήνα του ατόμου και του πυρηνικού φορτίου από τον Rutherford. Επίσης, με την ανακάλυψη των ισοτόπων έγινε σαφές ότι το ατομικό βάρος δεν έπαιξε σημαντικό ρόλο στην περιοδικότητα των ιδιοτήτων των στοιχείων. Το 1913 ο Moseley (Εικ. 117) έδωσε το σημερινό τρόπο ταξινόμησης των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού



Εικ. 117: Henry Moseley

αριθμού (Z). Ο Moseley έγραψε: «Υπάρχει στο άτομο μία θεμελιώδης ποσότητα που αυξάνεται κανονικά από στοιχείο σε στοιχείο. Η ποσότητα αυτή



Εικ. 118: Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων

είναι το θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Ο αριθμός των θετικών φορτίων του πυρήνα

είναι ίδιος με τον αύξοντα αριθμό που έχει το στοιχείο στον περιοδικό πίνακα.» Έτσι διαμορφώθηκε ο σύγχρονος Περιοδικός Νόμος:
Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδικές συναρτήσεις του ατομικού τους αριθμού (Εικ. 118).

6.2 Δραστηριότητα. ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΜΕ ΚΑΡΤΕΣ: «ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑ ΣΤΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΩΝ MENDELEEV & MEYER»

Σκοπός του σεναρίου

Οι μαθητές σε αυτό το σενάριο ακολουθώντας τα βήματα των Meyer και Mendeleev θα έχουν την ευκαιρία να μάθουν πώς τα στοιχεία οργανώθηκαν στον Περιοδικό Πίνακα και πώς μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες διαβάζοντας τον Περιοδικό Πίνακα.

Στόχοι του σεναρίου

Το σενάριο αυτό έχει ως στόχους οι μαθητές:

- A) Να διαπιστώσουν εμπειρικά την ομαδοποίηση των στοιχείων με παρόμοιες ιδιότητες.
- B) Να οργανώσουν τα στοιχεία σε πίνακα δύο διαστάσεων.
- Γ) Να διαπιστώσουν την τάση μεταβολής της ατομικής μάζας διατρέχοντας τον πίνακα.
- Δ) Να εντοπίσουν και να ερμηνεύσουν τα κενά του πίνακα.
- E) Να εντοπίσουν και να επιχειρήσουν να ερμηνεύσουν εξαιρέσεις στον πίνακα.
- ΣΤ) Να χρησιμοποιήσουν τον πίνακα για να κάνουν προβλέψεις.
- Z) Να συγκρίνουν τον πίνακα που δημιούργησαν με το Σύγχρονο Περιοδικό Πίνακα και να διαπιστώσουν την περιοδική σχέση των ιδιοτήτων με τον ατομικό αριθμό και όχι το ατομικό βάρος.
- H) Να σταθμίσουν την αξία μιας υγιούς επιστημονικής αμφισβήτησης. Επίσης, την απήχηση αλλά και τη σημαντικότητα μιας ριψοκίνδυνης πρόβλεψης που δε στηρίζεται σε ενδείξεις και αποδείξεις.

Διαδικασία:

Ο καθηγητής αρχικά κάνει μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην ανακάλυψη του Περιοδικού Πίνακα.

Στη συνέχεια, οργανώνει τους μαθητές σε ομάδες και δίνει σε κάθε ομάδα την ίδια σειρά από κάρτες. Κάθε κάρτα περιέχει πληροφορίες για ένα χημικό στοιχείο (Παράρτημα Ι).

Η δραστηριότητα χωρίζεται σε τρία μέρη:

Πρώτο Μέρος:

Στο πρώτο μέρος η πρόκληση για τους μαθητές είναι να τοποθετήσουν τις κάρτες σε μια διάταξη των δύο διαστάσεων η οποία να έχει κάποιο νόημα ώστε τα στοιχεία να συνδέονται με κάποια λογική σειρά. Εξηγούμε στους μαθητές ότι τους έχουν δοθεί μόνο εκείνα τα χημικά στοιχεία που ήταν γνωστά όταν ο Μεντελέγιεφ και ο Μέγιερ διαμόρφωναν τους πίνακές τους. Αφού τοποθετήσουν τα στοιχεία και απαντήσουν στις μετα-εργαστηριακές ερωτήσεις, ως ομάδα, στη συνέχεια ζητάμε από τα μέλη κάθε ομάδας να εξηγήσουν στις υπόλοιπες ομάδες πώς σκέφτηκαν στην τοποθέτηση των καρτών και πώς απάντησαν στις ερωτήσεις.

Πρέπει να έχουν σχηματίσει επτά ομάδες στοιχείων με κοινές ιδιότητες, χωρίς την όγδοη ομάδα που ακολουθεί στο τρίτο μέρος της δραστηριότητας. Πιθανό να απαντήσουν ότι ταξινόμησαν τα στοιχεία με βάση την ατομική μάζα ή τις ενώσεις που σχηματίζουν ή τις ιδιότητες γενικότερα.

