



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Ειδίκευση: ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάλυση οπτικών αναπαραστάσεων  
εργαστηριακών πρακτικών  
ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας  
δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του 20<sup>ου</sup> αιώνα**

**ΜΑΡΙΑ ΞΑΜΠΛΑ  
ΧΗΜΙΚΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023**



## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Ανάλυση οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του 20<sup>ου</sup> αιώνα

### **ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ**

Μαρία Ξάμπλα

**A.M.:** 191106

### **ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:**

Πασχαλίδου Αικατερίνη, Μέλος Ε.ΔΙ.Π., ΕΚΠΑ

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Πασχαλίδου Αικατερίνη, Μέλος Ε.ΔΙ.Π., ΕΚΠΑ  
Μεθενίτης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΕΚΠΑ  
Τζουγκράκη Χρύσα, Ομότιμη Καθηγήτρια, ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 15/02/2023



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία γίνεται ανάλυση των οπτικών αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών που περιέχονται σε ελληνικά σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα ως προς το περιεχόμενο και το είδος τους καθώς και ως προς τη σχέση τους με την Ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας.

Χρησιμοποιούνται πληροφορίες που προκύπτουν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, σχετικά με την ιστορία των εργαστηριακών πρακτικών και την ανάλυση των οπτικών αναπαραστάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μέθοδος ανάλυσης και κατηγοριοποίησης των αναπαραστάσεων που ακολουθήθηκε, με βάση το περιεχόμενο, τη λειτουργία, τη σχέση με το κείμενο και τη σύνδεσή τους με ιστορικές αναφορές του κειμένου. Επίσης, εντοπίζονται αναπαραστάσεις, οι οποίες αποτελούν την πρώτη χρονολογικά εμφάνιση, στα σχολικά εγχειρίδια, σημαντικών εργαστηριακών ανακαλύψεων του 19ου και 20ού αιώνα, και υπολογίζεται η χρονική απόσταση μεταξύ ανακάλυψης και προσαρμογής της στα σχολικά εγχειρίδια.

Από την ανάλυση του δείγματος και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει επικράτηση των ερμηνευτικών αναπαραστάσεων, ενώ παράλληλα οι αναπαραστάσεις που αφορούν την Ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας κατέχουν πολύ μικρό ποσοστό. Τέλος, οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ ανακάλυψης των εργαστηριακών πρακτικών και εμφάνισής τους στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια δηλώνουν ότι οι εικόνες εστιάζουν σε ανακαλύψεις του παρελθόντος και όχι στις σύγχρονες.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** ανάλυση σχολικών εγχειριδίων

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ανάλυση, σχολικά εγχειρίδια, οπτικές αναπαραστάσεις, εργαστηριακές πρακτικές, Ιστορία Χημείας

## **ABSTRACT**

In this master's thesis, the visual representations of laboratory practices contained in Greek school textbooks of the 20th century are analysed in terms of their content and type as well as their relationship to the History and evolution of Chemistry.

Information obtained from literature review about the history of laboratory practices and the analysis of visual representations is used. The method applied for analyzing and categorizing representations based on content, function, relationship to the text, and their connection to historical references to the text is then presented. Representations, which constitute the first chronological appearance, in school textbooks, of historically important laboratory discoveries of the 19th and 20th centuries, are also identified, and the time distance between discovery and adaptation in school textbooks is calculated.

From the analysis of the sample and the processing of the results, a predominance of interpretive representations emerges, while at the same time the representations concerning the History and the evolution of Chemistry hold a very small percentage. Finally, the time gaps between the discovery of laboratory practices and their appearance in Greek school textbooks state that the images focus on discoveries of the past and not on modern ones.

**SUBJECT AREA:** textbook analysis,

**KEYWORDS:** analysis, textbooks, visual representations, laboratory practices, History of Chemistry

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Αικατερίνη Πασχαλίδου, όπως επίσης και την κα Αικατερίνη Σάλτα, για τη συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |    |
|--|----|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....  | 15 |
| <b>1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Επισκόπηση βιβλιογραφίας</b> .....  | 16 |
| 1.1. Ανάλυση σχολικών εγχειριδίων .....  | 16 |
| 1.1.1. Η σημασία των σχολικών εγχειριδίων .....  | 16 |
| 1.1.2. Η σημασία των σχολικών εγχειριδίων των φυσικών επιστημών .....  | 16 |
| 1.1.3. Η σημασία της ανάλυσης των σχολικών εγχειριδίων των φυσικών<br>επιστημών .....                          | 18 |
| 1.2. Οπτικές αναπαραστάσεις .....  | 18 |
| 1.2.1. Η παρουσία των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια<br>των φυσικών επιστημών .....             | 18 |
| 1.2.2. Η σημασία των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια<br>των φυσικών επιστημών .....              | 19 |
| 1.2.3. Η σημασία της ανάλυσης των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά<br>εγχειρίδια των φυσικών επιστημών ..... | 20 |
| 1.2.4. Η σχέση μεταξύ κειμένου και οπτικών αναπαραστάσεων .....  | 21 |
| 1.3. Εργαστηριακές πρακτικές .....   | 23 |
| 1.3.1. Ο όρος «εργαστηριακή πρακτική» στη διδασκαλία των φυσικών<br>επιστημών .....                            | 22 |
| 1.3.2. Η σημασία της εργαστηριακής πρακτικής στη διδασκαλία των<br>φυσικών επιστημών .....                     | 22 |
| 1.3.3. Η σημασία της εργαστηριακής πρακτικής στα σχολικά εγχειρίδια .....                                      | 24 |
| 1.3.4. Η σημασία της έρευνας για την εργαστηριακή εκπαίδευση .....   | 25 |
| 1.4. Το πλαίσιο της Ιστορίας της επιστήμης .....   | 25 |
| 1.4.1. Η Ιστορία της επιστήμης στην εκπαίδευση .....   | 25 |
| 1.4.2. Η ιστορία του χώρου του εργαστηρίου .....   | 26 |
| 1.4.3. Σύντομη ιστορία της επιστήμης της Χημείας .....   | 28 |
| 1.4.4. Η σημασία της εξέλιξης των εργαστηριακών οργάνων και συσκευών .....                                     | 30 |
| 1.4.5. Η ενσωμάτωση των εργαστηριακών πρακτικών στα επιστημονικά<br>άρθρα .....                                | 30 |
| 1.4.6. Η προσαρμογή των εικόνων των σχολικών εγχειριδίων σε σχέση<br>με την εξέλιξη της Χημείας .....          | 31 |
| 1.5. Η σημασία της παρούσας έρευνας .....  | 31 |

|   |    |
|---|----|
| <b>2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μέθοδος ανάλυσης</b> .....   | 33 |
| 2.1. Πορεία ανάλυσης .....  | 33 |
| 2.2. Ιστορική αναδρομή σημαντικών σταθμών στην εξέλιξη των<br>εργαστηριακών πρακτικών της Χημείας ..... | 33 |
| 2.2.1. 3500 π.Χ. Συσκευές διαχωρισμού μιγμάτων .....  | 35 |
| 2.2.2. 3300 π.Χ. Μεταλλουργία .....   | 41 |
| 2.2.3. 2800 π.Χ. Σαπωνοποιία .....  | 44 |
| 2.2.4. 2500 π.Χ. Παρασκευή γυαλιού .....  | 45 |
| 2.2.5. 900 μ.Χ. Πρώτη αναφορά σε Αλχημιστή και όργανα/συσκευές<br>Αλχημιστών .....                      | 46 |
| 2.2.6. 1706 μ.Χ. Πρωσικό μπλε .....   | 46 |
| 2.2.7. 1720 μ.Χ. Μελέτη των αερίων .....  | 47 |
| 2.2.8. 1729 μ.Χ. Τιτλοδότηση/ Ογκομέτρηση .....   | 53 |
| 2.2.9. 1738 μ.Χ. Ανάλυση με φουσητήρα - Φασματοσκοπία .....   | 55 |
| 2.2.10. 1748 μ.Χ. Ωσμωση .....  | 61 |
| 2.2.11. 1761 μ.Χ. Θερμιδομετρία .....   | 61 |
| 2.2.12. 1774 μ.Χ. Μέθοδος Scheele για παρασκευή χλωρίου .....   | 63 |
| 2.2.13. 1778 μ.Χ. Ζυγός για χημική εργασία .....  | 63 |
| 2.2.14. 1784 μ.Χ. Ποιοτική στοιχειακή ανάλυση οργανικών ενώσεων .....                                   | 65 |
| 2.2.15. 1789 μ.Χ. Ηλεκτρόλυση του νερού .....   | 67 |
| 2.2.16. 1800 μ.Χ. Ηλεκτροχημεία .....   | 70 |
| 2.2.17. 1830 μ.Χ. Προσδιορισμός σημείου τήξης οργανικών ενώσεων .....                                   | 73 |
| 2.2.18. 1824 μ.Χ. Προσδιορισμός αλκοολικού βαθμού .....   | 74 |
| 2.2.19. 1844 μ.Χ. Πολωσιμετρία .....  | 74 |
| 2.2.20. 1865 μ.Χ. Διήθηση υπό κενό - Ανακρυστάλλωση .....   | 75 |
| 2.2.21. 1877 μ.Χ. Προσδιορισμός pH .....  | 77 |
| 2.2.22. 1878 μ.Χ. Φυγοκεντρική .....  | 78 |
| 2.2.23. 1883 μ.Χ. Φωτοηλεκτρικό στοιχείο .....  | 78 |
| 2.2.24. 1891 μ.Χ. Πυρόλυση πετρελαίου .....   | 79 |
| 2.2.25. 1893 μ.Χ. Θερμίτης .....  | 80 |
| 2.2.26. 1901 μ.Χ. Χρωματογραφία .....   | 80 |
| 2.2.27. 1912 μ.Χ. Κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ .....   | 85 |
| 2.2.28. 1912 μ.Χ. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) .....  | 86 |
| 2.2.29. 1928 μ.Χ. Μετρητής Geiger-Muller .....  | 86 |
| 2.2.30. 1935 μ.Χ. Νάιλον .....  | 87 |

|   |            |
|---|------------|
| 2.2.31. 1944 μ.Χ. Μαγνητικός αναδευτήρας .....  | 88         |
| 2.2.32. 1963 μ.Χ. Σύνθεση πρωτεϊνών Merrifield .....  | 88         |
| 2.2.33. 1983 μ.Χ. Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) .....   | 89         |
| 2.2.34. 1985 μ.Χ. Μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας .....  | 89         |
| 2.2.35. 1991 μ.Χ. Νανοσωλήνες άνθρακα .....   | 91         |
| 2.3. Δείγμα .....   | 92         |
| 2.4. Πλαίσιο ανάλυσης .....   | 97         |
| 2.4.1. 1ο κριτήριο: Το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης .....  | 97         |
| 2.4.2. 2ο κριτήριο: Η λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης .....  | 98         |
| 2.4.3. 3ο κριτήριο: Σύνδεση της οπτικής αναπαράστασης με ιστορικές αναφορές .....   | 109        |
| 2.5. Ανάλυση .....  | 114        |
| <b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Αποτελέσματα .....</b>   | <b>115</b> |
| 3.1 Αποτελέσματα - Ερμηνεία αποτελεσμάτων .....   | 115        |
| 3.1.1. Αποτελέσματα ανάλυσης οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους. (2ο κριτήριο) .....                           | 115        |
| 3.1.2. Αποτελέσματα ανάλυσης οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με βάση την ιστορική οπτική. (3ο κριτήριο) .....                          | 120        |
| 3.1.3. Αποτελέσματα ανάλυσης με βάση την πρώτη εμφάνιση των ιστορικών ανακαλύψεων εργαστηριακών πρακτικών στις εικόνες των σχολικών εγχειριδίων ..... | 124        |
| <b>4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Συμπεράσματα .....</b>   | <b>132</b> |
| <b>5. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ .....</b>   | <b>136</b> |
| <b>6. Συντμήσεις - Αρκτικόλεξα - Ακρώνυμα .....</b>   | <b>137</b> |
| <b>7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>   | <b>138</b> |
| <b>8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>  | <b>141</b> |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 1: Συσκευή εκχύλισης 3500 π.Χ. ....                                | 35 |
| Εικόνα 2: Εκχυλιστήρας Soxhlet .....                                      | 35 |
| Εικόνα 3: Είδη διαχωριστικής χοάνης .....                                 | 36 |
| Εικόνα 4: Αποστακτική συσκευή 3500 π.Χ. ....                              | 37 |
| Εικόνα 5: Τμήματα αποστακτικής συσκευής με άμβυκα .....                   | 37 |
| Εικόνα 6: Δίβικος .....   | 38 |
| Εικόνα 7: Συσκευή κλασματικής απόσταξης .....                             | 39 |
| Εικόνα 8: Αποστακτικό «κέρας» .....                                       | 39 |
| Εικόνα 9: Αποστακτική συσκευή «Moor's head» .....                         | 40 |
| Εικόνα 10: Αποστακτική συσκευή «Ύδρα» .....                               | 40 |
| Εικόνα 11: Περιστροφικός συμπυκνωτής .....                                | 41 |
| Εικόνα 12: Κάμιнос «Piger Hernicus» .....                                 | 42 |
| Εικόνα 13: Εξευγενισμός χρυσού με υδράργυρο .....                         | 44 |
| Εικόνα 14: Συσκευή συλλογής αερίου του Hales .....                        | 48 |
| Εικόνα 15: Συσκευή μελέτης αερίων του Priestley .....                     | 48 |
| Εικόνα 16: Ηλεκτρικό πιστόλι του Volta .....                              | 49 |
| Εικόνα 17: Συσκευές μελέτης αερίων και ευδιόμετρο του Volta .....         | 49 |
| Εικόνα 18: Συσκευή υπολογισμού περιεκτικότητας οξυγόνου του Scheele ..... | 50 |
| Εικόνα 19: Συσκευή μελέτης σύστασης αέρα του Lavoisier .....              | 50 |
| Εικόνα 20: Γυάλινος σωλήνας για υγροποίηση αερίων Faraday .....           | 52 |
| Εικόνα 21: Συσκευή για υγροποίηση αερίων Faraday .....                    | 52 |
| Εικόνα 22: Αλκαλίμετρο του Descroizilles .....                            | 54 |
| Εικόνα 23: Αλκαλίμετρο του Descroizilles .....                            | 54 |
| Εικόνα 24: Πρώτη προχοΐδα με στρόφιγγα .....                              | 54 |
| Εικόνα 25: Ανάλυση με φουσητήρα .....                                     | 55 |
| Εικόνα 26: Λύχνος με πλέγμα Davy .....                                    | 56 |
| Εικόνα 27: Λύχνος Bunsen .....  | 57 |
| Εικόνα 28: Φασματοσκόπιο Bunsen και Kirchhoff .....                       | 58 |
| Εικόνα 29: Φασματοσκόπιο Bunsen και Kirchhoff .....                       | 58 |
| Εικόνα 30: Φάσματα φωτός διαφόρων αλκαλίων και αλκαλικών γαιών .....      | 59 |
| Εικόνα 31: Φασματόμετρο πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού .....            | 61 |
| Εικόνα 32: Θερμιδόμετρο πάγου .....                                       | 62 |
| Εικόνα 33: Θερμιδόμετρο βόμβας .....                                      | 63 |
| Εικόνα 34: Ζυγός .....  | 64 |

|   |     |
|---|-----|
| Εικόνα 35: Συσκευή για προσδιορισμό άνθρακα και υδρογόνου οργανικών ενώσεων .....   | 66  |
| Εικόνα 36: Βολτάμετρο Faraday .....   | 68  |
| Εικόνα 37: Βολτάμετρο Poggendorf .....  | 69  |
| Εικόνα 38: Συσκευή ηλεκτρόλυσης Hofmann .....   | 70  |
| Εικόνα 39: Ηλεκτροχημική μπαταρία Volta .....   | 71  |
| Εικόνα 40: Βολταϊκή στήλη .....   | 72  |
| Εικόνα 41: Πολωσίμετρο .....  | 74  |
| Εικόνα 42: Συσκευή διήθησης υπό κενό .....  | 76  |
| Εικόνα 43: Αντλία νερού για δημιουργία νερού συνδεδεμένο με χωνί Hirsch .....   | 76  |
| Εικόνα 44: Πρώτη συσκευή διαχωρισμού χρωστικών .....  | 82  |
| Εικόνα 45: Διαδικασία διαχωρισμού χρωστικών του Tswett .....  | 82  |
| Εικόνα 46: Συσκευή διαχωρισμού αερίων πυρόλυσης του Schuftan .....  | 83  |
| Εικόνα 47: Σχηματική αναπαράσταση σύγχρονου οργάνου GC .....  | 84  |
| Εικόνα 48: Σχηματική απεικόνιση μικροσκοπίου σάρωσης σήραγγας .....   | 91  |
| Εικόνα 49 : από Χημεία Γ΄ Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ.7 .....   | 99  |
| Εικόνα 50: από Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ. 62 .....   | 100 |
| Εικόνα 51: από Στοιχεία Χημείας δια τη Β΄ τάξιν των οκτατάξιων Γυμνασίων και πεντατάξιων προγυμνασίων, σελ. 19-20 .....                                       | 101 |
| Εικόνα 52: Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ.16 .....  | 101 |
| Εικόνα 53: από Στοιχειώδεις Γνώσεις Χημείας προς χρήσιν των Γυμνασίων, σελ.19-20 .....  | 102 |
| Εικόνα 54: από Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β΄ Γυμνασίου, σελ. 23-24 .....   | 103 |
| Εικόνα 55: από Χημεία Α΄ Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 9 .....   | 104 |
| Εικόνα 56: από Χημεία Β΄ Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 27 .....  | 105 |
| Εικόνα 57: από Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β΄ Γυμνασίου, σελ.95 .....   | 105 |
| Εικόνα 58: από Χημεία Γ΄ Λυκείου Α΄ τεύχος, σελ. 98 .....   | 106 |
| Εικόνα 59: από Χημεία Γ΄ Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 39 .....  | 107 |
| Εικόνα 60: από Χημεία Β΄ Γυμνασίου σελ. 47 .....  | 108 |
| Εικόνα 61: Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ. 32 .....   | 108 |
| Εικόνα 62: από Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ. 45 .....   | 110 |
| Εικόνα 63: από Μαθήματα Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής επί τη βάσει των νεωτάτων ειδικών συγγραφών προς χρήσιν των μαθητών των γυμνασίων, σελ. 100-101 ..... | 111 |
| Εικόνα 64: από Χημεία Γ΄ Λυκείου Β΄ τεύχος, σελ. 30 .....   | 112 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |     |
|---|-----|
| Πίνακας 1: Κατανομή του δείγματος των εικόνων στα σχολικά εγχειρίδια .....  | 92  |
| Πίνακας 2: Το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης .....   | 97  |
| Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης ...  | 109 |
| Πίνακας 4: Σύνδεση της οπτικής αναπαράστασης με ιστορικές αναφορές .....  | 113 |
| Πίνακας 5: Συνολικός αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης, με χρονολογική σειρά ..                              | 115 |
| Πίνακας 6: Συνολικός αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης, ανά συγγραφέα .....                                  | 118 |
| Πίνακας 7: Συνολικός αριθμός οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με ιστορικές αναφορές ή αναφορές στην ανάπτυξη της Χημείας, με χρονολογική σειρά .....        | 120 |
| Πίνακας 8: Συνολικός αριθμός οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με ιστορικές αναφορές ή αναφορές στην ανάπτυξη της Χημείας, ανά συγγραφέα .....               | 122 |
| Πίνακας 9: Σημαντικές εργαστηριακές πρακτικές που εμφανίζονται στα σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα .....   | 125 |
| Πίνακας 10: Χρονική απόσταση ανακάλυψης σημαντικών εργαστηριακών πρακτικών του 19ου και 20ού αιώνα και εμφάνισης στα σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα ..... | 129 |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος «Διδακτική της Χημείας, Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη», στην κατεύθυνση «Διδακτική της Χημείας» τη χρονική περίοδο 2020-2022 και αποτελεί βιβλιογραφική έρευνα των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας του 20ού αιώνα που ελήφθησαν από το αρχείο του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) και την ψηφιακή βιβλιοθήκη «Φωτόδεντρο», ως προς τις οπτικές αναπαραστάσεις που αφορούν εργαστηριακές πρακτικές Χημείας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1. Ανάλυση σχολικών εγχειριδίων

#### 1.1.1. Η σημασία των σχολικών εγχειριδίων

Τα σχολικά εγχειρίδια χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης ήδη από την κλασική εποχή. Με την ανακάλυψη της τυπογραφίας όμως, βρίσκονται πια σε κάθε σχολείο και χρησιμοποιούνται σαν βασική πηγή πληροφοριών. Συνεπώς η ποιότητα και η ακρίβεια του περιεχομένου τους είναι σημαντική για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας.<sup>1</sup>

Καθώς τα σχολικά βιβλία καθορίζουν σε ένα βαθμό τη διδακτέα ύλη, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτή διδάσκεται,<sup>2</sup> η ανάλυσή τους είναι σημαντική αφού υποδεικνύει και τις εκπαιδευτικές πρακτικές.<sup>3</sup> Περισσότερο από το 95% των καθηγητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης βασίζονται στα σχολικά εγχειρίδια για να οργανώσουν το μάθημά τους, για να διδάξουν, αλλά και για να ορίσουν εργασία για το σπίτι. Πολλοί καθηγητές επίσης, βασίζονται στα βιβλία για να διδάξουν διαφορετικά από την ειδικότητά τους αντικείμενα.<sup>2</sup>

Επιπλέον το βιβλίο ως βασικό μαθησιακό εργαλείο, είναι εύκολα διαθέσιμο σε όλους τους μαθητές και παράλληλα παρέχει ανεξαρτησία, γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εκτός σχολείου, αλλά και ανεξάρτητα από τις οδηγίες του εκπαιδευτικού. Τα σχολικά εγχειρίδια είναι επίσης το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν όταν διαβάζουν στο σπίτι. Ακόμα και μετά την αποφοίτησή τους, οι μαθητές συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τα σχολικά εγχειρίδια σαν σημείο αναφοράς.<sup>4</sup> Συνεπώς αναπαριστούν, και βοηθούν στο να αντιληφθούμε, τον τρόπο που οι μαθητές μαθαίνουν τη διδακτέα ύλη.<sup>5</sup>

#### 1.1.2. Η σημασία των σχολικών εγχειριδίων των φυσικών επιστημών

Τα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών προάγουν την οργανωμένη και σε ισχύ γνώση, ενώ παρέχουν και μια δήλωση συναίνεσης ενός επιστημονικού κλάδου. Με άλλα λόγια, τα σχολικά εγχειρίδια έχουν μεγάλη σημασία στην ανοικοδόμηση και διάδοση της «κανονικής επιστήμης», κατά την ορολογία του Κuhn, επειδή ενισχύουν το σύγχρονο επιστημονικό



παράδειγμα.<sup>6</sup> Ανεξαρτήτως της εκπαιδευτικής βαθμίδας, τα σχολικά εγχειρίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στη διδακτική των φυσικών επιστημών<sup>2,5</sup> και στη διδακτική της Χημείας συγκεκριμένα,<sup>7</sup> όχι μόνο για την οικοδόμηση της γνώσης, αλλά και ως ένας σημαντικός οδηγός στην επιλογή του περιεχομένου και των παιδαγωγικών στρατηγικών.<sup>6</sup>

Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές της διδακτικής των φυσικών επιστημών αντιμετωπίζουν τα σχολικά εγχειρίδια ως εκπαιδευτικές πηγές που υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στο σχεδιασμό και στην παράδοση των μαθημάτων τους, ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις του αναλυτικού προγράμματος. Περισσότερο από το 90% των καθηγητών των φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης βασίζονται στα βιβλία για να οργανώσουν το μάθημά τους, για να διδάξουν, αλλά και για να ορίσουν εργασία για το σπίτι.<sup>5,8</sup> Ειδικότερα οι καθηγητές Χημείας, σε παγκόσμιο επίπεδο, χρησιμοποιούν τα σχολικά εγχειρίδια ως βασικό εργαλείο διδασκαλίας, όσον αφορά στην επιλογή των εννοιών που θα διδαχθούν, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο θα διδαχθούν.<sup>9</sup>

Πέρα από τη διδακτική υποστήριξη που παρέχουν στον δάσκαλο, τα σχολικά εγχειρίδια περιέχουν πολλή από την πληροφορία που λαμβάνουν οι μαθητές, η οποία επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται την επιστήμη.<sup>10</sup> Αποτελούν σημαντική πηγή γνώσης για τους μαθητές,<sup>7,11</sup> οπότε αν η γνώση που παρουσιάζεται είναι ανεπαρκής και ασυνεπής μπορεί να επηρεάσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τα επιστημονικά φαινόμενα.<sup>1</sup> Ωστόσο, μια αδιάψευστη πραγματικότητα είναι ότι στην πλειονότητα των σχολικών τάξεων, τα σχολικά εγχειρίδια γίνονται αυτά τα ίδια το αναλυτικό πρόγραμμα και καθορίζουν, σε μεγαλύτερο βαθμό από τον επιθυμητό, τι διδάσκεται και τι μαθαίνεται σχετικά με τις φυσικές επιστήμες στη σχολική τάξη.<sup>8,12</sup> Επίσης, δημιουργείται πρόβλημα όταν τα βιβλία αντιμετωπίζονται ως αδιαμφισβήτητη και αμετάβλητη πηγή πληροφοριών, δημιουργώντας της αίσθηση ότι οι πληροφορίες που περιέχουν δεν επιδέχονται αμφισβήτησης.<sup>6</sup>

### **1.1.3. Η σημασία της ανάλυσης των σχολικών εγχειριδίων των φυσικών επιστημών**

Για τους λόγους που αναφέρονται παραπάνω, θα πρέπει οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί να δίνουν μεγάλη αξία στην αξιοπιστία των πληροφοριών που εμφανίζονται στα βιβλία<sup>9</sup> και να φροντίζουν για τη συστηματική τους ανάλυση βασισμένη σε επαρκή και αντικειμενικά κριτήρια, με στόχο οι μαθητές να μαθαίνουν από βιβλία βασισμένα σε ερευνητικά αποτελέσματα, εκσυγχρονισμένα και χωρίς επιστημονικά λάθη.<sup>1</sup> Δεδομένου του κεντρικού ρόλου του σχολικού εγχειριδίου στη διδασκαλία και τη μάθηση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, θα περίμενε κανείς να έχει πραγματοποιηθεί περισσότερη έρευνα πάνω στο θέμα.<sup>13</sup>

Την τελευταία εικοσαετία υπάρχει ένα αυξανόμενο κομμάτι της βιβλιογραφίας που δίνει έμφαση στο σημαντικό ρόλο των σχολικών εγχειριδίων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και στις διάφορες πτυχές της μάθησης που συνδέονται με τα σχολικά εγχειρίδια.<sup>1,3,5,7,9,11,12,14,15,16,17,18,19</sup> Οι ερευνητές ασχολούνται με τα θέματα που σχετίζονται με την ποιότητα των σχολικών εγχειριδίων από διάφορες οπτικές γωνίες.<sup>1</sup> Ένας αριθμός ερευνητών μελετά τα σχολικά βιβλία Χημείας σε σχέση με το περιεχόμενο.<sup>4,20,21,22</sup> Έχουν ακόμα πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες διεθνώς για την ιστορική εξέλιξη βιβλίων Χημείας, όπως και διαφόρων θεωριών και αναπαραστάσεων σε αυτά,<sup>6,23,24,25</sup> λίγα όμως γνωρίζουμε για το πως η εργαστηριακή πρακτική παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.<sup>9,26</sup>

## **1.2. Οπτικές αναπαραστάσεις**

### **1.2.1. Η παρουσία των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών**

Τα δύο σημαντικότερα μέσα μετάδοσης της επιστημονική πληροφορίας στους μαθητές είναι οι λέξεις και οι εικόνες. Παρά την αναμενόμενη μεροληψία υπέρ της λεκτικής μετάδοσης, οι ερευνητές προτείνουν ότι οι οπτικές αναπαραστάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης.<sup>27</sup>

Έχει συμβεί μια αλλαγή στην πολιτιστική σημασία που αποδίδεται στις οπτικές έναντι των γλωσσικών πτυχών των μη-εξειδικευμένων τεχνο-

επιστημονικών κειμένων, εξαιτίας του αυξανόμενου αριθμού των νέων τεχνολογιών που διευκολύνουν τη δημιουργία εικόνων και το γεγονός ότι η οπτικοποίηση της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι παρούσα παντού. Αυτή η αλλαγή σίγουρα επηρέασε τα σύγχρονα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών, τα οποία χρησιμοποιούν πολύ περισσότερες οπτικές αναπαραστάσεις συγκριτικά με το παρελθόν, προκειμένου να επικοινωνήσουν το περιεχόμενό τους με τους μαθητές.<sup>16</sup> Τα τελευταία χρόνια, περισσότερο από ποτέ, το γραπτό κείμενο συνοδεύεται από εικόνες,<sup>28</sup> όπως φωτογραφίες, σχέδια, πίνακες δεδομένων, διαγράμματα και γραφήματα.<sup>3</sup>

### **1.2.2. Η σημασία των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών**

Οι εικόνες μπορούν, σε συνδυασμό με το διακοσμητικό τους ρόλο, να κάνουν το κείμενο πιο ελκυστικό στον αναγνώστη και να επεκτείνουν το γραπτό αφήγημα.<sup>29</sup> Οι οπτικές αναπαραστάσεις θεωρούνται σαν φυσική προέκταση του κειμένου και είναι κρίσιμες για τη μετάδοση του επιστημονικού περιεχομένου.<sup>17</sup> Επauξάνουν τη δυνατότητα του κειμένου να μεταφέρει και να αποσαφηνίσει επιστημονικές ιδέες, εκφράζοντας επιστημονικές αρχές, ερευνητικά δεδομένα και ανακαλύψεις.<sup>30</sup> Οργανώνουν και οικοδομούν το κείμενο σε μια περισσότερο συστημική φάση και μετατρέπουν ένα περίπλοκο, δυσνόητο κείμενο σε μια μορφή ευκολότερη στην κατανόηση.<sup>4</sup> Αποτελούν ισχυρό εργαλείο στην προσπάθεια εκμάθησης των φυσικών επιστημών, γιατί έχουν τη δυνατότητα να υπερισχύουν έναντι του γραπτού λόγου και να λειτουργούν αυτόνομα προκειμένου να επικοινωνήσουν το περιεχόμενό τους. Πολλές φορές δεν αναπαράγουν μόνο την πραγματικότητα, αλλά δημιουργούν αναπαραστάσεις της πραγματικότητας, οι οποίες είναι χρήσιμες στην εκπαίδευση.<sup>16</sup>

Οι οπτικές αναπαραστάσεις εφιστούν την προσοχή του μαθητή σε κρίσιμες πληροφορίες του κειμένου, οικοδομούν εικονογραφικές σχέσεις μεταξύ ασυνήθιστων εννοιών με αυτές που είναι ήδη οικείες στον μαθητή και εκμεταλλεύονται εικονογραφικές μνημονικές τεχνικές για να κάνουν πιο εύκολα κείμενα δύσκολα στην απομνημόνευση.<sup>4</sup> Επιπλέον επηρεάζουν τις νοητικές δεξιότητες και διαδικασίες. Το ποσοστό συγκράτησης της

πληροφορίας από το περιεχόμενο του κειμένου βελτιώνεται.<sup>29</sup> Πιο πλούσια εικονογραφημένα σχολικά εγχειρίδια αντιπροσωπεύουν μια πιο μαθητοκεντρική διδακτική προσέγγιση.<sup>3</sup>

Ειδικότερα οι χημικές αναπαραστάσεις είναι αναπόσπαστο κομμάτι των σχολικών εγχειριδίων και παίζουν σημαντικό ρόλο βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν διάφορες χημικές έννοιες και υποστηρίζοντας τους εκπαιδευτικούς στη διδακτική πρακτική.<sup>4</sup> Δεδομένου του κεντρικού τους ρόλου στη διευκόλυνση της μάθησης, κατάλληλες αναπαραστάσεις στα βιβλία Χημείας μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις δυσκολίες στην κατανόηση των χημικών φαινομένων.<sup>9</sup>

### **1.2.3. Η σημασία της ανάλυσης των οπτικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών**

Διάφοροι συγγραφείς έχουν επισημάνει τη σημασία της επιρροής των εικόνων σε σχέση με την προσφορά τους στην δημιουργία νοητικών μοντέλων και γενικότερα την θετική επιρροή των εικόνων στο κείμενο. Είναι αμφίβολο όμως αν επιτυγχάνονται αυτά τα αποτελέσματα στην πραγματικότητα της σχολικής τάξης.<sup>29</sup> Οι σωστά σχεδιασμένες και επιλεγμένες οπτικές αναπαραστάσεις<sup>28</sup> σε ένα κείμενο μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση του, αλλά μόνο υπό ορισμένες προϋποθέσεις.<sup>4</sup>

Η φύση της προφορικής και γραπτής επικοινωνίας έχει μελετηθεί εδώ και χιλιάδες χρόνια, όμως οι τεχνολογίες για την παραγωγή εικόνων είναι σχετικά πρόσφατες, άρα η επιστημονική ανάλυση των επικοινωνιακών δυνατοτήτων τους δεν είναι ακόμα ικανοποιητική. Ο οπτικός εγγραμματοςμός δεν θεωρείται ως προτεραιότητα στο παραδοσιακό εκπαιδευτικό σύστημα, πρέπει όμως οι ερευνητές να αναγνωρίσουν και να μελετήσουν τις επιστημονικές οπτικές αναπαραστάσεις, ώστε να αναδειχθεί η αποτελεσματικότητά τους να μεταφέρουν νοήματα και να γίνονται κατανοητές με ακρίβεια.<sup>30</sup>

Οι μαθητές είναι πιο πιθανό να δώσουν σημασία στις αναπαραστάσεις, όταν το κείμενο είναι δυσνόητο και αυτό μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην κατανόηση του κειμένου.<sup>29</sup> Φαίνεται όμως πως εκτιμούν τις εικόνες στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών με έναν τρόπο ανεξάρτητο από το γραπτό κείμενο. Επιπλέον, τα υπονοούμενα της οπτικής σύνταξης φαίνεται ότι

προκαλούν σοβαρές δυσκολίες στην ερμηνεία των εικόνων από τους μαθητές. Τις δυσκολίες αυτές, οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών, φαίνεται να αγνοούν<sup>16</sup> και να προσδοκούν από τους μαθητές να καταλάβουν με ευκολία τις οπτικές αναπαραστάσεις που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια.<sup>11</sup> Οι καθηγητές πρέπει να γνωρίζουν ότι μια εικόνα αξίζει όσο χίλιες λέξεις μόνο αν ο αναγνώστης ξέρει να την αποκωδικοποιήσει<sup>4,31</sup> και πρέπει να μπορούν να εντοπίζουν τις πιθανές δυσκολίες κατανόησης των μαθητών. Είναι απαραίτητο επίσης, οι μαθητές να διδαχθούν το τρόπο με τον οποίο πρέπει να διαβάζουν τις εικόνες, προκειμένου να αποφευχθούν παρανοήσεις.<sup>11</sup> Περισσότερη έρευνα σχετικά με τη χρήση της οπτικής γλώσσας στην εκπαίδευση των θετικών επιστημών μπορεί να προετοιμάσει τους πολίτες να αντιληφθούν καλύτερα την υπάρχουσα πληροφορία και γνώση.<sup>31</sup>

#### **1.2.4. Η σχέση μεταξύ κειμένου και οπτικών αναπαραστάσεων**

Υπάρχουν διάφορες μεταβλητές που επηρεάζονται από τη σχέση μεταξύ κειμένου και αναπαραστάσεων.<sup>29</sup> Ο σχεδιασμός του κειμένου μπορεί να επηρεάσει την αποτελεσματικότητά του, όπως και τη διάθεση των μαθητών να αλληλοεπιδράσουν με αυτό.<sup>32</sup> Το ίδιο το κείμενο πρέπει να συνδέεται με τις οπτικές αναπαραστάσεις, και τα χαρακτηριστικά του πρέπει να είναι συμβατά με το είδος των αναπαραστάσεων.<sup>4</sup> Ένας ακόμη παράγοντας είναι ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης κειμένου και εικόνων, όπως επίσης και η άμεση σύνδεση των εικόνων με το σημείο του κειμένου με τα οποία σχετίζονται.<sup>29</sup>

Είναι απαραίτητο οι καθηγητές των φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αποκτήσουν μια πιο εμπειριστατωμένη εικόνα του σχεδιασμού των σχολικών εγχειριδίων και των παραγόντων που τα καθιστούν κατάλληλα ή μη. Επιπροσθέτως, προκειμένου να αποκτήσουμε μια πιο ολοκληρωμένη αντίληψη για το πώς τα βιβλία λειτουργούν ολιστικά, ο βαθμός ενσωμάτωσης μεταξύ κειμένου και εικονογράφησης είναι πολύ σημαντικός.<sup>17</sup>

Η προσθήκη εικόνων σχετικών με το κείμενο μπορεί να βελτιώσει τη διαδικασία της μάθησης, ενισχύοντας την προσοχή, το ενδιαφέρον και την κατανόηση. Ενώ η προσθήκη εικόνων που αποσπούν την προσοχή μπορεί να επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα σε σχέση με το απλό κείμενο.<sup>19,33</sup> Οι μαθητές τείνουν να μαθαίνουν καλύτερα από κείμενα με εικόνες παρά από κείμενα χωρίς εικόνες, αν και υπάρχουν περιπτώσεις που οι εικόνες δεν

επηρεάζουν τη μάθηση.<sup>33</sup> Τέλος, επεξηγηματικά διαγράμματα μπορούν να πετύχουν καλύτερη κατανόηση από πιο ρεαλιστικές εικόνες.<sup>19</sup>

Για μια οπτική επιστήμη, όπως είναι η Χημεία, είναι ουσιώδες οι αναπαραστάσεις στα σχολικά εγχειρίδια να είναι απόλυτα σχετικές και συνδεδεμένες με το κείμενο, ώστε οι μαθητές να μπορούν εύκολα να καταλάβουν τη σύνδεση ανάμεσά τους. Εκτεταμένες περιγραφές (λεζάντες) και υποδείξεις, έχει βρεθεί ότι διευκολύνουν την κατανόηση των εικόνων.<sup>17</sup>

### **1.3. Εργαστηριακές πρακτικές**

#### **1.3.1. Ο όρος «εργαστηριακή πρακτική» στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών**

Ο όρος «εργαστηριακή πρακτική», στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, αναφέρεται σε όλα τα πειράματα που συμβαίνουν είτε σε μια τάξη,<sup>7</sup> είτε σε ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο,<sup>26</sup> μέσα ή και έξω από το εργαστήριο, αλλά και σε σχετικές εικονικές αναπαραστάσεις πειραμάτων που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε ένα εργαστήριο ή και πέρα από αυτό.<sup>7</sup> Αναφέρεται επίσης σε εκπαιδευτικές ασκήσεις οι οποίες επιτρέπουν στους μαθητές να διαχειρίζονται υλικά,<sup>34</sup> επιστημονικές συσκευές και όργανα,<sup>36</sup> να παρατηρούν φαινόμενα, να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν πειραματικές διαδικασίες και να αναλύουν και να ερμηνεύουν πειραματικά δεδομένα. Όλα τα παραπάνω μπορεί να πραγματοποιούνται ατομικά ή σε ομάδες.<sup>35</sup> Οι όροι «εργαστηριακή πρακτική», «πρακτική άσκηση», «εργαστηριακή άσκηση» και «πείραμα» συχνά χρησιμοποιούνται χωρίς διάκριση ακόμα και στην επιστημονική βιβλιογραφία.<sup>36</sup> Στην παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετείται ο όρος «εργαστηριακή πρακτική» και αυτός χρησιμοποιείται σε όλο το κείμενο.

