

Δημήτρης Χηνιάδης

**«Η ιστορία της συγγένειας (affinity)
και του σθένους (valence) και η
εφαρμογή τους στη διδακτική της
Χημείας»**

Διδακτορική διατριβή

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2014

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία σύντομη ιστορική διαδρομή της συγγένειας και της συνάντησής της με
το σθένος.

Εισαγωγή

Οι περισσότεροι όροι της χημείας κατά την πρώιμη περίοδό της έχουν διαμορφωθεί από ελληνικές λέξεις, ένα σημείο ενδεικτικό για την καταγωγή της ως επιστήμης ή *ιεράς τέχνης των*. Τέχνη οι αρχαίοι Έλληνες θεωρούσαν το πρακτικό πεδίο της κάθε επιστήμης και τους εκπροσώπους της σοφούς ή φιλοσόφους. Οι όροι αυτοί της Χημείας είναι γραμμένοι με λατινικά γράμματα, έχουν ρίζες αρχαιοελληνικές λέξεις και παρ' όλο που ακούγονται οικείοι στους Έλληνες, απαιτείται διερεύνηση του εννοιολογικού περιεχομένου τους. Ορισμένοι άλλοι όροι έχουν μεταφραστεί στα αραβικά ή λατινικά και η ρίζα τους έχει αλλοιωθεί εντελώς. Υπάρχει όμως και ένα σημαντικό ποσοστό χημικών όρων που έχει διαμορφωθεί από λατινικές λέξεις. Σε αυτές τις τελευταίες συναντάς παραφθαρμένες ελληνικές λέξεις, που έχουν πάψει να χρησιμοποιούνται από την κοινή καθομιλουμένη. Ένα παράδειγμα είναι το **clathrate** από την ελληνική ξεχασμένη λέξη *κλήθρα*, την παραφθορά της στη λατινική *clathratus* (*εγκλωβισμένη ένωση*, inclusion compounds, ή *σύμπλοκο έγκλεισης*, π.χ. ένωση ιωδίου και αμύλου, **128**). Άλλο παράδειγμα είναι ο όρος **distillation** (απόσταξη), προερχόμενη από το *δισ σταλάζω*, δηλαδή στάλα-στάλα (**106**, Πύρρου Θεταλού, ΦΑΡΜΑΚΟΠΟΪΑ, 1818).

Οι πιο σημαντικοί όροι της χημείας, δεν είναι αυτοί που χαρακτηρίζουν ουσίες ή υλικά, αλλά αυτοί που ανήκουν στο θεωρητικό της πεδίο, αυτοί που προσπαθούν να αιτιολογήσουν τις μετατροπές της ύλης. Οι απαρχές αυτών των όρων ανιχνεύονται στα κείμενα των φυσιοκρατών φιλοσόφων, στα οποία έχουμε τις πρώτες κοσμογονικές ερμηνείες, απαλλαγμένες από μυθικό στοιχείο ή τις μεταφυσικές (θεολογικές) εξηγήσεις ανθρωπομορφικού χαρακτήρα (*Θεογονία*, Ησίοδου, 8ος αιώνας π.Χ.). Οι περισσότεροι από αυτούς τους όρους εξαφανίστηκαν, αφού έκαναν μία πορεία υπερχλιόχρονη κυρίως στα αλχημιστικά κείμενα, δίνοντας τη θέση τους σε άλλους με ακριβέστερο σημειολογικό περιεχόμενο. Ένας από αυτούς τους όρους είχε καλύτερη μοίρα και όπως θα δούμε έχει δεσπόζουσα θέση μέχρι σήμερα. Με τον όρο αυτό αρχικά απέδιδαν τη βασική προϋπόθεση αντίδρασης των ουσιών, στη συνέχεια έδωσαν στον όρο αυτό την ελκτική δύναμη που δέσποζε στον κόσμο της χημείας, όπως η νευτώνεια βαρύτητα στον κόσμο της μηχανικής φυσικής. Ποιος είναι ο όρος αυτός; Η **συγγένεια (affinity)**, η **αφή** του Αριστοτέλη και των αρχαίων Ελλήνων (**17**). Η παραμονή του όρου αυτού στη Χημεία, που μνημονεύεται πλέον ως **ηλεκτρονιακή συγγένεια** (electron affinity), τον βρίσκει με περιεχόμενο ενεργειακό, που προσδιορίζεται από τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ατόμων στοιχείου από την προσθήκη (που προϋποθέτει έλξη) ηλεκτρονίων στα άτομα του στοιχείου σε αέρια φάση.

Η ιστορία της **συγγένειας** είναι μακρά και, όπως θα δούμε, όταν διαπιστώθηκαν κάποιες ανεπάρκειές της κατά το 19ο αιώνα, δημιουργήθηκε η ανάγκη να υποκατασταθεί. Και αυτό συνέβη σταδιακά από έναν νέο όρο, που εμφανίστηκε ξαφνικά στη χημεία κατά το 19^ο αιώνα, λατινογενούς καταγωγής και πιθανόν μεσαιωνικής προέλευσης στη διεθνή βιβλιογραφία (**69**, Russel C.A., “The history of valency”). Ο όρος αυτός είναι το **valence** (το σθένος ή δύναμη των στοιχείων), όρος που επινοήθηκε για να εκφράσει τη δυνατότητα σύνδεσης ενός ατόμου στοιχείου με άλλα άτομα στοιχείων σε ενώσεις. Το valency/e επικράτησε κι αντικατέστησε την **affinity (συγγένεια ή ενωτική τάσις των στοιχείων)**, ενώ για μεγάλο χρονικό διάστημα συμβάδιζε παράλληλα με αυτήν, έχοντας ταυτισμένο το περιεχόμενό τους. Το valence ετυμολογικά ήταν συνώνυμο της ισχύος, της εξουσιαστικής δύναμης, του σθένους, εφόσον υπήρχαν προσωνύμια Ρωμαίων αυτοκρατόρων με τη ρίζα *valent-*, όπως και αυτοκράτορας Valens, άρα δεν πρόκειται για μεσαιωνικής προέλευσης λέξη. Οι ρίζες της μάλιστα είναι ελληνικές (πιθανόν και φρυγικές), ανήκουν σε γλωσσικό ιδίωμα που άσκησε μεγάλη επιρροή στους Ρωμαίους και υιοθετήθηκε, όπως θα δούμε στην

ιστορική του διαδρομή, η οποία ευτυχώς αποκαλύφθηκε, αν και ήταν καλά κρυμμένη και δεν ήταν εύκολο κάποιος να την αποκαλύψει (βλέπε 3.6.1).

Πολλοί ιστορικοί της χημείας πιστεύουν, ότι, η *συγγένεια* γεννήθηκε στα κείμενα του γερμανού ιερωμένου Albertus magnus (*Αλβέρτου του Μεγάλου*) κατά το 13ο αιώνα. Από το συνολικό έργο της διδασκαλίας του, γραμμένο στα λατινικά, αποκαλύπτεται ότι ο Αλβέρτος είχε πρόσβαση στις κρυφές βιβλιοθήκες των μοναστηριών με τα έργα των αρχαίων ελλήνων φιλοσόφων, οπότε δεν ήταν τίποτα άλλο παρά ένας μάρτυρας της σοφίας τους, η οποία τον μετέτρεψε σε φανατικό οπαδό τους. Ως Αριστοτελιστής ήταν φυσικό να προσπαθεί να ερμηνεύει τις μετατροπές της ύλης με την επαφή, την αφή των σωμάτων. Η *συγγένεια* του Αλβέρτου πάλι επικράτησε της **συμπάθειας** (**sympathy**), ενός μεσαιωνικού όρου που ανασύρθηκε από σπαράγματα του Δημόκριτου. Με τον όρο αυτόν απέδιδαν την αιτία χημικής αντίδρασης των διαφόρων ουσιών. Και οι δύο όροι περιέχουν τη λέξη *πάθος*, που στα αρχαιοελληνικά σημαίνει *μετατροπή, αλλοίωση*, συνήθως όχι μόνιμη, των σωμάτων. Όρος, που δεν περιορίζεται στην ιατρική, αλλά χρησιμοποιείται στην περιγραφή και ερμηνεία των φυσικοχημικών φαινομένων από τους αρχαίους έλληνες φυσιοκράτες. Συναντιέται στα κείμενα του Αριστοτέλη, στα ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ, στο ΠΕΡΙ ΓΕΝΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ, στα κείμενα του Θεόφραστου, στο ΠΕΡΙ ΛΙΘΩΝ, στα σπαράγματα του Επίκουρου (**97, 517**) και σε πολλούς άλλους. Το αντίθετο σκέλος της συμπάθειας, αιτία της φθοράς των σωμάτων, ήταν η **αντιπάθεια** (**antipathy**). Η συμπάθεια με τη σειρά της είχε αντικαταστήσει τη *φιλία* ή *φιλότητα* και η αντιπάθεια το *νείκος* του Εμπεδοκλή. Βλέπουμε ότι οι έλληνες φυσιοκράτες είχαν επηρεάσει πολύ τη θεωρητική σκέψη όχι μόνον των αλχημιστών του αναγέννησης, αλλά και των χημικών του 17ου και 18ου αιώνα.

Οι αρχαίοι Έλληνες φυσιοκράτες και οι χυμευτές των ελληνοιστικών χρόνων είχαν αφήσει ένα ογκώδες έργο, το οποίον όμως ήταν δυσεύρετο, κρυμμένο σε μοναστήρια και κυρίως στα υπόγεια του Βατικανού. Οι Ρωμαίοι (συμπεριλαμβάνονται και οι Βυζαντινοί αυτοκράτορες) έκλεισαν τις ονομαστές βιβλιοθήκες, τα μουσεία, το Σεράπιο της Αλεξάνδρειας, προβαίνοντας σε καταστροφές και λεηλασίες του συσσωρευμένου πνευματικού πλούτου αιώνων. Παρόλες τις καταστροφές, επέζησαν μετά από πολλές περιπέτειες πολλά συγγράμματα, είτε σε μορφή σπαραγμάτων σε συγγράμματα άλλων αποδεκτών από την εκκλησία λογίων, είτε αυτούσια σε απόκρυφες βιβλιοθήκες μοναστηριών με μνημένους μοναχούς αναγνώστες. Το ορθολογικό πνεύμα της αρχαίας ελληνικής φιλοσοφίας απειλούσε τα θεμέλια της εξουσίας της Δυτικής Εκκλησίας, αναγκάζοντά την με τη Σύνοδο των Παρισίων του 1260, να καταδικάσει τα έργα του Αριστοτέλη και να απαγορεύσει τη διδασκαλία τους. Τα έργα όμως αυτά δεν έχασαν ποτέ τη γοητεία τους, ασκώντας την επιρροή τους σε μια σειρά ανοιχτά μυαλά, που προετοίμασαν την αναγέννηση στη δυτική Ευρώπη και έθεσαν τα θεμέλια του εξορθολογισμού της χημείας και όλων των φυσικών επιστημών. Με τον έναν ή άλλον τρόπο οι ιδέες των έργων αυτών επηρέασε πλήθος μελετητών και πολλών ιερομονάχων που σύχναζαν στις βιβλιοθήκες των μοναστηριών (**601**, Σουλβαίν Γκουγκενέμ, «Ο Αριστοτέλης στο Μον-Σαιν-Μισέλ», Γ' έκδ. ΟΛΚΟΣ).

Μία προσεκτική ματιά των πρώιμων χημικών ή φιλοσόφων του 8ου, 9ου, 10ου και 11ου αιώνα της λατινόγλωσσης Ευρώπης και αυτών της αναγέννησης θα μας δείξει ότι ήταν ιερωμένοι με πρόσβαση στα απαγορευμένα έργα επώνυμων αρχαίων Ελλήνων σοφών, ιδιαίτερα αυτά των φυσιοκρατών φιλοσόφων, του Πλάτωνα, του Αριστοτέλη και των νεοπλατωνικών φιλοσόφων. Πολλά από αυτά τα έργα ήταν άψογα εγχειρίδια ηθικών και ρητορικών κανόνων, που δημιουργούσαν ορισμένη στάση ζωής. Άλλα ήταν εξαιρετικά συγγράμματα φυσικών επιστημών, μαθηματικών, μηχανικής κι αστρονομίας. Τα πιο σπάνια

ήταν της Χρυσοποιίας, της τέχνης παρασκευής χρυσογόνου μίγματος. Με όλα αυτά ήρθαν σε επαφή όλοι αυτοί που δημιούργησαν την αναγέννηση και τη συνέχεια των επιστημών, αν και η πραγματική αναγέννηση των επιστημών συνέβη κατά τους ελληνοιστικούς χρόνους (602, Lucio Russo, Η ΛΗΣΜΟΝΗΜΕΝΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ή πώς η επιστήμη γεννήθηκε το 300 π.Χ. και γιατί έπρεπε να ξαναγεννηθεί, εκδ. ΔΙΑΥΛΟΣ, 2006). Η επαφή αυτή ευνοούσε αρχικά τους ιερωμένους και ο τόπος συνάντησης ήταν οι βιβλιοθήκες των μοναστηριών, που πολλά από αυτά είχαν μεγάλο απόθεμα κυλίνδρων από τις βιβλιοθήκες των ελληνοιστικών χρόνων. Ο Ρογήρος Βάκων μεγάλος μελετητής των φυσικών επιστημών, ανήκε στις τάξεις των Φραγκισκανών, όπως και ο δάσκαλός του χημικός Bartolomaeus Anglieus, ο Vincent de Beauvais, Δομινικανός μοναχός (ένα γνωστό έργο του ήταν το *Aluminibus et Salibus*, στυπτηρία και άλας), ο Albertus von Vollstädt ή magnus επίσης Δομινικανός μοναχός. Ο Raymondus Lullius (Ραϊμόνδος Λούλιος, 1235-1315) ήταν επίσης ισπανός μοναχός, που χρησιμοποιούσε την *πανάκεια*, κατορθώνοντας να διατηρείται νέος σε μεγάλη ηλικία (έργα του, το *Quinta essentia*, *Opuscula Chymica* και πολλά άλλα). Το ίδιο και ο Basilius Valentinus, που ταύτισε το **στίμι** με το στοιχείο **αντιμόνιο**, ήταν βενεδικτίνος μοναχός από την Ερφούρτη (έργα τους το *Currus triumphalis antimonii* ή στα γερμανικά *Triumphwagen der Antimonii*, το *Apocalypsis chemica* κ.ά) και πολλοί άλλοι οι οποίοι έδρασαν και στο ανατολικό τμήμα της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, αυτό που οι μετέπειτα ιστορικοί ονόμασαν Βυζαντινή Αυτοκρατορία. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα ήταν ο Συνέσιος επίσκοπος Πτολεμαΐδας και μαθητής της Υπατίας, νεοπλατωνικός (415 μ.Χ.), ο Θεοφάνης Νόννος (10ος αιώνας), ο Μιχαήλ Ψελλός (11ος αιώνας), που διέδωσε την αλχημεία στη Δύση, ο Νικόλαος ο Μυρενός ή Ακτουάριος ή ο Ιωάννης Ακτουάριος (13ος-14ος αιώνας). Όλοι οι παραπάνω ασχολήθηκαν με τις απόκρυφες τέχνες και οι περισσότεροι διώχθηκαν, πλην του Αλβέρτου, ο οποίος αγιοποιήθηκε από την Καθολική (Δυτική) Εκκλησία στις αρχές του 20ου αιώνα προς απομάκρυνση του βαρύτατου φορτίου των ενοχών της.

Οι ρίζες της *χημικής συγγένειας* ως ενωτικής τάσης ή ελκτικής δύναμης με την οποία τα απλά σώματα ενώνονται σε περισσότερα σύνθετα, εκτείνονται στους Έλληνες φυσικοκράτες. «Συγγένεια είναι η των σωμάτων **εφέλκυσις**», όπως συναντάμε σε ερμηνείες του όρου στις πρώτες χημείες, που εκδόθηκαν προεπαναστατικά στη Βιέννη (τέλη 18ου και αρχές 19ου αιώνα). Με τον όρο *συγγένεια*, αποδίδουμε στα ελληνικά το αγγλικό *affinity*, που προέρχεται από τη λατινική λέξη **affinitas**. Ο καθηγητής της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στο Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο (η έδρα καταργήθηκε επί δικτατορίας του Μεταξά) της Φυσικομαθηματικής Σχολής Μιχαήλ Στεφανίδης (χημικός και μέλος της Ακαδημίας Αθηνών) υποστηρίζει ότι, η προέλευση του όρου είναι ελληνική, και φανερώνει ακριβώς την ελληνική λέξη **αφή** (*affinitas = affinis = ad finis = προς το όριο, προς τα πέρατα ή τις επιφάνειες των αποτόμων, με άλλα λόγια πρόσορος ή πρόσουρος*, ιωνική η τελευταία αυτή λέξη (Ηρόδοτος, Λουκιανός), που σημαίνει γειτονεύω ή συνορεύω, (17). Από τον Στεφανίδη έχουμε πολλές πληροφορίες για το ρόλο της αρχαίας ελληνικής φυσιοκρατικής σχολής στη διαμόρφωση της χημείας και από το γάλλο ακαδημαϊκό χημικό Marcelin Berthelot (1827-1907, σκαπανέα της σύγχρονης οργανικής χημείας, ιδρυτή της θερμοχημείας και ερευνητή των παπύρων Βιέννης, Παρισιού και Στοκχόλμης της ελληνοιστικής *χυμευτικής τέχνης*).

Η *συγγένεια* (*affinity*) διατηρείται μέχρι σήμερα στη χημεία και αυτό οφείλεται στη δεσπόζουσα ιστορική της θέση όχι μόνον κατά την περίοδο της αλχημείας ή της παραδοσιακής χημείας, αλλά και κατά την αυγή και μεσοδιάστημα της σύγχρονης χημείας. Η συγγένεια ήταν η αιτία των χημικών διαδικασιών και της μετατροπής των ουσιών. Σε όλο το 18ο και 19ο αιώνα αποτελούσε βασικό όρο, που συνόδευε τις ιδιότητες αρχικά των ουσιών και με την παγίωση της έννοιας του στοιχείου ως απλής ουσίας μη διαιρούμενης σε

άλλες πιο απλές, η συγγένεια συνόδευε τις γενικευμένες ενωτικές τάσεις του ατόμου του στοιχείου και αποτελούσε την κύρια αιτία γι' αυτό.

Χαρακτηριστική θέση είχε η συγγένεια στις πρώτες προεπαναστατικές χημείες του ελληνικού διαφωτισμού, χημείες που συνέβαλαν στον εκσυγχρονισμό των εκπαιδευτικών προγραμμάτων των σχολείων της κατεχόμενης Ελλάδας από τους Οθωμανούς. Τρεις ήταν οι χημείες, που αποτελούσαν τον κορμό μιας τέτοιας θετικής εκπαίδευσης σε περιοχές ελληνικών οικονομικών κέντρων, και οι τρεις μεταφράσεις με αξιόλογες προσθήκες-ερμηνευτικά σημειώματα από τους λόγιους μεταφραστές. Οι δύο χημείες (1802 και 1808) ήταν γραμμένες από γάλλους χημικούς και απευθύνονταν στην εκπαιδευτική διαδικασία των γαλλικών Λυκείων και Σχολών, ενώ η τρίτη (1818) ήταν γραμμένη από Ιταλό, προσανατολισμένη σε φαρμακευτικούς σκοπούς (Φαρμακοποιία). Ο Νεόφυτος Βάμβας «όστις πλήρης ακαμάτου ευφυΐας εσχολάρχησεν εις την πατρίδα του Χίου, μετεγλώττισε την Χημικήν του Θενάρδου και συνέθεσε Ρητορικής, Μεταφυσικής και Γραμματικής βίβλους» (Ιούλιος 1833, σχέδιο της επιτροπής για την εκπαίδευση, **570**). Μία τέταρτη Χημεία του Luis Jacques Thénard σε μετάφραση του Νεόφυτου Βάμβα, δοκιμασμένη στο σχολείο της Χίου, βιβλίο και αυτό προερχόμενο από την καταπληκτική γαλλική σχολή, έμελε να κάνει τα πρώτα του βήματα στα προοπτικά πλάνα του σχεδίου για τη μέση και ανώτερη εκπαίδευση του νεοσύστατου τότε ελληνικού κράτους, αλλά τελικά τα σχέδια αυτά δεν ευδοκίμησαν σε κάποια εφαρμογή.

Η αυγή της σύγχρονης χημείας ανέτειλε με το Lavoisier και άρχισε να αναπτύσσεται γοργά με την ατομική θεωρία του Dalton, που έκανε την σωματιδιακή (λεγόταν και ατομική) χημεία πιο συγκεκριμένη. Η μελέτη των σχέσεων των μαζών των αντιδρώντων και προϊόντων ουσιών, η εξιχνίαση της έννοιας του στοιχείου ως απλού σώματος (Boyle, 1662) και ως του «έσχατου σημείου της χημικής ανάλυσης» (Lavoisier), διαμόρφωσαν ένα πεδίο αναγκαιότητας δημιουργίας νέων όρων με ξεκάθαρο και κατανοητό υπόβαθρο σε όλους όσους ασχολούνται με τη χημεία. Προέκυψαν πολλοί νέοι χημικοί όροι, όπως της **μεταληψίας** (metalepsy, Dumas 1835), της **συνουσίας** (copulation, Gerhardt, 1838), της **μέθου ύλης αλκοόλης** των γάλλων χημικών (methyl alcohol, από την ελληνική λέξη μέθη/υ και ύλη, δηλαδή ξυλεία (υλοτομία, υλοτόμος κτλ.), που αντικαταστάθηκαν από άλλους πιο ευδόκιμους. Η ελληνική γλώσσα ήταν παρούσα στη διαμόρφωση των περισσοτέρων από αυτούς, που ξεχάστηκαν ή διατηρούνται μέχρι σήμερα. Το άκουσμα των όρων αυτών είναι για μας οικείο, γιατί κάτι μας θυμίζει από συνώνυμες λέξεις. Υπάρχουν όμως όροι με λατινικές ρίζες, που για τα ελληνικά δεδομένα μας είναι ολότελα ξένοι. Ένας τέτοιος όρος είναι το **valence** (σθένος ή δύναμις των ατόμων των στοιχείων). Το valency ή valence κατέκτησε σταδιακά τη χημεία και πήρε κεφαλαιώδη θέση στις ερμηνείες της δεσμικής χημείας. Το valence εμφανίστηκε ως ρίζα σύνθετων λέξεων, στις univalent, monovalent, divalent, trivalent, tetravalent, συνυπήρξε με την *atomicity* (ατομικότητα), το *degree affinity* (το βαθμό συγγένειας), με την *combining power* (συνδυαστική ισχύ), τις ξεπέρασε, εφόσον βάφτισε την πρώτη ηλεκτρονική θεωρία της χημείας, έγινε απαραίτητη στην Οργανική Χημεία και παρέμεινε αλώβητη μέχρι σήμερα.

Από την άλλη μεριά το *valence* διαμόρφωσε νέους όρους πιο δόκιμους, όπως ο **αριθμός οξειδωσης** (oxidation number), ο **αριθμός φορτίου** (charge number) και ο **δεσμικός αριθμός** (binding number). Το valence εισήλθε σε ονομασίες κβαντομηχανικών θεωριών, όπως η **Valence Bond Theory**, (Θεωρία Δεσμού Σθένους), που ερμήνευαν, το γιατί τα άτομα των στοιχείων ενώνονται σε χημικές ενώσεις. Τέλος έχει παραμείνει ως ρίζα χημικών όρων, όπως ο **covalent bond** (συσθενής δεσμός), tetravalent, polyvalent κλπ., ως μαθηματικό σύμβολο Δ , που σημαίνει ισοδυναμεί ή αντιστοιχεί και ως μονάδα όπως το **dose equivalent**

(ισοδύναμη δόση ή δείκτης ισοδύναμης δόσης, dose equivalent index, με μονάδες το sievert, σύμβολο $Sv = J\ kg^{-1}$).

Ο όρος valence έχει μεταφερθεί στην ελληνική γλώσσα κυρίως με δύο διαφορετικές λέξεις, ως *σθένος* και ως *δύναμη*. Ως δύναμη το συναντάμε σε όρους των οποίων το valence αποτελεί συνθετικό, όπως για παράδειγμα το **equivalence (ισοδύναμο ή ισοσθενές)**. Η αφορμή για την έρευνα που ακολουθεί, δόθηκε από την παρατήρηση, ότι, η έννοια του σθένους έχει απαληφθεί από τη σύγχρονη ονοματολογία της Ανόργανης Χημείας της IUPAC, τόσο στην αρχική της έκδοση του 1970, όσο και στην τελευταία του 1990. Αντιθέτως στην Ανόργανη Χημική Ονοματολογία της American Chemical Society, έκδοση 1990, αναφέρεται ο ορισμός του *σθένους* (σελ. 14) στην παράγραφο για τον ορισμό του **Αριθμού Οξειδωσης (Oxidation Number)**. Αξίζει να δούμε πως αναφέρεται στην παράγραφο αυτή το **valence**.

*«Από την επικύρωση των μεθόδων για τον προσδιορισμό των τύπων των ενώσεων, οι χημικοί έχουν αποτυπώσει τη σταθερότητα της συνδυαστικής ικανότητας των ατόμων ενός στοιχείου σε μια σειρά ενώσεων. Αυτοί έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιήσει τους όρους **wertigkeit, valence, valency, oxidation state** και **oxidation number** για να προσδιορίσουν αυτήν την ιδιότητα. Αν και κάθε ένα από αυτά τα ονόματα έχουν αποκτήσει ανεπιθύμητες έννοιες και ελάχιστη δημοτικότητα, ο **αριθμός οξείδωσης (oxidation number)** φαίνεται να γίνεται ο λιγότερο απορριπτός. Ο αριθμός οξείδωσης των ατόμων ενός στοιχείου σε μια δυαδική ένωση (και κατ' επέκταση σε τριαδικές και υψηλότερες ενώσεις) είναι μία θεωρητική αντίληψη, που ιχνηθετεί το φορτίο, το οποίο θα είχε κάθε άτομο του στοιχείου αν τα ηλεκτρόνια σε κάθε δεσμό συμπεριλαμβάνοντας και το στοιχείο, θεωρούσαμε ότι ανήκαν στο περισσότερο ηλεκτραρνητικό άτομο».*

Η απόδοση όμως όρων λατινογενών με τις πιο αποδοτικές ελληνικές μεταφορές, πολλές φορές δημιουργεί αίσθηση μη αποδοχής και διαμορφώνει επιπόλαιες και άστοχες μεταφορές όρων όπως εκείνη του covalent. Η απόφαση να μη μεταφράσουμε το nucleon ως *πυρηνόνιο* και το neutron τελικά ως *ουδετερόνιο*, αλλά να διατηρήσουμε τη λατινική ονομασία τους (νουκλεόνιο και νετρόνιο) ήταν πετυχημένη, γιατί διατηρήσαμε μια επαφή με τους διεθνείς όρους και αφήσαμε την αναγκαιότητα εκμάθησης μιας ξένης γλώσσας στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Άλλωστε τι να πουν οι ξένοι μαθητές στην οργανική χημεία, όταν οι ομόλογες σειρές απαιτούν τη γνώση της ελληνικής αρίθμησης;

Η γραφή των χημικών τύπων στην ανόργανη χημεία απαιτεί τη χρήση και γνώση του **αριθμού οξείδωσης** των στοιχείων. Ο **αριθμός οξείδωσης (oxidation number, oxidation state, δηλαδή οξειδωτική κατάσταση)** πριν αποκτήσει αυτόν τον τελικό χαρακτηρισμό, ονομαζόταν **total valence**, δηλαδή **ολικό σθένος**, ή **polar number (πολικός αριθμός)** και ακόμη πιο παλιά κατά τα τέλη του 19ου αιώνα ως **number valency (αριθμός σθένους)**. Ο σημερινός **αριθμός οξείδωσης** ή ο **αριθμός φορτίου** επικαλύπτει το valence και δεν έχει απομακρυνθεί, όπως αναφέρεται από την ACS, απλώς διατηρείται με άλλη ονομασία για να χαρακτηρίσει τα φορτία ενός ατόμου στοιχείου σε χημικές οντότητες. Σε άλλα πεδία της χημείας, όπως η Θεωρητική Οργανική Χημεία το valence επικρατεί έναντι του αριθμού οξείδωσης και προτιμάται.

Στην έννοια του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου σε μια χημική οντότητα, όπως αυτή υπεισέρχεται στην Ανόργανη και στην Οργανική Χημεία, πρέπει να τονίσουμε ότι, *δεν ταυτίζεται με τον αριθμό των δεσμών ενός ατόμου του στοιχείου* (σελ. 7 ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑ της IUPAC, ελληνική μετάφραση, έκδοση 1970), *αλλά με τον αριθμό των φορτίων που θα παρέμενε σε δεδομένο άτομο, αν τα ζεύγη των ηλεκτρονίων σε*

κάθε δεσμό με αυτό το άτομο αποδίδεται στο πιο ηλεκτραρνητικό μέλος του δεσμικού ζεύγους (σελ. 65 Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC, Recomm. 1990, Ed. G.J. Leigh). Ο καθορισμός του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου σε οποιαδήποτε χημική οντότητα έχει να κάνει με τη γνώση της ηλεκτραρνητικότητας του στοιχείου σε σχέση με αυτό με το οποίο συνδέεται, ώστε στην περίπτωση της ομοιοπολικής σύνδεσης να μπορούμε να προσδιορίσουμε τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων προς ποιο άτομο στοιχείου είναι μετατοπισμένα, οπότε στο πιο ηλεκτραρνητικό να αποδώσουμε στοιχειώδες αρνητικό φορτίο ηλεκτρονίων, ενώ στο λιγότερο ηλεκτραρνητικό θετικό ισοδύναμο φορτίο, λόγω σχετικού ελλείμματος ηλεκτρονίων.

Γενικά όμως παρατηρείται, ότι εκφράζεται μία αμφιβολία για τη διατήρηση της έννοιας του *σθένους* (**valence**) στη σύγχρονη ανόργανη και γενική χημεία. Το σθένος εμφανίζεται με την ονομασία *αριθμός οξείδωσης* και όπως θα δούμε παρακάτω εξαφανίζεται στα κείμενα όλων των σύγχρονων βιβλίων χημείας, ακόμα και στις αναφορές του Περιοδικού Πίνακα, εφόσον με τη νέα αρίθμηση των ομάδων από 1 ως και 18 δεν ταυτίζεται ο αριθμός της ομάδας με τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας, τα *ηλεκτρόνια σθένους* (valence electrons) όπως τα ονομάζουμε. Περιορίζεται κατ' αυτόν τον τρόπο σταδιακά ένας όρος, που τόσο πολύ επηρέασε σε πολλαπλό επίπεδο τη μέχρι τώρα πορεία της χημείας. Ο περιορισμός αυτός όμως, συναντά διάφορα εμπόδια, τα οποία γίνονται εμφανή στην «*Ονοματολογία της Ανόργανης Χημείας*». Για το δεκαοκτάστηλο Περιοδικό Πίνακα, επισημαίνεται στο παράρτημα του κόκκινου βιβλίου (**193**), ότι υποστηρίζεται συντριπτικά στην έρευνα και στη διδασκαλία σε όλον τον κόσμο, ικανοποιώντας την ανάγκη για σαφή κι ακριβή επικοινωνία. «*Η αρίθμηση των Ομάδων των Ατόμων του Περιοδικού Πίνακα από την Ομάδα I ως την Ομάδα VIII είναι διεθνώς καθιερωμένη, αλλά η υποδιαίρεση αυτών των Ομάδων σε Τυπικά Στοιχεία (Typical Elements) και υπο-Ομάδες A και B έχει ερμηνευτεί και χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους σε διάφορα μέρη του κόσμου. Συνεπώς, αυτή η χρήση γίνεται αποφευκτέα. Οι συστάσεις που γίνονται για τον Πίνακα I-3.2 (δεκαοκτάστηλο με αραβική αρίθμηση) και η προμετωπίδα αυτού του τόμου στην οποίαν κατέληξε η Επιτροπή, μετά από εξαντλητικές συσκέψεις, έκρινε ότι, ήταν πιο καθαρές και κατανοητές*», (κόκκινο βιβλίο, **193**). Για να διατηρήσει η IUPAC με τη νέα αρίθμηση (από 1 ως και 18) των ομάδων του Περιοδικού Πίνακα, κάνοντας μικρές τροποποιήσεις, τη σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων των ηλεκτρονίων σθένους και της θέσης των στοιχείων στις κύριες ομάδες, σημειώνει ότι: «*τα στοιχεία (εκτός του υδρογόνου) των Ομάδων 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 και 18 είναι αυτά που ορίζονται ως στοιχεία Κυρίων Ομάδων (Main Groups elements) και εκτός της Ομάδας 18 τα δύο πρώτα στοιχεία κάθε Κύριας Ομάδας ορίζονται ως Τυπικά Στοιχεία (Typical Elements)*», προσαρμόζοντας την ορολογία κατάλληλα.

Στη γενική χημεία την έννοια του **valence** τη συναντάμε σε προσωπύμια *δεσμικών θεωριών* (Valence Bond Theory), στη γεωμετρία μορίων (VSEPR, Valence Shell Electron Pair Repulsion theory, θεωρία βέσπερ) και σε χημικούς όρους ως συνθετικό, όπως για παράδειγμα στο **covalent** ή **co-valent**. Το covalent bond το αποδίδουμε στα ελληνικά ως **ομοιοπολικός δεσμός**, μία μεταφορά τελείως λανθασμένη, γιατί δεν αποτελεί μετάφραση του όρου αυτού, αλλά του εγκαταλειφθέντος προηγούμενου όρου **homopolar** (link ή bond, σύνδεσης ή δεσμού). Το **covalent bond** πρέπει να μεταφερθεί στην ελληνική γλώσσα ως **συσθενής δεσμός**, για να υπάρχει μία συμβατότητα με τη μετάφραση της λέξης και μία συνέπεια με την ιστορία και την ορολογία της επιστήμης. Με τις εσωτερικές εννοιολογικές ανατροπές της μεταφοράς του όρου covalent στην ελληνική γλώσσα, εμποδίζουμε την εναρμόνιση της πορείας της ελληνικής χημείας με τα διεθνή δρώμενα, υψώνοντας επικοινωνιακά φράγματα. Το **ομοιοπολικός** για την ιστορία είναι μετάφραση του **homopolar**, όρου χρησιμοποιημένου από τους Abegg και Böndlander, πριν από

διαμόρφωση της **Ηλεκτρονικής Θεωρίας** του **Σθένους** του Lewis, σε μian εποχή με αδιευκρίνιστη τη θέση των φορτίων στα άτομα των μορίων των ενώσεων.

Η ελληνική γλώσσα με ξεχωριστή δυναμικότητα βοηθάει στην επινόηση άλλων πιο αποδοτικών όρων, όπου συμβαδίζει η ετυμολογική σημασία τους με το περιεχόμενο το οποίον περιγράφουν. Ο όρος *ομοιοπολικός δεσμός* εκφράζει έναν δεσμό οντοτήτων (ή σωματιδίων), τα οποία έχουν τους ίδιους πόλους, πράγμα αντίθετο με την πραγματικότητα. Οι πόλοι, δηλαδή μικροπεριοχές με συσσωρεύσεις φορτίων, δεν υπάρχουν στα μόρια των στοιχείων (εξαιρέση αποτελούν τα επαγωγικά δίπολα), ενώ στα πολικά μόρια εμφανίζονται φορτία με αντίθετο πρόσημο. Το *συσθενής* αντίθετα αποδίδει την άσκηση ελκτικών δυνάμεων από μέρους των δύο οντοτήτων, που υφίστανται δέσμευση στο μόριο στοιχείου ή χημικής ένωσης. Η μετάφραση του *covalent* ως *συσθενής* επισημαίνεται πολύ σωστά και στις παρατηρήσεις της επιτροπής δημόσιας κρίσης της Ένωσης Ελλήνων Χημικών για την Ελληνική απόδοση της Ανόργανης Ονοματολογίας της IUPAC (σελ. 127 της 2ης έκδοσης 1970). Η αντικατάσταση όμως του *απαρχαιωμένου* και *βραχύβιου* στην ιστορία της χημείας ομοιοπολικός από τη λέξη **συσθενής**, ανατρέπει κατεστημένες συνήθειες, πλήττει «αυθεντίες» και κυρίως την εμπορικότητα πολλών εκδόσεων χημείας, οι οποίες δεν έχουν συμπληρώσει τον εμπορικό τους κύκλο, ανεβάζοντας το κόστος μιας τέτοιας διόρθωσης. Έτσι διατηρείται στα αγγλικά διδακτικά εγχειρίδια της χημείας κατά τη δεκαετία του 1920, κάτι που έχει εμφανιστεί και μερικώς επιβληθεί, για περίπου δέκα χρόνια.

Το σθένος (valence) όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω, χαρακτηρίζει τα στοιχεία στις χημικές τους ενώσεις ανεξάρτητα από τον ιοντικό ή ομοιοπολικό τους χαρακτήρα και αποδίδεται σήμερα με τον όρο του **αριθμού οξειδωσης** (oxidation number). Ο **αριθμός οξειδωσης** και ο **αριθμός φορτίου**, αρχικά ονομάζονταν αντιστοίχως **ολικό σθένος** ή **πολικός αριθμός** (total valence ή polar number, William Bray και Gerard E. Branch, 1913) ή **αριθμός σθένους** (number valence, Deming, 1923), σφραγίστηκαν έτσι από τον Wendell Latimer στα 1923 στα γνωστά του διαγράμματα (**68, 470**). Ο αριθμός οξειδωσης ορίζεται για μεν τις ιον(τ)ικές ενώσεις, ότι, είναι το πραγματικό στοιχειώδες φορτίο του ιόντος, για δε τις ομοιοπολικές ενώσεις, ότι, είναι το στοιχειώδες φορτίο που θα είχε ένα άτομο αν τα ηλεκτρόνια των ομοιοπολικών του (συμπεριλαμβανομένων και των ημιπολικών) δεσμών του στοιχείου ανήκουν στο πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο. Ο τρόπος σύνδεσης των στοιχείων σε μία ένωση, με άλλα λόγια ο συντακτικός της τύπος (structural, ή άλλως *δομικός* της τύπος) και η σειρά *ηλεκτραρνητικότητας* των αμετάλλων στοιχείων αποτελούν τις απαραίτητες πληροφορίες για τον ακριβή προσδιορισμό του αριθμού οξειδωσης ενός στοιχείου. Για παράδειγμα, τα μέταλλα όταν συνδέονται με αμέταλλα, θεωρούνται όλα ηλεκτροθετικά, ενώ τα αμέταλλα ηλεκτραρνητικά. Το υδρογόνο βρίσκεται σ' ένα μεταίχμιο, ενωμένο με μέταλλα θεωρείται ηλεκτραρνητικό και ενωμένο με αμέταλλα πάντοτε ηλεκτροθετικό.

Στην οργανική χημεία η *τετρασθενικότητα* του άνθρακα (tetravalent of carbon) αναγάγει την έννοια του *σθένους* (valence) πιο δημοφιλή, ιδιαίτερα στο ρόλο που χρήσης της επί του θεωρητικού πεδίου της οργανικής (Theoretical Organic Chemistry, **183**). Έτσι κάποιος αντιλαμβάνεται την παρουσία του valence συχνότατα τόσο ως λέξης σε ακρονύμια, π.χ. GVB (Generalized Valence Bond method, Γενικευμένη μέθοδος Δεσμού Σθένους), OVGf (Outer Valence Green's Function method), VSIP (Valence State Ionization Potential), όσο και στον χαρακτηρισμό των δεσμών του άνθρακα. Τον όρο valence επίσης συναντάμε και στη στερεοχημεία της οργανικής χημείας, όπως για παράδειγμα στο **valence isomerism** (ισομέρεια ή **ισομερισμός σθένους**). [**182**]

Στα φυσικά και χημικά μεγέθη της σύγχρονης Φυσικοχημείας (πράσινο βιβλίο της IUPAC, 197) η έννοια του σθένους δεν εμφανίζεται ούτε σε ένα σημείο. Αντ' αυτού συναντάμε την **electron affinity** (ηλεκτρονιακή συγγένεια) και την **affinity of reaction** (συγγένεια αντίδραση). Αντιθέτως στη Γενική χημεία, χωρίς να γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην έννοια του σθένους (valence), υπάρχουν αναφορές για στιβάδες ή φλοιούς σθένους (shells valence), για κατάσταση σθένους (valence state) και για ηλεκτρόνια σθένους (valence electrons), αφήνοντας μετέωρο κάποιον που θέλει να εντυφώσει στις ερμηνείες των χημικών φαινομένων για το ακριβές περιεχόμενο της έννοιας. Όμως η ονοματολογία στη χημεία, όπως και κάθε θετικής επιστήμης, είναι η καρδιά της επιστημονικής γλώσσας και έχει οριστεί ως «ένα σύστημα ή ένα σύνολο ονομάτων και (προσδι)ορισμών που χρησιμοποιούνται σε μια συγκεκριμένη επιστήμη, ή πειθαρχία, ή επίσημη τέχνη η οποία έχει υιοθετηθεί ή επικυρωθεί με τη χρήση από τους ασκούντες αυτήν». (*Webster's Third New International Dictionary of the English Language*, unabridged; Gove, P. B., Ed. in Chief; G. & C. Merriam: Springfield, MA, 1961). Για τις παρούσες προθέσεις, ένας προσεγγιστικός ορισμός της χημικής ονοματολογίας είναι: «ένα σύνολο χημικών ονομάτων που μπορεί να γίνει συστηματικό ... ή όχι και έχει εκείνο το στόχο, ο οποίος μας λέει για τη σύσταση και συχνά τη δομή μιας δεδομένης ένωσης που προκύπτει από την ονομασία των στοιχείων, ομάδων, ριζών, ή ιόντων, τα οποία είναι παρόντα και εμπλέκονται ως προσφύματα, δηλώνοντας δραστηριότητα (ή λειτουργία)..., προθέματα που δηλώνουν σύσταση..., προθέματα διαμόρφωσης..., λειτουργία (επιχειρησιακά) προθέματα ... , αραβικοί αριθμοί ή Ελληνικά γράμματα για την υπόδειξη δομής ... , ή Ρωμαϊκή (Romans) αρίθμηση για την υπόδειξη οξειδωτικών καταστάσεων», (580).