Ειδικότερα στις ερωτήσεις 4 και 5 πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση. Πιθανό οι μαθητές να έχουν τοποθετήσει το τελλούριο πριν το ιώδιο, διότι οι ιδιότητές του ταιριάζουν περισσότερο με την ομάδα του οξυγόνου, παρόλο που το τελλούριο έχει μεγαλύτερη ατομική μάζα. Εξηγούμε στους μαθητές ότι την ίδια διάταξη είχε κάνει και ο Μεντελέγιεφ νομίζοντας ότι είχαν μετρηθεί λάθος οι ατομικές μάζες. Αργότερα, με την ανακάλυψη του πυρήνα και των πρωτονίων του ατόμου διαπιστώθηκε ότι οι ιδιότητες των στοιχείων σχετίζονται με τον ατομικό αριθμό του στοιχείου και όχι το ατομικό βάρος του.

Δεύτερο Μέρος:

Η ερώτηση 5 οδηγεί στην ομαλή μετάβαση στο δεύτερο μέρος. Υπάρχουν κενά στον πίνακα στην ομάδα του βορίου και του άνθρακα. Πιθανό οι μαθητές να ερμηνεύσουν τα κενά και να μαντέψουν ότι αντιστοιχούν σε στοιχεία που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφθεί. Εξηγούμε ότι ο Μεντελέγιεφ είχε προβλέψει ότι σύντομα αυτά τα κενά θα καταληφθούν με στοιχεία που πρόκειται να ανακαλυφθούν. Εδώ αξίζει να επισημανθεί ότι κάποιοι επιστήμονες της εποχής αυτής αντιμετώπισαν με σκεπτικισμό τις απόψεις του Μεντελέγιεφ και τις προβλέψεις του καθώς δεν υπήρχαν εργαστηριακές αποδείξεις για όλα αυτά. Ιδιαίτερη αξία έχει να τονιστεί στους μαθητές πόσο σημαντικό ρόλο παίζει ο υγιής σκεπτικισμός στις επιστήμες. Επίσης, οι προβλέψεις που δε

στηρίζονται σε κάποια απόδειξη ή ένδειξη δεν έχουν τόσο μεγάλη αξία. Έπειτα δίνεται στους μαθητές το σεντ καρτών του δεύτερου μέρους εξηγώντας τους ότι τα στοιχεία γάλλιο και γερμάνιο ανακαλύφθηκαν αργότερα, το 1875 και 1886 αντίστοιχα. Ζητείται από τους μαθητές να ταιριάξουν τα στοιχεία στον πίνακα και έπειτα επισημαίνουμε ότι μετά από την ανακάλυψη αυτών των στοιχείων ο επιστημονικός κόσμος στράφηκε πλέον με μεγάλο ενδιαφέρον στον περιοδικό πίνακα. Ακόμα και οι πιο σκεπτικιστές άρχισαν πια να τον αποδέχονται.

Τρίτο Μέρος:

Στο τρίτο μέρος εμπλέκονται οι κάρτες πέντε ευγενών αερίων. Οι μαθητές μαθαίνουν ότι τα στοιχεία αυτά δεν προβλέφθηκαν από τον Μεντελέγιεφ και ανακαλύφθηκαν αργότερα, το 1890. Ζητείται να τοποθετηθούν τα στοιχεία αυτά στον πίνακα και να εξηγηθεί γιατί ο Μεντελέγιεφ δεν μπόρεσε να προβλέψει ότι υπάρχουν. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί από τους μαθητές ότι η πρόβλεψη του γάλλιου και του γερμάνιου έγινε διότι υπήρχαν ήδη γνωστά στοιχεία με παρόμοιες ιδιότητες που πρόδωσαν την ύπαρξή τους. Αντιθετα, από τη στιγμή που κανένα ευγενές αέριο δεν είχε απομονωθεί δεν υπήρχε καμία ένδειξη για την ύπαρξη αυτών των στοιχείων.

Επισημάνσεις

Πρέπει να γίνει σαφές ότι στη δραστηριότητα αυτή το ιστορικό πλαίσιο παρουσιάζεται με ένα βαθμό ελευθερίας που εξυπηρετεί τους διδακτικούς στόχους.

Χρησιμοποιούνται οι σημερινές ακριβείς τιμές ατομικών βαρών. Επίσης, δεν συμπεριλαμβάνονται τα μεταβατικά στοιχεία για χάρη απλούστευσης, τα οποία ο Μεντελέγιεφ τοποθέτησε στις κύριες ομάδες. Τα μεταβατικά στοιχεία είναι δύσκολο να τοποθετηθούν στη σωστή θέση και για αυτό το λόγο παραλείπεται η πρόβλεψη και η ανακάλυψη του σκανδίου. Επίσης, από πολλούς αμφισβητείται η άποψη ότι ο Μεντελέγιεφ χρησιμοποίησε κάρτες γιατί παρόλο που κρατούσε πολλές σημειώσεις, ωστόσο δε βρέθηκαν κάρτες στα χαρτιά που διασώθηκαν. Τέλος, οι πληροφορίες στις κάρτες μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης των μαθητών και τι

έχουν διδαχθεί, ανεξάρτητα από τις πραγματικές πληροφορίες που είχαν ο Μεντελέγιεφ και ο Μέγιερ στη διάθεσή τους εκείνη την εποχή.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Οι μαθητές πρέπει να έχουν κατανοήσει καλά τις έννοιες άτομο και μόριο, στοιχείο και χημική ένωση, ατομική μάζα και ατομικός αριθμός. Να κατανοούν τους χημικούς τύπους και να γνωρίζουν ότι το χημικό στοιχείο αποτελείται από ένα είδος ατόμων.