#### **1.3.2. Η σημασία της εργαστηριακής πρακτικής στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών**

Η εργαστηριακή πρακτική θεωρείται ότι πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο σχολείο,<sup>36</sup> κατέχει κεντρικό και διακριτό ρόλο και οι καθηγητές συνιστούν ότι υπάρχουν σημαντικά οφέλη από τη χρήση της.<sup>35</sup> Οι εργαστηριακές πρακτικές, αν είναι δομημένες σωστά, μπορούν να οδηγήσουν του μαθητές στην ανάπτυξη δεξιοτήτων, όπως να παρατηρούν, να σχεδιάζουν ένα πείραμα, να κάνουν υποθέσεις, να αναλύουν πειραματικά δεδομένα, να διερωτώνται, να αναπτύσσουν κριτική σκέψη και

μεταγνωστικές ικανότητες. Συμπληρωματικά, παρέχουν ευκαιρίες για συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ συμμαθητών.<sup>37</sup> Η εργαστηριακή πρακτική λοιπόν, φαίνεται να διευκολύνει τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία και αντιμετωπίζεται θετικά από τους μαθητές,<sup>7</sup> οι οποίοι μπορεί να θυμούνται γεγονότα που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της ακόμα και μετά από μήνες.<sup>34</sup>

Η εργαστηριακή πρακτική μπορεί να βοηθήσει στην επικοινωνία των πληροφοριών και των ιδεών σχετικά με τον φυσικό κόσμο στους μαθητές.<sup>7</sup> Από τη στιγμή που το πεδίο έρευνας είναι ο υλικός κόσμος, μοιάζει λογικό η εκμάθηση των φυσικών επιστημών να περιέχει παρατήρηση και χειρισμό αντικειμένων και υλικών. Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών θα πρέπει να εξηγεί όχι μόνο λεκτικά, αλλά και στην πράξη,<sup>34</sup> γιατί όταν οι μαθητές δουλεύουν με συσκευές και διάφορα αντικείμενα κατανοούν καλύτερα τη χρησιμότητα της αντίστοιχης θεωρίας, την εξέλιξη της θεωρητικής γνώσης και τον σχετικό ρόλο των μετρήσεων.<sup>38</sup>

Η εργαστηριακή πρακτική είναι απαραίτητη, γιατί στοχεύει στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης των μαθητών, αλλά και στην ανάπτυξη της γνώσης των μαθητών για την επιστήμη.<sup>34</sup> Με την εργαστηριακή πρακτική οι μαθητές μαθαίνουν ενεργά να ερευνούν φαινόμενα και να λύνουν προβλήματα χρησιμοποιώντας διάφορες δεξιότητες.<sup>26</sup> Διδάσκονται ενεργά και αυτόνομα να πραγματοποιούν επιστημονική έρευνα και να αποκτούν επιστημονική γνώση, η οποία βέβαια είναι ήδη γνωστή στον καθηγητή καθ' όλη τη διάρκεια. Υπάρχει φυσικά διαφορά μεταξύ σχολικής και πραγματικής εργαστηριακής πρακτικής. Το να μαθαίνει κανείς σε ένα σχολικό εργαστήριο δεν αποτελεί πηγή νέων ανακαλύψεων, αλλά επανάληψη όσων έχουν ήδη ανακαλυφθεί.<sup>34</sup>

Η εργαστηριακή πρακτική χτίζει λοιπόν μια γέφυρα μεταξύ επιστήμης και μαθητή μέσω της ενεργού συμμετοχής.<sup>7</sup> Η εξέχουσα θέση της εργαστηριακής πρακτικής αποδίδεται στον παραλληλισμό της δραστηριότητας των μαθητών στη σχολική τάξη με την επαγγελματική δραστηριότητα των επιστημόνων, η οποία υποστηρίζεται από τη δημοφιλή εικόνα της επιστήμης σαν γνώση που ανακαλύπτεται στα εργαστήρια μέσω του πειράματος που επικυρώνει τη γνώση και εγγυάται την αξιοπιστία της.<sup>36</sup> Υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν ότι παρατεταμένες εργαστηριακές πρακτικές παρέχουν στους μαθητές γνώση σχετική με τις επιστημονικές πρακτικές, αυξάνουν το

ενδιαφέρον για την επιστήμη και δίνουν κίνητρα για να συνεχίσουν τις σπουδές τους. Η εργαστηριακή πρακτική είναι απαραίτητη για να κατανοήσουν οι μαθητές τα προβλήματα που προκύπτουν κατά τις μετρήσεις, την αβεβαιότητα και τα σφάλματα.<sup>34</sup>

Στην καθημερινή ζωή η επιστήμη συχνά αμφισβητείται και χρησιμοποιείται σαν επιχείρημα για τη στήριξη πολιτικών απόψεων και πολλές φορές παρουσιάζει στοιχεία, τα οποία προκαλούν αντιπαραθέσεις για θέματα ηθικά και κοινωνικά. Για αυτόν τον λόγο οι πολίτες πρέπει να αντιλαμβάνονται τις αρχές και τον τρόπο λειτουργίας της επιστημονικής έρευνας και οι εργαστηριακές πρακτικές μπορούν να βοηθήσουν σε αυτό. Οι εργαστηριακές πρακτικές πρέπει να βοηθούν τον μέσο πολίτη να αντιλαμβάνεται την επιστήμη και να αναπτύσσει δεξιότητες χρήσιμες για την αξιολόγηση των επιστημονικών θεμάτων που προκύπτουν στην καθημερινή ζωή. Η ομαδική εργασία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αυτή.<sup>39</sup>

### **1.3.3. Η σημασία της εργαστηριακής πρακτικής στα σχολικά εγχειρίδια**

Μέσα στη σχολική τάξη υπάρχουν κυρίως δύο πηγές οι οποίες καθοδηγούν τους μαθητές στην εργαστηριακή πρακτική, οι εκπαιδευτικοί και τα σχολικά εγχειρίδια. Παράγοντες της διδασκαλίας όπως ο χρόνος, ο εξοπλισμός και οι στόχοι εμπλέκονται μαζί με το σχολικό εγχειρίδιο, όταν εισάγεται η εργαστηριακή πρακτική. Όλα αυτά καθορίζουν ποια μέθοδο διδασκαλίας θα επιλέξει ο καθηγητής, προκειμένου να μεταδώσει την επιστημονική γνώση στους μαθητές. Αν δηλαδή θα χρησιμοποιήσει καθοδηγούμενη ή ελεύθερη ανακάλυψη ή αν απλά θα επιλέξει να κάνει μια επίδειξη μιας εργαστηριακής πρακτικής.<sup>7</sup>

Η έρευνα στον 21ο αιώνα έχει στρέψει την προσοχή της στο να αποκαλύψει πολλούς πιθανούς στόχους ενός σχολικού εργαστηρίου φυσικών επιστημών. Αυτό σημαίνει ότι οι συνειδητές επιλογές των εργαστηριακών πρακτικών που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια πρέπει να μελετώνται λαμβάνοντας υπόψη τους τρεις κλασικούς τύπους εννοιολογικών, επιστημολογικών και διαδικαστικών στόχων.<sup>38</sup> Η εργαστηριακή πρακτική μπορεί να θεωρηθεί ως ένα αποτελεσματικό μέσο διδασκαλίας για την επίτευξη πολλών από τους στόχους της εκπαίδευσης για τις φυσικές επιστήμες.<sup>7,35</sup> Βοηθά λοιπόν στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, στο ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών, στην ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων επίλυσης



προβλημάτων, στη δημιουργία επιστημονικού τρόπου σκέψης και στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης. Όταν συγκρίνονται οι παραπάνω στόχοι με τους γενικούς στόχους της εκπαίδευσης των θετικών επιστημών ιστορικά, πολλοί ερευνητές συμφωνούν ότι υπάρχουν περισσότερες ομοιότητες παρά διαφορές.<sup>36</sup>

#### **1.3.4. Η σημασία της έρευνας για την εργαστηριακή εκπαίδευση**

Η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας στο χώρο του εργαστηρίου έχει τονιστεί σε αρκετές έρευνες.<sup>37</sup> Παρόλα αυτά οι ερευνητές δεν έχουν ολοκληρωμένα εξετάσει την επιρροή της εργαστηριακής άσκησης σε σχέση με άλλους τρόπους διδασκαλίας, και δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν τις απόψεις για τη χρησιμότητα της. Δεν έχει εντοπίσει άμεση σχέση μεταξύ εργαστηριακών πρακτικών και μαθησιακών αποτελεσμάτων και μάλιστα κάποιες έρευνες έδειξαν ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στην απόδοση, την κριτική σκέψη και τη γνώση που αποκτάται για τις διαδικασίες της επιστήμης, όταν αυτά αξιολογούνται με τις κλασικές μεθόδους αξιολόγησης. Εντοπίστηκε όμως πραγματικό όφελος στην ανάπτυξη δεξιοτήτων για το χειρισμό οργάνων και συσκευών, σε σχέση με άλλες μη πρακτικές μεθόδους.<sup>35</sup> Σημαντικό κομμάτι της έρευνας κατευθύνει τις προσπάθειές του στη βελτίωση της εργαστηριακής εκπαίδευσης.<sup>40</sup>

### **1.4. Το πλαίσιο της Ιστορίας της επιστήμης**

#### **1.4.1. Η Ιστορία της επιστήμης στην εκπαίδευση**

Η επιστήμη σήμερα παρουσιάζεται ως στατική και απόλυτη γνώση στα σχολεία, αλλά στην πραγματικότητα είναι μια δυναμική διαδικασία, ανοιχτή σε διαπραγμάτευση.<sup>1</sup> Ιδιαίτερα η εργαστηριακή πρακτική δεν είναι στατική, αλλά μεταβάλλεται σταδιακά με τη πάροδο του χρόνου, εξελίσσοντας μαθησιακούς στόχους, διαδικασίες μάθησης, απόψεις και ιδέες της επιστημονικής έρευνας και εκπαιδευτικές τεχνολογίες.<sup>39</sup> Η εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες τον 21ο αιώνα δεν μπορεί να συνεχίσει να επαναλαμβάνει τη ρητορική των συμπερασμάτων, αλλά είναι καλύτερο να παρέχει στους μαθητές μια ενόραση μέσα από τη δυναμική της επιστημονικής εξέλιξης.<sup>23</sup> Μια αποτελεσματική γέφυρα μεταξύ της εκπαίδευσης των θετικών επιστημών και της πραγματικής επιστήμης αποτελεί το να συμπεριληφθεί η Ιστορία της επιστήμης

προσαρμοσμένη έτσι ώστε να απευθύνεται σε μαθητές.<sup>41</sup>

Το περιεχόμενο της επιστήμης που απεικονίζεται στα σχολικά εγχειρίδια μπορεί να υποστεί μετασχηματισμό όταν το δούμε μέσα από τον φακό της Ιστορίας.<sup>42</sup> Τα σχολικά βιβλία, αντί να ωθούν τους μαθητές στο να αποστηθίζουν γεγονότα, θα μπορούσαν να παρέχουν ιστορικές ανακατασκευές βασισμένες στην εξέλιξη των επιστημονικών θεωριών, που συχνά περιλαμβάνουν αντιπαραθέσεις, διαμάχες και ανταγωνισμούς μεταξύ επιστημόνων. Τέτοιες παραστάσεις μπορούν να παρακινήσουν τους μαθητές να σκεφτούν, ότι δεν έχει ολοκληρωθεί η έρευνα στη Χημεία και ότι η επιστημονική πρόοδος χρειάζεται τη συνεισφορά τους.<sup>23</sup> Η Ιστορία, αν θεωρηθεί ως ένα αποθετήριο για κάτι περισσότερο από ανέκδοτα και χρονολογίες, θα μπορούσε να παράγει μια αποφασιστική αλλαγή στην εικόνα της επιστήμης από αυτήν που τώρα έχουμε.<sup>43</sup>

Τα σχολικά εγχειρίδια Χημείας, όπως όλα τα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών, πρέπει να προβάλουν μια ενδιαφέρουσα, κατανοητή και με νόημα εικόνα της επιστήμης στους μαθητές. Θα πρέπει να ενσωματώνουν τις ιστορικές και ανθρώπινες πτυχές των επιστημονικών ανακαλύψεων, και να κάνουν γνωστό στον αναγνώστη τον αντίκτυπο της επιστήμης στην τεχνολογία και την κοινωνία. Τα βιβλία Χημείας θα πρέπει να βοηθούν στην ανάπτυξη μιας επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματης κοινωνίας και να παρουσιάζουν το περιεχόμενο και τις μεθόδους της Χημείας με έναν αυθεντικό και ακριβή τρόπο.<sup>10</sup>

#### **1.4.2. Η ιστορία του χώρου του εργαστηρίου**

Ο όρος «εργαστήριο» περιγράφει ένα κτίριο που προορίζεται για πρακτική διερεύνηση στις φυσικές επιστήμες και στη Χημεία ειδικότερα, αλλά και για επεξεργασία και κατασκευή χημικών και άλλων προϊόντων.<sup>44</sup> Πριν τον 19ο αιώνα μ.Χ. η λέξη «εργαστήριο» αναφερόταν σχεδόν αποκλειστικά σε ένα χώρο όπου πραγματοποιούνταν διαδικασίες όπως αποστάξεις, καύσεις και διαλύσεις. Δεν αφορούσε μόνο ένα επιστημονικό ίδρυμα, αλλά και βιοτεχνίες. Φυσιοδίφες και πειραματικοί φιλόσοφοι βέβαια εκτελούσαν διερευνητικά πειράματα και επιδείξεις σε διάφορους χώρους, οι οποίοι δεν ήταν απαραίτητα σχεδιασμένοι για αυτό το σκοπό.<sup>45</sup>

Κατά την πρώιμη σύγχρονη εποχή (1450 - 1800 μ.Χ.) το «εργαστήριο» ήταν ένα μέρος για την επεξεργασία των φυσικών υλικών για χρήση στην Ιατρική ή στη Χημεία.<sup>46</sup> Οι τεχνικές τότε απαιτούσαν διάφορα είδη καμίνων (φούρνων) με καμινάδες και σιντριβάνια νερού και τόνους ξύλου και κάρβουνου. Τα περισσότερα πειράματα συνδύαζαν διάφορες τεχνικές, όπως ανάμιξη, διάλυση, καταβύθιση, απόσταξη και εξάχνωση που χρειάζονταν διάφορα είδη συσκευών, οργάνων και αντιδραστηρίων, συμπεριλαμβανομένων διαβρωτικών και δηλητηριωδών ουσιών με έντονες μυρωδιές. Όλα αυτά δεν μπορούσαν εύκολα να μετακινηθούν, και χρειάζονταν προστασία από υγρασία και διάβρωση. Ήταν λοιπόν πιο εύκολο να υπάρχει ένας χώρος σχεδιασμένος για αυτό το σκοπό.<sup>45</sup>

Κατά τη διάρκεια του 16ου αιώνα μ.Χ. τα εργαστήρια άρχισαν να πολλαπλασιάζονται και αποτελούσαν κυρίως χώρους Αλχημείας. Σε αριστοκρατικά ή ακόμα και σε μοναστηριακά εργαστήρια, αλχημιστές και διάφοροι άλλοι επαγγελματίες απόσταζαν φάρμακα, ανέλυαν μεταλλεύματα και άλατα και προσπαθούσαν να μετατρέψουν διάφορα μέταλλα σε χρυσό. Τον 17ο αιώνα μ.Χ. τα χημικά εργαστήρια εξαπλωθήκαν σε πανεπιστήμια, βοτανικούς κήπους, άλλα ακαδημαϊκά ιδρύματα και φαρμακεία. Τον 18ο αιώνα μ.Χ. θεσμοθετήθηκαν στα πανεπιστήμια και σε διάφορες επαγγελματικές και τεχνικές σχολές. Ο όρος «εργαστήριο» πια χρησιμοποιούνταν πιο συχνά για να περιγράψει καινοτόμους χώρους, όπου συμβαίνει παραγωγή υλικών και πραγματοποιούνται τεχνικές όπως τήξη, καύση, απόσταξη, διάλυση, καταβύθιση και άλλες χημικές διαδικασίες. Περιλαμβάνονται δε και τεχνικά εργαστήρια σε φαρμακεία, χυτήρια, καταστήματα αναλύσεων, νομισματοκοπεία, οπλουργεία, αποστακτήρια, αρωματοποιεία και εργοστάσια παραγωγής διαφόρων υλικών. Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα μ.Χ. ο όρος «εργαστήριο» χρησιμοποιούνταν επίσης για βιοτεχνίες και βιομηχανίες.<sup>45</sup> Μερικά εργαστήρια εκείνης της περιόδου δύσκολα ξεχώριζαν από κουζίνες, οικιακά εργαστήρια ή μουσεία.<sup>46</sup>

Η έννοια του εργαστηρίου έχει αλλάξει σημαντικά τους τελευταίους δύο αιώνες. Αρχικά μπορούσε να περιγραφεί ως χώρος κατασκευής υλικών, ενώ τώρα είναι ένας εξειδικευμένος τομέας τεχνολογικής ανάπτυξης, επιστημονικής εκπαίδευσης και ποιοτικού ελέγχου.<sup>46</sup> Στη σύγχρονη εποχή τα εργαστήρια είναι ισχυρά και πανταχού παρόντα, επειδή οι αρχές λειτουργίας

τους καθορίζονται εθνικά από την πολιτική και την οικονομία. Η εκπαιδευτική τους λειτουργία είναι σημαντική, γιατί καθορίζουν τη μαζική εκπαίδευση και τα επαγγέλματα σε διάφορους τομείς, και ενσωματώνουν ιδέες όπως η αξιοκρατία, η απόδοση, η αντικειμενικότητα και διαφάνεια μέσω δημοσιεύσεων.<sup>47</sup>

Το σύγχρονο εργαστήριο χαρακτηρίζεται από «ατοπία» (placelessness), κάτι που επεκτείνει την αξιοπιστία του, από τοπικό επίπεδο σε παγκόσμιο. Το εργαστήριο στην «ατοπική» του μορφή δεν δεσμεύεται σε ένα συγκεκριμένο τόπο, αλλά μπορεί να διασπείρεται και να προσαρμόζεται, ώστε οι επιστημονικές δυνατότητες που παρέχει να είναι διαθέσιμες οπουδήποτε και σε οποιονδήποτε.<sup>47</sup> Αυτό προϋποθέτει να υπάρχει παρόμοιος και τυποποιημένος σχεδιασμός σε όλα τα εργαστήρια, όπου κι αν βρίσκονται,<sup>48</sup> όπως επίσης και μια οικουμενική επιστημονική μέθοδος, δημόσια διαφάνεια μέσω δημοσιεύσεων και εγκαθίδρυση συγκεκριμένων αξιών.<sup>47</sup>

#### **1.4.3. Σύντομη ιστορία της επιστήμης της Χημείας**

Η Χημεία είναι αρχαιότερη από την ανακάλυψη της γραφής, από τότε που κάποιος μακρινός πρόγονος μας αναρωτιούνταν για τη φωτιά και τις επιπτώσεις της, για τα χρώματα και για τα θεραπευτικά φυτά.<sup>49</sup> Η Χημεία σαν πρακτική ξεκινά χιλιάδες χρόνια πριν, με τη δημιουργία υφαντικών χρωστικών, αιθέριων ελαίων, καλλυντικών και σαπουνιών, αλκοολούχων ποτών και πολλών άλλων.<sup>50</sup> Ήδη από την εποχή του Ομήρου υπάρχουν αναφορές συνδεδεμένες με τη Χημεία, όπως λιπάσματα για τις καλλιέργειες, βαφές για τα πλοία, αρωματοποιεία, απολύμανση, παρασκευή τυριών, οινοποιεία, γυάλισμα μετάλλων, κεραμοποιεία κ.α. Κατά τη διάρκεια της ελληνιστικής περιόδου μέχρι τον 4ο αιώνα μ.Χ., ένας μεγάλος αριθμός φιλοσόφων και πειραματιστών εμφανίζονται στον ελληνιστικό κόσμο (στη σημερινή Ελλάδα και Αίγυπτο), οι οποίοι μελετούσαν υλικά και διαδικασίες, όπως γυαλί, μέταλλα, θείο, βαφές, εκχυλίσματα και αποστάξεις. Οι Άραβες κατακτητές της Αιγύπτου (639 - 642 μ.Χ.) χρησιμοποίησαν και συνδύασαν αρχαία γνώση από την Περσία, την Ινδία και την Κίνα και ανέπτυξαν μια νέα «επιστήμη» την Αλχημεία. Όρος που προκύπτει από το αραβικό «al kimiya», που πιθανόν να προέρχεται από τη λέξη «χυμεία» από το ρήμα «χέω».<sup>51</sup>

Η Αλχημεία ήταν μια προσπάθεια των ανθρώπων να πετύχουν στην πράξη τις θεωρίες του Αριστοτέλη για την ύλη.<sup>50</sup> Οι Αλχημιστές έψαχναν τρόπους μετατροπής μετάλλων σε χρυσό και δημιουργίας του ελιξιρίου της ζωής, χωρίς επιτυχία. Στην προσπάθεια τους να πετύχουν τους στόχους τους, έμαθαν πώς να αποστάζουν, να καθαρίζουν από προσμίξεις και να κατηγοριοποιούν διάφορα υλικά, και κάπως έτσι έθεσαν τις βάσεις για τη σύγχρονη Χημεία χωρίς να το αντιλαμβάνονται.<sup>49</sup> Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούσαν προέρχονταν κυρίως από χυτήρια μετάλλων και αποστακτήρια. Έφτιαχναν μικρές καμίνους, δοχεία, χωνευτήρια, φιάλες, αποστακτικά «κέρατα» και άλλες αποστακτικές συσκευές. Η Χημεία δεν εξελίχθηκε μόνο από την επεξεργασία του χρυσού, αλλά και από χημικές αναλύσεις. Ο ποιοτικός έλεγχος στο εμπόριο ήταν πολύ σημαντικός, ειδικά στα μέταλλα, για την αποφυγή παραχάραξης των νομισμάτων.<sup>50</sup>

Κάποια στιγμή κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα μ.Χ. άρχισε η Αλχημεία να δίνει τη θέση της στη σύγχρονη επιστήμη. Οι επιστήμονες των φυσικών επιστημών άρχισαν να μαθαίνουν πώς να παράγουν συστηματικά και επαναλήψιμα αποτελέσματα. Μεγάλες ανακαλύψεις συνέβησαν σχετικά με τα αέρια κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα μ.Χ. μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα μ.Χ.. Ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση νέων αντιδράσεων και οι οργανικοί χημικοί απομόνωσαν νέες ουσίες από φυτά και άλλες φυσικές πηγές. Μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα μ.Χ. είχαν μελετηθεί κάποια πολυμερή και η φασματοσκοπία αποκάλυπτε μάζες μορίων.<sup>49</sup>

Την περίοδο του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου η πετροχημεία, τα ραδιοϊσότοπα και τα αντιβιοτικά εξελίχθηκαν σημαντικά. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1960 μ.Χ. αναγνωρίστηκαν και αποκωδικοποιήθηκαν το DNA και διάφορες πρωτεϊνικές αλληλουχίες, και επήλθαν σημαντικές αλλαγές στην αναλυτική Χημεία με τη χρήση νέων τεχνικών χρωματογραφίας και του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR). Τις δεκαετίες 1970 και 1980 μ.Χ. ξεκινά η μοριακή βιολογία. Η χρωματογραφία και η φασματομετρία μάζας (MS) εξελίχθηκαν σε πανίσχυρες τεχνικές. Οι δεκαετίες 1990 και 2000 μ.Χ. είδαν την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας.<sup>49</sup> Η νανοτεχνολογία σήμερα δίνει νέες διαστάσεις στην Χημεία, με την ανάπτυξη οργάνων για ηλεκτρονική ανάλυση, αλλά και δημιουργία νανοσωματιδίων, νανοσωλήνων άνθρακα και πολλών άλλων.<sup>51</sup> Αξίζει να σημειωθεί η ραγδαία ανάπτυξη της βιοχημείας τα

τελευταία χρόνια, με την εξήγηση της λειτουργίας πρωτεϊνών και άλλων βιομορίων. Οργανική και αναλυτική Χημεία, αλλά και Πληροφορική συνδύασαν τις δυνάμεις τους για αυτήν την ανάπτυξη του κλάδου της βιοχημείας όπως είναι σήμερα.<sup>49</sup>

#### **1.4.4. Η σημασία της εξέλιξης των εργαστηριακών οργάνων και συσκευών**

Μεγάλης σημασίας για την ιστορική εξέλιξη της Χημείας είναι και η αντίστοιχη εξέλιξη των εργαστηριακών οργάνων και συσκευών. Η πρόοδος ή απλά η ύπαρξη διαφόρων επιστημονικών οργάνων ήδη από τον 16ο αιώνα μ.Χ. και ειδικά τα τελευταία 100 χρόνια έχει βοηθήσει την επιστήμη να αναπτυχθεί με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Η πρόοδος τους έχει αλλάξει τον κόσμο κοινωνικά και πολιτισμικά, ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες. Όμως, τα αναλυτικά προγράμματα συχνά αποτυγχάνουν να τονίσουν τη σημασία των επιστημονικών οργάνων στις επιστημονικές πρακτικές, και οι μαθητές μαθαίνουν σχετικά λίγα για το ρόλο τους στην ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης και πρακτικής.<sup>40</sup>

#### **1.4.5. Η ενσωμάτωση των εργαστηριακών πρακτικών στα επιστημονικά άρθρα**

Με το πέρασμα του χρόνου παρατηρούνται διαφορές στο τρόπο που τα επιστημονικά άρθρα ενσωματώνουν τις εργαστηριακές πρακτικές, όπως φαίνεται από την ανάλυση ιστορικών άρθρων που αναφέρουν νέες ανακαλύψεις. Παρόλο που οι εργαστηριακές πρακτικές καταγράφονταν αρχικά σε βιβλία, τα επιστημονικά άρθρα είναι αυτά που βοήθησαν στην εξέλιξη του επιστημονικού πειραματισμού με την έννοια που έχει σήμερα.<sup>52</sup>

Τα επιστημονικά άρθρα έχουν τις ρίζες τους στην αλληλογραφία και τη δημοσιογραφία του 17ου αιώνα μ.Χ. και δημιούργησαν μια νέα μορφή επικοινωνίας, αρκετά ισχυρή να επηρεάσει τη δομή της επικοινωνίας στην επιστημονική κοινότητα. Οι εργαστηριακές πρακτικές αποτελούσαν κομμάτι της επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων που ενδιαφέρονταν για την επιστήμη και αφορούσαν διάφορες παρατηρήσεις και εκθέσεις φυσικών γεγονότων. Αυτό αλλάζει στην πορεία, με την εργαστηριακή πρακτική να μετατρέπεται σε σκόπιμη διερεύνηση προκειμένου να αξιολογηθεί μια θεωρία και τελικά να

αποδειχθεί. Από το 1800 μ.Χ. η ουσία και η αξιοπιστία μιας εργαστηριακής πρακτικής εξαρτάται πλέον από την κατάλληλη μέθοδο που χρησιμοποιείται.<sup>52</sup> Οι αλλαγές που παρατηρούνται στις εικόνες των άρθρων κατά την ίδια χρονική περίοδο δείχνουν επίσης την αύξηση της σημασίας της επιστημονικής μεθόδου. Τα πρώιμα άρθρα παρουσιάζουν τα διάφορα φαινόμενα χωρίς απεικονίσεις των συσκευών και των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, καθώς τα πειράματα γίνονται πιο προσεγμένα, αρχίζουν να εμφανίζονται και απεικονίσεις τους, οι οποίες στην πορεία γίνονται όλο και πιο ρεαλιστικές.<sup>52</sup>

#### **1.4.6. Η προσαρμογή των εικόνων των σχολικών εγχειριδίων σε σχέση με την εξέλιξη της Χημείας**

Έχουν γίνει αντίστοιχες μελέτες για τη συνεισφορά διαφόρων κατηγοριών εικόνων σε σχολικά εγχειρίδια. Σύμφωνα με τους Souza & Porto, οι οποίοι διεξήγαγαν σχετική έρευνα, φαίνεται διαφορετική έμφαση στην παρουσίαση του περιεχομένου της Χημείας, εξαιτίας της αφοσίωσης σε διαφορετικές αντιλήψεις για τη Χημεία κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα μ.Χ.. Η Χημεία ξεκίνησε ως μια πειραματική επιστήμη στις αρχές τους 20ού αιώνα μ.Χ., με αλλαγή στην έμφαση στις αρχές της Χημείας από τα 1950 μ.Χ. και με αποκορύφωμα μια Χημεία με αδιαμφισβήτητη τεχνολογική επιρροή. Αυτή η τάση εμφανίζεται όχι μόνο στην Ιστορία της επιστήμης, αλλά και στην ιστορία της διδακτικής των φυσικών επιστημών και μπορεί να φανεί χρήσιμη για τη βελτίωση της χημικής εκπαίδευσης.<sup>6</sup>

#### **1.5. Η σημασία της παρούσας έρευνας**

Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, ένα αναπτυσσόμενο κομμάτι της βιβλιογραφίας δίνει έμφαση στον σημαντικό ρόλο της κριτικής ανάλυσης των σχολικών εγχειριδίων. Σημαντικό ρόλο έχει επίσης η ανάλυση των εργαστηριακών πρακτικών, οι οποίες παρουσιάζονται κυρίως με τη μορφή οπτικών αναπαραστάσεων σε αυτά. Συνεπώς, έχει αξία, για την εξέλιξη της χημικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα, να αναλυθούν οι οπτικές αναπαραστάσεις των εργαστηριακών πρακτικών που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια και να διερευνηθεί η σχέση τους με τις σύγχρονες χημικές πρακτικές.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας είναι:

1. Ποιες εργαστηριακές πρακτικές σηματοδοτούν την ανάπτυξη της Χημείας;
2. Ποια η λειτουργία των αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας του 20ού αιώνα μ.Χ.;
3. Ποια η σύνδεση των αναπαραστάσεων των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων του 20ού αιώνα μ.Χ. με την Ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας;
4. Ποια η χρονική απόσταση μεταξύ των επιστημονικών ανακαλύψεων εργαστηριακών πρακτικών της Χημείας και της πρώτης οπτικής αναπαράστασής τους στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μ.Χ.;

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι μέσω της ανάλυσης των οπτικών αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας του 20ού αιώνα μ.Χ. να εντοπιστεί το είδος τους, η λειτουργία τους και ο τρόπος με τον οποίο προσαρμόζονται ως προς την εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Μέθοδος ανάλυσης

#### 2.1. Πορεία ανάλυσης

Η πορεία που ακολουθήθηκε ώστε να διεξαχθεί η ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων Χημείας ως προς τις εργαστηριακές πρακτικές συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα:

- Πραγματοποιήθηκε μελέτη της βιβλιογραφίας, ώστε να καταγραφεί η ιστορική αναδρομή εκείνων των ανακαλύψεων που οριοθέτησαν αλλαγές στις Χημικές εργαστηριακές πρακτικές.
- Συγκεντρώθηκαν σχολικά εγχειρίδια Χημείας και επιλέχθηκε το προς ανάλυση δείγμα των εικόνων.
- Αναπτύχθηκαν κριτήρια και έγινε με βάση αυτά κατηγοριοποίηση του δείγματος (πλαίσιο ανάλυσης).
- Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του δείγματος ώστε να προκύψουν τα συμπεράσματα.

Στη συνέχεια αναλύονται τα επιμέρους βήματα της πορείας.

#### 2.2. Ιστορική αναδρομή σημαντικών σταθμών στην εξέλιξη των συσκευών και των εργαστηριακών πρακτικών της Χημείας

##### 2.2.1. 3500 π.Χ. Συσκευές διαχωρισμού μιγμάτων

- **3500 π.Χ. συσκευές διαχωρισμού μιγμάτων - 1200 π.Χ. Πρώτη ιστορική αναφορά σε χημικό και τεχνικές διαχωρισμού μιγμάτων**

Σε ανασκαφή στη Μεσοποταμία, βρέθηκαν πήλινα αγγεία ιδιόμορφης κατασκευής, χρονολογούμενα το 3500 π.Χ., τα οποία πιστεύεται ότι είναι συσκευές εκχύλισης και απόσταξης. Όμως, η πρώτη ιστορική αναφορά σε χημικό και τεχνικές διαχωρισμού όπως διήθηση και απόσταξη, εμφανίζεται σε επιγραφή του 1200 π.Χ. στη Βαβυλώνα της Μεσοποταμίας.<sup>53</sup> Το κείμενο σε σφηνοειδή γραφή περιγράφει την Tarruti να χρησιμοποιεί διάφορες

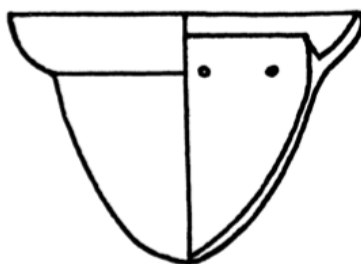
αρωματικές πρώτες ύλες, όπως μύρο, βάλσαμο κ.α., να φιλτράρει προσμίξεις και να θερμαίνει με σκοπό να συλλέξει τους ατμούς. Πριν ακόμα εφευρεθούν τρόποι παρασκευής φαρμακευτικών σκευασμάτων, οι αρχαίοι χημικοί παρήγαγαν υψηλής ποιότητας αρώματα που πολλές φορές θεωρούσαν θεραπευτικά. Με τον τρόπο αυτό εξελίχθηκαν πρακτικές, όπως η εκχύλιση και η συμπύκνωση αρωμάτων από άνθη, φλοιούς, σπόρους και άλλες πηγές, αλλά και ο πειραματισμός με διαφορετικούς διαλύτες όπως έλαια και αλκοολικά διαλύματα.<sup>49</sup>

- **3500 π.Χ. συσκευές εκχύλισης - 1879 μ.Χ. εκχυλιστήρας Soxhlet**

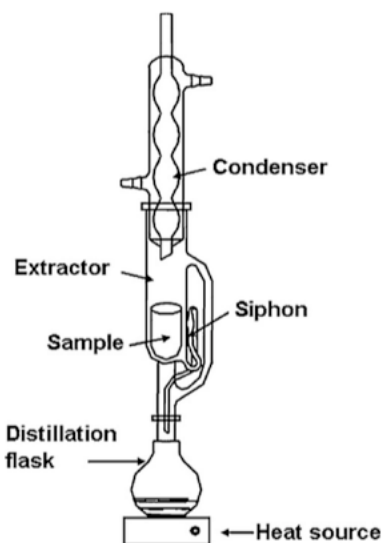
Αναφέρθηκε ήδη ότι το 3500 π.Χ. εμφανίζονται τα πρώτα δοχεία που προορίζονταν για εκχύλιση (Εικόνα 1). Η κονιοποιημένη πρώτη ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης τοποθετούνταν στο κενό χώρο μεταξύ των επιφανειών στη βάση του δοχείου. Αφού έβραζε ο πτητικός διαλύτης, ο ατμός ερχόταν σε επαφή με το κάλυμμα του δοχείου, που ήταν πιο ψυχρό, συμπυκνωνόταν και διέρρεε στο αρχικό μείγμα για να διαλύσει τα επιθυμητά συστατικά. Στη συνέχεια περνούσε στη βάση του δοχείου, μέσα από τις οπές που βρίσκονταν σε διάφορα σημεία της εσωτερικής τους επιφάνειας. Με αυτόν τον τρόπο γινόταν επαναλαμβανόμενη συνεχής εκχύλιση.<sup>53</sup>

Ήδη από τη δεκαετία του 1830 μ.Χ. κατασκευάστηκε ένας εκχυλιστήρας συνεχούς λειτουργίας<sup>54</sup> και το 1879 μ.Χ. ο Soxhlet ανέπτυξε ένα σύστημα εκχύλισης το οποίο είναι πια η πιο διαδεδομένη τεχνική έκπλυσης. Στην κλασική της εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του λίπους στο γάλα. Ο εκχυλιστήρας Soxhlet φαίνεται στην Εικόνα 2.<sup>55</sup>

Η συσκευή εκχύλισης της Μεσοποταμίας αν και ακατέργαστη και ανεπαρκής, ήταν συνεχής γιατί απαιτούσε ζεστό νερό να περνά επαναλαμβανόμενα μέσα από την οργανική ύλη προς εκχύλιση. Από την άλλη πλευρά, ο εκχυλιστήρας Soxhlet, ενώ θεωρείται ανακριβώς συνεχής, στην πραγματικότητα δεν είναι, γιατί το εκχύλισμα δεν διοχετεύεται συνεχόμενα στο διαλύτη, αλλά μόνο αφού έχει φτάσει ένα συγκεκριμένο όγκο καθορισμένο από το ύψος του σιφωνίου.<sup>54</sup>



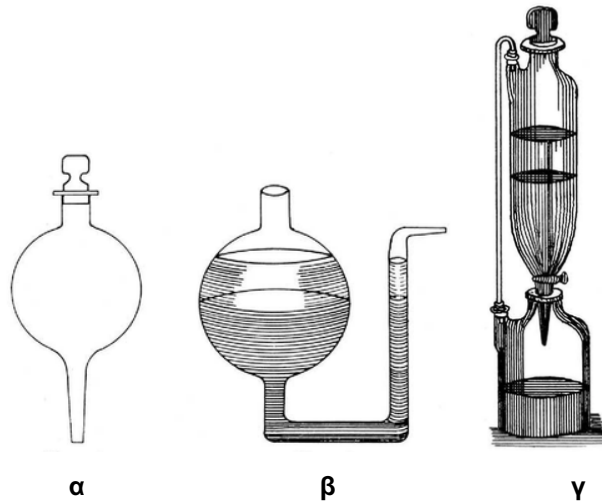
Εικόνα 1: Συσσκευή εκχύλισης 3500 π.Χ.<sup>54</sup>



Εικόνα 2: Εκχυλιστήρας Soxhlet<sup>55</sup>

- **1831 μ.Χ. διαχωριστική χοάνη**

Ο όρος διαχωριστική χοάνη, που χρησιμοποιείται πια για εκχύλιση και κυρίως για διαχωρισμό υγρών δύο φάσεων, εμφανίζεται πρώτη φορά το 1831 μ.Χ.. Η διαχωριστική χοάνη με τη σημερινή της μορφή είναι το αποτέλεσμα αργής εξέλιξης πολλών ετών και δε μπορεί να αποδοθεί σε κάποιον εφευρέτη. Η εξέλιξη και τα διαφορετικά είδη διαχωριστικής χοάνης φαίνονται στην Εικόνα 3. Η μορφή που έχει στην Εικόνα 3γ κατασκευάστηκε το 1854 μ.Χ. και είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται σήμερα. Πρόκειται για ένα οβάλ γυάλινο δοχείο με τη μία άκρη να καταλήγει σε ένα στενό σωλήνα με ή χωρίς στρόφιγγα και την άλλη σε λαιμό με πώμα. Το μίγμα τοποθετείται στη διαχωριστική χοάνη με το κάτω μέρος να είναι κλειστό, και μόλις διαχωριστεί σε δύο φάσεις, η κάτω φάση αφήνεται να τρέξει. Μόλις αποχωριστούν τελείως οι δύο φάσεις κλείνουμε τη στρόφιγγα ή το πάνω μέρος με το χέρι.<sup>56</sup>

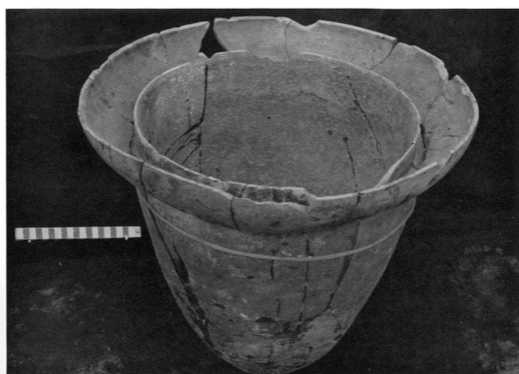


Εικόνα 3: Είδη διαχωριστικής χοάνης<sup>56</sup>

- **3500 π.Χ. συσκευές απόσταξης**

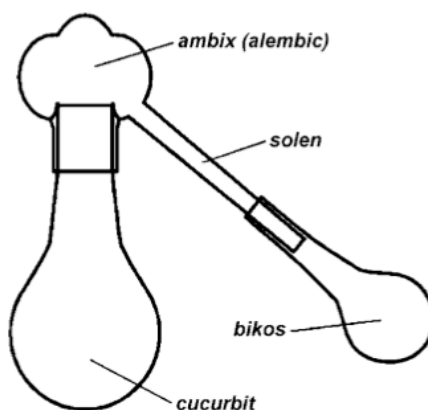
Η απόσταξη χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να ελευθερώσει κάποιο υγρό κλάσμα από στερεές ουσίες, και στην πορεία για να διαχωρίσει μίγματα υγρών με διαφορετικά σημεία βρασμού. Το μείγμα έπρεπε να θερμανθεί ήπια ώστε να απομακρυνθούν τα πιο πτητικά συστατικά.<sup>49</sup> Οι αρχαίοι πολιτισμοί είχαν γνώση της διαδικασίας της παρατεταμένης θέρμανσης προκειμένου να απομακρυνθούν υγρά συστατικά από ένα υλικό. Κάθε κρύο σώμα που βρίσκεται κοντά σε ατμό από υγρό που βράζει εμφανίζει σταγονίδια στην επιφάνειά του. Αυτή η παρατήρηση πιθανών οδήγησε στις πρώτες απόπειρες συμπύκνωσης και απόσταξης. Οι αρχαίοι ναυτικοί στις ανατολικές θάλασσες ήξεραν την τεχνική μετατροπής θαλασσινού νερού σε πόσιμο. Επίσης ήδη από τη μακρινή αρχαιότητα, στην Ασία έφτιαχναν αρώματα και αποστάγματα από φυτά, ενώ σε διάφορα σημεία του κόσμου γινόταν απόσταξη υγρών που είχαν υποστεί ζύμωση.<sup>57</sup>

Διάφορα ήδη αποστακτικών συσκευών έχουν περιγράψει, σε γενικές γραμμές πρωτόγονης κατασκευής.<sup>57</sup> Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η αρχαιότερη βρέθηκε στη Μεσοποταμία χρονολογούμενη το 3500 π.Χ. και περιγράφεται στις επιγραφές του 1200 π.Χ.. Είναι το ίδιο δοχείο που χρησιμοποιούνταν για εκχύλιση, χωρίς όμως τις οπές (Εικόνα 4).<sup>53</sup>



Εικόνα 4: Αποστακτική συσκευή 3500 π.Χ.<sup>53</sup>

Μια άλλου είδους αποστακτική συσκευή φαίνεται πως είναι η πρώτη συσκευή που φτιάχτηκε ειδικά για χημική χρήση, χωρίς να έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλες διεργασίες. Ο σχεδιασμός της δεν άλλαξε πολύ με το πέρασμα των χρόνων.<sup>58</sup> Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5 η αποστακτική συσκευή αποτελούνταν αρχικά από το βίκο (cucurbit) που ήταν η φιάλη που περιέχει το υγρό προς απόσταξη, τον άμβυκα (ambix), που είναι η αποστακτική κεφαλή που παραλαμβάνει τους ατμούς, τον σωλήνα (solen), που οδηγεί τους ατμούς στη φιάλη/βίκο (bikos) όπου συλλέγεται το απόσταγμα. Ο όρος άμβυξ εξελίχθηκε, με την αραβική προσθήκη αλ-, σε alambiq και στη συνέχεια σε alembic, που από τον Μεσαίωνα χρησιμοποιούνταν πια για να περιγράψει την αποστακτική συσκευή στο σύνολό της.<sup>59</sup>

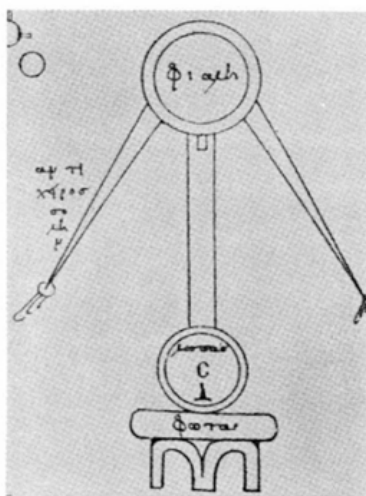


Εικόνα 5: Τμήματα αποστακτικής συσκευής με άμβυκα<sup>59</sup>

Πιθανόν τον 1ο αιώνα μ.Χ. να χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η λέξη απόσταξη, και περίπου το 200 μ.Χ. αναφέρεται στα Μετεωρολογικά του Αριστοτέλη η απόσταξη του θαλασσινού νερού ως απόδειξη της θεωρίας του για τον κύκλο της βροχής. «Βράζουν το θαλασσινό νερό και κρεμούν μεγάλα

σφουγγάρια στο στόμιο ενός ορειχάλκινου σκεύους για να απορροφήσουν τους ατμούς που παράγονται, και μετά αποστραγγίζουν το υγρό από τα σφουγγάρια το οποίο βρίσκεται να είναι γλυκό νερό.»<sup>60</sup>

Στην εγκυκλοπαίδεια του Ζόσιμου περιγράφεται η εργασία δύο γυναικών Αλχημιστών που έζησαν στις αρχές της χριστιανικής εποχής, τη Μαρία την Ιουδαία και την Κλεοπάτρα την Αλχημίστρια (που δεν πρέπει να συγχέεται με την Κλεοπάτρα την ιατρό, ούτε με την Κλεοπάτρα την βασίλισσα της Αιγύπτου). Η Μαρία η Ιουδαία περιέγραψε μία θερμαντική συσκευή με διπλό τοίχωμα, γεμάτη νερό που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σαν υδρόλουτρο, με την ονομασία «Bain Marie». Η Κλεοπάτρα περιγράφει την πρώτη αποστακτική συσκευή, η οποία περιελάμβανε μια μικρή θερμαντική συσκευή κάτω από ένα σφαιρικό δοχείο, με ένα κάθετο σωλήνα που οδηγούσε σε άμβυκα με δύο ενσωματωμένους συμπυκνωτές, που χρησίμευαν σαν για τη συλλογή του αποστάγματος. Η συσκευή αυτή ονομάζεται δίβικος και φαίνεται στην Εικόνα 6.<sup>60</sup>



Εικόνα 6: Δίβικος<sup>60</sup>

Η πρώτη πραγματική απόσταξη για την παραγωγή αλκοόλης «aqua vitae» συνέβη κατά τη διάρκεια του 12ου αιώνα μ.Χ.,<sup>60</sup> και τον 13ο αιώνα πραγματοποιείται κλασματική απόσταξη με μια ψηλή συσκευή (Εικόνα 7) που περιεγράφηκε το 1280 μ.Χ. για την παραγωγή αλκοόλης με καθαρότητα 90% για ιατρικούς σκοπούς.<sup>49</sup>



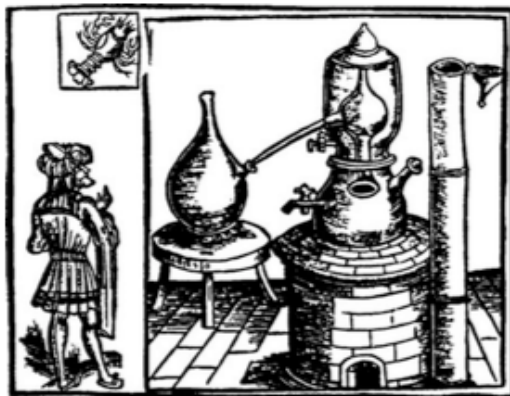
Εικόνα 7: Συσσκευή κλασματικής απόσταξης<sup>49</sup>

Οι πρώτες αποστακτικές συσκευές ήταν αρχικά πήλινες ή μεταλλικές και λιγότερο γυάλινες. Καθώς εξελισσόταν η υαλουργία, άρχισε να χρησιμοποιείται γυαλί πρώτα για τον άμβυκα και μετά για όλη την αποστακτική συσκευή, το οποίο όμως ήταν κακής ποιότητας και έσπαγε εύκολα.<sup>59</sup> Ένας νέος τύπος γυάλινης αποστακτικής συσκευής που ονομάζεται κέρασ (retort) εμφανίστηκε στις αρχές του 14ου αιώνα (Εικόνα 8). Ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο στην πυρόλυση στερεών και αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στην οργανική ανάλυση μέχρι και τα μέσα του 20ού αιώνα.<sup>61</sup>



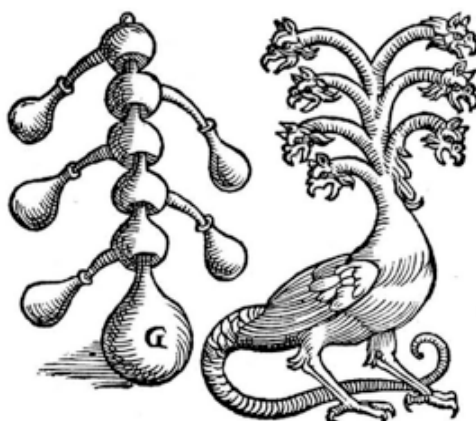
Εικόνα 8: Αποστακτικό «κέρασ»<sup>59</sup>

Το 1478 μ.Χ. εμφανίζεται το «Rosehut», μια αποστακτική συσκευή για παραγωγή λικέρ, συχνά φτιαγμένη από μέταλλο (μόλυβδο ή χαλκό), του οποίου η θερμική αγωγιμότητα βοηθούσε στην ψύξη που γινόταν με αέρα. Μια άλλη αποστακτική συσκευή του 15ου αιώνα, ονομαζόταν «Moor's head» και ήταν συνήθως φτιαγμένη από γυαλί. Περιελάμβανε δοχείο γεμάτο με νερό (Εικόνα 9) για πιο αποτελεσματική ψύξη.<sup>59</sup>



Εικόνα 9: Αποστακτική συσκευή «Moor's head»<sup>59</sup>

Τον 17ο αιώνα διαφόρων ειδών συσκευές που ονομάζονταν ανάλογα με το σχήμα τους, όπως για παράδειγμα η Ύδρα,<sup>57</sup> η οποία εμφανίστηκε το 1606 μ.Χ. και είχε 6 συνδεδεμένα κέρατα με δοχεία συλλογής και μπορεί να θεωρηθεί ως μια πρωτόγονη μορφή αποστακτικής στήλης (Εικόνα 10).<sup>60</sup>



Εικόνα 10: Αποστακτική συσκευή «Ύδρα»<sup>60</sup>

- **1950 μ.Χ. περιστροφικός συμπυκνωτής**

Στην οργανική Χημεία, στη σύγχρονη εποχή, χρησιμοποιούνται πολλοί διαλύτες, οι οποίοι πρέπει να απομακρύνονται για να απομονώνονται τα επιθυμητά προϊόντα. Η απόσταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό, αλλά αποτελεί κουραστική και χρονοβόρα διαδικασία. Ο περιστροφικός συμπυκνωτής (Εικόνα 11) που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 1950 μ.Χ. επιταχύνει πολύ τη διαδικασία. Αποτελείται από μια σφαιρική φιάλη που περιστρέφεται συνεχώς με εφαρμογή κενού αέρος, μέσα σε υδρόλουτρο. Το σημείο βρασμού των διαλυτών χαμηλώνει λόγω κενού, οι ατμοί



συμπυκνώνονται σε ψυχρό συμπυκνωτή και παγιδεύονται για απόρριψη ή ανακύκλωση.<sup>49</sup>