Ένας ρυθμιστικός παράγοντας της ονοματολογίας και της συμβολικής γραφής των χημικών ουσιών είναι ο *αριθμός οξείδωσης*. Ο **αριθμός οξείδωσης** είναι ένα κλειδί του χημικού αλφάβητου, γιατί εκτός από τη γραφή των τύπων των χημικών ενώσεων και την απεικόνιση των χημικών φαινομένων, χρησιμοποιείται για την εύρεση στοιχειομετρικών συντελεστών σε απλές ή σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί στοιχείο πρόβλεψης των προϊόντων που παράγονται από μία χημική αντίδραση. Ουσιαστικά υποκαθιστά το σθένος. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην ισοστάθμιση φορτίου αντιδρώντων-προϊόντων σε μίαν αντίδραση ιοντικών διαλυμάτων και ευρύτατα σε πολλές περιπτώσεις της Οργανικής Χημείας. Όσον αφορά την πρόβλεψη προϊόντων μιας αντίδρασης, μπορεί να αντικαταστήσει, όπως θα αποδειχθεί, τον κανόνα του Markovnikov τόσο σε αντιδράσεις *υποκατάστασης* υδρογόνου κορεσμένων υδρογονανθράκων από αλογόνα (χλώριο ή βρώμιο) όσο και σε αντιδράσεις *προσθήκης* αντιδραστηρίων σε ακόρεστες οργανικές ενώσεις. Ακόμη και σε περιπτώσεις, που ο κανόνας του Markovnikov δεν μπορεί να λειτουργήσει στις αντιδράσεις προσθήκης, ο αριθμός οξείδωσης του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις επιλύει τις δυσλειτουργίες αυτές. Ο αριθμός οξείδωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε αντιδράσεις προσθήκης σε ακόρεστα άκυκλα οξέα και αντιδράσεις 1,4 προσθήκης, δίνοντας στοιχεία πρόβλεψης προϊόντος σε περιπτώσεις για παράδειγμα προσθήκης υδραλογόνου (ή νερού) στο 1,3-πενταδιένιο.

Ορισμένες ενώσεις, οι ηλεκτρονικοί τύποι κατά Lewis των οποίων αποκλίνουν από τον κανόνα της οκτάδος (SF_6 , PCl_5), θα δείξουμε ότι μπορούν να αποδοθούν με τύπους Lewis, που σε αυτούς ισχύουν ο κανόνας της οκτάδος, ενισχύοντας την πολύ παραστατική *Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους*, η οποία γίνεται κατανοητή από το σύνολο των μαθητών του Λυκείου και εφαρμόζεται εκτενέστατα στην Οργανική Χημεία. Φυσικά δεν ξεχνάμε ότι οι ενώσεις αυτές ερμηνεύονται με τις υβριδοποιήσεις των τροχιακών του θείου ή του φωσφόρου. Είναι αλήθεια ότι η υβριδοποίηση των τροχιακών άνοιξε καινούργιους δρόμους στη θεωρητική χημεία και στη διατύπωση πληρέστατων προσεγγιστικών μεθόδων

πρόβλεψης της πραγματικότητας. Από την άλλη όμως πλευρά η ευρύτητα χρησιμοποιηθείσα θεωρία των Μοριακών Τροχιακών (ΜΟ), δεν χρησιμοποιεί την έννοια του υβριδισμού και οι θιασώτες της θεωρίας αυτής θέτουν ανοιχτά σε αμφισβήτηση της έννοιας αυτής.

Η ιστορία του *valence* (σθένους, δύναμης ή αξίας) συμπορεύεται για μεγάλο διάστημα με αυτήν της *συγγένειας* και ταυτιζόταν ολικώς ή μερικώς με αυτήν. Η αναψηλάφιση αυτής της ιστορίας αναδεικνύει όλους τους παράγοντες, που θεμελίωσαν τη σύγχρονη χημεία σε ευρωπαϊκό ή παγκόσμιο επίπεδο, με όλες τις ερμηνευτικές παλινδρομήσεις ή άκαιρες προσωρινές θεωρήσεις, προϊόντα εξορθολογισμού και κανόνων καθυπόταξης της φύσης στις επιδιώξεις μας. Η ιστόρηση της συγγένειας ως θεωρητικής έννοιας και ως έννοιας που επιδέχεται μέτρηση, δηλαδή σύγκρισής της με άλλα μεγέθη, είναι εξόχως σημαντική, ιδιαίτερα για τα ελληνικά δεδομένα της χημείας. Όταν σε άλλες χημείες χωρών το *σθένος* (**valence**) είχε καθιερωθεί στη θέση της *συγγένειας* (**affinity**), στη χώρα μας είχε μικρή αποδοχή και συγγέοταν με τη συγγένεια για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η σημαντικότητα της *συγγένειας* (*affinity*) στην ελληνική χημεία έχει να κάνει με την ιστορία της ελληνικής χημείας πριν και μετά την ίδρυση του ελληνικού κράτους. Έχει να κάνει επίσης με το νεοελληνικό διαφωτισμό, που προηγήθηκε των αγώνων για την εθνική μας ανεξαρτησία. Ως θεωρητική έννοια, ήταν το κλειδί για την ερμηνεία των χημικών φαινομένων των ουσιών, ίδιας βαρύτητας με αυτή της νευτώνειας δύναμης της φυσικής. Η χημεία απέκτησε γοητεία με τη συγγένεια και διαδόθηκε στα σχολεία της προεπαναστατικής Ελλάδας, εμφανίζοντας τα πρώτα εκπαιδευτικά συγγράμματα χημείας και τα πρώτα χημικά εργαστήρια, που στη συνέχεια επηρέασαν τη δομή της εκπαίδευσης στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος.

Η ελληνική πανεπιστημιακή χημεία κατά το 19ο αιώνα, με δυσκολία εισήγαγε την έννοια του *valence*, του σθένους και αυτό το έκανε μετά από το 1880. Αντί του νεοσύστατου *σθένους* στηρίχθηκε περισσότερο στην έννοια της *συγγένειας* και της *ατομικότητας*, έννοια χρησιμοποιούμενη από τη γαλλική ή τη γερμανική σχολή χημείας. Αυτή η καθυστέρηση στην είσοδο του *valence* δημιούργησε μερικά αναχρονιστικά στοιχεία κακής μεταφοράς στη γλώσσα μας της έννοιας αυτής, που ταυτίστηκε αρχικά με τη συγγένεια. Ο περιοδικός νόμος του Mendeleev (ο πρώτος εκδόθηκε το 1869, ο δεύτερος ο ολοκληρωμένος το 1871) συναντιέται στις χημείες του Χρηστομάνου (1887) με κενά ερμηνείας και διευκρινίσεων. Αναφέρεται η περιοδικότητα των ιδιοτήτων των στοιχείων σε συνάρτηση με το ατομικό τους βάρος, όμως το **σθένος** (**valence**) των στοιχείων εμφανίζεται ως **δύναμις** ή **αξία**, ή **χημική ικανότητα**, χωρίς να επισημαίνεται και να διευκρινίζεται ιδιαίτερα ο όρος αυτός ως προς το περιεχόμενό του. Αντιθέτως, υπάρχει αμέσως μετά την αναφορά, μια εμμονή στη **χημική συγγένεια** και στη συγκεκριμένη χρήση της, αφήνοντας αναξιοποίητος ο νεοεισαχθείς όρος *valence*.

Στον Ζέγγελι, τον καθηγητή που διαδέχθηκε τον Χρηστομάνο και στην 4η έκδοση της *Ανόργανης Χημείας* του (του 1914, **513**) παρατηρούμε την ίδια δυσχέρεια αναφοράς του *valence*, έννοιας που είχε κατακλύσει τις χημείες της Ευρώπης στο τελευταίο τέταρτο του 19^{ου} αιώνα. Αναφέρεται μεν το **σθένος** ή **ατομικότητα** των στοιχείων σε ξεχωριστή παράγραφο, αλλά στην πράξη υποκαθίσταται άμεσα από τις *μονάδες συγγένειας*. Ακόμα και στον περιοδικό πίνακα του Mendeleev που εκθέτει στο βιβλίο του, ένας ιδιότυπος πίνακας που περιλαμβάνει και τη μηδενική ομάδα των ευγενών αερίων, τα οποία μόλις είχαν ανακαλυφθεί, να προτάσσεται των επτά ομάδων και να λείπει τελείως η VIII με τις τριάδες των μετάλλων στοιχείων (Fe, Co, Ni - Ru, Rh, Pd - Os, Ir, Pt), γίνεται αναφορά για τη συγγένεια των στοιχείων και αποσιωπάται το σθένος.

Η ιστορία της *συγγένειας* και του *σθένους* έχει διαμορφώσει σε πολλά σημεία την ονοματολογία της ελληνικής χημείας, αφήνοντας αρκετά κενά, τα οποία δύσκολα μπορούν να καλυφθούν, γιατί απαιτεί ειδικές γλωσσολογικές επισημάνσεις, που να προκύπτουν από την επιστημονική ελληνική χημική κοινότητα. Η επιτυχή κάλυψη των κενών, η ύπαρξη *μιας ονοματολογίας* ή απόδοσης όρου, απομακρύνει τα εμπόδια για την ενιαιοποίηση της χημικής γλώσσας και εναρμόνιση με τα διεθνή δρώμενα.

Η χημεία στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες πρέπει να κινείται με συνέπεια ως προς τους διεθνείς οργανισμούς. Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν πρέπει να κινείται σε οριακές καταστάσεις, ιδιαίτερα στο επίπεδο ερμηνειών, ούτε να μαθηματικοποιείται στο έπακρο ή να λογιστικοποιείται. Όταν κινείται σε οριακά επίπεδα, παρουσιάζει εξαιρέσεις που παραβιάζουν πολλούς κανόνες της χημείας αλλά αυτή η χημεία των οριακών καταστάσεων δεν είναι αυτή η οποία άμεσα ορθολογικοποιεί τη χημεία και της δίνει τη γοητεία της. Χάνεται ο κεντρικός της ρόλος και δημιουργεί απωθητικά στοιχεία στους μαθητές με λιγότερα κίνητρα μάθησης. Ένα παράδειγμα είναι η αναγκαιότητα του κανόνα της οκτάδος στην ερμηνεία των χημικών δεσμών στο Λύκειο. Ο *κανόνας της οκτάδος* είναι σπουδαίος δομικός λίθος της απεικόνισης της ηλεκτρονιακής δομής των ενώσεων και της περιοδικότητας των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα σε όλες τις σχολικές γενικές κι ανόργανες χημείες. Ο κανόνας της οκτάδος είναι επίσης θεμέλιο σημείο της οργανικής χημείας και κλειδί για την αντιμετώπιση των φαινομένων της. Γενικά στη χημεία ενώσεις όπως το SF₆, PCl₅, αντιμετωπίζονται ως εξαιρέσεις, το δε μοριακό κατιόν του υδρογόνου H₂⁺ ως περίπτωση που προέβλεψε να μην την ύπαρξή του η Θεωρία των Μοριακών Τροχιακών (Molecular Orbital Theory, MOT), αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι, τόσο αυτή όσο και η Θεωρία Δεσμού Σθένους (Valence Bond Theory, VB), είναι κβαντομηχανικές προσεγγίσεις με σχετική προβλεπτική ισχύ.

Ένας μεγάλος χημικός ο Καναδός Ronald J. Gillespie (γεννήθηκε το 1924) στην 210η συνεδρίαση της American Chemical Society, στο Chicago τον Αύγουστο του 1995 σε μία επίσημη ομιλία του, που δημοσιεύθηκε στο Journal of Chemical Education · Vol. 74 No 7 July 1997 με τίτλο «The Great Ideas of Chemistry», αναφέρθηκε για ένα σχέδιο περιεχομένου της χημείας στο Λύκειο. Ανάμεσα στα άλλα, υποστήριξε για τους χημικούς δεσμούς:

« Όλοι οι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται από ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ θετικών φορτίων πυρήνων και αρνητικών φορτίων ηλεκτρονίων σθένους (negatively charged valence electrons). Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι οι μόνες σπουδαίες δυνάμεις στη χημεία. Οι δεσμοί δεν σχηματίζονται από την αλληλοεπικάλυψη τροχιακών, όπως διαβάζουμε συχνά. Αυτό είναι ακριβώς ένα μοντέλο—αποδοχής πολύ χρήσιμο και ουσιώδες για την πλειονότητα της χημείας, αλλά δεν νομίζω ότι είναι ουσιώδες για ένα εισαγωγικό επίπεδο μαθητών. Μπορούμε να αποκτήσουμε μια πολύ καλή κατανόηση της χημείας χωρίς αυτό. Πράγματι πολλοί χημικοί κάνουν μικρή χρήση αυτού του γεγονότος. Αυτό το μοντέλο αποσπά την προσοχή από τον πραγματικό λόγο σχηματισμού του δεσμού: τις ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ των ηλεκτρονίων και του πυρήνα. Υπάρχουν πολύ πιο σπουδαία και σχετικά θέματα για να χρησιμοποιήσουμε σε εισαγωγικό επίπεδο. Επιπλέον το τροχιακό μοντέλο δίνει στους μαθητές μια ανακριβή εντύπωση, ότι, η χημεία παρουσιάζει δυσκολίες να συνοψιστεί, έχει ένα μαθηματικό υπόβαθρο που βασίζεται σε μια μυστήρια άποψη, η οποία δεν είναι και δεν μπορεί να γίνει ικανοποιητικά ερμηνευτική σε ένα εισαγωγικό επίπεδο. Εμείς μπορούμε να περιγράψουμε τους ιοντικούς δεσμούς ως αποτέλεσμα ηλεκτροστατικών έλξεων των ιόντων και τους ομοιοπολικούς ως αποτέλεσμα των έλξεων από τους δύο πυρήνες του ζεύγους των συνεισφερομένων ηλεκτρονίων. Οι αντίστοιχες δομές κατά Lewis μας δείχνουν πόσους δεσμούς μπορεί να σχηματίσει κάθε άτομο. Κατά τη γνώμη μου αυτές είναι οι απαραίτητες

αντιλήψεις, που μπορούν να συζητηθούν για το χημικό δεσμό σε ένα εισαγωγικό επίπεδο χημείας».

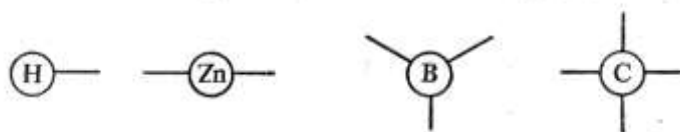
Οι θέσεις αυτές του Gillespie, του τελικού διαμορφωτή της θεωρίας βέσπερ (VSEPR), ήταν αρκετά επεξεργασμένες και αποτελούσαν «την απάντηση του ερωτήματος: **«Τι πρέπει να γίνει στη γενική χημεία;»**, χρειάζεται να αναζητήσουμε ποιες από τις θεμελιώδεις έννοιες της χημείας είναι ουσιώδεις για την κατανόηση και τους υπολογισμούς της σύγχρονης χημείας. Πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας ότι η πορεία της σύγχρονης χημείας δεν είναι σχεδιασμένη ως ένα πρωταρχικό στάδιο εκγύμνασης μελλοντικών επαγγελματιών χημικών. Οι βιολόγοι, οι φυσικοί, οι γεωλόγοι, οι μηχανικοί, οι ιατροί, οι περιβαλλοντολόγοι, και πραγματικά κάθε επιμορφούμενος πολίτης είναι αναγκαίο να κατανοεί τη χημεία. Η διαδικασία (της κατανόησης της χημείας) θα μπορούσε να οριοθετηθεί στις ανάγκες αυτών των επιστημών, όπως των μηχανικών, των σπουδαστών της ιατρικής, έτσι ώστε αυτοί όλοι να γνωρίζουν πώς οι χημικοί σκέφτονται για τον υλικό κόσμο, τι κάνουν οι χημικοί σήμερα, και ποιες ερωτήσεις της χημείας μπορούν να απαντηθούν. Εμείς (οι χημικοί) χρειάζεται να δείξουμε τη σπουδαιότητα της χημείας στα εκλεκτά της πεδία που είναι γνωστά από την καθημερινή ζωή».

Το φαινόμενο του **υβριδισμού** και των **τροχιακών** το θεωρεί υπερβολή να διδάσκονται, τουλάχιστον στη Γενική Χημεία, παρόλο που η γεωμετρία των μορίων ή υλικών είναι ζωτική για την κατανόηση της σύγχρονης χημείας σε ευρύτατο πεδίο των θεμάτων της. Η κατανόηση της λειτουργίας των βιομορίων, η δράση των καταλυτών, οι ιδιότητες των συνθετικών πολυμερών απαιτούν τη γεωμετρία των μορίων, μέσα από τα σχήματα των οποίων και τον έλεγχο τους έγκειται στο να μπορούμε να συνθέσουμε σχεδόν κάποιο απαιτούμενο νέο σχήμα, που να επιτελεί έναν συγκεκριμένο σκοπό. Όπως για παράδειγμα, κλωβοί για την παγίδευση ιόντων ενός καθορισμένου μεγέθους· μόρια που να έχουν ένα σχήμα αναγκαίο για τη δέσμευση άλλων μορίων ενός συγκεκριμένου τύπου (δηλ. μόρια που «αναγνωρίζει» το ένα το άλλο)· μακρομόρια (τύπος πολυμερούς), που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και συμπεριφέρονται ως μοριακά σύρματα κ.τ.λ. Μια σπουδαία όψη της σύγχρονης χημείας είναι η δημιουργία πολύπλοκων χημικών δομών, που δεν υπήρχαν ποτέ προηγουμένως, αλλά αντιθέτως εισάγουν νέα υλικά, τα οποία εισβάλλουν στη ζωή μας, δημιουργούν συνήθειες με απρόβλεπτες πλέον κοινωνικές συνέπειες.

Στις σημερινές δυνατότητες της χημείας, με βάση τα νέα υλικά που ανακαλύπτει ή προάγει, πρέπει να δίνουμε μικρή έμφαση στα εισαγωγικά μαθήματα αν και αυτές μπορούν να διεγείρουν και να ερεθίσουν τους μαθητές, δείχνοντας, ότι η χημεία είναι πρακτική (θετική επιστήμη), χρήσιμη και προκλητική, όχι μονότονη, θεωρητική, μαθηματική και αφηρημένη (αφαιρετική). Η γεωμετρία στη γενική χημεία κατά τον Gillespie περιορίζεται στη βέσπερ. «Εμείς έχουμε ένα πολύ απλό πρότυπο (μοντέλο), το μοντέλο VSEPR, το οποίο παρέχει μία βάση για συζήτηση του σχήματος απλών μορίων και εικόνων ακόμη πολύ μεγάλων μορίων. Δεν χρειάζεται να πάμε μακρύτερα σε αυτό το εισαγωγικό επίπεδο (των μαθημάτων). Τα υβριδικά τροχιακά, συχνά συζητιούνται σε αυτό το μέρος των μαθημάτων, που είναι ακριβώς μία άποψη του τροχιακού μοντέλου. Η κατανόηση της ιδέας των υβριδοποιημένων τροχιακών είναι ουσιώδης για την προχωρημένη χημεία, αλλά όχι για τη γενική χημεία των μαθητών (του λυκείου και κολεγίου). Τα προγράμματα τώρα των μοριακών μοντέλων γίνονται ακόμη ευκολότερα για τους μαθητές, στο να καταλάβουν και να κάνουν πιο οικεία τα σχήματα των μορίων».

Στην οργανική θεωρία η γεωμετρία των μορίων του άνθρακα έχει σπουδαίο ρόλο για την κατανόηση των οργανικών χημικών αντιδράσεων. Η θεωρία του σθένους έχει εισαγωγική σημασία για τη διδασκαλία των γεωμετρικών σχημάτων του άνθρακα και των δεσμών

άνθρακα-άνθρακα ή άνθρακα με τα άλλα αμέταλλα στοιχεία, που παρεμβάλλονται στις ανθρακικές αλυσίδες. Το σθένος είναι απαραίτητο για να γίνουν αντιληπτοί οι μηχανισμοί των χημικών αντιδράσεων και οι παράγοντες που τους επηρεάζουν. Ένας άλλος τομέας αντιδράσεων οργανικών ουσιών, που υποβοηθάει το σθένος να κατανοηθούν είναι αυτός της σύνθεσης. Η *θεωρία του σθένους* μπορεί να παρουσιάσει τις δυνατότητες σύνθεσης νέων ενώσεων με προσδοκώμενα σχημάτα και χαρακτηριστικές ομάδες, άρα να αναπτύξει ενώσεις με προβλεπόμενες ιδιότητες. Όλες οι εκδοχές των θεωριών σθένους έχουν οδηγήσει σήμερα τη χημεία σε απίθανα τεχνολογικά επιτεύγματα, που εγγυώνται ένα καλύτερο μέλλον σε πολλούς τομείς, όχι μόνο ενεργειακούς, διατροφής ή υγείας, αλλά συνολικά καλύτερο μέλλον πρώτα για τον πλανήτη μας, που προσβάλλεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και κατά δεύτερο λόγο για τον έλλογο στη συνέχεια κάτοικό της.



Μονάδες ατομικότητας ή συγγένειας ή σθένους, ιδιότητα αποδιδόμενη κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα στα άτομα των στοιχείων ανεξάρτητα από την ένωση στην οποία βρίσκονται.

ΜΕΡΟΣ 2^ο

Ιστορική διαδρομή πρόδρομων εννοιών της συγγένειας

Για τη διαδρομή θα κάνουμε ένα ταξίδι από τον Ησίοδο, της εποχή της *φιλίας*, στη *φιλότητα* και το *νείκος* του Εμπεδοκλή και στην έννοια των *τεσσάρων στοιχείων* των φυσιοκρατών φιλοσόφων. Το ταξίδι συνεχίζεται με τις θεωρίες των *μικτών* και της *αφής* (affinity) του Αριστοτέλη, περνάμε στη *χρ/ημευτική τέχνη* και τη *βαφή* (βήτα-αφή, επιφανειακή βαφή) των ελληνιστικών χρόνων, στους βυζαντινούς χρόνους και την *αλχυμία* των Αράβων, ακολούθως στην *αλχυμεία* των Λατίνων και τη *χημική συγγένεια*, μετά στη *Χημεία* του Robert Boyle, ένα πέρασμα από την *φλογιστική θεωρία* και το ταξίδι θα τελειώσει με τον εκσυγχρονιστή της χημείας Lavoisier, τον ορισμό και καθορισμό της έννοιας του στοιχείου, την αμετάβλητη σύστασή του, την ονοματολογία των στοιχείων, τα *ισοδύναμα* και *ατομικά βάρη* της ανανεωμένης πλέον χημείας.

2. Ιστορική διαδρομή πρόδρομων εννοιών του σθένους και της συγγένειας

Η έννοια της **συγγένειας** γεννήθηκε ταυτόχρονα με τη γέννηση της φιλοσοφίας, με τη θεωρητικοποίηση των τεχνολογίας των πολιτισμών της εποχής εκείνης, με τη γέννηση των επιστημών, της γεωμετρίας, των μαθηματικών, της αστρονομίας, της ιστορίας. Η συγγένεια των στοιχείων ήταν η αδιευκρίνιστη ελκτική δύναμη των απλών ουσιών, που συνδυαζόμενες γεννούσαν όλα τα σώματα, αυτά τα οποία σήμερα χαρακτηρίζουμε ως ανόργανα και οργανικά. Η συγγένεια διατρέχοντας τους αιώνες από την αρχαία Ελλάδα, άλλαξε ονόματα, αλλά στην ουσία της έμενε ίδια ως προς την απόπειρα ερμηνείας των χημικών φαινομένων. Εξυπηρετούσε την τελ(ε)ολογική ερμηνεία των πρώτων φυσιοκρατών και ειδικότερα αυτήν του Αριστοτέλη. Στην αρχή ονομαζόταν **φιλότις**, κατόπιν **αφή**, μετέπειτα **συμπάθεια**¹ και τέλος **συγγένεια**. Ως **συγγένεια** στα λατινικά **affinitas** εισήχθηκε το 13ο αιώνα από το μεγάλο Albertus, όμως δεν γνωρίζουμε, αν η απόδοση στα ελληνικά ήταν η πλέον πετυχημένη ή έγινε μηχανιστικά, αγνοώντας την ελληνική καταγωγή του όρου. Η φιλότις ήταν το αίτιο της γένεσης των ουσιών και όχι η **μίξις** υποστηρίζει ο Αριστοτέλης.

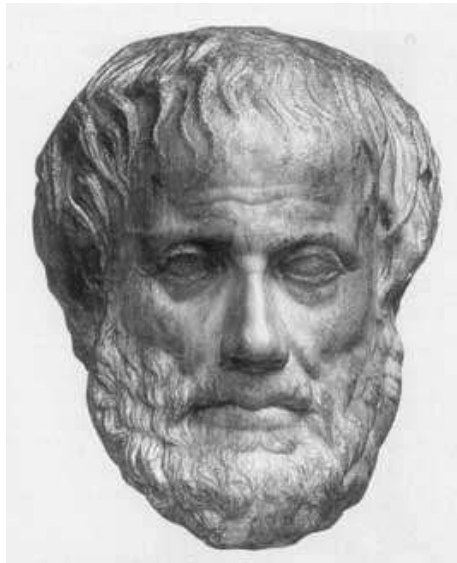
*διακρίσεως αἴτιον. Τοῦτο δ' ἐστὶν ἡ οὐσία ἢ ἐκάστου,
15 ἀλλ' οὐ "μόνον μίξις τε διάλλαξις τε μιγέντων", ὥσπερ
ἐκεῖνός φησιν. Τύχη δ' ἐπὶ τούτοις ὀνομάζεται, ἀλλ' οὐ
λόγος· ἔστι γὰρ μιχθῆναι ὡς ἔτυχεν. Τῶν δὴ φύσει ὄντων
αἴτιον τὸ οὕτως ἔχειν, καὶ ἡ ἐκάστου φύσις αὕτη, περὶ ἧς
οὐδὲν λέγει. Οὐδὲν ἄρα περὶ φύσεως λέγει. Ἀλλὰ μὴν καὶ
20 τὸ εὖ τοῦτο καὶ ἀγαθόν· ὁ δὲ τὴν μίξιν μόνον ἐπαινεῖ.
Καίτοι τά γε στοιχεῖα διακρίνει οὐ τὸ νεῖκος, ἀλλ' ἡ
φιλία τὰ φύσει πρότερα τοῦ θεοῦ· θεοὶ δὲ καὶ ταῦτα.*

“Περὶ Γενέσεως και φθοράς” του Αριστοτέλη, «Το αίτιον είναι η ουσία του κάθε τι, και όχι απλά η “μίξη και ο διαχωρισμός των αναμιχθέντων”, όπως υποστηρίζει εκείνος (ο Εμπεδοκλής). Τύχη είναι το όνομα που χρησιμοποιείται για αυτά τα συμβάντα και όχι αναλογία (λόγος). Γιατί είναι δυνατό να αναμειχθούν όπως τύχουν. Το αίτιο λοιπόν για τη

¹ Ο όρος **σ(ξ)υμπάθεια** αναφέρεται ως μία πραγματεία του Δημόκριτου του Αβδηρίτη από τον Ε. Εμμανουήλ (470 – 360 π.Χ., 8) ο Πλίνιος με τίτλο: «**Περὶ ξ(σ)υμπαθειῶν και αντιπαθειῶν**». Το έργο όμως αυτό ανήκει στον ψευτο-Δημόκριτο ή Δημόκριτο το Μυσταγωγό ή Βόλο από τη Μένδη του 2^{ου} π.Χ. αιώνα, έναν αξιόλογο *χυμειτή* των αλεξανδρινών χρόνων, για τον οποίον γίνεται εκτενής αναφορά κατά την περίοδο αυτήν. Ανάμεσα στα έργα του είναι τα «*Γεωργικά*», «*Φυσικά δυναμερά*», «*Χειρόκμητα*», «*Ιατρική Τέχνη*», «*Θαυμάσια*» και άλλα.

φύση των όντων έτσι έχει και για τη φύση καθενός τίποτα δεν λέει (αυτός). Δεν αναφέρει τίποτα για τη φύση των όντων. Κι όμως αυτό είναι το καλό και αγαθό (του κάθε όντος). Ενώ αυτός επαινεί μόνο τη *μίζιν*. Αν και αυτό που διακρίνει τα στοιχεία δεν είναι το *νείκος* αλλά η *φιλότις*, τα οποία στοιχεία προηγούνται από τη φύση τους του θεού και είναι και τα ίδια θεοί.

Στις αρχές του 19ου αιώνα ο Γάλλος Comte (κόμης) Claude Louis Berthollet (1748 – 1822), στο *Essai de statique chimique*, που εκδόθηκε σε δύο τόμους το 1803, ένα έργο που διερευνούσε διεξοδικά τις χημικές συγγένειες κι *απαρτιζόταν* από εκτεταμένους πίνακες με τις συγγένειες των τότε γνωστών ουσιών, σ' αυτό λοιπόν το έργο έθεσε το αξίωμα, ότι, η *χημική συγγένεια* είναι μία δύναμη ανάλογη, αν και δεν ταυτίζεται, με τη νευτόνια βαρύτητα. (102) Το ιστορικό μέρος της συγγένειας που εκτείνεται στην αρχαιότητα, είναι το δυσκολότερο να καταγραφεί, γιατί το πεδίο αυτό ήταν αποκλειστικό προνόμιο μελέτης των φιλολόγων, οι οποίοι δεν μπορούσαν να το αναδείξουν, λόγω της άγνοιας που είχαν στο πεδίο της χημείας και των θεωρητικών εννοιών που είχε προς χρήση η επιστήμη αυτή. Μεγάλη πρόοδος επήλθε κατά το λεγόμενο Νεοελληνικό Προεπαναστατικό Διαφωτισμό², που κύλησε παράλληλα με αυτόν της Γαλλίας και γενικότερα των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών, κάτω από την Οθωμανική κατοχή και την πανσπερμία των λαών της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας, με καταπληκτικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα στο μορφωτικό και εκπαιδευτικό τομέα. Η ανακάλυψη της συγγένειας ως *αφής* των σωμάτων έγινε σε αρχαία κείμενα του Αριστοτέλη, στα οποία παρατηρήθηκε μία ολόκληρη θεωρία, η *θεωρία του άπτεσθαι* ή η *θεωρία της αφής*.



Αριστοτέλης (384 – 322π.Χ.)

Το έργο του Αριστοτέλη είναι πολύ εκτεταμένο και κατά το Düring ο μεγάλος αυτός δάσκαλος δεν πρέπει να έγραψε ολοκληρωμένα διδακτικά εγχειρίδια, αλλά μαθήματα μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης. [558] Τα μαθήματα αυτά ήταν είτε αυτά που στήριζαν τη διδασκαλία του στο Λύκειο είτε ιδιωτικά, αυτά που αποκαλούμε σήμερα ιδιαίτερα. Η συστηματοποίηση του μεγάλου όγκου του έργου του και πιθανόν ο τιτλισμός του επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια των ελληνιστικών χρόνων των διαδόχων του Μεγάλου

² Δημαράς Κ.Θ., 2002, *Νεοελληνικός Διαφωτισμός*, Ερμής, Αθήνα, 177-178.

Αλεξάνδρου. Μερικά μπορεί να είχαν τίτλο, όπως το *Περί Φύσεως* (558), το οποίον ενσωματώθηκε στα *Φυσικά* ή *Φυσική Ακρόασις* ένας κύκλος 8 βιβλίων (579, 580).

Μέχρι τα τέλη του 3ου αιώνα π.Χ. πολλά από τα γνωστά έργα του Αριστοτέλη δεν υπήρχαν στη Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας, όπως τα *Μετεωρολογικά*, *Ηθικά Νικομάχεια*, *Αι περί ζώων ιστορίες* και *Αι Ανατομαί*, αφού απουσίαζαν από τον κατάλογο, που συνέταξε ο Έρμιππος. Αυτό επιβεβαιώνεται από το ότι, ο Διογένης ο Λαέρτιος δεν τα είχε υπόψη του. Υπάρχουν εκδοχές ότι, πολλά από αυτά ήταν έργα μαθητών του, οι οποίοι αξιοποίησαν παραδόσεις του. Κατά τον 1^ο π.Χ. αιώνα ο Ανδρόνικος ο Ρόδιος ανέλαβε να εκδώσει το συνολικό Αριστοτελικό corpus, έκανε ενοποιήσεις, για να αποτελέσουν τα αποσπασματικά έργα ως ενιαίες ενότητες και ως εκπρόσωπος της τυπικής ελληνιστικής τάσης δημιούργησε μια εικόνα του Αριστοτέλη ως συστηματικού φιλοσόφου, εικόνα που διατήρησαν μετέπειτα ο Ησύχιος, ο Θεόφιλος Κορυδαλλέας, οι φανατικοί αναγνώστες του στην Εσπερία (δυτική Ευρώπη) και πολλοί ασχολούμενοι με το έργο του μέχρι σήμερα. Είναι γεγονός όμως ότι πολλοί αναγνώστες του Αριστοτέλη αγνοούν την επεξεργασία που έχει υποστεί το έργο του κατά την πτολεμαϊκή περίοδο.

Ο Αριστοτέλης είναι ο πρώτος φιλόσοφος, που καθιερώνει ειδική ορολογία, δηλαδή συνθέτει νεολογισμούς για να εκφράσει ακριβή φιλοσοφικά νοήματα. Στα *Φυσικά* του Αριστοτέλη συναντάμε με ακρίβεια οι απόψεις του Εμπεδοκλή, των εκπροσώπων της ατομικής θεωρίας και των άλλων φυσιοκρατών με ανατρεπτικά σχόλια. Τα *Φυσικά* είναι ένα σύνολο έργων, που αποτελούνται από τα έργα, τοποθετούμενα με μία τυχαία σειρά:

- ΠΕΡΙ ΓΕΝΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ
- ΠΕΡΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ
- ΠΕΡΙ ΚΟΣΜΟΥ
- ΠΕΡΙ ΟΥΡΑΝΟΥ
- ΠΕΡΙ ΖΩΩΝ ΜΟΡΙΩΝ
- ΜΕΤΕΡΕΩΛΟΓΙΚΑ
- ΜΙΚΡΑ ΦΥΣΙΚΑ
- ΠΕΡΙ ΦΥΣΕΩΣ



Ο Αριστοτέλης στο «*Περί Γενέσεως και Φθοράς*» πραγματεύεται τη γένεση και φθορά των σωμάτων (σήμερα χρησιμοποιείται ο όρος ουσίες) δια της *αφής* και της *διάλυσης*. Στο βιβλίο αυτό καταρρίπτει με εμπειριστατομένη επιχειρηματολογία τις απόψεις του Αναξαγόρα, Εμπεδοκλή, Λεύκιππου και Δημόκριτου. Από την αντιμετώπιση των αρχαίων φυσιοκρατών της ατομικής (μοριακής) θεωρίας, ο Αριστοτέλης μας δίνει την ευκαιρία να γνωρίσουμε τις βάσεις των ατομιστών, που θριάμβευαν κατά το 18ο και 19ο αιώνα, με την επισφράγιση της ατομικής θεωρίας του Dalton. Το βιβλίο αυτό του Αριστοτέλη με σχόλια του Θεόφιλου του Κορυδαλλέα εκδόθηκε στην *Ενετίαν* το 1780 και το σπουδαίο είναι ότι, κεφαλοποιήθηκε και παραγραφοποιήθηκε. Απέκτησε 11 Κεφάλαια το πρώτο βιβλίο με ελληνική μεγαλογράμματη αρίθμηση και παραγράφους με προσωνύμιο ως Ζητήμα Α΄, Ζήτημα Β΄ και Ζήτημα Γ΄. Τα Ζητήματα ή Κεφάλαια διακρίνονται σε υποπαραγράφους με υπόδειξη αριθμού σελίδας και με τίτλο, που κάνει το κείμενο πιο εύληπτο και πιο επεξηγηματικό. Ένα ενδιαφέρον δείγμα:

BIBΛΙΟΝ, Α΄.

Παράφρασις του πρώτου Κεφαλαίου. 7

...

ΖΗΤΗΜΑ, Α΄

Πότερον τα φύσιν έχοντα και λέγεται φθείρεσθαι

...
Παράφρασις του Δευτέρου Κεφαλαίου

...
ΚΕΦ. Δ'.
Τίνι διαφέρουσι γένεσις και αλλοίωσις. 74
ΚΕΦ. ζ'.
Περί αφής της εν τοις Φυσικοίς. 191
Απορία.

...
ΚΕΦ. Α'.
Θεωρία των περί του άπτεσθαι, του ποιείν, και του πάσχειν αμφιβαλλομένων. 208
Ποσαχώς η αφή λέγεται. 208

ΚΕΦ. Β'.
Απορία περί των τη αφή παρεπομένων



Π Ι Ν Α Ξ.	
ΖΗΤΗΜΑ, Α. Περί τῆς αὐξήσεως ὄρων. 152 Πότερον ἢ αὐξήσεις γυρίσεις ἔστιν ἢ ἄ; 156	ΚΕΦ. ζ'. Περί ἀφῆς τῆς ἐν τοῖς Φυσικοῖς. 191 Ἀπορία. 194
ΖΗΤΗΜΑ, Β. Περί τῆς ἕλης, τέλος τε, καὶ ποιητικῆς αὐξήσεως αἰτίας. 159	ΚΕΦ. Ζ. Τὶ τὸ ποιεῖν καὶ πάσχειν ἔστι, καὶ τίςιν ὑπάρχει, καὶ διατί, καὶ πῶς. 195 Ἀπορία. 199 Σημειώσεις. 199
ΖΗΤΗΜΑ, Γ. Πότερον ἢ αὐξήσεις συνεχῆς ἔστι. 160 Περί τῆς πῶς ἢ αὐξήσεις γίνεται. 169 Σύστασις τῆς εἰς αὐξήσεων ἀναγκαίων. 170 Ἐξήγησις τῆς τοῦ Φιλοσόφου λέξεως. 171 Πότερον τὸ αὐξήσιμον μῆκει τὸ αὐτὸ, καὶ καθ' ὅτιον μέρος αὐξεται καὶ πῶς εἶδος; 174 Ἐκ τῆς εἰρημῶν Ἀπορία. 179 Πότερον ἐν τῷ ζῴῳ μῆκει τὸ μέρος τὸ αὐτὸ ἀπὸ παντὸς ἕως ἐφ' ὀφθαλμοῦται. 180 Πότερον τὰ αὐξανόμενα ὅτιον μέρος ἐπιδίδωσι καὶ μίγεθος. 184 Δύσκει τῆς ἀφῆς καὶ αὐξήσεων ἀποβαλλομένων. 186 Περί φθίσεως, καὶ πῶς ἔστι τὰ κακὰ καὶ τῆς σερήσεως αἰτίων ἐν τοῖς ζῴοις. 188 Περί φθίσεως ἐν τῷ ἄνθρωπῳ. 190	ΚΕΦ. Η. Οἱ ζῴοι καθ' ὅς τὰ μὴ ποιεῖν, καὶ δὲ πάσχειν λέγεται, καὶ αὐτῆς ἔλεγχος. 199 ΚΕΦ. Θ. Τίνα ζῴον ὑπάρχει τοῖς οὐσι ζῴοις, καὶ ποιεῖν, καὶ πάσχειν. 206 ΚΕΦ. Α. Θεωρία τῆς ἀφῆς τῆς ἀπτεσθαι, καὶ ποιεῖν, καὶ τῆς πάσχειν ἀμφιβαλλομένων. 208 Ποσαχώς ἢ ἀφή λέγεται. 208 ΚΕΦ. Β. Ἀπορία ἀφῆ τῆς ἀφῆς ἀφῆ παρεπομένων. 210

Ο Θεόφιλος ο Κορυδαλέας (γεν. στην Αθήνα το 1570 και πέθανε στην ίδια πόλη το 1646) ήταν ίσως ο σπουδαιότερος φιλόσοφος επί Τουρκοκρατίας και αντιπροσωπεύει έναν αριστοτελικό φιλόσοφο με τάσεις διττές, θα τις χαρακτήριζε κανείς υλιστικές, στην πραγματικότητα όμως εξέφραζε την τελεολογία του Αριστοτέλη και το πνεύμα της εποχής της αναγέννησης στη Δυτική Ευρώπη. Παρά το ιερατικό του τίτλο (έφθασε μέχρι τον τίτλο του Εξάρχου του Πατριαρχείου της Κωνσταντινούπολης και του Μητροπολίτη Άρτας και Ναυπάκτου), κατηγορήθηκε πολλές φορές για αθεϊσμό, γιατί στα εκπαιδευτικά του σχέδια μάθησης περιελάμβανε στοιχεία των φυσικών επιστημών και εργαστηριακές ασκήσεις. Παραιτήθηκε από τη θέση του μητροπολίτη και δέχτηκε την πρόσκληση των Αθηναίων να πάει να διδάξει εκεί φιλοσοφία. Από το έργο αυτού του μεγάλου δάσκαλου, έχουμε τα πρώτα σπέρματα της φιλοσοφίας των ατομιστών.