Παρανοήσεις μαθητών

1. Το γάλλιο και το γερμάνιο ανακαλύφθηκαν από τους Μεντελέγιεφ και Μέγιερ.
2. Ο Μεντελέγιεφ και ο Μέγιερ συνεργάζονταν και ανακάλυψαν μαζί τον περιοδικό πίνακα.
3. Ο περιοδικός πίνακας είναι δύσκολος γιατί πρέπει να τον αποστηθίσεις.
4. Οι Μεντελέγιεφ και Μέγιερ δεν ήταν πολύ έξυπνοι γιατί δεν ανακάλυψαν τα ευγενή αέρια.
5. Οι σκεπτικιστές επιστήμονες της εποχής δεν ήταν πολύ έξυπνοι γιατί αμφισβήτησαν τις προβλέψεις του Μεντελέγιεφ.

Αφήγηση

Η ιστορία των δασκάλων Mendeleev και Meyer

«Το ασβέστιο αντιδρά όπως το μαγνήσιο. Το φθόριο αντιδρά όπως ο χλώριο. Οι χημικοί γνώριζαν για πολύ καιρό ότι τα κάποια χημικά στοιχεία έχουν παρόμοιες ιδιότητες και ότι θα μπορούσαν να οργανωθούν σε ομάδες. Ωστόσο, γύρω στο 1870 δύο επιστήμονες, ο Julius Lothar Meyer και ο Dmitri Mendeleev, κατάφεραν να ταξινομήσουν τα στοιχεία σε έναν ενιαίο πίνακα, οργανωμένα σε ομάδες με κοινές ιδιότητες.

Και οι δύο ήταν καθηγητές, ο Meyer στη Γερμανία και ο Mendeleev στη Ρωσία. Πίστευαν λοιπόν, ότι αν ταξινομούσαν τα στοιχεία με ένα τρόπο που να βασίζεται στις ιδιότητές τους, τότε οι μαθητές τους θα μπορούσαν να μάθουν ευκολότερα τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους. Τελικά, και οι δύο δημιούργησαν παρόμοιους πίνακες, δουλεύοντας χωριστά. Ο σύγχρονος περιοδικός πίνακας που χρησιμοποιούμε σήμερα βασίζεται σε αυτούς τους πίνακες που δημιούργησαν ο Meyer και ο Mendeleev.»

Προκαταρκτικές Ερωτήσεις

1. Τι είναι το χημικό στοιχείο; Πόσα διαφορετικά είδη ατόμων αποτελούν ένα χημικό στοιχείο;
2. Τι είναι ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου;
3. Τι είναι η ατομική μάζα ενός στοιχείου;
4. Πόσα άτομα από κάθε στοιχείο είναι στις παρακάτω ενώσεις;
α. H_2O β. NH_3

Μετα-Εργαστηριακές Ερωτήσεις

1. Πόσες ομάδες στοιχείων κατασκευάσατε στον πίνακά σας;
2. Με ποια κριτήρια ταξινομήσατε τα στοιχεία σε κάθε ομάδα;
3. Υπάρχει κάποια τάση μεταβολής στην ατομική μάζα διατρέχοντας τον πίνακα;
4. Υπάρχουν εξαιρέσεις σε αυτή την τάση; Ποιες είναι αυτές οι εξαιρέσεις και πώς τοποθετήσατε τα στοιχεία αυτά;
5. Υπάρχουν κενά στον πίνακα που δημιουργήσατε; Σε ποια θέση είναι τα κενά και τι πιστεύετε για αυτά τα κενά;

Ερωτήσεις Επέκτασης

1. Μετά τη δημιουργία του Περιοδικού Πίνακα σάς δόθηκαν επιπλέον κάρτες (Μέρος 2ο) για να προσθέσετε στον πίνακα. Τι αλλαγές προέκυψαν όταν προσθέσατε κάθε καινούργια κάρτα;
2. Συγκρίνετε τον πίνακα που δημιουργήσατε με τον Σύγχρονο Περιοδικό Πίνακα. Επισημάνετε διαφορές.
3. Πώς μπορεί κάποιος να ερμηνεύσει σήμερα το γεγονός ότι το τελλούριο τοποθετείται σε μια θέση πριν το ιώδιο ακόμα και αν η ατομική μάζα του τελλούριου είναι μεγαλύτερη από την ατομική μάζα του ιωδίου;
4. Γιατί πιστεύετε ότι ο Μεντελέγιεφ δεν προέβλεψε την ύπαρξη των ευγενών αερίων ενώ προέβλεψε την ύπαρξη του γάλλιου και του γερμάνιου.
5. Ας υποθέσουμε ότι ανακαλύπτονται δύο νέα στοιχεία με ατομικούς αριθμούς 120 και 121. Σε ποιες θέσεις του περιοδικού πίνακα πιστεύετε ότι θα έπρεπε να τοποθετηθούν;

6. Αν υποθέσουμε ότι ανακαλύπτεται ένα νέο στοιχείο X και σχηματίζει με το χλώριο χημική ένωση με χημικό τύπο XCl_4 . Σε ποια ομάδα πιστεύετε ότι ανήκει;
7. Εντοπίστε το στοιχείο Βάριο στον περιοδικό πίνακα. Ποιος πιστεύετε ότι είναι ο χημικός τύπος της ένωσης που σχηματίζει το Βάριο με το χλώριο;

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το ταξίδι της ανακάλυψης δεν σημαίνει να φάχνεις καινούργια μέρη αλλά να έχεις καινούργια μάτια.