Εικόνα 11: Περιστροφικός συμπυκνωτής<sup>49</sup>

### 2.2.2. 3300 π.Χ. Μεταλλουργία

- **3300 π.Χ. Μεταλλουργία την εποχή του χαλκού**

Η εποχή του χαλκού άρχισε περίπου το 3300 π.Χ. στη Μεσοποταμία όταν κάποιο πρώιμοι μεταλλουργοί ασχολήθηκαν με τη χρήση χαλκού και κραμάτων του, κυρίως με ψευδάργυρο. Αυτοί οι πρώτοι μεταλλουργοί πειραματίζονταν και με άλλα μέταλλα που ήταν διαθέσιμα. Έχουν βρεθεί κράματα χαλκού με μόλυβδο, αρσενικό, νικέλιο, αντιμόνιο, ακόμα και άργυρο.<sup>49</sup>

- **1300 π.Χ. Μεταλλουργία την εποχή του σιδήρου - κάμινοι**

Η εποχή του σιδήρου το 1300 π.Χ. περίπου, αντικατέστησε την εποχή του χαλκού. Το σιδηρομετάλλευμα συναντάται πιο εύκολα στη φύση σε σχέση με το μέταλλευμα του χαλκού, όμως σιδερένια αντικείμενα πριν το 1300 π.Χ. δεν είναι πολύ συνηθισμένα, και τα περισσότερα είναι φτιαγμένα από μετεωρίτες νικελίου- σιδήρου. Ο λόγος είναι ότι ο σίδηρος αντιδρά αυθόρμητα με το οξυγόνο και παράγεται οξείδιο του σιδήρου (σκουριά). Προκειμένου να αναστραφεί αυτή η αντίδραση γίνεται τήξη του σιδηρομεταλλεύματος σε καμίνοους υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίοι συχνά απαιτούν την εξαναγκασμένη παροχή αέρα.<sup>49</sup>

Οι πρώτες κάμινοι που χρησιμοποιήθηκαν για την τήξη του σιδηρομεταλλεύματος ήταν πήλινοι ή πέτρινοι με σωλήνες παροχής αέρα και ονομάζονται φρεατώδεις κάμινοι. Κάρβουνο και σιδηρομετάλλευμα θερμαίνονταν και παραγόταν μία μάζα ακατέργαστου λιωμένου σιδήρου στη

βάση της καμίνου. Στη συνέχεια οι προσμίξεις έπρεπε να χτυπηθούν για να απομακρυνθούν και να χρησιμοποιηθεί ο σίδηρος. Οι αρχαίες κάμινοι με παροχή αέρα εξελίχθηκαν στις σύγχρονες υψικάμινους, στις οποίες το μέταλλο επανατροφοδοτείται στην κορυφή και αφαιρείται το οξυγόνο με παροχή μονοξειδίου του άνθρακα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Εμφανίζονται ήδη από τον 1ο ή 2ο αιώνα π.Χ. στην Κίνα.<sup>49</sup>

Τέλος, οι ιδιότητες του σιδήρου αλλάζουν σημαντικά, όταν γίνεται προσθήκη άλλων ουσιών, όπως άνθρακα για την παραγωγή ατσαλιού, με αποτέλεσμα στη σύγχρονη μεταλλουργία να εμφανίζεται μεγάλη ποικιλία κραμάτων σιδήρου και ατσαλιού.<sup>49</sup>

Οι κάμινοι της πρώιμης σύγχρονης εποχής, μέχρι το τέλος του 18ου αιώνα, ήταν απαραίτητο κομμάτι του εργαστηρίου των Αλχημιστών, φαρμακοποιών και μεταλλουργών. Μια σημαντική λειτουργία της καμίνου ήταν η θέρμανση του χώρου και η παροχή τεχνητού φωτός. Η βασικότερη όμως λειτουργία ήταν να ενεργοποιεί και να επιταχύνει τις διάφορες χημικές διαδικασίες. Σε αντίθεση με τους σύγχρονους χημικούς, που έχουν στη διάθεσή τους αποτελεσματικά αντιδραστήρια και προσπαθούν να πραγματοποιούν αντιδράσεις σε συνήθεις θερμοκρασίες, οι τότε «φιλόσοφοι» χρησιμοποιούσαν τη θερμότητα σχεδόν για κάθε διεργασία.<sup>61</sup>

Η Εικόνα 12 δείχνει μία κάμινο ονόματι «Piger Hernicus» υπό κατασκευή. Ήταν μια από τις πιο διαδεδομένες κάμινους, η οποία μπορούσε να λειτουργεί για ώρες χωρίς επίβλεψη.<sup>61</sup>



Εικόνα 12: Κάμινος «Piger Hernicus»<sup>61</sup>

- **1815 μ.Χ. σύστημα θέρμανσης με ατμό**

Με την ανακάλυψη ενός συστήματος ατμού που παρείχε θέρμανση στο εργαστήριο το 1815 μ.Χ., οι κάμινοι άρχισαν να εγκαταλείπονται, δίνοντας έτσι περισσότερη ελευθερία στο σχεδιασμό ενός εργαστηρίου. Στα μέσα του 19ου αιώνα οι κάμινοι είχαν εγκαταλειφθεί πλήρως. Το σύστημα ατμού παρείχε, πέρα από θέρμανση του χώρου, θερμότητα για συσκευές όπως αποστακτικές στήλες, κλίβανοι, θερμιδόμετρα, ιξωδόμετρα και φυγοκεντρητές. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα ήταν η απουσία φωτιάς και υψηλών θερμοκρασιών που αποτελούσαν κίνδυνο.<sup>61</sup>

- **550 π.Χ. Εξευγενισμός χρυσού**

Πολλοί αρχαίοι πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν νερό για να αποσωνόσουν χρυσό από διάφορα πέτρινα υπολείμματα. Οι Αιγύπτιοι ξεκίνησαν πρώτοι τέτοιες διαδικασίες και στη συνέχεια οι Ρωμαίοι έκανα εξόρυξη χρυσού σε πραγματικά βιομηχανική κλίμακα. Το 550 π.Χ. στη Λυδία ο βασιλιάς Κροίσος ηγήθηκε της ανακάλυψης μιας μεθόδου εξευγενισμού και παραγωγής καθαρού χρυσού από φυσικά κοιτάσματα κραμάτων χρυσού-αργύρου γνωστά ως ήλεκτρο. Οι χημικοί της Λυδίας εφάρμοσαν μια τεχνική που περιλάμβανε τηγμένο μόλυβδο και κοινό αλάτι, για την παρασκευή χρυσών και αργυρών κερμάτων. Επίσης, χρησιμοποιούσαν καθαρό άργυρο, για να διαλύσουν το χρυσό που περιείχαν τα υπάρχοντα κέρματα από ήλεκτρο, υποβιβάζοντας της αξία των νομισμάτων.<sup>49</sup>

Η Εικόνα 13 δείχνει χημικούς του μεσαίωνα να εξευγενίζουν χρυσό με τη δημιουργία αμαλλάματος με υδράργυρο. Απεικονίζονται μια μεγάλη κάμινος με φουσερό για την τήξη του χρυσού και μία «Piger Hernicus» κάμινος για την απόσταξη υδραργύρου από μία πήλινη αποστακτική συσκευή. Φαίνεται ακόμα ένα γουδί για τη δημιουργία αμαλλάματος χρυσού με υδράργυρο, και η διαδικασία καθαρισμού από υδράργυρο μέσα από μια βρεγμένη τσάντα από δέρμα. Η διαδικασία αυτή σήμερα θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνη.<sup>61</sup>



Εικόνα 13: Εξευγενισμός χρυσού με υδράργυρο<sup>61</sup>

### 2.2.3. 2800 π.Χ. Σαπωνοποιία

Ένας Ρωμαϊκός θρύλος αναφέρει ότι το σαπούνι ονομάστηκε από ένα όρος που λεγόταν Sapo στο οποίο γίνονταν θυσίες ζώων. Μετά τη θυσία, η βροχή ξέπλενε τον βωμό από το λίπος και τη στάχτη του ζώου, προς τον ποταμό Τίβερη. Οι γυναίκες που έπλεναν τα ρούχα τους σε αυτά τα σημεία του ποταμού παρατηρούσαν ότι καθάριζαν πολύ καλύτερα. Η πρώτη όμως καταγεγραμμένη παρασκευή υλικών που έμοιαζαν με σαπούνι εμφανίζεται στη Βαβυλώνα το 2800 π.Χ.. Μια επιγραφή του 2200 π.Χ. περιγράφει μια συνταγή για την παρασκευή σαπουνιού, που χρησιμοποιείται και στη σημερινή εποχή, και περιλαμβάνει νερό, βάση (αλκάλι/ποτάσα/αλισίβα) από στάχτη και λάδι.<sup>49,62</sup> Αρχαίοι Έλληνες και Αιγύπτιοι είναι γνωστοί για τα φαρμακευτικά τους παρασκευάσματα τα οποία περιείχαν βάσεις, λίπη και διάφορα φυτικά έλαια, μαζί με διάφορα άλλα υλικά. Το σαπούνι, με την έννοια του προϊόντος που παραλαμβάνεται από την αντίδραση βάσης με λίπη ή έλαια, ανακαλύφθηκε σχεδόν τυχαία από τη φυλή Φαντί της Δυτικής Αφρικής και από τους Γαλάτες του 1ου αιώνα μ.Χ..<sup>63</sup> Έχουν βρεθεί επίσης αιγυπτιακές, ρωμαϊκές και κινέζικες συνταγές σαπουνιών διαφόρων ειδών, βασισμένα όμως στην ίδια πάντα χημική διαδικασία. Τα λίπη και τα έλαια ανεξαρτήτως ζωικής ή φυτικής προέλευσης, είναι τριγλυκερίδια, οι εστερομάδες των οποίων μπορούν να υδρολυθούν, παρουσία μιας ισχυρής βάσης σε νερό και να παραχθεί το σαπούνι.<sup>62,49</sup>

Η βάση (αλκάλι/ποτάσα/αλισίβα) έχει περιγραφεί ως ένα λευκό κρυσταλλικό στερεό που παραμένει μετά από εξάτμιση υδατικού διαλύματος στάχτης. Η παραγωγή και η χρήση της χρονολογείται από τα αρχαία χρόνια σε διάφορες χώρες του κόσμου. Χρησιμοποιούνταν αρχικά σε μια ακατέργαστη μορφή, στάχτη διαλυμένη σε νερό, σαν οικιακό καθαριστικό για την αφαίρεση λιπαρών λεκέδων. Με το πέρασμα του χρόνου, βελτιώθηκε ο τρόπος παραγωγής της, με διαδικασίες όπως εξάτμιση ή βρασμός για συμπύκνωση. Αν ένα υψηλής συγκέντρωσης διάλυμα αφεθεί για μερικές μέρες, μπορούν να παρατηρηθούν κρύσταλλοι.<sup>64</sup>

#### **2.2.4. 2500 π.Χ. Παρασκευή γυαλιού**

- **2500 π.Χ. Παρασκευή γυαλιού - γυαλί σύγχρονων οργάνων χημικού εργαστηρίου**

Το πρώτο γνωστό συνθετικό γυαλί παράχθηκε στη Μικρά Ασία ήδη από το 7000 π.Χ.<sup>65</sup> Η τεχνολογία όμως κατασκευής γυαλιού είναι γνωστή από το 2500 π.Χ. και εξελίχθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας.<sup>66</sup> Το είδος γυαλιού που κατασκευάστηκε αρχικά στο δυτικό κόσμο είχε κυρίως νατρασβεστο-πυριτική σύνθεση και δεν διαφέρει πού από το σημερινό γυαλί του εμπορίου. Η άμμος της θάλασσας και μια ακατέργαστη πηγή βάσης ήταν τα βασικά συστατικά, αφού περιείχαν αρκετή ποσότητα ασβεστίου και μαγνησίου, ώστε να προσφέρουν την απαραίτητη αντοχή για τις ανάγκες της εποχής.<sup>56</sup> Η παλαιότερη τεχνική για παρασκευή γυαλιού είναι καταγεγραμμένη σε επιγραφές του 669-627 π.Χ. και αναφέρει «60 μέρη άμμο, 180 μέρη στάχτη από φυτά της θάλασσας και 5 μέρη κιμωλία»<sup>67</sup>

Παρόλο που το γυαλί και οι εφαρμογές του κυρίως σε επιτραπέζια σκεύη, ήταν πολύ διαδεδομένα στη ρωμαϊκή αυτοκρατορία, η χρήση του σε εργαστηριακά όργανα ήταν περιορισμένη μέχρι τον 13ο αιώνα μ.Χ.. Ο λόγος ήταν η έλλειψη αντοχής σε απότομες αλλαγές θερμοκρασίας και χημικές ουσίες. Το βενετσιάνικο γυαλί του 13ου αιώνα μ.Χ. ήταν καταλληλότερο για χημική χρήση και αυτό επέτρεψε στους τότε τεχνικούς να ασχοληθούν με πιο μακροπρόθεσμες χημικές διαδικασίες.<sup>59</sup>

Τα τέλη του 18ου και οι αρχές του 19ου αιώνα μ.Χ. ήταν μια περίοδος σημαντικής προόδου στην ανακάλυψη και απομόνωση χημικών στοιχείων και τη δεκαετία του 1830 μ.Χ. εξετάζεται η χρήση των νέων στοιχείων στις ιδιότητες του γυαλιού. Η χημική αντοχή βελτιώθηκε με την προσθήκη ενός

μέρους ανθρακικού ασβεστίου σε ένα μέρος ανθρακικού νατρίου και έξι μέρη οξειδίου του πυριτίου. Η προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου στο μίγμα έγινε απαραίτητη στην παρασκευή γυαλιού, για να διατηρήσει την αντοχή. Ο Faraday μεταξύ 1825 και 1830 μ.Χ. κατέδειξε ότι το βόριο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην υαλουργία για την παρασκευή ενός μέτριου μολυβδο-βορικο-πυριτικού γυαλιού. Το 1912 μ.Χ. βγήκε στην αγορά με το όνομα Nonex και ήταν πολύ σταθερό γυαλί. Το 1915 μ.Χ. παράχθηκε βορικο-πυριτικό γυαλί χωρίς μόλυβδο, που ονομάστηκε Pyrex, και είναι εξαιρετικά καλό γυαλί για εργαστηριακή χρήση, με άριστη αντοχή στο βραστό νερό, σε χημικές ουσίες και στη θερμότητα.<sup>65</sup>

#### **2.2.5. 900 μ.Χ. Πρώτη αναφορά σε Αλχημιστή - όργανα/συσσκευές Αλχημιστών**

Ο Πέρσης al-Razi υπήρξε από τους πιο διάσημους Αλχημιστές, περίπου το 900 μ.Χ., και ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να εξηγήσει τα διάφορα φαινόμενα βρίσκοντας φυσικές αιτίες και απέρριψε τις μαγικές εξηγήσεις και τις ιδέες για χειραγώγηση του φυσικού κόσμου μέσα από σύμβολα. Με μακροσκελείς και λεπτομερείς περιγραφές, εξηγεί τη χρήση διαφόρων οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιούσε, όπως χωνευτήρια, λαβίδες, φυσερά, φιάλες, χωνιά, γουδιά, θερμαντικές συσκευές και άλλα.<sup>49</sup>

#### **2.2.6. 1706 μ.Χ. Πρωσικό μπλε**

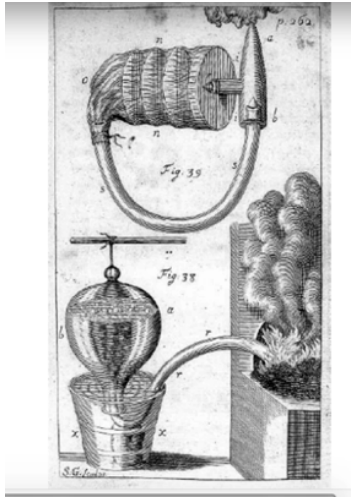
Στην προσπάθεια του ο Johann Jacob Diesbach το 1706 μ.Χ. να φτιάξει κόκκινη βαφή ανέμιξε ένα είδος σκαθαριού, άλας αργύρου, θειικό σίδηρο και ανθρακικό κάλιο με ζωικό λίπος. Κατάφερε τελικά να φτιάξει ένα υλικό έντονου μπλε χρώματος, που ονομάστηκε πρωσικό μπλε.<sup>49</sup> Το υλικό αυτό αποτελεί πολύ σημαντική ανακάλυψη καθώς βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας και της Χημείας. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή βερνικιών και διάφορων επιστρώσεων, χρωστικών για μελάνια και πρόσθετων για απορρυπαντικά. Είναι επίσης πολύ διαδεδομένο σαν καταλύτης κάποιων χημικών αντιδράσεων, μπορεί να βελτιώσει την ηλεκτροχημική απόδοση των μπαταριών, και την αποθήκευση υδρογόνου. Χρησιμεύει σε χημικούς και βιολογικούς ανιχνευτές, σε φάρμακα, στη φωτοχημεία και στην ηλεκτροχημεία, ενώ έχει και μαγνητικές ιδιότητες.<sup>68</sup>

### 2.2.7. 1720 μ.Χ. Μελέτη των αερίων

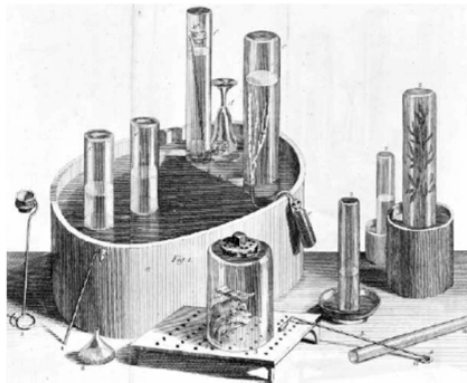
- **1720 μ.Χ. Πρώτες έρευνες για τα αέρια**

Οι χημικοί πριν το 1700 μ.Χ. δεν είχαν ασχοληθεί με τα αέρια σώματα, αφού η τεχνολογία, όπως για παράδειγμα η υαλουργία, δεν είχε εξελιχθεί αρκετά ώστε να κατασκευαστούν κατάλληλα όργανα και συσκευές για τόσο εξειδικευμένη χρήση. Υπήρχαν μόνο πολύ απλοί τρόποι για τη διαχείριση αερίων, όπως η κύστη χοίρου.<sup>61</sup> Επίσης αναγνώριζαν τα διάφορα αέρια με πιο περιγραφικά ονόματα, διαφορετικά από τα σημερινά. «Κοινός αέρας» ονομαζόταν ο ατμοσφαιρικός αέρας. «Εύφλεκτος αέρας» (inflammable air) ήταν το υδρογόνο ή γενικότερα το αέριο που μπορούσε να καεί. Τα διάφορα εύφλεκτα αέρια δεν διαχωρίζονταν τότε. «Αποφλογιστικοποιημένος αέρας» (dephlogisticated air), ήταν το οξυγόνο, δηλαδή ο αέρας που ευνοούσε την καύση. «Σταθερός αέρας» (fixed air) ήταν το διοξείδιο του άνθρακα και «φλογιστικοποιημένος αέρας» (phlogisticated air) ήταν το άζωτο, δηλαδή ο αέρας που δεν ευνοούσε την καύση. Τέλος, ο «νιτρώδης αέρας» (nitrous air) ήταν μίγμα οξειδίων του αζώτου που παράγονταν κατά την προσθήκη μετάλλων σε νιτρικό οξύ.<sup>69</sup>

Ο Joseph Black μελέτησε τις ιδιότητες του «σταθερού αέρα» ζυγίζοντας στερεές ουσίες που αντιδρούσαν και υπολογίζοντας το βάρος του αερίου από τη διαφορά. Μεταγενέστεροι χημικοί συνέχισαν να χρησιμοποιούν την απορρόφηση αερίων από υγρά ή στερεά σαν τον πιο ακριβή τρόπο ζύγισης αερίων. Κατά τη διάρκεια της εργασίας του τη δεκαετία του 1720 μ.Χ., ο Stephen Hales εφηύρε την τεχνική της συλλογής αερίων πάνω από νερό σε ένα αναποδογυρισμένο δοχείο (Εικόνα 14), προκειμένου να μετρήσει τον όγκο αερίων που παράγονταν, χωρίς να τον ενδιαφέρει το είδος. Ο Henry Cavendish χρησιμοποίησε την ίδια συσκευή για πρώτη φορά το 1766 μ.Χ. για να συλλέξει υδρογόνο. Τη δεκαετία του 1770 μ.Χ. ο Joseph Priestley έφτιαξε μία συσκευή μελέτης αερίων (Εικόνα 15) και τα επόμενα χρόνια ανακάλυψε οκτώ αέρια όπως οξυγόνο, αμμωνία, υδροχλώριο, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου. Ο Cavendish το 1766 μ.Χ. ήταν ο πρώτος που αντικατέστησε το νερό με υδράργυρο για να μελετήσει τον «σταθερό αέρα», με τον Priestley ξανά να επεκτείνει την ιδέα και να μελετά το υδροχλώριο, την αμμωνία και το διοξείδιο του θείου που είναι όλα διαλυτά στο νερό αλλά όχι στον υδράργυρο.<sup>61</sup>



Εικόνα 14: Συσκευή συλλογής αερίου του Hales<sup>61</sup>



Εικόνα 15: Συσκευή μελέτης αερίων του Priestley<sup>61</sup>

- **1775 μ.Χ. Ευδιόμετρο**

Όταν ο Priestley το 1772 μ.Χ. έφτιαξε «νιτρώδη αέρα» δηλαδή οξείδιο του αζώτου παρατήρησε ότι ο όγκος του «κοινού αέρα» πάνω από το νερό μειωνόταν. Μετά από δυο χρόνια όταν ανακάλυψε τον «Αποφλογιστικοποιημένο αέρα», βρήκε πολύ μεγαλύτερη μείωση και κατέληξε στο ότι το μονοξείδιο του αζώτου αντιδρά με το οξυγόνο και παράγει ένα πιο διαλυτό προϊόν το διοξείδιο του αζώτου.<sup>61</sup>

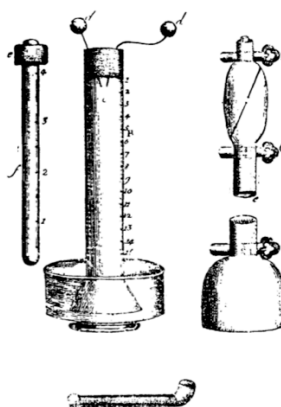
Το 1775 μ.Χ. ο Priestley είχε ήδη κατασκευάσει ένα «ευδιόμετρο νιτρώδους αέρα», ένα διαβαθμισμένο σωλήνα κλειστό στη μία άκρη, τοποθετημένο ανάποδα μέσα στο νερό, ο οποίος περιείχε δείγμα του αέρα που εξεταζόταν. Ο «νιτρώδης αέρας» διοχετευόταν μέχρι να μη παρατηρείται πια μείωση του όγκου. Ο βαθμός μείωσης του όγκου μετρούσε την ποιότητα του αέρα, δηλαδή την ποσότητα οξυγόνου μέσα στον αέρα.<sup>69</sup>



Το πρώτο ευδιόμετρο εφευρέθηκε το 1775 μ.Χ. από τον Landriani, ο οποίος το ονόμασε από τη λέξη «εύδιος» που σημαίνει καθαρός καιρός ή καθαρός αέρας, και χρησιμοποιήθηκε γενικά για να μετρήσει μεταβολές όγκου αερίων που συμμετέχουν σε αντιδράσεις. Ο Volta το 1777 μ.Χ. ανέπτυξε ένα ηλεκτρικό πιστόλι (Εικόνα 16), το οποίο με ηλεκτρικό σπινθήρα προκαλούσε ανάφλεξη σε διαφορετικά μίγματα υδρογόνου με αέρα. Στην πορεία συνειδητοποίησε ότι είχε φτιάξει ένα καλύτερο ευδιόμετρο το «Volta ευδιόμετρο», με το οποίο μπορούσε να μελετήσει όλες τις αντιδράσεις των αερίων χωρίς να περιορίζεται στην ποιότητα του αέρα (Εικόνα 17).<sup>61,69</sup>



Εικόνα 16: Ηλεκτρικό πιστόλι του Volta<sup>69</sup>

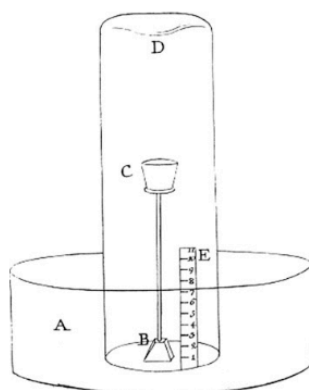


Εικόνα 17: Συσκευές μελέτης αερίων και ευδιόμετρο του Volta<sup>69</sup>

- **1778 μ.Χ. Προσδιορισμός οξυγόνου στην ατμόσφαιρα**

Ο Scheele το 1778 μ.Χ. ερευνούσε αν η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο είναι σταθερή ή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Διάλεξε ένα μίγμα σιδήρου και θείου για να απορροφήσει οξυγόνο σε μια συσκευή όπως στην Εικόνα 18. Σε μια γυάλινη λεκάνη με νερό A, τοποθέτησε έναν ανεστραμμένο κύλινδρο D μαζί με διαβαθμισμένη κλίμακα E και ένα μικρό γυάλινο σωλήνα με ένα κομμάτι μόλυβδο στο κάτω άκρο B και ένα ξύλινο πιάτο για θειώδη σίδηρο στο πάνω άκρο C. Ο Scheele παρατήρησε ότι μετά από οκτώ ώρες η στάθμη του νερού ανέβαινε μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο

και στη συνέχεια παρέμενε σταθερή. Μετά από πολλές επαναλήψεις κατέληξε ότι η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο είναι 27%. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η σωστή περιεκτικότητα είναι 21%.<sup>70</sup>

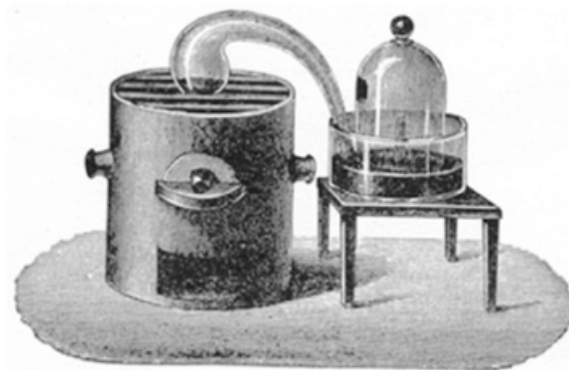


**Εικόνα 18: Συσκευή υπολογισμού περιεκτικότητας οξυγόνου του Scheele<sup>70</sup>**

Το 1783 μ.Χ. ο Cavendish δημιούργησε ένα ορειχάλκινο και γυάλινο ευδιόμετρο, βασισμένο σε αυτό του Landriani που ήταν στην πραγματικότητα ένα «Volta ευδιόμετρο» σε σχήμα αχλαδιού. Το 1785 ο Cavendish καθόρισε το κλάσμα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα της Γης.<sup>71</sup>

- **1789 μ.Χ. Προσδιορισμός σύστασης αέρα**

Ο Lavoisier ασχολήθηκε με τη σύσταση του αέρα, χρησιμοποιώντας τη συσκευή που φαίνεται στην Εικόνα 19. Στο πείραμά του, καθαρός υδράργυρος θερμαινόταν σε μία κάμινος για μέρες. Ο όγκος του αέρα που ερχόταν σε επαφή με τον υδράργυρο, μέσα στο κέρασ και το δοχείο σε σχήμα κώδωνα, μειωνόταν με το πέρασμα του χρόνου και δημιουργούνταν ένα κόκκινο στερεό πάνω στον υδράργυρο. Στη συνέχεια εξετάζονταν οι ιδιότητες αυτού του στερεού. Όλοι οι όγκοι μετρούνταν σε ίδια θερμοκρασία και πίεση<sup>72</sup> και τα συμπεράσματα του Lavoisier το 1789 μ.Χ.<sup>73</sup> ήταν ότι η ατμόσφαιρα αποτελείται από 16% οξυγόνο και 84% άζωτο κατά όγκο. Τα οποία άλλαξε αργότερα σε 27% και 73% αντίστοιχα.<sup>72</sup>

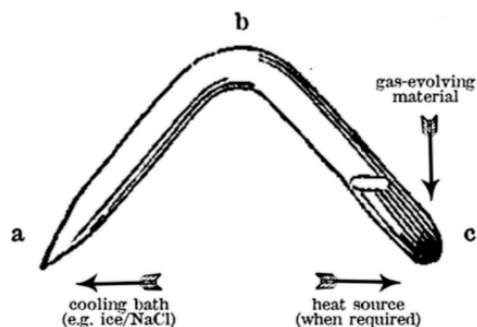


Εικόνα 19: Συσκευή μελέτης σύστασης αέρα του Lavoisier<sup>72</sup>

Οι Dumas και Boussingault το 1841μ.Χ. ανέλυσαν την ατμόσφαιρα και παρέιχαν αποτελέσματα για τις πυκνότητες του οξυγόνου και του αζώτου αλλά και της σύστασης του αέρα κατά μάζα, 23.01% οξυγόνο και 79.99% άζωτο.<sup>74</sup> Τη δεκαετία του 1890 μ.Χ. η ατμόσφαιρα ξαναμελετήθηκε από τους Dumas και Boussingault και συνδέθηκε ο αναγωγικός κόσμος των φυτών με τον οξειδωτικό κόσμο των ζώων.<sup>75</sup>

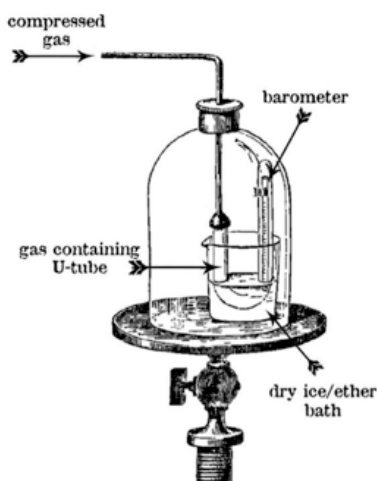
- **1823 μ.Χ. Υγροποίηση αερίων**

Η πρώτη συστηματική και καταγεγραμμένη έρευνα για την υγροποίηση αερίων έγινε το 1823 μ.Χ. από τον Faraday με τη χρήση ενός κυρτού σωλήνα (Εικόνα 20). Ο σωλήνας είναι κλειστός από τη μια μεριά (a), λυγισμένος στη μέση (b) και αφού το υλικό που θα παράξει αέριο τοποθετηθεί μέσα, ο σωλήνας σφραγίζεται με φωτιά κι από την άλλη μεριά (c). Το πείραμα πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση, το υλικό είναι άλας, που καθώς αποσυντίθεται θερμικά, παράγει αέριο. Ο σωλήνας (c) τοποθετείται σε υδρόλουτρο ή ελαιόλουτρο, ξεκινά η αποσύνθεση του άλατος και παράγεται αέριο το οποίο υγροποιείται όταν η πίεση αυξηθεί ικανοποιητικά. Στη δεύτερη περίπτωση, το αέριο παράγεται από χημική αντίδραση συνήθως υγρού με στερεό, που αναμιγνύονται στο σωλήνα (c). Όταν η θερμοκρασία μειωθεί αρκετά το αέριο υγροποιείται και συλλέγεται.<sup>76</sup>



Εικόνα 20: Γυάλινος σωλήνας για υγροποίηση αερίων Faraday<sup>76</sup>

Στην πορεία ο Faraday χρησιμοποίησε τη συσκευή της Εικόνας 21 για να υγροποιήσει ή ακόμα και να στερεοποιήσει αέρια. Η συσκευή αυτή δημιουργούσε υψηλές πιέσεις, ως 50 atm, και χαμηλές θερμοκρασίες, ως -120°C, με τη χρήση αντλίας και κενού.<sup>76</sup>



Εικόνα 21: Συσκευή για υγροποίηση αερίων Faraday<sup>76</sup>

Η υγροποίηση του οξυγόνου έγινε το 1877 μ.Χ. από τον Louis Paul Cailletet και λίγες μέρες αργότερα από τον Raoul Pictet.<sup>77</sup> Ο Pictet πέτυχε την υγροποίηση εφαρμόζοντας στη συσκευή του υψηλές πιέσεις και ψύξη με άλλα υγροποιημένα αέρια. Κατάφερε να υγροποιήσει μικρή ποσότητα υγρού οξυγόνου, αρκετή για να δει το ελαφρά γαλάζιο του χρώμα.<sup>76</sup>

Το 1883 οι Wróblewski και Olszewski κατάφεραν να ψύξουν άζωτο στους -196°C και να το συμπυκνώσουν σε ένα λεπτό, διαυγές υγρό, με εφαρμογή ψύξης και απότομης εκτόνωσης. Το άζωτο είναι το πιο διαδεδομένο ψυκτικό υλικό με πολλές εφαρμογές στην επιστήμη.<sup>49</sup> Το 1895 αναπτύχθηκε μια μέθοδος παραγωγής υγρού αέρα βασισμένη στο φαινόμενο Joule- Thomson,

με ψύξη μέσω εκτόνωσης συμπιεσμένου αέρα.<sup>78</sup>

Το υδρογόνο υγροποιήθηκε πρώτη φορά το 1898 μ.Χ. από τον James Dewar. Ο Dewar κατασκεύασε ένα δοχείο μόνωσης κενού, κατάλληλη για αποθήκευση πτητικών υγρών. Βελτιώθηκε με την προσθήκη αργυρής εσωτερικής επικάλυψης και πήρε την τελική του μορφή το 1893 μ.Χ., οπτικά όμοια με αυτή του γνωστού θερμός.<sup>78</sup>

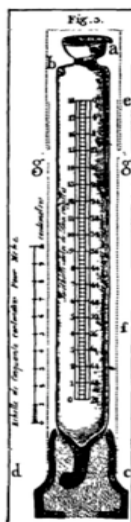
#### **2.2.8. 1729 μ.Χ. Τιτλοδότηση/ Ογκομέτρηση**

- **1729 μ.Χ. Τιτλοδότηση/ Ογκομέτρηση - 1791μ.Χ. προχοΐδα**

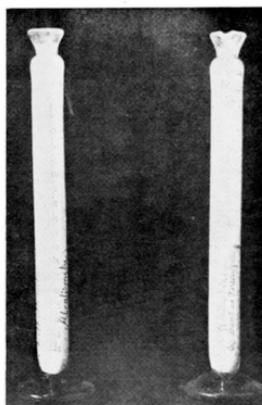
Το 1729 μ.Χ. μπορεί να θεωρηθεί ως το έτος γέννησης της ογκομέτρησης. Εκείνη τη χρονιά ο Claude Joseph Geoffroy παρουσίασε τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του αιθανικού οξέος στο ξύδι. Η μέθοδος αυτή δεν είναι ογκομετρική, αλλά βαρυμετρική ογκομέτρηση, γιατί ο τιτλοδότης ήταν σε στερεή κατάσταση. Περιέχει όμως βήματα που είναι χαρακτηριστικά ογκομέτρησης, όπως για παράδειγμα μέθοδο για τον καθορισμό του ισοδύναμου σημείου. Το 1756 μ.Χ. ο Francis Home παρουσίασε δύο μεθόδους, την ογκομέτρηση οξέος- βάσεως και ογκομέτρηση καταβύθισης.<sup>79</sup>

Ο William Lewis το 1767 μ.Χ. απέρριψε τον προσδιορισμό του τιτλοδότη σε κουταλιές και περιέγραψε την πρώτη προχοΐδα μέτρησης μάζας και εφάρμοσε τους δείκτες αλλαγής χρώματος για τον προσδιορισμό του τελικού σημείου. Τέλος, χρησιμοποίησε πρότυπο διάλυμα θειικού οξέος, το οποίο παρασκευάστηκε με ανάμιξη πυκνού θειικού οξέος σε νερό, μέχρι το διάλυμα να φτάσει την επιθυμητή πυκνότητα. Η πυκνότητα προσδιοριζόταν με μια γυάλινη σφαίρα, σωστού μεγέθους και πυκνότητας, η οποία τοποθετούνταν στο νερό και μετά προστίθεντο το οξύ, μέχρι η σφαίρα να ξεκινήσει να επιπλέει.<sup>79</sup>

Ο Descroizilles πρόσθεσε τις οξειδοαναγωγικές ογκομετρήσεις στις ήδη υπάρχουσες.<sup>79</sup> Το 1791 μ.Χ. κατασκεύασε την πρώτη προχοΐδα και το 1806 μ.Χ. περιέγραψε ένα δοχείο παρόμοιο με ογκομετρικό κύλινδρο που το ονόμασε αλκαλίμετρο.<sup>80</sup> (Εικόνες 22,23)



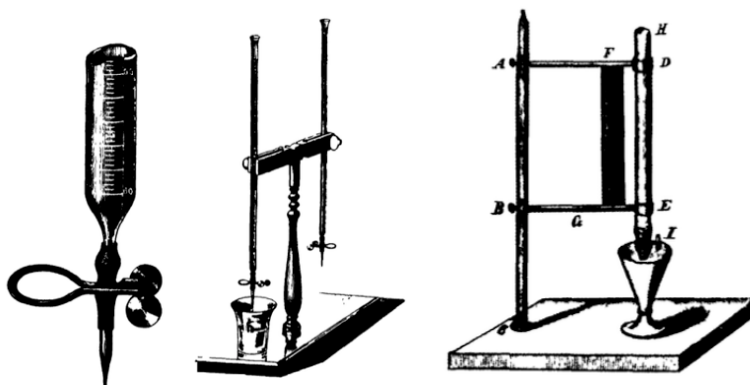
Εικόνα 22: Αλκαλίμετρο του Descroizilles<sup>79</sup>



The First Alkalimeter of Descroizilles

Εικόνα 23: Αλκαλίμετρο του Descroizilles<sup>80</sup>

Το 1855 μ.Χ. ο Friedrich Mohr δοκίμασε μεθόδους ογκομέτρησης και προσπάθησε να τις βελτιώσει και εφηύρε την πρώτη προχοΐδα με στρόφιγγα η οποία ήταν γυάλινη με χάλκινη στρόφιγγα (Εικόνα 24).<sup>79</sup>



Εικόνα 24: Πρώτη προχοΐδα με στρόφιγγα<sup>79</sup>

Προκειμένου να αποφασιστεί ποιος δείκτης είναι καταλληλότερος για κάθε ογκομέτρηση, ο Salm το 1907 μ.Χ. καθόρισε τις σταθερές ιοντισμού κάποιων δεικτών. Επίσης εξήγησε τη διαφορά μεταξύ ισοδύναμου και τελικού σημείου. Το 1913 μ.Χ. ο Joel Hildebrand έκανε θεωρητική έρευνα για τις καμπύλες ογκομέτρησης και ήταν ο πρώτος που έκανε ποτενσιομετρική ογκομέτρηση με χρήση ενδεικτικού ηλεκτροδίου.<sup>79</sup>

### 2.2.9. - 1738 μ.Χ. Ανάλυση με φουσητήρα - Φασματοσκοπία

- **1738 μ.Χ. Ανάλυση με φουσητήρα**

Αιγυπτιακές επιγραφές του 2500 π.Χ. δείχνουν τη χρήση φουσητήρα από χρυσοχόους και άλλους τεχνίτες. Η χρήση του για χημική ανάλυση όμως ξεκίνησε το 1738 μ.Χ.. Η ανάλυση με φουσητήρα είναι ο προσδιορισμός ουσιών από την έκθεσή τους σε οξειδωτική ή αναγωγική φλόγα, που μεταβάλλεται ανάλογα με την παροχή αέρα. Ο φουσητήρας είναι ένας μικρός μεταλλικός σωλήνας που έχει ένα μικρό άνοιγμα στο ένα άκρο και ένα μεγαλύτερο στο άλλο. Φυσώντας αέρα μέσα από το μεγαλύτερο άνοιγμα, ένα λεπτό αλλά ισχυρό ρεύμα αέρα διοχετεύεται από το μικρό άνοιγμα σε φλόγα κεριού ή λάμπας και αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία σε μια μικρή περιοχή. Το δείγμα προς ανάλυση συνήθως θερμαίνεται με τον φουσητήρα πάνω σε άνθρακα και οι παρατηρήσεις σημειώνονται, προκειμένου να συγκριθούν και να προσδιοριστούν τα συστατικά του.<sup>81</sup> (Εικόνα 25)



Εικόνα 25: Ανάλυση με φουσητήρα<sup>82</sup>

- **1784 μ.Χ. Λύχνοι - 1859 Λύχνος Bunsen**

Στις αρχές του 19ου αιώνα υπήρχαν μόνο δύο τύποι θέρμανσης στο

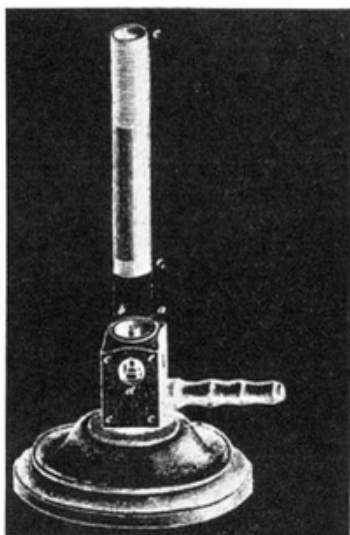
εργαστήριο, οι λύχνοι αλκοόλης με φυτίλι και οι κάμινοι. Ο Ami Argand εφηύρε το 1784 μ.Χ. ένα λύχνο λαδιού που αναμίγνυε ατμό λαδιού με αέρα και ανέβαζε τη θερμοκρασία της φλόγας.<sup>61</sup> Ο Davy είναι γνωστός για τον λύχνο που εφηύρε για τους ανθρακωρύχους, στον οποίο υπήρχε ένα πλέγμα που διέχεε τη θερμότητα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης των εύφλεκτων αερίων των ανθρακωρυχείων.<sup>49</sup> Το 1816 μ.Χ. το πλέγμα αυτό χρησιμοποιήθηκε σαν βασικό στοιχείο των εργαστηριακών λύχνων. (Εικόνα 26)<sup>83</sup>



Εικόνα 26: Λύχνος με πλέγμα Davy<sup>83</sup>

Νέοι τύποι λύχνων, που χρησιμοποιούσαν για καύσιμο φωταέριο, περιεγράφηκαν από τον Faraday το 1828 μ.Χ.. Αργότερα το 1855 μ.Χ. ο Desaga σχεδίασε, για λογαριασμό του Bunsen, τον λύχνο Bunsen (Εικόνα 27), ο οποίος έδινε φλόγα χωρίς αιθάλη, και στην πορεία αναμίγνυε αυτόματα αέριο υδρογονανθράκων με ατμοσφαιρικό αέρα για να επιτευχθεί πλήρης καύση.<sup>83</sup> Αρχικά οι ποσότητες αέρα και καύσιμου αερίου ρυθμιζονταν από μικρές οπές στη βάση του λύχνου, ώσπου ο John Joseph Griffin εισήγαγε τον περιστρεφόμενο δακτύλιο που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα.<sup>61</sup>





Εικόνα 27: Λύχνος Bunsen<sup>83</sup>

- **1666 μ.Χ. Ορατό φάσμα φωτός**

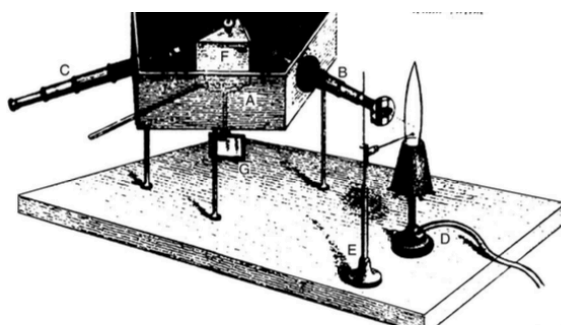
Το 1666 μ.Χ. ο Isaac Newton μελέτησε το φάσμα του φωτός. Το ηλιακό φως που εισερχόταν μέσα από μια μικρή οπή ενός παραθυρόφυλλου, το πέρασε μέσα από ένα πρίσμα. Παρατήρησε ότι το λευκό φως του ηλίου διαχωρίστηκε σε μια συνεχή σειρά χρωμάτων, ένα φάσμα, το οποίο πρόβαλε σε μια οθόνη. Περνώντας το φάσμα του φωτός από ένα πρίσμα σε αντίστροφη θέση παρατήρησε την επαναφορά του λευκού φωτός. Συμπέρανε, λοιπόν, ότι το λευκό φως ήταν η σύνθεση χρωμάτων, τα οποία εκτρέπονται με διαφορετικό τρόπο μέσα από πρίσμα. Το 1802 μ.Χ. ο Wollaston πέρασε φως μέσα από μια στενή σχισμή και κατάφερε να δημιουργήσει φασματικές γραμμές για κάθε χρώμα του φάσματος. Παρατήρησε επίσης ότι το συνεχές φάσμα του φωτός διακοπτόταν από σκοτεινές γραμμές. Πέρα από το φως του ήλιου και των άστρων, μελετήθηκαν και πηγές φωτός, όπως φλόγες και βρέθηκε ότι επίσης εκπέμπουν φωτεινές φασματικές γραμμές.<sup>84</sup>