Οι Αριστοτελικές αρχές της **αφής** αποτυπώθηκαν στη θεωρία των **μικτών** (Johann Becher, γερμανός 1635 – 1682), η οποία αιτιολογούσε την ευμεταβλητότητα του στοιχείου, για παράδειγμα τη δυνατότητα του αργύρου ως *απλού μικτού* να μετατραπεί με την προσθήκη κατάλληλου φυράματος σε άλλο *απλό μικτό* όπως ο χρυσός (*αλχυμιστική* προοπτική), ή σε πιο *σύνθετο μικτό* (π.χ. οξείδιο αργύρου).

Ο Νικηφόρος Θεοτόκης (Κέρκυρα 1731 – Μόσχα 1800) ήταν ένας από τους μεγάλους δασκάλους του Γένους, διάκονος από τα 17 του και σπουδασμένος στην Πάντοβα και τη Μπολόνια, ήταν ένας από τους πρωτοπόρους στη διδασκαλία και διάδοση των Φυσικών Επιστημών στις ελληνόφωνες περιοχές. Στο σημαντικότερο έργο του *Στοιχεία Φυσικής*, που εκδόθηκε σε δύο τόμους το 1766 και 1767, στον Α' τόμο (1766) συναντάμε τους όρους της *αφής*, των **μικτών** και των *ατόμων*, όταν πραγματεύεται τη δομή των σωμάτων και την ταξινόμησή τους με βάση τα γνωρίσματα τα οποία παρουσιάζουν. «*Αρχάς παντός Σώματος...τα Άτομα υποτίθενται. Άτινα εισί Σώματα σμικρότατα, άνευ Πόρων, σκληρά, αδιάβατα, παθητικά (με την έννοια του πάθους, δηλαδή της πρόσκαιρης μεταβολής), και κινητά. επειδή γαρ υπόκειται αρχάς, και στοιχεία είναι παντός Σώματος, και εκ της διαφόρου συνδρομής αυτών πάντα τα μείζονα Σώματα συνίστασθαι, ανάγκη πάσα τουτοισί τοις Ιδιώμασι, και Χαρακτήρσι*». Τα συστατικά κάθε σώματος είναι τα άτομα των στοιχείων με πλήρη περιγραφή των ιδιοτήτων τους, «...*σμικρότατα διηρούντ' αν παράτε της Φύσεως και της Τέχνης*». Πολύ μικρά, που διαιρούνται από τη Φύση και την Τέχνη. Δίνει αρχικά τη δυνατότητα στη φύση να τα διαιρέσει, ή μάλλον δεν το αποκλείει αυτό για το μέλλον, όμως λίγο πιο κάτω τα θεωρεί αδιαίρετα: «*Τα Άτομα Πράγματι μεν αδιαίρετα, Νω δε, διαιρετά*». Στο μυαλό μας διαιρετά προσθέτει, δίνοντας την προοπτική στην Τέχνη της επιστήμης (τεχνολογία) να προκαλέσει την ανακάλυψη της δομής τους. Τα *ιδιώματα* γνωρίσματα των ατόμων περιγράφονται ως «*εις Πόρους ... ρευστά, απαλά και διαβατά*». Τα άτομα πιο κάτω συμπληρώνει είναι σφαιρικά (*Σφαιρίδια*) και όμοια μεταξύ τους («*είναι αλλήλοις όμοια ... ισομεγέθη*»). Το νερό για παράδειγμα αποτελείται από *όμοια μερίδια... σφαιρίδια* στο σχήμα, όπως το νέφος και η ομίχλη πέφτει στη γη και «*ως η Χυμική Ανάλυσις εναργώς έδειξεν*». «*Ανάγκη άρα άτομα ενυπάρχειν μεγέθη αόρατα*» γράφει ο Αριστοτέλης στο *Περί γενέσεως και φθοράς*.

Ο σχηματισμός των διαφόρων σωμάτων είναι αποτέλεσμα της **συν-άφειας**. «*Εκ των ειρημένων εν δήλον, ότι η μεν Γένεσις των Σωμάτων ένωσις, συνάφεια, και σύνθεσις σμικρών μεριδίων εστίν· η δε Φθορά, χωρισμός, διαίρεσις, και λύσις*». Τίποτα δεν γίνεται από το

μηδέν, «ουδέν έτι εκ του μη όντος γίνεται» και τίποτα δεν χάνεται μηδενιζόμενο, «ουδέ δή εις το μη ον κατανά». Ο νόμος της αφθαρσίας (διατήρησης) της ύλης (μάζας) κατά τη διεξαγωγή των χημικών ή φυσικών φαινομένων επαναλαμβάνεται, όπως αναφέρει ο Δημόκριτος, «Μηδέν τι εκ του μη όντος γίνεσθαι, μηδέ εις το μη ον φθείρεσθαι», (95, 552). Ολοσχερής διαιρετότητα δεν είναι δυνατή, υπό την έννοια ότι αυτό στο οποίο απολήγει η διαίρεση, είναι κάποιο σημείο (στιγμή) μας λέει ο Αριστοτέλης στο *Περί γενέσεως και φθοράς*. Και συνεχίζει: «Επει γαρ έστι στιγμή στιγμής εχομένη, το πάντη είναι διαιρετόν έστι μεν ως υπάρχει τοις μεγέθεσιν, έστι δ' ως ου», δηλαδή “αφού τα στίγματα είναι διαδοχικά, το κάθε σώμα κατά μία έννοια γίνεται διαιρετό όπως μας δίνεται από τα διάφορα μεγέθη του, αλλά κατά άλλη έννοια όχι’. «Δοκεί δ', όταν τούτο τεθή, και οηρούν και πάντη στιγμήν είναι, ώστ' αναγκαίον είναι διαιρεθήναι το μέγεθος ει μηδέν· πάντη γαρ είναι στιγμήν, ώστε ή εξ αφών ή εκ στιγμών είναι. Το δ' έστιν ως υπάρχει πάντη, ότι μία οηρούν εστι, και πάσαι ως εκάστη· πλείους δε μιας ουκ εισίν· εφεξής γαρ ουκ εισίν, ώστ' ου πάντη· ει γαρ κατά μέσον διαιρετόν και κατ' εχομένην στιγμήν έσται διαιρετόν· ου γαρ εστιν εχόμενον σημείον σημείου ή στιγμή στιγμής». Φαίνεται δε, ότι όταν τεθεί ως προϋπόθεση τέτοια διαιρετότητα, πιστεύεται ότι υπάρχει μία στιγμή (είδος σημείου), στην οποία αναγκαστικά η διαίρεση καταλήγει λέμε στο μηδέν. Γιατί για το κάθε τι υπάρχει μία στιγμή, ώστε το αποτέλεσμα των (επ)αφών να είναι αποτέλεσμα επαφών στιγμών. Η ολοσχερής διαιρετότητα είναι δυνατή μόνον υπό την έννοια ότι, υπάρχει κάποια στιγμή να συμβεί. Όμως δεν υπάρχουν περισσότερες από μιας στιγμές. Αν ήταν (η ουσία, το σώμα) διαιρετή κατά το μέσον της, θα ήταν επίσης διαιρετή και σε κάποια συνεχόμενη στιγμή της. Όμως δεν είναι, γιατί δεν υπάρχει σημείο συνεχόμενο άλλου σημείου, ούτε στίγμα συνεχόμενο άλλου στίγματος”, (544).

12 ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

ροι περιβλήτων, ή δια των Πόρων εισίν, αποπίπτουσιν άρχαι, και διαίρειν αυτές, αιδε όρρεντο, εκ αν ήσαν περιεται άρχαι, και φοιχόσαι. έτι δε και παθητικά, και κινητά, όθλον εκ τούτων έξ αυτών συγκραμίνουσιν Σώματα Γένεσις, Αΐθέσις, Φθοράς, και παύσεως Έξάλειψις, καθορτάσαι.

§. 3. Τούτων Άτόμων άρχαιότατα Σώματα εναντίον είναι λίγισσι (α) Μίχρον τούτο, ή Μίχρον, πρό τού Τριπλή Πολύμο ακμάσαντα. Λεύκωπος δέ, και Δημόκριτος, και Επίκουρος οι και σής Δίξιος ταυτά άρχηγοί εκ έγένετο, έξίδουτο έμας αυτά, και διαφέρει λίγισσι σωμάτων διαφαντες, έτι τα Άτομα πρώται άρχαι, και φοιχόσαι των Σωμάτων εισίν. έπει ήμεις, αιδε Πόρον άκρηγί, αιδε λόγον ίσχυειν, και ανατιθέμεν έχαντες, αποδείξαι εκ αιδεμθα. ή γαρ είδαμεν, ει ή υπό της Φύσεως, και Τέχνης ω τούτοι Σώματα γρηομένη διαίρεσι άχρι των Άτόμων περίεσθαι. αιδε Βασίλειω τούτο πελυπεργουμένησιν αυτά έχομεν αιδεπαίδητα εντα δια τούταυτων συμκρητα. αιδε δή σκοπίς εισι τούτοι πρώτιστα άρχαι προσερέονται, αιδεαμφιλίκτοι αποδείξουσιν αυτές προσεμεπέδουσιν, (ακατάληπτοι γαρ αυτά, και μένω τού Δημιουργού γινεται) αιδε τούτων Σωμάτων ένεργείας, και τού Ιδιώματα τού καθήκοντι λόγω πολυπεργουμένησιν, τούτων ω αυτών απαπτύξαι Νόμους. έξαρκει έν προς τούταυτων καταλήψαι τού Άτομα πρώται των Σωμάτων άρχαι προσεποτιθίται.

§. 3. Τά Άτομα Πρώταμι μών, αιδεμύστα, Νόμ δε, διακρητά.

Η γάρ

(α) Πελοπόννησος ή Σπάρτης Φιλίστορι έν τού πρώτι Στάθω, και Σίφωσι Έμπορικίσι ποταμίσι.

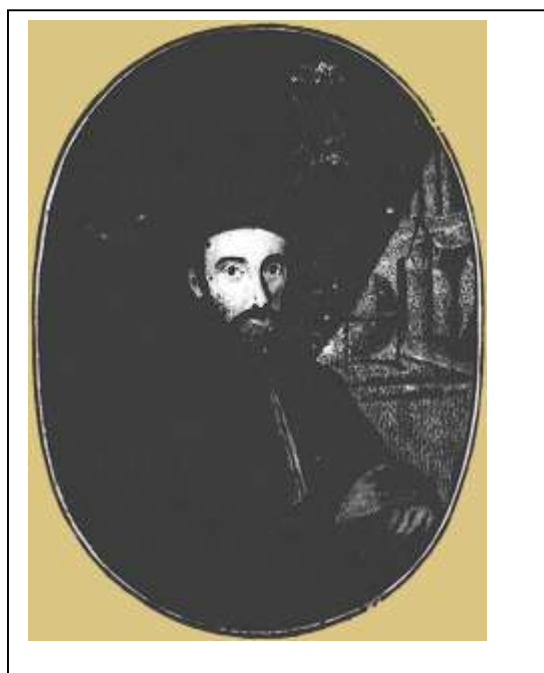
14 ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

ται, αιδε ή χυμική Άνάλυσις ένεργεί είδαζον, ή Άγγισι έμβληθού, ένεύστατα, και βαρύν Όγκω σωμάτων, έμειορήματα τού Άγγισι. τα δέ μερίδια αυτά άπεχρηζόμενα μών επ' αιδελλαν, και εις Άμας μετακινούμενα, Νέφος, και Όμίχλη γίνεσθαι· σωμάματα δέ, και σφαιρικίαν διαίρεσι εκ τού Αΐθερος πίπτουσα, Βεχχό· αποπληγόμενα δέ, και κρηταλλόμενα, και παυτοειδέως μεταμερθεόμενα Χίον, και Κάλαζα. έτι δέ ταυτά αιδεαυθούτ Τόκρη έτι, περιβαίει τούτοι πάσαι, και περιόφλοι. ή της διαίρεσι άρα σωμάτων, συμπληκίτε και Θίσεως των αυτών μεριδιών Σώματα σωμάτων, αιδελλαν διαφέρειντα ή μών τού Σχήμα, αιδε και τού Ιδιώτησιν, και Απειτέλεσματα.

§. 6. Εκ των ερημοίων έν όθλον, έτι ή μί Γένεσις των Σωμάτων· έντασι· συνάθεισιν, και σύθσεσι σμικρών μεριδιών εισίν· ή δέ Φθορά, χωρισμός, διαίρεσις, και λύσις. έξ ή γαρ εκ μη εισι τούτοι παυτοειδέσιν Θεσις τού πάντα παραγωγήσιν, ει δού έντι εκ τού μών εντος γίνεσθαι, αιδε δή εισι τού μη ή κατανατά. τού δέ Μίγροσι, τού Βάρεσι, ή Πικρότητι τού Σχήμα, και τού λοιπώ εντα τού Σωμάτων έπαυτή και εκ τού πλάθου, και της διαίρεσι συμπληκίτε τού μεριδιών γίνονται.

§. 7. Είδεχεται δέ πάντα τού τούσι Αιδεθίσεσι ύποπίπτουσα Σώματα εκ μεριδιών διαφέρων Τάξεσιν σωμάτων· αιδε τούτοι τού τούσι συμκρητομειοται εντασι. Διεί δού, ή τούσι Άτομα έκτασι κούσθαι Αιτίαι αιδελλαν συμπεσίντα, έπισωμωθίται τε και σωμωθίται, και συμκρητί Σώμα συπύσαι, ή έπονήμασιν Α. τούτοι έν μεριδιών της πρώτης Τάξεως εισιται. σωμάτων δέ όμοιοι πολλα Α, αν δού, ή τούσι σωμάτωτα, συμπληκίτων τού τούσι δευτέρου Τάξεως μεριδιών Β. πολλα δέ Β γινουότων, και δού, ή τρι-

Ο σχηματισμός των ουσιών και γενικά των σωμάτων περιγράφεται με την ατομική (σωματιδιακή) θεωρία και γίνεται μία προσπάθεια να δοθούν ικανοποιητικές ερμηνείες και να γίνουν βολικές ταξινομήσεις από θεωρητική σκοπιά των ουσιών. Τα άτομα κινούμενα λόγω κάποιας αιτίας ανά δύο ή και τρία μαζί συγκροτούν «συμπεσόντα, επισυναφθείναι τε και συνενωθήναι» μερίδιο πρώτης τάξεως (555). Δύο ή περισσότερα μερίδια της πρώτης τάξεως όταν συνενωθούν, συνιστούν μερίδιο δευτέρας τάξεως και επισυναπτομένων («επισυναπτομένων τε και συμπλεκομένων») των τελευταίων μερίδια τρίτης τάξεως. Η έννοια του στοιχείου, παρόλο που είχε ξεκαθαριστεί με το Robert Boyle έναν αιώνα πριν τη δράση του Νικηφόρου Θεοτόκη, παρέμενε θολή και σε πολλά σημεία αδιευκρίνιστη. Τα θετικά σημεία της χημείας είχαν τοποθετηθεί. Το πείραμα επαλήθευε τις απόψεις μας και η ατομική θεωρία των αρχαίων Ελλήνων ατομιστών είχε εγκατασταθεί, έστω και ατελώς, ως μόνης διεξόδου για τη θεώρηση της δομής των ουσιών (χρησιμοποιούσαν τον όρο σώμα και σπανιότερα τη λέξη ουσία).



Τα απλά σώματα προσέγγιζαν την έννοια της σημερινής φύσης του στοιχείου, αλλά πολλά σημερινά στοιχεία, όπως τα μέταλλα, τα θεωρούσαν ως μίγματα. Οι θέσεις του Αριστοτέλη και των χυμειτών των ελληνιστικών χρόνων παρέμεναν ζωντανές και σχεδόν αναλλοίωτες κατά το 18ο αιώνα. Διαβάζουμε από «Τα Στοιχεία Φυσικής» του Νικηφόρου Θεοτόκη: «Τα του φυτικού, ζωτικού, και ορυκτού Γένους Σώματα μονονουχί άπαντα μίγμα, και κράμμα εισίν ανομοίων και ετεροειδών μεριδίων. πάνυ δ' ολίγα τα απλά, τουτέστι, τα εξ ομοίωντε και ομοειδών συγκείμενα. έδειξε γαρ η **χυμική** Ανάλυσις, ότι τα μεν Μέταλλα εκ Άλατος, Θείου και Υδραργύρου σύγκειται, και ταύτα πάλιν εξ άλλων· τα δε ημιμέταλλα (α) εκ πολλών, και διαφόρων· (οίον, το λεγόμενον Αντιμόνιον (β) εκ θείου, Αρσενικού, καίτινος ατελούς μεταλλικής Ύλης) τα δε Ζώων μέρη έκτινων Πνευμάτων (αερίων) είτουν ρευστών λεπτοτάτων, Ύδατος, Αλάτων, Ελαιών, μεριδίων φωσφόρων, και γαιωδών· τα δε Φυτά εκ διαφόρων Πνευμάτων, Ύδατος, Όξους, Κόμμεως, Βαλσάμου, Ρητίνης, Ελαιών, Αλάτων και γαιωδών μεριδίων. **απλά** δε το καθαρόν ύδωρ, και ο Υδράργυρος. το μεν γαρ εις Ύδατος, το δε εις Υδραργύρου μερίδια ταις **χυμικαίς Βασάνεις** αναλύεται».

Για να δοθεί μία ικανοποιητική ερμηνεία του σχηματισμού κραμάτων μετάλλων, όταν αυτά παρουσίαζαν ιδιότητες που πλησίαζαν με αυτές του χρυσού, για παράδειγμα χρώμα,

ανοξείδωτα και ενιαίας πυκνότητας, νόμιζαν ότι αυτά, είναι σύνθετα σώματα, τα **μικτά** (mixts κατά τον Johann Joachim Becher (1635 – 1682).



Εξώφυλλο από το βιβλίο του J. J. Becher *Oedipus chemicus*, Amsterdam, 1664



Εξώφυλλο από το βιβλίο του Becher με τίτλο: *Physica subterranea*, 1703.

Γενικότερα τις χημικές ενώσεις το 17ο αιώνα τις ονόμαζαν **μικτά**, και η προσοχή των περισσότερων χημικών ήταν προσανατολισμένη προς τις ανόργανες ενώσεις παρά στις οργανικές. Η έννοια του **μικτού** όμως έχει ρίζες ελληνικές, στηρίζεται στο ευμετάβλητο των τεσσάρων στοιχείων (ύδωρ, γη, αήρ και πυρ), τα οποία υπάρχουν εντός των ποικίλων σωμάτων και στα στοιχεία στα οποία διαλύονται τα σώματα. «όσα δε **μικτά** ύδατος και γης, κατά πλήθος εκατέρου άξιον λέγεσθαι· οίνος γαρ τις και πήγνυται και έψεται, οίον το γλεύκος». [όσα σώματα είναι μείγματα νερού και γης μπορούν να αξιολογηθούν με κριτήριο την ποσότητα του ενός ή του άλλου, στο περιεχόμενό του **μικτού**: γιατί ο οίνος πήζει όταν βράζει, εννοώ το μούστο, (101)] Τα «έργα και τα πάθη» των ουσιών είναι η γνωστή μας **μεταβολή**. «Όλος γαρ το κινούμενον εκ τινος εις τι μεταβάλλει» αναφέρεται στο *Περί Ουρανού*, του Αριστοτέλη. Η μεταβολή των ουσιών διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- την **αλλοίωσιν**, μία μεταβολή που περιορίζεται στις εξωτερικές ή επουσιώδεις ιδιότητες των ουσιών, αυτές οι οποίες επωνομάζονται ως φυσικές σήμερα, μεταβολή στην οποίαν δεν μεταβάλλεται το είδος του σώματος. Απλά είναι μία πρωταρχική διαδικασία για *την γένεσιν ή την φθοράν των σωμάτων*, μία *επίτασις* το να γίνει η ουσία (ή το σώμα) περισσότερο υδαρές ή λιγότερο λευκό. [17]
- τη **γένεσιν και φθοράν**, μία μεταβολή του *είδους*, μεταβολή *κατ' ουσίαν*. Η γένεσις είναι πάντοτε «εν **ακαρεί**», γιατί η ύλη δεν μπορεί να μείνει ούτε στιγμή χωρίς είδος, αλλιώς θα επανερχόταν στην αρχέγονη ύλη και το σώμα θα εκμηδενιζόταν. [17]

Οι νόμοι της σύνθεσης των σωμάτων κατά τους αρχαίους Έλληνες, με την έννοια του προσεχούς αιτίου της μεταβολής, είναι η «ανάμειξη» των «σωμάτων» με την προϋπόθεση, ότι, τα συμφυή μέρη του ίδιου σώματος δεν επιδρούν μεταξύ τους. Η **μίξις** των σωμάτων είναι δύο ειδών:

- *Μίξις κατ' αίσθησιν*, που είναι απλή *συμπαράθεσις* των αναμειγνυομένων σωμάτων των οποίων τα διαφορετικά σωματίδια (*μικρά*) είναι απλά «*παρ' άλληλα συγκειμένων*» (334a 548).
- Κυρίως *μίξις* ή *κράσις* (**101**), που είναι ανάμειξη των ουσιών των οποίων τα μέρη επιδρούν μεταξύ τους, «*ποίοι χυμοί εκ ποίων γίνονται κράσεων*» (359b 21, **101**).

Η κυρίως μείξη αναλογεί στις σημερινές χημικές ενώσεις και η κράσις αναφέρεται στην σύνθεση **ομοιομερών** υλικών (οστών, μυών κλπ). «*εκ μεν ουν του ύδατος και γης τα ομοιομερή σώματα συνίσταται, και εν φυτοίς και εν ζώοις, και τα μεταλλεύόμενα, οίον χρυσός και άργυρος και όσα τοιαύτα, εξ αυτών τε και εκ της αναθυμιάσεως της εκατέρου εγκατακλειομένης, ώσπερ είρηται εν άλλοις.*», που μεταφράζεται ως: τα ομοιομερή σώματα αποτελούνται από νερό και γη, τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα, αλλά και τα μεταλλεύματα, όπως ο χρυσός, ο άργυρος και όλα τα μέταλλα του είδους αυτού, σχηματίζονται από στοιχεία και τις αναθυμιάσεις του καθενός από αυτά, όπως έχουμε πει σε άλλο σημείο (384b 30, **101**, *Μετεωρολογικά* του Αριστοτέλη).

Η θεωρία των μ(ε)ικτών επηρέασε τη θεωρητική σκέψη όλων των χημικών του 17ου και 18ου αιώνα και να αποτελέσει στοιχείο ορολογίας για το Νικηφόρο Θεοτόκη στα *Στοιχεία Φυσικής* του 1766: «*Τα μεν ουν μικτά εκ μεριδίων πολλών Τάξεων τυχόν συνετέθησαν, τα δε απλά, εκ μιας μόνον. εξ αυτής δε της διαφοράς των Τάξεων των επισυναπτόμενων σμικρών Σωμάτων ήτοι το γλυκύ, ή το πικρόν, ή το οξύ, ή το αλμυρόν, ή άλλοτι των λεγομένων αισθητικών Ποιοτήτων γίνεταί.*». Ευρισκόμαστε προς το τέλος της εποχής του ευμετάβλητου στοιχείου, της καταγραφής μιας μεγάλης κλίμακας ουσιών, που θα καταργήσει για πάντα την αστάθεια της έννοιας του στοιχείου και το απατηλό περιεχόμενο των τεσσάρων στοιχείων. Η *αφή* όμως θα αποκτήσει ποικίλο περιεχόμενο σε μία προσεκτικότερη ταξινόμηση των χημικών αντιδράσεων, ταξινόμηση την οποία ακολουθούμε μέχρι σήμερα με απουσία του όρου της αφής.

Η έννοια του σθένους ή της συγγένειας ως ελκτικής δύναμης των αντιδρώντων ουσιών, συναντάται σε πολλά αριστοτελικά κείμενα και μάλιστα σε αυτά που χαρακτηρίζονται ως χημικά «*επει δε ταύτα μεν υπ' άλλης αιτίας συνέστηκεν, εξ ων δε ταύτα ύλη μεν το ξηρόν και υγρόν, ώσπε ύδωρ και γη (ταύτα γαρ προφανεστάτην έχει δύναμιν εκάτερον εκάτερου), τα δε ποιούντα το θερμόν και ψυχρόν (ταύτα γαρ συνίστησιν και πήγνυσιν εξ εκείνων), λάβωμεν των ομοιομερών ποία είδη και ποία ύδατος και ποία κοινά.*», το οποίο σε μετάφραση μας λέει: επειδή αυτά συνίστανται από διαφορετική αιτία, ενώ εκείνα από τα οποία προκύπτουν έχουν ως ύλη το ξηρό και το υγρό, δηλαδή το νερό (το κατ' εξοχήν υγρό) και τη γη (το κατ' εξοχήν στερεό), (διότι αυτά προφανώς έχουν τη δύναμη της κάθε ιδιότητας), και ως ποιητικά αίτια το *θερμό* και το *ψυχρό*, (διότι τα δύο αυτά στοιχεία συνιστούν και πήζουν τα σώματα από νερό και γη), ας εξετάσουμε ποία από είδη *ομοιομερών* συνίστανται από γη, ποία από νερό και ποία από τα δύο.

Η δυνατότητα των στοιχείων να τροποποιούνται ως είδος ήταν σύμφυτη κατά την αρχαιότητα και το γεγονός αυτό έσπερνε τα εμπόδια για να συστηματοποιηθεί η χημεία ως επιστήμη και να γεννηθεί κατά την ελληνιστική περίοδο, όπως τόσες άλλες επιστήμες, ιδίως οι θετικές, όπως της γεωμετρίας, τριγωνομετρίας, σφαιρικής γεωμετρίας, των μαθηματικών, της μηχανικής, οπτικής, σκηνογραφίας και κατοπτρικής, της γεωδαισίας και μαθηματικής γεωγραφίας, της τεχνολογίας ναυσιπλοΐας, των αυτομάτων (ρομπότ), ιατρικής, βοτανικής και ζωολογίας και τόσο άλλων. Η χημεία άρχισε την εποχή εκείνη τα πρώτα βήματά της, αλλά δυστυχώς μία λεπτομερής καταγραφή των επιτευγμάτων της είναι αδύνατη, λες και

κάποια δύναμη, την οποίαν γνωρίζουμε, τα εξαφάνισε. Ευτυχώς έχουμε κάποιες μνείες από μεταγενέστερους συγγραφείς και αυτές έχουν συλλεχθεί από τον M. Berthelot (604, 605).

ΕΤΗΛΙΕΤΙΠΙΕΤΗΛΗΤΩΝΗΓΚΕΙΜΕΝΩΝΕΠΟΙΕΤΙΧΗΜΗΕ
 ΓΥΓΡΑΜΕΙΤΩΝΦΙΛΙΨΩΝ·ΙΜΕΛΙΤΕΤΗΜΕΤΗΚΕ
 ΠΡΕΥΤΕΙΛΕΓΜΕΝΗΦΙΛΟΦΙΕ·

5 ΧΡΥΣΟΣ ΧΡΥΣΙΟΥΡΙΝΗΜΕ ΧΡΥΣΙΟΥΠΙΤΑΛΕ ΧΡΥΣΟΚΕΚΛΩΜΗ ΧΡΥΣΟΔΕΚΤΡΗΝ ΧΡΥΣΟΚΟΡΑΛ ΜΑΛΙΒΔΑΧΡΥΣΟΥ ΜΥΡΡΙΟ ΜΥΡΡΙΟΥ ΜΥΡΡΙΟΥΡΙΝΗΜΕ ΜΥΡΡΙΟΥΠΙΤΑΛΕ ΜΥΡΡΙΟΥΧΡΥΣΟΚΟΡΑΛ ΜΥΡΡΙΟΥΚΕΚΛΩΜΗ ΧΑΛΚΟΥΤΡΥΣΟ ΧΑΛΚΟΥΤΡΗ ΧΑΛΚΟΥΡΙΝΗΜΕ ΧΑΛΚΟΥΠΙΤΑΛΕ ΧΑΛΚΟΚΕΚΛΩΜΗ ΙΟΧΑΛΚΟΥ ΦΙΧΑΛΚΕΙ ΣΙΔΗΡΕΙΔΩΔΙ ΣΙΔΗΡΟΥΤΡΗ ΣΙΔΗΡΟΥΡΙΝΗΜΕ ΣΙΔΗΡΟΥΠΙΤΑΛΟΝ ΣΙΔΗΡΟΥΙΟΣ ΗΜΑΖΙΒΙΣ	ΗΛΙΟΣ ΧΡΥΣΟΣ ΕΕΛΗΝΗ ΜΥΡΡΙΟΣ ΗΚΡΟΝΙΕΦΑΙΝΟΝΩΛΙΒΙΣ ΖΕΥΣΦΑΙΦΩΝΗΛΕΚΤΡΟΣ ΔΡΗΠΥΡΟΙΣΙΔΗΡΟΣ ΑΦΡΟΔΙΤΗΦΩΣΦΕΡΧΑΛΚΙ ΕΡΜΙΕΣΤΙΛΩΩΝΑΛΕΙΤΗΡΕ ΜΑΧΙΒΔΟΥΤΡΗ ΜΑΛΙΒΔΟΧΑΛΚΗ ΜΑΛΙΒΔΟΥΡΙΝΗΜΕ ΜΑΛΙΒΔΟΚΕΚΛΩΜΗ ΚΑΙΣΙΤΗΡΗΙ ΔΟΥΨ ΚΑΙΣΙΤΗΡΟΥΤΡΗ ΚΑΙΣΙΤΗΡΙΟΥΡΙΝΗΜΕ ΚΑΙΣΙΤΗΡΙΟΥΠΙΤΑΛΕ ΚΑΙΣΙΤΗΡΟΚΕΚΛΩΜΗ ΤΑΡΜΥΡΟΣ ΝΕΦΙΔΗ ΧΑΛΥΚΗΝΠΑΣΙΣΑΝ ΣΙΔΗΡΗΝΠΑΣΙΣΑΝ ΜΑΛΙΒΔΟΥΤΡΟΣ ΣΙΔΗΡΟΝΕΠΥΡΟΝ ΜΗΙΣΝ ΝΗΣΙΟΝΑΠΟΚΤΗΝ ΦΕΛΦΡΟΙΔΗΝΩΝ	6 10 15 20 25
--	---	---------------------------

Από το COLLECTION DES ANCIENS ALCHEMISTES GRECS εκδ. από τον M. Berthelot με τη συνεργασία του Ch-Em Ruelle, 1^η εκδ. Paris 1887.

2.1 Κοσμογονικές αντιλήψεις στην αρχαιότητα

- Από τους θεοκρατικούς μύθους στους φυσιοκράτες φιλόσοφους

Το οντολογικό πρόβλημα, το πρόβλημα της φύσης, το πρόβλημα της ύλης, του υλικού κόσμου, του σύμπαντος, αρχικά ήταν διατυπωμένο από τις θεογονίες των διαφόρων θρησκειών και η σχέση θεού/ών με τους ανθρώπους, καθόριζε λίγο πολύ, τη σχέση ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον, μια σχέση που ρύθμιζε κι εξουσίαζε το εκάστοτε ιερατείο. Ο μύθος της δημιουργίας εκπορεύεται από το ιερατείο οποιασδήποτε θρησκείας,

είναι γεμάτος από υπερβατικές καταστάσεις, που προκαλούν δέος και υποταγή των πιστών στους εκπροσώπους ιερείς αυτής της μυθικής υπέρβασης. Ο μύθος στην αφηγηματικότητα του δημιουργεί έννοιες, που μεσολαβούν μεταξύ της συνείδησης του εύπιστου και της φύσης. Ο μύθος, όπως και η επιστήμη, φιλοδοξεί να εξηγήσει τον κόσμο και να καταστήσει τα φαινόμενα κατανοητά. Όπως και η επιστήμη, ο μύθος δίνει στον άνθρωπο ένα μέσο, για να μπορεί να δράσει πάνω στη φύση, πάνω στο σύμπαν και να εξασφαλίσει την πνευματική και την υλική του κυριαρχία πάνω σ' αυτό. Μπροστά σε ένα σύμπαν γεμάτο μυστήρια κι αβέβαιες καταστάσεις, ο μύθος παρεμβαίνει και εισάγει το ανθρώπινο στοιχείο, γι' αυτό όλα τα εξωανθρώπινα στοιχεία, οι θαλασσοφουρτούνες, οι καταιγίδες, το φως του ήλιου, χάνουν τον τρομαχτικό τους χαρακτήρα, τη στιγμή που σε αυτά πιστεύει κανείς, ότι, υπάρχουν προθέσεις, ευαισθησίες κι αιτιολογίες ανάλογες με εκείνες, τις οποίες διακρίνει σε κάθε άτομο καθημερινά δοκιμαζόμενο.

Οι ερμηνείες, που προβάλλονται στο μύθο, μας φαίνονται σήμερα αστείες, λαθεμένες και παιδιάστικες. Μας φαίνονται ως πλάνη, αλλά ως πλάνη δεν φαίνονται και ορισμένες προσωρινές επιστημονικές αλήθειες που καταρρίπτονται από τη διατύπωση άλλων; Πλάνη δεν ήταν και η φλογιστική θεωρία για την καύση και την οξείδωση; Πλάνη δεν ήταν το θερμαντικό (caloric) στοιχείο του Lavoisier; Ο μύθος όπως και οι προσωρινές αλήθειες της επιστήμης δεν είναι τίποτα άλλο παρά μία διαφορετική προσέγγιση της αλήθειας για το αίνιγμα του κόσμου, για τη φύση του σύμπαντος. Μια ουσιώδης διαφορά είναι, ότι, η επιστημονική πλάνη απαιτεί την επιβεβαίωση της πραγματικότητας για να επιζήσει, αλλιώς αντικαθίσταται από άλλη, ενώ ο μύθος αρκείται στην αποδοχή των πιστών, μια αποδοχή που καλύπτει την ψυχολογική τους ανασφάλεια, καταλαγιάζοντας κάθε προσπάθεια συσχετισμού και κρίσης. Οι ομοιότητες μεταξύ μύθου και επιστήμης φαίνονται από μια πρώτη ματιά ότι είναι πολλές. Φαινομενικά έχουν τη δυνατότητα πρόβλεψης και τα δύο μέρη. Η επιστήμη όμως διαθέτει πάντοτε μία πρωτοπορεία έναντι του μύθου στη δυνατότητα αυτής της πρόβλεψης των φαινομένων, μια δυνατότητα που τους δίνουν οι λογικοί συνειρμοί σύγκρισης ομοιογενών μεγεθών, μεγέθη τα οποία έχει επινοήσει και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον καθένα, αρκεί να του είναι γνωστά. Και τα δύο μέρη, ιερείς ή σοφοί πορεύονται από πλάνη σε πλάνη, εγκαταλείποντας την προηγούμενη, όταν η επιστήμη ανακαλύπτει την ανεδαφικότητά της. Ποτέ δεν συνέβη το αντίθετο, πλάνη επιστημονική να ανατρέπεται από τη διδαχή ενός μύθου. Ένα παράδειγμα είναι το γεωκεντρικό σύστημα, το οποίο υποστήριζε με απολυτότητα η καθολική εκκλησία, ερμηνεύοντας κατά γράμμα το περιεχόμενο της Βίβλου. Τελικά το γεωκεντρικό σύστημα εγκαταλείφθηκε από το ηλιοκεντρικό, που υποστήριζε η επιστήμη. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το χρονικό διάστημα, που έχει παρέλθει από τη δημιουργία του κόσμου, δηλαδή πριν από περίπου 6000 χρόνια (εβραϊκός μύθος³), διάστημα ανεδαφικό, το οποίο έχει αρθεί από την επιστήμη.

³ Στη Βυζαντινή Αυτοκρατορία πριν από τον Αυτοκράτορα Ιουστινιανό (527-565) διατηρούσαν για μερικές δεκαετίες ένα σύστημα χρονολόγησης με βάση την τελευταία υπατεία. Ο αμόρφωτος ιλυριός λοχίας Ιουστινιανός καθιέρωσε ένα άλλο σύστημα χρονολόγησης ταυτόχρονα με την κατάργηση της υπατείας, που το αντέγραψε πιθανώς από τους Βανδάλους, με το οποίο χρονολογούσαν με βάση το έτος βασιλείας του αυτοκράτορα. Εκτός από αυτήν τη χρονολόγηση, διατήρησαν το έτος του ινδικτιώνος του Διοκλητιανού, αρχή της περιόδου 15 ετών για το μάζεμα των φόρων. Αργότερα όμως η αντί για το έτος της βασιλείας του Αυτοκράτορα, καθιέρωσαν τον **Annus Mundi** (αρχή δημιουργίας του κόσμου, τοποθετούμενη στο 5508 π.Χ.). Αυτά εκτίθενται στην πραγματεία του Στήβεν Ράνσιμαν, «Βυζαντινός Πολιτισμός», Β' ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1976. Μία καταπληκτική έκδοση ενός από τα πολλά άρτια έργα του πιο διάσημου Άγγλου Βυζαντινολόγου από την μεταπολιτευτική Ελλάδα σε μετάφραση της Δέσποινας Γεώργιζας, προοριζόμενου να αποτελεί μία εισαγωγή στο μάθημα Ιστορίας «κορμού» για τις εισαγωγικές εξετάσεις στα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Παρακολουθεί την πορεία της εξελληνιζόμενης Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, η οποία μετατράπηκε βαθμιαία σε εξελληνισμένη.

Ο μύθος όμως ανταποκρίνεται σε μια εσωτερική ανάγκη που παρουσιάζει το ανθρώπινο πνεύμα. Για να το αντιληφθούμε αυτό, δεν χρειάζεται να δημιουργήσουμε μία προσποιητή πρωτόγονη σκέψη, αλλά να αναλογιστούμε τις παιδικές μας εντυπώσεις, όταν δίναμε εξηγήσεις στις προσλαμβάνουσες καταστάσεις, οι οποίες τις δημιούργησαν. Ακόμη και για ένα σημερινό επιστήμονα ισχύει ότι ελάχιστα πράγματα γνωρίζει με τη λογική, μπροστά σε αυτά που πιστεύει. Με άλλα λόγια πολύ μικρό μερίδιο έχει ο ορθολογισμός, μπροστά σε αυτά που θεωρούνται καθιερωμένα (ή πρότυπα) από τις επιστημονικές αυθεντίες.

Ο μύθος, πολύ πριν από τη λογική, τη «γνώση», την εμφάνιση της επιστήμης, αποτελεί μία αυθόρμητη άμυνα του ανθρώπινου πνεύματος μπροστά σε ένα περιβάλλον ακατανόητο, εχθρικό πολλές φορές, απρόβλεπτο. Ο μύθος εκφράζει την ανθρώπινη αδυναμία και επιβάλλει στον άνθρωπο την πειθώ για να την ξεπεράσει, προεκτείνοντας τη δράση του, επεμβαίνοντας στα φυσικά φαινόμενα αμυντικά. Η αρχή του μύθου, γίνεται με μία απλοϊκή «επιστημονική» υπόθεση αιτιολόγησης των φαινομένων, στην οποία στη συνέχεια προστίθενται και συναφή φαινόμενα ή λεπτομέρειες. Στους μύθους εξαιρούνται οι πράξεις εξεχουσών προσωπικοτήτων, ανάγονται σε ήρωες με μεταφυσικές ιδιότητες και όλα αυτά τα χαρακτηριστικά εμπνέουν άλλους νεότερους ηγεμόνες. Χωρίς τη δυναμική ιστόρηση της Ιλιάδας και τα κατορθώματα του Μυρμιδόνα Έλληνα Αχιλλέα ο Μέγας Αλέξανδρος δεν θα επιχειρούσε την κατάκτηση της Ανατολής. Η μυθολογία με τους αλληπάλληλους παραλογισμούς της έφερε τους φιλοσόφους σε δύσκολη θέση, που αναρωτήθηκαν για την ύπαρξή τους. Την παράδοση αυτή δεν την απεμπόλησαν, απλά δέχτηκαν ότι κάτω από τους μύθους κρυβόταν μία πραγματικότητα, την οποία μπορούσαν να ανακαλύψουν και να εξηγήσουν. Στην αρχή δεν ήλθαν σε ρήξη με αυτήν, απλά ανέπτυξαν παράλληλα μία οντολογική θεώρηση χωρίς υπερβατικά στοιχεία.



Η παιδεία δεν ήταν αποκλειστικό προνόμιο μερικών. Στην Αθήνα η ομηρική και η ησιόδεια επική ποίηση ήταν από την εποχή του Πεισίστρατου μαζί με τη γραφή απαραίτητα στοιχεία στοιχειώδους μόρφωσης για όλα τα παιδιά.