Marcel Proust

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία ξεκίνησε ως μια διερεύνηση ιστορικών γεγονότων που συνδέονται με σημαντικές ανακαλύψεις, οι οποίες εδραίωσαν τη Χημεία ως επιστήμη και θεμελίωσαν τη μακροσκοπική και μοριακή θεώρηση της ύλης και των μεταβολών της. Η διερεύνηση αυτή εξελίχθηκε σε ένα συναρπαστικό ταξίδι ιδεών, αντιλήψεων, ανταγωνιστικών θεωριών και ιδιοφυών ερευνητικών υποθέσεων σε λαμπρές εποχές της Χημείας που οδήγησαν σε σπουδαίες ανακαλύψεις και αξιοθαύμαστα επιστημονικά άλματα.

Από τη μία πλευρά, η παραπάνω ρήση του M. Proust εκφράζει σε μεγάλο βαθμό την ιδιοφυία των σπουδαίων αυτών ερευνητών κάθε εποχής, αλλά και από την άλλη πλευρά περιγράφει την επίδραση που έχει αυτό το συναρπαστικό ταξίδι στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε την επιστήμη της Χημείας και ακολούθως τη διδασκαλία της Χημείας.

Με τα «καινούρια μάτια», λοιπόν, που προσφέρει το ιστορικό υπόβαθρο στη Χημεία και με τις νέες προοπτικές που ανοίγονται στη διδασκαλία, αποτυπώθηκαν ενδεικτικά στην παρούσα εργασία κάποιες διδακτικές προτάσεις με τη μορφή δραστηριοτήτων και διδακτικών σεναρίων.

Η ελπίδα είναι η παρούσα εργασία να αποτελέσει πηγή έμπνευσης και δημιουργίας περαιτέρω διδακτικών προσεγγίσεων και ακόμη πιο ενεργού εμπλοκής της Ιστορίας της Χημείας στη Διδασκαλία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πίνακας 4: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Cognitive conflict	Γνωστική σύγκρουση
Conceptual conflict	Εννοιολογική σύγκρουση
Dephlogisticated air	Αποφλογιστικοποιημένος αέρας
Misconception	Παρανόση
Nature of Science	Φύση της Επιστήμης
Pneumatic trough	Πνευματικό δοχείο
StoryTelling Teaching Model	Αφηγηματικό Μοντέλο Διδασκαλίας

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Πίνακας 5: Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους

ACS	American Chemical Society
NOS	Nature of Science
S@TM	StoryTelling Teaching Model
ΠΠ	Περιοδικός Πίνακας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕ ΚΑΡΤΕΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ		
1ο Μέρος		
H Υδρογόνο Ατομικό Βάρος: 1 Περιγραφή: Άοσμο αέριο εύφλεκτο Χημ.Ενώσεις: H ₂ O, HCl	Li Λίθιο Ατομικό Βάρος: 6,9 Περιγραφή: Μαλακό γκρι μέταλλο, αντιδρά με το νερό Χημ.Ενώσεις: Li ₂ O, LiCl	Be Βυρήλλιο Ατομικό Βάρος: 9 Περιγραφή: Γκρι μέταλλο Χημ.Ενώσεις: BeO, BeCl ₂
B Βόριο Ατομικό Βάρος: 10,8 Περιγραφή: Γκρι μεταλλοειδές, ημιαγωγός Χημ.Ενώσεις: B ₂ O ₃ , BCl ₃	C Άνθρακας Ατομικό Βάρος: 12 Περιγραφή: Μαύρο στερεό (γραφίτης) ή διαφανές κρυσταλλο (διαμάντι) Χημ.Ενώσεις: CO ₂ , CCl ₄	N Άζωτο Ατομικό Βάρος: 14 Περιγραφή: Άοσμο, αδρανές αέριο Χημ.Ενώσεις: NH ₃ , NCl ₃
O Οξυγόνο Ατομικό Βάρος: 16 Περιγραφή: Άοσμο αέριο, πολύ δραστικό Χημ.Ενώσεις: H ₂ O	F Φθόριο Ατομικό Βάρος: 19 Περιγραφή: Κιτρινωπό αέριο, πολύ δραστικό Χημ.Ενώσεις: HF, NaF, CaF ₂	Na Νάτριο Ατομικό Βάρος: 23 Περιγραφή: Μαλακό γκρι μέταλλο, αντιδρά αυθόρμητα με το νερό Χημ.Ενώσεις: Na ₂ O, NaCl
Mg Μαγνήσιο Ατομικό Βάρος: 24 Περιγραφή: Γκρι μέταλλο εύφλεκτο Χημ.Ενώσεις: MgO, MgCl ₂	Al Αλουμίνιο Ατομικό Βάρος: 27 Περιγραφή: Ασημί μέταλλο Χημ.Ενώσεις: Al ₂ O ₃ , AlCl ₃	Si Πυρίτιο Ατομικό Βάρος: 28 Περιγραφή: Γκρι μεταλλοειδές, ημιαγωγός Χημ.Ενώσεις: SiO ₂ , SiCl ₄
P Φωσφόρος Ατομικό Βάρος: 31 Περιγραφή: Λευκό, κόκκινο και μαύρο στερεό, εύφλεκτο Χημ.Ενώσεις: PH ₃ , PCl ₃ , PCl ₅	S Θείο Ατομικό Βάρος: 32 Περιγραφή: Κίτρινη στερεή σκόνη Χημ.Ενώσεις: H ₂ S, SCl ₂	Cl Χλώριο Ατομικό Βάρος: 35,5 Περιγραφή: Πρασινωπό αέριο εξαιρετικά δραστικό Χημ.Ενώσεις: HCl, NaCl, CaCl ₂
K Κάλιο Ατομικό Βάρος: 39 Περιγραφή: Μαλακό γκρι μέταλλο, αντιδρά βίαια με το νερό Χημ.Ενώσεις: K ₂ O, KCl	Ca Ασβέστιο Ατομικό Βάρος: 40 Περιγραφή: Σκληρό ασημί μέταλλο, εύφλεκτο Χημ.Ενώσεις: CaO, CaCl ₂	As Αρσενικό Ατομικό Βάρος: 75 Περιγραφή: γκρι μεταλλοειδές Χημ.Ενώσεις: AsH ₃ , AsCl ₃ , AsCl ₅
Se	Br	Rb