- **1752 μ.Χ. Φασματοσκοπία εκπομπής φλόγας**

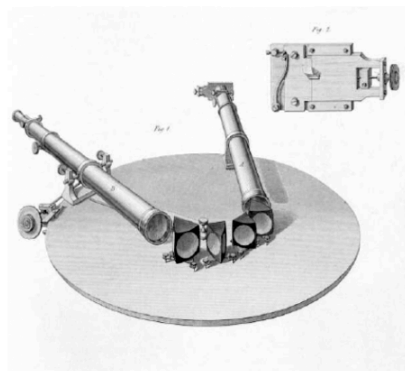
Ο Thomas Melville το 1752 μ.Χ. παρατήρησε ότι το θαλασσινό αλάτι και άλλες χημικές ουσίες όταν πλησιάζουν σε φλόγα αλκοόλης παράγουν μια ευδιάκριτη διαφορά στο χρώμα της φλόγας. Το 1826 μ.Χ. ο Tablot δημιούργησε ένα απλό φασματοσκόπιο για να παρατηρεί τις φλόγες που προέκυπταν από τα διάφορα άλατα.<sup>85</sup> Δεν κατάφερε όμως να διακρίνει ότι σε πολλά από τα αποτελέσματά του υπήρχε σφάλμα, λόγω ύπαρξης νατρίου. Μέχρι το 1856

μ.Χ. ο William Swan κατάφερε να ανιχνεύει το νάτριο σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και έτσι αύξησε την ευαισθησία της ανάλυσης. Η χρήση κυανού φίλτρου για την ανίχνευση της παρουσίας νατρίου προτάθηκε από τον Rowlandson Cartmell το 1858 μ.Χ..<sup>61</sup>

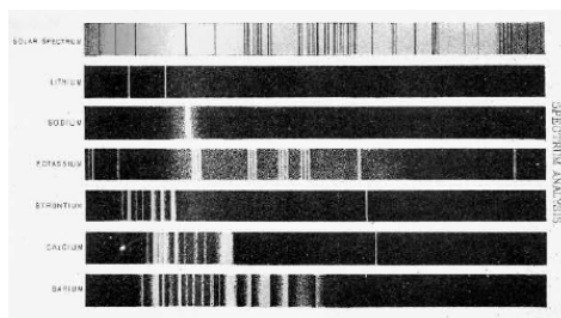
Οι Bunsen και Kirchhoff το 1859 μ.Χ. κατασκεύασαν το πρώτο φασματοσκόπιο (Εικόνες 28,29), ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την αναγνώριση στοιχείων.<sup>49</sup> Η αρχική συσκευή ήταν πολύ απλή. Το δείγμα θερμαινόταν σε φλόγα λύχνου Bunsen.<sup>61</sup> Η φλόγα του λύχνου Bunsen ήταν πολύ πιο αποτελεσματική, γιατί αποτελούσε ένα διαφανές μέσο από το οποίο γινόταν πιο καθαρά η παρατήρηση.<sup>85</sup> Το φως που εκπεμπόταν περνούσε, με τη βοήθεια ενός σωλήνα, μέσα από μία στενή σχισμή και στη συνέχεια από ένα πρίσμα. Έτσι δημιουργούνταν το φάσμα (Εικόνα 30), το οποίο συγκεντρωνόταν σε ένα μικρό τηλεσκόπιο προς παρατήρηση από τον χημικό.<sup>61</sup>



Εικόνα 28: Φασματοσκόπιο Bunsen και Kirchhoff<sup>86</sup>



Εικόνα 29: Φασματοσκόπιο Bunsen και Kirchhoff<sup>61</sup>



**Εικόνα 30: Φάσματα φωτός διαφόρων αλκαλίων και αλκαλικών γαιών<sup>61</sup>**

Με την ανακάλυψη του λαμπτήρα ηλεκτρικού τόξου με θερμοκρασίες πάνω από 5000°C, έγινε δυνατή η μελέτη όλων των στοιχείων. Το 1859 ο Kirchhoff παρατήρησε ότι τα στοιχεία που εξέπεμπαν φως κάποιου μήκους κύματος, μπορούσαν και να το απορροφήσουν<sup>84</sup> και ότι οι φασματικές γραμμές απορρόφησης συμπίπτουν με αυτές της εκπομπής από τα άλατα που καίγονταν σε φλόγα.<sup>85</sup> Τα φάσματα απορρόφησης κατηγοριοποιήθηκαν σε συνεχή και γραμμικά, όπως και τα φάσματα εκπομπής, και χρησιμοποιούνταν για τον προσδιορισμό στοιχείων, αφού συγκεκριμένες συχνότητες ήταν χαρακτηριστικές για κάθε στοιχείο.<sup>84</sup>

- **Δεκαετία 1930 μ.Χ. Φασματοφωτόμετρο**

Μια συσκευή που μπορούσε να συγκρίνει χρώματα βασισμένη στο νόμο του Beer, ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε την απορρόφηση του φωτός για τον καθορισμό της συγκέντρωσης. Στην πορεία ανιχνευτές φωτός αντικατέστησαν το ανθρώπινο μάτι και τη δεκαετία του 1930 μ.Χ. ανακαλύφθηκε το φασματοφωτόμετρο ή φωτόμετρο, το οποίο χρησιμοποιούσε ένα πρίσμα για να απομονώσει συγκεκριμένα μήκη κύματος για ανάλυση φασμάτων απορρόφησης.<sup>84</sup>

- **1947 μ.Χ. Φασματοσκοπία υπεριώδους- ορατού**

Η υπεριώδης ακτινοβολία ανιχνεύτηκε πρώτη φορά το 1801 μ.Χ. και επέκτεινε το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα πέρα από το ορατό. Το πρώτο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους- ορατού κατασκευάστηκε από τον Varian το 1947 μ.Χ..<sup>84</sup>

- **1882 μ.Χ. Φασματοσκοπία υπερύθρου (IR)**

Η ανακάλυψη της υπέρυθρης περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έγινε από τον Herchel το 1800 μ.Χ.. Το 1882 μ.Χ. οι Abney και Festing έλαβαν φάσματα απορρόφησης υπερύθρου για πάνω από 50 ουσίες και τα

συνέδεσαν με την παρουσία συγκεκριμένων οργανικών ομάδων στα μόρια των ενώσεων. Κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο κατασκευάστηκε το πρώτο φασματοσκόπιο υπερύθρου που παρείχε μοναδικά αποτυπώματα για κάθε μόριο.<sup>84</sup>

- **1912 μ.Χ. Φασματομετρία μάζας (MS)**

Ο Thomson το 1912 μ.Χ. κατασκεύασε έναν αναλυτή θετικών ακτίνων, πρόδρομο του σημερινού φασματόμετρου μάζας, κατέγραψε το πρώτο φάσμα μάζας και απέδειξε την ύπαρξη ισοτόπων. Το πρώτο πραγματικό φασματόμετρο μάζας, όμως κατασκευάστηκε από τον Damster το 1918 μ.Χ.. Στο οποίο, θερμαίνοντας αλάτι με ένα μεταλλικό νήμα ή βομβαρδίζοντας το με ηλεκτρόνια, προκαλείται ιοντισμός. Τα θετικά ιόντα επιταχύνονται ηλεκτρικά μέσα από μαγνητικά πεδία σε έναν αναλυτή μάζας.<sup>84</sup> Αναλόγως τη μάζα τους τα σωματίδια εκτρέπονται με διαφορετικό τρόπο και διαχωρίζονται. Μέχρι τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο τα φασματόμετρα μάζας είχαν εξελιχθεί και ήταν σε θέση, όχι μόνο να αναλύουν και να προσδιορίζουν ουσίες, αλλά και να διαχωρίζουν ισότοπα, όπως το ουράνιο.<sup>49</sup>

- **1952 μ.Χ. Φασματοσκοπία Πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR)**

Η θεωρητική βάση της φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού αναγνωρίστηκε από τον Wolfgang Pauli το 1924 μ.Χ. και περιελάμβανε το ότι οι πυρήνες έχουν μαγνητικές ιδιότητες και ότι τα άτομα απορροφούν ραδιοκύματα συγκεκριμένων συχνοτήτων όταν εκτίθενται σε μαγνητικό πεδίο.<sup>84</sup> Το 1951 μ.Χ. ο James Arnold παρήγαγε το πρώτο φάσμα πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού και έδειξε ότι οι διαφορετικές κορυφές του, αντιστοιχούν σε διαφορετικές ομάδες ατόμων υδρογόνου σε ένα μόριο και ότι τα άτομα υδρογόνου αλληλοεπιδρούν με τρόπο που δείχνει τις γειτονικές θέσεις τους στο μόριο. Το πρώτο φασματόμετρο πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού βγήκε στο εμπόριο το 1952 μ.Χ. (Εικόνα 31) και εξελίχθηκε σημαντικά<sup>61</sup> μέχρι που σήμερα είναι μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές χημικής ανάλυσης.<sup>84</sup>



Εικόνα 31: Φασματόμετρο πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού<sup>61</sup>

### 2.2.10. 1748 μ.Χ. Ώσμωση

Η ώσμωση είναι γνωστή σαν φυσικό φαινόμενο και έχει χρησιμοποιηθεί από τα πρωτόγονα χρόνια. Όμως το 1748 μ.Χ. ο Abbot Nollet παρατήρησε ότι προσπαθώντας να διαχωρίσει νερό από αλκοόλη μέσω μιας ζωικής κύστης, το νερό περνούσε προς την αλκοόλη, αλλά η αλκοόλη δεν περνούσε προς το νερό. Η πρώτη τεχνητή μεμβράνη ώσμωσης από σιδηροκυανιούχο χαλκό, εφευρέθηκε το 1864 μ.Χ. από τον Traube. Το 1877 μ.Χ. ο Pfeffer έφτιαξε μια μεμβράνη με μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Ο Van't Hoff το 1886 μ.Χ. δημοσίευσε την αναλογία μεταξύ υδατικών διαλυμάτων και ιδανικών αερίων. Τέλος, ο Crum Brown, το 1899, χρησιμοποίησε υγρά τριών φάσεων και καθιέρωσε τη σημασία της διάχυσης των διαφόρων ειδών σε μεμβράνες.<sup>87</sup>

### 2.2.11. 1761 μ.Χ. Θερμιδομετρία

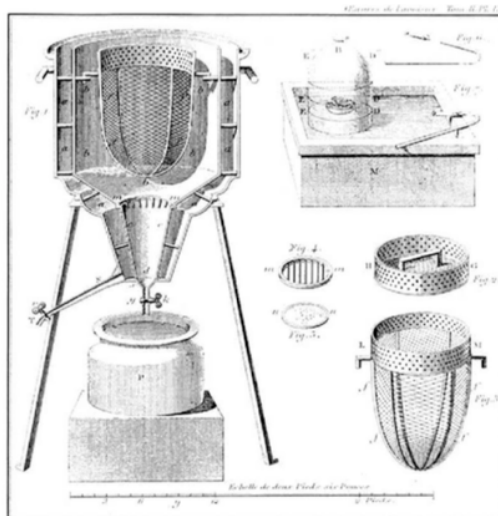
- **1761 μ.Χ. Θερμιδομετρία/ θερμοδυναμική**

Ο Joseph Black το 1761 μ.Χ. υπολόγισε με ακρίβεια ότι η προσθήκη θερμότητας στον πάγο στο σημείο τήξης του και στο νερού στο σημείο ζέσης του, δεν επιφέρει αλλαγή στη θερμοκρασία του. Οι παρατηρήσεις του αυτές σήμαναν την αρχή της θερμοδυναμικής. Ο Black ήταν, επίσης ο πρώτος που διευκρίνισε τη διαφορά μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας.<sup>88</sup>

- **1784 μ.Χ. θερμιδόμετρο πάγου**

Οι Lavoisier και Laplace το 1784 μ.Χ. περιέγραψαν ένα θερμιδόμετρο πάγου (Εικόνα 32), το οποίο αποτελούνταν από δοχεία με πάγο και ένα ακόμα δοχείο στο οποίο τοποθετούσαν ένα θερμό αντικείμενο. Το νερό που σχηματιζόταν από το λιώσιμο του πάγου έσταζε πάνω στο θερμό αντικείμενο

και ζυγίζοταν όταν το αντικείμενο πάγωνε. Μπορούσε λοιπόν να υπολογιστεί η θερμότητα που ελευθερωνόταν σε μια δεδομένη διαδικασία.<sup>89</sup>



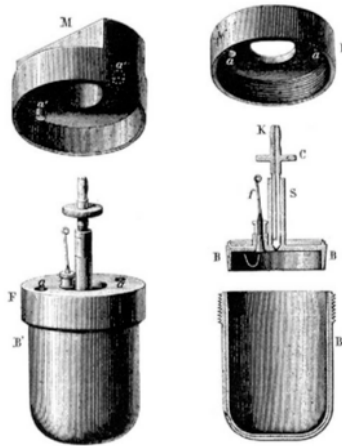
Εικόνα 32: Θερμιδόμετρο πάγου<sup>89</sup>

- **1789 μ.Χ. θερμιδόμετρο**

Το 1789 μ.Χ. οι Lavoisier και Laplace συνέχισαν φτιάχνοντας ένα θερμιδόμετρο το οποίο μετρούσε τη θερμότητα που συμμετείχε στη διαδικασία αναπνοής ενός ινδικού χοιριδίου. Το ζώο τοποθετήθηκε σε έναν κλειστό χώρο περιτριγυρισμένο από συγκεκριμένη ποσότητα πάγου, για αρκετές ώρες και μετρήθηκε το ποσό της θερμότητας που χρειάστηκε για να λιώσει ο πάγος. Συγκρίνοντας ποσοτικά τη θερμότητα αυτή με τη θερμότητα που παράγεται από την καύση άνθρακα κατέληξε ότι η αναπνοή αποτελεί διαδικασία καύσης. Το 1841 μ.Χ. ο James Prescott Joule βρήκε αριθμητικά το μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας και έδειξε ότι η θερμότητα μιας χημικής αντίδρασης μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια.<sup>88</sup>

- **1885 μ.Χ. θερμιδόμετρο βόμβας**

Μια σημαντική εξέλιξη στη θερμιδομετρία των αντιδράσεων ήταν η ανακάλυψη του θερμιδόμετρου βόμβας από τον Berthelot το 1885 μ.Χ. (Εικόνα 33). Η συσκευή έχει αλλάξει πολύ λίγο από τότε και επιτρέπει στις αντιδράσεις να γίνονται σε ένα κλειστό χώρο, έτσι ώστε όλα τα προϊόντα και η περίσσεια αντιδρώντων να διατηρούνται και να μπορούν να αναλυθούν.<sup>89</sup>



Εικόνα 33: Θερμιδόμετρο βόμβας<sup>89</sup>

### 2.2.12. 1774 μ.Χ. Μέθοδος Scheele για παρασκευή χλωρίου

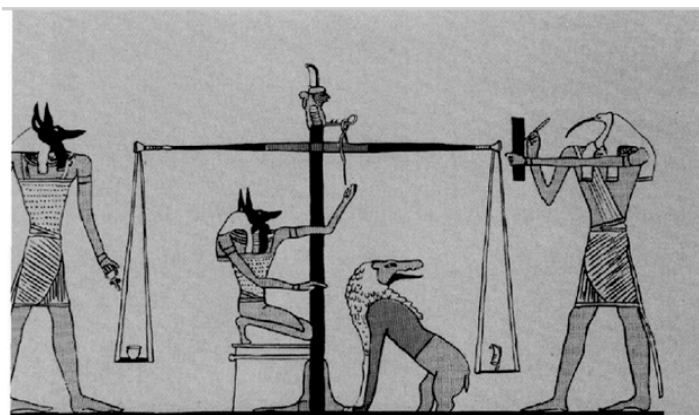
Ο Scheele το 1774 μ.Χ. ανέλυσε το ορυκτό πυρολουσίτης, που αποτελείται κυρίως από ακάθατο οξειδίο μαγγανίου. Όταν το αντέδρασε με υδροχλωρικό οξύ παρατήρησε ότι παράχθηκε ένα σκούρο καφέ διάλυμα που τελικά έγινε διαφανές και είχε οσμή βασιλικού ύδατος. Αυτό ήταν το χλώριο. Η ιδέα ότι το χλώριο ήταν η οξειδωμένη μορφή του υδροχλωρικού οξέος ξεκαθαρίστηκε τη δεκαετία του 1820 μ.Χ..<sup>70</sup> Το χλώριο παρατηρήθηκε ότι είναι χρήσιμο στη λεύκανση υφασμάτων λίγο αργότερα, από τον Berthollet.<sup>79</sup>

### 2.2.13. 1778 μ.Χ. ζυγός για χημική εργασία

- **2500 π.Χ. Ζυγός - 1778 μ.Χ. ζυγός για χημική εργασία**

Ο ζυγός εμφανίζεται ήδη από το 2500 π.Χ. στην Ινδία, τη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο, και χρησιμοποιείται κυρίως για εμπορική χρήση. Υπήρξαν διάφορα είδη ζυγών που λειτουργούσαν με μηχανικό τρόπο, τα οποία εξελίχθηκαν μέχρι τον 17ο και 18ο αιώνα μ.Χ., οπότε άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην επιστήμη. Τους επόμενους αιώνες ο ζυγός αρχίζει να παίρνει την τελική του μορφή και στο δεύτερο μισό του 20ού αιώνα μ.Χ. να αντικαθίσταται από ηλεκτρονικές συσκευές.<sup>90</sup>

Αρχικά ο ζυγός θεωρούνταν ότι πρέπει να χρησιμοποιείται από τους θεούς και η χημική εργασία που το συνόδευε χαρακτηριζόταν από μυστήριο.<sup>51</sup> Στην Εικόνα 34 φαίνεται ένας πάπυρος του 1300 π.Χ. που δείχνει έναν ζυγό στην απλή του μορφή να ζυγίζει μια ψυχή.<sup>90</sup>



Εικόνα 34: Ζυγός<sup>91</sup>

Τον 16ο αιώνα μ.Χ. όταν οι συνθήκες ωρίμασαν, άρχισε να χρησιμοποιείται ο ζυγός για πειραματικούς σκοπούς.<sup>92</sup> Μια από τις παλαιότερες ζυγαριές για επιστημονική χρήση κατασκευάστηκε το 1710 μ.Χ. από τον Hauksbee. Η πρώτη χημική χρήση του ζυγού όμως, έχει αποδοθεί στον Lavoisier, ο οποίος ανέθεσε την κατασκευή του στον Nicholas Fortin το 1778 μ.Χ..<sup>90</sup> Από τη δεκαετία του 1780 μ.Χ. μέχρι το τη δεκαετία του 1860 μ.Χ. συνέβησαν διάφορες αλλαγές στην κατασκευή του ζυγού με σκοπό να είναι πιο ακριβής αλλά και πιο εύκολος στη χρήση.<sup>61</sup>

Το 1681 μ.Χ. εμφανίστηκε η θεωρία του φλογιστού, που υποστήριζε ότι, όταν ένα μέταλλο καίγεται, εκλύει μια ουσία που ονόμασαν φλογιστό.<sup>93</sup> Η θεωρία αυτή είχε κατακλείσει τον επιστημονικό κόσμο, μέχρι που ο Lavoisier χρησιμοποίησε τον ζυγό για να την καταρρίψει, ενώ παράλληλα απέδειξε τον νόμο διατήρησης της μάζας.<sup>51</sup>

- **17ος αιώνας μ.Χ. σταθμική ανάλυση**

Η σταθμική ανάλυση είναι ο προσδιορισμός ενός στοιχείου ή ενός είδους μέσω της μέτρησης της μάζας ενός καλά χαρακτηρισμένου αδιάλυτου προϊόντος μιας ορισμένης χημικής αντίδρασης που περιλαμβάνει αυτό το στοιχείο ή είδος.<sup>93</sup> Ο Friedrich Hoffmann εφηύρε τη σταθμική ανάλυση τον 17ο αιώνα μ.Χ..<sup>51</sup> Από τότε εξελίχθηκε με έναν εμπειρικό τρόπο μέσα στον 18ο αιώνα μ.Χ. αφού, οι νόμοι της χημικής σύνθεσης δεν ήταν πλήρως κατανοητοί.<sup>93</sup> Τον 19ο αιώνα μ.Χ. εξελίχθηκε περισσότερο, τεκμηριώθηκε σαν τεχνική και δεν άλλαξε πολύ από τότε.<sup>86</sup>



- **1843 μ.Χ. σταθμική ανάλυση νερού Dumas**

Πολύ βασικές για την Χημεία ήταν οι αποδείξεις που παρέχονται από τη σταθμική ανάλυση του νερού από τον Dumas που δημοσιεύτηκαν το 1843 μ.Χ.. Η μέθοδός του περιελάμβανε τη θέρμανση οξειδίου του χαλκού με άγνωστη μάζα υδρογόνου και τον προσδιορισμό της απώλειας μάζας που υπέστη το οξείδιο και του βάρους του νερού που σχηματίζεται. Η μείωση του βάρους του οξειδίου του χαλκού θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύει το βάρος του οξυγόνου που αναπτήχθηκε. Και η διαφορά μεταξύ αυτού του βάρους και του νερού που σχηματίστηκε, θεωρήθηκε ότι ήταν η ποσότητα του υδρογόνου, που είχε συνδυαστεί με αυτή του οξυγόνου. Οι μετρήσεις αυτές εμπειρείχαν σίγουρα σφάλματα, των οποίων το μέγεθος δεν γνωρίζουμε.<sup>94</sup>

#### **2.2.14. 1784 μ.Χ. Ποιοτική στοιχειακή ανάλυση οργανικών ενώσεων**

- **1784 μ.Χ. Ποιοτική στοιχειακή ανάλυση οργανικών ενώσεων**

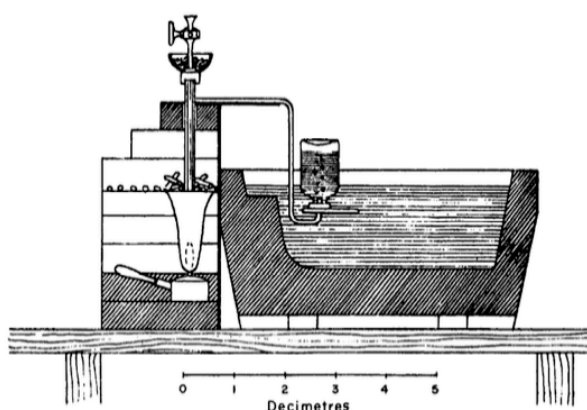
Βασικό κριτήριο για την ανάπτυξη της οργανικής χημείας ήταν ο προσδιορισμός της σύστασης των οργανικών ενώσεων. Όσο δεν ήταν γνωστό από τι αποτελείται μια ένωση, ελάχιστες ελπίδες υπήρχαν να διευκρινιστεί η δομή της, και ακόμη λιγότερο να συντεθεί. Η ανάπτυξη της χημείας των αερίων τον 18ο αιώνα μ.Χ. ήταν απαραίτητη, ιδιαίτερα η ανακάλυψη του διοξειδίου του άνθρακα και του γεγονότος ότι αυτό το αέριο ήταν προϊόν οξειδωσίας του άνθρακα και το προϊόν καύσης της οργανικής ύλης. Σύμφωνα με τον Lavoisier, οι οργανικές ενώσεις κατασκευάζονταν από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Ο Berthollet διαπίστωσε ότι ορισμένες οργανικές ενώσεις περιέχουν επίσης άζωτο.<sup>95</sup>

Ο Lavoisier είχε περιγράψει προσπάθειες ανάλυσης οργανικών ενώσεων το 1784 μ.Χ..<sup>96</sup> Για να προσδιορίσει τη σύνθεση του λαδιού, το έκαψε σε ένα λύχνο και οδήγησε τα προϊόντα καύσης μέσα από ένα σωλήνα γεμάτο με χλωριούχο ασβέστιο σε δύο δοχεία γεμάτα με βάση. Από τη μείωση του όγκου του αερίου υπολόγιζε την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και από τη διαφορά μεταξύ του οξυγόνου που καταναλώθηκε και του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα προσπάθησε να υπολογίσει την ποσότητα του νερού που σχηματίστηκε από την καύση του υδρογόνου. Τελικά όμως, κατέληξε σε μια απλούστερη μέθοδο: έκαψε την οργανική ουσία σε ένα μικρό δοχείο που επέπλεε στον υδράργυρο κάτω από έναν δοχείο που

περιείχε γνωστό όγκο οξυγόνου. Τα αποτελέσματα που έλαβε με αυτήν την απλή μέθοδο, ήταν μόνο πολύ πρόχειρες προσεγγίσεις.<sup>95</sup>

- **1810 μ.Χ. μέθοδος προσδιορισμού άνθρακα και υδρογόνου σε οργανικές ενώσεις**

Η πρώτη πραγματικά εφαρμόσιμη μέθοδος για τον προσδιορισμό του άνθρακα και του υδρογόνου σε οργανικές ενώσεις αναπτύχθηκε από τους Gay-Lussac και Thenard το 1810 μ.Χ. και η συσκευή τους φαίνεται στην Εικόνα 35.<sup>95</sup>



**Εικόνα 35: Συσκευή για προσδιορισμό άνθρακα και υδρογόνου οργανικών ενώσεων<sup>95</sup>**

Στη συσκευή πραγματοποιείται καύση, που τροφοδοτείται από λύχνο αλκοόλης. Το δείγμα, αναμεμειγμένο με χλωρικό κάλιο θερμαίνεται, αφού πρώτα έχει απομακρυνθεί ο αέρας. Τα προϊόντα καύσης οδηγούνται, μέσα από ένα σφραγισμένο δοχείο με υδράργυρο. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται από υδροξείδιο του καλίου μέσα στο δοχείο υδραργύρου και η ποσότητα του προσδιορίζεται από τη μείωση του όγκου του αερίου. Στη συνέχεια η περίσσεια του οξυγόνου αντιδρά με υδρογόνο και προσδιορίστηκε η απώλεια οξυγόνου. Η αρχική ποσότητα οξυγόνου ήταν γνωστή, καθώς σε προηγούμενο πείραμα προσδιορίστηκε η ποσότητα οξυγόνου που σχηματίστηκε από το χλωρικό κάλιο. Η μείωση της ποσότητας οξυγόνου θεωρήθηκε ότι οφείλεται στην καύση της περιεκτικότητας σε υδρογόνο της ουσίας, και έτσι η περιεκτικότητα σε υδρογόνο μπορούσε να προσδιοριστεί με αυτόν τον έμμεσο τρόπο. Τα επόμενα χρόνια, η μέθοδος τροποποιήθηκε αρκετές φορές. Μέσα στις απόπειρες ήταν και η προσπάθεια προσδιορισμού

αζώτου, από τους ίδιους τους Gay-Lussac και Thenard, που δεν οδήγησε σε επιθυμητά αποτελέσματα.<sup>95</sup>

- **1829 μ.Χ. προσδιορισμός αζώτου σε οργανικές ενώσεις**

Ο Liebig πραγματοποίησε στοιχειακή ανάλυση του ιππουρικού οξέος, για να προσδιορίσει την περιεκτικότητα σε άζωτο, το 1829 μ.Χ. (δημοσιεύτηκε το 1837 μ.Χ.) Η περιεκτικότητα σε άζωτο της ένωσης λαμβάνεται, συλλέγοντας το αέριο άζωτο που εκλύθηκε, ελεύθερο από τα άλλα αέρια που σχηματίστηκαν κατά την καύση. Ο Dumas είχε επινοήσει μια αξιόπιστη μέθοδο για αυτό, το 1831 μ.Χ. Τα αέρια βγαίνουν έξω από το σωλήνα καύσης με προσθήκη ανθρακικού μολύβδου. Χρησιμοποιείται οξειδίο του χαλκού ως οξειδωτικό και ένας ξηραντικός παράγοντας για να απορροφήσει το νερό. Ο Liebig ανέπτυξε μια συσκευή για να συγκρατεί διάλυμα υδροξειδίου του καλίου που θα απορροφούσε το διοξείδιο του άνθρακα. Τα οξείδια του αζώτου ανάγονται, περνώντας τα πάνω από ενεργοποιημένο χαλκό. Η μέθοδος αυτή τελικά αντικαταστάθηκε το 1883 μ.Χ., από τη μέθοδο του Kjeldahl, η οποία περιλαμβάνει αποσύνθεση με θειικό οξύ. Η ειδική φιάλη που κατασκεύασε για αυτή τη διαδικασία το 1888 μ.Χ. εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σήμερα.<sup>61</sup> Η ύπαρξη και άλλων στοιχείων σε οργανικές ενώσεις ανακαλύφθηκε από τους ερευνητές του 19ου αιώνα μ.Χ..<sup>95</sup>

## **2.2.15. 1789 μ.Χ. Ηλεκτρόλυση του νερού**

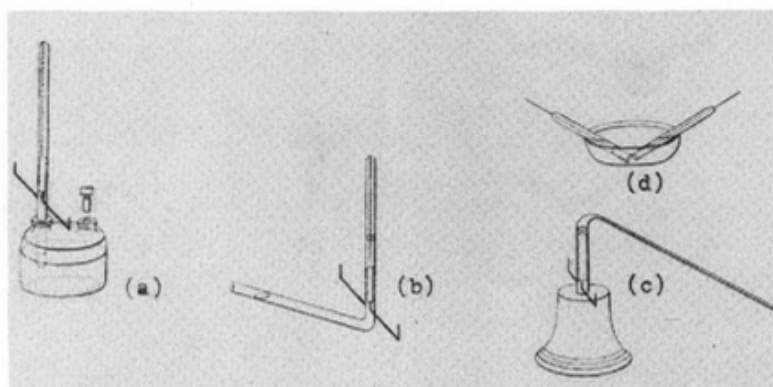
- **1789 μ.Χ. Ηλεκτρόλυση του νερού**

Το 1789 μ.Χ. οι Deiman και Troostwijk μετέτρεψαν για πρώτη φορά το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο με ένα δοχείο Leyden. Μέσω της μεθόδου τους, μπορεί να παραχθεί υδρογόνο πολύ υψηλής καθαρότητας ( $\approx 100\%$ ).<sup>97</sup> Χρησιμοποίησαν έναν γυάλινο σωλήνα κλειστό στο κάτω μέρος του, όπου ένα λεπτό χρυσό σύρμα προεξείχε μέσα από το γυαλί. Ο σωλήνας γεμίζει με νερό και αναποδογυρίζεται κάτω από το νερό. Ένα άλλο λεπτό χρυσό σύρμα εισέρχεται μέσω του ανοιχτού άκρου σε μικρή απόσταση από το σφραγισμένο σύρμα. Τα καλώδια συνδέονται με μια ισχυρή ηλεκτροστατική γεννήτρια. Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις της γεννήτριας προκαλούν την έκλυση αερίου και στα δύο καλώδια. Το αέριο που συγκεντρώνεται στο κλειστό άκρο του σωλήνα ωθεί τη στάθμη του νερού προς τα κάτω. Ο Cavendish είχε ήδη αποδείξει ότι ένας ηλεκτρικός σπινθήρας θα μπορούσε να μετατρέψει ένα μείγμα

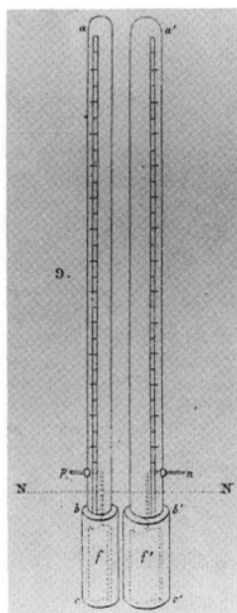
υδρογόνου και οξυγόνου 2:1 σε νερό και οι Troostwijk και Deinum κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι είχαν φτιάξει ακριβώς ένα τέτοιο μείγμα αερίων.<sup>98</sup>

- **1834 μ.Χ. βολτάμετρο**

Ο Faraday παρουσίασε το βολτα- ηλεκτρόμετρο (βολτάμετρο) το 1834 μ.Χ.. Η διέλευση ρεύματος μεταξύ ηλεκτροδίων πλατίνης βυθισμένα σε αραιό διάλυμα θειικού οξέος, προκαλεί αποσύνθεση του νερού. Με τη χρήση του βολτάμετρου της Εικόνας 36, η συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που διέρχεται από το σύστημα προσδιορίζεται από τον προκύπτοντα όγκο υδρογόνου, οξυγόνου ή και των δύο αερίων. Το 1839 μ.Χ., ο Carlo Matteucci περιέγραψε ένα βολτάμετρο στο οποίο το αέριο, που απελευθερώνεται από την ηλεκτρόλυση οξινισμένου νερού, εκτοπίζει τον δικό του όγκο υγρού, και στη συνέχεια συλλέγεται και μετριέται. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Johann Christian Poggendorf βελτίωσε τον τύπο του βολταμέτρου, στο οποίο το υδρογόνο και το οξυγόνο συλλέγονταν χωριστά (Εικόνα 37). Ο στόχος του Poggendorf ήταν να γίνεται πιο γρήγορη ηλεκτρόλυση. Ο σωλήνας που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή υδρογόνου είχε διπλάσια διατομή από τον σωλήνα οξυγόνου.<sup>99</sup>



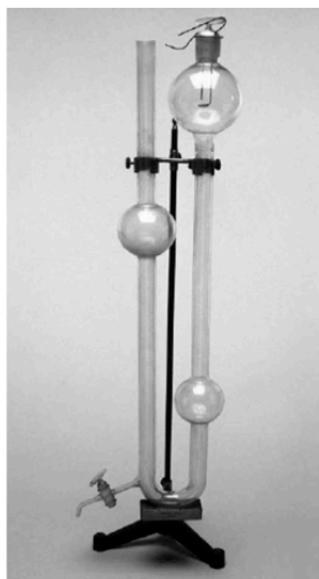
Εικόνα 36: Βολτάμετρο Faraday<sup>99</sup>



Εικόνα 37: Βολτάμετρο Røggendorf<sup>99</sup>

- **1865 μ.Χ. συσκευή ηλεκτρόλυσης Hofmann**

Η συσκευή ηλεκτρόλυσης Hofmann (βολτάμετρο) του 1865 μ.Χ. επιτυγχάνει την ηλεκτρόλυση σχετικά γρήγορα. Δείχνει ότι το νερό αποτελείται από έναν όγκο οξυγόνου και δύο όγκους υδρογόνου. Οι δυνατότητες της συσκευής αυτής κυμαίνονται από «Συσκευή για να δείξει ότι η αμμωνία αποτελείται από τρεις όγκους υδρογόνου και έναν όγκο αζώτου» και «Συσκευή για την απόδειξη ότι οι όγκοι οξυγόνου, που καταναλώνονται στη σύνθεση του διοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του θείου, είναι ίσοι με τους αντίστοιχους όγκους αυτών των αερίων» μέχρι «Συσκευή για υγροποίηση θειικού ανυδρίτη». Χρησιμοποιείται αρκετά σαν συσκευή επίδειξης από το τέλος του 19ου αιώνα μ.Χ.. (Εικόνα 38)<sup>61</sup>

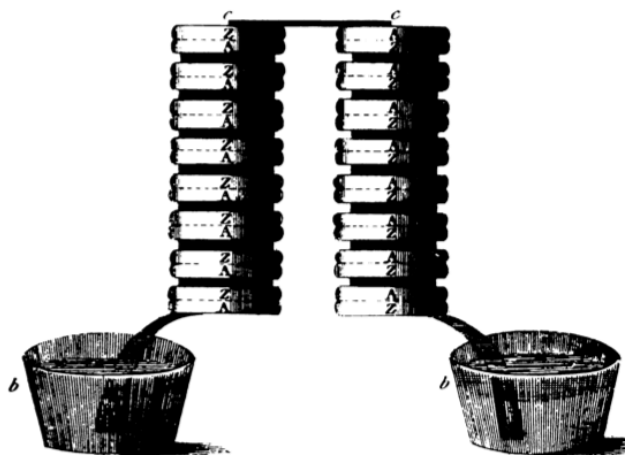


Εικόνα 38: Συσσκευή ηλεκτρόλυσης Hofmann<sup>61</sup>

## 2.2.16. 1800 μ.Χ. Ηλεκτροχημεία

- **1800 μ.Χ. Ηλεκτροχημεία**

Υπάρχουν κάποια αρχαιολογικά στοιχεία που υποδηλώνουν ότι κάποια μορφή πρωτόγονης μπαταρίας (μπαταρία της Βαγδάτης) χρησιμοποιήθηκε για επιμετάλλωση στη Μεσοποταμία περίπου το 200 π.Χ..<sup>100</sup> Ωστόσο, η αρχή της ηλεκτροχημείας βρίσκεται στα τέλη του 18ου αιώνα μ.Χ. με τις έρευνες των Galvani και Volta. Ο Galvani πίστευε ότι ο ηλεκτρισμός προέκυπτε μέσα στο πόδι του βατράχου το οποίο εξέταζε.<sup>101</sup> Πίστευε, δηλαδή ότι ο ζωικός ιστός περιείχε μια άγνωστη ζωτική δύναμη, η οποία ενεργοποιούσε τα νεύρα και τους μύες όταν έρχονταν σε επαφή με μέταλλα. Ο Alessandro Volta όμως έδειξε ότι ο ζωικός ιστός δεν ήταν απαραίτητος για τη δημιουργία ρεύματος και πρότεινε ότι η πραγματική πηγή ενέργειας ήταν η επαφή μεταξύ ανόμοιων μετάλλων. Ο Volta, το 1800 μ.Χ., κατασκεύασε μια στήλη που αποτελείται από εναλλασσόμενες πλάκες, όπως από ασήμι και ψευδάργυρο, που χωρίζονται με χαρτί ή ύφασμα που ήταν εμποτισμένο σε άλμη (Εικόνα 39). Στην πραγματικότητα είχε κατασκευάσει την πρώτη ηλεκτροχημική μπαταρία, που αποτέλεσε τη βάση των σύγχρονων μπαταριών και μιας σειράς άλλων γαλβανικών φαινομένων. Σήμανε επίσης την πρώτη φορά που δημιουργήθηκε συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.<sup>100</sup>



Εικόνα 39: Ηλεκτροχημική μπαταρία Volta<sup>101</sup>

Την ίδια εποχή οι Nicholson και Carlisle συναρμολόγησαν μια βολταϊκή στήλη. Στην προσπάθειά τους να προσδιορίσουν τα φορτία στην επάνω και στην κάτω πλάκα με τη βοήθεια ενός ηλεκτροσκοπίου, έβαλαν σταγόνες νερού στον επάνω δίσκο και διαπίστωσαν ότι στους ακροδέκτες της μπαταρίας που ήταν βουτηγμένοι στο νερό παραγόταν υδρογόνο και οξυγόνο. Είχαν ανακαλύψει την ηλεκτρόλυση ή αλλιώς χημική αντίδραση που οδηγείται από ηλεκτρικό ρεύμα. Μήνες αργότερα, ο Ritter δημιούργησε μια διάταξη για τη συλλογή οξυγόνου και υδρογόνου ξεχωριστά. Στη συνέχεια, εφηύρε επίσης τη διαδικασία της ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης.<sup>100</sup>

Ο Brugnatelli το 1805 μ.Χ. έκανε πειράματα με βολταϊκή στήλη ως πηγή ενέργειας (Εικόνα 40).<sup>100</sup> Χρησιμοποίησε τη μπαταρία αυτή σε διάφορα χημικά διαλύματα και ανακάλυψε ότι θα μπορούσε να προκαλέσει την εναπόθεση χρυσού, σε άλλα μεταλλικά αντικείμενα, αν αυτά βρίσκονταν σε διάλυμα αλάτων χρυσού και παράλληλα συνδέονται στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας. Η ανακάλυψη του Brugnatelli τώρα ονομάζεται ηλεκτροχημική αναγωγή.<sup>49</sup>



Εικόνα 40: Βολταϊκή στήλη<sup>49</sup>

Παρόμοια πειράματα έγιναν και από άλλους. Το 1803 μ.Χ. οι Berzelius και Hisinger παρατήρησαν ότι, στην ηλεκτρόλυση των αλάτων, το διάλυμα γίνεται αλκαλικό κοντά στον αρνητικό πόλο και όξινο κοντά στον θετικό πόλο. Αυτή η απλή παρατήρηση είχε τουλάχιστον σημαντικές συνέπειες στην ανάπτυξη της τεράστιας πλέον βιομηχανίας χλωροαλκαλίων.<sup>101</sup> Ο Davy το 1807 μ.Χ. χρησιμοποίησε την ηλεκτρόλυση για να απομονώσει μέταλλα όπως το νάτριο και το κάλιο. Ο Davy ήταν ο πρώτος που είδε αυτά τα στοιχεία ως καθαρά μέταλλα. Συνέχισε να εφαρμόζει αυτή την τεχνική της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος μέσω αλάτων (που τώρα ονομάζεται ηλεκτροχημική αναγωγή) για να απομονώσει μαγνήσιο, ασβέστιο, στρόντιο και βάριο.<sup>49</sup>

Η χημική σύνθεση του στοιχειακού φθορίου έχει επιδιωχθεί για τουλάχιστον 173 χρόνια από πολλούς αξιόλογους χημικούς, συμπεριλαμβανομένων των Davy, Fremy, Moissan και Ruff. Όλες οι προσπάθειές τους απέτυχαν και η μόνη γνωστή πρακτική σύνθεση του φθορίου είναι η ηλεκτροχημική διαδικασία του Moissan, η οποία ανακαλύφθηκε το 1886 μ.Χ..<sup>102</sup>

- **1864 μ.Χ. Ηλεκτροσταθμική ανάλυση**

Η ηλεκτροσταθμική ανάλυση ανήκει στις παλαιότερες ποσοτικές τεχνικές που εισήχθησαν το 1864 μ.Χ. από τον Wolcott Gibbs, όταν έκανε ανάλυση διαλύματος θειικού χαλκού και προσδιόρισε την ποσότητα του χαλκού μέσα σε κέρματα χαλκού-νικελίου. Επίσης προσδιόρισε την ποσότητα του νικελίου με ηλεκτρολυτική εναπόθεση. Συνδέεται με την κουλομετρία,<sup>103</sup> μια



ηλεκτροχημική μέθοδο στην οποία μετράται το συνολικό φορτίο που καταναλώνεται κατά την οξειδοαναγωγική μετατροπή της αναλυόμενης ουσίας σε ένα ηλεκτρόδιο.<sup>104</sup>

- **1922 μ.Χ. Πολαρογραφία**

Η εφεύρεση της πολαρογραφίας από τον Heyrovsky το 1922 μ.Χ. είναι το σημείο εκκίνησης της ηλεκτροανάλυσης με ηλεκτρόδιο υδραργύρου. Ο πολαρογράφος, που αναπτύχθηκε σε συνεργασία με τη Shikata, ήταν η πρώτη αυτοματοποιημένη αναλυτική συσκευή.<sup>103</sup> Ο Heyrovsky κατέγραψε μια καμπύλη ρεύματος- τάσης για ένα διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο υδραργύρου, και απέδωσε τη διαφορά ρεύματος στην εναπόθεση ιόντων νατρίου στον υδράργυρο. Η πολαρογραφία οδήγησε στην ανάπτυξη της θεωρίας των ηλεκτροχημικών αντιδράσεων και έθεσε τα θεμέλια όλων των βολταμετρικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροανάλυση.<sup>100</sup>

- **1937 μ.Χ. Ηλεκτροφόρηση**

Το 1937 μ.Χ. ο Tiselius γύρισε σελίδα στην ιστορία της ηλεκτροχημείας με το έργο του πάνω στην ηλεκτροφόρηση για τον διαχωρισμό πρωτεϊνών και αμινοξέων.<sup>100</sup> Τα βιομόρια αυτά φέρουν φορτισμένες ομάδες (τα όξινα και βασικά αμινοξέα των πρωτεϊνών και τις φωσφορικές ομάδες του DNA και του RNA). Τέτοιες ομάδες μεταφέρουν τα μόριά τους μέσω ενός διαλύματος προς ένα αντίθετα φορτισμένο ηλεκτρόδιο. Ο Tiselius έδειξε ότι οι πρωτεΐνες μετανάστευσαν μέσω ενός ρυθμιστικού διαλύματος ανάλογα με το μέγεθος και το φορτίο τους, αλλά αυτή η τεχνική δεν μπορούσε να διαχωρίσει καλά παρόμοιες ενώσεις. Ο Oliver Smithies ανέφερε το 1955 μ.Χ. ότι η πηκτή αμύλου είναι ένα εξαιρετικό σύστημα για το σκοπό αυτό, ένα εύρημα που έκανε την τεχνική αυτή αμέσως δημοφιλή.<sup>49</sup>

### **2.2.17. 1830 μ.Χ. Προσδιορισμός σημείου τήξης οργανικών ενώσεων**

Η χρήση των σημείων τήξης για τον χαρακτηρισμό των οργανικών ενώσεων και την καθαρότητά τους, εισήχθη από τον Michel Chevreul, κατά τη διάρκεια της μελέτης του για τα λιπαρά οξέα, τις δεκαετίες 1810 και 1820 μ.Χ.. Η πιο κοινή συσκευή για τον προσδιορισμό του σημείου τήξης, που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1830 μ.Χ., από τον Robert Bunsen, αποτελούνταν από ένα θερμαινόμενο μικρό ποτήρι ζέσεως, με πυκνό θειικό οξύ (ή γλυκερίνη ή ορυκτέλαιο), στο οποίο αιωρούνταν ένα θερμόμετρο

και ένας τριχοειδής σωλήνας με το δείγμα, που συγκρατείται από ένα λεπτό λάστιχο. Η παρατήρηση του σημείου τήξης θα μπορούσε να βελτιωθεί με τη χρήση μεγεθυντικού φακού. Η πιο ριζική αλλαγή στη συσκευή ήταν η εισαγωγή του ηλεκτρικά θερμαινόμενης πλάκας, τη δεκαετία του 1920 μ.Χ.. Η γνωστή πλέον συσκευή με τη μεταλλική θερμαινόμενη πλάκα και τον ενσωματωμένο μεγεθυντικό φακό, εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 μ.Χ., όταν τελικά εκτόπισε το λουτρό θειικού οξέος.<sup>61</sup>