Υπήρχαν πολλοί αρχαίοι Έλληνες μελετητές και φιλόσοφοι, που έδιναν πραγματικές διαστάσεις στα μυθικά φαινόμενα, απογυμνώνοντας κάθε μυθολογική υπόσταση των ελληνικών παραδόσεων. Ο φιλόσοφος Ευήμερος ο Μεσσήνιος (300-240 π.Χ.) για

παράδειγμα, θεωρούσε ότι, η Λερναία Ύδρα ήταν ένα έλος με πηγές, που διαρκώς ανάβλυζαν νερά και το τροφοδοτούσαν. Τα εύφλεκτα αέρια ήταν αυτά, που μπορούσαν να πάρουν φωτιά. Στη φαντασία των αρχαίων τα ρυάκια με τα αναφλέξιμα αέρια αποτυπώνονταν ως κεφάλια τέρατος. Ο Ηρακλής, όταν έκοψε τα κεφάλια του τέρατος (ένα έκοβε, άλλο σχηματιζόταν), απλά έστρεψε τα ρυάκια των πηγών σε άλλες κατευθύνσεις και έτσι ο βάλτος σιγά σιγά αποξηράνθηκε (άλλωστε ήταν ειδικός στις εκτροπές ποταμών και θεωρείται ως πρόδρομος των υδραυλικών μηχανικών. Γνωρίζουμε επίσης πώς καθάρισε τον κόπρο του Αυγείου). Οι φιλόσοφοι με αυτόν τον τρόπο, προσγείωσαν την ελληνική μυθολογία, θεωρώντας ότι, οι θεοί και οι ημίθεοι δεν ήταν τίποτα άλλο παρά ευεργέτες των ανθρώπων (Ευήμερος, Παλαίφατος, Ηρόδοτος).

Ο αρχαιότερος μύθος δημιουργίας με ποιητικό βηματισμό και με όνομα συγγραφέα είναι η Θεογονία του Ησίοδου, μύθος διαφορετικός από τους άλλους, γιατί αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια συστηματοποίησης της ελληνικής μυθολογίας και γιατί σε σχέση με τους άλλους μύθους αφηγείται μιαν αντίστροφη πορεία μετά τη δημιουργία, μια παρακμή από την προηγμένη εποχή του πολιτισμού, του *Χρυσού γένους* του Κρόνου προς το *Σιδηρούν γένος*. Σε αυτό το ποιητικό αριστούργημα θα συναντήσουμε και τα σπέρματα μιας εννοιολογικής σηματοδότησης που θα κοσμήσουν την ορθολογική σκέψη των Ελλήνων για τη φύση. Είναι το τελευταίο όριο, πριν από το θρίαμβο του θεωρητικού δαιμόνιου των Ελλήνων, για το ότι η φύση μπορεί να γίνει πλήρως κατανοητή, γιατί πίσω από τη φαινομενική της αταξία κρύβεται ένα τακτοποιημένο σύνολο, το οποίο ο άνθρωπος νους δύναται να το ταξινομήσει και να ανακαλύψει τους νόμους με τους οποίους λειτουργεί. Είναι το όριο πριν την αυγή της φιλοσοφίας των φυσιοκρατών.

Τι σχέση όμως έχουν τα υλικά φαινόμενα και η χημική συγγένεια με τη Θεογονία; Η *χημική συγγένεια*, όπως προσδιορίζεται στα τέλη του 18ου και αρχές του 19ου αιώνα, δηλαδή ως ελκτική δύναμη μεταξύ των σωματιδίων (μορίων στα ελληνικά) των διαφόρων πρωταρχικών στοιχείων, είναι συνυφασμένη με την έννοια του *απλού σώματος*, μιας έννοιας της οποίας το μακραινό ξεκαθάρισμά της ήταν στενά δεμένο με τον εκσυγχρονισμό της χημείας και οντολογικά της ανεύρεσης της πρωταρχικής αιτίας δημιουργίας του σύμπαντος. Το ερώτημα τίθεται από την αρχή για την έννοια των απλών σωμάτων, δηλαδή των πρωταρχικών στοιχείων, που κρύβονται πίσω από τη γέννηση των ποικίλων σωμάτων και διερευνάται η αιτία η οποία προκαλεί τη δημιουργία. Οι πρώτες κοσμογονικές ιστορίες είναι απλοϊκές, μυθογραφικές, μπερδεμένες στην ανάπτυξή τους, γιατί έπρεπε να συμβιβάσουν αφηγήσεις διαφορετικές, εκπηγάζουσες από διαφορετικά ιερατεία κι επιδράσεις θρησκευτικών μύθων γειτονικών λαών. Ανάμεσα σ' αυτές, η Θεογονία όπως θα δούμε εκτενέστερα παρακάτω, είχε εκτός από τον ποιητικό λόγο και τα πρώτα ψήγματα ενός λόγου δυνατού με χαμηλότερους τόνους από αυτόν του Ομήρου, λόγου σεμνού, που ταιριάζει στην περιγραφή της φύσης και συνδυάζει την τεχνοτροπία του έπους με το διδακτικό περιεχόμενο.



Δελφοί

Τα έπη του Ησίοδου και του Ομήρου με την πλούσια δομή τους και το πολυποικίλο περιεχόμενό τους σίγουρα συνέβαλαν στη γέννηση της *φιλοσοφίας* και της ανεξάρτητης σκέψης από αυτήν που ποδηγετούσαν τα ιερατεία με την αόριστη μεταφυσική ερμηνεία των φυσικών και κοινωνικών συμβάντων. Τα ιερατεία είχαν το αποκλειστικό προνόμιο της ρύθμισης και του ελέγχου όλων των κοινωνικών δραστηριοτήτων, και κατείχαν όλα τα επιτεύγματα της τεχνολογίας. Οι ιερείς έκαναν αστρονομικές παρατηρήσεις και μπορούσαν να παρέχουν ακόμη και πληροφορίες για τη διαδρομή ενός πλοίου για μακρινά ταξίδια. Στον ελληνικό χώρο τα ιερατεία ήταν επικεντρωμένα στα **Μουσειά** (ή **χρηστήρια**), τοποθετημένα σε όρη, δίπλα σε πηγές και σε σπήλαια. Διέθεταν θέατρα, ναούς και εγκαταστάσεις πολιτιστικών δραστηριοτήτων. Σπουδαίο ρόλο έπαιξαν τα Μουσειά της Δωδώνης, της Ολυμπίας, των Θαλάμων της Λακωνικής, του Ελικώνα στη Βοιωτία και των Δελφών. Το Μουσείο των Δελφών είχε ρόλο ηγεμονικό για πολλούς αιώνες και είναι γνωστό ότι ο Αγαμέμνονας έλαβε χρησμό, ότι οι Έλληνες *θα νικήσωσιν, εάν οι άριστοι των Αχαιών ερίσωσιν* (Όμηρος, Ιλιάδα, θ 75).



Ο Όμηρος και η Μούσα Καλλιόπη.

Ψηφιδωτό των ελληνιστικών χρόνων από την Κυρηναϊκή χερσόνησο της Λιβύης.

Τα ιερατεία κατείχαν την αποκλειστικότητα της τεχνογνωσίας ενός λαού, τα αρχαία και την τέχνη της γραφής. Στην αρχαία Αίγυπτο απαγορευόταν με την ποινή του θανάτου στους γραφείς (υπήρχε τάξη γραφέων) να μεταδώσουν σε λαϊκούς τα μυστικά της συμβολογράμματης γραφής τους, που η αντιστοίχιση με τις έννοιες αποτελούσε μια ολόκληρη διαδικασία μύησης. Και τα Κάδμεια ελληνικά συμβολογράμματα του ιερού τρίποδα στη Θήβα της Βοιωτίας ήταν στην αποκλειστικότητα του ελληνικού ιερατείου (Μαντείο των Δελφών). Πρόσβαση του κώδικα ανάγνωσης με βάση αυτά μπορούσε να γίνει σε ορισμένους μυημένους, ειδικά αυτών που ανήκαν στο περιβάλλον των αρχόντων (βασιλείς, παιδιά τους, ευγενείς κλπ.). Η αποκλειστικότητα της γραφής και της μύησης για την αποκρυπτογράφησή της ξέφυγε από τα χέρια του ελληνικού ιερατείου, όταν προετοιμάστηκε η εκστρατεία ενάντια στην Τροία από τους Αχαιούς και τους Μυρμιδόνες Έλληνες. Όχι μόνον ξέφυγε, αλλά άλλαξε και δομή, από τα στριφνά συμβολογράμματα μετατράπηκε στην ευκολοδιάβαστη φωνητική γραφή. Η φωνητική γραφή επινοήθηκε, όταν οι Έλληνες για στρατιωτικούς λόγους συγκρότησαν το πρώτο φωνητικό αλφάβητο στην προετοιμασία τους για την εκστρατεία τους στην Τροία. Η ανάγκη μιας νέας γλώσσας παρουσιάστηκε, για να αναπτυχθεί ένας κωδικοποιημένος επικοινωνιακός τρόπος ενδοσυνενόησης της στρατείας των 102 000 εκστρατευσάντων ανδρών και των 1013 πλοίων (Θουκυδίδης) και της επικράτειας που άφησαν πίσω τους οι Αχαιοί, της οποίας ήταν αναμφισβήτητα οι ηγεμόνες της. Οι Τρώες είχαν την ίδια θρησκεία, γλώσσα και γραμμική γραφή με τους Αχαιούς, Αργείους και Μυρμιδόνες Έλληνες. Η γραφή, η γραμμική Α ή η γραμμική Β, με τα 88 ως 91 συμβολογράμματα, ήταν γνωστή στους ιερείς των Τρώων. Ο Κάλχας αρχιερέας των Αχαιών ήταν άλλωστε Τρωϊκής καταγωγής. Με τη συμβολογράμματη αυτή γραφή, από όσα γνωρίζουμε σήμερα, όλοι οι εμπλεκόμενοι της σύρραξης αυτής, κατέγραφαν τα στοιχεία της παραγωγής, τις προσφορές για θυσίες στους θεούς, τα γενεολογικά δένδρα των βασιλέων, τα διαδραματιζόμενα γεγονότα, τους μύθους, αυτά που μπορούν σήμερα να σκιαγραφήσουν την ιστορία ενός τόπου.

Οι ιερείς αρνιόντουσαν να παραχωρήσουν για ευρύτατη χρήση τα κλειδιά της δυσνόητης έτσι και αλλιώς γραφής τους. Οι πολεμικές αναμετρήσεις μεταξύ των ηγετών, δημιουργούσαν συνθήκες απεμπλοκής της τεχνογνωσίας, που αποτελούσε προνόμιο της ιερατικής τάξης και περνούσε στους στρατιωτικούς και από εκεί διέρρεε στις λαϊκές τάξεις. Ο Παλαμήδης ένας από τους σοφούς στρατιωτικούς ηγέτες του εκστρατευτικού σώματος των Αχαιών και Ελλήνων εναντίον των Τρώων, εφεύρε 16 *φωνούντα* γράμματα (Αριστοτέλης), για να υπάρχει αυτοτελής τρόπος γραφής μηνυμάτων και μεταφοράς πληροφοριών στο τεράστιο στράτευμα. Αποδείχθηκε ότι ο τρόπος αυτός ήταν εύκολα κατανοητός στον απλό λαό, που συνέθετε το στράτευμα και πολλοί έμαθαν να γράφουν με τα γράμματα αυτά, όχι μόνον τις πολεμικές ανταποκρίσεις, ή τα ημερολόγια των καθημερινών γεγονότων της μακρόχρονης σύρραξης Δαναών και Τρώων, αλλά και να εκφράζουν με αυτά και τις προσωπικές τους απόψεις. Η πρώτη εξιστόρηση των πολεμικών γεγονότων (**Κόριννος**, ο πρώτος σύγχρονος του Τρωϊκού πολέμου που έγραψε μία επική καταγραφή του), εν είδη πολεμικών ανταποκρίσεων γράφηκαν στο νέο αλφάβητο. Δημιουργήθηκε ένα αλφάβητο προσιτό στο στράτευμα, μακριά από τα ιερατικά κέντρα, απλό στη χρήση του και πολύ ανταγωνιστικό προς το γραμμικό. Από τότε με τα νέα φωνητικά (φθογγικά) με συγκεκριμένο ήχο γράμματα, οι Έλληνες παρέκαμψαν τη δυσνόητη συμβολογράμματη γραφή του ιερατείου, απέκτησαν γραφή που μπορούσαν να χειριστούν οι ίδιοι και μπόρεσαν να καταγράψουν τις ατομικές τους σκέψεις, τις εξιστορήσεις των γεγονότων και να δημιουργήσουν διαύλους μιας αυτόνομης επικοινωνίας. Το ιερατείο έχασε ένα πάρα πολύ μεγάλο προνόμιο εξουσίας και άνοιξε την πόρτα του θαύματος, που έμελε να δημιουργήσει το Ελληνικό πνεύμα.

Απαλλαγμένοι από τον έλεγχο μιας κεντρικής ιερατικής εξουσίας που ταυτιζότο με την εξουσία των Αχαιών, που είχε κλυδωνιστεί σημαντικά μετά τον πόλεμο, μπόρεσαν να αναπτύξουν μια γνώση χωρίς ποδηγετήσεις, μια γνώση ορθολογική, η οποία αναπόφευκτα οδήγησε στη φιλοσοφία και την επιστήμη. Γεννήθηκαν τα μαθηματικά με τη γεωμετρία, η αστρονομία, η φιλοσοφία, ια(η)τρική, η φαρμακολογία, η βοτανική, η φυσική, η ιστορία και οι ρίζες τόσων άλλων σημερινών επιστημών. Ο Τρωικός πόλεμος αναστάτωσε τα βαλτωμένα ύδατα των εξουσιαστικών συνθηκών των Αχαιών. Έγιναν πολλές ανακατατάξεις και μετακινήσεις νικητών και νικημένων σε νέους τόπους, κυρίων προς τη Δυτική Ευρώπη (Ιταλία, παράλια της σημερινής Γαλλίας κλπ.). Οι ανακατατάξεις αυτές ελάχιστα μας είναι γνωστές σήμερα, με τα περισσότερα σημεία τους να παραμένουν σκοτεινά. Οι ιστορικοί λένουν ότι, παρεμβλήθησαν τέσσερις αιώνες σκοτεινών χρόνων (από το 1250 ως το 800 π.Χ.), κατά τους οποίους το ιερατείο στάθηκε αδύνατον να ανακάμψει και να γίνει κυρίαρχο όπως ήταν πρώτα. Οι αιώνες αυτοί αποτελούν τον *Ελληνικό Μεσαίωνα*. Η αναγέννηση, που διαδέχθηκε αυτόν το μεσαίωνα, έφερε το εύχρηστο φωνητικό αλφάβητο να κατακτά όλους τους Έλληνες, να είναι αυτό που γράφτηκαν τα πιο διάσημα έπη, η ποίηση του Στησίχορου, της Σαπφούς, τις φιλοσοφικές σκέψεις των Θαλή, Αναξαγόρα, Εμπεδοκλή, Δημόκριτου, τα μαθηματικά του Πυθαγόρα, οι Ιστορίες του Ηρόδοτου, τα ιατρικά του Ιπποκράτη. Η αναφορά του φωνητικού αλφάβητου ήταν αναγκαία, γιατί ανάμεσα σε όλα τα άλλα γέννησε τις κοσμογονικές αντιλήψεις, που μας ενδιαφέρουν άμεσα, γιατί η διατύπωσή τους έδωσε ενοποιημένες θεωρίες για την ερμηνεία φαινομένων, όπως της αιτίας έλξης των ατόμων για τη συγκρότηση άλλων σωματιδίων, μορίων, συμπλόκων ιόντων κ.ά.

Η φιλοσοφία γεννήθηκε, αποδεσμευόμενη από τα μυθολογικά στοιχεία για την ερμηνεία της φύσης και παραβλέποντας τη γέννηση και τους αγώνες των θεών, δημιουργώντας ερωτήματα στο δια ταύτα. Ερωτήματα, που βασάνισαν το μυαλό πολλών ανώνυμων κι επώνυμων στοχαστών, ερωτήματα που δημιούργησαν σχολές συζητήσεων, διατύπωση πολλαπλών αντιλήψεων, συγγραφείς γραπτών επώνυμων μνημείων, μνημείων αναφοράς για τους επόμενους συνεχιστές αυτής της θεμελίωσης της σοφίας. Η αποδοχή και ο σεβασμός των συντελεστών αυτών των σχολών από τους πολίτες των ελληνικών πόλεων - κρατών ήταν τις περισσότερες φορές δεδομένη και η φήμη ορισμένων από αυτούς είχε τεράστια απήχηση και γεωγραφική εμβέλεια για την εποχή εκείνη. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας ήταν η προαγωγή και εγκαθίδρυση της επιστήμης. Τα ερωτήματα και ζητήματα, που έθεταν οι φυσιοκράτες φιλόσοφοι, εκπλήσσουν ακόμα και σήμερα για την επικαιρότητά τους. Ένα παράδειγμα είναι το ερώτημα που συναντάται στο «*Περί Γενέσεως και Φθοράς*» του Αριστοτέλη και το οποίον θα μας απασχολήσει περαιτέρω. Σε αυτό το εδάφιο τίθεται το ζήτημα αν τα πρωτογενή στοιχεία σύστασης όλων των σωμάτων είναι σταθερής δομής ή το ένα μπορεί και μετατρέπεται στο άλλο. «*Περί δε των στοιχείων εξ ων τα σώματα συνέστηκεν, όσοις μεν δοκεί τι είναι κοινόν ή μεταβάλλειν εις άλλα, ανάγκη ει θάτερον τούτων, και θάτερον συμβαίνειν*», δηλαδή «Γι' όλα τα στοιχεία από τα οποία συνίστανται τα σώματα, όσοι μεν νομίζουν ότι έχουν όλα κάτι το κοινό ή μεταβάλλονται το ένα στο άλλο, και υποστηρίζουν τη μία άποψη από τις δύο, πρέπει αναγκαστικά να υποστηρίξουν (διατυπώνοντάς την) και την άλλη». Παρατηρούμε την αντικειμενικότητα της τοποθέτησης του Αριστοτέλη, όταν εκθέτει την επιστημονική θέση, να θίγονται με πληρότητα οι διαφορετικές αντιλήψεις για ένα πρόβλημα, για να μπορεί να γίνεται η σύγκριση και να τοποθετείται κάποιος με επιχειρήματα πάνω σ' αυτό.



Αριστοτέλης

Η διασαφήνιση της έννοιας του *στοιχείου* και της *χημικής συγγένειας* είναι μία συναρπαστική ιστορία της χημείας, με αφετηρία τους πρώτους ιστορικούς χρόνους, ακολούθως περνάει την αρχαία περίοδο των Ελλήνων φυσιοκρατών φιλοσόφων, που συνεχίζεται με τη σπουδαία **χυμευτική** περίοδο των ελληνοιστικών χρόνων, πλούσια σε πειραματικές διαδικασίες (**40, 47, 466, 494, 496, 17**). Στη συνέχεια ακολουθεί η αραβική περίοδος, η οποία μετεμφύτεψε τη *χυμευτική τέχνη* στη Δυτική Ευρώπη με το όνομα *αλχυμ(ε)ία* (alchymie, **109**, σελ. 116) και προετοίμασε τη συγκρότηση της παροδοσιακής **χυμείας**, καθιστώντας την βασική αυτόνομη επιστήμη και μητέρα άλλων πολλών κυρίως εφαρμοσμένων επιστημών.

Σε όλη αυτή τη διαδρομή μέχρι τον Lavoisier φαίνεται η κοπιώδης *απαλλαγή* της «*χυμευτικής τέχνης*» από τις λαθεμένες αντιλήψεις της, που την κατέτρωγαν και την εμπόδιζαν να χτίσει ένα στέρεο θεωρητικό οικοδόμημα, το οποίο να στηρίζεται σε πειραματικά δεδομένα, να προβλέπει νέα φαινόμενα και να εμπλουτίζεται από την εποπτία κι αναπαραγωγή αυτών των τελευταίων. Δύο διαδικασίες, αυτής του διαχωρισμού μείγματος ουσιών, της ανάλυσης ή της **φθοράς** και αυτής της σύνθεσης ή **γενέσεως** νέων ουσιών, ήταν το επίκεντρο όλης της χυμευτικής τέχνης (**548**). Με τις διαδικασίες αυτές η τέχνη αυτή αναδείχθηκε εξ αρχής σε **τέχνη ιερά** ή **θεία**, με προστάτη θεό τον **Ερμή τον Τρισμέγιστο**, τον τρεις φορές μεγάλο, θεό του Ουρανού και του Αΐδη⁴ (**140, 82**), της ζωής και του θανάτου, ο οποίος ανήγαγε την επιστήμη αυτή σε εξέχουσα μεταλλουργική τέχνη, πρωτεύουσα στην παρασκευή χρυσού και κραμμάτων που έτειναν προς το χρυσό. Η μεταλλουργική τέχνη με την προστασία του Ερμή, κατέστη τέχνη **ερμητικά** κλειστή, αποκαλυπτόμενη μόνο σε εκλεκτούς μνημένους και *πιστούς*. Η κατασκευή χρυσαφοφανών ή αργυροφανών κραμάτων θα μπορούσε να ανατρέψει όλη τη νομισματική κυκλοφορία των ελληνοιστικών βασιλείων και να μαραζώσει οικονομικά τη διακίνηση και παραγωγή μαζικών προϊόντων. Οι *δοκιμαστές* των κίβδηλων νομισμάτων (**6**) δεν θα επαρκούσαν να ελέγξουν μια μαζική παραχάραξη. Η ειδική περίπτωση του Ερμή εξετάζεται κατά την ελληνοιστική περίοδο, που έχουμε μία άνθηση της χυμευτικής τέχνης.



Χρυσός δίκοπος πέλεκυς των μινωϊκών χρόνων

⁴ Δηλαδή Αΐδης ή Άδης ή Αΐδωνέας ή Άις όπως ονόμαζαν το θεό του Κάτω Κόσμου.



Ερμής ή Ερμείας, γιος του Δία και της Μαίας, χορηγός της ευδαιμονίας, της προκοπής, της ευπραγίας και του πλούτου. Προστάτης των τεχνών, του εμπορίου και των δημοσίων οδών. Αγγελιοφόρος του Ολύμπου και μέγας ψυχοπομπός, ο οποίος φέρει χρυσή ράβδο. Λέγεται και «αργειφόνης (φωτεινός), διάκτορος (διάγγελος και θεράπων), εριούνιος (ωφέλιμος), σώκος (από το σώζω, σωτήρας), ακάκητα (αλεξίκακος), χρυσόρραπς (ο φέρων χρυσή ράβδο), εύσκοπος (που σκοπεύει καλά)». Αυτά είναι μερικά από τα προσωνύμια που είχε ο θεός αυτός, ο οποίος με την Εστία ζει ανάμεσα στους θνητούς κι όχι σε άλλον κόσμο. [563]

Η σωματιδιακή φύση της ύλης είναι μία θεώρηση των ατομικών φιλοσόφων (Λεύκιππος, Δημόκριτος, Επίκουρος), που επικράτησε κατά τη διάρκεια των ελληνιστικών χρόνων, μένοντας όμως σε μια αφάνεια κατά τους διωγμούς που υπέστη η φιλοσοφία κατά τη διάρκεια του μεσαίωνα (δυτικού κι ανατολικού). Αναβίωσε κατά την αναγέννηση του ευρωπαϊκού πνεύματος (Ευρωπαϊκός Διαφωτισμός), για να εδραιωθεί πειραματικά κατά το 19ο αιώνα και 20ο. Η ελκτική δύναμη των σωματιδίων είναι επίσης συνυφασμένη με την ατομική θεωρία και με τις διαφορετικές κοσμογονικές θεωρήσεις, που διατυπώθηκαν κυρίως από τους θιασώτες του ατομισμού. Το πιο σπουδαίο είναι ότι αυτή η ελκτική δύναμη των ατομικών σωματιδίων επιχειρήθηκε να διερευνηθεί στη φύση της από τον Εμπειροκλή και οι προϋποθέσεις με τις οποίες μπορούσε να αναπτυχθεί. Για τον Εμπειροκλή μία ήταν η προϋπόθεση, η **αφή** («*αφή τε αεί μία δυοίν τινων, ως όντος τινός αφήν και την διαίρεσιν και την στιγμήν*»), ερμηνευόμενη ως ‘...και η επαφή είναι πάντοτε μία επαφή δύο πραγμάτων, αφού υπάρχει κάτι εκτός από την επαφή ή τη διαίρεση ή τη στιγμή...’). Πολύ πριν διατυπωθεί η θεωρία της αφής από τον Αριστοτέλη, ψήγματα της δόθηκαν από τον Εμπειροκλή. Όλη αυτή η διαδικασία προβληματισμού, ακολουθήθηκε μετά τη διατύπωση των θεολογικών-μυθολογικών αντιλήψεων για τον κόσμο και υπάρχουν αρκετά ιστορικά ενδεικτικά στοιχεία ότι η διαδικασία αυτή συνοδεύτηκε και από πειραματισμούς.

Η φύση του σύμπαντος, του όλου, που περιλαμβάνει αυτό το γίνεσθαι, αποτέλεσε σημείο μακραιώνης συζήτησης, έρευνας και προσωπικών εκτιμήσεων, παράλληλων πολλές φορές με αυτές των θρησκευτικών. Η αναζήτηση καθολικών ερμηνειών του κόσμου ξεπέρασε το στάδιο της μυθολογίας και από πλευράς περιεχομένου διακρίνει κανείς μία ολοκληρωτική ρήξη με τη μεθοδολογία που αντιμετώπιζαν οι εκπρόσωποι της μυθολογίας, δηλαδή αυτοί που συνιστούσαν το ιερατείο. Η ρήξη αυτή δεν ήταν πολιτική στην αρχή, αλλά πολλές φορές έπαιρνε και τέτοια τροπή. Οι φυσικές διαδικασίες και τα φαινόμενα σύμφωνα με τη *φυσική φιλοσοφία*, δεν βρισκόταν στο έλεος των θεών, που ήταν φορείς ανθρωπίνων παθών και απρόβλεπτων διαθέσεων. Μέχρι τότε η αστρονομία υπηρετούσε τη θρησκεία, η τεχνογνωσία ήταν αποκλειστικότητα του ιερατείου, τα μαθηματικά τακτοποιούσαν ζητήματα σχετικά με τη μέτρηση γης, αποθήκευση τροφής και τα φορολογικά. Η ερμηνεία της κοσμογέννησης ήταν αποκλειστικότητα μέχρι τα τέλη του 7ου αιώνα π.Χ. του ιερατείου των ναών, μουσείων και μαντείων. Οι πόλεμοι δημιουργούσαν ρήγματα στην ιδεολογική εδραίωση των

ιερατείων, ιδιαίτερα αλλόθρησκων εθνοτήτων, εκκολάπτοντας αντιρρήσεις για την ορθότητα των ερμηνειών που έδιδαν. Η τελειωτική ρήξη ήρθε με την ανάπτυξη του εμπορίου, που κατήργησε αυτή την αποκλειστικότητα και δημιουργήθηκαν οι πρώτες τάσεις ορθολογικής προσέγγισης, αρχικός εκπρόσωπος της οποίας ήταν ο Θαλής, ένας από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας. Στη θέση των θεών μπήκε ο ανακαλυπτικός νόμος, τα θεϊκά δρώμενα αντικαταστάθηκαν από τις φυσικές αιτίες και το ορθολογικό πνεύμα βασισμένο στη μαθηματική λογική και στην πρακτική δραστηριότητα, έκανε τολμηρές ανατροπές, διατυπώνοντας απλές θεωρίες για την προέλευση και φύση του κόσμου.

Η πιο παλιά ιστορική εκδοχή γέννησης όλων των σωμάτων είναι αυτή, που πηγάζει από την ελληνική θρησκευτική αρχαιότητα με καθαρό μυθολογικό ανθρωπομορφικό χαρακτήρα και διατυπώνεται στο έπος της *Θεογονίας* του Ησίοδου (περί το 750 π.Χ.). Ο Ησίοδος θεωρείται από τους περισσότερους σύγχρονος ή νεότερος του Ομήρου, που έζησε γύρω από το 780 π.Χ. Υπάρχουν και ελάχιστοι ιστορικοί, όπως είναι και ο Ηρόδοτος, ο οποίος τον τοποθετεί τετρακόσια χρόνια πριν από αυτόν, δηλαδή γύρω στα 850 π.Χ.) και σύγχρονο του Ομήρου. Κατά το Σουΐδα ήταν ή μεγαλύτερος του Ομήρου ή σύγχρονος. Ο Πορφύριος τον θεωρεί νεότερο και να προηγείται της πρώτης Ολυμπιάδας 32 μόνο χρόνια. Ο Τζέτζης δίνει πιο ακριβή στοιχεία, δηλώνοντας ότι ο Ησίοδος έζησε στην αρχή της εξουσίας του Αρχίππου, άρχοντα της Αθήνας για 35 χρόνια και ο Όμηρος στο τέλος. Οι ίδιοι υποστηρίζουν, ότι, με το θάνατο του βασιλιά της Εύβοιας Αμφιδάμαντα διοργανώθηκαν ποιητικοί και άλλοι αγώνες, με κριτές το βασιλιά Πανήδη, και τους γιους του Αμφιδάμαντα και Γανύκτορα και τέλος... (έχουν χαθεί οι σημειώσεις) ανέδειξαν νικητή τον Ησίοδο επί του Ομήρου.

Ο Ησίοδος έχει γράψει 16 (ις') βίβλους και ο Όμηρος 13 (ιγ'). Στη *Θεογονία* (99) συναντάμε την έννοια του/ων στοιχείου/ων ως πρωταρχικού/ών υλικού/ών, που είναι συνδεδεμένη με την έννοια της γέννησης του κόσμου ή του σύμπαντος (ή Ξύμπαντος). Η *Θεογονία* είναι το αρχαιότερο βιβλίο ποιητικής κοσμογονίας που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα (8ος αιώνας π.Χ.) με όνομα συγγραφέα. Τα μυθολογικά στοιχεία του βιβλίου σε μορφή τραγουδιού υπαγορεύτηκαν στον Ησίοδο από το μουσείο του Ελικώνα, από τις Ολυμπιάδες Μούσες, τις κόρες του αιγιδοκράτη Δία (*Μούσαι Ολυμπιάδες, κούραι Διος αιγιόχοιο*).



Πορφύριος Μάλχος

Γεννήθηκε το 233 στην Τύρο (σημερινό Λίβανο), εργάστηκε με τον Πλωτίνο (205-270) ιδρυτή της νεοπλατωνικής σχολής. Πέθανε στη Ρώμη το 330 μ.Χ.

Στη *Θεογονία* όλα αρχίζουν από το Χάος. Το Χάος είναι η αρχή, η προσωποποίηση του πρωτογενούς κενού, υπάρχει χωρίς προηγούμενη αναφορά, έτσι αδιαμόρφωτο και

απροσδιόριστο. Το χάος προηγείται της δημιουργίας, τότε που η τάξη δεν είχε επιβληθεί στα στοιχεία του κόσμου. Το χάος απουσιάζει ως λέξη από την ομηρική ποίηση.

Χωρίς αιτιολογήσεις, για παράδειγμα την ύπαρξη αρσενικού στοιχείου μετά το Χάος έγινε έτσι αυτόματα η *ευρύτερος Γαία*, (= η πλατύτερη Γη, το Γαία είναι ησιόδεια ονομασία, ενώ η *γη* ομηρική). Από τη Γαία γίνηκαν τα βουνά, το χιονόσκεπο Όλυμπο και τα ομιχλώδη Τάρταρα, αποδίδοντας στη Γαία ανθρωπομορφική παρουσία και συμπεριφορά. Από το Χάος έγινε κατόπιν το *Έρεβος* και η *μέλαινα Νύξ* (μαύρη Νύχτα). Αμέσως μετά η Γαία γέννησε τον Έρωτα (*Έρως, ος κάλλιστος εν αθανάτοισι θεοίσι*) πάλι χωρίς την παρέμβαση αρσενικού στοιχείου, όπως μετά τον *Ουρανό αστερόενθ'* (αστερόοντα ή έναστρο Ουρανό). Ο Έρωτας ήταν ο πιο ωραίος μέσα στους αθάνατους θεούς και όλων των ανθρώπων, ο οποίος δαμάζει μέσα στα στήθη τους τη γνώση και τη φρόνιμη θέληση (...*πάντων τε θεών πάντων τ' ανθρώπων εν στήθεσι νόον και επίφρονα βουλήν*). Ο ησιόδειος έρωτας ή η κατοπινή εμπεδόκλεια *φιλότης* (συμπάθεια ή ερωτική έλξη) ήταν η ελκτική δύναμη της σμίξης ετερόνυμων, ικανής να γεννήσει νέα σώματα, νέες καταστάσεις. Τότε άρχισε η διασταύρωση για να γεννηθούν και οι άλλες υπάρξεις. Ο καταλύτης αυτής της αντίδρασης; Η προαναφερόμενη *φιλότης*, απαραίτητη προϋπόθεση για να σμίγουν τα αντίθετα. «*Νυκτός δ' αὐτ' Αιθήρ τε και Ημέρη εξέγενετο, ους τέκε κυσαμένη Ερέβει φιλότητι μιγείσα*», 'Και από τη Νύχτα γεννήθηκαν ο Αιθέρας και η Ημέρα, τους οποίους έτεκεν πλαγιάζουσα με ερωτική έλξη και σμίγοντας με το Έρεβος'. Το *νείκος* από την άλλη πλευρά ήταν η αιτία χωρισμού ή καταστροφής των ανθρωποποιημένων πραγμάτων της Θεογονίας, «*νείκεα και δήριν οφέλλοις*», (έριδα και διαμάχη θα είναι τα οφέλη). [99]



Ο θεός Φάνης , ορφικός θεός του έρωτα, του χρόνου και Πρωτογόνος.

Πριν από τον Ησιόδο υπάρχουν ενδείξεις κοσμογονικών διατυπώσεων, όπως είναι οι Ορφικοί ύμνοι, με αντικρουόμενες αντιλήψεις ως προς το περιεχόμενό τους. Ο Δαμάσκιος τον 5ο μ.Χ. αιώνα αναφέρει ότι σύμφωνα με τον Εύδημο «*η θεολογία που αποδίδεται στον Ορφέα ... παρουσιάζει όλα τα σώματα ότι προέρχονται από τη Νύχτα*». Η νύχτα ήταν θυγατέρα του Φάνη, ο οποίος καταγόταν από το Χρόνο (Κρόνο). Τα ίδια περίπου υποστηρίζει και ο Ιερόνυμος και ο Ελλάνικος. Στις *Όρνιθες* του Αριστοφάνη στο χορό των πουλιών αναφέρεται «*Χάος ην και Νυξ Έρεβός τε μέλαν πρότον και Τάρταρος ευρύς ...*». Το κοσμογονικό στοιχείο της Νύχτας υποστηρίχτηκε και από τον Επιμενίδη από την Κνωσό, ένα συγγραφέα *Καθαρμών* (προσευχών) και μιας Θεογονίας σε 5000 εξάμετρους στίχους, (575). Ο Δαμάσκιος στο «*Περί πρώτων αρχών*» γράφει από τον Εύδημο: «*...τον δε Επιμενίδην δύο πρώτας αρχάς υποθέσθαι Αέρα και Νύκτα ... εξ ων γεννηθήναι Τάρταρον... εξ ων δύο Τιτάνας ων μιχθέντων αλλήλοις ωόν γενέσθαι... εξ ου πάλιν άλλην γενεάν προελθειν*». 'Ο Επιμενίδης προϋπέθεσε δύο αρχές τον Αέρα και τη Νύχτα... από τις οποίες

γεννήθηκε ο Τάρταρος...και από τον οποίον γεννήθηκαν δύο Τιτάνες, που αναμίχθηκαν μεταξύ τους γενώντας αυγό, από το οποίον προείλθε άλλη γενιά...'. [572]



Αφρικανικό μωσαϊκό των ελληνοιστικών χρόνων
με την προσωπογραφία του Ορφέα.

Πρόσφατες ανακαλύψεις δίνουν άλλη διάσταση στην Κοσμογονία των Ορφικών, με πρωτεύον στοιχείο το ζωογόνο *ύδωρ*. Οι χρυσές ενεπίγραφες πλάκες της Μεγάλης Ελλάδας και της Κρήτης που βρέθηκαν στη δεκαετία του 1970 (1974 και 1976), χρονολογημένες περί το 400 π.Χ., όπως και οι στίχοι του σχολιαστή του Δερβενιού από τον «*Ορφέα*», συνηγορούν για το *ύδωρ*, ως πρωταρχικό στοιχείο γέννησης, ενώ η *φιλότης* να αποτελεί την *αιτίαν*. Στο τελευταίο κείμενο η *φιλότης* αποτελεί την αιτία γέννησης. «...μητρός εας εθέλων μιχθήμεναι εν φιλότητι». [572]

Την ορφική θεογονία, που την προώθησαν οι Λίνος και Μουσαίος, μάλλον προηγείτο του Ησίοδου ή είχε κάποια ανταπόκριση σε μεγάλη έκταση έναν αιώνα μετά τον Ησίοδο. Στην Αθήνα λοιπόν γεννήθηκε ο Μουσαίος και στη Θήβα ή Χαλκίδα κατά άλλους ο Λίνος. Ο πρώτος, που λένε πως ήταν γιος του Εύμολπου, έγραψε για τη **Θεογονία** και για τη **Σφαίρα**. Έλεγε ότι τα πάντα έγιναν από το ένα και στο ένα αναλύονται. Αυτό το ένα πιθανόν ήταν ο *Χρόνος*. Πέθανε στο Φάληρο, ο τάφος του ήταν γνωστός και ενεπίγραφος μέχρι τους πρώτους αιώνες μ.Χ.. Ο Λίνος ήταν γιος του Ερμή και της Μούσας Ουρανίας. Αυτός συνέθεσε *κοσμογονία* στην οποία αναφεροταν στην πορεία του ήλιου και της σελήνης, καθώς και τη γέννηση των ζώων και των καρπών.



Μωσαϊκό των ελληνιστικών – ρωμαϊκών χρόνων που δείχνει τον Ορφέα να μαγεύει με την επτάχορδη λύρα του τα θηρία

Ο Εμπεδοκλής σίγουρα επηρεάστηκε από τον Ησίοδο για τη *φιλότητα*, όταν η αναφορά σε αυτήν είναι συχνή στη Θεογονία και απαραίτητη σε όλη αυτή την επική αφήγηση της δημιουργίας. Για παράδειγμα: «ήλθε δε νύκτ' επάγων μέγας Ουρανός, αμφί δε Γαίη ομείρων **φιλότητος** επέσχετο, και ρ' ετανύσθη πάντη», (ήρθε φέρνοντας τη νύχτα ο μεγάλος Ουρανός, γύρω από τη Γαία ορμώντας πλήρους επιθυμιών και με πόθο απλώθηκε παντού), ή σε άλλο σημείο: «Φοίβη δ' αυ Κοίου πολήρατον ήλθεν ες ενήν· κυσαμένη δήπειτα θεά θεού εν **φιλότητι** Λητώ κυανόπεπλον εγείνατο...», η Φοίβη ήρθε για άλλη μια φορά να πλαγιάσει στο πολυαγάπητο (κρεβάτι) του Κοίου· αγκαλιαζόμενη με (ερωτική) έλξη (**φιλότητι**) η θεά μετά του θεού, γέννησε την κυανόπεπλη Λητώ... Για τη μετάφραση των τελευταίων πρότασεων έγινε η χρήση του Ομηρικού Λεξικού του Ε. Κοφινιώτη, ΑΘΗΝΑΙ 1886, επειδή η **φιλότης** είχε πρωτογενώς τη σημασία του **συνάπτειν**, δευτερευόντως την έννοια του **ζεύγματος** ή της **συμμαχίας** και τέλος αναλόγως των συνοδευομένων λέξεων ή προσώπων την έννοια της **ερωτικής ένωσης**.



Ο Ησίοδος εκπαιδεύεται από τη Μούσα του Ελικώνα και μαθαίνει τα τεκταινόμενα της Θεογονίας.

Η *Θεογονία* του Ησίοδου ήταν ένα συγγραφικό έργο σταθμός, γιατί περιείχε τα σπέρματα όλων των λέξεων, που θα γινόντουσαν οι κατοπινοί όροι στις απλές θεωρήσεις των φυσιοκρατών φιλοσόφων. Στη *Θεογονία* συναντάμε μία πλήρη αναφορά πολλών χημικών ουσιών, όπως των μετάλλων, αργύρου, κασσιτέρου, χαλκού, σιδήρου, χρυσού, επίσης του ήλεκτρου, του αδάμαντος, του ασβεστίου (για την ακρίβεια της ασβέστου, *τιάνω λευκώ*) και μνεία χημικών κυρίως μεταλλουργικών διεργασιών, όπως η σφυρηλάτηση του σιδήρου, η τήξη του κασσιτέρου και το κρατέρωμά του. Με έκπληξη συναντάμε το *λευκόν άλειφαρ*, το λευκό λίπος, που θα χαρακτηρίσει μετά από 2600 χρόνια μια ομόλογη σειρά κορεσμένων υδρογονανθράκων ως αλ(ε)ιφατική. Οι έννοιες όμως, που θα αποκτήσουν θεωρητική σημασία στην κοσμολογία του Εμπεδοκλή, είναι η **φιλότητα** (έλξη) και το **νείκος** (άπωση), έννοιες που θα κυριαρχούν ως δυνάμεις σύνθεσης ή αποικοδόμησης και διαλυτοποίησης των σωμάτων στην *παραδοσιακή* (traditional) χημεία, πριν αυτές εισέλθουν στο υποατομικό επίπεδο. Το νερό αποκαλείται άφθαρτον (*άφθιτον ύδωρ*), *ωγύγιον*, δηλαδή ως επικρατούν στοιχείο από τον κατακλυσμό του Ωγύγου (Ωγύγιος αρχαιότατος βασιλιάς της Αττικής και Βοιωτίας στην εποχή του οποίου συνέβη ο πρώτος μεγάλος καταστροφικός κατακλυσμός, **393**).