<p>Σελήνιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 79</p> <p>Περιγραφή: Γκρι ή κόκκινο στερεό</p> <p>Χημ.Ενώσεις: H_2Se, $SeCl_2$</p>	<p>Βρώμιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 80</p> <p>Περιγραφή: Καστανέρυθρο υγρό, πολύ δραστικό</p> <p>Χημ.Ενώσεις: HBr, $NaBr$, $CaBr_2$</p>	<p>Ρουβίδιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 85,5</p> <p>Περιγραφή: Μαλακό γκρι μέταλλο, αντιδρά βίαια με το νερό</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Rb_2O, $RbCl$</p>
<p>Sr</p> <p>Στρόντιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 87,6</p> <p>Περιγραφή: Μαλακό ασημί μέταλλο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: SrO, $SrCl_2$</p>	<p>In</p> <p>Ίνδιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 114,8</p> <p>Περιγραφή: Μαλακό ασημί μέταλλο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: In_2O_3, $InCl_3$</p>	<p>Sn</p> <p>Κασσίτερος</p> <p>Ατομικό Βάρος: 118,7</p> <p>Περιγραφή: Αργυρόλευκο μέταλλο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: SnO_2, $SnCl_4$</p>
<p>Sb</p> <p>Αντιμόνιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 121,8</p> <p>Περιγραφή: Γαλαζόλευκο μεταλλοειδές, ημιαγωγός</p> <p>Χημ.Ενώσεις: SbH_3, $SbCl_3$, $SbCl_5$</p>	<p>Te</p> <p>Τελλούριο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 127,6</p> <p>Περιγραφή: Αργυρόλευκο μεταλλοειδές, ημιαγωγός</p> <p>Χημ.Ενώσεις: H_2Te, $TeCl_2$,</p>	<p>I</p> <p>Ιώδιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 127</p> <p>Περιγραφή: Ερυθροϊώδες δραστικό μέταλλο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: HI, NaI, CaI_2</p>

2ο Μέρος

<p>Ge</p> <p>Γερμάνιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 72,6</p> <p>Περιγραφή: Γκρι μεταλλοειδές, ημιαγωγός</p> <p>Χημ.Ενώσεις: GeO_2, $GeCl_4$</p>	<p>Ga</p> <p>Γάλλιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 69,7</p> <p>Περιγραφή: Ασημί μέταλλο, λιώνει σε θερμοκρασία δωματίου</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Ga_2O_3, $GaCl_3$</p>
---	--

3ο Μέρος

<p>He</p> <p>Ήλιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 4</p> <p>Περιγραφή: Άοσμο αδρανές αέριο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Δεν υπάρχουν γνωστές</p>	<p>Ne</p> <p>Νέο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 20</p> <p>Περιγραφή: Άοσμο αδρανές αέριο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Καμιά γνωστή</p>	<p>Ar</p> <p>Αργό</p> <p>Ατομικό Βάρος: 40</p> <p>Περιγραφή: Άοσμο αδρανές αέριο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Καμιά γνωστή</p>
<p>Kr</p> <p>Κρυπτό</p> <p>Ατομικό Βάρος: 84</p> <p>Περιγραφή: Άοσμο αδρανές αέριο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: Καμιά γνωστή</p>	<p>Xe</p> <p>Ξένιο</p> <p>Ατομικό Βάρος: 131,3</p> <p>Περιγραφή: Άοσμο αδρανές αέριο</p> <p>Χημ.Ενώσεις: XeF_4, XeF_6</p>	

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ελληνικά ή Μεταφρασμένα στην Ελληνική

1. Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β. κ.α., *Χημεία Β΄ Γυμνασίου*, Ελληνικά Γράμματα, ΟΕΔΒ 2007
2. Ακρίβος Π., *Στοιχεία Ιστορίας των Επιστημών & Επιστημολογίας*, Εκδ. Ζήτη, 2010
3. Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ. κ.ά., *Ιστορία Επιστημών και Τεχνολογίας*, Γ΄ Λυκείου, ΥΠΕΠΘ, ΟΑΕΔ, Αθήνα 1999
4. Αλεξανδρίδης Ιωάννης, *Ιστορία της Χημείας*, Εν Βιέννη, 1869
5. Βαμβακερός Ξ.Α., *Διερεύνηση σύγχρονων εκπαιδευτικών και επιστημολογικών προσεγγίσεων στη Διδακτική της Χημείας*, Αθήνα 2013
6. Βάρβογλης Α., *Η Ιστορική Εξέλιξη της Χημείας*, Σημειώσεις ΔιΧηΝΕΤ, Θεσσαλονίκη 2004
7. Βάρβογλης Α., *Πορτρέτα Χημικών στοιχείων*, Παν. Εκδ. Κρήτης 2001
8. Βάρβογλης Α., *Μεγάλοι Χημικοί, Η Παλιά Φρουρά*, Εκδ. Ζήτη 1995
9. Βάρβογλης Α., *Μεγάλοι Χημικοί, Η Χρυσή Εποχή*, Εκδ. Ζήτη 1997
10. Βάρβογλης Α., *Μεγάλοι Χημικοί, Οι Πρωτοπόροι*, Εκδ. Ζήτη 2007
11. Ευθύμιος Ν., *Ανίχνευση και μελέτη των βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών σε σχέση με τη σωματιδιακή φύση της ύλης*, Πάτρα 2008
12. Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π. κ.α., *Χημεία Γ΄ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ 2007
13. Θεοδώρου Δ., *Ο υδράργυρος (Hg) και το θείο (S) διαμέσου των αιώνων*, Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔιΧηΝΕΤ 2005.
14. Καρύκας Π., *Μυστικά όπλα Ελλήνων, Από την σφενδόνη στο υγρό πυρ*, Εκδ. Επικοινωνίες ΑΕ, Αθήνα 2004
15. Κλούρας Ν., *Πρωτοπόροι της Χημείας*, Πάτρα 1985
16. Κλούρας Ν., *Ταυτότητα Χημικών στοιχείων*, Εκδ. Τραυλός 2007

17. Κούρτης Δ. & Μπάσιος Μ., *Ιστορία της Χημείας*, Εκδ. Πελεκάνος, 1992
18. Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., *Χημεία Α΄ Λυκείου*, ΟΕΔΒ 2014
19. Μανουσάκης Γ.Ε., *Γενική και Ανόργανη Χημεία*, Εκδ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1987
20. Παρισσοπούλου Ε., Γιαννακουδάκης Π., «Κατασκευή μίας κλειστής διάταξης συλλογής αερίου και εφαρμογή της στη μελέτη αντιδράσεων παραγωγής αερίου στο σχολικό εργαστήριο.», Πρακτικά 9ου ΕΝΕΦΕΤ 2015, Τόμος Πρακτικών 2 σελ. 900
21. Μπόκαρης Ε., *Επιστημολογία και Ιστορία της Χημείας*, Παν. Εκδ. Ιωαννίνων, 1998
22. Σάλτα Κ., *Διερεύνηση γνώσεων, στάσεων και δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας κατά την εκπαίδευσή τους*, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2007
23. Σάλτα Κ., *Θέματα Διδακτικής της Χημείας*, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2011
24. Asimov Isaak, *Το Χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1997
25. Bernal J. D., *Η επιστήμη στην Ιστορία*, Μετάφραση Ε. Ι. Μπιτσάκης, Εκδόσεις Ι. Ζαχαρόπουλος, Αθήνα, 1983
26. Driver R., κ.α., *Οι Ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, ΕΕΦ, Τροχαλία, Αθήνα 1993
27. Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood – Robinson V., *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*, Αθήνα, Εκδ. Τυπωθήτω, 2000
28. Isabelle, Strengers & Μπιτσάκης Ι., Bensaude-Vincent, Bernadette, *Ιστορία της Χημείας*, Εκδ. Τραυλός, 1999
29. Kuhn, T., *Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων. Σύγχρονα Θέματα*, Θεσσαλονίκη, 1981
30. Leicester H., *Ιστορία της Χημείας*, Τροχαλία, 1993

31. Strathern Paul (μετάφρ. Πρατσίνης Ν.), *Το όνειρο του Μεντελέγιεφ: Η Αναζήτηση των Στοιχείων από την Αλχημεία στη Χημεία*, Τραυλός 2004
Ξενόγλωσσα
32. Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L. & Lederman, N.G., *The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural*, Science Education, 1998
33. Andersson, B., *Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16)*. Studies in Science Education, 18, 53-85, 1990.
34. Aykroyd W.R., *Three Philosophers: Lavoisier, Priestley, and Cavendish*, London 1935
35. Bachelard, G., *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, Paris, 2004.
36. Brock WH: "*The Chemistry Tree: A History of Chemistry*", WW Norton, New York, 2000.
37. Carey, S., *Science education as conceptual change*. Journal of Applied Developmental Psychology, 21(1), 13-19, 2000
38. Chamizo J.A., *Teaching Modern Chemistry through 'Recurrent Historical Teaching Models*, Science & Education 2007
39. Cook, Gerhard A., Lauer, Carol M., "*Oxygen*". In Clifford A. Hampel. *The Encyclopedia of the Chemical Elements*. New York: Reinhold Book Corporation, 1968
40. De Berg K.C., *The place of the History of Chemistry in Teaching and Learning of Chemistry, International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 317-341). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2014
41. Druyan, S., *A comparison of four types of cognitive conflict and their effect on cognitive development*. International Journal of Behavioral Development, 2001
42. Fabrizio Trifirò & Ferruccio Trifirò, *A History of Chemistry*, University of Bologna, Italy, <http://www.eolss.net/sample-chapters/c06/e6-11-01-01.pdf>

43. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. L., *The Feynman lectures on physics*. Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Company, 1963
44. Forrester Rochelle, *The History of Chemistry: From the Phlogiston Theory to the Periodic Table*, 2002,
<http://homepages.paradise.net.nz/rochelle.f/The-History-of-Chemistry.html>
45. Gordin, Michael D. *A Well-Ordered Thing: Dmitrii Mendeleev and the Shadow of the Periodic Table*, New York: Basic Books, 2004
46. Hewson, P.W. & Hewson, M.G., *The role of conceptual conflict in conceptual change, and the design of science instruction*. Instructional Science, 1984
47. Hudson J., *The History of Chemistry*, 1992.
48. Katz D.A., *An Illustrated History of Alchemy and Early Chemistry*, Tucson 2008
49. Knight David. *Ideas in Chemistry. A history of the science*. Rutgers Univers Press, 1992
50. McComas W. F., *Keys to Teaching the Nature of Science*, 2004
51. Morselli Mario, *Amedeo Avogadro, A Scientific Biography*, D. Reidel Publishing Com-pany, 1922
52. Nakhleh, M.B., *Why some students don't learn Chemistry? Chemical misconceptions*. Journal of Chem. Education, 1992
53. National Academy of Science, *Teaching About Evolution and the Nature of Science*, 1998
54. Niaz, M.,. *Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective*. Journal of Research in Science Teaching 1995
55. Niaz, M., *Teaching General Chemistry: A History and Philosophy of Science Approach*, University de Oriente, Venezuela, 2008
56. Niaz, M., *Understanding Nature of Science as Progressive Transitions in Heuristic Principles*, Science Education, 85, 684-690, 2001

57. Olsson Kr., Balgopal M.M., Levinger N.E., *How Did We Get Here? Teaching Chemistry with a Historical Perspective*, Journal of Chemical Education, ACS 2015
58. Prescott, Frederick., *Modern chemistry: The Romance of Modern Chemical Discoveries*, 1930
59. *Recent Developments in the History of Chemistry*, Edited by C.A. Russell, The Royal Society of Chemistry, 1985
60. Salzberg, Hugh W., *From Caveman to Chemist*, Washington,DC: American Chemical Society, 1991
61. Scerri, Eric R. *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, Oxford/New York: Oxford University Press, 2007
62. Warren Dorothy, *The nature of science*, RSC School Teacher Fellow 1999–2000
63. Westbroek, H. et al., *Meaningful chemistry education*. The ESERA 2003, conference, The Netherlands, <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.
64. Zaragoza C., Fernández-Novell J.M., *Teaching Chemistry Through History: The Development of Periodic Table*, Department of Education, Government of Catalonia, Spain.

Video
65. *100 Great Discoveries in Chemistry*, με Bill Nye, The Science Channel, 2004
66. Documentary, *Chemistry: A Volatile History*, BBC Four, με Jim Al-Khalili, <http://www.bbc.co.uk/programmes/b00q7f/episodes/guide>
67. *Einstein 's Big Idea*, Ταινία βασισμένη στο βιβλίο « $E=mc^2$. Η βιογραφία της πιο διάσημης εξίσωσης στον κόσμο», Bodanis David, 2005, <https://www.youtube.com/watch?v=dROkWybkd0>
68. *Periodic Table Video Column*, Chemical Heritage Foundation, <http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/chemistry-in->

history/themes/the-path-to-the-periodic-table/meyer-and-mendeleev.aspx

69. *Ανίχνευση Οξυγόνου*, ΕΚΦΕ Αγ. Αναργύρων,
<https://www.youtube.com/watch?v=HzcNfvdydxAM>
70. *Διάσπαση Χλωρικού Καλίου*, ΕΚΦΕ Αγ. Αναργύρων,
<https://www.youtube.com/watch?v=HzcNfvdydxAM>
71. *Παρασκευή Οξυγόνου*, Χημεία Γυμνασίου Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Ο Θαυμαστός Κόσμος της Χημείας (Β΄ - Γ΄ Γυμνασίου)
72. *Ο αέρας περιέχει 20% Οξυγόνο*, Φωτόδεντρο,
<http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-educationalvideo-8522-792>

Εκπαιδευτικά Λογισμικά
73. *Αντιδράσεις των μετάλλων με αραιά διαλύματα οξέων*, Εικονικό Εργαστήριο, Φωτόδεντρο,
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1506>
74. *Δημιουργία Μορίου*, PhET, Interactive Simulations, University Of Colorado, <https://phet.colorado.edu/el/simulation/build-a-molecule>
75. Εικονικό Εργαστήριο: *Εκπαιδευτικό Λογισμικό Χημεία Γυμνασίου*, ΥΠΕΠΘ
76. *Ηλεκτρολυτική Διάσπαση Νερού*, Φωτόδεντρο,
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1454>
77. *Θερμική Διάσπαση Χλωρικού Καλίου*, Προσομοίωση,
<http://users.sch.gr/ppoulio/animation%20nea/diaspasi%20KClO3.swf>
78. *Κύκλος του Άνθρακα*, Προσομοίωση,
<http://www.sciencephoto.com/media/630852/view/>
79. *Κύκλος του Άνθρακα*, Φωτόδεντρο,
<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/590>
80. *Παρασκευή και ιδιότητες του διοξειδίου του άνθρακα*, Φωτόδεντρο, Εθνικός Συσσωρευτής Εκπαιδευτικού Περιεχομένου,