### **2.2.18. 1824 μ.Χ. Προσδιορισμός αλκοολικού βαθμού**

Ο αλκοολικός βαθμός, εκφρασμένος σε ποσοστό κατ' όγκο (% vol), είναι μια από τις παλαιότερες παραμέτρους, για τις οποίες έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ποσοτικής ανάλυσης, και εξακολουθεί να προσδιορίζεται σε επιχειρήσεις και εργαστήρια σε όλο τον κόσμο. Τα θεμέλια για τον προσδιορισμό του αλκοολικού βαθμού τέθηκαν από τον Gay-Lussac το 1824 μ.Χ., με την εφεύρεση του αλκοολόμετρου, δηλαδή ενός υδρόμετρου με κλίμακα «% vol». Ο αλκοολικός βαθμός προσδιορίζεται με τη μέτρηση της πυκνότητας. Πριν τη μέτρηση συνήθως πρέπει να προηγείται απόσταξη (ειδικά για μπύρα, κρασί και λικέρ), επειδή τα σάκχαρα και οι άλλες διαλυμένες ουσίες οδηγούν σε ψευδή αποτελέσματα. Ο λόγος είναι ότι οι πίνακες για τη μετατροπή της πυκνότητας σε αλκοολικό βαθμό βασίζονται σε μίγματα νερού- οινόπνευματος χωρίς άλλες προσμίξεις. Τη δεκαετία του 1980 μ.Χ., η ηλεκτρονική πυκνομετρία, η οποία βασίζεται στην ηλεκτρομαγνητικά επαγόμενη ταλάντωση ενός γυάλινου σωλήνα σε σχήμα U, εισήχθη στην ανάλυση του αλκοολικού τίτλου. Από τη δεκαετία του 1990 μ.Χ. η φασματοσκοπία υπερύθρου (IR) σε συνδυασμό με πολλαπλή παλινδρόμηση εφαρμόζεται ευρέως, ως διαδικασία προσδιορισμού του αλκοολικού βαθμού σε πολύ λίγο χρόνο και χωρίς καμία προετοιμασία του δείγματος (δηλαδή χωρίς απόσταξη).<sup>105</sup>

### **2.2.19. 1844 μ.Χ. Πολωσιμετρία**

Το πολωσίμετρο μετρά τη στροφή του πολωμένου φωτός καθώς διέρχεται μέσα από ένα διάλυμα. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιείται μια ισχυρή πηγή φωτός, όπως μια φλόγα νατρίου. Το φως από τη φλόγα πολώνεται χρησιμοποιώντας ένα πρίσμα και περνά μέσα από το σωλήνα με το διάλυμα, πριν χτυπήσει ένα δεύτερο πρίσμα. Εάν υπάρχει νερό στο σωλήνα και τα δύο πρίσματα βρίσκονται σε ορθή γωνία μεταξύ τους, δεν θα βγει φως από το

πολωσίμετρο. Αυτό είναι το μηδενικό σημείο. Εάν στη συνέχεια το νερό αντικατασταθεί από ένα οπτικά ενεργό διάλυμα, που στρέφει το επίπεδο πόλωσης, το δεύτερο πρίσμα θα πρέπει να στραφεί είτε προς τα αριστερά είτε προς τα δεξιά για να επιστρέψει στο μηδενικό σημείο. Το πολωσίμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της γωνίας στροφής μιας δέσμης φωτός που διέρχεται μέσα από ένα διάλυμα οπτικά ενεργής ουσίας, άρα και την μέτρηση της συγκέντρωσής της, εάν είναι γνωστή η γωνία στροφής ενός διαλύματος αναφοράς.<sup>61</sup>

Ο Mitscherlich εισήγαγε τη διάταξη με δύο πρίσματα το 1844 μ.Χ.. Ο Wilhelmy χρησιμοποίησε ένα πρώιμο πολωσίμετρο το 1850 μ.Χ. για να μετρήσει τον ρυθμό απώλειας της οπτικής ενεργότητας της γλυκόζης παρουσία οξέος. Το κλασικό σακχαρόμετρο, εισήχθη από τον Laurent το 1874 μ.Χ. Η Εικόνα 41 δείχνει ένα πολωσίμετρο της δεκαετίας του 1890 μ.Χ..<sup>61</sup>

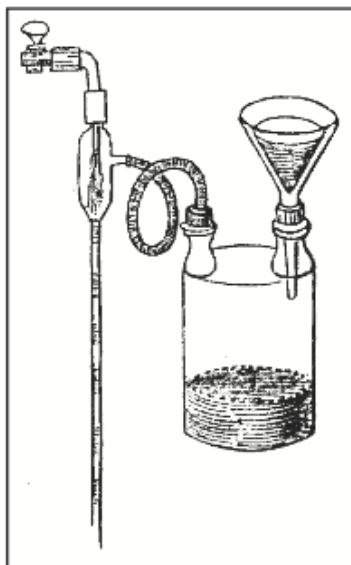


Εικόνα 41: Πολωσίμετρο<sup>61</sup>

#### 2.2.20. 1865 μ.Χ. Διήθηση υπό κενό - Ανακρυστάλλωση

- 1865 μ.Χ. Διήθηση υπό κενό

Η διήθηση υπό κενό φαίνεται να εισήχθη στην εργαστηριακή πρακτική το 1865 μ.Χ. από τον Jules Piccard που πρότεινε τη συσκευή που φαίνεται στο Εικόνα 42, αποτελούμενη από ένα δοχείο Woulfe με δύο λαιμούς, ένα χωνί και μια αντλία νερού για δημιουργία κενού.<sup>106</sup>



Εικόνα 42: Συσκευή διήθησης υπό κενό<sup>106</sup>

Ο Sprengel παρουσίασε επίσης το 1865 μ.Χ., μια πιο ισχυρή έκδοση της αντλίας, που χρησιμοποιούσε σταγόνες υδραργύρου σε έναν τριχοειδή σωλήνα.<sup>61</sup> Το 1868 μ.Χ. ο Bunsen περιέγραψε μια πιο περίπλοκη διάταξη που χρησιμοποιεί μια φιάλη με παχύ τοίχωμα, μια τροποποιημένη αντλία Sprengel, ένα μανόμετρο και μια παγίδα ασφαλείας. Το 1886 μ.Χ. ο Otto Witt εισήγαγε τη χρήση ενός δίσκου από γυαλί ή πορσελάνη με διάτρητες οπές που μπορούσε να τοποθετηθεί πάνω σε ένα χωνί. Το 1888 μ.Χ. ο Hirsch κατασκεύασε ένα χωνί με μόνιμα συνδεδεμένο το δίσκο (Εικόνα 43), και την ίδια χρονιά, ο Ernst Büchner περιέγραψε μια παραλλαγή του χωνιού του Hirsch, που μπορούσε να φιλοξενήσει πολύ μεγαλύτερους δίσκους.<sup>106</sup>



Εικόνα 43: Αντλία νερού για δημιουργία νερού συνδεδεμένο με χωνί Hirsch<sup>61</sup>

Η εισαγωγή της αντλίας νερού για δημιουργία κενού στο εργαστήριο επέτρεψε στους χημικούς να δημιουργήσουν ένα μέτρια ισχυρό κενό χρησιμοποιώντας φθινό και ασφαλή εξοπλισμό, εφόσον είχαν πρόσβαση σε τρεχούμενο νερό υπό πίεση. Αυτό το κενό έδωσε τη δυνατότητα στους χημικούς να μειώσουν την πίεση και τη θερμοκρασία της απόσταξης. Η μείωση της θερμοκρασίας επέτρεψε στους χημικούς να αποστάζουν υγρά που θα είχαν αποσυντεθεί ή θα είχαν υποστεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις, στο κανονικό σημείο βρασμού. Η χρήση κενού βοήθησε σημαντικά στον καθαρισμό υγρών μιγμάτων και τον καθαρισμό στερεών, επιταχύνοντας τη διήθηση των κρυστάλλων.<sup>61</sup>

Το κενό χρησιμοποιείται και στο τελικό στάδιο της διαδικασίας της ανακρυστάλλωσης. Οι χημικές ενώσεις, οργανικές και ανόργανες, συχνά καθαρίζονται λαμβάνοντας το αρχικό κρυσταλλικό προϊόν μιας αντίδρασης, επαναδιαλύοντάς το σε ζεστό διαλύτη και στη συνέχεια ανακρυσταλλώνοντάς το. Οι κρύσταλλοι διαχωρίζονται από τον διαλύτη με διήθηση, χρησιμοποιώντας το χωνί Büchner, το οποίο έχει μια γυάλινη φιάλη με πλευρικό βραχίονα που με τη σειρά του συνδέεται με μια αντλία νερού. Η αντλία μετέτρεψε μια αργή διαδικασία, σε ταχεία που παρήγαγε ξηρούς κρυστάλλους.<sup>61</sup>

### **2.2.21. 1877 μ.Χ. Προσδιορισμός pH**

- **1877 μ.Χ. Συνθετικοί δείκτες pH**

Ήταν γνωστό από την αρχαιότητα ότι τα εκχυλίσματα από ορισμένα φυτά αλλάζουν χρώμα όταν αναμιχθούν με οξέα ή βάσεις. Ως δείκτες χρησιμοποιήθηκαν το βάμμα του ηλιοτροπίου, ο κουρκουμάς, σιρόπι από βιολέτες κ.λπ. Σε αυτούς τους φυσικούς δείκτες προστέθηκαν στη συνέχεια οι συνθετικοί. Η φαινολοφθαλεΐνη ήταν ο πρώτος συνθετικός δείκτης που φτιάχτηκε το 1877 μ.Χ. και σύντομα ακολούθησε το πορτοκαλί του μεθυλίου κ.α.. Κάθε χημικός γνώριζε τη χρήση των δεικτών, αλλά όχι τον τρόπο λειτουργίας τους. Η εξήγηση της λειτουργίας ενός δείκτη οξέος-βάσης δόθηκε από τον Wilhelm Ostwald το 1894 μ.Χ..<sup>79</sup> Το 1904 μ.Χ. δημοσιεύτηκαν αρκετά άρθρα σχετικά με τους δείκτες, συμπεριλαμβανομένου ενός άρθρου που έδινε έναν πίνακα χρώματος δείκτη, αλλά χωρίς τη χρήση pH. Το 1908 μ.Χ., οι σταθερές ιοντισμού των δεικτών, όπως το πορτοκάλι του μεθυλίου και η φαινολοφθαλεΐνη προσδιορίστηκαν σε ρυθμιστικά διαλύματα με τη χρήση ενός απλού οπτικού χρωματόμετρου.<sup>107</sup>

- **1921 μ.Χ. Πεχάμετρο**

Η πρώιμη ανάπτυξη των πεχάμετρων ξεκίνησε με το έργο του Kenneth Goode το 1921 μ.Χ. που παρουσίασε ένα φορητό πεχάμετρο άμεσης ανάγνωσης και το 1930 μ.Χ. ένα ακόμα πεχάμετρο που περιγράφηκε ως ένα βολτόμετρο, προσαρμοσμένο για μετρήσεις ιόντων υδρογόνου. Περαιτέρω ανάπτυξη των πεχάμετρων οδήγησε<sup>108</sup> το 1935 μ.Χ., στην παραγωγή από τον ο Arnold Beckman του πρώτου εμπορικού πεχαμέτρου, που αποτέλεσε πρότυπο για πολλά χρόνια.<sup>107</sup>

### **2.2.22. 1878 μ.Χ. Φυγοκεντρητής**

Η φυγοκέντρωση είναι μια μηχανική διαδικασία που χρησιμοποιεί τη φυγόκεντρο δύναμη για να διαχωρίσει τα συστατικά ενός μείγματος σύμφωνα με την πυκνότητα ή/και το μέγεθος των σωματιδίων. Ο πρώτος συνεχής φυγοκεντρητής, που σχεδιάστηκε το 1878 μ.Χ. από τον De Laval για να διαχωρίζει την κρέμα από το γάλα, άνοιξε την πόρτα σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών. Στη συνέχεια, το 1910 μ.Χ., εισήχθησαν οι πρώτοι ηλεκτροκίνητοι φυγοκεντρητές και το 1923 μ.Χ. εφευρέθηκε από τον Svedberg ο αναλυτικός υπερφυγοκεντρητής, που λειτουργεί στις 10000 rpm και είναι εξοπλισμένος με διαφανή παράθυρα παρατήρησης. Στη δεκαετία του 1940 μ.Χ. έγινε απομόνωση των πρώτων υποκυτταρικών συστατικών με φυγοκεντρικές τεχνικές. Σήμερα, οι φυγοκεντρητές χρησιμοποιούνται σε διάφορους κλάδους που κυμαίνονται από εμπορικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας έως επιστημονική έρευνα εργαστηριακής κλίμακας.<sup>109</sup>

### **2.2.23. 1883 μ.Χ. Φωτοηλεκτρικό στοιχείο**

Ο Αϊνστάιν το 1905 μ.Χ., με βάση την κβαντική θεωρία, έδωσε μια εύλογη εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.<sup>110</sup> Αυτό έστρεψε την προσοχή στην ηλιακή ενέργεια σε ευρύτερη κλίμακα. Στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλιακών συσσωρευτών συνεισέφεραν διάφοροι επιστήμονες. Πολλοί θεωρούν ότι η εφεύρεση του φωτοηλεκτρικού κυττάρου ανήκει στον Becquerel, ο οποίος διαπίστωσε ότι το φως θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όταν δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια τοποθετηθούν σε ένα αγώγιμο διάλυμα. Αυτή η ανακάλυψη, που ορίστηκε ως «φωτοβολταϊκό φαινόμενο», είχε επιρροή στις μεταγενέστερες εξελίξεις των φωτοβολταϊκών (PV). Το 1873 μ.Χ., ο Willoughby Smith ανακάλυψε ότι το σελήνιο ήταν φωτοαγώγιμο, οδηγώντας στην ανακάλυψη του Adams and Day το 1876 μ.Χ.

ότι το σελήνιο δημιουργεί ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο ηλιακό φως. Το 1883 μ.Χ. ο Fritts παρήγαγε πραγματικά τα πρώτα φωτοηλεκτρικά στοιχεία από σελήνιο.<sup>111</sup>

Ωστόσο, οι ηλιακές κυψέλες, όπως τις ξέρουμε σήμερα, κατασκευάζονται με πυρίτιο, όχι σελήνιο. Ως εκ τούτου, ορισμένοι θεωρούν ότι η αληθινή εφεύρεση των ηλιακών συλλεκτών συνδέεται με τη δημιουργία του φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου από τους Chapin, Fuller και Pearson το 1954 μ.Χ.. Ήταν η πρώτη περίπτωση μιας τεχνολογίας ηλιακής ενέργειας, που θα μπορούσε πραγματικά να τροφοδοτήσει μια ηλεκτρική συσκευή για αρκετές ώρες την ημέρα. Το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου θα μπορούσε να μετατρέψει το ηλιακό φως με απόδοση 4%, λιγότερο από το ένα τέταρτο της ικανότητας των σύγχρονων κυψελών. Ακολούθησαν πολλά επιτεύγματα στην μετατροπή της ηλιακής ενέργειας, φτάνοντας την απόδοση στο 34,5% το 2016.<sup>111</sup>

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ηλιακών μπαταριών: οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος και οι μπαταρίες ιόντων λιθίου. Οι τελευταίες είναι πολύ πιο προηγμένες, με μεγαλύτερη διάρκεια και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είχαν υψηλότερο αρχικό κόστος, αλλά η τιμή τους μειώνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Αυτή η πτωτική τάση των τιμών είναι καλά νέα για τις ανανεώσιμες ηλιακές πηγές ενέργειας το 2020 μ.Χ. - και είναι πιθανό να συνεχιστεί.<sup>111</sup>

#### **2.2.24. 1891 μ.Χ. Πυρόλυση πετρελαίου**

Η διάσπαση μεγαλύτερων υδρογονανθράκων σε μικρότερους, πιο χρήσιμους ονομάζεται πυρόλυση και είναι αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Ο Vladimir Shukhon, το 1891 μ.Χ., καθιέρωσε τη διαδικασία της θερμικής πυρόλυσης, στην οποία το πετρέλαιο θερμαινόταν υπό πίεση σε τουλάχιστον 370°C για να σπάσει και να αναμορφώσει τους δεσμούς άνθρακα που καταλήγουν σε μια κατανομή ευθύγραμμων και διακλαδισμένων υδρογονανθράκων. Τα πιο πτητικά προϊόντα απομακρύνονται με απόσταξη. Οι συνθήκες μπορούν να προσαρμοστούν για την παραγωγή διαφορετικών μιγμάτων βενζίνης και μαζούτ. Παραλλαγές της διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν σε ακόμη υψηλότερες θερμοκρασίες, σε μια προσπάθεια να βελτιωθεί η εξαγωγή χρήσιμων προϊόντων, αλλά η θερμική πυρόλυση είχε τα όριά της και τελικά ξεπεράστηκε με την εφεύρεση της καταλυτικής πυρόλυσης.<sup>49</sup>

### **2.2.25. 1893 μ.Χ. Θερμίτης**

Η ενεργειακή κατάσταση ενός μείγματος οξειδίου του σιδήρου (σκουριάς) και στοιχειακού αλουμινίου είναι πολύ υψηλότερη από εκείνη ενός μείγματος οξειδίου του αλουμινίου και σιδήρου. Μια αντίδραση μεταξύ του στοιχειακού αλουμινίου και του οξειδίου του σιδήρου απελευθερώνει πολλή θερμότητα. Και αυτός είναι ο θερμίτης. Ένα φιτίλι από εύφλεκτο μαγνήσιο χρησιμοποιείται για την έναρξη της αντίδρασης, αλλά οποιαδήποτε αρκετά καυτή φλόγα, μεγαλύτερη από 2.200°C, μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό και επικίνδυνο, και μόλις ξεκινήσει η αντίδραση, τίποτα δεν θα τη σταματήσει μέχρι να ολοκληρωθεί. Μπορεί επίσης να συμβεί με οξειδία μετάλλων εκτός του σιδήρου (χαλκός, μαγγάνιο, χρώμιο), Ο Hans Goldschmidt ανακάλυψε την αντίδραση θερμίτη το 1893 μ.Χ..<sup>49</sup>

### **2.2.26. 1901 μ.Χ. Χρωματογραφία**

- **23-79 μ.Χ. Χρωματογραφία χαρτιού**

Η χρωματογραφία χαρτιού φαίνεται να είναι μια από τις πρώτες μορφές χρωματογραφίας. Εφαρμόστηκε από τον Pliny το 23-79 μ.Χ., χρησιμοποιώντας πάπυρο διαποτισμένο με βελανίδια για την ανίχνευση θειικού σιδήρου.<sup>112</sup>

- **1512 μ.Χ. χρωματογραφία αερίου - υγρού**

Η πρώτη γνωστή χρήση της αέριας χρωματογραφίας ήταν ίσως του Hieronymus Brunschwig το 1512 μ.Χ., που περιέγραψε μια τεχνική για τον καθαρισμό του αλκοόλ. Περνώντας ένα μείγμα αλκοόλης και νερού μέσα από μια μεταλλική στήλη γεμάτη με βαμβάκι ή σφουγγάρι, εμποτισμένο με ελαιόλαδο κατάφερε να αποκτήσει μια ορισμένη ποσότητα καθαρού αλκοόλ. Το σφουγγάρι χρησίμευε σε αυτή την περίπτωση ως ακίνητος φορέας, ενώ το ελαιόλαδο ήταν η υγρή στατική φάση. Οι ατμοί του οινοπνεύματος λειτουργούσαν ως κινητή φάση. Το 1962 μ.Χ., οι Bayer και Born επιβεβαίωσαν πειραματικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του Brunschwig που στην πραγματικότητα ήταν αέρια- υγρή χρωματογραφία.<sup>113</sup>

- **1855 μ.Χ. διαχωρισμός σε χαρτί**

Μια άλλη πιθανή αφετηρία της χρωματογραφίας ήταν το 1855 μ.Χ. όταν ο Runge δημοσίευσε το έργο του για τον διαχωρισμό χρωστικών σε χαρτί. Κατά άλλους η αρχή της χρωματογραφικής ανάλυσης θα έπρεπε να πιστωθεί στον Coppelsoeder, ο οποίος παρουσίασε σχετικό έργο το 1861 μ.Χ. και στον



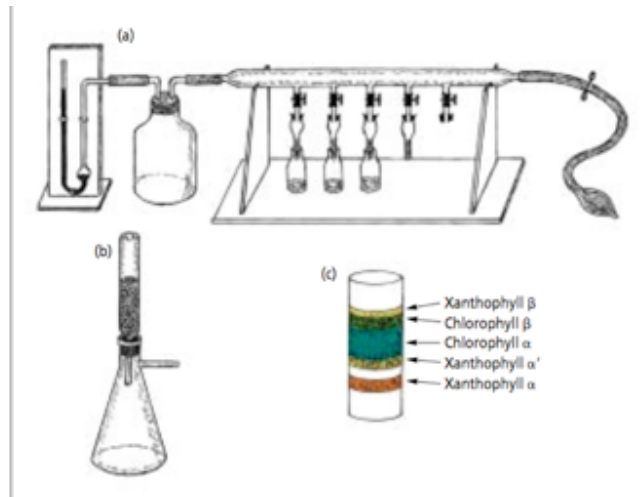
Schonbein, ο οποίος περιέγραψε τον διαχωρισμό των ουσιών προσροφημένων σε διηθητικό χαρτί.<sup>112</sup>

- **1893 μ.Χ. διαχωρισμός σε στήλη**

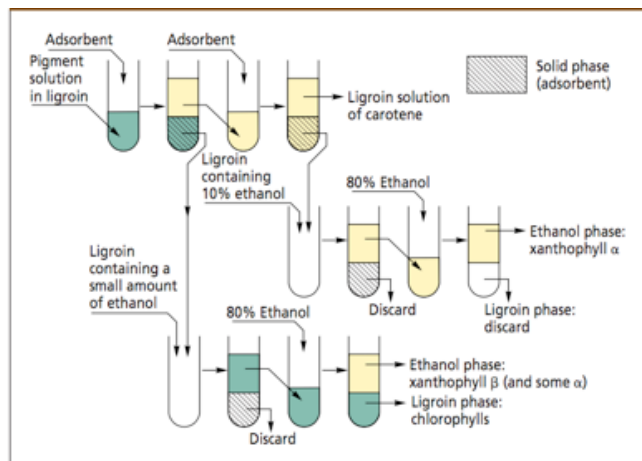
Ωστόσο, η έννοια του διαχωρισμού σε στήλες μπορεί να αποδοθεί στο έργο του Reed, ο οποίος περιέγραψε μερικά από τα πρώτα πειράματά του χρησιμοποιώντας στήλες το 1893 μ.Χ.. Ο Day, το 1897 μ.Χ., επίσης έδειξε τη χρήση στηλών για τον διαχωρισμό των κλασμάτων πετρελαίου.<sup>112</sup>

- **1901 μ.Χ. χρωματογραφία**

Η ανάπτυξη της χρωματογραφίας μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την έρευνα του Tswett το 1901 μ.Χ.. Η βασική του παρατήρηση ήταν ότι ενώ ο πετρελαιϊκός αιθέρας διαλύει εύκολα τη χλωροφύλλη και άλλες παρόμοιες χρωστικές, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των ίδιων χρωστικών από τα φύλλα. Κάτι που μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με τη χρήση αιθανόλης ως διαλύτη. Ο Tswett κατέληξε ότι πιθανόν το φαινόμενο αυτό να οφείλεται στην προσρόφηση, οι δυνάμεις της οποίας είναι ισχυρότερες από τη διαλυτική ισχύ ενός διαλύτη, αλλά και πιο αδύναμες από αυτή ενός άλλου διαλύτη. Προσπάθησε λοιπόν να μιμηθεί αυτή τη διαδικασία, χρησιμοποιώντας διηθητικό χαρτί σαν υπόστρωμα, το οποίο αποτελείται από κυτταρίνη και θα συμπεριφερόταν παρόμοια με τον ιστό των φύλλων. Η συσκευή που χρησιμοποίησε φαίνεται στην Εικόνα 44 και που αποτελούνταν από κάθετες στήλες, τα πάνω μέρη των οποίων διευρύνθηκαν για να χρησιμεύσουν ως δεξαμενές για τον διαλύτη. Πραγματοποιώντας μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων, εκχυλίσεων, καταβυθίσεων και προσροφήσεων κατάφερε τον διαχωρισμό χλωροφύλλης, καροτένιου και ξανθοφύλλης (Εικόνα 45). Η περίληψη των δραστηριοτήτων του παρουσιάστηκε από τον ίδιο σε μια διάλεξη το 1903 μ.Χ..<sup>114,115</sup> Τα επόμενα χρόνια, βελτίωσε περαιτέρω αυτή την τεχνική, η οποία τελικά έγινε γνωστή ως χρωματογραφία.<sup>116</sup>



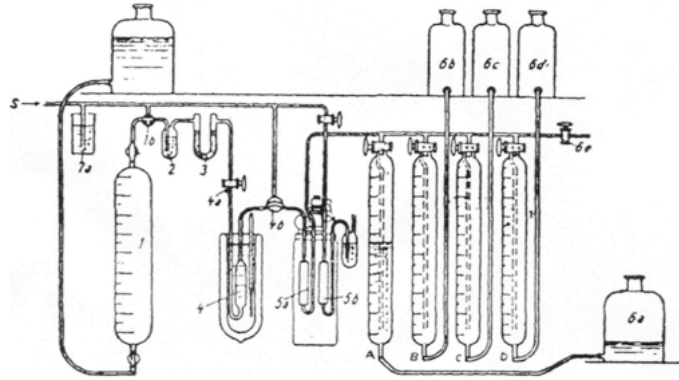
Εικόνα 44: Πρώτη συσκευή διαχωρισμού χρωστικών<sup>116</sup>



Εικόνα 45: Διαδικασία διαχωρισμού χρωστικών του Tswett<sup>116</sup>

- **1931 μ.Χ. χρωματογραφία αερίου - υγρού**

Ο Paul Schufftan ήταν ο πρώτος επιστήμονας που εφάρμοσε τη χρωματογραφία αερίου- υγρού, την οποία περιέγραψε το 1931 μ.Χ. Ο Schufftan εργάστηκε στον τομέα του διαχωρισμού μιγμάτων αερίων στη βιομηχανική πυρόλυση και ασχολήθηκε με τον διαχωρισμό μιγμάτων υδρογόνου/αζώτου για σύνθεση αμμωνίας, παραγωγή υδρογόνου και υδρογόνωση άνθρακα για την παραγωγή αιθυλενίου. Η συσκευή του Schufftan περιείχε πολλά δοχεία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 46. Το αναλυόμενο αέριο μίγμα εισέρχεται σε σωλήνα γεμάτο με άνθρακα, όπου οι υδρογονάνθρακες προσροφούνται από τον άνθρακα. Το υδρογόνο, το άζωτο, το μονοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο τροφοδοτούνται αμέσως, χωρίς να προσροφηθούν, στο πρώτο δοχείο μέχρι να διαρρέυσει το μεθάνιο.<sup>113</sup>



Εικόνα 46: Συσκευή διαχωρισμού αερίων πυρόλυσης του Schufler<sup>113</sup>

- **1941 μ.Χ. Χρωματογραφία κατανομής (υγρού - υγρού)**

Ο Neuberg παρατήρησε ότι οι συντελεστές κατανομής των διαφόρων αμινοξέων μεταξύ νερού και ενός οργανικού διαλύτη διέφεραν. Οι Martin και Synge, χρησιμοποιώντας αυτή την παρατήρηση, προσπάθησαν, το 1941 μ.Χ., να διαχωρίσουν τα αμινοξέα με αντίστροφη κατανομή. Αυτή η εργασία δεν ήταν επιτυχής, για αυτό και πειραματίστηκαν με διαφορετικά προσροφητικά υλικά, όπως πηκτή πυριτίου και τελικά διηθητικό χαρτί με νινυδρίνη. Αυτή η ιδέα οδήγησε στην πορεία στη χρωματογραφία κατανομής, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα.<sup>112</sup>

- **1951 μ.Χ. Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC)**

Το 1889 μ.Χ. ο Beyerinck κατάφερε τον διαχωρισμό ουσιών μέσω διάχυσης σε ένα λεπτό στρώμα ζελατίνης.<sup>117</sup> Η πραγματική πρόοδος της χρωματογραφία λεπτής στιβάδας όμως ξεκίνησε το 1951 μ.Χ. όταν ο Kirchner και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν μεγαλύτερες πλάκες διαχωρισμού και και ο Stahl και οι συνεργάτες του ανακάλυψαν μεθόδους δημιουργίας πιο σταθερών στρωμάτων. Μια άλλη εξέλιξη στον τομέα ήταν η εισαγωγή στρωμάτων χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας υψηλής απόδοσης (HPTLC) που παράχθηκε εμπορικά στα μέσα της δεκαετίας του 1970 μ.Χ.<sup>112</sup>

- **1941 μ.Χ. Αέρια χρωματογραφία (GC)**

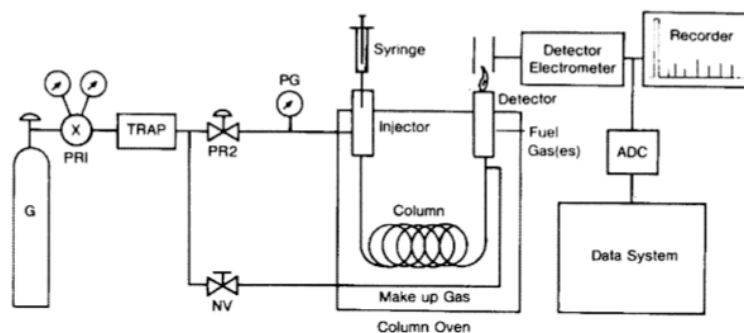
Οι Martin και Synge που πειραματίστηκαν με το διαχωρισμό μιγμάτων αμινοξέων το 1941 μ.Χ. και ανέπτυξαν χρωματογραφία κατανομής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην ίδια εργασία, έχουν σημειώσει ότι η χρωματογραφία θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον διαχωρισμό αερίων, αν και δεν παρασχέθηκε πειραματική απόδειξη.<sup>113</sup>

- **1952 μ.Χ. Χρωματογραφία αερίου - υγρού**

Ο Martin, ωστόσο, συνέχισε τη δουλειά του με τον James, και το 1952 μ.Χ., και επινόησαν τη χρωματογραφία αερίου-υγρού, μια μέθοδο με ένα αδρανές αέριο φορέα που χρησιμοποιείται ως κινητή φάση και ένα μη πτητικό υγρό σε ένα στερεό στήριγμα που χρησιμοποιείται ως στατική φάση. Έκτοτε, οι Martin, Syngge και James θεωρούνται σημαντικοί στον τομέα της αέριας χρωματογραφίας.<sup>113</sup>

- **1952 μ.Χ. σύγχρονη αέρια χρωματογραφία (GC)**

Η σύγχρονη αέρια χρωματογραφία (GC) (που εφευρέθηκε από τους Martin και James το 1952 μ.Χ.) έχει γίνει μια από τις πιο σημαντικές και ευρέως εφαρμοσμένες αναλυτικές τεχνικές στη σύγχρονη Χημεία. Η αέρια χρωματογραφία επιτυγχάνει διαχωρισμούς με μια σειρά κατανομών μεταξύ μιας αέριας κινητής φάσης και μιας υγρής στατικής φάσης που συγκρατείται σε ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου (τη στήλη), στον οποίο εκχύνεται το μείγμα.<sup>119</sup> Η στατική φάση μπορεί να είναι και στερεή.<sup>113</sup> Στη συνέχεια, ένας ανιχνευτής παρακολουθεί τη σύνθεση του αερίου ρεύματος, καθώς αναδύεται από τη στήλη που φέρει διαχωρισμένα συστατικά. Τέλος τα προκύπτοντα σήματα μετατρέπονται σε δεδομένα.<sup>118</sup> Ένα σύγχρονο όργανο GC φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 47.



Εικόνα 47: Σχηματική αναπαράσταση σύγχρονου οργάνου GC<sup>118</sup>

- **1957 μ.Χ. Αέρια χρωματογραφία/ φασματομετρία μάζας (GC/MS)**

Ίσως μια πολύ σημαντική εξέλιξη ήταν η τροποποίηση ενός φασματομέτρου μάζας για τη συνεχή παρακολούθηση των εκροών από μια στήλη αέριας χρωματογραφίας. Το φασματοόμετρο μάζας είναι ένας πολύ ευαίσθητος, επιλεκτικός ανιχνευτής και μπορεί να παρέχει φάσματα που είναι χρήσιμα για προσδιορισμό. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε το 1957 μ.Χ..<sup>112</sup>

- **1940 μ.Χ. χρωματογραφία κατανομής (υγρού - υγρού)**

Στις αρχές της δεκαετίας του 1940 μ.Χ. όταν οι Martin και Synge δημοσίευσαν το κλασικό τους έγγραφο για τη χρωματογραφία κατανομής (υγρού-υγρού), ανέφεραν επίσης ότι για πιο γρήγορη ανάλυση με υγρή χρωματογραφία θα χρειαζόνταν πιο μικρά σωματίδια για τη στήλη και χρήση πίεσης για την κινητή φάση.<sup>112</sup>

- **1960 μ.Χ. Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC)**

Οι Hamilton, Bogue και Anderson, το 1960 μ.Χ., ανέφεραν τη χρήση της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης, χρησιμοποιώντας μικρότερα μεγέθη σωματιδίων και ελεγχόμενους ρυθμούς ροής, για το διαχωρισμό των αμινοξέων, αλλά είχαν ελάχιστη απήχηση.<sup>112</sup> Ο Kirkland στην πορεία ανακάλυψε μια σειρά από νέες στερεές φάσεις. Τα μικρότερου μεγέθους σωματίδια είχαν περισσότερη επιφάνεια και διαχωρίζονταν πιο καλά, αλλά ο ρυθμός ροής γινόταν πολύ αργός. Η λύση ήταν να προστεθούν μηχανικές αντλίες για να εξαναγκάσουν το διάλυμα να περάσει μέσα από τη στήλη. Οι αλλαγές αυτές οδήγησαν στη σύγχρονη υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης, με τον Horváth να κατασκευάζει το πρώτο όργανο το 1967 μ.Χ..<sup>49</sup> Η HPLC είναι κατά κύριο λόγο μια διαδικασία για την ταχεία και ακριβή ανάλυση μειγμάτων οργανικών ενώσεων, αλλά είναι και μια τεχνική που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος δείγματος.<sup>119</sup>

### **2.2.27. 1912 μ.Χ. Κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ**

- **1912 μ.Χ. Κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ**

Το 1912 μ.Χ. ο Max von Laue συνειδητοποίησε ότι οι κρυσταλλικές ουσίες εμφανίζουν εκπληκτική ανταπόκριση σε ακτίνες Χ. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, οι κρύσταλλοι παράγουν σχήματα περίθλασης, ζώνες και κηλίδες που ανακλώνται από το δείγμα. Τα μοτίβα που λαμβάνονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστούν οι διατάξεις των ατόμων που τα προκάλεσαν. Το αποτέλεσμα είναι μια τρισδιάστατη εικόνα του κρυσταλλικού πλέγματος.<sup>49</sup>

- **1958 μ.Χ. κρυσταλλογραφία πρωτεϊνών**

Οι Bernal και Hodgkin εφάρμοσαν κρυσταλλογραφία σε πρωτεΐνες και έδειξαν το 1934 μ.Χ., ότι η περίθλαση των πρωτεϊνών ήταν δυνατή. Η πρώτη δομή που μελετήθηκε ήταν η μυοσφαιρίνη το 1958 μ.Χ. από τον Phillips. Η

κρυστάλλωση πρωτεϊνών με αυτόν τον τρόπο παρέχει πλέον αμέτρητες γνώσεις για τη βιοχημεία και την ανακάλυψη φαρμάκων.<sup>49</sup>

- **1962 μ.Χ. Πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (GFP) - 1992 μ.Χ. χρωματική επισήμανση με GFP**

Το 1962 μ.Χ. ο Osamu Shimomura ανέφερε ότι απομόνωσε την πρωτεΐνη που δίνει, σε ένα είδος μέδουσας, το λαμπερό μπλε-πράσινο χρώμα της. Η πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (GFP) μπορεί να συνδεθεί σε όλα τα είδη αλληλουχιών DNA για να χρησιμεύσει ως επισήμανση, ώστε να γνωρίζουμε εάν ένα νέο γονίδιο εκφράζεται, σε μια κυτταρική καλλιέργεια. Αυτή τη δυνατότητα ανακάλυψε ο Douglas Prasher το 1992 μ.Χ. και σημαντική βοήθεια στην εξέλιξη των μεθόδων μετατροπής των πρωτεϊνών πρόσφερε η κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ. Οι ερευνητές πέτυχαν πιο φωτεινό φθορισμό και με μεγαλύτερη διάρκεια, άρχισαν να δοκιμάζουν τη μέθοδο και σε άλλα είδη και επέκτειναν το φάσμα φθορισμού των πρωτεϊνών, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές ταυτόχρονα, εκπέμποντας διαφορετικά χρώματα.<sup>49</sup>

#### **2.2.28. 1912 μ.Χ. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Το 1795 μ.Χ. ο Dieman και οι συνεργάτες του παρασκεύασαν διχλωροαιθάνιο. Το 1835 μ.Χ. ο Henri Regnault παρήγαγε πιθανώς βινυλοχλωρίδιο, το βασικό υλικό για την κατασκευή PVC. Το 1860 μ.Χ., ο Hofmann παρατήρησε ότι το βινυλοβρωμίδιο, ένα άχρωμο υγρό, μεταβλήθηκε σε μια λευκή μάζα που μοιάζει με πορσελάνη. Το 1872 μ.Χ., ο Baumann, επεξεργαζόμενος αυτά τα αποτελέσματα, έγινε ο πρώτος που παρήγαγε πολυβινυλοχλωρίδιο, ένα λευκό γαλακτώδες ίζημα που παράγεται με την τοποθέτηση βινυλοχλωριδίου στο ηλιακό φως. Το 1912 μ.Χ. ήταν η χρονιά που ανακαλύφθηκε το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και αναφέρθηκε μια διαδικασία παραγωγής για αυτό. Ωστόσο, το PVC χρησιμοποιήθηκε μετά από έναν αιώνα. Όπως και άλλοι χημικοί της εποχής, ο Baumann δεν έδειξε ενδιαφέρον για την εφαρμογή του νέου υλικού.<sup>120</sup>

#### **2.2.29. 1928 μ.Χ. μετρητής Geiger-Muller**

Το 1908 μ.Χ., παρουσιάστηκε ο πρώτος επιτυχημένος ανιχνευτής μεμονωμένων σωματιδίων άλφα. Οι μεταγενέστερες εκδόσεις αυτού του μετρητή ήταν σε θέση να μετρούν τα σωματίδια βήτα και άλλες ιονίζουσες ακτινοβολίες. Ο μετρητής Geiger-Muller χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της

ακτινοβολίας το 1928 μ.Χ. Η εφεύρεση του σήμανε την αρχή των ηλεκτρικών συσκευών στη μέτρηση της ακτινοβολίας.<sup>121,122,123</sup>

### **2.2.30. 1935 μ.Χ. Νάιλον**

Ο Hooke το 1664 μ.Χ. και ο Reaumur το 1734 μ.Χ. πρότειναν μεθόδους και υλικά για τη δημιουργία τεχνητού μεταξιού. Τη δεκαετία του 1840 μ.Χ. ο Schwabe σχεδίασε τις πρώτες τεχνητές υφάνσιμες ίνες, από φυσικά κόμματα και ρητίνες. Ο Mercer, το 1844 μ.Χ., εισήγαγε μια τεχνική εμβαπτίσματος βαμβακερών νημάτων σε διάλυμα καυστικής σόδας για να αποκτήσουν στιλπνότητα (μερσερισμός). Το πρώτο ρεγιόν ύφασμα παράχθηκε το 1889 μ.Χ. από μια λεπτή κλωστή νιτροκυτταρίνης. Το 1927 μ.Χ. ο Carothers συνέθεσε διάφορους αιθέρες και εστέρες κυτταρίνης, αλλά στη συνέχεια απέρριψε την κυτταρίνη ως πρώτη ύλη, κάτι που τον οδήγησε τελικά στην ανακάλυψη του νάιλον.<sup>124</sup>

Ο Carothers διεξήγαγε έρευνες στον τομέα της πολυσυμπύκνωσης και μέχρι το 1928 μ.Χ. είχε παραγάγει πολυεστέρες με μέσο μοριακό βάρος κοντά στο 5000. Με την τοποθέτηση ενός δείγματος του πολυεστέρα στον μοριακό αποστακτήρα (μια συσκευή για την απόσταξη ουσιών με εξαιρετικά χαμηλές πιέσεις ατμών) διαπιστώθηκε ότι η απομάκρυνση του νερού συνοδεύτηκε από αύξηση του μοριακού βάρους της. Εκτός από αυτή την αξιοσημείωτη αλλαγή στο μοριακό βάρος της ουσίας υπήρξαν εξίσου αξιοσημείωτες αλλαγές στις φυσικές τις ιδιότητες. Από ημιδιαφανές, κηρώδες, εύθραυστο στερεό έγινε σκληρό, ελαστικό και μάλλον διαφανές. Οι ίνες που προέρχονται από αυτόν τον «υπερπολυεστέρα» ήταν πολύ ανώτερες από εκείνες του πολυεστέρα. Ήταν πιο εύκαμπτες και είχαν μεγαλύτερη αντοχή, αλλά το κύριο πλεονέκτημα ήταν ότι μπορούσαν να έλκονται «ψυχρά». Όταν μια ίνα έλκεται ψυχρά, τεντώνεται κατά μήκος. Αυτό το τέντωμα προσανατολίζει τα μόρια σε κατά προσέγγιση παραλληλισμό με τον άξονα της ίνας. Ο προσανατολισμός των μορίων με αυτόν τον τρόπο έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων της ίνας. Δουλεύοντας με 9-αμινο εννεανοϊκό οξύ, απέκτησε υπερπολυμερή με ιδιότητες πολύ κοντά σε αυτές που αναζητούσε. Το 1935 μ.Χ., παρήγαγε το υπερπολυμερές πολυαμίδιο εξαμεθυλενοδιαμίνης και αδιπικού οξέος. Αυτή η ένωση, που αναφέρεται ως "66" (ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στον αριθμό των ατόμων άνθρακα στη διαμίνη και ο δεύτερος σε αυτά στο οξύ) θα μπορούσε να τυλιχτεί σε ίνες που, κατά το «κρύο»

τράβηγμα, ήταν ανώτερες από οποιαδήποτε τότε γνωστή ίνα, σε αντοχή εφελκυσμού, ελαστικότητα και ευκαμψία. Αυτό ήταν νάιλον.<sup>124</sup>

### **2.2.31. 1944 μ.Χ. Μαγνητικός αναδευτήρας**

Δεν υπάρχει σχεδόν καμία χημική αντίδραση στον κόσμο που δεν χρειάζεται να ανακατευτεί. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος μηχανικής ανάμειξης είναι ο μαγνητικός αναδευτήρας. Είναι μια έξυπνη συσκευή που εμφανίστηκε το 1944 μ.Χ. από τον Arthur Rosinger. Ένας μικρός μαγνήτης σε σχήμα ράβδου, επικαλυμμένος με ένα αδρανές υλικό, τοποθετείται στο ποτήρι που θα πραγματοποιηθεί διάλυση ή αντίδραση. Το ποτήρι τοποθετείται πάνω από έναν περιστρεφόμενο μαγνήτη, προκαλώντας την περιστροφή της ράβδου. Η ταχύτητα μπορεί να ρυθμιστεί και μπορούν να εισαχθούν ράβδοι όλων των μεγεθών και σχημάτων για διαφορετικά είδη δοχείων.<sup>49</sup>

### **2.2.32. 1963 μ.Χ. Πεπτιδική σύνθεση σε στερεά φάση (μέθοδος Merrifield)**

Τα κύτταρα συνθέτουν χιλιάδες πρωτεΐνες συνεχώς, αλλά τα ανθρώπινα χέρια δεν μπορούν να λειτουργήσουν τόσο γρήγορα. Για να συντεθεί με επιτυχία μια πρωτεΐνη, οι χημικοί πρέπει να προσθέσουν τα αμινοξέα ένα κάθε φορά. Προκειμένου να το πετύχει αυτό ο Robert Bruce Merrifield ακολούθησε την εξής διαδικασία. Κινώντας από το πρώτο αμινοξύ, κάλυψε το άμινο- άκρο του με μια αφαιρούμενη προστατευτική ομάδα και στη συνέχεια προσάρτησε το καρβόξυ- άκρο σε ένα στερεό υπόστρωμα. Έπειτα, απέκοψε την αμινοπροστατευτική ομάδα έτσι ώστε να μπορεί να αντιδράσει με το επόμενο αμινοξύ, το οποίο είχε επίσης καλυμμένο το άμινο- άκρο και ελεύθερο το καρβόξυ- άκρο. Αυτό έδωσε ένα διπεπτιδίο. Ακολούθησε απομάκρυνση της προστατευτικής ομάδας και επανάληψη της ίδιας διαδικασίας ξανά, και ξανά, κάθε φορά ξεπλένοντας όλα τα περιττά αντιδραστήρια, με την αναπτυσσόμενη πεπτιδική αλυσίδα να παραμένει προσκολλημένη στο στερεό υπόστρωμα. Στο τέλος της ακολουθίας, χρησιμοποίησε ένα εντελώς διαφορετικό σύνολο συνθηκών από τα προηγούμενα βήματα για να αποκόψει ολόκληρη την αλυσίδα από το στήριγμα, επιτρέποντας στη νέα πρωτεΐνη να επιπλέει ελεύθερα. Ο Merrifield και οι συνεργάτες του εφάρμοσαν την τεχνική σε μεγαλύτερες πρωτεΐνες και έξι χρόνια αργότερα έφτιαξαν ένα ολόκληρο ένζυμο (ριβονουκλεάση Α), το οποίο λειτουργούσε ακριβώς όπως το φυσικό. Η σύνθεση πεπτιδίων στερεάς φάσης δημοσιεύτηκε το 1963 μ.Χ.. Η