Πρέπει να σημειώσουμε, ότι, η ελληνική μυθολογία είναι γοητευτική σε σχέση με άλλες μυθολογίες άλλων λαών και πολύ περισσότερο συμβατή με γεωφυσικά γεγονότα που προηγήθηκαν στον ευρωπαϊκό χώρο. Η Θεογονία περιέχει αυτούσια ιστορικά στοιχεία και δεν είναι, αν κάποιος τη συγκρίνει με τις άλλες μυθολογίες, αντιγραφή αφηγηματικών καταστάσεων από άλλες μυθολογίες. Υπάρχουν στοιχεία, από τα οποία η επιστημονική κοινότητα των γεωλόγων αποδέχεται δύο κατακλυσμούς, που επακολούθησαν των παγετώνων της Ευρωπαϊκής ηπείρου. Ο παλαιότερος ήταν του Ωγύγου (ωγύγιον ύδωρ) και ο πιο πρόσφατος του Δευκαλίωνα, σε αντίθεση με την εβραϊκή μυθολογία που αναφέρει μόνον έναν, αυτόν του Νώε. Προτάσεις όπως το *ωγύγιον ύδωρ* είναι χαρακτηρισμός, που δίνεται στο νερό, για να δοθεί η προαιώνια προέλευσή του. Το ύδωρ θεωρείται παμπάλαιον στοιχείο δημιουργίας, αφετηρία για να διατυπωθεί η κοσμολογία του Θαλή (Ωγυγία ήταν εκτός των άλλων το αρχαίο όνομα της Αττικής και Βοιωτίας, **141**).

Λίγα λόγια για την αξία, όχι μόνον την λογοτεχνική αλλά και την επιστημονική, που μεταφέρει ο Ησίοδος, τονίστηκαν στα παραπάνω, αλλά απαιτείται και μία συγκριτική στάση με άλλες κοσμογονίες και το πώς αυτές σήμερα μας είναι γνωστές. Στη σημερινή εποχή υπάρχουν πολλοί ιστορικοί των κλασικών σπουδών, που θεωρούν τη *Θεογονία* ως έργο νεότερο από τη μυθολογική εξιστόρηση άλλων λαών, κυρίως ανατολικών, όπως των Χετταίων ή Σουμερίων, με ανατολικές επιδράσεις ή Αιγυπτιακές, που έφθασαν μέσω της Φοινίκης στην Ελλάδα (περίπτωση του Κάδμου από τη Φοινίκη, που αναζήτησε την αδελφή του την Ευρώπη και τελικά μετά από περιπλανήσεις έκτισε την επτάπτυλη Θήβα στη Βοιωτία, όπου βασίλευσε διαγράφοντας σπουδαία ιστορία). Υπάρχει και μία κατηγορία σπουδαίων κλασικιστών (όπως ο Πωλ Φωρ, Paul Faure), που θεωρούν την ανατολική λεκάνη της Μεσογείου να κατοικείται από λαούς με έθιμα και γλώσσα ίδια με τους κατοκούντες της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Η αναφορά Φοινίκη είναι για ένα τότε τοπωνύμιο στη Στερεά Ελλάδα (ποταμός Καλαμάς) εκτός από αυτά της Τύρου και της Σιδώνας. Φαίνεται όμως, ότι, οι Φοίνικες (σημιακό φύλο των Χαναναίων) πριν τον Τρωϊκό πόλεμο είχαν κάποια ακμή, με κορύφωση της ακμής τους κατά τον 9ο και 8ο αιώνα π.Χ., περίοδο των σκοτεινών χρόνων της Ελληνικής ιστορίας. Τους αιώνες της πολιτικής αναταραχής της Ελλάδας, οι Φοίνικες ανέπτυξαν πρωτοβουλίες και επιδόθηκαν στον αποικισμό, χωρίς να προσβάλουν τις ελληνικές αποικίες, ιδιαίτερα κατά την τελευταία περίοδο των σκοτεινών χρόνων των Ελλήνων. Τον ένατο αιώνα π.Χ. δημιούργησαν την Καρχηδόνα, ακριβώς δίπλα στην Τυνησιακή περιοχή των Ελλήνων. Ιδρυτής φέρεται η Διδώ, θυγατέρα του Αγήνορα, βασιλιά της Τύρου. Οι θεοί τους ήταν εκτός από τον Βάαλ, ελληνικοί, όπως ο Ηρακλής (Μελκάρθ), η Αφροδίτη (Αστάρτη), η Άρτεμις και άλλοι. Μεγάλη λατρεία έτρεφαν οι Καρχηδόνιοι στον ύμνο του Περσέα με την Ανδρομέδα. Στους Καρχηδονιακούς αγώνες, πλην των Καρχηδονίων, επέτρεπαν να λάβουν μέρος και οι Έλληνες της Τυνησίας ή της Σικελίας. Από τον Όμηρο πάντως (**563**) μνημονεύονται ως καλοί τεχνίτες, έμποροι, πολυμήχανοι και πειρατές (πολυδιασπασμένοι από πλευράς εξουσίας), φίλα κείμενοι προς τους Έλληνες. Εχρησιμοποιούντο ως *ναύκληροι* (μούτσοι, Όμηρος *Ιλιάδα*) των ελληνικών πλοίων και περιστασιακοί έμποροι. Η ακμή των Φοινίκων και ο εποικισμός που ακολούθησε αυτήν, έγινε κατά το 8ο και 7ο αιώνα π.Χ. Φυσικά υπάρχει και ο αντίλογος για το περιεχόμενο της *Θεογονίας* του Ησίοδου, που θεωρεί τους ανατολικούς ή αιγυπτιακούς μύθους να είναι παραφθορά των ελληνικών, που μεταφέρθηκαν σε αυτούς τους λαούς, μετά τον κατακλυσμό του Ωγύγου ή του Δευκαλίωνα και την επακολουθούσα πολιτιστική καταστροφή στην Ελλάδα.

Πρέπει να τονίσουμε, ότι, μπορεί να γνωρίζουμε ηγεμόνες των ανατολικών λαών ή ιερείς, όπως ο Χαμουραμί, βασιλιάς των Βαβυλωνίων (περί το 2250 π.Χ.), ο Σολομώντας (1033-

975 π.Χ.), ο Ζαρατούσδρα ή Ζωροάστρης (660-573 π.Χ.), ιδρυτής της θρησκείας των Περσών, ή ο Ναβουχοδονόσορας (605-562 π.Χ.), δεν γνωρίζουμε όμως επώνυμους ιστορικούς, επικούς ποιητές, φιλοσόφους ή άλλους επιστήμονες ή σοφούς. Αυτό αναφέρεται για να αποκαλύψει τη σχετική αβεβαιότητα των πορισμάτων των διαφόρων αρχαιολογικών σχολών ως προς τις ολικές εκτιμήσεις και απόψεις τους. Αυτά αναφέρονται, για να αποτυπωθεί η τεράστια σημασία της ποιητικής αξίας της ΘΕΟΓΟΝΙΑΣ και ως προς την πρωτοτυπία της και την ιστορικότητά της.



Πτολεμαίος ο Φιλάделφος

Οι μυθολογικές ιστορήσεις των ανατολικών λαών και των Αιγυπτίων καταγράφηκαν τον 3ο και 2ο αιώνα π.Χ. κατά την εποχή των Πτολεμαίων και γράφτηκαν κατ' ευθείαν στην ελληνική από αφηγήσεις (π.χ. η αιγυπτιακή ιστορία από τον αρχιερέα των Αιγυπτίων Μανέθωνα στον Πτολεμαίο τον Φιλάδελο και Σωτήρα) ή μεταφράστηκαν στα ελληνικά και κατεγράφηκαν σε παπύρους (η πεντάτευχος, μετάφραση των εβδομήκοντα ή ακριβέστερα των 72). Η απέραντη και συγκεντρωμένη αυτή σοφία και γνώση με παραδόσεις λαών υπέστη διαδοχικές καταστροφές για να φτάσει περιπετειωδώς αποσπασματικά μέχρι τις μέρες μας. Είχαμε μία μεγάλη καταστροφή της Βιβλιοθήκης στην Αλεξάνδρεια το 48 π.Χ., η οποία αμφισβητείται ως προς το μέγεθος της φθοράς της. Παρατηρήθηκε έκτοτε μία δυσχέρεια στην πρόσβαση των γραπτών πηγών στα χρόνια που επακολούθησαν. Το συμβάν αυτής της πρώτης καταστροφής έχει ως εξής: το 48 π.Χ. ο αδελφός της Κλεοπάτρας απέκλεισε τον Καίσαρα στα ανάκτορα και κατά την πολιορκία τους πυρπολήθηκε ταυτόχρονα ο ρωμαϊκός στόλος στο λιμάνι. Η φωτιά επεκτάθηκε σε κάποιες αποθήκες του λιμανιού και έφτασε στη βιβλιοθήκη, όπου κάηκαν, όπως μας πληροφορεί ο Τίτος Λίβιος, που έζησε τα γεγονότα, 40 000 βιβλία άριστης ποιότητας. Ο Στράβων όμως, που επισκέφθηκε τη Βιβλιοθήκη το 25 π.Χ. καθώς επίσης το Μουσείο και το Σεράπειο, που είχαν ξεχωριστές μεγάλης φήμης βιβλιοθήκες, δεν ανέφερε τίποτα σχετικά με την προηγούμενη καταστροφή. Γεγονός είναι ένα, η ελληνική γραμματεία υπέστη εκτεταμένη καταστροφή και απαγόρευση για πολλές δεκάδες αιώνων, όμως άντεξε, γιατί ένας βασικός κορμός της διασώθηκε μετά από πολλές περιπέτειες.



Κλεοπάτρα η Ζ΄ Φιλοπάτωρ

Υπήρξε μια σχετική παρακμή στη Βιβλιοθήκη και το Μουσείο της Αλεξάνδρειας, που συνεχίστηκε αμέσως μετά με την επέκταση και εγκαθίδρυση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, όταν οι διάφοροι αυτοκράτορες ή οι υψηλά ιστάμενοι της αυτοκρατορίας, αφαιμάσσαν τους τόμους των βιβλιοθηκών, που είχαν συστηματικά ταξινομηθεί σε θεματικές ενότητες με την όσο το δυνατό μεγαλύτερη πληρότητα. Πολλοί τέτοιοι τόμοι μετακινήθηκαν, εμπλουτίζοντας τις νέες δημόσιες ή ιδιωτικές βιβλιοθήκες, που κτίστηκαν στην Ιταλία ή τη Ρώμη, οπότε δημιουργήθηκε μία αναστάτωση στο πεδίο της γνώσης και κάποια ασυνέχεια στο τότε περιεχόμενό της. Στις αρχές του 1ου αιώνα μ.Χ. μέσα σ' αυτό το ανακάτεμα, ανακαλύπτονται οι Βαβυλωνιακές κοσμογονικές εκδοχές, το Ενούμα Έλις, αντίγραφο του 2ου π.Χ. το πολύ αιώνα. Στο Ενούμα Έλις (Γιλγαμές) έχουμε μία κακότεχνη αντιγραφή της Θεογονίας με το χάος να παριστάνεται ως μία νεφώδης κατάσταση, που κρατούσε ενωμένους τον Ουρανό με τη Γη σε ένα σώμα του τέρατος Τιαμάτ. Ο γιος τους Μαρνούκ τους χώρισε ασκώντας βία. Στο ίδιο έπος υπήρχε μία γιγαντομαχία, προηγούμενης του τέρατος Τιαμάτ. Οι Αιγύπτιοι όπως και οι Βαβυλώνιοι είχαν μία ποτάμια αντίληψη της δημιουργίας του κόσμου, ως παραποτάμιοι πολιτισμοί. Οι εβραίοι (Ταλμούδ) είχαν μία κακέκτυπη κοσμογονία των Βαβυλωνίων, αφού από την πεντάτευχο γνωρίζουμε την υποτελή σε αυτούς περίοδο. Όμως σε γενικές γραμμές όλες οι κοσμογονικές εκδοχές συμφωνούσαν, στο ότι, ο κόσμος δημιουργήθηκε από μία πρωταρχική ανθρωποποιημένη κατάσταση, στην οποία απέδιδαν υπερφυσικές ιδιότητες, απαραίτητες για την αυτόματη ή αυθαίρετη γέννηση των σωμάτων και των φαινομένων.



Ο χάρτης προέρχεται από το βιβλίο του Δρ. Ευάγγελου Κ. Κοφινιώτη
ΟΜΗΡΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ, ΑΘΗΝΑΙ 1884.

2.2 Συμπάθεια και αφή στην ελληνική αρχαιότητα

Αναφορές **περί συμπαθείας** έχουμε από τον ιδρυτή της Ατομικής θεωρίας, το μαθητή του Λεύκιππου, το Δημόκριτο. Όλα τα έργα του Δημόκριτου αφανίστηκαν, όπως συνάγεται από

τη σύντομη περιγραφή που δόθηκε προηγουμένως. Σπαράγματα και πάμπολλες αναφορές σώζονται με αδιευκρίνιστα σημεία όμως ως προς την καθιέρωση της ατομικής θεωρίας. Μερικοί εικάζουν ότι τις βάσεις της ατομικής θεωρίας τις έθεσε ο Λεύκιππος και την τελική επεξεργασία την έκανε ο Δημόκριτος. Ο Αριστοτέλης πάντως αναφέρεται στο έργο του «Περί γενέσεως και φθοράς», (315/325α, 214/σελ. 105) στο Λεύκιππο ως ιδρυτή του ατομισμού. Στα «Μετά τα φυσικά» ο Αριστοτέλης παρουσιάζει το Λεύκιππο και το Δημόκριτο ως (συν)εταίρους (316, Α 4, 985b 4., 95/σελ. 42). «Λεύκιππος δε και εταίρος αυτού Δημόκριτος στοιχεία μεν το πλήρες και το κενόν φασι, λέγοντες το μεν όν το δε μη όν, τούτων δε το μεν πλήρες και στερεόν, το όν, το δε κενόν και μανόν, το μη όν (διο και ουθέν μάλλον το όν του μη όντος είναι φασιν, ότι ουδέ το κενόν {έλαττον} του σώματος), αίτια δε των όντων ταύτα ως ύλην. και καθάπερ οι έν ποιούντες την υποκειμένην ουσίαν τάλλα τοις παθέσιν αυτής γεννώσι, το μανόν και το πυκνόν αρχάς τιθέμενοι των παθημάτων, τον αυτόν τρόπον και ούτοι τας διαφοράς αιτίας των άλλων είναι φασιν...». Δηλαδή: 'Ο Λεύκιππος και ο συνέταίρός του Δημόκριτος λένε ότι **στοιχεία** είναι το πλήρες και το κενό, ονομάζοντας **ον** το πρώτο και **μη ον** το δεύτερο. Δηλαδή το πλήρες (είναι) και στερεό ον, το κενό και αραιό μη ον. (Γι' αυτό και βεβαιώνουν ότι το ον δεν υπάρχει περισσότερο από το μη ον, αφού το μη ον δεν υπάρχει {λιγότερο} από το σώμα). Αυτά τα δύο *αίτια*⁵ είναι η υλική πηγή των όντων. Και όπως αυτοί υποστηρίζουν ότι μία είναι ουσία που βρίσκεται κάτω από όλα τα πράγματα και ότι από τα *παθήματα* (αλλοιώσεις δηλ.) της ουσίας αυτής γεννιούνται όλα τα άλλα πράγματα, θεωρώντας ως αρχές των *παθημάτων* (δηλαδή των αλλοιώσεων) το αραιό και το πυκνό, υποστηρίζοντας ότι οι διαφορές είναι οι αιτίες των άλλων πραγμάτων...'.

Το λατινικό όρο **affinitas** ή affinity οι προεπαναστατικοί λόγιοι του νεοελληνικού Διαφωτισμού το μετάφρασαν ως **συγγένεια**, ατυχή απόδοση, γιατί με τον όρο αυτό οι Έλληνες *χυμευτές* υποδήλωναν μία ειδική περίπτωση της ένωσης των *γενών*. Υπήρχε διάκριση από τη *φυσική συμπάθεια* (σημερινή *συνάφεια*) των ουσιών. Η *affinitas* προσεγγίζει περισσότερο τον όρο της *αφής* της αριστοτελικής θεωρίας για τη γένεση των ουσιών και η οποία διακρίνεται από την *εφέλκωνσιν*, που ο Αριστοτέλης ερμηνεύει ως τη φορά έλξης προς τα κάτω ή προς τα πάνω. Κατά το μεσαίωνα και τις απαρχές της αναγέννησης ο όρος *συμπάθεια* ήταν σε χρήση από τους αλχυμιστές (βλέπε 85 «περί συμπαθητικής μαγείας», σελ. 23, 29, 30, 31 κλπ.) συνοδευόμενος από την *αντιπάθεια* ως απωθητική δύναμη. Το *μέλαν* ονομαζόταν από το Διοσκουρίδη *αντιπαθές*, δηλαδή κατά των πόνων (των *παθών*, 8, σ. 124). Η συγγένεια καθιερώθηκε από τον Αλβέρτο το Μέγα το 12^ο αιώνα. [568]

⁵ Ο Αριστοτέλης τα στοιχεία τα ονομάζει ενίοτε *αιτίες*, πιστευοντας επίσης στο ευμετάβλητο του «χαρακτήρα» τους και εμμένοντας στην τελεολογική του φιλοσοφική θέση, θέση της εντελέχειας, ότι κάθε τι που συμβαίνει στη φύση, δεν είναι τυχαίο, αλλά οδεύει προς ένα σκοπό, όπως η μεταλλουργία στην τελείωση των μετάλλων, την τάση τους και δυνατότητά τους να μετατρέπονται σε χρυσό. Η άποψη αυτή της μετατρέψιμότητας των αιτιών, αρχών ή στοιχείων θα ταλαιπωρήσει πολύ την ανάπτυξη μιας στέρεας υποδομής της χημείας, όμως αποτέλεσε ένα θεωρητικό δόγμα πάνω στο οποίο χτιζόταν μία απόπειρα ερμηνείας του κόσμου.



Albertus Magnus

Στη μετάφραση το *πάθημα* εννοιολογικά έρχεται πλησιέστερα με την απόδοση της αλλοίωσης. Το ρήμα *πάσχω* οι σύγχρονες μεταφραστές το αποδίδουν ως αλλοιώνω, πράγμα που τίθεται σε αμφισβήτηση. Δεν πρέπει να είναι ταυτόσημες έννοιες, γιατί στο παρακάτω κείμενό του ο Αριστοτέλης χρησιμοποιεί και το *πάσχειν* και την *αλλοίωσιν* χωριστά: «*αλλ' ὡσπερ Εμπεδοκλῆς και των άλλων τινές φασι πάσχειν δια πόρων, ούτω πάσαν αλλοίωσιν και παν το πάσχειν τούτον γίνεσθαι τον τρόπον, δια κενού γινομένης της διαλύσεως και της φθοράς, ομοίως δε της αυξήσεως, υπεισδυομένων στερεών*». Δηλαδή: «Όπως ακριβώς ο Εμπεδοκλής και μερικοί άλλοι λένε ότι (τα σώματα) δέχονται αλλοιώσεις, κάθε τροποποίηση και κάθε αλλοίωση που γίνονται σε αυτά, συντελούνται με τον ίδιο τρόπο. Συγκεκριμένα η διάλυση και η φθορά παράγονται μέσω του κενού, ενώ η αύξηση γίνεται με τη διείσδυση των στερεών σε αυτό (στο κενό)».

Η *αλλοίωση* είναι ένα είδος μεταβολής, η οποία δεν αλλάζει φαίνεται σημαντικά τις ιδιότητες του σώματος, ενώ το *πάθημα* τις αλλάζει εντελώς και τις οδηγεί σε μία παγιωμένη, μόνιμη κατάσταση. Το *πάθημα* ή *πάθος* έχει ρίζες Πλατωνικές, μπορεί όμως ως όρος να έχει εμφανιστεί από πολύ πιο παλιά, αλλά δυστυχώς αγνοούνται σε πληρότητα τα έργα των φυσιοκρατών (Θαλής, Αναξαγόρας, Λεύκιππος, Δημόκριτος, Επίκουρος), αφού μόνον μικρά σπαράγματα ή αφηγήσεις είναι διαθέσιμα σήμερα και συναρμολογούμενα από κατοπινούς συγγραφείς. Στον Τίμαιο του Πλάτωνα στο 19ο Κεφάλαιο αναφέρεται:

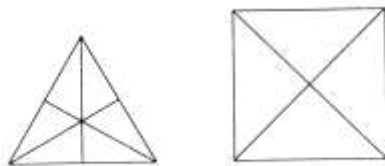
«*Ούτος μεν ουν δη παρά της εμῆς ψήφου λογισθείς εν κεφαλαίω δεδόσθω λόγος, όν τε και χώραν και γένεσιν είναι τρία τριχή και πριν ουρανόν γενέσθαι· την δε δη γενέσεως τιθήνην υγραιομένην και πυρουμένην και τας γης τε και αέρος μορφάς δεχομένην, και όσα άλλα τούτοις πάθη ξυνέπεται πάσχουσαν, παντοδαπήν μεν ιδείν φαίνεσθαι, δια δε το μηθ' ομοίων δυνάμεων μήτε ισορρόπων εμπίμπλασθαι κατ' ουδέν αυτής ισορροπείν, αλλ' ανωμάλως πάντη ταλαντουμένην σείεσθαι μεν υπ' εκείνων αυτήν, κινουμένην δ' αυ πάλιν εκείνα σείειν·* ». Μεταφράζεται ως: 'Αυτός είναι λοιπόν με λίγα λόγια ο συλλογισμός που έκανα συγκεκριαίωτικά, ότι πριν τη γέννηση του ουρανού υπήρχαν, το *ουν*, ο *χώρος* και η *γένεσις*, τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Η τροφός λοιπόν εκείνης που γεννιέται, υγραινόμενη και πυρούμενη και δεχόμενη τις μορφές του αέρα και της γης και *πάσχουσα* (μόνιμως αλλοιωθείσα) όσα άλλα *πάθη* (μόνιμες αλλοιώσεις) ακολουθούν αυτά, εφαινετο ποικιλόμορφη ως προς την όψη, επειδή ήταν γεμάτη από δυνάμεις όχι ομοιόμορφες ούτε ισόρροπες, δεν ευρίσκεται καθόλου σε ισορροπία, αλλά ταλαντευομένη ανωμάλως προς όλες τις διευθύνσεις από αυτές, έσειε ταυτόχρονα και αυτή εκείνες'. (Τα έντονα και οι υπογραμμίσεις είναι του γράφοντος).

Η έννοια του στοιχείου ως γεννησιουργός αιτία των πραγμάτων (ενώσεων) παρατηρούμε ότι ήταν καθορισμένη από τον καιρό του Δημόκριτου. Τα ίδια πιστοποιεί στον Τίμαιο και ο

Πλάτωνας (96). «Στοιχείον· το συνάγον και διαλύον τα σύνθετα», δηλαδή «Στοιχείο· (είναι) αυτό που συνθέτει και σε αυτό που διασπώνται τα συνθεσιμένα». Ο Πλάτωνας συνδυάζει δεδομένα της κοσμολογίας με αυτά των μαθηματικών, για να διατυπώσει τη θεωρία του περί στοιχείων. Κατά πρώτον ο Πλάτωνας θεωρεί δύο αρχικά στοιχεία, τη **γη** και το **πυρ**, αυτά που θεωρούσαν ως αρχή των πάντων οι Πυθαγόρειοι και οι Ελεάτες. Από τα στοιχεία αυτά δημιουργούνται όλα τα άλλα. «Σωματοειδές δε δη και ορατόν απτόν τε δει το γενόμενον είναι· χωρισθέν δε πυρός ουδέν αν ποτε ορατόν γένοιτο, ουδέ απτόν άνευ τινός στερεού, στερεόν δε ουκ άνευ γης· όθεν εκ πυρός και γης το του παντός αρχόμενος ζυνίσταναι σώμα ο θεός εποίει. Δύο δε μόνω καλώς ζυνίστασθαι τρίτου χωρίς ου δυνατόν· **δεσμόν** γαρ εν μέσω δει τινά αμφοίν ζυναγωγόν γίνεσθαι· δεσμών κάλλιστος ος αν αυτόν τε και τα ζυνδούμενα ό τι μάλλιστα εν ποιή. Τούτο δε πέφυκεν αναλογία κάλλιστα αποτελείν· οπόταν γαρ αριθμών τριών είτε όγκων είτε δυνάμεων ωντινωούν ή το μέσον, ο τι περ το πρώτον προς αυτό, τούτο αυτό προς το έσχατον, και πάλιν αύθις, ότι το έσχατον προς το μέσον, το μέσον προς το πρώτον, τότε το μέσον μεν πρώτον και έσχατον γιγνόμενον, το δ' έσχατον και το πρώτον αν μέσα αμφοτέρα, πάνθ' ούτως εξ ανάγκης τα αυτά είναι ζυμβήσεται, τα αυτά δε γενόμενα αλλήλοις εν πάντα έσται». Έκείνο που γεννιέται πρέπει να είναι σωματικόν και βέβαια ορατόν και απτόν· αλλά κανένα ορατό σώμα δεν γίνεται χωρίς πυρ, ούτε να γίνει απτόν χωρίς κάτι το στερεό, στερεόν πάλι δεν υπάρχει χωρίς γη· γι' αυτό λοιπόν ο θεός, όταν άρχισε να συνθέτει το σώμα των όλων, το έκανε από πυρ και γη. Δύο δε μόνω μπορούν να συντεθούν χωρίς την ύπαρξη κάποιου τρίτου· διότι στο μέσον πρέπει να υπάρχει **δεσμός**, ο οποίος να συνδέει και τα δύο· ο καλύτερος δε από τους δεσμούς είναι εκείνος, ο οποίος ενώνει τον εαυτό του με τα συνδεόμενα σε μια ενότητα τέλεια. Αυτό το πράγμα το κάνει φυσικά κατά τον καλύτερο τρόπο η αναλογία· γιατί όταν από τρεις οιοδήποτε αριθμούς, είτε εκφράζουν όγκους είτε δυνάμεις, ο μέσος ως προς τον τελευταίον είναι ότι ακριβώς ο πρώτος ως προς το μέσον και πάλιν είναι ο μέσος ως προς τον πρώτον, ότι είναι ο τελευταίος ως προς το μέσον, τότε επειδή ο μέσος γίνεται συνάμα πρώτος και τελευταίος, ο δε τελευταίος και ο πρώτος γίνονται πάλιν μέσοι και οι δύο, κατ' ανάγκην θα συμβεί να είναι όλοι το ίδιο, αφού όλοι παίζουν τον ίδιο ρόλο μεταξύ τους, όλοι αποτελούν μια τέλεια ενότητα', (96). Στο απόσπασμα αυτό από τον Τίμαιο, βλέπουμε εκτός από τα τέσσερα στοιχεία και την έννοια του **δεσμού** με απροσδιόριστο όμως περιεχόμενο. Η έννοια του **δεσμού** θα επανεμφανιστεί στη Χημεία μετά το 1850. Παρατηρούμε επίσης την προσπάθεια του Πλάτωνα να βρει τρόπους αναλογιών και μίξης γενικούς, από τους οποίους θα μπορούσε κάποιος να τους εφαρμόσει σε ειδικότερες περιπτώσεις. Θυμίζει το νόμο του Proust ή το νόμο του Dalton, με ανεπιτυχή κατάληξη. Κατά τον Πλάτωνα τα τέσσερα στοιχεία γη, πυρ τα στερεά, συνδεδεμένα με τα στοιχεία του αέρα και του ύδατος, αποτελούν μία γεωμετρική αναλογία του τύπου:

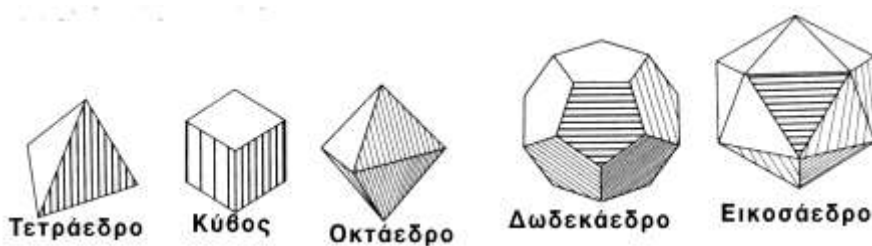
$$\text{πυρ/αήρ} = \text{αήρ/ύδωρ} = \text{ύδωρ/γη}$$

Τα στοιχειώδη σωματίδια των τεσσάρων στοιχείων του Πλάτωνα είναι επίπεδα γεωμετρικά σχήματα τριγώνων, συνδυαζόμενα μεταξύ τους.



Ο Πλάτωνας είχε την επίδραση των πυθαγορείων την οποία όμως τροποποίησε. Οι πυθαγόρειοι είχαν μία γεωμετρική απεικόνιση των στερεών σωμάτων με πολύεδρα, των οποίων γενεσιουργά στοιχεία ήταν το πυρ και η γη. Η δομή των τεσσάρων στοιχείων του

Εμπεδοκλή, δηλαδή της γης, του πυρός, του αέρος και του ύδατος, είναι οι αριθμοί. «Ο δ' αριθμός ύλη και αεί ο αριθμός ος αν ην τινών εστίν, ή πύρινος ή γήινος ή μοναδικός». Από τον Διογένη τον Λαέρτιο έχουμε επίσης τη μαρτυρία (214) της επαγωγικής σκέψης των πυθαγορείων, το πως οι αριθμοί συνδυάζονται, καθορίζουν τα σημεία, τα γεωμετρικά σχήματα και ο συνδυασμός των τελευταίων τα αισθητά σώματα, των οποίων τα στοιχεία είναι τέσσερα και έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπονται από το ένα στο άλλο. Παρακάτω δίνεται μία συνοπτική και συναρπαστική θεώρηση του κόσμου (σύμπαντος), δομημένου από τους αριθμούς: «*Αρχήν μεν των απάντων μονάδα, αόριστος δυάδα, ως αν ύλην τη μονάδι αιτίω όντι υποστήναι· εκ δε της μονάδος και της αορίστου δυάδος, τους αριθμούς· εκ δε των αριθμών τα σημεία· εκ δε τούτων τας γραμμάς, εξ όν τα επίπεδα σχήματα· εκ δε των επιπέδων τα στερεά σχήματα· εκ δε τούτων τα αισθητά σώματα, όν και στοιχεία είναι τέτταρα, πυρ, ύδωρ, γην, αέρα· μεταβάλλειν δε και τρέπεσθαι δι' όλων, και γίνεσθαι εξ αυτών κόσμον...*».



Και ο Αέτιος μας μαρτυρεί για τους πυθαγορείους ότι, πίστευαν στην παροδική μεταβολή των σωμάτων, τη γένεση και τη φθορά τους, τη μόνιμη αλλοίωση και την ανάλυση σε απλούστερα. «*Πυθαγόρας και πάντες μαθητήν την ύλην υποτίθενται, κυρίως γένεσιν και φθοράν γίνεσθαι· εκ γαρ αλλοιώσεως στοιχείων και τροπής και αναλύσεως ταύτα γίνεσθαι*».

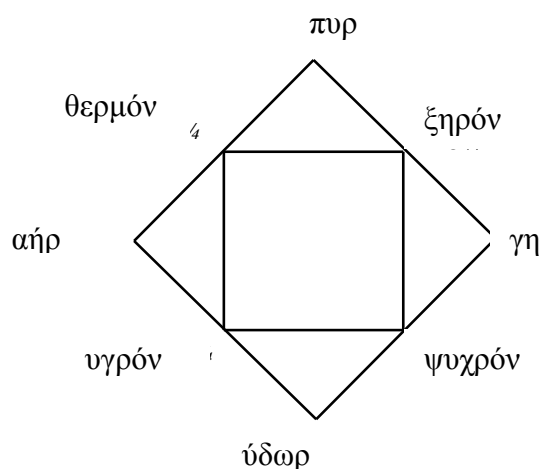
Ο Εμπεδοκλής ο Ακραγαντίνος (495-435 π.Χ.) ήταν μαθητής του Πυθαγόρα, του Αναξαγόρα και του Παρμενίδη. Προσπάθησε να ερμηνεύσει την υπόσταση του σύμπαντος, συνδεδεμένος στα κοσμολογικά προβλήματα με τις ιδέες των Μιλησίων Θαλή και Αναξιμένη, διατυπώνοντας μία αιώνια διαδικασία κυκλικής πορείας τεσσάρων απλών στοιχείων (ύδωρ, γη, αήρ ή αιθήρ και πυρ), των **ριζωμάτων** ή **ριζών**, υπό την καθοδήγηση δύο αντιθέτων δυνάμεων, μιας ελκτικής, της **φιλότητας** (στοργής, αρμονίας ή φιλίας) και μιας απωστικής, του **νείκους** (έριδος, έχθους, δήριδος), που προκαλούν την **μίξιν** και **διάλλαξιν των μιγέντων**, δηλαδή τη μείξη και χωρισμό των αναμειχθέντων. Ο Εμπεδοκλής προσωποποιεί τα τέσσερα στοιχεία με τον Δία, την Ήρα, τον Αϊδωνέα και τη Νήστιν, φανερώνοντας τη σχέση των προσωκρατικών φιλοσοφημάτων προς τα μυθολογικά στοιχεία). «*Τέσσερα γαρ πάντων ριζώματα πρώτον άκουε· Ζευς αργής Ήρη τε φερέσβιος ηδ' Αιδωνεύς Νήστις θ', η δακρύοις τέγγει κρούνωμα βρότειον*». [17]

Τα αρχικά στοιχεία, τα **εκκκριθέντα** από το αρχικό μείγμα είναι τα ριζώματα, που μπορούν να συνθέσουν τα διάφορα σώματα, με τη διαφορά ότι τα μεν τρία, γη, ύδωρ και αήρ είναι μεταξύ τους συγγενή, το δε τέταρτο το πυρ συνιστά **ποιητικόν αίτιον**, όπως είδαμε στη 2.1. Τα **ριζώματα** του Εμπεδοκλή δεν μεταβάλλονται μεταξύ τους, αλλά αποτελούν μία αρχέγονη κοσμική ύλη, τέσσερις αμετάβλητες πρωτουργές αρχές.

Διαβάζουμε στο Περί γενέσεως και φθοράς του Αριστοτέλη: «*Διο λέγει τούτον τον τρόπον και Εμπεδοκλής, ότι "φύσις ουδενός έστιν, ... αλλά μόνον μίξις τε διάλλαξις τε μιγέντων"*», απλά μεταφράζοντας τα οικεία σε μας έστω και ακουστικά ότι: 'Γι' αυτό ο Εμπεδοκλής

ομιλεί κατ' αυτόν τον τρόπο όταν λέει πως "δεν υπάρχει γένεση της φύσης κανενός πράγματος παρά μόνο μείξη και χωρισμός όσων αναμείχθησαν".

Δεχόταν ότι, το σύμπαν σχηματίστηκε από κάποιο σφαιρικό κέντρο: «εν το σφαίρον», το σφαίρον που διασπάστηκε κάτω από τη διαμάχη δύο αντιθέτων δυνάμεων, της ελκτικής, της **φιλότητος** όπως την ονόμαζε και της απωστικής, του **νείκους**, το οποίον δρα από την επιφάνεια προς το κέντρο. Από τη διαμάχη αυτή γεννήθηκαν τα **ριζώματα**, δηλαδή τα απλά στοιχεία η **γη**, ο **αήρ**, το **ύδωρ** και τέλος το **πυρ**, τα οποία με στροβιλοειδείς κινήσεις, τις **δίνες** συντίθενται και αποσυντίθενται, δημιουργώντας όλα τα σώματα του σύμπαντος (214). Ο Εμπειροκλής από τους θεμελιωτές της σωματιδιακής δομής των ουσιών, υποστηρικτής της ατομικής θεωρίας, και ιδρυτής της τετρασωμίας της ύλης, «των ριζωμάτων, πρώτης τινός τετραμερούς ύλης». Τα υπόλοιπα σώματα (υλικά, ουσίες) τα ταξινομούσαν σε διάφορες τάξεις ή κατηγορίες, αναλόγως αν σε αυτά περισσότερο ή λιγότερο συμμετέχει κάποιο από τα τέσσερα στοιχεία. Το πυρ συνεισφέρει στα μέταλλα και στα προϊόντα της μαγειρικής τέχνης, ο αέρας στα αεροπόρα ζώα, το νερό στους ιχθείς και η γη στα φυτά. Στο χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου (φ. 166 v⁰) αναφέρεται: «Και γαρ πρότον αίτιον και μάλιστα της όλης τέχνης το πυρ εστιν, ως και των δ' στοιχείων πρότον τυγχάνον· ούτω γαρ βούλονται οι αρχαίοι δια των δ' στοιχείων την τέχνην αινίττεσθαι. Και ακριβούσθω η ση αρετή, εν ταις τέσσαρσι βίβλοις εστί Δημοκρίτου ότε κατά τα τέσσερα στοιχεία λελάληκε φυσικός υπάρχων. Εξέθετο γαρ πη μεν πραέω πυρί, πη λάβρω, και άνθραξι, και όσα του πυρός δείται, πάλιν τον αέρα, όσα του αέρος, οίον αεροπόρα ζώα· ωσαύτως και τα τούτων ύδατα, και χολάς πάλιν ιχθύων, και όσα ιχθύων σκευάζεται, και δι' υδάτων· πάλιν τα της γης, ως άλας και μέταλλα και βοτάναι. Και τούτων πάντων έκαστον προς έκαστον διακέκριται χροιαίς και φύσεσιν αλληπαλλήλοις, ιδικαίς και γενικαίς αρρενοθήλη όντα». Μεταφράζεται ως: 'Το πρώτο αίτιο, μάλιστα όλης της επιστήμης είναι το **πυρ**, όπως τυχαίνει να είναι και το πρώτο στοιχείο από τα τέσσερα στοιχεία. Διότι έτσι μιλούσαν οι αρχαίοι αινιγματικά για την επιστήμη των τεσσάρων στοιχείων. Και για να ακριβολογούμε με ειλικρίνεια ότι, στα τέσσερα βιβλία του Δημόκριτου (μάλλον εννοεί το ψευτο-Δημόκριτο) ο πρώτος που έτυχε να μιλήσει γι' αυτά είναι κάποιος υπαρκτός φυσικός. Διότι εξέθεσε ότι αέρας είναι όσα προκύπτουν από την πύρωση την ορμητική, την ήρεμη ή αυτήν που αποδίδει άνθρακες και από τον αέρα προκύπτουν τα αεροπόρα ζώα. Καθ' όμοιο τρόπο και αυτά των υδάτων, χολές (χόνδροι) και ιχθύες, και όσα παρασκευάζονται από τους ιχθύες. Και στη συνέχεια αυτά που είναι γη, όπως τα άλατα, τα μέταλλα και τα βότανα. Και όλα τούτα καθένα από αυτά διακρίνονται στη χροιά και στη φύση με ειδικά και γενικά χαρίσματα αρρενοθήλεων όντων'. [82, σελ. 290-291]



Φυσικά την εποχή εκείνη η έννοια του **σώματος** και της **ουσίας** δεν είχαν τον κάπως αυστηρό ορισμό, που έχουν σήμερα, εφόσον και οι φιλοσοφικές αντιλήψεις για τη

κοσμολογία ήταν αλληλοσυγκρουόμενες και η έννοια του στοιχείου αδιευκρίνιστη. Σήμερα όπως θα παρατηρήσουμε στο ένθετο, όταν χρησιμοποιούμε την έννοια του σώματος, δεν μας ενδιαφέρει ποιες συγκεκριμένες ιδιότητες έχει το *ον*, στο οποίο αναφερόμαστε. Δεν μας ενδιαφέρει καν η υλική του υπόσταση. Το σώμα είναι μία έννοια που χρησιμοποιείται αποκλειστικώς από τους φυσικούς. Αντιθέτων οι χημικοί χρησιμοποιούν την έννοια ουσία (στοιχείο ή χημική ένωση), ύλη με συγκεκριμένες ιδιότητες, με συγκεκριμένη δομή, από την οποίαν απορρέει και η ταυτότητά της. Η ουσία είναι ο όρος που χρησιμοποιούν οι χημικοί, ενώ αυτή του «σώματος» καθίσταται σχεδόν απαγορευτική για τη χημεία και αποτελεί ένα σύγχρονο κριτήριο για να διακρίνει κάποιος αν μία χημεία είναι γραμμένη με παλιά δεδομένα (πριν το 1970) ή με τα σύγχρονα.