<http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-educationalvideo-8522-795/>

81. *Τα Οξέα Αντιδρούν με Μέταλλα*, Προσομοίωση, Φωτόδεντρο, <http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/14385>)
 82. *Φαινόμενο Θερμοκηπίου*: Φωτόδεντρο, <http://photodentro.edu.gr/lor/handle/8521/2782>
 83. *Φαινόμενο Θερμοκηπίου*, PhET, Interactive Simulations, University Of Colorado <https://phet.colorado.edu/el/simulation/greenhouse>
 84. *Φαινόμενο Θερμοκηπίου*, Φωτόδεντρο <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/62061>)
 85. *Φαινόμενο Θερμοκηπίου και Επιπτώσεις*, Φωτόδεντρο <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6206>
- Ιστοσελίδες - Πηγές στο διαδίκτυο
86. *Βιογραφία του Priestley*, Εγκυκλοπαίδεια Britannica, <https://www.britannica.com/biography/Joseph-Priestley>
 87. *Θέματα Ιστορίας της Χημείας*, ΑΠΘ, ΔιΧηNET, 2012 <http://www.chem.auth.gr/chemhistory/index.html>
 88. *Ιστορία της Χημείας*, <https://el.wikipedia.org/wiki/>
 89. *Ιστορική Εξέλιξη της Θερμοδυναμικής*, Ρογδάκης Ε.Δ., <http://users.ntua.gr/rogdemma/history.htm>
 90. Dalton J., *Η Φυσική στο Διαδίκτυο*, Physics 4u, <http://www.physics4u.gr/news/2003/scnews1116.html>
 91. *Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων*, <http://www.clickescolar.com.br/tabela-periodica.htm>
 92. *Προσομοίωση Ευδιόμετρου του Λαντριάνι*, Museum Galileo, M. Landriani Eudiometer, <http://catalogue.museogalileo.it/multimedia/LandrianisEudiometer.html>
 93. *Τα αυτόματα του Φίλωνος Βυζαντίου*, Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας, Κοτσανάς Κ.,

- <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0401001>
94. *Το Σπίτι του Priestley*, <http://www.josephpriestleyhouse.org/>
 95. *Υδράργυρος*, http://www.chem.uoa.gr/quali/quali_C01_Hg.htm
 96. *Φύλων ο Βυζάντιος*, <http://philon.cheng.auth.gr/site/links/philon>
 97. *Φυσικοί και Φυσική από το διαδίκτυο*, <https://physicsgg.me/>
 98. *Academic Dictionairies and Encyclopedias*,
<http://www.enacademic.com/>
 99. *American Chemical Society*, ACS, Education,
<https://www.acs.org/content/acs/en/education.html>
 100. *ACS, Chemistry for Life, Joseph Priestley and the Discovery of Oxygen*,
<https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/josephpriestleyoxygen.html>
 101. *Chemical Education Digital Library*,
<http://www.chemeddl.org/resources/ptl/index.php>
 102. *Chemical Heritage Foundation*,
<http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/index.aspx>
 103. *Chemistry In History*, Chemical Heritage Foundation,
<http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/chemistry-in-history/themes/index.aspx>
 104. *Classic Chemistry Le Moyne College*,
<https://web.lemoyne.edu/giunta/index.html>
 105. *Dalton J. Biography*,
<http://www.biography.com/people/john-dalton-9265201>
 106. *Famous Scientists*, <http://www.famousscientists.org/>
 107. *History of Chemistry, History of Science, and Scientific Biography*,
<http://web.lemoyne.edu/~giunta/historysites.html>
 108. Katz D.A., *Using History in Teaching Chemistry*,
<http://www.chymist.com/history.html>
 109. Krug K., *Science celebrates 'father of nanotech'*, BBC news,

- <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3178890.stm>
110. *Lavoisier A.*, General Chemistry on line,
<http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/history/faq/discovery-of-oxygen.shtml>
111. *Natural Science Teacher Association, NCTA*,
<http://www.nsta.org/default.aspx>
112. *Nature of Science, Science Learning Hub*,
<http://sciencelearn.org.nz/Nature-of-Science/Describing-the-nature-of-science>
113. *New York Science Teacher, Chemistry Misconceptions*,
<http://newyorkscienceteacher.com/sci/pages/miscon/chem.php>
114. *Periodic Table, History*, The Royal Society,
<http://www.rsc.org/periodic-table/history>
115. *Scheele Carl Wilhelm*, <http://www.nndb.com/people/492/000095207>
116. *Science Photo Library*, <http://www.sciencephoto.com>
117. *Science Resource History Images, Famous Scientists*,
<http://www.history.sciencesource.com/famous-scientists>
118. *Science Photo Gallery*, <http://www.sciencephotogallery.com>
119. *The Royal Society*, <https://royalsociety.org/about-us/history/>
120. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/>
121. *Wikipedia, the free Encyclopedia*,
https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page