διαδικασία αργότερα αυτοματοποιήθηκε, με τους κύκλους να τροφοδοτούνται από προκατασκευασμένες δεξαμενές αντιδραστηρίων σύμφωνα με την πρωτεϊνική αλληλουχία που διατυπώνεται στην αρχή.<sup>49</sup>

### **2.2.33. 1983 μ.Χ. Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR)**

Η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) είναι η ταχεία σύνθεση μεγάλων ποσοτήτων ενός τμήματος DNA. Οι Khorana και Kleppe είχαν χρησιμοποιήσει την DNA πολυμεράση στα τέλη της δεκαετίας του 1960 μ.Χ. για να δημιουργήσουν πολλά αντίγραφα μιας αλληλουχίας DNA, αποδεικνύοντας ότι η διαδικασία αντιγραφής DNA θα μπορούσε να γίνει και έξω από ένα ζωντανό κύτταρο.<sup>49</sup>

Ο Mullis το 1983 μ.Χ. ανακάλυψε ότι εάν η θερμοκρασία της αντίδρασης αυξομειώνεται, θα ήταν δυνατό πολύ μικρά τμήματα DNA να πολλαπλασιαστούν. Η θέρμανση του DNA σπάει τους δεσμούς υδρογόνου που συγκρατούν τη διπλή έλικα, αφήνοντάς την ανοιχτή για να δράσει η πολυμεράση. Μόλις το διάλυμα κρυώσει, το ένζυμο μπορεί να συνθέσει μια αλληλουχία DNA από μεμονωμένα νουκλεοτίδια, αλλά χρειάζεται «εκκινητές», δηλαδή μικρά τμήματα DNA που είναι συμπληρωματικά με τις περιοχές έναρξης και λήξης της αλληλουχίας που αντιγράφεται. Οι νεοσύστατες αλληλουχίες DNA συνεχίζουν να χρησιμεύουν ως πρότυπα για ακόμη περισσότερα αντίγραφα, οδηγώντας σε μια εκθετική αύξηση του νεοσυντιθέμενου DNA. Η αρχική DNA πολυμεράση αδρανοποιούνταν σε κάθε κύκλο θέρμανσης και έπρεπε να προστεθεί νέα. Τη λύση έδωσε μια παραλλαγή του ενζύμου Taq, από έναν οργανισμό που ζούσε σε θερμές πηγές, η Taq DNA πολυμεράση που ήταν πιο σταθερή.<sup>49</sup>

### **2.2.34. 1985 μ.Χ. Μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας**

Η μικροσκοπία φαίνεται να ξεκίνησε τον 15ο αιώνα μ.Χ., όταν κατασκευάστηκαν απλοί μεγεθυντικοί φακοί με τους οποίους παρατηρούσαν έντομα. Στα τέλη του 17ου αιώνα μ.Χ., ο Antony van Leeuwenhoek ανέπτυξε το οπτικό μικροσκόπιο, το οποίο αποκάλυψε την ύπαρξη μεμονωμένων κυττάρων, παθογόνων παραγόντων και βακτηρίων. Το οπτικό μικροσκόπιο όμως, δεν μπορεί να επιλύσει ατομικές δομές.<sup>125</sup>

Η πρώτη επιτυχημένη εξερεύνηση των ατομικών δομών προέκυψε από μια ανακάλυψη της κβαντικής μηχανικής το 1927 μ.Χ.. Οι Clinton Davinson και Lester Germer επιβεβαίωσαν την κυματική φύση του ηλεκτρονίου. Βρήκαν

επίσης ότι ένα ηλεκτρόνιο υψηλής ενέργειας έχει μικρότερο μήκος κύματος από ένα ηλεκτρόνιο χαμηλής ενέργειας. Ένα ηλεκτρόνιο επαρκούς ενέργειας εμφανίζει μήκος κύματος συγκρίσιμο με τη διάμετρο ενός ατόμου. Αυτό το γεγονός οδήγησε στην εφεύρεση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έχουν παρατηρηθεί προβολές ατομικών σειρών ακόμη και ατομικών τροχιακών σε λεπτές κρυσταλλικές μεμβράνες.<sup>125</sup>

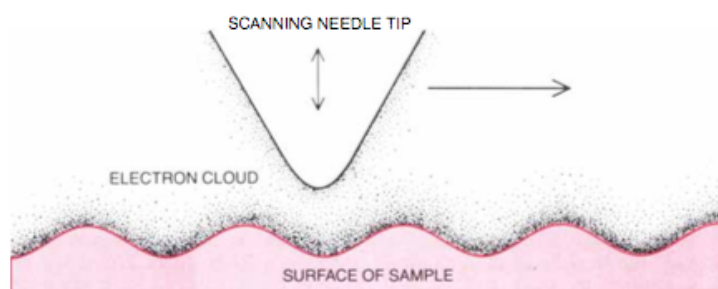
Η ιστορία της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας ξεκινά με τον Hans Busch το 1926 μ.Χ., ο οποίος εισήγαγε την οπτική ηλεκτρονίων, και συνεχίζει με τον Ernst Ruska, ο οποίος κατασκεύασε το πρώτο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μετάδοσης (TEM) το 1932 μ.Χ.. Σε αυτά τα μικροσκόπια το δείγμα φωτίζεται με μια ευρεία ακίνητη δέσμη. Η αρχή της σάρωσης μιας εστιασμένης δέσμης ηλεκτρονίων κατά μήκος του δείγματος εισήχθη από τον Manfred Von Ardenne το 1938 μ.Χ. και εφαρμόστηκε από τον Charles Oatley, κάτι που οδήγησε στο πρώτο μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων (SEM) το 1965 μ.Χ..<sup>126</sup>

Αν και η ηλεκτρονική μικροσκοπία έχει αποδειχθεί εξαιρετικά επιτυχημένη στην παρατήρηση των χαρακτηριστικών των κρυσταλλικών υλικών, δεν μπορεί να επιλύσει επιφανειακές δομές εκτός από πολύ ειδικές συνθήκες. Οι ιδιότητες της επιφάνειας ενός στερεού διαφέρουν ριζικά από αυτές του εσωτερικού. Η πολυπλοκότητα των επιφανειακών δομών έχει εμποδίσει την εξαγωγή ακριβών πειραματικών και θεωρητικών περιγραφών τους. Στη δεκαετία του 1950 μ.Χ. ο Edwin Muller έκανε κάποια πρόοδο όταν εφηύρε το μικροσκόπιο ιόντων πεδίου, ένα όργανο που είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στις επιφάνειες. Δυστυχώς, το εύρος εφαρμογής του είναι στενό.<sup>125</sup>

Το 1985 μ.Χ. οι Binnin και Rohrer ανέπτυξαν μια συσκευή που καθιστά δυνατό τον ποσοτικό χαρακτηρισμό της πολυπλοκότητας της επιφάνειας: το μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας (Εικόνα 48). Αυτό το μικροσκόπιο επιτρέπει σε κάποιον να «βλέπει» επιφάνειες άτομο προς άτομο. Η κύρια διαφορά μεταξύ του μικροσκοπίου σάρωσης σήραγγας και όλων των άλλων μικροσκοπίων είναι ότι δεν χρησιμοποιεί ελεύθερα σωματίδια, κατά συνέπεια δεν υπάρχει ανάγκη για φακούς και ειδικές πηγές φωτός ή ηλεκτρονίων. Αντίθετα, τα δεσμευμένα ηλεκτρόνια που υπάρχουν ήδη στο υπό έρευνα δείγμα χρησιμεύουν ως αποκλειστική πηγή ακτινοβολίας. Μερικά από τα ηλεκτρόνια στην επιφάνεια του δείγματος διαρρέουν και σχηματίζουν ένα νέφος ηλεκτρονίων γύρω από το δείγμα. Τα ηλεκτρόνια φαίνεται να «σκάβουν

σήραγγες» πέρα από το επιφανειακό όριο, και έτσι το φαινόμενο είναι παραδοσιακά γνωστό ως σήραγγα.<sup>125</sup>

Για τη σάρωση της επιφάνειας, το άκρο σπρώχνεται προς το δείγμα έως ότου τα ηλεκτρονικά νέφη εφάπτονται ελαφρά. Η εφαρμογή τάσης μεταξύ του άκρου και του δείγματος αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να ρέουν μέσω ενός στενού καναλιού στα ηλεκτρονικά νέφη. Αυτή η ροή ονομάζεται ρεύμα σήραγγας. Η εκμετάλλευση της ευαισθησίας του ρεύματος της σήραγγας παράγει εξαιρετικά ακριβείς μετρήσεις των κατακόρυφων θέσεων των ατόμων στην επιφάνεια του δείγματος. Το άκρο ακολουθεί το περίγραμμα της επιφάνειας και η κίνησή του διαβάζεται και επεξεργάζεται από υπολογιστή και εμφανίζεται σε οθόνη ή σχεδιογράφο. Περνώντας την άκρη μέσα από ένα σχέδιο παράλληλων γραμμών λαμβάνεται μια τρισδιάστατη εικόνα της επιφάνειας.<sup>125</sup>



Εικόνα 48: Σχηματική απεικόνιση μικροσκοπίου σάρωσης σήραγγας<sup>125</sup>

### 2.2.35. 1991 μ.Χ. Νανοσωλήνες άνθρακα

Το 1991 μ.Χ., ο Sumio Iijima δημοσίευσε πώς παρασκευάζονται μικροσκοπικοί, κοίλοι σωλήνες από καθαρά άτομα άνθρακα. Αυτοί οι σωλήνες ήταν στην πραγματικότητα πολυστρωματικά φύλλα που τώρα ονομάζουμε γραφένιο, αλλά με τις άκρες συνδεδεμένες σε έναν κύλινδρο που ονομάζεται νανοσωλήνας πολλαπλών τοιχωμάτων. Οι νανοσωλήνες άνθρακα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ανιχνευτές, ως μικροσκοπικά ηλεκτρόδια και σύρματα και ως καταλύτες και θα μπορούσαν τελικά να αντικαταστήσουν το πυρίτιο σε μικροεπεξεργαστές. Άλλοι ερευνητές έδειξαν ηλεκτρονικές μικρογραφίες τέτοιων δομών ήδη από το 1952 μ.Χ..<sup>49</sup>

Μπορεί να κατασκευαστεί μια μεγάλη ποικιλία νανοσωλήνων, καθένας με διαφορετικές πιθανές εφαρμογές. Επί του παρόντος χρησιμοποιούνται σε μπαταρίες, ανταλλακτικά αυτοκινήτων και σκαφών, αθλητικά είδη και φίλτρα

νερού. Οι προτεινόμενες εφαρμογές περιλαμβάνουν τεχνητούς μύες κατασκευασμένους από νήμα νανοσωλήνων άνθρακα με κερί και σπόγγους νανοσωλήνων άνθρακα που απορροφούν έλαια, για χρήση σε πετρελαιοκηλίδες.<sup>49</sup>

### 2.3. Δείγμα

Το δείγμα προς ανάλυση αποτελούν οι εικόνες/αναπαραστάσεις εργαστηριακών πρακτικών που βρίσκονται στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας που χρησιμοποιήθηκαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα μέχρι και σήμερα. Πιο συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν 33 σχολικά βιβλία Χημείας που εκδόθηκαν μετά το 1900 και ήταν διαθέσιμα στην ψηφιακή συλλογή του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) και στην ψηφιακή βιβλιοθήκη «Φωτόδεντρο». Το έτος έκδοσης των σχολικών εγχειριδίων δεν είναι πάντα αυτό της πρώτης έκδοσης, αλλά το παλαιότερο που βρέθηκε στις ηλεκτρονικές συλλογές. Κάθε σχολικό εγχειρίδιο εξετάστηκε προκειμένου να εντοπιστούν και να απαριθμηθούν οι αναπαραστάσεις που αφορούν εργαστηριακές πρακτικές. Η διαδικασία αυτή οδήγησε σε ένα δείγμα 861 εικόνων, οι οποίες αναλύθηκαν με βάση τα κριτήρια ανάλυσης που αναφέρονται παρακάτω και κατηγοριοποιήθηκαν. Το βιβλία που αναλυθήκαν φαίνονται στον Πίνακα 1 και στο Παράρτημα Ι, όπου η αρίθμηση τους συνοδεύεται με \* ώστε να διακρίνονται από τις βιβλιογραφικές αναφορές.

**Πίνακας 1: Κατανομή του δείγματος των εικόνων στα σχολικά εγχειρίδια.**

| Έτος έκδοσης (αριθμός έκδοσης) | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός εικόνων που αναλύθηκαν | Τίτλος  | Συγγραφείς   |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|--------------|
| 1909                           | 26*                                   | 3                              | Στοιχειώδεις Γνώσεις Χημείας προς χρήση των Γυμνασίων | Παπανικολάου |

| Έτος έκδοσης (αριθμός έκδοσης) | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός εικόνων που αναλύθηκαν | Τίτλος  | Συγγραφείς                 |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|
| 1921 (2η)                      | 8*                                    | 26                             | Μαθήματα Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής επί τη βάση των νεωτάτων ειδικών συγγραφών προς χρήσιν των μαθητών των γυμνασίων | Ιωάννου                    |
| 1931 (2η)                      | 3*                                    | 10                             | Στοιχεία Φυσικής και Χημείας δια την Α' τάξιν των εξατάξιων Γυμνασίων και ημιγυμνασίων,                                   | Άκατος & Νεράτζη           |
| 1933 (1η)                      | 27*                                   | 31                             | Στοιχεία Χημείας δια την Ε' και ΣΤ' τάξιν των Γυμνασίων και τας αντιστοίχους τάξεις των λοιπών της μέσης εκπαίδευσως      | Παπανικολάου & Λεονταρίτου |
| 1938                           | 12*                                   | 34                             | Στοιχεία Χημείας δια την Β' τάξιν των οκτατάξιων Γυμνασίων και πεντατάξιων προγυμνασίων                                   | Λεονταρίτης                |
| 1940                           | 13*                                   | 12                             | Χημεία δια την ΣΤ' τάξιν των Γυμνασίων παλαιού τύπου  | Λεονταρίτης                |
| 1943                           | 7*                                    | 27                             | Στοιχεία Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής προς χρήσιν των Γυμνασίων  | Ιατρόπουλος                |
| 1951                           | 14*                                   | 20                             | Χημεία δια την Ε' τάξιν των Γυμνασίων   | Λεονταρίτης                |
|                                |                                       |                                |   |                            |

| Έτος έκδοσης (αριθμός έκδοσης) | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός εικόνων που αναλύθηκαν | Τίτλος   | Συγγραφείς |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|------------|
| 1954 (2η)                      | 30*                                   | 15                             | Στοιχεία Οργανικής Χημείας προς χρήσιν των υποψηφίων δια τας εισαγωγικάς εξετάσεις των ανώτατων σχολών και των μαθητών της Η' τάξεως των Γυμνασίων και πρακτικών λυκείων | Σερμπέτης  |
| 1955 (1η)                      | 4*                                    | 1                              | Οργανική Χημεία Γυμνασίου  | Βαρβογλής  |
| 1957 (3η)                      | 11*                                   | 58                             | Ανόργανος Χημεία προς χρήσιν των μαθητών Γυμνασίου πρακτικού και κλασσικού τύπου και των υποψηφίων δια τας εισαγωγικάς εξετάσεις των ανωτάτων σχολών                     | Κατάκης    |
| 1958                           | 31*                                   | 17                             | Οργανική Χημεία προς χρήσιν των υποψηφίων σπουδαστών και των μαθητών της Η' τάξεως των Γυμνασίων   | Σερμπέτης  |
| 1959 (1η)                      | 22*                                   | 27                             | Στοιχεία Ανοργάνου Χημείας Ε' τάξεως εξατάξιου γυμνασίου   | Λιώκης     |
| 1965                           | 23*                                   | 47                             | Χημεία δια την Β' τάξιν των Γυμνασίων  | Μάζης      |
| 1968 (1η)                      | 24*                                   | 30                             | Χημεία Γ' Γυμνασίου  | Μάζης      |
| 1976 (9η)                      | 25*                                   | 12                             | Χημεία Γ' Γυμνασίου  | Μάζης      |
|                                |                                       |                                |  |            |

| Έτος έκδοσης (αριθμός έκδοσης) | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός εικόνων που αναλύθηκαν | Τίτλος                                       | Συγγραφείς  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1976 (8η)                      | 33*                                   | 83                             | Χημεία Β' Γυμνασίου                          | Godier, Thomas & Moreau, Μελά-Ιωαννίδη (μετάφραση-διασκευή) |
| 1977 (1η)                      | 9*                                    | 44                             | Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β' Γυμνασίου | Καρώνης, Σερμπέτης & Φράσσαρης                              |
| 1979                           | 28*                                   | 40                             | Χημεία Α' τάξη Λυκείου                       | Σακελλαρίδης  |
| 1980 (3η)                      | 10*                                   | 35                             | Χημεία Γ' Γυμνασίου                          | Καρώνης, Σερμπέτης, & Φράσσαρης                             |
| 1981                           | 29*                                   | 10                             | Χημεία Β' τάξη Λυκείου                       | Σακελλαρίδης  |
| 1982 (2η)                      | 32*                                   | 57                             | Χημεία Β' Γυμνασίου                          | Φράσσαρης & Δρούκα-Λιαπάτη                                  |
| 1998                           | 16*                                   | 23                             | Χημεία Α' Λυκείου<br>Εργαστηριακός Οδηγός    | Λιοδάκης & Γάκης  |
| 1998                           | 15*                                   | 23                             | Χημεία Α' Λυκείου                            | Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης      |
| 1998                           | 18*                                   | 29                             | Χημεία Β' Λυκείου<br>Εργαστηριακός Οδηγός    | Λιοδάκης & Γάκης  |
| 1998                           | 17*                                   | 18                             | Χημεία Β' Λυκείου                            | Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης      |

| Έτος έκδοσης (αριθμός έκδοσης) | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός εικόνων που αναλύθηκαν | Τίτλος   | Συγγραφείς  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1998                           | 19*                                   | 8                              | Χημεία Γ' Λυκείου Α' τεύχος (μόνο το 1ο κεφάλαιο, τα υπόλοιπα περιέχονται και στο Β' τεύχος) | Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης                        |
| 1998                           | 20*                                   | 32                             | Χημεία Γ' Λυκείου Β' τεύχος  | Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης                        |
| 1998                           | 21*                                   | 18                             | Χημεία Γ' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός   | Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης                        |
| 2003                           | 2*                                    | 9                              | Χημεία Β' Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός   | Αβραμιώτης, Αγγελόπουλος, Καπελώνης, Σιניγάλιας, Σπαντίδης, Τρικαλίτη & Φίλος |
| 2003                           | 1*                                    | 21                             | Χημεία Β' Γυμνασίου  | Αβραμιώτης, Αγγελόπουλος, Καπελώνης, Σιניγάλιας, Σπαντίδης, Τρικαλίτη & Φίλος |
| 2003                           | 6*                                    | 27                             | Χημεία Γ' Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός   | Θεοδωρόπουλος, Παπαθεοφάνους & Σιδέρη   |
| 2003                           | 5*                                    | 14                             | Χημεία Γ' Γυμνασίου  | Θεοδωρόπουλος, Παπαθεοφάνους & Σιδέρη   |



## 2.4. Πλαίσιο ανάλυσης

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν τόσο πλαίσια ανάλυσης σχολικών εγχειριδίων, όσο και επιμέρους κριτήρια ανάλυσης, κάποια από τα οποία προσαρμόστηκαν στις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Παρακάτω περιγράφεται το πλαίσιο ανάλυσης με τα επιμέρους κριτήρια και κατηγορίες.

### 2.4.1. 1ο κριτήριο: Το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης

Το πρώτο κριτήριο για την ανάλυση του δείγματος προέκυψε από την τροποποίηση της μεθόδου των Chen & Eilks (2019) και αφορά την κατηγοριοποίηση ως προς το περιεχόμενο των οπτικών αναπαραστάσεων. Συγκεκριμένα, οι οπτικές αναπαραστάσεις των εργαστηριακών πρακτικών με βάση το 1ο κριτήριο διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- I. Συσκευές & όργανα
- II. Εργαστηριακές τεχνικές
- III. Εργαστηριακά γεγονότα/ δεδομένα
- IV. Σχέσεις εργαστηριακών δεδομένων.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται το πρώτο κριτήριο με παραδείγματα.<sup>7</sup>

Πίνακας 2 : Το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης

| Κατηγορίες αναπαραστάσεων |                        | Παραδείγματα  |
|---------------------------|------------------------|---|
| I                         | Συσκευές & όργανα      | Συσκευές και όργανα που χρησιμοποιούνται σε εργαστηριακές πρακτικές, όπως: φυγοκεντρίτης, προχοΐδα, συσκευές απόσταξης, λύχνος κ.α. |
| II                        | Εργαστηριακές τεχνικές | Εργαστηριακές τεχνικές, όπως: διήθηση, απόσταξη, σωστή χρήση προχοΐδας/ διαχωριστικής χοάνης/ φυγοκεντρίτη                          |

|            |  |  |
|------------|--|--|
| <b>III</b> | <b>Εργαστηριακά<br/>γεγονότα/ δεδομένα</b>     | <p>Εργαστηριακές παρατηρήσεις, όπως:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Το καθαρό νερό βράζει στους 100°C σε πίεση 1 ατμόσφαιρα.</li> <li>- Αλλαγή χρώματος κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων.</li> <li>- Πυροχημική ανάλυση.</li> <li>- Φάσματα</li> </ul> |
| <b>IV</b>  | <b>Σχέσεις<br/>εργαστηριακών<br/>δεδομένων</b> | <p>Συλλογή και συσχέτιση δεδομένων και σχεδιασμός διαγραμμάτων που δείχνουν της σχέση μεταξύ μεταβλητών, όπως: διάγραμμα συγκέντρωσης και θερμοκρασίας</p>   |

#### **2.4.2. 2ο κριτήριο: Η λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης**

Το δεύτερο κριτήριο για την ανάλυση του δείγματος προέκυψε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας<sup>16,17,19,27,127,128</sup> και αφορά την κατηγοριοποίηση ως προς τη λειτουργία των οπτικών αναπαραστάσεων. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές κατηγορίες που σε κάποιες περιπτώσεις οι διαφορές μεταξύ τους είναι σαφείς, ενώ σε άλλες υπάρχει μία επικάλυψη μεταξύ των όρων. Μέσα από τη μελέτη αυτή καταλήξαμε σε 6 κατηγορίες: διακοσμητικές, απεικονιστικές, ερμηνευτικές, αφηγηματικές, επεξηγηματικές και μετασχηματιστικές. Η πιο δύσκολη διάκριση είναι μεταξύ των όρων «ερμηνευτικές» και «επεξηγηματικές». Ο όρος «ερμηνευτικές» (interpretational) χρησιμοποιήθηκε από τους Levin, Anglin, & Carney το 1987<sup>127</sup> και συμπεριλάμβανε όλες τις οπτικές αναπαραστάσεις που μπορούν να βοηθήσουν τον αναγνώστη να κατανοήσει το κείμενο. Το 1990 οι Mayer και Gallini<sup>27</sup> χρησιμοποίησαν τον όρο «επεξηγηματικές» (explanative) για τις εικόνες που παρουσιάζουν αιτιακές ή λογικές αλληλουχίες, ή διαδικασίες μεταβολών. Ο ίδιος όρος χρησιμοποιήθηκε και σε άρθρο του 2017 των Wiley et al<sup>19</sup> στο οποίο εξετάζονται οι οπτικές αναπαραστάσεις σε εγχειρίδια Βιολογίας και στο οποίο απουσίαζε ο όρος «ερμηνευτικές». Αναμφίβολα προέκυψε η ανάγκη επαναδιατύπωσης από μέρος μας τού ορισμού τής κάθε κατηγορίας. Ως εκ τούτου, επαναπροσδιορίστηκαν οι συγκεκριμένοι όροι ώστε να είναι σαφής η διάκρισή τους και να μπορεί να εφαρμοστεί στο

συγκεκριμένο πλαίσιο των οπτικών αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών χωρίς επικαλύψεις. Στη συνέχεια αναλύεται η κάθε κατηγορία και παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα για την κατανόηση του κάθε κριτηρίου.

### **A. Διακοσμητική**

Διακοσμητική (decorational) είναι η εικόνα που δεν εξυπηρετεί άλλο σκοπό πέρα από τη διακόσμηση της σελίδας, και μπορεί να βοηθήσει τον αναγνώστη να απολαύσει το κείμενο, καθιστώντας το πιο ελκυστικό. Έχει μικρή ή και καθόλου σχέση με το περιεχόμενο του κειμένου.<sup>28,127</sup> Επηρεάζει κυρίως συναισθηματικά τον αναγνώστη και δεν προσφέρει κάποια εννοιολογική ενίσχυση στο κείμενο.<sup>17</sup>

Παραδείγματα:

Στην Εικόνα 49 η φωτογραφία κάτω δεξιά είναι διακοσμητική αναπαράσταση, γιατί παρουσιάζει όργανα/τεχνικές, χωρίς άλλη εξήγηση και δεν σχετίζεται ιδιαίτερα με το κείμενο.

#### **1. Γνωριμία με το εργαστήριο Χημείας**

##### ***Κανόνες συμπεριφοράς στο εργαστήριο της Χημείας***

Η ασφάλεια όλων, όσων μετέχετε στην άσκηση, εξαρτάται από την αυστηρή τήρηση των κανόνων ασφαλείας τους οποίους πρέπει να γνωρίζετε και να ακολουθείτε προσεκτικά.

Με την είσοδό σας στο εργαστήριο Χημείας θα πρέπει να τοποθετείτε τις τσάντες σας και τα διάφορα προσωπικά σας αντικείμενα (παλιτά, μπουφάν) στις κρεμάστρες. Σε καμιά περίπτωση δεν επιτρέπεται να τα τοποθετείτε δίπλα στους πάγκους εργασίας. Η μετακίνηση στο χώρο του εργαστηρίου πρέπει να είναι ελεύθερη και ασφαλής.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας πρέπει:

- Να διατηρείτε το χώρο καθαρό και τακτοποιημένο. Οι πάγκοι εργασίας πρέπει να είναι ελεύθεροι από όργανα και αντιδραστήρια που δε θα χρειαστούν στα πειράματα τα οποία θα πραγματοποιηθούν.
- Να διαβάζετε προσεκτικά τον εργαστηριακό οδηγό και να αρχίζετε την εκτέλεση του πειράματος, όταν γνωρίζετε καλά τι θα κάνετε και πώς θα το κάνετε.
- Να τηρείτε τις οδηγίες του καθηγητή σας ή του υπεύθυνου του εργαστηρίου.
- Να τοποθετείτε ετικέτες στις φιάλες που περιέχουν χημικά αντιδραστήρια με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία (όνομα χημικής ουσίας, χημικός τύπος, περιεκτικότητα).
- Να τακτοποιείτε, να καθαρίζετε το χώρο εργασίας και να πλένετε με σχολαστικότητα τα χέρια σας μετά το τέλος των πειραμάτων.



**Εικόνα 49 : από Χημεία Γ' Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ.7<sup>6\*</sup>**

Στην Εικόνα 50 η φωτογραφία είναι διακοσμητική αναπαράσταση. Ενώ σχετίζεται με το κείμενο (όσον αφορά το εικονιζόμενο πρόσωπο) δεν σχετίζεται με το φαινόμενο που περιγράφεται στο κείμενο.

## 2.9 Υποατομικά σωματίδια – Ιόντα



Ένα τυχαίο εύρημα, η ραδιενέργεια ορισμένων στοιχείων, μας αποκάλυψε το εσωτερικό του ατόμου.

**Πρώτες σκέψεις:** Το 1898 η Μαρί Κιουρί (Marie Curie) παρατήρησε κάτι παράξενο: ενώσεις του στοιχείου ουράνιο μαύριζαν το φωτογραφικό φιλμ ακόμα και από απόσταση. Ήταν προφανές ότι κάποια ακτινοβολία προερχόταν από τις ενώσεις αυτές. Τέσσερα χρόνια αργότερα ο λόρδος Ράδερφορντ (Rutherford) έδωσε την εξήγηση: η ακτινοβολία προέρχεται από τη διάσπαση των ατόμων του ουρανίου. Έτσι, η θεωρία του Ντάλτον ότι τα άτομα δεν τέμνονται καταρρίπτεται.

### Μετά τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου θα μπορείς:

1. Να κατονομάζεις τα συστατικά των ατόμων και να αναφέρεις τα βασικά γνωρίσματα των υποατομικών σωματιδίων.
2. Να ορίζεις τον ατομικό και το μαζικό αριθμό ενός ατόμου.
3. Να δίνεις τον ορισμό των ιόντων.
4. Να αναφέρεις παραδείγματα ουσιών που αποτελούνται από άτομα, μόρια, ιόντα.
5. Να ερμηνεύεις την αγωγιμότητα ορισμένων διαλυμάτων.

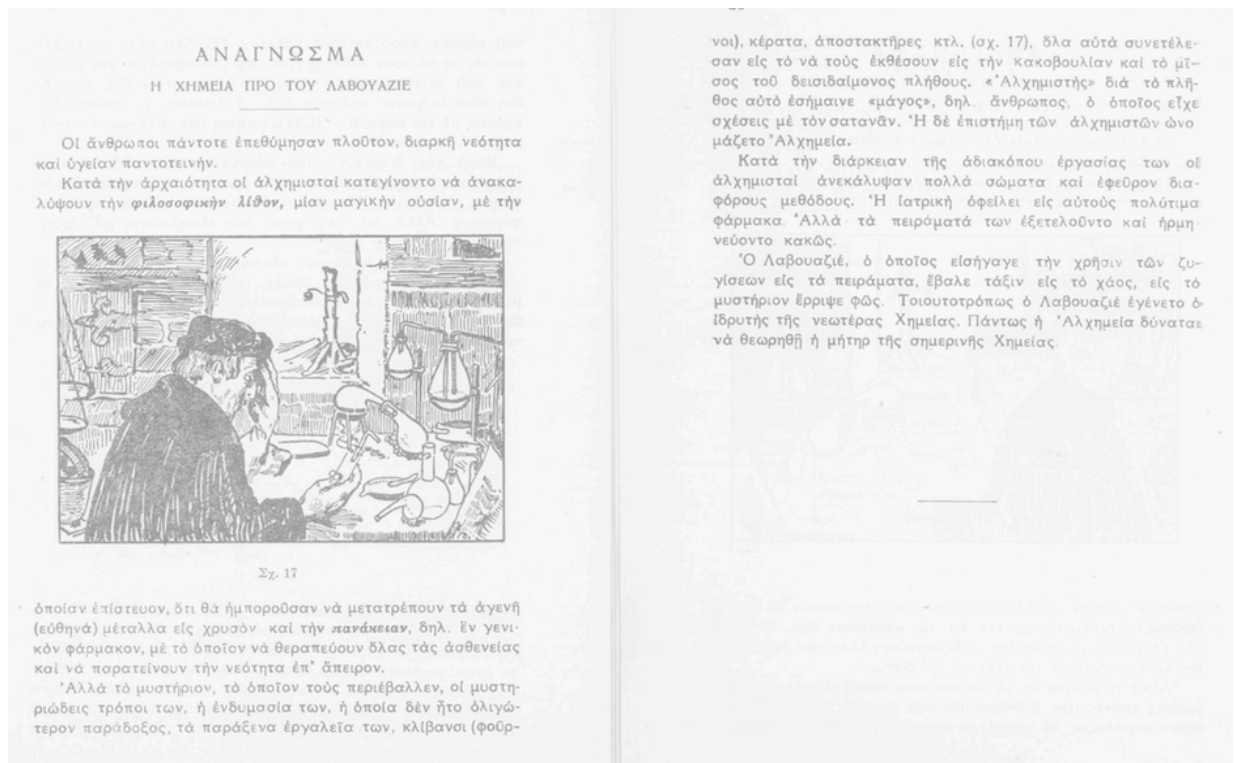
Εικόνα 50: από Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ. 62<sup>1\*</sup>

## Β. Απεικονιστική

Απεικονιστική (depictive) είναι η εικόνα που χρησιμοποιείται για να δείξει κάτι χωρίς περαιτέρω επισήμανση, ανάλυση, κατηγοριοποίηση, σύγκριση ή εξήγησή. Ενώ είναι σχετική με το κείμενο, απουσιάζει η λεζάντα και δεν βοηθά στην κατανόηση του κειμένου.<sup>19</sup>

Παραδείγματα:

Στην Εικόνα 51 το σχήμα 17 είναι απεικονιστική αναπαράσταση. Έχει σχέση με το κείμενο, απεικονίζει μερικά από τα όργανα που περιγράφονται στο κείμενο, χωρίς όμως η εικόνα να αναλύει ή να εξηγεί περισσότερα και χωρίς να έχει λεζάντα.



**Εικόνα 51: από Στοιχεία Χημείας δια την Β' τάξιν των οκτατάξιων Γυμνασίων και πεντατάξιων προγυμνασίων, σελ. 19-20<sup>12\*</sup>**

Στην Εικόνα 52 η φωτογραφία είναι απεικονιστική αναπαράσταση. Έχει σχέση με το κείμενο, αλλά δεν περιγράφει ακριβώς τη διαδικασία που περιγράφεται στο κείμενο.

**Παράθυρο στο εργαστήριο: Μεταβολές της φυσικής κατάστασης του νερού**

 Σε ποτήρι ζέσεως βάζουμε λίγο νερό και μερικά παγάκια και βυθίζουμε ένα θερμομότρο. Μετά από λίγο παρατηρούμε ότι το θερμομότρο δείχνει 0 °C. Θερμαίνουμε το περιεχόμενο του ποτηριού και παρατηρούμε ότι τα παγάκια σιγά σιγά λιώνουν. Η θερμοκρασία παραμένει στους 0 °C, μέχρι να λιώσουν όλα τα παγάκια. Συνεχίζουμε τη θέρμανση. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 100 °C, το νερό βράζει και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Κρατάμε ένα κομμάτι γυαλιού πάνω από το ποτήρι. Πάνω στο γυαλί σχηματίζονται σταγονές νερού. Οι υδρατμοί υγροποιούνται.

 Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω περιλαμβάνει τις εξής μετατροπές:

1. **Τήξη του πάγου**, δηλαδή το νερό από στερεό μετατρέπεται σε υγρό. Το αντίστροφο, δηλαδή η μετατροπή του υγρού νερού σε στερεό, ονομάζεται **πήξη**.
2. **Βρασμό του νερού**, δηλαδή μετατροπή του υγρού νερού σε υδρατμό από όλη τη μάζα του. Ο βρασμός ονομάζεται και **ζέση**.
3. **Υγροποίηση του υδρατμού**, δηλαδή μετατροπή του αερίου νερού σε υγρό νερό. Η υγροποίηση ενός αερίου ονομάζεται και **συμπύκνωση**.

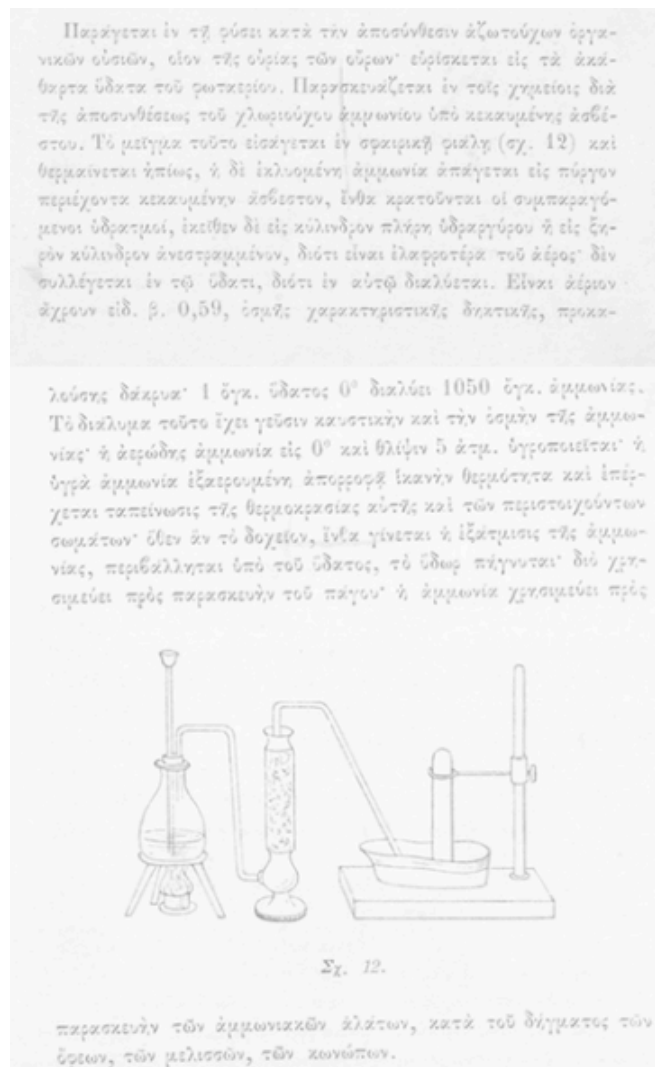
**Εικόνα 52: Χημεία Β' Γυμνασίου, σελ.16<sup>1\*</sup>**

## Γ. Ερμηνευτική

Ερμηνευτική (interpretational) είναι η εικόνα που ενισχύει το κείμενο<sup>28,127</sup> μέσω της οπτικοποίησης<sup>127</sup> για την κατανόηση δυσνόητων εννοιών<sup>17</sup> χωρίς να παρέχει περισσότερες πληροφορίες. Ειδικά για τις εργαστηριακές πρακτικές που μελετάμε, συνήθως είναι η οπτική αναπαράσταση μιας εργαστηριακής συνδεσμολογίας ή ενός πειράματος το οποίο περιγράφεται στο κείμενο. Σε αυτήν την περίπτωση η εικόνα βοηθά στην κατανόηση αποδίδοντας το κείμενο με συνοπτικό τρόπο.

Παραδείγματα:

Στην Εικόνα 53 το σχήμα 12 είναι ερμηνευτική αναπαράσταση. Οπτικοποιεί το κείμενο με σκοπό να βοηθήσει στην κατανόηση του.



Εικόνα 53: από Στοιχειώδεις Γνώσεις Χημείας προς χρήση των Γυμνασίων, σελ.19-20

Στην Εικόνα 54 το σχήμα 37 είναι ερμηνευτική αναπαράσταση. Έχει σχέση με το κείμενο και οπτικοποιεί αυτό που περιγράφεται στο κείμενο με σκοπό να βοηθήσει στην κατανόηση του.



Εικόνα 54: από Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β΄ Γυμνασίου, σελ. 23-24<sup>9\*</sup>

#### Δ. Αφηγηματική

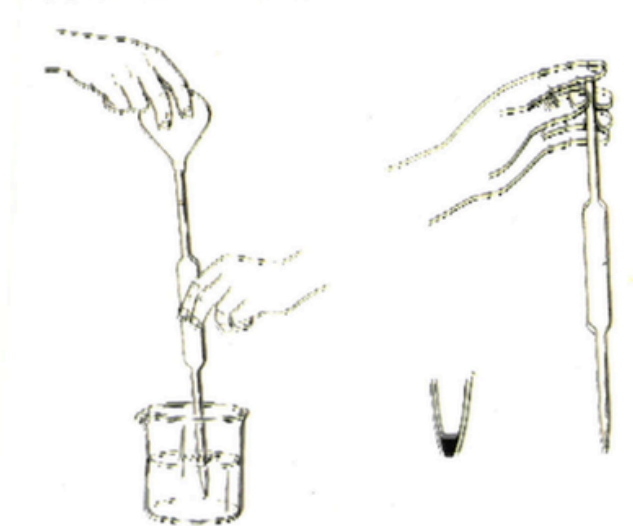
Αφηγηματική (narrative) είναι η εικόνα που παρουσιάζει ενέργειες και γεγονότα που εκτυλίσσονται, διαδικασίες μεταβολών και μεταβατικές χωρικές διατάξεις<sup>128</sup> και γενικότερα ένα είδος μετάβασης και μεταβατικών σχέσεων.<sup>18</sup> Χρησιμοποιείται συνήθως σε τεχνο- επιστημονικά κείμενα προκειμένου να απεικονίσει τεχνικές ή φυσικές διεργασίες. Σε αυτού του είδους τις εικόνες οι

αναπαριστώμενες ενέργειες μπορεί να εμφανίζονται με βέλη<sup>16</sup> και τα αντικείμενα παρουσιάζονται σαν να αλληλεπιδρούν.<sup>129</sup>

Παραδείγματα:

Η Εικόνα 55 είναι αφηγηματική αναπαράσταση. Απεικονίζει ανεξάρτητα από το κείμενο μια διαδικασία, δηλαδή τα βήματα που ακολουθούνται σε μια εργαστηριακή τεχνική.

#### Χρήση Σιφωνίου Εκροής



#### Παρατηρήσεις

α) Με το σιφώνιο μεταφέρεται με μεγάλη ακρίβεια ένας ορισμένος όγκος υγρού από ένα δοχείο σε κάποιο άλλο. Η αναρρόφηση από το δοχείο στο σιφώνιο γίνεται με το στόμα, αν το υγρό δεν είναι τοξικό ή καυστικό. Σ' αντίθετη περίπτωση, η αναρρόφηση του υγρού γίνεται με τη βοήθεια ελαστικής σφαίρας (πουάρ), όπως φαίνεται στο σχήμα.

β) Η τελευταία σταγόνα που μένει στην άκρη του σιφωνίου έχει υπολογιστεί κατά τη βαθμονόμηση του σιφωνίου και γι' αυτό δεν πρέπει να αποφυσάται.

Εικόνα 55: από Χημεία Α' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 9<sup>16\*</sup>

Η Εικόνα 56 είναι αφηγηματική αναπαράσταση. Παρουσιάζει ανεξάρτητα από το κείμενο την τεχνική της καύσης διαφορετικών υδρογονανθράκων.





Εικόνα 56: από Χημεία Β' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 27<sup>18\*</sup>

Η Εικόνα 57 είναι αφηγηματική αναπαράσταση. Παρουσιάζει ανεξάρτητα από το κείμενο μια διαδικασία, δηλαδή τα βήματα που ακολουθούνται σε μια εργαστηριακή τεχνική.



Εικόνα 57: από Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β' Γυμνασίου, σελ.95<sup>9\*</sup>

## Ε. Επεξηγηματική

Επεξηγηματική (explanative) είναι η εικόνα που παρουσιάζει αιτιακές ή λογικές αλληλουχίες, ή διαδικασίες μεταβολών, με την ενέργεια/δράση να απεικονίζεται συχνά με βέλη για να απεικονίσει είτε τεχνικές ή φυσικές διεργασίες.<sup>19,27</sup> Περιλαμβάνει επεξηγήσεις για τα διάφορα τμήματά ή τα βήματα που παρουσιάζονται στην εικόνα με αποτέλεσμα να δημιουργούν νοητικά μοντέλα και να βοηθούν στο να γίνεται αντιληπτό ευκολότερα το περιεχόμενο.<sup>28</sup> Οι επεξηγηματικές εικόνες είναι πιο αποτελεσματικές όταν συνοδεύονται από συνοπτικές περιγραφές (λεζάντες).<sup>130</sup>

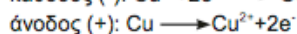
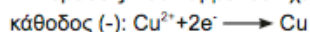
Παραδείγματα:

Στην Εικόνα 58 το Σχήμα 5.3. είναι επεξηγηματική αναπαράσταση. Είναι σχετική με το κείμενο, αλλά συνοδεύεται κι από συνοπτική περιγραφή. Απεικονίζει μια πειραματική διάταξη και περιλαμβάνει επεξηγήσεις για τα διάφορα τμήματά της και για τις μεταβολές που συμβαίνουν σε αυτή.

### ε. Ηλεκτρόλυση διαλύματος $\text{CuSO}_4$ (με ηλεκτρόδια $\text{Cu}$ )

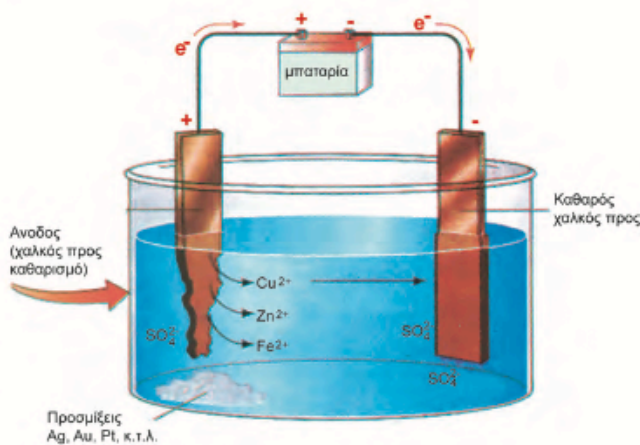
Σύσταση ηλεκτρολυτικού αγωγού:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και  $\text{Cu}$ .

Αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα:



Κατ' αυτό τον τρόπο γίνεται μεταφορά μετάλλου από την κάθοδο στην άνοδο.

Η τελευταία ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό μετάλλων, όπως διαγραμματικά απεικονίζεται στο σχήμα 5.3.