ΟΥΣΙΑ, ΥΛΙΚΟ και ΣΩΜΑ

Οι έννοιες της ύλης, του υλικού, του σώματος και της ουσίας στα επιστημονικά συγγράμματα της χημείας έχουν κάπως σχηματοποιηθεί από πλευράς περιεχομένου και χρησιμοποιούνται αναλόγως και συγκεκριμένα. Στη σύγχρονη χημεία η λέξη σώμα έχει εξοστρακιστεί και στη θέση της έχει τοποθετηθεί η ουσία, που έχει και πιο συγκεκριμένο περιεχόμενο. Η διευκρίνιση αυτών των όρων δίνεται με σχετική πληρότητα από το λεξικό «Longman Dictionary of Scientific Usage». [592]

Η έννοια της «ύλης» (matter) είναι δύσκολο να οριστεί, γιατί περιλαμβάνει την έννοια της μάζας, για να στηριχθεί ο ορισμός της, όπως αντιστρόφως η έννοια της μάζας στηρίζεται στην έννοια της ύλης. Συναντάμε μία κυκλική σχέση, που δεν είναι δυνατόν να ξεπεραστεί ανεμπόδιστα. Συχνά λέμε ύλη το καθετί το οποίο έχει μάζα, καταλαμβάνει χώρο σε δεδομένο χρόνο και που μπορεί να παρατηρηθεί ή να ανιχνευθεί. Η ποσότητα της ύλης μπορεί να μετρηθεί από την μάζα της ή τον όγκο της ή την ποσότητα της ουσίας (μονάδα το mol).

Η λέξη «υλικό σώμα» δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται στη Χημεία. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση γενικά του «σώματος» (body) στη Χημεία. Σώμα είναι ένα απλό κομμάτι ύλης που χρησιμοποιείται σαν κατάλληλη αναφορά σε συζήτηση. Για παράδειγμα να αποφεύγεται η χρήση του σώματος στη Χημεία σε περιπτώσεις, όπως:

«διαστάσεις ενός σώματος» (να χρησιμοποιείται το ορθό: «διαστάσεις μιας ουσίας ή ενός υλικού»)

«η σύσταση ενός σώματος» (να χρησιμοποιείται το ορθό: «η σύσταση μιας ουσίας ή ενός υλικού»)

«συστατικό υλικού σώματος» (να χρησιμοποιείται το ορθό: «συστατικό ουσίας ή υλικού ή μίγματος ουσιών»)

«η κατάσταση της μάζας ενός σώματος» (να χρησιμοποιείται το ορθό: «...μιας ουσίας») κλπ.

Οι φυσικοί όμως μπορούν να χρησιμοποιούν την έννοια, όπως: «κινούμενο σώμα», «η πτώση ενός σώματος», «όταν μια δύναμη επιδρά σε ένα σώμα, τότε μεταβάλλεται η ορμή του σώματος» κλπ.

Αντί της λέξης «υλικό σώμα» προτιμότερη είναι η χρήση του «υλικού» (material ή stuff). Το υλικό είναι ένας τύπος ύλης που μπορεί να ονομαστεί (να αποκτήσει όνομα). Ένα υλικό είναι δείγμα ύλης που έχει ιδιότητες απ' τις οποίες μπορούμε να το αναγνωρίσουμε, αλλά οι οποίες είναι ευμετάβλητες ή άστατες.

(i) Το ξύλο είναι ένα υλικό με ξεχωριστές ιδιότητες, αλλά όλες οι ιδιότητες διαφορετικών τύπων ξύλου δεν είναι ίδιες.

(ii) Το δέρμα είναι ένα υλικό το οποίο μπορεί να γίνει είτε μαλακό, είτε σκληρό. Σ' αντίθεση με το υλικό έχουμε την ουσία (substance): μια ουσία έχει καθορισμένη σύσταση, αν και η σύσταση μπορεί να γίνει επίσης πολύπλοκη, παρόλη την πολυπλοκότητά της να μπορεί να αναφερθεί με ευκολία (π.χ. DNA) και με αυστηρά καθορισμένες ιδιότητες, ενώ οι ιδιότητες του υλικού μπορούν να μεταβληθούν εντός ορίων. Οι ιδιότητες της ουσίας μπορούν να περιγραφούν, έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε την ταυτότητά της. Π.χ. σίδηρος, άλας, αιμογλοβίνη, όλες αυτές είναι ουσίες.

Όταν αναφερόμαστε στον κόσμο της ύλης, τότε λέμε ότι ο κόσμος είναι υλικός. Μερικά πράγματα, τα οποία δεν είναι ύλη: θερμότητα, κρύο, όνειρα, ελπίδες, ιδέες, ηλιακό φως, ομορφιά, φόβος, ακτίνες X κλπ.

Ουσία και ελληνικές θεότητες

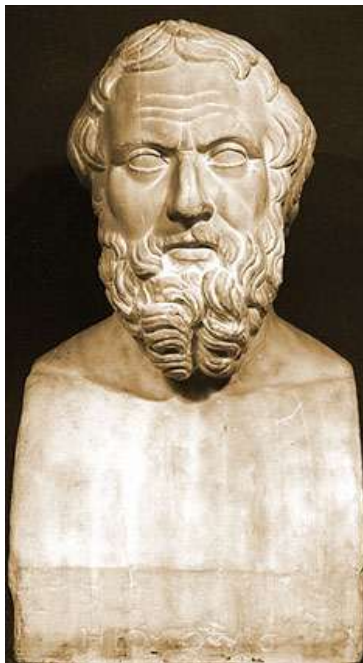
Η λέξη *ουσία* μερικοί ιστορικοί τη συσχετίζουν με την Εστία, ελληνική θεότητα που εδράζεται στις οικείες των αρχαίων Ελλήνων και η οποία συνοδεύεται πάντοτε από το θεό Ερμή. Ορισμένοι την αποκαλούν επίσης *εσσία*, δηλαδή σταθερή αναλλοίωτη ουσία. Η Εστία ήταν η αρχή της μονιμότητας και ταυτόχρονα η αρχή της ώθησης και κίνησης στη διπλή αυτή και αντιφατική ερμηνεία του ονόματος της θεότητας, που συνάμμα αντιτάσσει και ενώνει σε ζεύγος των αντιθέτων, δεμένων με αδιάσπαστη «φιλία», τη θεά η οποία ακινητοποιεί το χώρο γύρω από ένα σταθερό κέντρο (τη στρογγυλή εστία) και το θεό (Ερμή) που καθιστά το χώρο αυτόν απεριόριστα κινητικό σε όλα του τα μέρη.

Γι' άλλους όμως, η ουσία λέγεται *ωσία*, γιατί θεωρούν, όπως ο Ηράκλειτος, πώς όλα όσα υπάρχουν κινούνται και πώς τίποτα δεν μένει σταθερό. Κατ' αυτούς, όλα τα πράγματα έχουν για αιτία και για αρχή την ώθηση προς κίνηση, το *ωθούν*, που το ονομάζουν *ωσία*.

Από το δίτομο έργο του Jean Pierre Vermant με τίτλο: ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΣΚΕΨΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ, εκδόσεις ΔΑΙΔΑΛΟΣ, Ι. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ σε μετάφραση Στέλλας Γεωργούδης, ΑΘΗΝΑ 1989. Ο γαλλικός πρωτότυπος τίτλος είναι: «*Myth et pensée en Grèce ancienne*», Éditions La Découverte, Paris 1985.

Σχετικά με τον Ηρόδοτο

Για τις ιστορικές αναφορές του Ηρόδοτου πάντοτε διατηρούνται επιφυλάξεις. Και ο λόγος είναι, ότι ο Ηρόδοτος δεν πίστευε σε όσα εξιστορεί, αλλά θεωρεί χρέος του να γράψει όσα άκουσε, γι' αυτό πολλά γεγονότα εμπλέκονται με χρονικές ανακρίβειες, φανταστικά στοιχεία και απίθανες καταστάσεις (όπως τα σαρκοβόρα μερμήγκια με μέγεθος σκύλου, που εξόρυσσαν στην έρημο χρυσοφόρο άμμο ή τον Ζάλμοξι ο οποίος πέρασε τρία χρόνια σε υπόγειο κελάρι. Πολλοί αρχαίοι ιστορικοί ισχυρίζοντο, ότι, ο Ηρόδοτος κακοποιούσε συνειδητά την αλήθεια, όπως ο Πλούταρχος στην πραγματεία του «Περί Ηροδότου κακοήθειας» ή ο Στράβωνας που θεωρούσε τον Όμηρο ή τον Ησίοδο πιο αξιόπιστους από τον Ηρόδοτο. Ο Ηρόδοτος παρ' όλα αυτά ήταν φλογερός θιασώτης των δημοκρατικών θεσμών και υπάρχει αναφορά για το Θαλή στο έργο του, ιδιαίτερα για τη δημοκρατική συγκρότηση των Ιώνων με την ίδρυση μιας βουλής, πριν καταστραφεί η Ιωνία από τους Πέρσες.



Ηρόδοτος, γεννήθηκε 484 π.Χ. στην Αλικαρνασσό και πέθανε μεταξύ στα 430 και 425 π.Χ., ζώντας πολλά χρόνια στην Αθήνα.

ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΕΣ ΣΧΟΛΕΣ

Ιωνική Σχολή

- Θαλής ο Μιλήσιος (640-548/5 π.Χ.)
- Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος (610-546 π.Χ.)
- Αναξίμενης ο Μιλήσιος (585-528/26 π.Χ.)
- Ίππων ο Σάμιος (470-400 π.Χ.), ανέπτυξε την «αρχή των πάντων το ύδωρ».
- Διογένης ο Απολλωνιάτης (5ος αιώνας π.Χ.), μαθητής του Αναξίμενη.

Πυθαγόρεια Σχολή

- Πυθαγόρας ο Σάμιος (586- π.Χ.)
- Φιλόλαος (6ος-5ος αιώνας π.Χ.)
- Αρχύτας ο Ταραντίνος (430-350 π.Χ.), μηχανικός, πετομηχανή
- Ίππασος ο Μεταποντίνος (6ος-5ος αιώνας π.Χ.)
- Θεανώ η Θούρια (6ος αιώνας π.Χ.)
- Δαμώ η Κροτωνία (6ος αιώνας π.Χ.), θυγατέρα του Πυθαγόρα (393)
- Τυμία η Σπαρτιάτισσα ή Κροτωνιάτισσα (6ος αιώνας π.Χ.)
- Τίμαιος ο Λοκρός, πυθαγόρειος που επισκέφθηκε ο Πλάτωνας για να μάθει τα δόγματα του Πυθαγόρα. Έργα του τα «μαθηματικά» και το «περί φύσεως».
- Τίμαιος της 3ης εκατονταετηρίδας μ.Χ. που έγραψε Πλατωνικό Λεξικό (140).

Ελεατική Σχολή

- Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος (580-484 π.Χ.)
- Παρμενίδης ο Ελεάτης, μαθητής του Ξενοφάνη ή του Αναξίμανδρου και δάσκαλος του Ζήνωνα και του Εμπεδοκλέα (ήκμασε γύρω από την 69η Ολυμπιάδα, μεταξύ 500 και 440 π.Χ.)
- Ζήνων ο Ελεάτης (490-430 π.Χ.)
- Μέλισσος ο Σάμιος, μαθητής του Παρμενίδη, έγραψε «περί του όντος» και «περί φύσεως», και ασχολήθηκε για την έρευνα των στοιχείων (500 με 430 π.Χ.). Το 441 π.Χ. όντας ναύαρχος των Σαμίων κατεναυμάχησε το στόλο του Περικλή.

➤ Ηράκλειτος ο Εφέσιος ή Κλαυσίνος (~540 - ~480 π.Χ.) { Ἡράκλειτος δὲ καὶ Ἴππασος τὸ πῦρ ἐδόξασαν εἶναι ἀρχὴν πάντων τῶν ὄντων, ἐπειδὴ δραστικόν ἐστιν τοῦτο· δραστικὴ δὲ βούλεται εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν γινομένων ὑπ' αὐτὴν πλέον, ὡς δὲ τινες λέγουσι, καὶ γόνιμόν ἐστιν τὸ πῦρ· γίνεται γὰρ ἐν τῷ ὑπεκκαύματι. ΟΛΥΜΠΙΟΔΩΡΟΣ 6^{ος} μ.Χ.}

Ατομική Σχολή

- Εμπεδοκλής ο Ακραγαντίνος (460-360 π.Χ.)
- Λεύκιππος (5ος αιώνας, 480- 400 π.Χ.)
- Δημόκριτος ο Αβδηρίτης (495-435 π.Χ.)
- Αναξαγόρας ο Κλαζομένιος (500-424 π.Χ.)
- Μητρόδωρος ο Χίος περί το 330 π.Χ., δάσκαλος των Αβδηριτών Αναξάρχου και Ιπποκράτους, οπαδός του Δημόκριτου.

Πλατωνική Σχολή

- Σωκράτης (490-399 π.Χ.)
- Πλάτωνας (427-347 π.Χ.)

- Σπεύσιππος (395-334 π.Χ. αυτοκτόνησε από μελαγχολία). Η μητέρα του Ποτώνη ήταν αδελφή του Πλάτωνα. Διαδέχτηκε το θείο του στην Ακαδημία μετά το θάνατό του.
- Ξενοκράτης (γεννήθηκε στη Χαλκιδόνα το 396 π.Χ. και πέθανε το 314 π.Χ.). Μετά τον Σπεύσιππο προΐσταται στην Ακαδημία.
- Φίλιππος ο Οπούντιος (Οπούς Λοκρίδος, 4ος αιώνας π.Χ.), μαθητής του Πλάτωνα και σύγχρονος του Ευδόξου (30)
- Ηρακλείδης ο Ποντικός (δηλαδή από την Ηρακλεία του Πόντου ~340 π.Χ.), μαθητής του Πλάτωνα και του Σπευσίππου στην Αθήνα (140).
- Εύδοξος ο Κνίδιος (408-355 π.Χ.), μαθητής του Πλάτωνα και περισσότερο του Αρίστιππου, «ο πρώτος επιστημονικώς το σφαιροειδές της γης αποδείξας» (Αρατος, 140).

Αριστοτελική Σχολή

- Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.)
- Θεόφραστος (372-287 π.Χ.)
- Στράτων ο Λαμνακηνός (320-270 π.Χ.)
- Εύδημος ο Ρόδιος (350-290 π.Χ.)

Σοφιστές

- Πρωταγόρας (485-420 π.Χ.)
- Γοργίας (483-375 π.Χ.)
- Καλλικλής ο Αθηναίος (εποχή Σωκράτη)
- Αντιφών αντίπαλος του Σωκράτη

Στωϊκοί

- Ζήνων ο Κιτιεύς (495-435 π.Χ.)
- Κλεάνθης ο Ασσιος (332-232 π.Χ.)
- Χρύσιππος εκ *Σόλων Κιλικίας*, μαθητής του *Κλεάνθους*, έγραψε 705 συγγράμματα και ήκμασε περί το 300 π.Χ.
- Παναίτιος ο Ρόδιος που έγραψε «περί του Καθήκοντος» και έτερος Παναίτιος επίσης από τη Ρόδο (γεννήθηκε το 180 π.Χ.), στωϊκός φιλόσοφος, επικαλούμενος *Νεώτερος*, μαθητής του Διογένη του Βαβυλωνίου στην Αθήνα (141). Το Λεξικό Αρχαιολογίας του Ραγκαβή (140) αναφέρει έναν Στωϊκό φιλόσοφο Ρόδιο με πληρέστερα στοιχεία για τα έργα του. Δίδαξε στη Ρώμη και απεβίωσε σε βαθύτατο γήρας στην Αθήνα.
- Ποσιδώνειος. Δύο τέτοιιοι Στωϊκοί αναφέρονται (140). Α) Ο *εξ Αλεξανδρείας* και μαθητής του Ζήωνα και β) ο Ρόδιος, στην πραγματικότητα καταγόμενος από την Συρία, αλλά έζησε πολύ στη Ρόδο περί το 135 π.Χ. Στην Αθήνα πήρε μαθήματα από τον Στωϊκό Παναίτιο.
- Εκάτων ο Ρόδιος, μαθητής του Παναίτιου.

Επικούρειοι

- Επίκουρος ο Αθηναίος, γιος του Νεοκλέους, γεννηθείς στο Δήμο του Γαργητού 342-270 π.Χ.
- Αθηναίος από την Ναυκρατίδα της Αιγύπτου που έζησε περί τον 3ο αιώνα μ.Χ. στην Αλεξάνδρεια και Ρώμη. Έγραψε το πολύτιμο σύγγραμμα «*οι δειπνοσοφισταί*» σε 15 βιβλία, των οποίων λείπουν τα δύο πρώτα, μέρος του τρίτου και τελείως του τελευταίου.
- Τιμοκράτης, αδελφός του Μητρόδωρου και επικουριστής, που διαφώνησε με τον αδελφό του ως προς τις λεπτομέρειες.

- Έρμαχος εκ Μιτυλήνης, μαθητής του Επίκουρου, το οποίον διαδέχτηκε στη Σχολή του Κήπου στην Αθήνα.
- Ιδομενέας ο Λαμψακινός, μαθητής του Επίκουρου
- Λεοντεύς και η γυναίκα του Θεμίστα
- Κολώτης μαθητής του Επίκουρου και σατιρικός. Ο Κολώτης κυκλοφόρησε ένα περιεκτικό εγχειρίδιο με φοβερή απήχηση, το οποίον εδίδασκε γιατί ήταν αδύνατο κάποιος να ζήσει με τις διδασκαλίες των άλλων φιλοσόφων, των στωικών και των σκεπτικών.
- Πολύαινος, μαθητής του Επίκουρου, μαθηματικός.
- Μητρόδωρος, επίσης μαθητής του Επίκουρου και ο πιο φημισμένος εκλαϊκευτής της Σχολής του Κήπου. Οι έξι τελευταίοι και η Θεμίστα ως εταίροι του Επίκουρου ονομάζονταν *καθηγεμόνες*. Ο *ηγεμών* των μελών της σχολής ήταν ο Επίκουρος.
- Διογένης ο Οιοανδέας, ένας επικουριστής γεροφιλόσοφος του 100 μ.Χ., του οποίου σώζεται ένα βιβλίο γραμμένο σε ένα μαρμάρινο τοίχο της πόλης Οιοδανδέα, που βρίσκεται στη Λυκία απέναντι από το Καστελόριζο. Στη μεγάλη αυτή επιγραφή αξίζει κανείς να διαβάσει της «φύσεως επιτομή», με την ιδιόρρυθμη ορθογραφία των λέξεων (*απειρίας κόζμων, ερμενεία, εζβεσμένων, ανέλεγκτον*) και λέξεις που πρώτη φορά συναντάς σε ελληνικό κείμενο (*αποδήλωσις, ελαχιστιαίος, επεξάπτω, ευσύγκριτος, κασωτός, προπηλακιστής, πρωτοχρονέω, μεταχρονέω, πολυπενεία, παρεγκλιτικός, συμπολειτευτής*). Για να φανεί η φυσιογνωμία του Διογένη για την *ειμαρμένη* και τη *μαντική*, υποστηρίζει ότι, όποιος δεν έχει πιστεί με όσα έχει αναπτύξει και εμμένει πως δεν μπορούμε να ξεφύγουμε από τη μοίρα, θα ζει σε ατελείωτη πλάνη. Όποιος όμως παραδεχτεί τη μαντική για πλάνη κι απάτη, θα δει πως δε μένει κανένα στήριγμα για την παραδοχή της *ειμαρμένης*.



Ψηφιδωτό της Ακαδημίας του Πλάτωνα.

2.3. Η έννοια του στοιχείου στην αρχαιότητα

Η μυθολογική εκδοχή της κοσμογονίας υπέστη το πρώτο της κτύπημα από μία σχολή φιλοσόφων, η οποία είχε το ιδίωμα να μην έχει προκατόχους, τουλάχιστον με όσα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Ήταν η φυσιοκρατική σχολή (προσωκρατική), που γεννήθηκε στη Μίλητο, με εκπρόσωπο τον Θαλή (635-545 π.Χ.), έναν από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας. Για τη σχολή των φυσιοκρατών στην οποία θα αναφερθούμε, δεν γνωρίζουμε προκατόχους, αν και αυτοί δεν μπορούν να αποκλειστούν, γιατί δεν διαθέτουμε εμφανείς ενδείξεις, πόσον μάλιστα αποδείξεις. Δεν μπορούμε να φανταστούμε τους κατοπινούς φιλόσοφους-ερευνητές που σφράγισαν τη φιλοσοφία χωρίς να αναφερθούμε σε πρωθύστερους δασκάλους σκαπανείς των επιστημών, δηλαδή τον Αριστοτέλη χωρίς τον Πλάτωνα, ή τον Λεύκιππο χωρίς τον Δημόκριτο ή τον Παρμενίδη χωρίς τον Εμπεδοκλή ή τον Αναξίμανδη χωρίς τον Αναξίμανδρο και τον Αναξίμανδρο χωρίς το Θαλή. Οι προαναφερόμενοι δημιούργησαν ένα σωρό σχολές με επιφανή μέλη, που προώθησαν και συγκρότησαν τις επιστήμες στην αρχαία Ελλάδα. Μερικές από αυτές τις σχολές με κάποια εξέχοντα μέλη, μας είναι γνωστές σήμερα, δείχνοντας σε μας, ότι συνεχίστηκε η φιλοσοφική διερεύνηση των κοσμολογικών προβλημάτων για πολλούς αιώνες. Η αναφορά τους αποτελεί πολλές φορές το εισαγωγικό μέρος πολλών σημερινών μελετών πάνω στη φιλοσοφία της χημείας και τις απαρχές της ιστορίας της.



Παρ' όλα αυτά υπάρχουν κάποια ονόματα στη φιλοσοφία, που ανέπτυξαν κοσμογονικές απόψεις και πιθανόν φυσιοκρατικές θεωρήσεις, οι οποίες αμυδρά κάνουν το πέρασμά τους, ιδιαίτερα κατά την εποχή του Τρωϊκού πολέμου και μετά από αυτόν, ή πιο σωστά χωρίς να μπορούμε να τις τοποθετήσουμε χρονολογικά στους πίνακες της ιστορίας. Πρέπει να αναφέρουμε τους «σκοτεινούς χρόνους» της ελληνικής ιστορίας, για να δείξουμε τι επιπτώσεις είχαν, στους αιώνες που ακολούθησαν μετά από τον τρομερό αυτό πόλεμο. Οι καταγραφείσες πηγές ιστορικού, επικού και

φιλοσοφικού περιεχομένου αν υπήρχαν, θα εξαφανίστηκαν ή θα πρέπει να έχουμε κάνει λάθος χρονολόγηση για τα γεγονότα του Τρωικού πολέμου. Σύμφωνα με τα καθιερωμένα των σημερινών ιστορικών οι σκοτεινοί χρόνοι ή ο ελληνικός μεσαίωνα συνοδευόταν με διώξεις, εκκαθαρίσεις και πλαστογραφίες της ιστορίας, όπου το κυρίαρχο ιερατείο επέβαλε τις δικές του εκδοχές, μέσω του Ομήρου, αποκλείοντας τις άλλες γραπτές πηγές (π.χ. τα έπη του Κόριννου), τα οποία έγιναν μακριά από τη δική του δικαιοδοσία. Στην περίοδο αυτή πολλοί λαοί αποτίναξαν τον ζυγό των Αχαιών ή των Τρώων και προσπάθησαν να αυτονομηθούν. Το ελληνικό ιερατείο από την άλλη πλευρά καταπνίγοντας κάθε ελεύθερη σκέψη, ατομική εφεύρεση ή δραστηριότητα, εξαφάνισε όλες τις άλλες επικές ιστορήσεις του τρωικού πολέμου, απαγόρευσε τη μνημόνευση ηρώων, κι εμπόδισε όλες τις επικές αφηγήσεις των ανατρεπτικών εξουσιών, που είχαν προσωρινά επιβληθεί στην Πελοπόννησο και την υπόλοιπη Ελλάδα. Δημιουργήθηκε έτσι ένα κενό πέντε ολόκληρων αιώνων. Σε όλο αυτό το χάσμα έμειναν κάποια αποτυπώματα ονομάτων, φημών κι αφηγήσεων, τα οποία εκμεταλλεύτηκαν αργότερα οι Έλληνες λόγιοι στο θέατρο και έχουμε κάποια μνεία τους.

Ένα τέτοιο αποτύπωμα, μια τέτοια αναφορά συναντά κανείς στην ξένη βιβλιογραφία της ιστορίας της χημείας, ότι η ατομική θεωρία διατυπώθηκε κατά την περίοδο προ του Τρωικού πολέμου από κάποιον **Μόχον** ή **Μώχον** (595, σ. 12, Ποταδώνιος, Στωϊκός φιλόσοφος). Ψάχνοντας τα αρχαία κείμενα παρατηρούμε ότι και ο Στράβων(ας), στα Γεωγραφικά του, XVI, σελ. 757, γράφει: «*ει δε δει Ποσειδωνίω πιστεύσαι, και το περί των ατόμων δόγμα παλαιόν εστιν ανδρός Σιδωνίου Μώχου προ των Τρωικών χρόνων γεγονότος*», δηλαδή 'αν πρέπει να πιστεύσουμε τον Ποσειδώνιο, το δόγμα ή η άποψη των ατόμων είναι πολύ παλαιότερη από τα γεγονότα του Τρωικού πολέμου και οφείλεται σε έναν άνδρα από τη Σιδώνα'. Ο Στράβωνας (από την Αμάσεια Πόντου, 68 π.Χ.-20 μ.Χ.) ήταν ένας αξιόλογος γεωγράφος και αξιόπιστος συγγραφέας, χαρακτηριζόμενος από τον ακαδημαϊκό αλεξανδρολόγο Δημήτρη Τσιμπουκίδη ως το *κύκνιο άσμα του ελληνιστικού κόσμου*. Οι Έλληνες της εποχής εκείνης δεν έκρυβαν και δεν λογόκριναν τις φήμες που είχαν μία ευρύτατη διάδοση, έστω και χωρίς αποδεικτικά στοιχεία. Η κατάκτηση του ελληνικού κόσμου από τους Ρωμαίους όμως, δημιούργησε συνθήκες ενθάρρυνσης σε λαούς με υποδεέστερα πολιτιστικά στοιχεία, να διεκδικήσουν την πνευματική δόξα και τα ανώτερα πολιτιστικά στοιχεία των Ελλήνων, υπονομεύοντας την καταγωγή ή την ημερομηνία γέννησης του πνευματικού πλούτου αυτού. Ο Διογένης ο Λαέρτιος συγγραφέας του 3ου μ.Χ. αιώνα, από την πόλη Λαέρτη της Μικράς Ασίας, με άγνωστα τα στοιχεία της ζωής του, αλλά με σταθμισμένο το σωζόμενο συγγραφικό του έργο, χαρακτηρισμένο ως γραμμένο με ιστορική δικαιοσύνη, με αυθεντικό υλικό και χωρίς να αφήνει να διακριθεί η προσωπική φιλοσοφική του στάση, δίνει τις χρονολογικές εκτιμήσεις για παράδειγμα των Αιγυπτίων για την περίοδο των φιλοσοφικών τους αναζητήσεων. «*Από τα χρόνια του Ηφαίστου (πρώτος φιλόσοφος κατά τους Αιγυπτίους) ως τα χρόνια του Αλεξάνδρου του Μακεδόνα μεσολαβούν σαράντα οκτώ χιλιάδες οκτακόσια εξήντα τρία χρόνια. Και στο διάστημα αυτό έγιναν τριακόσιες τρεις εκλείψεις του ηλίου και οκτακόσιες τριάντα δύο εκλείψεις σελήνης*». Οι Πέρσες από τον πρώτο μάγο τους Ζωροάστρη,

ισοδύναμο με φιλόσοφο, μέχρι την άλωση της Τροίας, μεσολαβούν πέντε χιλιάδες χρόνια (571). Ανακριβείες ή πιο σωστά χρονολογικά τερατουργήματα, ενθαρρυσμένα από τους Ρωμαίους έναντι της ελληνόφωνης ανατολικής αυτοκρατορίας τους. Αξίζει να αναφερθεί η γνώμη του γνωστού Έλληνα καθηγητή της Φιλοσοφίας Χαράλαμπου Θεοδωρίδη, ο οποίος χαρακτηρίζει το έργο του Διογένη Λαέρτιου ως υποδειγματική ιστορία της Φιλοσοφίας, όπως ακριβώς την εννοούσαν οι αρχαίοι.

12 ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

ἔω περιβάλλον, ἢ διὰ τῶν Πέραν εἰσὶν, ἀποτέμντων εἶχε, καὶ διαίρειν αὐτὲ. εὐδὲ διηρέντο, ἐκ ἂν ἴσαν πρῶται ἀρχαί, καὶ τευχῆα. ἔτι δὲ καὶ παιδητικά, καὶ κητὰ, ὅπλον ἐκ τῶ ὡ τοῖς ἐξ αὐτῶν συγκρομένους Σώμασι Γείσεις, Ἀΐσεις, Φθοράς, καὶ παντοίας Ἐξαλλείσεις, καθοράδων.

§. 2. Τῶ τῶν Ἀτόμων ἀρχαιστάτη Συστήματα εὐρετῶ εἶσι λέγουσι (α) Μόχον τιὰ, ἢ Μόχον, πρὸ τῶ Τρωικῆ Πολέμου ἀκμάσαντα. Λεύκιππος δὲ, καὶ Δημόκριτος, καὶ Ἐπίκουρος εἰ καὶ τῆς Δόξης ταύτης ἀρχηγοὶ ἐκ ἴγένοντο, ἐξίδεντο ἴμως αὐτῶ, καὶ διαφέρειν λέγουσι συνέστησαν δάξαντες, ἔτι τὰ Ἄτομα πρῶται ἀρχαί, καὶ τευχῆα τῶν Σωμάτων εἶναι. ἵπερ ἡμεῖς, εὐδὲ Πείραν διαίρειν, εὐδὲ λόγον ἰχνοῖν, καὶ ἀναντίρρητον ἔχοντες, ἀποδείξαι ἐκ αἰρέμεθα. ἢ γὰρ εἶδαμεν, εἰ ἢ ὑπὸ τῆς Φύσεως, καὶ Τέχνης ὡ τοῖς Σώμασι γυομένη διαίρειν ἄχρι τῶν Ἀτόμων πείρειν. εὐδὲ Βασαίω τῶν πελυπραγμονῆσαι αὐτὰ ἔχομεν ἀνεπαίδητα ἔντα διὰ τῶ αὐτῶν σμικρότητα. εὐδὲ δὴ σκοπὸς εἰς τὰς πρῶτας ἀρχὰς προσευρένταί, ἀκαμφιλέτοις ἀποδείξειν αὐτὰς προσεμπεύσειν, (ἀκατάληπτοι γὰρ αὐταί, καὶ μὲν τῶ Δημιουργῶ γινώσκαι) ἀλλὰ τὰς τῶν Σωμάτων ἐργείας, καὶ τὰ ἰδιώματα τῶ καθήκοντι λόγῳ πολυπραγμονήσαντας, τὲς αὐτοῖς ἀσαπτόξαι Νέμεις. ἔλαρκει ἔν πρὸς τῶ τῶτων κατάληψιν τὰ Ἄτομα πρῶτας τῶν Σωμάτων ἀρχὰς προῦποτιθεῖν.

§. 3. Τὰ Ἄτομα Πράγματι μὲν, ἀδιάρετα, Νῶ δὲ, διαίρειν.

Ἡ γὰρ

(*) Κοινοῦτο δὲ Στωϊκὸς Φιλόσοφος ἐν τῶ πρὸ Στραβωνίου, καὶ Σίβητος Ἐμπειρικὸν συνηματίον.

Από τον πρώτο τόμο των ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ του Νικηφόρου Θεοτόκη 1765.

Στο έργο του Διογένη Λαέρτιου «Φιλοσόφων βίων και δογματων συναγωγή» ή Βίοι και Γνώμαι των εν Φιλοσοφία Ευδοκιμησάντων (δέκα βιβλία) έχουμε μία πλήρη και σύντομη ιστορική αναφορά των «σοφών» ή «μάγων» των βαρβάρων, τους οποίους θεωρεί αναξιόπιστους, τουλάχιστον χρονολογικά, όπως προαναφέραμε και για έλλειψη στοιχείων. Γράφει ότι: «οι Πέρσες είχαν τους Μάγους, οι Βαβυλώνιοι και οι Ασσύριοι τους

Χαλδαίους και οι Ινδοί τους Γυμνοσοφιστές· οι Κέλτες και οι Γαλάτες τους Δρυΐδες και τους Σεμνόθεους, όπως λέει ο Αριστοτέλης στο **Μαγικό** του και ο Σωτρίωνας στο εικοστό τρίτο βιβλίο του της **Διαδοχής**». Συνεχίζει για τους Φοίνικες, που πήραν τα πάνω τους μετά τον Τρωϊκό πόλεμο και την σταδιακή πτώση της δυναστείας των Αχαιών, (95, σελ. 158): «...το της φιλοσοφίας έργον ενιοί φασιν από βαρβάρων άρξαι... Φοινικά τε γενέσθαι **Μώχον** και Θράικα Ζάμολξιν και Λίβυν Άτλαντα».

Δεν ξεχνάει τους Αιγυπτίους και τους Πέρσες: «οι Αιγύπτιοι υποστηρίζουν πως η φιλοσοφία άρχισε με τον Ήφαιστο, το γιο του Νείλου και την ανέπτυξαν παραπέρα ιερείς και οι προφήτες. ...Από τους Μάγους, των οποίων πρώτος υπήρξε ο Πέρσης Ζωροάστρης, ως την άλωση της Τροίας, κατά τον Πλατωνικό Ερμόδωρο στο έργο του Περί μαθημάτων μεσολαβούν πέντε χιλιάδες χρόνια ...Μετά τον Ζωροάστρη ακολούθησαν πολλοί Μάγοι στη σειρά, όπως ο Οσάνας ο Αστράψυχος, ο Γωβρίας και ο Παζάτας, ως την κατάλυση της Περσίας από τον Αλέξανδρο. Όμως όλοι αυτοί παραγνωρίζουν τα κατορθώματα των Ελλήνων, ανάμεσα στα οποία είναι και αυτό της φιλοσοφίας, και ότι από τους Έλληνες αρχίζει και το ανθρώπινο γένος και τα αποδίδουν στους βαρβάρους». Αναφέρει τον Μουσαίο και το Λίνο και ότι «...η φιλοσοφία άρχισε από τους Έλληνες. Ακόμα και το όνομά της αποστρέφεται τη διατύπωση σε βάρβαρη γλώσσα». Τα παραπάνω δεν τα θεωρεί δικά του, αλλά πολλών άλλων μελετητών. Παραθέτει όμως πότε χρησιμοποιήθηκε ο όρος φιλόσοφος. «Ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο **φιλοσοφία** και ονόμασε τον εαυτό του φιλόσοφο είναι ο Πυθαγόρας, όταν συνομιλούσε στη Σικυώνα με το Λέοντα, τον τύραννο των Σικυωνίων ή των Φλιασίων, όπως λέει ο Ηρακλείδης ο Ποντικός στο βιβλίο του Περί της άπνου». Κάνει ακολούθως μία διάκριση μεταξύ σοφών και φιλοσόφων. Γίνεται μία αναφορά στους γνωστούς 7 σοφούς της αρχαιότητας, χωρίς να τους προσδιορίζει επακριβώς, αφού στη συνέχεια προσθέτει άλλους τέσσερις χωρίς να παίρνει συγκεκριμένη θέση γι' αυτούς. «Σοφοί ονομάζονται οι εξής: Θαλής, Σόλωνας, Περίανδρος, Κλεόβουλος, Χ(ε)ίλωνας, Βίας, Πιπτακός. Κοντά σ' αυτούς προσθέτουν τον Ανάχαρη τον Σκύθη, το Μύσωνα τον Χηνέα, το Φερεκύδη τον Σύριο και τον Επιμενίδη τον Κρήτα. Μερικοί προσθέτουν και τον τύραννο Πεισίστρατο. Αυτά για τους σοφούς».



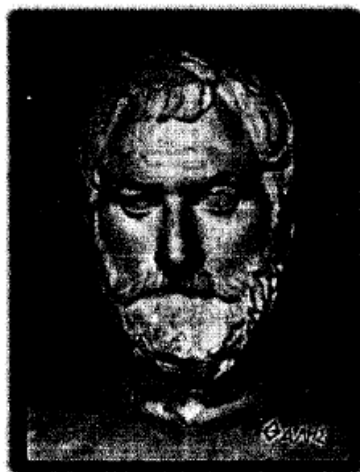
Ο Λίνος διδάσκει το Μουσαίο.

Ο Λίνος κατάγεται από τη Χαλκίδα ή από τη Θήβα. Ήταν τραγουδοποιός, συνθέτης και δάσκαλος του Ηρακλή και για άλλους δάσκαλος του

Μουσαίου. Ο Μουσαίος ήταν Αθηναίος ιερέας, γόνος αοιδών, του Αντίφημου (κατ' άλλους από τον Εύμολπον) και της Σελήνης, σύγχρονος του Ορφέα και προ του Ομήρου, ο οποίος εισήγαγε τη θρησκευτική ποίηση, άσματα εξαγνισμού, ύμνους και χρησμούς. Θεωρείται ότι, μαθήτευσε κοντά στον Ορφέα, είχε εκδώσει μία *Θεογονία* με ορφικές απόψεις, υποστηρίζοντας ότι όλα γεννήθηκαν από το νερό και την ύλη. Ο Μουσαίος πέθανε στο Φάληρο και ο τάφος του μνημονευόταν μέχρι τους πρώτους αιώνες μ.Χ. Άλλα έργα του είναι η «*Ευμολπία*», «*αι εξακέσεις νόσων*» (φαρμακευτικό-ιατρικό), και η «*Τιτανογραφία*».

Αυτό που διακρίνει ένα σοφό από ένα φιλόσοφο είναι ότι οι σοφοί έχουν αναδειχθεί κατ' εξοχήν ως νομοθέτες. Στα τέλη του 7ου αιώνα π.Χ. κατέρρευσε η Ασσυριακή Αυτοκρατορία με την πτώση της Νινευή (612 π.Χ.). Γεγονός που οδήγησε σε μία κοινωνική αναστάτωση με πολλές ανακατατάξεις, με αποτέλεσμα να διακοπεί το εμπόριο του κόσμου του Αιγαίου με την Ανατολική Μεσόγειο. Όπως η παρακμή της Ενετοκρατίας επήλθε, όταν οι Άγιοι Τόποι κατακτήθηκαν από τους Άραβες και το εμπόριο με τις Ινδίες των μπαχαρικών έγινε ασύμφορο, από τους δασμούς που επέβαλαν οι Άραβες μονάρχες, έτσι και οι ελληνικές πόλεις αντιμετώπισαν ένα έντονο εμπορικό πρόβλημα με την παραγμένη Ανατολή. Τα αποδεκατισμένα καραβάνια των καμήλων με τα εμπορεύματα από τους ενδιάμεσους Άραβες ηγεμόνες δεν μπορούσαν να ανταγωνιστούν το φορτίο μέχρι και 3000 τόνων των ισπανικών γαλέρων, οι οποίες έφερναν απευθείας τα ίδια προϊόντα από τις Ινδίες, Ινδοκίνα και γενικά την άπω ανατολή. Η μόνη διαφορά ήταν ότι, το εμπόριο των Ενετών στην Ανατολή το διαδέχτηκαν οι Ισπανοί και οι Πορτογάλοι, ανακαλύπτοντας νέους θαλάσσιους δρόμους προς τις Ινδίες με ταυτόχρονη ανακάλυψη νέων χωρών, ενώ το προβληματικό εμπόριο με την ανατολή των Ελλήνων οδήγησε τους τελευταίους σε εξερευνητικές νέων τόπων και στο συστηματικό εποικισμό τους με στόχο να αναπληρώσουν αυτοί οι τόποι το εμπόριο που είχε διακοπεί. Τον εποικισμό αυτό τον καθοδηγούσε τότε με συντονισμένες ενέργειες με τους 7 σοφούς το Μαντείο των Δελφών. Είναι γνωστό ότι μετά τα πολύχρονα ταξίδια του ο Σόλωνας, κατέληξε στο Μαντείο των Δελφών για να συζητήσει τις εμπειρίες του. Είναι γνωστός ο «*μύθος*» του Πλούταρχου των επτά σοφών, που επιστρέφοντας από το Μαντείο των Δελφών, συμμετείχαν σε Συμπόσιο στο σπίτι του Περιάνδρου από την Κόρινθο.

Η πολιτική αναστάτωση, που προέκυψε από την ήττα του Κύρου από τον Κροίσο βασιλιά των Λυδών στον ποταμό Άλυ, τον οποίο ο Κροίσος πέρασε χωρίς γέφυρα, από την εκτροπή του που σχεδίασε ο Θαλής, είχε ως συνέπεια να καταρρεύσουν τα δουλοκτητικά καθεστώτα των ευγενών γαιοκτημόνων υποτελών στους Πέρσες. Η αντικατάστασή των καθεστώτων γίνεται με την εγκαθίδρυση μιας μορφής τυραννίας, της οποίας πολλοί τύραννοι (Περιάνδρος, Βίας, Πιπτακός, Κλεόβουλος, Πεισίστρατος, Σόλωνας) έγιναν μεγάλοι νομοθέτες, οι νόμοι των οποίων άνοιξαν το δρόμο της αυθεντικής δημοκρατίας. Μερικοί από τους σοφούς δεν είναι μόνο νομοθέτες, αλλά φιλόσοφοι και ποιητές. Ο Θαλής και Σόλωνας ανήκουν στους πρώτους και ο Χίλωνας με τον Περιάνδρο στους δεύτερους.



Σε όλη αυτή την αναταραχή του 7ου αιώνα δημιουργήθηκαν τα πρώτα ψήγματα φιλοσοφικής σχολής. Μιας σχολής, που ανέπτυξε μία λογική εναντίον των κοσμογονικών μυθοπλασιών και θεϊκών δρώμενων, χωρίς να έρχεται ανοιχτά σε αντίθεση με το ιερατείο, το οποίο εκφραζόταν τότε από το Μαντείο των Δελφών. Η φιλοσοφική σχολή γεννήθηκε στη Μίλητο. Η Μίλητος την εποχή του 7ου με 6ου αιώνα π.Χ. ήταν μια από τις πιο πλούσιες Ιωνικές πόλεις, σπουδαίο εμπορικό κέντρο της ασιατικής ακτής, επιδεκτική πολλών επιρροών από τους λαούς της Ανατολής, των Αιγυπτίων και των λαών των άλλων μεσογειακών παραλίων. Άντλησε και κατέγραψε τα αστρονομικά δεδομένα των λαών αυτών, τις μαθηματικές τους μεθόδους με τις οποίες μετρούσαν τις επιφάνειες της γης και ρύθμιζαν τα φορολογικά τους έσοδα. Ταυτόχρονα απέρριψε τις υποδεέστερες ανθρωπομορφικές πεποιθήσεις τους για την κοσμογονία, εγκαταλείποντας εν πολλοίς και τις δικές τους, αυτές των Ιώνων, πάντοτε διακριτικά από το μακρινό Μαντείο των Δελφών, με το οποίο όμως διατηρούσε μία επαφή εκλεκτική και προσδιοριζόμενη από τη Μίλητο.

Οι φυσικές διαδικασίες σε αυτό το πολιτιστικό χωνευτήρι της Ιωνίας έπαψαν να βρίσκονται στο έλεος των θεών και των επί γης εκπροσώπων τους ιερέων. Οι κάτοικοι των πλούσιων αυτών εμπορικών κέντρων ήταν πολίτες πολυταξιδεμένοι, πρακτικοί στις πρωτοβουλίες τους, με οικονομική επιφάνεια. Οι κάτοικοι της Ιωνίας είχαν αφαιρέσει από το ιερατείο, (τότε ήταν των Δελφών το πιο ισχυρό) την αποκλειστικότητα της χρήσης των μαθηματικών, με τα οποία μετρούσαν τη γη, τους φόρους και τη δυνατότητα σχεδιασμού των οικοδομημάτων των πόλεων. Οι πολεμικές αναμετρήσεις των Λυδών του Κροίσου με τους Πέρσες του Κύρου ευνοούσαν τη διακίνηση της τεχνογνωσίας και την ανάπτυξη τέτοιας μακριά από αυτήν, την οποίαν έλεγχε το ιερατείο. Το ιερατείο ανάμεσα στα άλλα έχασε την αποκλειστικότητα των αστρονομικών παρατηρήσεων για την καταγραφή των πορειών μεγάλων ταξιδιών ή την πρόβλεψη καιρικών φαινομένων ή τη διαίρεση του χρόνου των εποχών για την καθιέρωση των κοινωνικών δραστηριοτήτων. Έτσι περιορίστηκε η εμβέλεια επιρροής του ιερατείου και μειώθηκαν τα προνόμια να έχουν γνώμη σε οποιαδήποτε δραστηριότητα ελληνικής πόλης.

Πρώτοι οι πολίτες έμποροι της Μιλήτου παρατήρησαν ότι, τα ανθρώπινα πάθη και οι επιδιώξεις των εκπροσώπων των ιερατειών είχαν προθέσεις απρόβλεπτες, οι οποίες όμως δεν επηρέαζαν τα φυσικά φαινόμενα. Οι «θείκές» διαδικασίες έδωσαν τη θέση τους στην ανακαλυπτική σχέση, η καθολικότητα της οποίας διαμόρφωνε το νόμο. Η διατύπωση του νόμου δημιούργησε με μία βασανιστική πορεία ένα νέο εννοιακό πλαίσιο, το οποίο έμεινε στην αφάνεια κατά τους σκοτεινούς χρόνους της επικράτησης του χριστιανισμού, αυτόν που ονομάζουμε δυτικό ή βυζαντινό μεσαίωνα. Το πλαίσιο όμως αυτό των εννοιών ήταν δυναμικό, γιατί όπως θα δούμε πιο κάτω δημιούργησε ένα στέρεο και ορθολογικό υπόβαθρο ανάπτυξης και θεμελίωσης των φυσικών επιστημών. Ήταν ο ορθός λόγος, που τιθάσευσε τα φαινόμενα, τα συνέκρινε, τα ταξινόμησε σε φυσικά και χημικά, τα αναπαρήγαγε σε ελεγχόμενες συνθήκες, βρήκε μέτρα και μεγέθη για να αποκαλύψει την αόρατη ταυτότητά τους, γενικά άρχισε να «παίζει» μαζί τους.

Η απαρχή της σχολής, που εναντιώθηκε στις μυθολογικές θρησκευτικές δοξασίες γέννησης του κόσμου, έγινε με τον Θαλή το Μιλήσιο, πρώτος των επτά σοφών της Ελλάδας, σύγχρονος του Σόλωνα, με τις ιδιότητες του εμπόρου, του πολιτικού, του εφαρμοσμένου μηχανικού, του αστρονόμου, του μαθηματικού και του γεωμέτρη. Γεννήθηκε γύρω στο 635 π.Χ. κατά το Διογένη τον Λαέρτιο, ενώ κατά το λεξικό Σουΐδα το 640 π.Χ. από γονείς ευγενικής καταγωγής (πατέρας ο Εξαμύας και μητέρα η Κλεοβουλίνη), απογόνους του Κάδμου και του Αγήνορος (Φοινικικής καταγωγής). Ο ιστορικός Φλέγων (από τις Τράλλεις, 2ος αιώνας μ.Χ.) τοποθετεί τη γέννηση ακόμη πιο πίσω. Πέθανε κατά την 58η Ολυμπιάδα (548-545 π. Χ.), όπως αποφαίνεται ο Διογένης ο Λαέρτιος. Δεν σώζεται κανένα κείμενο του Θαλή. Ένα χωρίον σώζεται στο δεύτερο βιβλίο του Γαληνού *Περί αρχών*, όμως αυτό δεν είναι σίγουρο ότι είναι δικό του. Λέγεται ότι ο Θαλής δεν άφησε γραπτά έργα, αλλά η διδασκαλία του συστηματοποιήθηκε από τους μαθητές του σε αυτά, που του αποδίδονται σήμερα ή από τις πρώιμες πηγές του 4ου αιώνα π.Χ. (94). Ο Σιμπλικίος και ο Πλούταρχος υποστηρίζουν χωριστά ότι ο Θαλής έγραψε μία Αστρολογία, (*Ναυτική Αστρολογία* την ονόμαζε ο πρώτος και *Αστρολογία* ο δεύτερος). Από το Διογένη το Λαέρτιο, έναν οξυδερκή συγγραφέα του 3ου με 4ου αιώνα μ.Χ., του συγγραφέα του έργου *Βίοι και Γνώμαι των εν Φιλοσοφία Ευδοκιμησάντων*, έργου πολύ αξιόπιστου που αποτελεί μία ιστορία της Φιλοσοφίας με καλές κατηγοριοποιήσεις των φιλοσόφων σε αντιπροσωπευτικές σχολές, αναφέρει ότι η *Ναυτική Αστρολογία* είναι του Φώκου του Σαμίου, ενός συγγραφέα του 6ου αιώνα π.Χ., που το έγραψε σε εξάμετρους δακτυλικούς στίχους (592). Ο Διογένης Λαέρτιος συμπληρώνει ότι ο Θαλής κατά «...άλλους έγραψε μόνο δύο συγγράμματα: *Περί τροπής* και *Περί Ισημερίας*, θεωρώντας όλα τα άλλα θέματα ακατάληπτα». Σύμφωνα με τον Λόβωνα τον Αργείο τα κείμενα του Θαλή φτάνουν τους διακόσιους στίχους (Λόβων ο Αργείος, γραμματικός του 3ου αιώνα π.Χ. με το φιλολογικό του έργο *Περί ποιητών*, 94). Το πιθανότερο είναι ο Θαλής να μην άφησε γραπτά ολοκληρωμένα κείμενα, αλλά κάποιες σημειώσεις με αποφθέγματα.

Ο Γαληνός πάλι αναφέρει ένα χωρίο του Θαλή από το δεύτερο βιβλίο του έργου του *Περί Αρχών*: «τα μεν ουν πολυθρύλητα τέτταρα, ων το πρώτον

είναι ύδωρ φαμέν και ωσανεί μόνον στοιχείον τίθεμεν, προς σύγκρισίν τε και πήγνυσιν και σύστασιν των εγκοσμίων προς άλλα συγκεράννυται. πως δε, ήδη λέλεκται ημίν εν τω πρώτῳ ». («όσο για τα περίφημα τέσσερα στοιχεία, των οποίων το πρώτο είναι το νερό και το οποίο θέτουμε ως μοναδικό στοιχείο, αναμειγνύονται με συνένωση μεταξύ τους, πήζουν ή στερεοποιούνται και πραγματοποιείται η σύσταση των σωμάτων του κόσμου, όπως έχουμε μιλήσει στο πρώτο βιβλίο»). Μία τέτοια τοποθέτηση όμως αμφισβητείται, γιατί την τεκμηρίωση των τεσσάρων στοιχείων (*ριζωμάτων*) την έκανε ο Εμπεδοκλής πολύ αργότερα, οπότε αυτό το βιβλίο του Θαλή πρέπει να γράφτηκε κατά τους ελληνιστικούς χρόνους και κάποιος να χρησιμοποίησε το όνομα το σοφού για να δώσει κύρος στο έργο του. Θα πρέπει να υπήρχαν κάποιες καταγραφές από σύγχρονους του της διδασκαλίας του. Δυστυχώς δεν σώζεται καμία καταγραφή του έργου του Θαλή, όμως μας είναι γνωστές οι θέσεις του είτε από βιογραφίες των αρχαίων, είτε από αποσπάσματα-αναφορές στα έργα τους. Το εύρος όμως της θεματολογίας του Θαλή από τις σύντομες αυτές αναφορές που έχουμε, θα πρέπει να κάλυπτε με σχετική πληρότητα την κοσμολογία, την αστρονομία, τα μαθηματικά, τη γεωγραφία, την υδραυλική μηχανική, τη μετεωρολογία και τη ναυτιλία.

Ως έμπορος διέπρεψε στο εμπόριο του λαδιού και στην κατασκευή και διαχείριση ελαιοτριβείων. Ως μηχανικός εξέτρεψε τον ποταμό Άλυ, για να μπορέσει να τον διαβεί ο βασιλιάς Κροίσος της Λυδίας. Ως διορατικός πολιτικός, ένωσε τους Ίωνες και τους Λυδούς εναντίον των Περσών, οδηγώντας τον Κροίσο σε νίκη εναντίον τους, προβλέποντας ταυτόχρονα έκλειψη ηλίου (το 585 π.Χ.) κατά τη διάρκεια της μάχης. Ως αστρονόμος, πέραν της έκλειψης, αποδίδουν σε αυτόν τη διαίρεση του χρόνου σε 365 ημέρες, παρατηρώντας ότι οι 4 εποχές του χρόνου δεν είχαν την ίδια χρονική διάρκεια. Ο Διογένης ο Λαέρτιος (571, 27) γράφει για τον πιο ονομαστό από τους 7 σοφούς της αρχαιότητας: «Υποστήριξε ότι αρχή των πάντων είναι το νερό και ότι ο κόσμος είναι έμψυχος και γεμάτος από δαίμονες (πνεύματα). Ανακάλυψε τις εποχές του χρόνου και τον χώρισε σε τριακόσιες εξήντα πέντε ημέρες». Και συνεχίζει: «Δεν τον δίδαξε κανένας, πέρα από το ότι, όταν πήγε στην Αίγυπτο συναναστάφηκε με τους ιερείς».

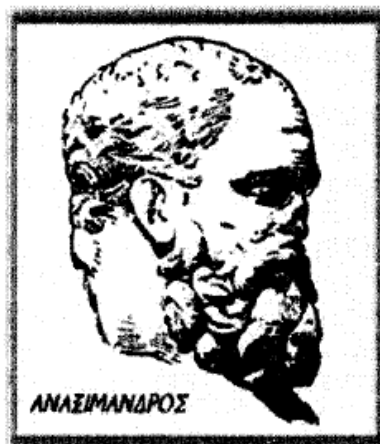
Για το Θαλή το υγρό στοιχείο, το νερό ήταν αιτία γέννησης (καταγωγής) όλων των πραγμάτων του κόσμου και ότι η γη επέπλεε πάνω στο νερό [94, Πλούταρχος, Αριστοτέλης (*Μετά τα φυσικά*)]. Με την έννοια του ύδατος προέβαλε μια παλιά μυθολογική αντίληψη του ότι, ο Ωκεανός είναι ο πατήρ των πάντων. Από τον Ησύχιο (94, σελ 56) διαβάζουμε: «...αρχήν δε των στοιχείων το ύδωρ» από το οποίο με μια απλή πύκνωση και **μάνωση** (*μάνωσις* = αραίωση, 17) παράγονται τα διάφορα σώματα. Η τροφή των όντων είναι υγρή, γι' αυτό και ο ίδιος λάμβανε υγρή τροφή. Από το υγρό γεννάται το θερμό, ο ουσιώδης παράγοντας της ζωής. Ο Σιμπλίκιος από την Κιλικία, νεοπλατωνικός φιλόσοφος του 6ου μ.Χ. αιώνα (εθνικός το θρήσκευμα και λίγο μετά το κλείσιμο της Ακαδημίας στην Αθήνα το 529, κατέφυγε στον Πέρση βασιλιά Χοσρόη) γράφει στα υπομνήματά του στα *Φυσικά* του Αριστοτέλη: «*Ανάμεσα σε αυτούς που ισχυρίζονται ότι η αρχή είναι μία και κινούμενη και ονομάζονται από τον Αριστοτέλη καθαυτό*

φυσικοί, κάποιοι όπως ο Θαλής ο Μιλήσιος γιος του Εξαμύα, και ο Ίππων, που ήταν ως φαίνεται άθεος, λένε ότι (η αρχή) είναι πεπερασμένη. Αυτοί έλεγαν ότι το νερό είναι η αρχή, και στο συμπέρασμα αυτό οδηγήθηκαν παρατηρώντας τα φαινόμενα μέσω των αισθήσεων. Γιατί το θερμό ζει από το νερό, τα νεκρά σώματα ξεραίνονται, τα σπέρματα όλων των όντων είναι υγρά και κάθε τροφή χυλώδης (υδαρής). Άρα από το νερό έχουν δημιουργηθεί και τρέφονται τα πάντα. Και το νερό είναι η αρχή της υγρής φύσης και συνεκτικόν πάντων. Γι' αυτό δέχονταν ότι το νερό είναι αρχή όλων (των πραγμάτων) και ισχυρίζονταν ότι η γη ακουμπάει πάνω στο νερό» (94). Η γη λοιπόν για το Θαλή και για τον Ίππία (ηγετική φυσιογνωμία στο χώρο των σοφιστών από την Ήλιδα, τέλη του 5ου αιώνα π.Χ.) στηρίζεται από το νερό και το όλον έχει σχήμα σφαιροειδές, «Θαλής και οι Στωικοί και οι απ' αυτών σφαιροειδή την γην» (Αέτιος Αντιοχεύς, φιλόσοφος περί το 100 μΧ.).

Ως προς τις ιδιότητες των διαφόρων υλικών, ήταν ο πρώτος, που παραβάλλει τις ελκτικές δυνάμεις του ηλέκτρου και του μαγνήτη λίθου. «...αλλά και άψυχα ψυχήν έχειν οπωσούν εκ της μαγνήτιδος και ηλέκτρου», ...αλλά και τα άψυχα πράγματα έχουν ψυχήν, αν κρίνουμε από τις ιδιότητες του μαγνήτη και του ήλεκτρου, (94). Ή όπως μας λέει ο Αριστοτέλης στο *Περί ζώων*: «έοικε δε και Θαλής, εξ ων απομνημονεύουσι, κινητικόν τι την ψυχήν υπολαβείν, είπερ τον λίθον ψυχήν έφη ότι τον σίδηρον κινεί». Φαίνεται επίσης από ότι αναφέρουν, ότι ο Θαλής θεώρησε την ψυχή ως κάτι κινητήριο, εφόσον είπε ότι ο μαγνήτης (λίθος) έχει ψυχή και το σίδηρο κινεί.

Ο Αναξίμανδρος (610/09 – 547/5 π.Χ.), γιος του Πραξιάδη, από τη Μίλητο, θεωρείται ένα από τους μαθητές του Θαλή, αν και ο Θαλής δεν άφησε καμία σχολή και δεν είχε συστηματικό ακροατήριο. Πολλοί υποστηρίζουν ότι ο Αναξίμανδρος ήταν απλώς νεότερος του Θαλή, γνώριζε τις αντιλήψεις του, αλλά δεν ήταν μαθητής του. Σύμφωνα με το Διογένη Λαέρτιο εφεύρε το γνώμονα και με βάση αυτόν δημιούργησε τα πρώτα ηλιακά ρολόγια. Κατασκεύασε μια σφαίρα με το περίγραμμα της γης και της θάλασσας και είχε πρωτοποριακές αντιλήψεις για τον ήλιο, το φως της σελήνης ότι προέρχεται από τον ήλιο και άφησε γραπτό έργο με τις απόψεις του, που κατά καλή τύχη το απέκτησε ο Απολλόδωρος ο Αθηναίος. Κατά τον Αναξίμανδρο στο απολεσθέν έργο του *Περί φύσεως* αρχή της ύλης και όχι του είδους της ύλης είναι το **άπειρον**, μία επέκταση του απέραντου της υδάτινης αρχής του Θαλή ή μία πραγμάτωση του μυθολογικού **χάους** του Ησίοδου (17). «Ούτος έφασκεν αρχήν και στοιχείον το **άπειρον**, ου διορίζων αέρα ή ύδωρ ή άλλο τι. Και τα μεν μέρη μεταβάλλειν, το δε παν αμετάβλητον είναι». Δηλαδή μεταφράζουμε τα λόγια του Διογένη Λαέρτιου για τον Αναξίμανδρο: 'Αυτός έλεγε ότι η αρχή και το στοιχείο όλων των σωμάτων είναι το άπειρο, δίχως να διευκρινίζει αν το άπειρο είναι ο αέρας το νερό ή κάτι άλλο. Τα μέρη μεταβάλλονται, αλλά το όλον είναι αμετάβλητο'. Ο Αναξίμανδρος είχε μία ανεξάρτητη σκέψη από αυτή του Θαλή, ώστε να μην μπορεί κάποιος με βεβαιότητα να τον χαρακτηρίσει ακριβώς ως μαθητή του, γι' αυτό και πολλοί ιστορικοί τον αναφέρουν ως συμπολίτη του Θαλή. Ο Αναξίμανδρος, μας πληροφορεί ο Ερμίας, συμπολίτης του Θαλή, λέει ότι η αέναη κίνηση είναι παλαιότερη αρχή από το υγρό και ότι αυτή μόνον παράγει τη γένεση και τη φθορά. «...ο πολίτης

αυτού Αναξίμανδρος του υγρού πρεσβυτέραν αρχήν είναι λέγει την **αΐδιον κίνησιν** και ταύτη τα μεν γεννάσθαι τα δε φθείρεσθαι». Ο Σιμπλίκιος γράφει για τον Αναξίμανδρο: «Αναξίμανδρος...αρχήν...είρηκε των όντων το άπειρον...εξ ων δε η γένεσις εστι τοις ούσι, και την φθοράν εις ταύτα γίνεσθαι κατά το χρεών' διδόναι γαρ αυτά δίκην και τίσιν αλλήλοις της αδικίας κατά την του χρόνου τάξιν». 'Ο Αναξίμανδρος ειπε ότι, το άπειρο είναι η αρχή των όντων και από αυτό γίνεται η γένεση για τα όντα, αυτά στα οποία κατ' ανάγκην επιστρέφουν, όταν αποσυντίθενται (φθείρονται). Γιατί τιμωρούνται και επανορθώνουν αμοιβαία για την αδικία τους, σύμφωνα με την τάξη (επιταγή) του χρόνου'.



Αν λάβουμε υπ' όψη, ότι η λέξη **άπειρο** σημαίνει χωρίς πέρας, χωρίς τέλος και χωρίς σταθμό στη κίνηση, το αέναη (*αΐδιος*) κίνηση και άπειρον γίνονται έννοιες ταυτόσημες. Το άπειρο είναι απεριόριστο στο χώρο και απεριόριστο σε είδος. Όπως υποστηρίζεται σήμερα το άπειρο γεννήθηκε από το ησιόδειο Χάος, (572). Μέσα σε αυτή την απεραντότητα χωρίς όρια της ύλης η δημιουργία κατά τον Αναξίμανδρο προήλθε από τις εκκρίσεις των διαφόρων ποιότητων, αρνητικών και θετικών (αντιθέτων), όλων αυτών που εναντιώνονται το ένα του άλλου, όπως του θερμού με το ψυχρό, του αραιού με το πυκνό, κτλ. Από την αέναη **κυκλική** κίνηση, γιατί αυτή είναι συνεχής, **εκκρίνονται** τα **ενάντια** (τα αντίθετα), το **υγρόν** (ψυχρόν) και το **πυρ** (θερμόν). Με τις κυκλικές κινήσεις τα όμοια φέρονται προς τα όμοια και συναποτελούν συγκεντρικές ομάδες γης, ύδατος και πυρός. Τα πύρινα φτιάχνουν τον ήλιο, τα γήινα και υδάτινα τη γαία. Αντίθετα από τον Θαλή, τη γη τη θεωρούσε κυλινδρική στήλη, *λίθωι κίονι την γην προσφερή* (γη όμοια με τον σπόνδυλο κίονα, Αέτιος), εικοσιεπτά φορές μικρότερη του ήλιου, ελεύθερη στο διάστημα στο κέντρο του κόσμου.

Σήμερα πιστεύεται από τους περισσότερους μελετητές των αρχαίων κειμένων και κριτικούς, ότι, ο Αναξίμανδρος ήταν ο πρώτος που αποκάλεσε την πρωταρχική ουσία, το πρωτογενές υλικό ως ειδικό όρο «*αρχή*». Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξε και ο Θεόφραστος στο έργο του «*Φυσικών δόξαι*» (Αντιλήψεις των φυσικών), ένα φημισμένο έργο αναφερόμενο στη φιλοσοφία από το Θαλή μέχρι τον Πλάτωνα, το οποίον δυστυχώς δεν διασώζεται. Μέρος της εκδοχής αυτής του Θεόφραστου για τον όρο *αρχή* διασώθηκε από το Σιμπλίκιο (στο έργο του «*εις Φυσικά*»), αλλά επιβεβαίωση

αυτής της θέσης προβάλλεται και από τον Ιππόλυτο (θεολόγο από τη Ρώμη του 3ου μ.Χ. αιώνα με εννιά βιβλία με γενικό τίτλο: «Έλεγχος κατά πασών των αιρέσεων»). Ο ψευδο-Πλούταρχος στους «Στρωματείς» αναφέρει την αρχική αιτία της γένεσης και της φθοράς το άπειρον.

Σιμπλίκιος εις Φυσικά	Ιππόλυτος Έλεγχος κατά πασών των αιρέσεων	Ψευδοπλούταρχος Στρωματείς
<p><i>Αναξίμανδρος μεν Πραξιάδου Μιλήσιος ... αρχήν τε και στοιχείον είρηκε των όντων άπειρον, ... πρώτος τούτο τούνομα κομίσας της αρχής.</i></p>	<p><i>Αναξίμανδρος Πραξιάδου Μιλήσιος ...ούτος μεν αρχήν και στοιχείον είρηκε των όντων το άπειρον, ... πρώτος [τούτο] τούνομα καλέσας της αρχής.</i></p>	<p><i>Αναξίμανδρον Θάλητος έταιρον γενόμενον ... το άπειρον φάναι την πάσαν αιτίαν έχειν της του παντός γενέσεώς τε και φθοράς,...</i></p>

Μαθητής του Αναξίμανδρου ήταν ο Αναξιμένης Ευρυστάτου Μιλήσιος (585 – 525 π.Χ.). Μερικοί έλεγαν ότι ήταν μαθητής του Παρμενίδη, άλλοι όμως δεχόντουσαν το νεαρό της ηλικίας του σε σχέση με τον Παρμενίδη, αλλά η φιλοσοφική του παρουσία ήταν αυτόνομη. Ως αρχή είχε τον άερα και το άπειρο. Διογένης Λαέρτιος: «ούτος αρχήν αέρα είπεν και το άπειρον». Και συμπληρώνει: «κινείσθαι δε τα άστρα ουχ υπό γην, αλλά περί γην». Ενώ κατά τον Αναξίμανδρο η γένεση του κόσμου συντελούνταν από την έκκριση των αντιθέτων, ο Αναξιμένης έβλεπε περισσότερο στην εναλλαγή της γένεσης και της φθοράς ως μία διαρκή διαδικασία πύκνωσης και αραιώσης, μια ιδέα που προήλθε από την παρατήρηση των όσων συμβαίνουν στη φύση, ιδιαίτερα με την επανάληψη των εποχών της. Η μεταβολή της θερμοκρασίας επιδρά στον αέρα, δημιουργώντας νέφη, βροχή, χιόνι, χαλάζι. Θεώρησε ότι οι πυκνώσεις γεννούν τα καιρικά αυτά φαινόμενα. Έπειτα παρατήρησε ότι με τη φωτιά ο αέρας αραιώνεται, οπότε αντιστρέφει το αίτιο, ότι η αραιώση του αέρα γίνεται φωτιά. Ο Σιμπλίκιος γράφει: «Αναξιμένης ...εταίρος γεγονώς Αναξιμάνδρου, μίαν και αυτός την υποκειμένην φύσιν και άπειρον φησιν ώσπερ εκείνος, ουκ άόριστον· δε ώσπερ εκείνος, αλλά ωρισμένην, αέρα λέγων αυτήν· διαφέρει δε μανότητι και πυκνότητι κατά τας ουσίας», [Ο Αναξιμένης σύντροφος του Αναξίμανδρου, λέει κι αυτός ότι η υποκείμενη φύση είναι μία και άπειρη όπως ακριβώς υποστήριζε κι εκείνος· δεν την άφησε απροσδιόριστη, αλλά την προσδιόρισε λέγοντας ότι ο αέρας είναι (το στοιχείο)· (ο αέρας) διαφέρει ανάλογα με τις ουσίες εξαιτίας της πύκνωσής του ή της αραιώσής του]. Το θερμό και το ψυχρό, στα δύο αυτά αντίθετα κατά τον Αναξιμένη οφείλονται στην αραιώση (μάνοσιν) και την (συμ)πύκνωση του αέρα, της πνοής όπως χαρακτηριστικά γράφει ο Σιμπλίκιος. «Αναξιμένης δε Ευρυστράτου Μιλήσιος, εταίρος γεγονώς Αναξιμάνδρου, μίαν μεν και αυτός την υποκείμενην φύσιν και άπειρος φησίν ώσπερ εκείνος, ουκ άόριστον· δε ώσπερ εκείνος, αλλά ωρισμένην, αέρα λέγων αυτήν· διαφέρει δε μανότητι

και πυκνότητι κατά τας ουσίας, και αραιούμενονμε πυρ γίνεσθαι, πυκνούμενον δε άνεμον, είτα νέφος, έτι δε μάλλον ύδωρ, είτα γην, είτα λίθους, τα δε άλλα εκ τούτων, κίνησιν δε και ούτος αίδιον ποιεί, δι' ην και την μεταβολήν γίνεσθαι», δηλαδή: 'Ο Αναξιμένης ο Μιλήσιος του Ευρύστρατου (πατέρα), σύγχρονος του Αναξίμανδρου, λέει και αυτός ότι η υποκείμενη φύση είναι άπειρη· δεν την άφησε απροσδιόριστη (όπως ο Αναξίμανδρος), αλλά την προσδιόρισε λέγοντας ότι είναι ο αέρας· αυτός διαφοροποιείται σε διάφορες ουσίες αναλόγως της αραιώσής του ή της πύκνωσής του και όταν (ο αέρας) αραιώνεται γίνεται πυρ, ενώ (σταδιακά) όταν πυκνώνεται γίνεται άνεμος, έπειτα σύννεφο, ακόμη μετά ύδωρ, έπειτα γη, έπειτα λίθοι (ορυκτά και πετρώματα) και από αυτά τα υπόλοιπα, με την αέναη κίνηση να δημιουργεί όλη αυτή τη μεταβολή'.



Αναξιμένης

Ο Αναξιμένης στον αέρα προσπαθεί να δώσει τη δύναμη της δημιουργίας και τον ανακυρήσσει **θεία αρχή**. Ο αέρας μας λέει ο Κικέρων(ας) στο *de natura deorum* I, 10, 26 είναι θεός (με την έννοια του θείου, «Anaximenes aëra deum stauit eumque ... et ifinitum et semper in motu...»), αχανής και άπειρος και αεικίνητος. Η γη σχηματίστηκε με την πύκνωση ενός μέρους του αρχέγονου και άπειρου αέρα. Η γη *εποχείται* του αέρα (επιβαίνει στον αέρα, τον καβαλάει). Το *ομηρικόν* ρήμα *εποχείσθαι* χρησιμοποιείται από τον Αναξιμένη για να ολοκληρώσει τις κοσμογονικές του αντιλήψεις, ένα σημείο επιρροής της επικής ποίησης στη φιλοσοφική σκέψη. Με κάποια συνέπεια μονιστική θα λέγαμε ο Αναξιμένης διατηρεί τη διηνεκή ανακύκλωση του Σύμπαντος.

Συμπερασματικά ο Αναξιμένης θεωρεί ότι το άπειρο δεν είναι μίγμα των υλικών αρχέγονων στοιχείων ούτε μία ανυπόστατη νοητική αρχή: *είναι ύλη*

που περιέχει τα πάντα. Από το άπειρο αποσπώνται οι αντίθετες ύλες "ψυχρόν" και "θερμόν" και από την ανάμιξη τους παράγεται το νερό. Από το νερό τώρα προκύπτουν τα άλλα τρία αρχέγονα στοιχεία, η γη, ο αέρας και η φωτιά. Τα δύο τελευταία στοιχεία, δηλαδή από τον αέρα και τη φωτιά, δημιουργούν τα αστέρια, που εκπέμπουν τη λάμψη της φωτιάς και ρυθμίζουν την κίνηση των ρευμάτων του αέρα.

Ο Φερεκύδης ο Σύριος, από κάποιο νησί του Αιγαίου, γιος του Βάβυδα, σύγχρονος του βασιλιά Αλυάτου και των επτά σοφών, αυτοδίδακτος και δάσκαλος του Πυθαγόρα, από τους πρώτους πεζογράφους έγραψε το «Περί της φύσεως των θεών», έργο που δεν σώζεται, σήμερα και το «Πεντέμυχος». Στο Πεντέμυχο αποδέχεται την ύπαρξη τριών αιώνιων όντων: ο Ζας (Ζευς), ο Χρόνος (Κρόνος) και η Χθονίη (Γαία, Γη). Ο Ζας εν φιλότητι με τη Χθονίη, της οποίας χαρίζει ένα πέπλο πολύχρωμο, γεννά τον Ωγηνόν (Ωκεανό). Στους πέντε βυθούς του Ωκεανού, στα βάραθρα και στις πύλες τους συναντά κανείς στοιχεία μετεμψύχωσης. Στο νησί τη Σύρο εκατοντάδες χρόνια μετά έδειχναν το ηλιακό ρολόγι που είχε κατασκευάσει ο Φερεκύδης. [273]



Ο Πυθαγόρας σε λατινικό χειρόγραφο.

Ο Πυθαγόρας ο Σάμιος (586/68 – 507 π.Χ.) άνοιξε νέους δρόμους για την ερμηνεία του κόσμου με την εισαγωγή των μαθηματικών αριθμών, που αποτελούν την κοσμοποιού αρχή των στοιχείων, από τα οποία αποτελούνται τα διάφορα σώματα. Είχε δασκάλους λέγεται το Θαλή, το Βίαντα, τον Αναξίμανδρο και το Φερεκύδη. Ο Πυθαγόρας στην αρχή ξεκίνησε τη διδασκαλία του στη Σάμο, αλλά συγκρούστηκε με τον Πολυκράτη τον τύραννο της Σάμου, αναγκάστηκε να φύγει και μετά από πολύχρονα ταξίδια κατέφυγε στην Κάτω Ιταλία (Μεγάλη Ελλάδα), στον Κρότωνα, δημιούργησε μεγάλη σχολή με αυστηρούς κανόνες διατροφής, συμπεριφοράς και γενικά διαβίωσης, που μπορεί να συγκριθεί με τα μοναχικά τάγματα των χριστιανών του μεσαίωνα. Γύρω στο 520 επέστρεψε στη Σάμο, όπου συνέχισε τη διδασκαλία του μέχρι το θάνατό του. Οι οπαδοί του ήταν πολλοί, αλλά με το θάνατο του δασκάλου τους διασπάστηκαν σε πολλές τάσεις. Δύο ήταν οι κυριότερες, αυτοί που παρέμειναν δογματικοί και αυτοί οι οποίοι προσπάθησαν να εφαρμόσουν τις αφηρημένες μαθηματικές

δοξασίες του στα φυσικά φαινόμενα και να τα γενικέψουν στην κοσμογένεση. [214]



Ο Πυθαγόρας σε ελληνικό γραμματόσημο.

Το άπειρον, η συνήθης κοσμογονική αρχή των φιλοσόφων αποτελείται κατά τους Πυθαγόρειους από το αριθμητικό *άρτιον* αυθυπόστατον και αισθητόν, ως μία αρχέγονη ουσία δόμησης των αριθμητικών μονάδων. Στο «*Περί Ουρανού*» του Αριστοτέλη συναντάμε: «*Αμα γαρ ουσίαν (αισθητήν) ποιούσι (οι Πυθαγόριοι) το άπειρον και μερίζουσι*». Ο αριθμός κατά τους Πυθαγόρειους λειτουργεί ως μία αισθητή ουσία, μονάδες του οποίου συνθέτουν τα σώματα και ανοίγει το δρόμο της θεώρησης, ότι τα φαινόμενα των όντων μπορούν να ερμηνευτούν με ομοιώματα αριθμητικών παθών, που οι αριθμητικές μονάδες ενυπάρχουν ως πρώτα αίτια ή δύναμη δημιουργίας. Ο Έκφαντος, πριν από το Λεύκιππο υποστηρίζει πως από τους Πυθαγόρειους αριθμούς προήλθαν οι ατομικές μονάδες και ο **ατομισμός** των Λεύκιππου – Δημόκριτου. Οι αριθμοί απέκτησαν σωματιδιακή υπόσταση με τα άτομα, ή όπως έλεγε ο Αριστοτέλης στο «*Περί Ουρανού*», «...*πάντα τα όντα ποιούσιν αριθμούς και εξ αριθμών*», 'όλα τα όντα αντιπροσωπεύουν αριθμούς και από αριθμούς προέρχονται'. Οι συνδυασμοί των στοιχείων στις διάφορες ουσίες είναι μία αρμονική απεικόνιση αριθμών – στοιχείων. Η αρμονία παράγεται με την ένωση αντιθέτων, *εναντίων*, όπως του *περιττού* και του *άρτιου*. Το *άρτιον* τέμνεται σε δύο ίσα μέρη μέχρι της μονάδος, που είναι από τη φύση της **άτομος** (δεν τέμνεται), δηλαδή $4 = 2+2 = 1+1+1+1$. Από εκεί ονομάστηκε το *άρτιο* άπειρο, δηλαδή *άοριστο* ή *χωρίς όριο*, συνώνυμο του *ατελούς* (χωρίς τέλος), αρά κινούμενου διαρκώς, ακατάπαυστα. Το *περιττόν* τέμνεται σε δύο άνισα μέρη, άρα είναι *τέλειο* (έχει τέλος, έχει όριο) και καθορισμένο, η αιτία που γεννά τις αμετάβλητες ουσίες και τα ορισμένα **είδη**.



Ο Πυθαγόρας σε αρχαϊκό νόμισμα.

Ο δομικός λίθος όλων των αριθμών είναι η μονάς, άφθαρτη αδιαίρετη, μοναδική. Τη **μονάδα**, οι πυθαγόρειοι τη θεωρούσαν, ως το μοναδικό αριθμό που μετέχει στη συγκρότηση και του *άρτιου* και του *περιττού*, δηλαδή του

άπειρου και του πεπερασμένου. Το άρτιο και το περιττό αποτελεί κατά τον Πυθαγόρα η **αρχή των όντων**. Από την κοινή μέτρηση με τα δάκτυλα τη δεκάδα (**δεκάς**) δημιούργησε το όριο των αριθμών, των οποίων η απειρία συνίσταται από επαναλαμβανόμενες δεκάδες. Η **δεκάς** εκκαλείτο **τέλειος** αριθμός, που περιέχει όλους τους αριθμούς. Η **τετρακτύς** προσομοιαζόταν με την **πίστη**, **πηγή** και **ρίζωμα** της φύσης, $1+2+3+4=10$. Κάθε άλλος αριθμός της δεκάδας είχε την ίδια χαρακτηριστική ιδιότητα ως συμβόλου ενέργειας μιας δύναμης. Ο 2 είναι ο πρώτος άρτιος αριθμός, αναφερόταν στον Κρόνο, και ελέγετο ότι απεικόνιζε την κίνηση και τη γένεση. Το 3 ήταν ο πρώτος περιττός με αρχή, μέσο και τέλος, ελέγετο **μεσότης** και **αναλογία**. Ο 4 ισάκις ίσος, το πρώτο τετράγωνο, ήταν η **δικαιοσύνη**, το **σώμα**. Το 5 άθροισμα του πρώτου άρτιου ή θηλυκού και του πρώτου περιττού ή άρρενος, ελέγετο **γάμος**, το **φυσικό σώμα** (ουσία). Το 6, $3+3$, ήταν το έμψυχο και η γεωμετρική μεσότης $3-6-12$ ή 3×2 ή 6×2 , το 7 η θεά Αθηνά και ο καιρός, αριθμός που εκφράζει την προς θαυμασμόν τελειότητα, με την οποίαν οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν σε καταστάσεις, όπως επτά σοφοί, επτά θαύματα, επτά χρόνων οδοντοφυεΐ ο άνθρωπος, σε επτά μέρες έδιναν οι Έλληνες από τη γέννηση το όνομα του παιδιού τους, 2×7 γίνεται έφηβος, 3×7 τεκνοποιεί, η λύρα του Απόλλωνα είχε 7 χορδές, η Θήβα ήταν **επτάπυλος**, επτά πόλεις έριζαν για τον Όμηρο, επτά παρθένες και επτά έφηβους έστελναν οι Αθηναίοι στο Μίνωα, επτά αγόρια και επτά κορίτσια έκανε η Νιόβη, η κόρη του Τάνταλου και αδελφή του Πέλοπα. Αναπτύχθηκε έτσι μία κοσμοθεώρηση δημιουργίας σωμάτων από αριθμούς, που έστρωσε το δρόμο στην ατομική θεωρία, τη σωματιδιακή θεώρηση της ύλης και των φαινομένων της. Το σύμπαν των Πυθαγορείων έγινε **μαθηματικό** και η μονάδα ο δομικός λίθος. [17, 274]



Πυθαγόρας 582-507 π.Χ.