**ΣΧΗΜΑ 5.3 Καθαρισμός  $\text{Cu}$  με ηλεκτρόλυση. Τα δραστικά μέταλλα (προσμίξεις) όπως π.χ.  $\text{Zn}$  παραμένουν στο διάλυμα, ενώ τα λιγότερο ηλεκτροθετικά μέταλλα π.χ.  $\text{Au}$  καταβυθίζονται.**

Εικόνα 58: από Χημεία Γ' Λυκείου Α' τεύχος, σελ. 98<sup>19\*</sup>

Η Εικόνα 59 είναι επεξηγηματική αναπαράσταση. Είναι σχετική με το κείμενο, και επιπλέον συνοδεύεται από συνοπτική περιγραφή. Απεικονίζει μια πειραματική διάταξη και περιλαμβάνει επεξηγήσεις για τα διάφορα τμήματά της, για τις μεταβολές που συμβαίνουν σε αυτή και την πορεία της διαδικασίας.



**ΣΧΗΜΑ 2.1** Διαγραμματική παρουσίαση της διαδικασίας προσδιορισμού οξικού οξέος στο ξίδι: α) εισάγεται με το σιφώνιο στην κωνική φιάλη ορισμένη ποσότητα του διαλύματος («άγνωστο») β) δείκτης προστίθεται στο «άγνωστο» και ακολουθεί προσθήκη σιγά – σιγά του πρότυπου διαλύματος NaOH με τη βοήθεια της προχοΐδας γ) η χρωματική αλλαγή του δείκτη φανερώνει το τέλος της τιτλοδότησης. Στην κάτω σειρά εικόνων, φαίνεται η αλλαγή χρώματος του δείκτη φαινολοφθαλεΐνη.

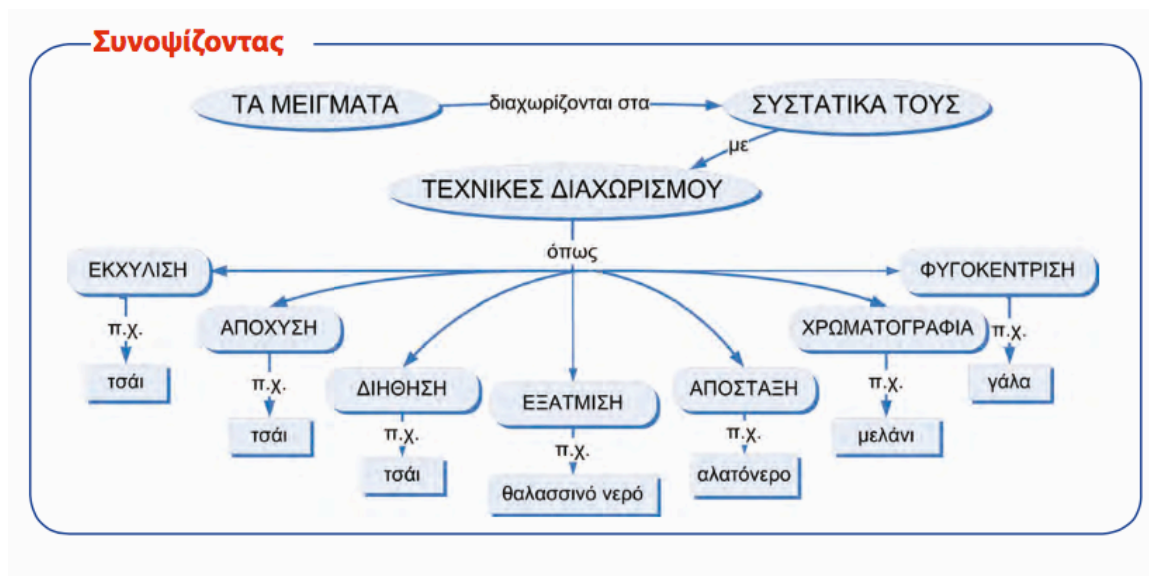
Εικόνα 59: από Χημεία Γ' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός, σελ. 39<sup>21\*</sup>

### ΣΤ. Μετασχηματιστική

Μετασχηματιστική (transformational) είναι η εικόνα που μπορεί να βοηθήσει τον αναγνώστη να θυμάται βασικές πληροφορίες σε ένα κείμενο.<sup>128</sup> Το περιεχόμενό της είναι σχεδιασμένο για να βελτιώνει την ανάκληση πληροφοριών,<sup>28</sup> δηλαδή επιδιώκει να κωδικοποιήσει την πληροφορία σε μια μορφή πιο εύκολη στην απομνημόνευση.<sup>17</sup>

Παραδείγματα:

Η Εικόνα 60 μπορεί να θεωρηθεί μετασχηματιστική αναπαράσταση, γιατί βοηθά στην απομνημόνευση βασικών πληροφοριών του κειμένου.



Εικόνα 60: από Χημεία Β' Γυμνασίου σελ. 47<sup>1\*</sup>

Η Εικόνα 61 μπορεί να θεωρηθεί μετασχηματιστική αναπαράσταση, γιατί βοηθά στην απομνημόνευση βασικών πληροφοριών του κειμένου.



Εικόνα 61: Χημεία Β' Γυμνασίου, σελ. 32<sup>32\*</sup>

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται συνοπτικά το δεύτερο κριτήριο.

**Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης**

| Κατηγορίες αναπαραστάσεων |  | Ορισμός  |
|---------------------------|--|--|
| <b>A</b>                  | <b>Διακοσμητική (Decorative)</b>           | Η εικόνα έχει μικρή ή καθόλου σχέση με το κείμενο. Βοηθά στη διακόσμηση της σελίδας κάνοντας το κείμενο πιο ελκυστικό.   |
| <b>B</b>                  | <b>Απεικονιστική (Depictive)</b>           | Η εικόνα είναι σχετική με το κείμενο. Δείχνει κάτι χωρίς επισήμανση, ανάλυση, κατηγοριοποίηση, σύγκριση ή εξήγηση.   |
| <b>Γ</b>                  | <b>Ερμηνευτική (Interpretational)</b>      | Η εικόνα είναι σχετική με το κείμενο. Βοηθά τον αναγνώστη μέσω της οπτικοποίησης του κειμένου να το κατανοήσει.  |
| <b>Δ</b>                  | <b>Αφηγηματική (Narrative)</b>             | Η εικόνα παρουσιάζει ενέργειες, γεγονότα και μεταβολές που εκτυλίσσονται. Απεικονίζει τεχνικές ή φυσικές διεργασίες. Οι ενέργειες απεικονίζονται συχνά με βέλη.  |
| <b>E</b>                  | <b>Επεξηγηματική (Explanative)</b>         | Η εικόνα παρουσιάζει αλληλουχίες και μεταβολές. Απεικονίζει τεχνικές ή φυσικές διεργασίες. Οι ενέργειες και τα διάφορα τμήματα της εικόνας απεικονίζονται συχνά με βέλη και συνοπτικές περιγραφές και επεξηγήσεις. |
| <b>ΣΤ</b>                 | <b>Μετασχηματιστική (Transformational)</b> | Η εικόνα βοηθά τον αναγνώστη να θυμάται βασικές πληροφορίες του κειμένου.  |

### **2.4.3. 3ο κριτήριο: Σύνδεση της οπτικής αναπαράστασης με ιστορικές αναφορές**

Το τρίτο κριτήριο για την ανάλυση του δείγματος προέκυψε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας<sup>22,23,25,41</sup> και αφορά την σχέση των οπτικών αναπαραστάσεων από την πλευρά της Ιστορίας της επιστήμης. Αναλύθηκε αν οι οπτικές αναπαραστάσεις σχετίζονται με:

- (α) αναφορές στην Ιστορία της Χημείας ή**
- (β) αναφορές στη συνεισφορά στην ανάπτυξη της Χημείας.**

Έγινε επιπλέον ταξινόμηση στις παρακάτω κλίμακες:

- **Ικανοποιητική συσχέτιση (είτε με την Ιστορία είτε με τη συνεισφορά στην ανάπτυξη της Χημείας) (I)**
- **Απλή αναφορά (A)**
- **Καμία αναφορά (Κ)**

Η ταξινόμηση έγινε ανάλογα με το αν σε μια αναπαράσταση και στο κείμενο που τη συνοδεύει υπάρχει ικανοποιητική (εκτενής), απλή (σύντομη) ή καμία αναφορά στα ιστορικά στοιχεία της ανακάλυψης και της εξέλιξης μιας εργαστηριακής πρακτικής και στον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκε ιστορικά η εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας.

Παραδείγματα:

Στην Εικόνα 62 φαίνεται μια μεσαιωνική αποστακτική συσκευή και με αυτόν τον τρόπο γίνεται μια απλή αναφορά (A) στην Ιστορία της Χημείας (α), παρόλο που στο κυρίως κείμενο δεν υπάρχει κάποια αναφορά.

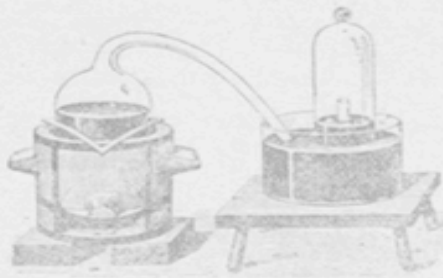
Αποστακτική συσκευή  
του Μεσαίωνα



Εικόνα 62: από Χημεία Β΄ Γυμνασίου, σελ. 45<sup>1\*</sup>

Στην Εικόνα 63 φαίνεται ότι το κείμενο, το οποίο συνοδεύεται από το σχήμα 17, περιγράφει, κάνοντας ικανοποιητική (I) ιστορική συσχέτιση (α), το πείραμα του Lavoisier , δηλαδή τη συσκευή και την τεχνική που χρησιμοποίησε για την εύρεση της σύστασης του αέρα.

Οι πρώτοι συγχρόνως πειραματισθέντες και εξελέξαντες ποιοτικώς ότι ο αήρ είνε μίγμα οξυγόνου και αζώτου ήσαν (1775) ο Lavoisier και ο Scheele. Άπλουν σχετικώς και διδακτικόν άμα το πείραμα του Lavoisier. Ούτος έλαβεν ύδραργυρον έν σφαιρική φιάλη, φερούση μακρόν και στενόν σωληνοειδή λαμόν καθαρωμένον υπό κώδωνα, περιέχοντα άέρα και άντεστραμμένον έπί έπιφανείας ύδραργύρου. Ο ύδραργυρος της σφαιρικής φιάλης δι' άμέσον έπαφής προς τόν έπικείμενον άέρα έθερμάνθη άνευ διακοπής επί 12 ήμερονέκτια έν θερμοκρασία περίπου της του βρασμού (357°). Έπί της έπιφανείας του Ηg όλονέν έσχηματίζοντο μόρια ένυθρά, αυξάνοντα από της δευτέρας ήμέρας μέχρι της



(Σχ. 17)

θη άνευ διακοπής επί 12 ήμερονέκτια έν θερμοκρασία περίπου της του βρασμού (357°). Έπί της έπιφανείας του Ηg όλονέν έσχηματίζοντο μόρια ένυθρά, αυξάνοντα από της δευτέρας ήμέρας μέχρι της

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

έκτης. Ίδων ο Lavoisier ότι ή κατά τόν χρόνον τοΐτον σχηματισθείσα ποσότης του ένυθρου σώματος δέν ηδέξηθη αισθητώς κατά τας έπομένους 6 ήμέρας, διέκοψε την θέρμανσιν και μετά την ψύξιν της συσκευής παρετήρησεν ότι ο όγκος του άέρος, του ύπολειψθέντος έν τη σφαιρα και έν τω κώδωνι, ήτο περίπου τά  $\frac{1}{7}$  του άρχικου και ότι ο ύπολειψθείς αήρ ήτο άκατάλληλος προς καθσιν και άναπνοήν. Συλλέξας έπιμελώς και θερμάνας ίσχυρώς έν μικρῷ ύαλίνω κίρατι τὸ παραχθέν ένυθρόν σώμα, είδεν έκλυόμενον άέριον, έν ᾧ τὰ καύσιμα σώματα ζωηρότητα έκαίοντο και τὰ ζῷα ήδύναντο να ζῶσιν, έν δέ τῷ κίρατι (έπί τῶν μεμακρυνόμενων ψυχρῶν παρειῶν) έπεκάθητο σταγονίδια μεταλλικου ύδραργύρου. Τὸ σχηματισθέν λοιπόν σώμα ήτο ένυθρόν οξείδιον ύδραργύρου. Τὸ συλλεχθέν άέριον, ὄν οξυγόνον, είχεν όγκον περίπου τὸ  $\frac{1}{7}$  του άρχικου όγκου του άέρος, μιγνύμενον δέ μετά τῶν ύπολειψθέντων έν τη σφαιρα και τῷ κώδωνι  $\frac{6}{7}$ , άποτελεῖται άέριον, έχον τὰς ιδιότητας του άρχικου άέρος.

Τὸ υπό του ύδραργύρου άπορροφηθέν άέριον και είτα διά της άποσυνθέσεως της σχηματισθείσης ένώσειος άποδοθέν όνομάσθη κατά πρώτον υπό του Lavoisier αήρ έξόχος άναπνεύσιμος ή αήρ ζωικός. Διά του άξιωματημονεύτου λοιπόν τούτου πειράματος κατεδείχθη τὸ πρώτον ή ύπαρξις έν τῷ αίρι δύο ὄλων διαφόρων άέριων: ένός συνεργου της καύσεως και άπαραιτήτου παράγοντος της άναπνοής και έτέρου ὄλου άδρανουδς και πόντη άκατάλληλου εις καθσιν.

Εικόνα 63: από Μαθήματα Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής επί τη βάσει των νεωτάτων ειδικών συγγραφών προς χρήσιν των μαθητών των γυμνασίων, σελ. 100-101<sup>8\*</sup>

Στην Εικόνα 64 φαίνεται ότι το κείμενο, το οποίο συνοδεύεται από την εικόνα, περιγράφει, κάνοντας ικανοποιητική (I) συσχέτιση με την ανάπτυξη της Χημείας (β), την εξέλιξη της έρευνας για το φωτοηλεκτρικό στοιχείο.

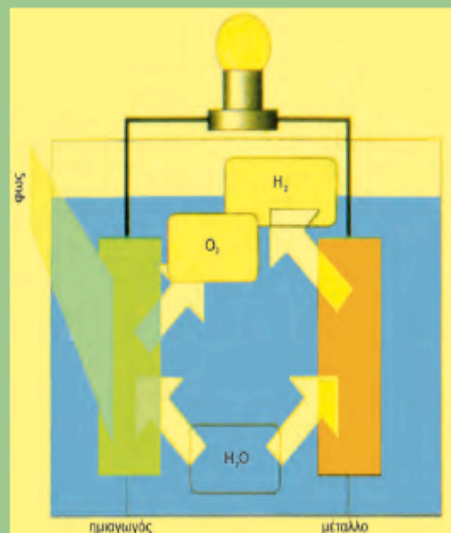
### Τεχνητή φωτοσύνθεση

Το πρόβλημα των καυσίμων εξακολουθεί και είναι οξύ. Το πετρέλαιο, το κάρβουνο και το φυσικό αέριο αρχίζουν να λιγοστεύουν και είναι ήδη ακριβά. Επιπλέον επιβαρύνουν δυσανάλογα το περιβάλλον. Το ιδανικό θα είναι ένα καύσιμο που «ποτέ δε θα τελειώνει» και κατά τη χρήση του δε θα μολύνει την ατμόσφαιρα. Ένα τέτοιο καύσιμο είναι το **υδρογόνο**. Από πρώτη όψη αυτό μπορεί να παράγεται με **ηλεκτρόλυση νερού**. Όμως, η απαιτούμενη για την ηλεκτρόλυση ενέργεια είναι μεγαλύτερη από εκείνη που θα παίρνομε από την καύση του  $H_2$ .

Η φύση όμως μας έχει προμηθεύσει το «εργοστάσιο» για την παραγωγή του  $H_2$ . Το χημικό αυτό εργοστάσιο υπάρχει ακόμα και σε κάθε αυλή των σπιτιών. Και αυτό δεν είναι άλλο από τα πράσινα φύλλα των φυτών και η διαδικασία είναι η πιο ζωογόνα οξειδοαναγωγική αντίδραση, η **φωτοσύνθεση**. Με αυτήν παράγονται **γλυκόζη**, **κυτταρίνη** και **άμυλο**, αποθηκεύοντας την ηλιακή ενέργεια σαν μελλοντικό καύσιμο, το ξύλο.

Αυτή τη λογική προσπαθούν οι επιστήμονες να την υλοποιήσουν και να παράγουν  $H_2$  από ηλεκτρόλυση νερού με μόνη πηγή ενέργειας το ηλιακό φως. Αυτό το προσπαθούν με τα λεγόμενα **φωτοηλεκτροχημικά στοιχεία** τα οποία είναι ηλεκτρολυτικά στοιχεία τα οποία πραγματοποιούν την αντίδραση  $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{8} O_2$  χρησιμοποιώντας το ηλιακό φως. Προσέξτε, αυτά διαφέρουν από τα **φωτοβολταϊκά στοιχεία** τα οποία μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ροή ηλεκτρονίων (ρεύμα). Αυτά όπως είπαμε παράγουν  $H_2$  το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο.

Οι συσκευές αυτές σαν **άνοδο** χρησιμοποιούν **ημιαγωγούς** και σαν **κάθοδο** αδρανή μέταλλα, όπως π.χ. λευκόχρυσο. Η απόδοση των φωτοηλεκτροχημικών στοιχείων φτάνει το 10%, ενώ εκείνη της φωτοσύνθεσης μόλις το 3%. Η απόδοση αυτή μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση ορισμένων **χρωστικών** οι οποίες απορροφούν έντονα την ηλιακή ακτινοβολία. Για ακόμα μια φορά η επιστήμη αντιγράφει τη φύση, διότι μην ξεχνάτε ότι στα πράσινα φύλλα υπάρχει η **χλωροφύλλη** η οποία απορροφά το κόκκινο και το μπλε από τα μήκη κύματος του ηλιακού φωτός.



φωτοηλεκτροχημικό στοιχείο

Εικόνα 64: από Χημεία Γ' Λυκείου Β' τεύχος, σελ. 30<sup>20\*</sup>

Στον Πίνακα 4 συνοψίζεται το τρίτο κριτήριο.



Πίνακας 4: Σύνδεση της οπτικής αναπαράστασης με ιστορικές αναφορές

| Σχέση αναπαράστασης με κείμενο                                   | Ταξινόμηση σε κλίμακες/ Ορισμός  |
|--|--|
| (α) Ιστορική αναφορά εργαστηριακής πρακτικής                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ικανοποιητική συσχέτιση (I):</b> εκτενής και με λεπτομέρειες αναφορά στα ιστορικά στοιχεία της ανακάλυψης και της εξέλιξης μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> <li>• <b>Απλή αναφορά (A):</b> σύντομη και χωρίς λεπτομέρειες αναφορά στα ιστορικά στοιχεία της ανακάλυψης και της εξέλιξης μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> <li>• <b>Καμία αναφορά (K):</b> καμία αναφορά στα ιστορικά στοιχεία της ανακάλυψης και της εξέλιξης μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> </ul>  |
| (β) Συνεισφορά εργαστηριακής πρακτικής στην ανάπτυξη της Χημείας | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ικανοποιητική συσχέτιση (I):</b> εκτενής και με λεπτομέρειες αναφορά στον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκε ιστορικά η εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας από την ανακάλυψη και την εξέλιξη μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> <li>• <b>Απλή αναφορά (A):</b> σύντομη και χωρίς λεπτομέρειες αναφορά στον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκε ιστορικά η εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας από την ανακάλυψη και την εξέλιξη μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> <li>• <b>Καμία αναφορά (K):</b> καμία αναφορά στον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκε ιστορικά η εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας από την ανακάλυψη και την εξέλιξη μιας εργαστηριακής πρακτικής.</li> </ul> |

## 2.5. Ανάλυση

Προκειμένου να εφαρμοστούν τα προαναφερθέντα κριτήρια, οι εικόνες, κάθε βιβλίου ξεχωριστά, διακρίθηκαν αρχικά με βάση το περιεχόμενό τους σε **I. Συσκευές & Όργανα** ή **II. Εργαστηριακές τεχνικές** ή **III. Εργαστηριακά γεγονότα & δεδομένα** ή **IV. Σχέσεις εργαστηριακών δεδομένων**. Στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τη λειτουργία τους σε **A. Διακοσμητική**, **B. Απεικονιστική**, **Γ. Ερμηνευτική**, **Δ. Αφηγηματική**, **Ε. Επεξηγηματική**, **ΣΤ. Μετασχηματιστική**. Με βάση την ιστορική οπτική, εντοπίστηκαν οι αναφορές σε εργαστηριακές πρακτικές σχετικά με **(α) την ιστορία της Χημείας** και **(β) την ανάπτυξη της Χημείας**, οι οποίες ταξινομήθηκαν σε **ικανοποιητικές (I)** ή **απλές (A)**. Επίσης εντοπίστηκαν αναπαραστάσεις, οι οποίες αποτελούν την πρώτη χρονολογικά εμφάνιση, στα σχολικά εγχειρίδια, σημαντικών ιστορικά εργαστηριακών πρακτικών (οργάνων/ συσκευών και τεχνικών). Η πρώτη εμφάνιση αυτών των ιστορικών πρακτικών στις εικόνες των σχολικών εγχειριδίων αναλύθηκε, κυρίως για τις ανακαλύψεις του 19ου και 20ού αιώνα, προκειμένου να βρεθεί η χρονική απόσταση μεταξύ ανακάλυψης και προσαρμογής στα σχολικά εγχειρίδια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Αποτελέσματα

#### 3.1. Αποτελέσματα - Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συγκεντρώθηκαν στους παρακάτω πίνακες προς σύγκριση και ερμηνεία.

#### 3.1.1. Αποτελέσματα ανάλυσης οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους. (2ο κριτήριο)

Πίνακας 5: Συνολικός αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαραστάσης, με χρονολογική σειρά

| Έτος έκδοσης | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους |   |    |   |   |    |
|--------------|---------------------------------------|--|---|---|----|---|---|----|
|              |                                       |  | A   | B | Γ  | Δ | E | ΣΤ |
| 1909         | 26*                                   | 3  | 0   | 0 | 3  | 0 | 0 | 0  |
| 1921         | 8*                                    | 26   | 0   | 5 | 21 | 0 | 0 | 0  |
| 1931         | 3*                                    | 10   | 0   | 0 | 10 | 0 | 0 | 0  |
| 1933         | 27*                                   | 31   | 0   | 6 | 25 | 0 | 0 | 0  |
| 1938         | 12*                                   | 34   | 0   | 6 | 28 | 0 | 0 | 0  |
| 1940         | 13*                                   | 12   | 0   | 2 | 10 | 0 | 0 | 0  |
| 1943         | 7*                                    | 27   | 0   | 4 | 22 | 0 | 1 | 0  |
|              |                                       |  |   |   |    |   |   |    |

| Έτος έκδοσης | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους |    |    |    |   |    |
|--------------|---------------------------------------|--|---|----|----|----|---|----|
|              |                                       |  | A   | B  | Γ  | Δ  | Ε | ΣΤ |
| 1951         | 14*                                   | 20   | 0   | 2  | 18 | 0  | 0 | 0  |
| 1954         | 30*                                   | 15   | 0   | 0  | 14 | 1  | 0 | 0  |
| 1955         | 4*                                    | 1  | 0   | 0  | 1  | 0  | 0 | 0  |
| 1957         | 11*                                   | 58   | 0   | 4  | 44 | 4  | 6 | 0  |
| 1958         | 31*                                   | 17   | 0   | 2  | 14 | 1  | 0 | 0  |
| 1959         | 22*                                   | 27   | 0   | 0  | 27 | 0  | 0 | 0  |
| 1965         | 23*                                   | 47   | 0   | 4  | 43 | 0  | 0 | 0  |
| 1968         | 24*                                   | 30   | 0   | 5  | 25 | 0  | 0 | 0  |
| 1976         | 25*                                   | 12   | 0   | 0  | 12 | 0  | 0 | 0  |
| 1976         | 33*                                   | 83   | 0   | 11 | 59 | 9  | 3 | 1  |
| 1977         | 9*                                    | 44   | 1   | 5  | 33 | 5  | 0 | 0  |
| 1979         | 28*                                   | 40   | 0   | 0  | 35 | 5  | 0 | 0  |
| 1980         | 10*                                   | 35   | 0   | 2  | 31 | 1  | 0 | 1  |
| 1981         | 29*                                   | 10   | 0   | 0  | 9  | 0  | 0 | 1  |
| 1982         | 32*                                   | 57   | 1   | 7  | 38 | 2  | 8 | 1  |
| 1998         | 16*                                   | 23   | 0   | 4  | 15 | 3  | 1 | 0  |
| 1998         | 15*                                   | 23   | 1   | 3  | 5  | 13 | 1 | 0  |
| 1998         | 18*                                   | 29   | 0   | 10 | 13 | 5  | 1 | 0  |

| Έτος έκδοσης | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους |      |     |     |    |     |
|--------------|---------------------------------------|--|---|------|-----|-----|----|-----|
|              |                                       |  | A   | B    | Γ   | Δ   | Ε  | ΣΤ  |
| 1998         | 17*                                   | 18   | 0   | 3    | 4   | 11  | 0  | 0   |
| 1998         | 19*                                   | 8  | 0   | 0    | 7   | 1   | 0  | 0   |
| 1998         | 20*                                   | 32   | 0   | 5    | 14  | 9   | 4  | 0   |
| 1998         | 21*                                   | 18   | 1   | 1    | 11  | 3   | 2  | 0   |
| 2003         | 2*                                    | 9  | 0   | 8    | 0   | 1   | 0  | 0   |
| 2003         | 1*                                    | 21   | 1   | 16   | 2   | 1   | 0  | 1   |
| 2003         | 6*                                    | 27   | 2   | 21   | 4   | 0   | 0  | 0   |
| 2003         | 5*                                    | 14   | 1   | 6    | 5   | 2   | 0  | 0   |
| Σύνολο       | 33*                                   | 861  | 8   | 142  | 602 | 77  | 27 | 5   |
| Ποσοστό %    | -                                     | 100  | 1   | 16,5 | 70  | 8,9 | 3  | 0,6 |

Όπου Α: Διακοσμητική, Β: Απεικονιστική, Γ: Ερμηνευτική, Δ: Αφηγηματική, Ε: Επεξηγηματική, ΣΤ: Μετασχηματιστική

Ανάλυση του Πίνακα 5: Όσον αφορά στη λειτουργία των οπτικών αναπαραστάσεων από τις 861 που αναλύθηκαν οι 602 είναι ερμηνευτικές, δηλαδή κυριαρχούν σε ποσοστό περίπου 70%.

**Πίνακας 6: Συνολικός αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία της οπτικής αναπαράστασης, ανά συγγραφέα**

| Συγγραφείς  | Σύνολο εγχειριδίων ανά συγγραφέα (Αριθμός αναφοράς) | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους |    |     |    |   |    |
|---|---|--|---|----|-----|----|---|----|
|   |   |  | A   | B  | Γ   | Δ  | E | ΣΤ |
| Παπανικολάου & Λεονταρίτη                                   | 5 (26*,27*,12*,13*,14*)                             | 100  | 0   | 16 | 84  | 0  | 0 | 0  |
| Ιωάννου   | 1 (8*)  | 26   | 0   | 5  | 21  | 0  | 0 | 0  |
| Άκατος & Νεράτζη  | 1 (3*)  | 10   | 0   | 0  | 10  | 0  | 0 | 0  |
| Ιατρόπουλος   | 1 (7*)  | 27   | 0   | 4  | 22  | 0  | 1 | 0  |
| Καρώνης, Σερμπέτης, Φράσσαρης & Δρούκα- Λιαπάτη             | 5 (30*,31*,9*,10*,32*)                              | 168  | 2   | 16 | 130 | 10 | 8 | 2  |
| Βαρβογλής   | 1 (4*)  | 1  | 0   | 0  | 1   | 0  | 0 | 0  |
| Κατάκης   | 1 (11*)   | 58   | 0   | 4  | 44  | 4  | 6 | 0  |
| Λιώκης  | 1 (22*)   | 27   | 0   | 0  | 27  | 0  | 0 | 0  |
| Μάζης   | 3 (23*, 24*, 25*)                                   | 89   | 0   | 9  | 80  | 0  | 0 | 0  |
| Godier, Thomas & Moreau, Μελά-Ιωαννίδη (μετάφραση-διασκευή) | 1 (33*)   | 83   | 0   | 11 | 59  | 9  | 3 | 1  |

| Συγγραφείς  | Σύνολο εγχειριδίων ανά συγγραφέα (Αριθμός αναφοράς) | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών ως προς τη λειτουργία τους |      |     |     |    |     |
|---|---|--|---|------|-----|-----|----|-----|
|   |   |  | A   | B    | Γ   | Δ   | E  | ΣΤ  |
| Σακελλαρίδης  | 2 (28*,29*)   | 50   | 0   | 0    | 44  | 5   | 0  | 1   |
| Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης                        | 7 (16*,15*,18*,17*,19*,20*,21*)                     | 151  | 2   | 26   | 69  | 45  | 9  | 0   |
| Αβραμιώτης, Αγγελόπουλος, Καπελώνης, Σινιγάλιας, Σπαντίδης, Τρικαλίτη & Φίλος | 2 (2*,1*)   | 30   | 1   | 24   | 2   | 2   | 0  | 1   |
| Θεοδωρόπουλος, Παπαθεοφάνους & Σιδέρη   | 2 (6*,5*)   | 41   | 3   | 27   | 9   | 2   | 0  | 0   |
| Σύνολο  | 33  | 861  | 8   | 142  | 602 | 77  | 27 | 5   |
| Ποσοστό %   | -   | 100  | 1   | 16,5 | 70  | 8,9 | 3  | 0,6 |

**Όπου Α: Διακοσμητική, Β: Απεικονιστική, Γ: Ερμηνευτική, Δ: Αφηγηματική, Ε: Επεξηγηματική, ΣΤ: Μετασχηματιστική**

*Σημείωση: Σε κάποια εγχειρίδια υπάρχουν ίδιες ή παρόμοιες αναπαραστάσεις, κυρίως αν είναι του ίδιου συγγραφέα. Ειδικά στους εργαστηριακούς οδηγούς 16\*,18\*, 21\* οι πρώτες 15 αναπαραστάσεις είναι ίδιες. Οι αναπαραστάσεις αυτές συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση, με εξαίρεση το εγχειρίδιο 19\*, στο οποίο έγινε μελέτη μόνο του πρώτου κεφαλαίου, γιατί τα υπόλοιπα κεφάλαια εμφανίζονται ίδια στο εγχειρίδιο 20\*.*

Ανάλυση του Πίνακα 6: Η επικράτηση των ερμηνευτικών αναπαραστάσεων φαίνεται και στην κατηγοριοποίηση ανά συγγραφέα με εξαίρεση τα βιβλία των συγγραφικών ομάδων «Αβραμιώτης, Αγγελόπουλος, Καπελώνης, Σινιγάλιας, Σπαντίδης, Τρικαλίτη & Φίλος» και «Θεοδωρόπουλος, Παπαθεοφάνους & Σιδέρη» στα οποία επικρατούν οι απεικονιστικές αναπαραστάσεις.

### 3.1.2. Αποτελέσματα ανάλυσης οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με βάση την ιστορική οπτική. (3ο κριτήριο)

Πίνακας 7: Συνολικός αριθμός οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με ιστορικές αναφορές ή αναφορές στην ανάπτυξη της Χημείας, με χρονολογική σειρά

| Έτος έκδοσης | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός ιστορικών αναφορών | Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας |
|--------------|---------------------------------------|--|----------------------------|--|
| 1909         | 26*                                   | 3  | Κ                          | Κ                                      |
| 1921         | 8*                                    | 26   | 6Α+1Ι                      | Κ                                      |
| 1931         | 3*                                    | 10   | Κ                          | Κ                                      |
| 1933         | 27*                                   | 31   | 1Α                         | Κ                                      |
| 1938         | 12*                                   | 34   | Κ                          | Κ                                      |
| 1940         | 13*                                   | 12   | Κ                          | Κ                                      |
| 1943         | 7*                                    | 27   | 4Α                         | Κ                                      |
| 1951         | 14*                                   | 20   | Κ                          | Κ                                      |
| 1954         | 30*                                   | 15   | Κ                          | Κ                                      |
| 1955         | 4*                                    | 1  | Κ                          | Κ                                      |
| 1957         | 11*                                   | 58   | 2Α                         | Κ                                      |



| <b>Έτος έκδοσης</b> | <b>Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου</b> | <b>Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών</b> | <b>Αριθμός ιστορικών αναφορών</b> | <b>Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας</b> |
|---------------------|--|---|-----------------------------------|---|
| 1958                | 31*  | 17  | Κ                                 | Κ   |
| 1959                | 22*  | 27  | Κ                                 | Κ   |
| 1965                | 23*  | 47  | Κ                                 | Κ   |
| 1968                | 24*  | 30  | Κ                                 | Κ   |
| 1976                | 25*  | 12  | Κ                                 | Κ   |
| 1976                | 33*  | 83  | 2Α                                | Κ   |
| 1977                | 9*   | 44  | Κ                                 | Κ   |
| 1979                | 28*  | 40  | 1Α                                | Κ   |
| 1980                | 10*  | 35  | Κ                                 | Κ   |
| 1981                | 29*  | 10  | 1Α                                | Κ   |
| 1982                | 32*  | 57  | 1Α                                | Κ   |
| 1998                | 16*  | 23  | Κ                                 | Κ   |
| 1998                | 15*  | 23  | 1Α                                | 1Α  |
| 1998                | 18*  | 29  | Κ                                 | Κ   |
| 1998                | 17*  | 18  | 2Α                                | Κ   |
| 1998                | 19*  | 8   | Κ                                 | Κ   |
| 1998                | 20*  | 32  | 1Ι                                | 2Ι  |
| 1998                | 21*  | 18  | Κ                                 | Κ   |

| Έτος έκδοσης | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός ιστορικών αναφορών | Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας |
|--------------|---------------------------------------|--|----------------------------|--|
| 2003         | 2*                                    | 9  | Κ                          | Κ                                      |
| 2003         | 1*                                    | 21   | 1Α                         | Κ                                      |
| 2003         | 6*                                    | 27   | Κ                          | Κ                                      |
| 2003         | 5*                                    | 14   | 1Ι                         | Κ                                      |
| Σύνολο       | 33                                    | 861  | 22Α+3Ι=25                  | 1Α+2Ι=3                                |
| Ποσοστό %    | -                                     | 100  | 2,9                        | 0,4                                    |

Όπου Ι: Ικανοποιητική αναφορά, Α: Απλή αναφορά, Κ: Καμία αναφορά

Πίνακας 8: Συνολικός αριθμός οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών με ιστορικές αναφορές ή αναφορές στην ανάπτυξη της Χημείας, ανά συγγραφέα

| Συγγραφείς                | Σύνολο εγχειριδίων ανά συγγραφέα (Αριθμός αναφοράς) | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός ιστορικών αναφορών | Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας |
|---------------------------|---|--|----------------------------|--|
| Παπανικολάου & Λεονταρίτη | 5 (26*,27*,12*, 13*,14*)                            | 100  | 1Α                         | Κ                                      |
| Ιωάννου                   | 1 (8*)  | 26   | 6Α+1Ι                      | Κ                                      |
| Άκατος & Νεράτζη          | 1 (3*)  | 10   | Κ                          | Κ                                      |

| Συγγραφείς  | Σύνολο εγχειριδίων ανά συγγραφέα (Αριθμός αναφοράς) | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός ιστορικών αναφορών | Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας |
|---|---|--|----------------------------|--|
| Ιατρόπουλος   | 1 (7*)  | 27   | 4A                         | K                                      |
| Καρώνης, Σερμπέτης, Φράσσαρης & Δρούκα- Λιαπάτη             | 5 (30*,31*,9*, 10*,32*)                             | 168  | 1A                         | K                                      |
| Βαρβογλής   | 1 (4*)  | 1  | K                          | K                                      |
| Κατάκης   | 1 (11*)   | 58   | 2A                         | K                                      |
| Λιώκης  | 1 (22*)   | 27   | K                          | K                                      |
| Μάζης   | 3 (23*,24*,25*)                                     | 89   | K                          | K                                      |
| Godier, Thomas & Moreau, Μελά-Ιωαννίδη (μετάφραση-διασκευή) | 1 (33*)   | 83   | 2A                         | K                                      |
| Σακελλαρίδης  | 2 (28*,29*)   | 50   | 2A                         | K                                      |
| Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλος, Θεοδωρόπουλος & Κάλλης      | 7 (16*,15*,18*, 17*,19*,20*,21*)                    | 151  | 3A+1I=4                    | 1A+1I                                  |
|   |   |  |                            |  |

| Συγγραφείς  | Σύνολο εγχειριδίων ανά συγγραφέα (Αριθμός αναφοράς) | Αριθμός αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών | Αριθμός ιστορικών αναφορών | Αριθμός αναφορών στην ανάπτυξη Χημείας |
|---|---|--|----------------------------|--|
| Αβραμιώτης, Αγγελόπουλος, Καπελώνης, Σιניγάλιας, Σπαντίδης, Τρικαλίτη & Φίλος | 2 (2*,1*)   | 30   | 1A                         | K                                      |
| Θεοδωρόπουλος, Παπαθεοφάνους & Σιδέρη   | 2 (6*,5*)   | 41   | 1I                         | K                                      |
| Σύνολο  | 33  | 861  | 22A+3I=25                  | 1A+2I=3                                |
| Ποσοστό %   | -   | 100  | 2,9                        | 0,4                                    |

Όπου I: Ικανοποιητική αναφορά, A: Απλή αναφορά, K: Καμία αναφορά

Ανάλυση των Πινάκων 7 και 8: Από τις συνολικά 861 αναπαραστάσεις μόνο 25 κάνουν ιστορική αναφορά σε εργαστηριακή πρακτική, εκ των οποίων μόνο 3 έχουν ικανοποιητική συσχέτιση. Όσον αφορά τις ιστορικές αναφορές για την ανάπτυξη της Χημείας βρέθηκαν μόνο 3 σχετικές εικόνες, εκ των οποίων 1 έχει απλή αναφορά και 2 ικανοποιητική συσχέτιση.

### 3.1.3. Αποτελέσματα ανάλυσης με βάση την πρώτη εμφάνιση των ιστορικών ανακαλύψεων εργαστηριακών πρακτικών στις εικόνες των σχολικών εγχειριδίων

**Πίνακας 9: Σημαντικές εργαστηριακές πρακτικές που εμφανίζονται στα σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα**

| <b>Εργαστηριακή πρακτική</b>                         | <b>Έτος/ χρονική περίοδος ανακάλυψης εργαστηριακής πρακτικής</b> | <b>Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου πρώτης εμφάνισης πρακτικής</b> | <b>Έτος έκδοσης σχολικού εγχειριδίου</b> |
|--|--|---|--|
| κάμινος μεταλλουργίας                                | ~3300 π.Χ. χαλκός<br>~1300 π.Χ. σίδηρος                          | 10*   | 1980                                     |
| παρασκευή σαπουνιού                                  | ~2800 π.Χ.   | 24*   | 1968                                     |
| γυάλινα εργαστηριακά όργανα                          | ~2500 π.Χ.   | 26*   | 1909                                     |
| (απόσταξη)<br>αποστακτήρας/alembic                   | (~1200 π.Χ.)<br>~αρχές μ.Χ. εποχής                               | 8*  | 1921                                     |
| (απόσταξη)<br>αποστακτική συσκευή με «κέρας» /retort | (~1200 π.Χ.)<br>~αρχές 14ου αιώνα μ.Χ.                           | 26*   | 1909                                     |
| συσκευή κλασματικής απόσταξης                        | 1280 μ.Χ.  | 7*  | 1943                                     |
| (εκχύλιση)<br>διαχωριστική χοάνη                     | (~3500 π.Χ.)<br>1831 μ.Χ.  | 28*   | 1979                                     |
| εκχυλιστήρας   | 1879 μ.Χ   | 28*   | 1979                                     |
| διήθηση  | ~1200 π.Χ.   | 3*  | 1931                                     |
| διήθηση υπό κενό                                     | 1865 μ.Χ.  | 28*   | 1979                                     |
|  |  |   |  |

| <b>Εργαστηριακή πρακτική</b>                       | <b>Έτος/ χρονική περίοδος ανακάλυψης εργαστηριακής πρακτικής</b> | <b>Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου πρώτης εμφάνισης πρακτικής</b> | <b>Έτος έκδοσης σχολικού εγχειριδίου</b> |
|--|--|---|--|
| τεχνική συλλογής αερίου πάνω από υγρό              | ~δεκαετία 1720 μ.Χ.  | 26*   | 1909                                     |
| ευδιόμετρο Volta                                   | 1777 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| συσσκευή για μελέτη σύστασης αέρα Lavoisier        | 1789 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| μέθοδος προσδιορισμού αζώτου Dumas                 | 1831 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| προσδιορισμός σύστασης αέρα Dumas και Boussingault | 1841 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| υγροποίηση αερίων Faraday                          | 1823 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| δοχείο Dewar για υγροποίηση αερίων                 | 1893 μ.Χ.  | 22*   | 1959                                     |
| ογκομέτρηση  | 1729 μ.Χ.  | 33*   | 1976                                     |
| προχοϊδα   | 1855 μ.Χ.  | 33*   | 1976                                     |
| πυροχημική ανάλυση                                 | 1738 μ.Χ.  | 9*  | 1977                                     |
| λυχνία του Davy                                    | 1816 μ.Χ.  | 26*   | 1909                                     |
| λύχνος Bunsen                                      | 1866 μ.Χ.  | 3*  | 1931                                     |
|  |  |   |  |

| Εργαστηριακή πρακτική                                | Έτος/ χρονική περίοδος ανακάλυψης εργαστηριακής πρακτικής | Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου πρώτης εμφάνισης πρακτικής | Έτος έκδοσης σχολικού εγχειριδίου |
|--|---|--|-----------------------------------|
| ατομικό φάσμα εκπομπής                               | 1859 μ.Χ.<br>φασματοσκόπιο                                | 20*  | 1998                              |
| συσσκευή ώσμωσης                                     | 1748 μ.Χ.   | 11*  | 1957                              |
| θερμιδόμετρο   | 1885 μ.Χ.<br>θερμιδόμετρο βόμβας                          | 20*  | 1998                              |
| μέθοδος Scheele παρασκευής χλωρίου                   | 1774 μ.Χ.   | 27*  | 1933                              |
| συσσκευή για προσδιορισμό σύστασης νερού Dumas       | 1843 μ.Χ.   | 27*  | 1933                              |
| χημικός ζυγός  | 1778 μ.Χ.   | 9*   | 1977                              |
| μέθοδος προσδιορισμού στοιχείων σε οργανικές ενώσεις | 1784 μ.Χ.   | 8*   | 1921                              |
| ηλεκτρολυτική διάσπαση νερού                         | 1789 μ.Χ.   | 11*  | 1957                              |
| βολτάμετρο   | 1834 μ.Χ.   | 27*  | 1933                              |
| ηλεκτρόλυση  | 1800 μ.Χ.   | 8*   | 1921                              |
| ηλεκτρικό στοιχείο                                   | 1800 μ.Χ.<br>ηλεκτροχημεία                                | 10*  | 1980                              |
|  |   |  |                                   |

| <b>Εργαστηριακή πρακτική</b> | <b>Έτος/ χρονική περίοδος ανακάλυψης εργαστηριακής πρακτικής</b> | <b>Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου πρώτης εμφάνισης πρακτικής</b> | <b>Έτος έκδοσης σχολικού εγχειριδίου</b> |
|------------------------------|--|---|--|
| αλκοολόμετρο                 | 1824 μ.Χ.  | 31*   | 1954                                     |
| πολωσίμετρο                  | 1844 μ.Χ.  | 20*   | 1998                                     |
| χρήση δείκτη                 | 1877 μ.Χ.  | 12*   | 1938                                     |
| πεχάμετρο                    | 1921 μ.Χ.  | 15*   | 1998                                     |
| φυγοκεντρητής                | 1878 μ.Χ.  | 28*   | 1979                                     |
| πυρόλυση αλκανίων            | 1891 μ.Χ.  | 17*   | 1998                                     |
| θερμίτης                     | 1893 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     |
| χρωματογραφία                | 1855 μ.Χ.<br>χρωματογραφία χαρτιού                               | 1*  | 2003                                     |
| PVC                          | 1912 μ.Χ.  | 24*   | 1968                                     |
| μετρητής Geiger-Muller       | 1928 μ.Χ.  | 15*   | 1998                                     |
| Νάιλον                       | 1935 μ.Χ.  | 24*   | 1968                                     |
| φωτοηλεκτρικό στοιχείο       | 1883 μ.Χ.  | 20*   | 1998                                     |
| μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας | 1985 μ.Χ.  | 20*   | 1998                                     |
| Σύνολο: 46                   | -  | -   | -  |



**Πίνακας 10: Χρονική απόσταση ανακάλυψης σημαντικών εργαστηριακών πρακτικών του 19ου και 20ού αιώνα και εμφάνισης στα σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα**

| <b>Εργαστηριακή πρακτική</b>                       | <b>Έτος/ χρονική περίοδος ανακάλυψης εργαστηριακής πρακτικής</b> | <b>Αριθμός αναφοράς σχολικού εγχειριδίου πρώτης εμφάνισης πρακτικής</b> | <b>Έτος έκδοσης σχολικού εγχειριδίου</b> | <b>Χρονική απόσταση ανακάλυψης - πρώτης εμφάνισης σε σχολικό εγχειρίδιο (έτη)</b> |
|--|--|---|--|---|
| ηλεκτρόλυση  | 1800 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     | 121   |
| ηλεκτρικό στοιχείο                                 | 1800 μ.Χ.<br>ηλεκτροχημεία                                       | 10*   | 1980                                     | 180   |
| λυχνία του Davy                                    | 1816 μ.Χ.  | 26*   | 1909                                     | 93  |
| υγροποίηση αερίων Faraday                          | 1823 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     | 98  |
| αλκοολόμετρο                                       | 1824 μ.Χ.  | 31*   | 1954                                     | 130   |
| διαχωριστική χοάνη                                 | 1831 μ.Χ.  | 28*   | 1979                                     | 145   |
| μέθοδος προσδιορισμού αζώτου Dumas                 | 1831 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     | 90  |
| βολτάμετρο   | 1834 μ.Χ.  | 27*   | 1933                                     | 99  |
| προσδιορισμός σύστασης αέρα Dumas και Boussingault | 1841 μ.Χ.  | 8*  | 1921                                     | 80  |
| συσσκευή για προσδιορισμό σύστασης νερού Dumas     | 1843 μ.Χ.  | 27*   | 1933                                     | 90  |

| <b>Εργαστηριακή<br/>πρακτική</b> | <b>Έτος/ χρονική<br/>περίοδος<br/>ανακάλυψης<br/>εργαστηριακής<br/>πρακτικής</b> | <b>Αριθμός<br/>αναφοράς<br/>σχολικού<br/>εγχειριδίου<br/>πρώτης<br/>εμφάνισης<br/>πρακτικής</b> | <b>Έτος<br/>έκδοσης<br/>σχολικού<br/>εγχειριδίου</b> | <b>Χρονική<br/>απόσταση<br/>ανακάλυψης<br/>- πρώτης<br/>εμφάνισης σε<br/>σχολικό<br/>εγχειρίδιο<br/>(έτη)</b> |
|----------------------------------|--|---|--|---|
| πολωσίμετρο                      | 1844 μ.Χ.  | 20*   | 1998   | 174   |
| προχοΐδα                         | 1855 μ.Χ.  | 33*   | 1976   | 121   |
| χρωματογραφία                    | 1855 μ.Χ.<br>χρωματογραφία<br>χαρτιού  | 1*  | 2003   | 148   |
| ατομικό φάσμα<br>εκπομπής        | 1859 μ.Χ.<br>φασματοσκόπιο   | 20*   | 1998   | 139   |
| διήθηση υπό κενό                 | 1865 μ.Χ.  | 28*   | 1979   | 114   |
| λύχνος Bunsen                    | 1866 μ.Χ.  | 3*  | 1931   | 65  |
| χρήση δείκτη                     | 1877 μ.Χ.  | 12*   | 1938   | 61  |
| φυγοκεντρητής                    | 1878 μ.Χ.  | 28*   | 1979   | 101   |
| εκχυλιστήρας                     | 1879 μ.Χ.  | 28*   | 1979   | 100   |
| φωτοηλεκτρικό στοιχείο           | 1883 μ.Χ.  | 20*   | 1998   | 115   |
| θερμιδόμετρο                     | 1885 μ.Χ.<br>θερμιδόμετρο<br>βόμβας  | 20*   | 1998   | 113   |
| πυρόλυση αλκανίων                | 1891 μ.Χ.  | 17*   | 1998   | 107   |
|                                  |  |   |  |   |

| Εργαστηριακή<br>πρακτική              | Έτος/ χρονική<br>περίοδος<br>ανακάλυψης<br>εργαστηριακής<br>πρακτικής | Αριθμός<br>αναφοράς<br>σχολικού<br>εγχειριδίου<br>πρώτης<br>εμφάνισης<br>πρακτικής | Έτος<br>έκδοσης<br>σχολικού<br>εγχειριδίου | Χρονική<br>απόσταση<br>ανακάλυψης<br>- πρώτης<br>εμφάνισης σε<br>σχολικό<br>εγχειρίδιο<br>(έτη) |
|---------------------------------------|---|--|--|---|
| θερμίτης                              | 1893 μ.Χ.   | 8*   | 1921                                       | 28  |
| δοχείο Dewar για<br>υγροποίηση αερίων | 1893 μ.Χ.   | 22*  | 1959                                       | 66  |
| PVC                                   | 1912 μ.Χ.   | 24*  | 1968                                       | 56  |
| πεχάμετρο                             | 1921 μ.Χ.   | 15*  | 1998                                       | 77  |
| μετρητής Geiger-Muller                | 1928 μ.Χ.   | 15*  | 1998                                       | 70  |
| Νάυλον                                | 1935 μ.Χ.   | 24*  | 1968                                       | 33  |
| μικροσκόπιο σάρωσης<br>σήραγγας       | 1985 μ.Χ.   | 20*  | 1998                                       | 13  |
| Σύνολο: 29                            | -   | -  | -  | M.O.: 97,5  |

Ανάλυση των Πινάκων 9 και 10: Από την ανάλυση του δείγματος εντοπίστηκαν 46 οπτικές αναπαραστάσεις στις οποίες εμφανίζονται για πρώτη φορά κάποιες από τις σημαντικότερες ιστορικά ανακαλύψεις εργαστηριακών πρακτικών (Πίνακας 9). Από αυτές 29 αφορούν ανακαλύψεις του 19ου και 20ού αιώνα μ.Χ. Υπολογίστηκαν επίσης οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ ανακάλυψης των εργαστηριακών πρακτικών και εμφάνισης τους στα σχολικά εγχειρίδια του 20ού αιώνα μέχρι και σήμερα, ο μέσος όρος των οποίων βρέθηκε 97,5 έτη (Πίνακας 10).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία είναι:

Όσον αφορά στο 1ο ερευνητικό ερώτημα «Ποιες εργαστηριακές πρακτικές σηματοδοτούν την ανάπτυξη της Χημείας;», μελετήθηκε η ιστορική αναδρομή των ανακαλύψεων που οριοθέτησαν αλλαγές στις χημικές εργαστηριακές πρακτικές. Περιγράφονται λοιπόν, τεχνικές, όργανα και συσκευές με χρονολογική σειρά, ανά κατηγορία ανακάλυψης. Όπως για παράδειγμα, συσκευές διαχωρισμού μιγμάτων που εμφανίζονται τη χρονική περίοδο 3500 π.Χ., αλλά και φασματοσκοπικές τεχνικές που εξελίχθηκαν από την ανάλυση με φουσητήρα το 1738 μ.Χ. ως τα φασματόμετρα πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού 1952 μ.Χ., όπως επίσης και πιο σύγχρονες χρωματογραφικές και βιοχημικές τεχνικές.

Κάποιες ιστορικές ανακαλύψεις εμφανίστηκαν στα αρχαία χρόνια και κάποιες αποτελούν νεότερα τεχνολογικά επιτεύγματα. Άλλες χρησιμοποιούνται αναλλοίωτες μέχρι σήμερα κι άλλες εξελίχθηκαν ραγδαία ή πιο αργά. Σίγουρα πάντως υπάρχει πλούτος ιστορικών ανακαλύψεων, εξελίξεων και παραδειγμάτων εργαστηριακών πρακτικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα σχολικά εγχειρίδια, ώστε να βοηθήσουν τη μαθησιακή διαδικασία.<sup>7,23,41,42</sup>

Επιπλέον, η καταγραφή αυτή αποτελεί μια χρήσιμη βάση δεδομένων ως προς τις σημαντικότερες ανακαλύψεις της Χημείας η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλους ερευνητές για παρόμοιες μελέτες.

Όσον αφορά στο 2ο ερευνητικό ερώτημα «Ποια η λειτουργία των αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Χημείας του 20ού αιώνα μ.Χ.;», αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία ανάλυσης η οποία βασίστηκε σε 3 κριτήρια και έγινε με βάση αυτά κατηγοριοποίηση και ανάλυση του δείγματος. Τα κριτήρια βασίστηκαν στη βιβλιογραφία και επαναπροσδιορίστηκαν έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για τη μελέτη οπτικών αναπαραστάσεων εργαστηριακών πρακτικών. Όλες οι

αναπαραστάσεις αναλύθηκαν με βάση το είδος τους, τη λειτουργία τους και τη σύνδεσή τους με την Ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι, ως προς τη λειτουργία τους, οι οπτικές αναπαραστάσεις είναι ερμηνευτικές σε ποσοστό περίπου 70% και επίσης φαίνεται η επικράτηση των ερμηνευτικών αναπαραστάσεων στην κατηγοριοποίηση ανά συγγραφέα. Υπάρχει λοιπόν, μια προτίμηση των συγγραφέων στις ερμηνευτικές αναπαραστάσεις που, όπως αναφέρθηκε, ειδικά για τις εργαστηριακές πρακτικές ενισχύουν το κείμενο συνοψίζοντας τις πληροφορίες του με στόχο την κατανόησή του.<sup>17</sup> Αρνητική εξαίρεση παρατηρήθηκε σε δύο από τα πιο σύγχρονα (2003) βιβλία (5\*,6\*) μιας συγγραφικής ομάδας, που εμφανίζουν προτίμηση στις απεικονιστικές αναπαραστάσεις, οι οποίες δεν ενισχύουν το κείμενο. Στο σύνολο των βιβλίων που μελετήθηκαν βρέθηκε πολύ μικρό ποσοστό αφηγηματικών και επεξηγηματικών αναπαραστάσεων, οι οποίες ενισχύουν σε μεγάλο βαθμό την κατανόηση των εργαστηριακών πρακτικών.<sup>28</sup>

Όσον αφορά στο 3ο ερευνητικό ερώτημα «Ποια η σύνδεση των αναπαραστάσεων των εργαστηριακών πρακτικών των ελληνικών σχολικών εγχειριδίων του 20ού αιώνα μ.Χ. με την ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας;» συνοψίστηκε ο αριθμός των αναπαραστάσεων που συνδέονται με την Ιστορία ή την εξέλιξη της Χημείας. Από τις συνολικά 861 αναπαραστάσεις μόνο 25 (2,9%) κάνουν ιστορική αναφορά σε εργαστηριακή πρακτική, εκ των οποίων μόνο 3 έχουν ικανοποιητική συσχέτιση, και μόνο 3 (0,4%) αναφέρονταν στην ανάπτυξη της Χημείας, εκ των οποίων 1 έχει απλή αναφορά και 2 ικανοποιητική συσχέτιση. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι οι αναπαραστάσεις εργαστηριακών πρακτικών που συνδέονται με την Ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας, κατέχουν ένα πολύ μικρό ποσοστό στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια που εξετάστηκαν. Η ουσιαστική συσχέτιση των αναπαραστάσεων με παραδείγματα από το χρονικό των ανακαλύψεων της Χημείας θα μπορούσε να προσφέρει διδακτικά οφέλη και να δώσει στους μαθητές πιο σαφή εικόνα για την εξέλιξη της επιστήμης.<sup>10,23,35,36,41,42.</sup>

Όσον αφορά στο 4ο ερευνητικό ερώτημα «Ποια η χρονική απόσταση μεταξύ των επιστημονικών ανακαλύψεων των εργαστηριακών πρακτικών της Χημείας και της πρώτης οπτικής αναπαράστασής τους στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια

του 20ού αιώνα μ.Χ.;» υπολογίστηκε η χρονική απόσταση μεταξύ ανακάλυψης των πρακτικών που πραγματοποιήθηκαν τον 19<sup>ο</sup> και τον 20<sup>ο</sup> αιώνα και της εμφάνισής τους στις αναπαραστάσεις των σχολικών εγχειριδίων.

Από τις 46 οπτικές αναπαραστάσεις σημαντικών ιστορικά ανακαλύψεων, οι οποίες εμφανίζονται για πρώτη φορά στα σχολικά εγχειρίδια (Πίνακας 9), οι 29 αφορούν ανακαλύψεις του 19ου και 20ού αιώνα μ.Χ. και οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ ανακάλυψης των εργαστηριακών πρακτικών και εμφάνισής τους στις αναπαραστάσεις των σχολικών εγχειριδίων του 20ού αιώνα μέχρι και σήμερα, φαίνονται στον Πίνακα 10. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος βρέθηκε 97,5 έτη, που δηλώνει ότι στα σχολικά βιβλία που μελετήθηκαν, οι εικόνες εστιάζουν σε ανακαλύψεις του παρελθόντος και όχι στις σύγχρονες. Προβάλλεται στους μαθητές κυρίως η εικόνα της επιστήμης της Χημείας του προηγούμενου αιώνα. Έτσι, νεότερες σημαντικές ανακαλύψεις, εφαρμογές και χρήσεις της επιστήμης της Χημείας, που εμφανίζονται στη βιβλιογραφία και αναφέρθηκαν στην ιστορική αναδρομή (κεφάλαιο 2.2.), δεν εμφανίζονται καν στα σχολικά εγχειρίδια, όπως για παράδειγμα η Φασματοσκοπία Πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) (1952 μ.Χ.), η Αέρια χρωματογραφία/φασματομετρία μάζας (GC/MS) (1957 μ.Χ.) ή Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) (1960 μ.Χ.), η κρυσταλλογραφία πρωτεϊνών (1958 μ.Χ.) και η Σύνθεση πρωτεϊνών Merrifield (1963 μ.Χ.), η Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) (1983 μ.Χ.), Νανοσωλήνες άνθρακα (1991 μ.Χ.) κ.α.

Όπως έχει αναφερθεί, τα σχολικά εγχειρίδια περιέχουν πολλή από την πληροφορία που λαμβάνουν οι μαθητές, η οποία επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται την επιστήμη<sup>10</sup> και για αυτό είναι σημαντικό να κατανοούν, ότι η επιστήμη δεν είναι σταθερή και προσκολλημένη στο παρελθόν, αλλά εξελίσσεται διαρκώς.<sup>23</sup> Μάλιστα, ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή όπου υπάρχει ευρύτατη συνεργασία μεταξύ επιστημόνων από διαφορετικά πεδία, και μια ανακάλυψη είναι προϊόν διεπιστημονικής και συλλογικής προσπάθειας,<sup>47</sup> είναι σημαντικό να αντικατοπτρίζεται αυτό και στα σχολικά εγχειρίδια. Τα σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα είναι προϊόντα τέτοιων συνεργασιών<sup>10,23</sup> και δεν θα έπρεπε να απουσιάζουν από τα σχολικά βιβλία.<sup>1,6</sup>

Επιπλέον, το γεγονός ότι η χρήση των οπτικών αναπαραστάσεων για εργαστηριακές πρακτικές του παρελθόντος δεν συσχετίζεται με την ιστορία και την εξέλιξη της Χημείας, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η χρήση τους δεν εξυπηρετεί κάποιο διδακτικό στόχο.

Εν κατακλείδι, διαφαίνεται έντονη η ανάγκη ανανέωσης των σχολικών εγχειριδίων και ανάδειξης της εργαστηριακής πρακτικής μέσα από αυτά με στόχο την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και της σύνδεσης των βιβλίων με τις σύγχρονες εξελίξεις της Χημείας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων

| Ξενόγλωσσος όρος     | Ελληνικός Όρος               |
|----------------------|------------------------------|
| placelessness        | ατοπία                       |
| al kimiya            | αλχημεία                     |
| curcubit             | βίκος                        |
| ambix                | άμβυκας                      |
| solen                | σωλήνας                      |
| bikos                | φιάλη/βίκος                  |
| alambiq/alembic      | άμβυκας/αποστακτική συσκευή  |
| retort               | κέρας/κέρατο                 |
| inflammable air      | εύφλεκτος αέρας              |
| dephlogisticated air | αποφλογιστικοποιημένος αέρας |
| fixed air            | σταθερός αέρας               |
| phlogisticated air   | φλογιστικοποιημένος αέρας    |
| nitrous air          | νιτρώδης αέρας               |
| decorational         | διακοσμητική                 |
| depictive            | απεικονιστική                |
| interpretational     | ερμηνευτική                  |
| narrative            | αφηγηματική                  |
| explanative          | επεξηγηματική                |
| transformational     | μετασχηματιστική             |



## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

### Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους

|       |  |
|-------|--|
| DNA   | Deoxyribonucleic Acid                      |
| RNA   | Ribonucleic Acid                           |
| NMR   | Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy    |
| MS    | Mass Spectrometry                          |
| IR    | Infrared Spectroscopy                      |
| rpm   | revolutions per minute                     |
| PV    | photovoltaics                              |
| HPTLC | High-performance Thin-layer Chromatography |
| GC    | Gas Chromatography                         |
| GC/MS | Gas Chromatography/ Mass Spectrometry      |
| HPLC  | High-performance Liquid Chromatography     |
| GFP   | Green Fluorescent Protein                  |
| PVC   | Polyvinyl Chloride                         |
| PCR   | Polymerase Chain Reaction                  |
| TEM   | Transmission Electron Microscope           |
| SEM   | Scanning Electron Microscope               |
| ΙΕΠ   | Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής         |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- 1\*. Σ. Αβραμιώτης, Β. Αγγελόπουλος, Γ. Καπελώνης, Π. Σιनिγάλιας, Δ. Σπαντίδης, Α. Τρικαλίτη και Γ. Φίλος, *Χημεία Β' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 2003
- 2\*. Σ. Αβραμιώτης, Β. Αγγελόπουλος, Γ. Καπελώνης, Π. Σιनिγάλιας, Δ. Σπαντίδης, Α. Τρικαλίτη και Γ. Φίλος, *Χημεία Β' Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 2003
- 3\*. Π. Άκατος και Β. Νεράτζη, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας δια την Α' τάξιν των εξατάξιων Γυμνασίων και ημιγυμνασίων*, Έκδοση Κολλάρος Ιωάννης και ΣΙΑ ΑΕ, Βιβλιοπωλείον της «Εστίας» (2η έκδοση), 1931
- 4\*. Γ. Βαρβογλής, *Οργανική Χημεία Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (1η έκδοση), 1955
- 5\*. Π. Θεοδωρόπουλος, Π. Παπαθεοφάνους και Φ. Σιδέρη, *Χημεία Γ' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 2003
- 6\*. Π. Θεοδωρόπουλος, Π. Παπαθεοφάνους και Φ. Σιδέρη, *Χημεία Γ' Γυμνασίου Εργαστηριακός Οδηγός*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 2003
- 7\*. Α. Ιατρόπουλος, *Στοιχεία Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής προς χρήσιν των Γυμνασίων*, Έκδοση Τύποις «Φαζίλετ» (Κωνσταντινούπολη), 1943
- 8\*. Α. Ιωάννου, *Μαθήματα Χημείας Ανοργάνου και Οργανικής επί τη βάσει των νεωτάτων ειδικών συγγραφών προς χρήσιν των μαθητών των γυμνασίων*, Έκδοση Κ. Μακρίδου και Ι. Αλευροπούλου (2η έκδοση) (Κωνσταντινούπολη), 1921
- 9\*. Β. Καρώνης, Σ. Σερμπέτης και Θ. Φράσσαρης, *Χημεία με στοιχεία ορυκτολογίας Β' Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (1η έκδοση), 1977
- 10\*. Β. Καρώνης, Σ. Σερμπέτης και Θ. Φράσσαρης, *Χημεία Γ' Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (3η έκδοση), 1980

- 11\*. Σ. Κατάκης, *Ανόργανος Χημεία προς χρήση των μαθητών Γυμνασίου πρακτικού και κλασσικού τύπου και των υποψηφίων δια τας εισαγωγικάς εξετάσεις των ανωτάτων σχολών*, Έκδοση Σ. Σπυρόπουλος (3η έκδοση), 1957
- 12\*. Δ. Λεονταρίτης, *Στοιχεία Χημείας δια την Β' τάξιν των οκτατάξιων Γυμνασίων και πεντατάξιων προγυμνασίων*, Οργανισμός Εκδόσεως Σχολικών Βιβλίων, 1938
- 13\*. Δ. Λεονταρίτης, *Χημεία δια την ΣΤ' τάξιν των Γυμνασίων παλαιού τύπου*, Οργανισμός Εκδόσεως Σχολικών Βιβλίων, 1940
- 14\*. Δ. Λεονταρίτης, *Χημεία δια την Ε' τάξιν των Γυμνασίων*, Οργανισμός Εκδόσεως Σχολικών Βιβλίων, 1951
- 15\*. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος και Α. Κάλλης, *Χημεία Α' Λυκείου*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 1998
- 16\*. Σ. Λιοδάκης και Δ. Γάκης, *Χημεία Α' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 1998
- 17\*. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος και Α. Κάλλης, *Χημεία Β' Λυκείου*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 1998
- 18\*. Σ. Λιοδάκης και Δ. Γάκης, *Χημεία Β' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 1998
- 19\*. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος και Α. Κάλλης, *Χημεία Γ' Λυκείου Α' τεύχος*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 1998
- 20\*. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος και Α. Κάλλης, *Χημεία Γ' Λυκείου Β' τεύχος*, Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», 1998
- 21\*. Σ. Λιοδάκης και Δ. Γάκης, *Χημεία Γ' Λυκείου Εργαστηριακός Οδηγός*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 1998

- 22\*. Λ. Λιώκης, *Στοιχεία Ανοργάνου Χημείας Ε' τάξεως εξατάξιου γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Σχολικών Βιβλίων (1η έκδοση), 1959
- 23\*. Α. Μάζης, *Χημεία δια την Β' τάξιν των Γυμνασίων*, Έκδοση Βιβλιοπωλείου της «Εστίας», 1965
- 24\*. Α. Μάζης, *Χημεία Γ' Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (1η έκδοση), 1968
- 25\*. Α. Μάζης, *Χημεία Γ' Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (9η έκδοση), 1976
- 26\*. Σ. Παπανικολάου, *Στοιχειώδεις Γνώσεις Χημείας προς χρήσιν των Γυμνασίων*, Έκδοση Δ. Τερζόπουλος και Μ. Σαλιβέρος, 1909
- 27\*. Σ. Παπανικολάου και Δ. Λεονταρίτου, *Στοιχεία Χημείας δια την Ε' και ΣΤ' τάξιν των Γυμνασίων και τας αντιστοίχους τάξεις των λοιπών της μέσης εκπαιδεύσεως*, Έκδοση Ι. Σιδέρης (1η έκδοση), 1933
- 28\*. Π. Σακελλαρίδης, *Χημεία Α' τάξη Λυκείου*, Έκδοση Ίδρυμα Ευγενίδου, 1979
- 29\*. Π. Σακελλαρίδης, *Χημεία Β' τάξη Λυκείου*, Έκδοση Ίδρυμα Ευγενίδου, 1981
- 30\*. Σ. Σερμπέτης, *Στοιχεία Οργανικής Χημείας προς χρήσιν των υποψηφίων δια τας εισαγωγικάς εξετάσεις των ανώτατων σχολών και των μαθητών της Η' τάξεως των Γυμνασίων και πρακτικών λυκείων*, Έκδοση Δ. Τζάκας Σ. Δελαγραμμάτικας (2η έκδοση), 1954
- 31\*. Σ. Σερμπέτης, *Οργανική Χημεία προς χρήσιν των υποψηφίων σπουδαστών και των μαθητών της Η' τάξεως των Γυμνασίων*, Έκδοση Δ. Τζάκας και Σ. Δελαγραμμάτικας, 1958
- 32\*. Θ. Φρασσάρης και Π. Δρούκα-Λιαπάτη, *Χημεία Β' Γυμνασίου*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων (2η έκδοση), 1982
- 33\*. Α. Godier, C. Thomas, M. Moreau, Ζ. Μελά-Ιωαννίδη (μετάφραση-διασκευή), *Χημεία Β' Γυμνασίου*, Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων (8η έκδοση), 1976

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. M. Slapničar: *M. Khine Swe, (Ed.), Critical analysis of science textbooks: evaluating instructional effectiveness [Kritična analiza naravoslovnih učbenikov: ocenjevanje učinkovitosti poučevanja]*, Dordrecht [etc.]: Springer. ISBN 978-94-007-4167-6 [Book review], 2013, In: Center for Educational Policy Studies Journal, vol. 4, no. 1, 2014 pp. 137-141.
2. I.C. Binns and R.L. Bell, *Representation of Scientific Methodology in Secondary Science Textbooks*, Sci & Educ vol. 24, 2015, pp. 913–936.
3. R. Khaddoor, S. Al-Amoush and I. Eilks, *A comparative analysis of the intended curriculum and its presentation in 10th grade chemistry textbooks from seven Arabic countries*, Chemistry Education Research and Practice, vol. 18, no. 2, 2017, pp. 375-385.
4. V. Gkitzia, K. Salta and C. Tzougraki, *Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks*, Chemistry Education Research and Practice, vol. 12, no. 1, 2011, pp. 5-14.
5. E. L. Chiappetta and D.A. Fillman, *Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science*, International Journal of Science Education, vol. 29, no. 15, 2007, pp. 1847-1868.
6. K.A.F.D. Souza and P.A. Porto, *Chemistry and Chemical Education Through Text and Image: Analysis of Twentieth Century Textbooks Used in Brazilian Context*, Science & Education, 2012, 21, pp. 705–727.
7. X. Chen and I. Eilks, *An Analysis of the Representation of Practical Work in Secondary Chemistry Textbooks from Different Chinese Communities*, Science Education International, vol. 30, no. 4, 2019, pp. 354-363.
8. F. Abd-El-Chalice, M. Waters and A. P. Le, *Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 45, 2008, pp. 835–855.
9. J. E. Upahi and U. Ramnarain, *Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks*, Chemistry Education Research and Practice, vol. 20, no. 1, 2019, pp. 146-159.

10. E. L. Chiappetta, G. H. Sethna and D. A. Fillman, *A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 28, no. 10, 1991, pp. 939-951.
11. I. Devetak and J. Vogrinc, *The criteria for evaluating the quality of the science textbooks*, In: M. Khine, (Ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks*, Dordrecht: Springer, 2013, pp. 3-15.
12. B. Wei and B. Chen, *Examining the senior secondary school chemistry curriculum in China in view of scientific literacy*, In: L. Liang, X. Liu, and G. Fulmer, (Eds.), *Chinese Science Education in the 21st Century: Policy, Practice, and Research. Contemporary Trends and Issues in Science Education*, Dordrecht: Springer, 2017, pp. 133-148.
13. J. R. Levin and R.E. Mayer, *Understanding illustrations in text*, In B. K. Britton, A. Woodward and M. R. Binkley (Eds.), *Learning from textbooks: Theory and practice*, Lawrence Erlbaum Associates. Inc., 1993, pp. 95–113.
14. A.H. Aldahmash, N.S. Mansour, S.M. Alshamrani and S. Almohi, *An analysis of activities in Saudi Arabian middle school science textbooks and workbooks for the inclusion of essential features of inquiry*, Research in Science Education, 2016, vol. 46, no. 6, pp. 879-900.
15. L. Stern and L.E. Roseman, *Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061's curriculum evaluation study: Life science*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 4, no.6, 2004, pp. 538-568.
16. K. Dimopoulos, V. Koulaidis and S. Sklaveniti, *Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology*, Research in Science Education vol. 33, no. 2, 2003, pp. 189-216.
17. S. W. Slough and E. McTigue, *Development of the graphical analysis protocol (GAP) for eliciting the graphical demands of science textbooks*, In *Critical Analysis of Science Textbooks*, Springer, Dordrecht, 2013, pp. 17-30.

18. F. Stylianidou, *Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them*, International Journal of Science Education, vol. 24, no. 3, 2002, pp. 257-283.
19. J. Wiley, D. Sarmiento, T. D. Griffin and S. R. Hinze, *Biology textbook graphics and their impact on expectations of understanding*, Discourse Processes vol. 54, no. 5-6, 2017, pp. 463-478.
20. T. W. Shiland, *Quantum mechanics and conceptual change in high school chemistry textbooks*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 34, no. 5, 1997, pp. 535-545.
21. C. Murray, Y. Anderson, C. H. Simms and M.K. Seery, *Representations of women and men in popular chemistry textbooks in the United Kingdom and Republic of Ireland*, Chemistry Education Research and Practice, vol. 23, no. 2, 2022, pp. 373-384.
22. M. Niaz, *From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry textbooks*, Science Education, vol. 82, no. 5, 1998, pp. 527-552.
23. M. Niaz and B. Coştu, *Presentation of atomic structure in Turkish general chemistry textbooks*, Chemistry Education Research and Practice, vol. 10, no. 3, 2009, pp. 233-240.
24. R. E. Dunbar, *Changing conceptions of major topics in college general chemistry textbooks*, Journal of Chemical Education, vol. 17. no. 8, 1940, p. 370.
25. A. Brito, M. A. Rodriguez and M. Niaz, *A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 42, no. 1, 2005, pp. 84-111.
26. P. Tamir and M. Pilar-Garcia, *Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain)*. International Journal of Science Education, vol. 14, no. 4, 1992, pp. 381-392.

27. R. E. Mayer and J. K. Gallini, *When is an illustration worth ten thousand words?* *Journal of Educational Psychology*, vol. 82, 1990, pp. 715–726.
28. R. N. Carney and J. R. Levin, *Pictorial illustrations still improve students' learning from text*, *Educational Psychology Review*, vol. 14, no. 1, 2002, pp. 5-26.
29. J. Peeck, *Increasing picture effects in learning from illustrated text*, *Learning and Instruction*, vol. 3, no. 3, 1993, pp. 227-238.
30. J. Trumbo, *Visual literacy and science communication*. *Science Communication*, vol. 20, no. 4, 1999, pp. 409-425.
31. R. Pinto and J. Ametller, *Students' difficulties in reading images: Comparing results from four national research groups*, *International Journal of Science Education*, vol. 24, no. 3, 2002, pp. 333–341.
32. W. D. Woody, D. B. Daniel and C. A. Baker, *E-books or textbooks: Students prefer textbooks*, *Computers & Education*, vol. 55, no. 3, 2010, pp. 945-948.
33. E. Sung and R. E. Mayer, *When graphics improve liking but not learning from online lessons*. *Computers in Human Behavior*, vol. 28, no. 5, 2012, pp. 1618-1625.
34. R. Millar, *The role of practical work in the teaching and learning of science*, Commissioned paper-Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. Washington DC: National Academy of Sciences, 2004, p. 308.
35. A. Hofstein and V. N. Lunetta, *The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research*, *Review of Educational Research*, vol. 52, no. 2, 1982, pp. 201-217.
36. B. Wei and Y. Chen, *The meaning of 'experiment' in the intended chemistry curriculum in China: the changes over the period from 1952 to 2018*, *International Journal of Science Education*, vol. 42. no. 4, 2020, pp. 656-674.



37. D. Katchevich, A. Hofstein and R. Mamlok-Naaman, *Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments*, Research in Science Education, vol. 43, no. 1, 2013, pp. 317-345.
38. M. G. Séré, *Towards renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education*, Science Education, vol. 86, no. 5, 2002, pp. 624-644.
39. A. Hofstein and P.M. Kind, *Learning in and from science laboratories. In Second International Handbook of Science Education*, Springer, Dordrecht, 2012, pp. 189-207.
40. J. An ann T. Holme, *Investigating general Chemistry students' ideas of the role of scientific instruments*, Journal of chemical education, vol. 99, 2022, pp. 828-838.
41. M. Niaz, S. Klassen, B. McMillan and D. Metz, *Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks*, Science Education, vol. 94, no. 5, 2010, pp. 903-931.
42. M. Croft and K. de Berg, *From common sense concepts to scientifically conditioned concepts of chemical bonding: an historical and textbook approach designed to address learning and teaching issues at the secondary school level*, Science & Education, vol. 23, no. 9, 2014, pp. 1733-1761.
43. T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*. (4th edition). University of Chicago Press, 2012.
44. M. H. Dominiczak, *International Year of Chemistry 2011: Laboratory—Its Meaning in Science and Culture*. Clinical Chemistry, vol. 57, no. 9, 2011, pp. 1346-1347.
45. U. Klein, *The laboratory challenge: some revisions of the standard view of early modern experimentation*, Isis, vol. 99, no. 4, 2008, pp. 769-782.
46. G. Gooday, *Placing or Replacing the Laboratory in the History of Science?* Isis, vol. 99, no. 4, 2008, pp. 783-795.
47. R. E. Kohler, *Lab history: reflections*. Isis, vol. 99, no. 4, 2008, pp. 761-768.

48. T. F. Gieryn, *Laboratory design for post-Fordist science*. Isis, vol. 99, no. 4, 2008, pp. 796-802.
49. D. B. Lowe, *The chemistry book: from gunpowder to graphene, 250 milestones in the history of chemistry*, Sterling, 2016.
50. F. Szabadváry, *The History of chemical laboratory equipment*. Periodica Polytechnica Chemical Engineering, vol. 30, no. 1-2, 1986, pp. 77-95.
51. M. I. Karayannis and C. E. Efstathiou, *Significant steps in the evolution of analytical chemistry—Is the today's analytical chemistry only chemistry?* Talanta, vol. 102, 2012, pp. 7-15.
52. C. Bazerman, *Shaping written knowledge: The genre and activity of the experimental article in science*, Madison: University of Wisconsin Press, vol. 356, 1988.
53. M. Levey, *The Earliest Stages in the Evolution of the Still*, Isis, vol. 51, no. 1, 1960, pp. 31–34.
54. W. B. Jensen, *The origin of the Soxhlet extractor*, Journal of chemical education, vol. 84, no. 12, 2007, p. 1913.
55. M. L. De Castro and F. Priego-Capote, *Soxhlet extraction: Past and present panacea*, Journal of chromatography A, vol. 1217, no. 16, 2010, pp. 2383-2389.
56. H. Schindler, *Notes on the History of the Separatory Funnel*, Journal of Chemical Education, vol. 34, no. 11, 1957, p. 528.
57. T. Fairley, *The early history of distillation*, Journal of the Institute of Brewing, vol. 13, no. 6, 1907, pp. 559-582.
58. F. S. Taylor, *The evolution of the still*, Annals of science, vol. 5, no. 3, 1945, pp. 185-202.
59. S. C. Rasmussen, *How glass changed the world: The history and chemistry of glass from antiquity to the 13th century*, Springer Science & Business Media, 2012.
60. A. J. Liebmann, *History of distillation*, Journal of Chemical Education, vol. 33, no. 4, 1956, p. 166.

61. P.J. Morris, *The matter factory: a history of the chemistry laboratory*, Reaktion Books, 2015.
62. T. Joshi, *A short history and preamble of surfactants*, Int. J. Appl. Chem, vol. 13, 2017, pp. 283-292.
63. F. W. Gibbs M.Sc., *The history of the manufacture of soap*, Annals of Science, vol. 4, no. 2, 1939, pp. 169-190.
64. J. O. Babayemi, G. O. Adewuyi, K.T. Dauda and A.A.A. Kayode, *The Ancient Alkali Production Technology and the Modern Improvement: A Review*, Asian Journal of Applied Sciences, vol. 4, 2011, pp. 22-29.
65. C. R. Kurkjian and W.R. Prindle, *Perspectives on the history of glass composition*, Journal of the American Ceramic Society, vol. 81, no. 4, 1998, pp. 795-813.
66. S. C. Rasmussen, *Advances in 13th century glass manufacturing and their effect on chemical progress*, Bull. Hist. Chem, vol. 33, no. 1, 2008, pp. 28-34.
67. A. Berenjian, and G. S. Whittleston, *History and manufacturing of glass*, American Journal of Materials Science, vol. 7, no. 1, 2017, pp. 18-24.
68. Y. H. Chiang, *Research and application of Prussian blue in modern science*, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, vol. 384, no. 1, 2019, p. 012005.
69. W. A. Osman, *Alessandro Volta and the inflammable-air eudiometer*, Annals of Science, vol. 14, no. 4, 1958, pp. 215-242.
70. A. Lennartson, *The chemical works of Carl Wilhelm Scheele*, In The Chemical Works of Carl Wilhelm Scheele, Springer, Cham, 2017, pp. 19-103.
71. H. Cavendish, *XXIII. Experiments on air*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 75, 1785, pp. 372-384.
72. K. de Berg, *Teaching Chemistry for All Its Worth: The Interaction Between Facts, Ideas, and Language in Lavoisier's and Priestley's*

*Chemistry Practice: The Case of the Study of the Composition of Air*, Sci & Educ vol. 23, 2014, pp. 2045–2068.

73. A. L. de Lavoisier, R. Kerr and D. McKie, *Elements of Chemistry: In a New Systematic Order, Containing All the Modern Discoveries*, Dover, 1965.
74. L. J. Klosterman, *A research school of chemistry in the nineteenth century: Jean Baptiste Dumas and his research students*, *Annals of Science*, vol. 42, no. 1, 1985, pp. 41-80.
75. F. Decet and R. Mosello, *Studies on the chemistry of atmospheric deposition in the eighteenth and nineteenth centuries*, *Ambix*, vol. 44, no. 2, 1997, pp. 57-84.
76. L. Fabbrizzi, *Beyond the Molecule: Intermolecular Forces from Gas Liquefaction to X-H ··· π Hydrogen Bonds*, *ChemPlusChem*, vol. 87, no. 1, 2022, e202100243.
77. F. Papanelopoulou, *Louis Paul Cailletet: The liquefaction of oxygen and the emergence of low-temperature research*, *Notes and Records of the Royal Society*, vol. 67, no. 4, 2013, pp. 355-373.
78. P. J. Ford, *Towards the absolute zero: The early history of low temperatures*, *South African Journal of Science*, vol. 77, no. 6, 1981, pp. 244-248.
79. A. Johansson, *The development of the titration methods: some historical annotations*, *Analytica chimica acta*, vol. 206, 1988, pp. 97-109.
80. C. Duval, *Francois Descroizilles, the inventor of volumetric analysis*, *Journal of Chemical Education*, vol. 28, no. 10, 1951, p. 508.
81. S. M. Edelstein, *An historic kit for blowpipe analysis*, *Journal of Chemical Education*, vol. 26, no. 3, 1949, p. 126.
82. W. B. Jensen, *The Development of Blowpipe Analysis*, In: J. T. Stock, M. V. Orna, (eds), *The History and Preservation of Chemical Instrumentation*, *Chemists and Chemistry*, Springer, Dordrecht, vol 8, 1986.

83. M. Kohn, *Remarks on the history of laboratory burners*, Journal of Chemical Education, vol. 27, no. 9, 1950, p. 514.
84. N. C. Thomas, *The early history of spectroscopy*, Journal of chemical education, vol. 68, no. 8, 1991, p. 631.
85. G. M. Hieftje, *Atomic emission spectroscopy—it lasts and lasts and lasts*, Journal of Chemical Education, vol. 77, no. 5, 2000, p. 577.
86. D. T. Burns, F. Szabadváry and Y. A. Zolotov, *History of analytical science*, 2005.
87. A. Jacob, *A critical review of the history, development and future prospects for Forward Osmosis*, 2006.
88. S. V. Meschel, *A brief history of heat measurements by calorimetry with emphasis on the thermochemistry of metallic and metal-nonmetal compounds*, Calphad, vol. 68, 2020, p. 101714.
89. G. T. Armstrong, *The calorimeter and its influence on the development of chemistry*, 1964.
90. J. Wisniak, *The Chemical Balance—From stones to electronics*, 2003.
91. J. T. Stock, *Weighed in the Balance*, Analytical Chemistry, vol. 45, no. 12), 1973, pp. 974A-980A.
92. R. P. Multhauf, *On the Use of the Balance in Chemistry*, Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 106, no. 3, 1962, pp. 210–218.
93. C. M. Beck II, *A Brief History of Inorganic Classical Analysis*, Anal. Chem, vol. 66, 1994, p. 224A.
94. T. Thorpe, *The Composition of Water*, Nature vol. 37, 1888, pp. 313–315.
95. F. Szabadváry, *Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) and analytical chemistry*, Talanta, vol. 25, no. 11-12, 1978, pp. 611-617.
96. M. Kohn, *Some important moments in the development of organic elementary analysis*, Analytica Chimica Acta, vol. 5, 1951, pp. 337–344.

97. W. Xu and H. Wang, *Earth-abundant amorphous catalysts for electrolysis of water*, Chinese Journal of Catalysis, vol. 38, on. 6, 2017, pp. 991-1005.
98. R. De Levie, *The electrolysis of water*, Journal of Electroanalytical Chemistry, vol. 476, no. 1, 1999, pp. 92-93.
99. J. T. Stock, *From the volta-electrometer to the electronic coulometer*, Journal of chemical education, vol. 70, no. 7, 1993, p. 576.
100. A. K. Shukla and T. P. Kumar, *ECS classics: pillars of modern electrochemistry*, The Electrochemical Society Interface, vol. 17, no. 3, 2008, p. 31.
101. J. T. Stock, *Electrochemistry in retrospect: an overview*, 1989
102. K. O. Christe, *Chemical synthesis of elemental fluorine*, Inorganic Chemistry, vol. 25, no. 21, 1986, pp. 3721-3722.
103. K. H. Lubert and K. Kalcher, *History of electroanalytical methods*, Electroanalysis, vol. 22, no. 17-18, 2010, pp. 1937-1946.
104. P. C. Hauser, *Coulometry*, Encyclopedia of Analytical Science, 2019, pp. 202-209.
105. D. W. Lachenmeier, R. Godelmann, M. Steiner, B. Ansay, J. Weigel and G. Krieg, *Rapid and mobile determination of alcoholic strength in wine, beer and spirits using a flow-through infrared sensor*, Chemistry Central Journal, vol. 4, no. 1, 2010, pp. 1-10.
106. W. B. Jensen, *The origins of the Hirsch and Büchner vacuum filtration funnels*, Journal of Chemical Education, vol. 83, no. 9, 2006, p. 1283.
107. R. J. Myers, *One-hundred years of pH*, Journal of Chemical Education, vol. 87, no. 1, 2010, pp. 30-32.
108. W. G. Hines and R. de Levie, *The early development of electronic pH meters*, Journal of Chemical education, vol. 87, no. 11, 2010, pp. 1143-1153.
109. D.N. Taulbee and M. Mercedes Maroto-Valer, *Centrifugation*, Science, vol. 47, no. 141, 2000, p. 149.

110. M. Niaz, S. Klassen, B. McMillan and D. Metz, *Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks*, Science Education, vol. 94, no. 5, 2010, pp. 903-931.
111. O. Joshi, *An overview on the rising solar energy*, VIVA- Tech International Journal for Research and Innovation. vol. 1, no. 4, 2021.
112. J. C. Touchstone, *History of Chromatography*, Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, vol. 16, no. 8, 1993, pp. 1647-1665.
113. I.G. Kolomnikov, A. M. Efremov, T. I. Tikhomirova, N. M. Sorokina and Y. A. Zolotov, *Early stages in the history of gas chromatography. Journal of Chromatography A*, vol. 1537, 2018, pp. 109-117.
114. L. S. Ettre and K. I. Sakodynskii, *MS Tswett and the discovery of chromatography I: Early work (1899–1903)*. *Chromatographia*, vol. 35, no. 3, 1993, pp. 223-231.
115. L. S. Ettre, and K. I. Sakodynskii, *MS Tswett and the discovery of chromatography II: Completion of the development of chromatography (1903–1910)*. *Chromatographia*, vol. 35, no. 5, 1993, pp. 329-338.
116. L. S. Ettre, *MS Tswett and the invention of chromatography: on the occasion of the centenary of the invention of chromatography, this month's "Milestones in Chromatography" column chronicles the life and activities of its inventor, his struggle for acceptance, and, finally, the triumph of his technique.(Milestone in Chromatography)*, LC-GC North America, vol. 21, no. 5, 2003, pp. 458-465.
117. B. Spangenberg, C. F. Poole and C. Weins, *Quantitative thin-layer chromatography: a practical survey*, Springer Science & Business Media, 2011.
118. K. D. Bartle and P. Myers, *History of gas chromatography*, TrAC Trends in Analytical Chemistry, vol. 21, no. 9-10, 2002, pp. 547-557.
119. L. R. Snyder, *Modern practice of liquid chromatography: Before and after 1971*, Journal of chemical education, vol. 74, no. 1, 1997, p. 37.

120. K. Mulder and M. Knot, *PVC plastic: a history of systems development and entrenchment*, *Technology in Society*, vol. 23, no. 2, 2001, pp. 265-286.
121. M.A. Shampo, R. A. Kyle and D. P. Steensma, *Hans Geiger—German Physicist and the Geiger Counter*, In *Mayo Clinic Proceedings*, Elsevier, vol. 86, no. 12, 2011, e54.
122. H. Friedman, *Geiger counter tubes*, *Proceedings of the IRE*, vol. 37, no. 7, 1949, pp. 791-808.
123. T. J. Trenn, *The Geiger-Müller Counter of 1928*, *Annals of Science*, vol. 43, no. 2, 1986, pp. 111-135.
124. M. Shor, *Nylon Journal of Chemical Education*, vol. 21, no. 2, 1944, p. 88.
125. G. Binnig and H. Rohrer, *The Scanning Tunneling Microscope*, *Scientific American*, vol. 253, no. 2, 1985, pp. 50–58.
126. T. Klein, E. Buhr and C. G. Frase, *TSEM: A review of scanning electron microscopy in transmission mode and its applications*, *Advances in imaging and electron physics*, vol. 171, 2012, pp. 297-356.
127. J. R. Levin, G. J. Anglin and R. N. Carney, *On empirically validating functions of pictures in prose*, In D. M. Willows & H. A. Houghton (Eds.), *The Psychology of Illustration*. New York, NY: Springer, 1987, pp. 51–85.
128. G. Kress and T. van Leeuwen, *Reading images: The grammar of the visual design*, London, UK: Routledge, 1996.
129. D. Z. M. Nur'graha and B. Hermawan, *What Do the Pictures Say in a Science Textbook?*, In 4th International Conference on Language, Literature, Culture, and Education (ICOLLITE 2020) Atlantis Press, Dec. 2020, pp. 164-171.
130. R. E. Mayer, W. Bove, A. Bryman, R. Mars and L. Tapangco, (1996). *When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons*, *Journal of Educational Psychology*, vol. 88, no. 1, 1996, p. 64.