Ο Ξενοφάνης ο Κολωφόνιος (570 – 480 π.Χ.), γιος του Δέξιου, ιδρυτής της Ελεατικής σχολής, τη γη και το νερό δέχεται ως πρωταρχικά στοιχεία της γένεσης των πραγμάτων. «...γη και ύδωρ πάντ' εσθ' όσα γίνοντ' ηδέ φύονται» (Σιμπλίκιος, «εις Φυσικά», "όλα τα σώματα που γενιούνται και αναπτύσσονται είναι γη και νερό"). Η «πάντες γαρ γαίης τε και ύδατος εκγενόμεσθα», (Σέξτος, «Προς Μαθηματικούς»). Ο Ξενοφάνης πίστευε στην αναδημιουργία όχι μόνο του ήλιου, αλλά και στα περιοδικά φαινόμενα της φύσης, όταν υποστηρίζει ότι η γη διαλύεται από τη θάλασσα, όπως γίνεται από αυτήν στα γνωστά μας σήμερα ιζηματογενή πετρώματα. Ήταν ο πρώτος που μελέτησε τα απολιθώματα και έδωσε ερμηνεία γιατί αυτά σχηματίστηκαν. «...ο δε Ξενοφάνης μίξιν της γης προς την θάλασσαν γίνεσθαι δοκεί και τω χρόνω λύεσθαι, φάσκων τοιαύτας έχειν αποδείξεις, ότι εν μέση γη και όρεσιν ευρίσκονται κόγχαι, και εν Συρακούσαις δε εν ταις λατομίας λέγει ευρήσθαι τύπον ιχθύος και φυκών, εν δε Πάρω τύπον δάφνης εν τω βάθει του λίθου, εν δε Μελίτη πλάκας συμπάντων των θαλασσίων. ταύτα δε φησίν γενέσθαι ότε πάντων επηλώθησαν πάλαι, τον δετύπον εν τω πηλώ ξηρανθήναι. αναιρείσθαι δε τους ανθρώπους όταν η γη κατενεχθείσα εις την θάλασσαν πηλός γένηται, είτα πάλιν άρχεσθαι της γενέσεως, και ταύτην πάσι τοις κόσμοις γίνεσθαι καταβολήν», (Ιπόλλυτος, 572). Ο Ξενοφάνης θεωρεί ότι γίνεται ένα μίγμα από θάλασσα και γη και ότι με τον καιρό η γη διαλύεται στο υγρό στοιχείο. Υποστηρίζει ότι έχει αποδείξεις γι' αυτό, ότι εντός της γης και στα βουνά βρίσκονται κοχύλια, και στα λατομεία των Συρακουσών εντόπισε το αποτύπωμα ψαριού και φυκιών, ενώ στην Πάρο βρέθηκε στο βάθος της πέτρας το αποτύπωμα φύλλου δάφνης και στη Μάλτα πλάκες με όλα τα θαλάσσια είδη. Αυτά λέει, δημιουργήθηκαν πριν από πολύ καιρό με λάσπη και το αποτύπωμα ξεράθηκε στη λάσπη. Η ανθρωπότητα αφανίζεται όποτε η γη μεταφέρεται μεσα στη θάλασσα και γίνεται λάσπη. Κατόπιν η διαδικασία τη γένεσης ξαναρχίζει και αυτήν την καταβολή έχουν όλοι οι κόσμοι'. [572]

Ο Ηράκλειτος ο Εφέσιος (550 και 480 π.Χ.) έδωσε έμφαση στο πυρ και στις διάφορες εκφάνσεις των αντιθέτων. Γράφει ο Αέτιος (93): [*«Ηράκλειτος και Ίππασος ο Μεταποντίνος αρχήν των απάντων το πυρ. εκ πυρός γαρ τα πάντα γίνεσθαι και εις πυρ πάντα τελευτάν λέγουσι.»*]. Ο Ηράκλειτος και ο Ίππασος ο Μεταποντίνος ή από το Μεταπόντιο (μαθηματικός και θεωρητικός της αρμονίας της τέχνης, του 5ου αιώνα π.Χ.) θεωρούν ότι το πυρ είναι η αρχή των πάντων. Υποστηρίζουν ότι τα πάντα δημιουργούνται από το πυρ και καταλήγουν στο πυρ'. Συνεχίζει ο Διογένης Λαέρτιος (93): [*«Πυκνούμενον γαρ το πυρ εξυγραίνεσθαι συνιστάμενόν τε γίνεσθαι ύδωρ, πηγνύμενον δε το ύδωρ εις γην τρέπεσθαι και ταύτην οδόν επί το κάτω είναι...»*]. Γιατί το πυρ πυκνώνεται και υγροποιείται και όταν (οι σταγόνες) συγκεντρωθούν γίνεται το νερό. Όταν το νερό πήξει, μεταβάλλεται σε χώμα. Αυτή είναι η οδός προς τα κάτω'. Συνεχίζοντας, δέχεται ότι, το χώμα μπορεί να υγροποιηθεί σε νερό και από αυτό να μπορούν να παραχθούν τα υπόλοιπα σώματα, ανάγοντας σχεδόν τα πάντα σε θαλάσσιες αναθυμιάσεις.



Ο Ηράκλειτος δίνει έμφαση στις τροποποιήσεις και υποστηρίζει ότι σοφία είναι να κατανοεί κανείς πως λειτουργεί ο κόσμος και με ποιον τρόπο συμβαίνουν τα φαινόμενα. Όλες αυτές οι αλλαγές που συμβαίνουν μεταξύ του πυρός, της θάλασσας και της γης εξισορροπούν η μία την άλλη με το *αιθέριο πυρ* να κατευθύνει τις μεταβολές αυτές. Το απόφθεγμα του Ηράκλειτου που καταγράφεται από τον Ιππόλυτο «*πόλεμος πάντων μεν πατήρ εστι, πάντων βασιλεύς...*», είναι αυτό το οποίο εκφράζει την κεντρική του κοσμογονική ιδέα (93).

Ο Παρμενίδης ο Ελεάτης (γεννήθηκε το 515 π.Χ.) ήταν μαθητής του Ξενοφάνη και κατά άλλους ακροατής του Αναξίμανδρου. Γνώρισε νεαρό το Σωκράτη, όταν πήγε στην Αθήνα γύρω στο 458. Ο Παρμενίδης εναντιώθηκε στη δημιουργία και τη γένεση του κόσμου, θεωρώντας το *ον* αγέννητο, άφθαρτο, ένα και συνεχές. Χωρίς να προσδιορίζει το *ον*, υποστήριξε ότι ήταν αδύνατο να γεννηθεί ή να αφανιστεί. 'Αλλά είναι ακίνητο με γερούς δεσμούς, και υπάρχει χωρίς αρχή και χωρίς τέλος, γιατί η γένεση και η φθορά απομακρύνθηκαν μακριά και η αληθινή πίστη τα απώθησε', «*αυτάρ ακίνητον μέγαν εν πείρασι δεσμών έστιν άναρχον άπαυστον, επει γένεσις και όλεθρος ήλε μάλ' επλάχθησαν, απώσ' δε πίστις αληθής*» (Σιμπλικίος, «*εις Φυσικά*», 145, 27). Το ακίνητο (αμετάβλητο) σύμπαν εμφανίζει μια θολή αντίληψη του μέτρου του ορίου, που χρησιμοποιεί ο Παρμενίδης, ο οποίος μας λέει ότι, το *ον* δεν μπορεί να διαφοροποιηθεί σε κάποια χρονική στιγμή σε σχέση με την κατάσταση, την οποίαν βρίσκεται τώρα, εκφράζοντας μία συμβολική λογική για την κατανόηση του πεπερασμένου όντος και της απόρριψης του μη όντος ως ανύπαρκτου.



Πάπυρος με γραπτό του Παρμενίδη.



Παρμενίδης

Ο Ζήνων ο Ελεάτης (490 – 430 π.Χ.) καμιά εικοσαριά χρόνια νεότερος από τον Παρμενίδη και μαθητής του, ανέπτυξε μία διαλεκτική μέθοδο υπεράσπισης της **αρχής της αντίφασης** του Παρμενίδη, με την οποίαν εξετάζεται τότε μία έννοια είναι ορθή. Για να αποδείξει την ακινησία του κόσμου, θεώρησε ότι ένα σώμα που κινείται, διατρέχει το μισό της απόστασης,

το άλλο μισό διατρέχει το μισό επίσης και επειδή το ελάχιστο μισό μπορεί να διαιρεθεί στα δύο, ποτέ το σώμα δεν θα φθάσει στον προορισμό του. Ουσιαστικά ο Ζήνων δεν προσέφερε σε τίποτα στη διαμόρφωση της έρευνας των φυσικών φαινομένων, απλώς ήταν μία άλλη μεθοδολογία σκέψης.



Ζήνων ο Ελεάτης

Αντιθέτως προς τον Ζήωνα, ο συνομήλικός του Εμπεδοκλής ο Ακραγαντίνος (495/90 – 435/30 π.Χ.), ένας από τους σπουδαιότερους εκπροσώπους της προσωκρατικής φιλοσοφίας, θεωρείται ένας μεγάλος ερευνητής της φύσης και θεμελιωτής της κοσμοθεωρίας για τη σύσταση του σύμπαντος από τέσσερα αρχικά στοιχεία, δηλαδή της *γης*, του *ύδατος* του *αέρα* και του *πυρός* (φωτιά), τα οποία ονόμασε **ριζώματα**. Τα **ριζώματα** ξεπετάχτηκαν από το ένα αρχέγονο όν, το **σφαίρον**. Οι αντιλήψεις του για τα φυσικά δρώμενα περιέχονται σε δύο βιβλία ποιητικού λόγου, που επιγράφονται «*Περί φύσεως*», με πάνω από δυο χιλιάδες στίχους, από τους οποίους σώζονται 340 στίχοι. Το ποίημα αυτό μιμήθηκαν πολλοί λατινοί ποιητές, μεταξύ αυτών ο Λουκρήτιος στο *De Rerum Naturum*.



Στο «*Περί φύσεως*» ο Εμπεδοκλής αρχίζει με μία προσφώνηση στον αγαπημένο του μαθητή και αχώριστο φίλο Πausανία, στον οποίον συνιστά εχεμύθεια ίδια με αυτήν των ιχθύων. Συνεχίζει στη μήση της διδασκαλίας του, επικαλούμενος τη συνδρομή της Μούσας για να κάνει πιο αξιόπιστη και βάσιμη τη θεωρία του για την κοσμογένεση και ταυτίζοντας τα τέσσερα στοιχεία (**ριζώματα**, ρίζες) με τους πιο τότε επιφανείς θεούς. Απόσπασμα 6: «*Τέσσαρα γαρ πάντων ριζώματα πρώτον άκουε. Ζευς αργής Ήρη τε φερέσβιος ήδ' Αδωνεύς Νήσις θ' ή δακρύοις τέγγει κρούνωμα βρότειον αγένητα*». 'Άκουε κατά πρώτον ότι τέσσαρα είναι τα ριζώματα. Ο Ζευς ο οποίος φωτοβολεί (με κεραυνούς), η Ήρα η φορέας ζωής, ο

Αδωνεύς η γη, και η Νήστις (το ύδωρ), η οποία με τα δάκρυά της, που χύνει, δημιουργεί τη ζωή στους θνητούς'. Τα στοιχεία αυτά είναι αγέννητα και στον κόσμο δεν υπάρχει ούτε γέννηση ούτε θάνατος. Απόσπασμα 8: *«Άλλο δε τοι ερέω· φύσις ουδενός εστιν απάντων θνητών, ουδέ τις ουλομένου θανάτοιο τελευτή, αλλά μόνον μίξις και διάλλαξις τε μιγέντων εστί φύσις δ' επί τοις ονομάζεται ανθρώποισιν. Οι δ' ότε μεν κατά φώτα μιγέντ' εις αιθήρ' ίκωνται ή κατά θηρών αγροτέρων γένος ή κατά θάμνων ή κατ' οιωμών, τότε μεν το λέγουσι γενέσθαι εύτε δ' αποκρίνθώσι, τα δ' αυ δυσδαίμονα πότμον ή θέμις ου καλέουσι, νόμοι δ' επίφημι και αυτός»*. 'Σου λέω δε και ένα άλλο. Δεν υπάρχει γέννηση για κανένα πράγμα υπόκειμενο στο θάνατο και ούτε ένα τέλος, το οποίον φέρει ο ολέθριος θάνατος. Αλλά υπάρχει μόνο η μίξη και η διάλυση των αναμιχθέντων. Οι δε άνθρωποι χρησιμοποιούν για όλα αυτά τη λέξη φύση. Αλλά οι άνθρωποι, όταν αυτά τα στοιχεία με την ανάμειξη παίρνουν ανθρώπινη μορφή και έρθουν στο φως ή όταν η ανάμειξη δώσει σε αυτά τη μορφή του γένους των αγρίων θηρίων ή των θάμνων ή των πτηνών, λέγουν αυτό το πράγμα γέννηση. Όταν δε πάλι αυτά στοιχεία αποχωριστούν, τότε τους αποχωρισμούς αυτούς τους ονομάζουν δυστυχείς θανάτους. Δεν ονομάζουν τα πράγματα όπως επιβάλλει το δίκαιο. Αλλά εγώ χρησιμοποιώ αυτά τα ονόματα'.

Ο Εμπεδοκλής δεν έμεινε ικανοποιημένος για την ύπαρξη των τεσσάρων στοιχείων, στα οποία στο καθένα από αυτά οι προκάτοχοί του στο χώρο της φιλοσοφίας διαπίστωναν και μνημόνευαν τις κοσμογονικές τους θεωρίες, αλλά προχώρησε στην εξιχνίαση των αιτίων, οι οποίες ερμηνεύουν την ποικιλία των σωμάτων, ως προερχόμενα από άπειρους συνδυασμούς των αρχικών αυτών ουσιών. Απεφάνθηκε ότι, οι συνδυασμοί αυτοί οφείλονται στην επενέργεια δύο κοσμογονικών δυνάμεων, που είναι η **Φιλότης** (έλξη) και το **Νείκος** (άπωση). Απόσπασμα 16: *«...ταύτ' αλλάσσοντα διαμπερές ουδαμά λήγει, άλλοτε μεν Φιλότητι συνερχόμεν' εις άπαντα, άλλοτε δ' αυ διχ' έκαστα φορεύμενα Νείκος έχθει...»*, '...αυτά τα ριζώματα σταματούν την έως στο τέλος μεταβολή τους, άλλοτε με τη συγκρότηση σε κάποιο σώμα με τη Φιλότητα και άλλοτε στην αποσύνθεση με την έχθρα του Νείκουσ'. Η **Φιλότης** επονομάζεται **Αρμονία** και **θερώπις**. Η επικρατούσα διαδοχή των καταστάσεων του **Νείκουσ** και της **Φιλότητος** διέπεται από μία κυκλική κίνηση. Στα αποσπάσματα 17, 20 και αυτά που ακολουθούν, δέχεται ότι, στο **σφαίρον** Σύμπαν υπάρχει μία αιώνια κυκλική κίνηση των στοιχείων, που προκαλείται από αυτόν ανταγωνισμό της **Φιλίας** (έλξης) και του **Νείκουσ** (άπωσης). *«Σφαίρος κυκλοτερής μονή περιηγεί γαιών ου στάσις ουδέ τε δήρις αναίσιμος εν μελέασιν»*, 'Σφαίρος (ο κόσμος) κυκλοτερής που θαυμάζει τηνκύκλωσή του από τη γαία', (απόσπασμα 28). Η κίνηση οφείλεται στο νείκος παρά στην έλξη, τη φιλία, *«...το νείκος αίτιον της κατά φύσιν κινήσεως ή η φιλία...»*, (548, 333b). Για τον Εμπεδοκλή δεν υπάρχει γένεση, αλλά μίξις και διάλλαξις (χωρισμός) των μιγέντων (αναμιχθέντων), (548, 314b). *«...φύσις ουδενός εστιν, ... αλλά μόνον μίξις τε διάλλαξις τε μιγέντων»*.

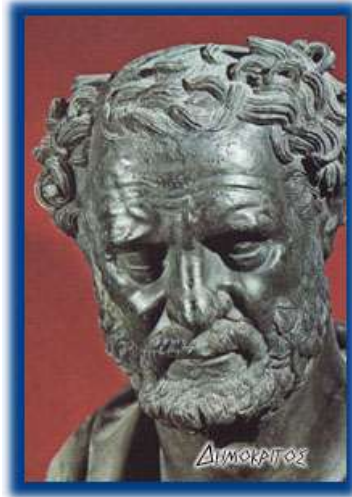
Ο Εμπεδοκλής αποδίδει σε όλα τα όντα ψυχή και νόηση. Στο απόσπασμα 102 γράφει: *«Ωδε μεν ουν πνοής τε λελόγχασιπάντα και οσμών»*, 'όλα τα όντα έχουν αναπνοή και αναδύουν οσμή'. Ανέπτυξε τη **θεωρία των πόρων και απορροών** για να μπορέσει να δώσει ερμηνείες για φαινόμενα χημικά, βιολογικά και φυσικά. Από τους πόρους μιας ουσίας μπορούσαν εισέρχονται οι άλλες ουσίες στην πρώτη και για να επιτευχθούν οι επιδράσεις απαιτούνται οι απορροές. Δυο ουσίες υποστήριζε μπορούσαν να αναμιχθούν εφόσον έχουν συμμετρικούς πόρους: *«Αλλά και μίγνυσθαι, όσων οι πόροι σύμμετροι προς αλλήλους εισίν»*. Η κατεύθυνση των απορροών (των επιδράσεων ή αντιδράσεων) δεν είναι τυχαία, αλλά κατευθύνεται πάντοτε προς το όμοιο, το σύμμετρο το ανάλογο. *«Πάντων εισίν απορροαί όσσ' εγένεντο»*. Με τη θεωρία αυτή ερμηνεύει το φαινόμενο του μαγνητισμού. Από τον Αλέξανδρο τον Αφροδισέα διαβάζουμε (72, 9): *«Εμπεδοκλής μεν ταις απορροαίς ταις απ' αμφοτέρων και ταις πόροις τοις λίθου συμμέτροις ό'σιν ταις από του σιδήρου φέρεσθαι προς την λίθον»*, 'Ο

Εμπεδοκλής μας λέει ότι, λόγω των απορροών (των επιδράσεων) που εκπέμπονται και από το λίθο (το μαγνήτη) και από το σίδηρο και των οποίων οι πόροι του λίθου είναι σύμμετροι ως προς τις απορροές του σιδήρου, ο σίδηρος έλκεται από το μαγνήτη'. Τη θεωρία αυτή απέρριψε ο Αριστοτέλης για να αιτιολογήσει τη δική του, τη **θεωρία της αφής**. Η αφή ήταν κατά τον Αριστοτέλη αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία των διαφόρων ουσιών, αν και ως έννοια η **αφή** διατυπώθηκε κατ' αρχήν από τον Εμπεδοκλή. Στην κριτική του ο Σταγειρίτης έναντι στη θεώρηση των πόρων γράφει στο *«Περί γενέσεως και φθοράς»*: *«Ὅλως δε το πόρους ποιείν περίεργον ει μεν γαρ μηδέν ποιεί κατά την αφήν, ουδέ δια των πόρων ποιήσει διόν ει δε τω άπτεσθαι, και μη πόρων όντων τα μεν πείσεται τα δε ποιήσει των προς άλληλα τούτον τον τρόπον πεφυκότων»*. Γενικά, όμως είναι περίεργο, κάποιος να επινοεί τους πόρους. Γιατί αν το κατασκεύασμα δεν κάνει τίποτα κατά την επαφή, ούτε και μέσα από τους πόρους θα κάνει. Αν όμως, κάνει κάτι κατά την επαφή, τότε θα είναι κατασκευασμένα από τη φύση τους για αμοιβαία επίδραση αυτού του είδους, ενώ άλλα θα πάσχουν'.

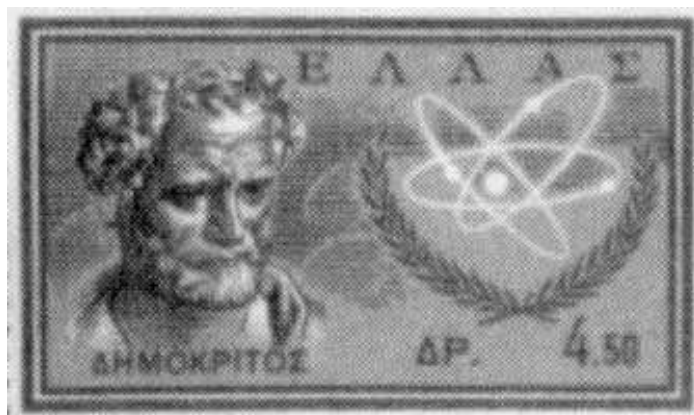
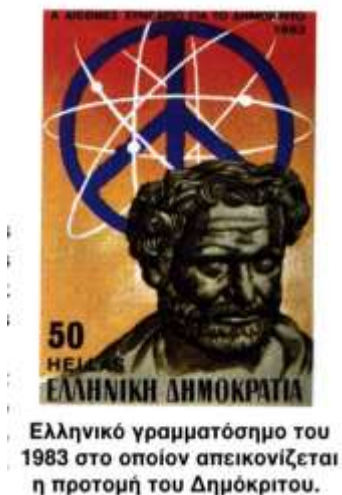
Στην ερμηνεία του φαινομένου της αναπνοής ο Εμπεδοκλής δίνει και μία περιγραφή του πειράματος της κλεψύδρας. Για να δίνει σήματα αισιοδοξίας ο Εμπεδοκλής υποστήριζε τη μετεμψύχωση και στους *«Καθαρισμούς»* του διακηρύττει τη θεοποίηση του ανθρώπου, την ανύψωσή του μέχρι τους θεούς. Η φυσική του διδασκαλία σφράγισε για εκατοντάδες χρόνια τη θεώρηση της ύλης *«...τα ως εν ύλης είδει λεγόμενα στοιχεία τέτταρα πρώτος είπεν»* (Αριστοτέλης *«Περί φύσεως»*).

Ο Φιλόλαος, ένας πυθαγόρειος μαθηματικός και φυσικός του 5ου αιώνα π.Χ., από τον Κρότωνα κατά το Διογένη το Λαέρτιο, από τον Τάραντα κατά τον Ιάμβλιχο, έγραψε ένα βιβλίο *«Περί φύσεως»*, το οποίον δεν διασώζεται. Από αυτό ο Πλάτωνας έγραψε τον *«Τίμαιο»* (96), όταν αγόρασε το βιβλίο αυτό με σαράντα μνες στη Σικελία από συγγενείς του Φιλόλαου. Πίστευε ότι η σύσταση των όντων είναι διττή. Από το Διογένη Λαέρτιο μαθαίνουμε ότι: *«α φύσις δ' εν τω κόσμω αρμόχθη εξ απείρων τε και περαιόντων, και όλος <ο> κόσμος και τα εν αυτώ πάντα»*, 'Η φύση στον κόσμο (ή σύμπαν) συντέθηκε από άπειρα και από **περαίνοντα**, τόσον όλος ο κόσμος όσο και καθετί σε αυτόν'. Δηλαδή δύο αντίθετα και ανόμοια συστατικά το **περαίνον** (το όριο) και το **άπειρο** (χωρίς όριο) ενώνονται με την επενέργεια (υπό της *Αρμονίας των αριθμών*) για τη δημιουργία των διαφόρων όντων. *«Φιλόλαο ...πολυμυγέων ένωσις και δίχα φρονεόντων σύμφρασις»*.

Οι Λεύκιππος και Δημόκριτος έδωσαν μία θεώρηση περισσότερο για την υπόσταση της ύλης, τη σύνθεση των ουσιών και το είδος των δραστηριοτήτων που επιβάλλονται από τη σύνθεση αυτή και με ότι προηγείται. Η ύπαρξη του Λεύκιππου αμφισβητείται από τον Έρμαρχο και από τον Επίκουρο. Από το Διογένη το Λαέρτιο (571, 572) διαβάζουμε: *«...τούτον (δηλαδή τον Επίκουρο) Απολλόδωρος εν Χρονικοίς Ναυσιφάνους ακούσαι φησι και Πραξιφάνους αυτός δε ου φησιν, αλλ' εαυτού εν τη Ευρύλοχον επιστολή αλλ' ουδέ Λεύκιππον τινα γεγνήσθαι φησι φιλόσοφον ούτε αυτός ούτε Έρμαρχος, ον ενίοι φασι (και Απολλόδωρος ο Επικούρειος) διδάσκαλον Δημοκρίτου γεγενήσθαι»*. Ο Απολλόδωρος στα Χρονικά του λέει ότι, αυτός (εννοεί τον Επίκουρο) υπήρξε μαθητής του Ναυσιφάνη και του Πραξιφάνη. Αλλά ο ίδιος ο Επίκουρος το αρνείται, λέγοντας στο γράμμα του προς τον Ευρύλοχο ότι ήταν αυτοδίδακτος. Τόσον αυτός όσον και ο Έρμαρχος υποστηρίζουν ότι ποτέ δεν υπήρξε κανένας φιλόσοφος Λεύκιππος, για τον οποίον μερικοί (ανάμεσά τους και ο Επικούρειος Απολλόδωρος) λένε ότι υπήρξε δάσκαλος του Δημόκριτου'. [95]



Ο Δημόκριτος (470 – 360 π.Χ.) από τα Άβδηρα της Θράκης, μαθητής του Λεύκιππου, θεωρείται ως ο μεγαλύτερος φιλόσοφος της εποχής του, πράγμα που γίνεται εμφανές από τα γραπτά του Αριστοτέλη και τις αναφορές στο πρόσωπό του, δεν εισήγαγε κάποια καινοτομία όσον αφορά το αρχέγονο/α στοιχείο/α, αλλά τους τρόπους με τους οποίους τα διάφορα είδη (σώματα) σχηματίζονται, διασπώνται, ανασχηματίζονται. Εισηγήαγε για να ερμηνεύσει αυτό δύο νέες έννοιες, το **κενό** (ακίνητο και απλωμένο παντού) και τα **άτομα** (αγέννητα, άφθαρτα, αναλλοίωτα, ομοιογενή, στερεά κι αδιαίρετα). Το κενό, δεν είναι «χώρος» ή κάποια «θέση», αλλά μια πιο μυστηριώδης οντότητα, κάτι σαν την άρνηση της ουσίας. Από το Σιμπλίκιο (572): «*Δημόκριτος ... προσαγορεύει δε τον μεν τόπον τούτδε τοις ονόμασι, τω τε κενώ και τω ουδενί και τω απείρω, των δε ουσιών εκάστην τω τε δηνί και τω ναστώ και τω όντι νομίζει δε είναι ούτω μικράς τας ουσίας ώστε εκφυγείν τας ημετέρας αισθήσεις υπάρχειν δε αυταίς παντοίας μορφάς και σχήματα παντοία και κατά μέγεθος διαφοράς εκ τούτων ουν ήδη καθάπερ εκ στοιχείων γεννά και συγκρίνει τους οφθαλμοφανείς και τους αισθητούς όγκους*», ‘Ο Δημόκριτος ... δίνει στο χώρο αυτά τα ονόματα – το κενό, ουδέν και το άπειρο – ενώ κάθε επιμέρους ουσία την ονομάζει **δεν** (δηλαδή χωρίς το **ου** στο **ουδέν**), και τη θεωρεί συμπαγή και ον. Πιστεύει ότι, οι ουσίες είναι τόσο μικρές, σωματιδιακές ή μοριακές, ώστε διαφεύγουν από τις αισθήσεις μας, έχοντας κάθε λογής μορφές, σχήματα και διαφορές στον όγκο τους. Μ’ αυτόν τον τρόπο παράγει από αυτές (άλλες ουσίες), όπως ακριβώς γίνονται από τα στοιχεία και τις συναθροίζει σε αντιληπτούς όγκους με την όραση και με τις άλλες αισθήσεις’.



Τα άτομα αόρατα μικροσκοπικά με σχήμα αγκίστρου είχαν μία αδιάκοπη κίνηση και μπορούσαν να συνδυαστούν κατόπιν αφής με διαφορετικούς τρόπους, όπως περιέγραψε ο Αριστοτέλης. Το Α και το Ν, σχηματίζουν το ΑΝ και το ΝΑ. Τα άτομα είχαν διαφορές στα μεγέθη τους και οι συγκρούσεις τους έδιναν διττά αποτελέσματα, όπως αυτό που περιγράφει ο Αριστοτέλης στο «Περί γενέσεως και φθοράς», (548). Η συμπεριφορά των ατόμων είναι συγκεκριμένη, έχοντας βάρος, («...καίτοι βαρύτερόν γε κατά την υπεροχήν φησιν είναι έκαστον των αδιαιρέτων, ώστε δήλον και θερμότερον»), 'Ωστόσο, λέει ο Δημόκριτος, ότι καθένα από τα αδιαίρετα υπερέχει, όσο βαρύτερο είναι και επομένως γίνεται προφανές ότι θα είναι θερμότερο'), σχήμα και μέγεθος («...ταις ατόμοις συμβεβηκέναι...μεγεθός τε και σχήμα»). Τα άτομα αυτά κινούνται συνεχώς στο απέραντο κενό, με αμοιβαίες συγκρούσεις και προσκρούσεις («...λέγουσιν αλληλοτυπούσας και κρουόμενας»), το είδος της κίνησης που εκτελούν, είναι πιθανόν παλμική. «Δημόκριτος εν γένος κινήσεως το κατά παλμόν απεφαίνετο», Αέτιος I, 23, 3) με τάσεις διασποράς, «περιπαλάσσεσθαι γαρ έλεγον αυτά», (Σιμπλίκιος «εις Φυσικά», 1318, 35 (DK 68a 58).

Ο Δημόκριτος συστηματοποίησε την *Ηθική* ως αυτοτελή επιστήμη και στα περί φύσεως είναι έντονα τα σημάδια της επιρροής του Παρμενίδη. Το ένα ον του Παρμενίδη επηρέασε αρχικά το Λεύκιππο και ο Λεύκιππος στη συνέχεια όπως φαίνεται το Δημόκριτο. Ο ατομισμός ήταν μία πρόοδος και απόλυτα αποδεκτός κατά τους ελληνοιστικούς χρόνους. Η απόσυρσή του κατά το ευρωπαϊκό μεσαίωνα, βάλτωσε την επιστήμη, ενώ η ανάσυρσή του διευκόλυνε την ανάπτυξη κι ανασυγκρότηση της χημείας κατά το 17ο αιώνα από το γάλλο φιλόσοφο Πιερ Γκασεντί (Pierre Gassendi), μέντορα του Boyle. Με το Δημόκριτο κλείνει η προσωκρατική σχολή των φυσιοκρατών φιλοσόφων, ενώ μετά το Σωκράτη οι φυσιοκράτες αναδεικνύουν έξοχους εκπροσώπους, όπως τον Επίκουρο, τον Αριστοτέλη, το Θεόφραστο κλπ.

Προσωκρατικοί φιλόσοφοι

Μιλήσιοι	Πυθαγόρειοι	Ελεάτες	Ανεξάρτητοι Φυσιολόγοι	Ατομικοί
<u>Θαλής ο Μιλήσιος</u> Υδωρ	<u>Πυθαγόρας ο Σάμιος</u> Αριθμός (μονάς)	<u>Παρμενίδης ο Ελεάτης</u> Ον	<u>Ηράκλειτος ο Εφέσιος</u> Πυρ και Λόγος	<u>Δημόκριτος</u> Άτομον και κενό
<u>Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος</u> Άπειρον	Φιλόλαος Αριθμός περαίνοντα και άπειρα	<u>Ζήνων ο Ελεάτης</u> Χώρος και χρόνος	<u>Εμπεδοκλής ο Ακραγαντινός</u> Φιλότης, Νείκος, Πρωταρχικά Στοιχεία	Λεύκιππος Άτομον και κενό
<u>Αναξίμανης ο Μιλήσιος</u> Αήρ	<u>Αλκμαίων ο Κροτωνιάτης</u> Πόροι Εγκεφάλου, Αντίθετες δυνάμεις	Μέλισσος ο Σάμιος Ένα ομοιογενές αγέννητο και άφθαρτο	<u>Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος</u> γη και ύδωρ απολιθώματα	Ανάξαρχος ο Αβδηρίτης 380-332 π.Χ. άτομο και κενό
	Αρχύτας ο Ταραντίνος 4ος αι. π.Χ. αρμονία τονικών γενών		Αναξαγόρας ο Κλαζομένιος Νους, Σπέρματα	Μητρόδωρος ο Χίος περί το 400 π.Χ.
	Έκφαντος ο Συρακόσιος 5ος αι. π.Χ. Η γη κινείται γύρω από τον άξονά της		Διογένης ο Απολλωνιάτης 5ου/4ου αι. π.Χ. αέρας	
	Ικέτας ο Συρακόσιος 5ος αι. π.Χ. Η γη κινείται γύρω από τον άξονά της			

Ο Πλάτων(ας) (427 – 347 π.Χ.) στον αληθοφανή του μύθο - διάλογο «*Τίμαιος*» (96) εκθέτει τα σύγχρονα για την εποχή του κοσμολογικά προβλήματα και τις θεωρίες για το σχηματισμό της ψυχής του κόσμου, για το αστρονομικό του σύστημα και για τις υπάρχουσες γνώσεις των στοιχείων. Αντικείμενον της επιστήμης είναι γι' αυτόν η ιδέα και όσον αφορά το γίνεσθαι των αισθητών πραγμάτων, μπορούμε να έχουμε μία γνώμη πιθανή, αλλά ποτέ δεκτική θεωρητικής απόδειξης. Με άλλα λόγια ο αισθητός κόσμος για τον Πλάτωνα δεν μπορεί να γίνει απολύτως αντιληπτός, και ταυτόχρονα γι' αυτό που γνωρίζουμε, δεν μπορεί να στερηθεί από οποιεσδήποτε αντιρρήσεις μας. Σκέψη προσεκτικής αμφισβήτησης, με την οποίαν οπλίζει τον επιστήμονα, στην προσπάθειά του να φθάσει στα όρια της αλήθειας, γνωρίζοντας τον προσωρινό της χαρακτήρα, αλλά και τη μεθοδολογία για το ξεπέρασμα αυτού του ορίου. Στο γίνεσθαι τοποθετεί πάντοτε μία αιτία, την οποίαν προσπαθεί να αποκαλύψει, για να ερμηνεύσει τη δημιουργία του σύμπαντος. Στο κοσμολογικό ζήτημα

υποστηρίζει την ύπαρξη των τεσσάρων στοιχείων. «*Των δε δη τετάρων εν όλον έκαστον είληφεν η του κόσμου ζύστασις. Εκ γαρ πυρός παντός ύδατός τε και αέρος και γης ζυνέστησεν αυτόν ο ζυνιστάς...*», 'Η σύσταση του κόσμου έχει περιλάβει καθένα από αυτά τα τέσσερα στοιχεία. Από ολόκληρον το πυρ και το ύδωρ και τον αέρα και τη γη συνέθεσε ο κατασκευαστής του...'. [96]



Πλάτων

Ασχολήθηκε αναλυτικά με το κοσμολογικό πρόβλημα, καθώς με το σχήμα και την κίνηση του κόσμου. Προσπάθησε να προσδιορίσει τους δεσμούς των ουσιών και να δώσει υπόσταση σε αυτούς, εφεύροντας τις **μεσότητες**, δηλαδή κάτι το ενδιάμεσο μεταξύ δύο που μπορούσαν να ενωθούν. Η σύνθεση των δύο θα γινόταν τελειότερα και ο **δεσμός** ισχυρός, όταν η **μεσότης** (αναλογία, κάτι το ενδιάμεσο μέτρο σύγκρισης) με την πρώτη ουσία και τη δεύτερη δημιουργούσε τον ίδιο λόγο. Αναλυτικότερα υπάρχουν αναφορές στο **2.2**. Τα πρωταρχικά στοιχεία ήταν το *πυρ* και η *γη*, γιατί κανένα ορατό πράγμα δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί χωρίς το πυρ και δεν θα γινόταν από χωρίς γη. «*Σωματοειδές δε δη και ορατόν απτόν τε δει το γενόμενον είναι· χωρισθέν δε πυρός ουδέν αν ποτε ορατόν γένοιτο, ουδέ απτόν άνευ τινός στερεού, στερεόν δε ουκ άνευ γης· όθεν εκ πυρός και γης το του παντός αρχόμενος ζυνιστάναι σώμα ο θεός εποίει...Ει μεν ουν επίπεδον μεν, βάθος δε μηδέν έχον έδει γίγνεσθαι το του παντός σώμα, μία μεσότης αν εξήρκει τα τε μεθ' εαυτής ζυνδείν και εαυτήν· νυν δε στεροειδή γαρ αυτόν προσήκεν είναι, τα δε στερεά μία μεν ουδέποτε, δύο δε αεί μεσότητες ζυναρμόττουσιν· ούτω δη πυρός τε και γης ύδωρ αέρα τε θεός εν μέσω θεις, και προς άλληλα καθ' όσον ην δυνατόν ανά τον αυτόν λόγον απεργασάμενος, ο τι περ πυρ προς αέρα, τούτο αέρα προς ύδωρ, και ο τι αήρ προς ύδωρ, ύδωρ προς γην, ζυνέδησε και ζυνεστήσατο ουρανόν και απτόν».* 'Εκείνο που γεννάται είναι βέβαια και πρέπει σωματοειδές και επομένως γίνεται ορατό και απτό· αλλά κανένα πράγμα δεν θα μπορούσε να γεννηθεί χωρίς το πυρ, ούτε να γίνει από χωρίς κάτι το στερεό, και στερεό δεν υπάρχει χωρίς γη·γι' αυτό ο θεός όταν άρχισε να συνθέτει τα σώματα όλων, τα έκανε από γη και πυρ. Αν το σώμα λοιπόν το σώμα του παντός έπρεπε να γίνει επίπεδο και να μην έχει κανένα βάθος, θα αρκούσε μία μόνον μεσότητα για να συνδεθεί με τον εαυτό της, τώρα όμως είναι αρμόζων στο στερεό να μην υπάρχει μία (μεσότητα), αλλά πάντοτε δύο μεσότητες να συναρμόζονται (για να πραγματοποιούν το στερεό)· έτσι λοιπόν ο θεός έθεσε ανάμεσα στο πυρ και τη γη τον αέρα και το νερό και τακτοποίησε αυτά μεταξύ τους σε κάποια ίδια αναλογία (λόγο), καθώς ο άερας προς το νερό (έχει κάποιο λόγο, αναλογία), έτσι το νερό προς τη γη (να έχει τον ίδιο λόγο) και αυτά συνδεδεμένα να συνιστούν έναν ουρανόν ορατόν και απτόν'.

Οι τοποθετήσεις του Πλάτωνα στα κοσμολογικά προβλήματα εμφανίζουν διαδοχικές επιδράσεις του Εμπεδοκλή, του Ηράκλειτου, του Πυθαγόρα και του Παρμενίδη. Σε όλη του την έκταση στο Τιμαιο φαίνεται η αρμονική δόμηση του κόσμου και η Πυθαγόρεια επίδραση. Ως αριστοκράτης και απέχων από τις πρακτικές εργασίες, δεν μπόρεσε να συλλάβει τις μεταβολές της ύλης, ένα σημείο στο οποίο δέχτηκε κριτική από το νεότερό του Αριστοτέλη. Ο ορισμός του στοιχείου όμως, έχει εξαιρετικές ομοιότητες με αυτόν το οποίον έδωσε ο Boyle ή ο Lavoisier. «*Στοιχείον το συνάγον και διαλύον τα σύνθετα*», δηλαδή: ‘Στοιχείο αυτό που συνθέτει και αυτό που διασπώνται τα συντεθειμένα’.

Μετά το Σπεύσιππο στα ηνία της Ακαδημίας του Πλάτωνα, για 25 χρόνια τη διεύθυνση ανέλαβε ο Ξενοκράτης ο Χαλκηδόνιος του Αγαθήνορος (από τη Χαλκηδόνα του Βοσπόρου), ένας χαρακτήρας επιβλητικός, αγνός, με δυσκίνητο νου και γόνιμο όμως έργο. Ως πρώτες αρχές για τη δημιουργία του κόσμου τοποθετεί τη μονάδα, το ένα, και την αόριστη δυάδα. Το ένα ή το περιττό είναι ο πατήρ Δίας και το δύο το άρτιο η μητέρα των θεών. Για να ερμηνεύσει το σχηματισμό των μεγεθών, θεώρησε ότι αυτοί απαρτίζονται από αδιαίρετες *ατόμους γραμμάς*. Ο Αριστοτέλης αναφέρεται σε ένα έργο του με τίτλο «*Περί ατόμων γραμμών*». [273, 214]

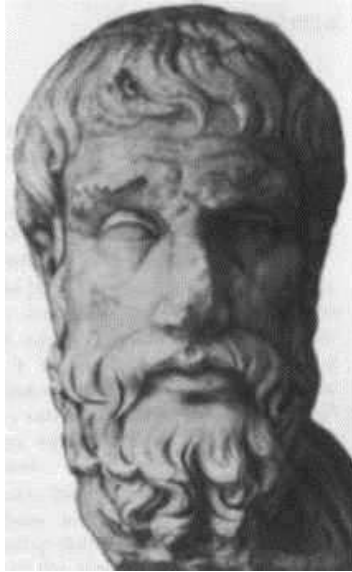
Μια από τις πιο διαδεδομένες σχολές ατομιστών, από την οποία έγιναν γνωστές οι γνώμες τους στη Δυτική Ευρώπη κατά την Αναγέννηση, είναι η Επικούρεια, με χιλιάδες οπαδούς και βάθος χρόνου 600 ετών. Το κριτικό πνεύμα των Επικούρειων ήταν τέτοιο, ώστε σε κάθε εξουσία αποτελούσε κίνδυνο και δημιουργούσε ιδεολογικά εμπόδια για την άσκησή της. Γι’ αυτό κατά περιόδους οι οπαδοί του Επίκουρου υπέστησαν ανελέητες διώξεις. Ο Επίκουρος Αθηναίος φιλόσοφος από το δήμο του Γαργηττού, γιος του Νεοκλέα και της Χαιρεστράτης, γεννήθηκε το 341 π.Χ. Οι γονείς του μετακόμισαν στη Σάμο ως Αθηναίοι κληρούχοι, μετά από πτώχευση το 352 π.Χ. Εκεί ο πατέρας του εργάστηκε ως γραμματοδιδάσκαλος και ο Επίκουρος στα μέρη αυτά από δεκατεσσάρων ετών άρχισε να δείχνει μία κλίση ως προς τη φιλοσοφία. Από κάποιο δάσκαλο άκουσε να ερμηνεύει το στίχο του Ησίοδου «*εν αρχή εγεννήθη το χάος ...*», και ο έφηβος Επίκουρος τον ρώτησε «*το χάος πόθεν εγεννήθη;*» και ο δάσκαλος τότε, αδυνατώντας να απαντήσει, του είπε ότι, ήταν πρόβλημα φιλοσοφίας. Άρχισε να μελετάει έκτοτε επισταμένα έργα του Αρχέλαου, Αναξαγόρα και Δημόκριτου, στα οποία βρήκε έντονο ενδιαφέρον, επηρεασμένος και από το Δημοκρίτιο δάσκαλό του Ναυσιφάνη.

Η φυσική πραγματεία του Επίκουρου έφτασε τον εκπληκτικό αριθμό των 37 βιβλίων με μία ενδιάμεση επιτομή για το έργο αυτό. Μία σύντομη επιγραφική αντίληψη της Φυσικής του Επίκουρου διαγράφεται ακολούθως, θίγοντας επιγραφικά τις ουσιώδεις αρχές του. Το σύμπαν ο Επίκουρος θεωρούσε ότι, είναι ένα *άπειρο* σύστημα ύλης, που διέπεται κατ’ αρχήν από νόμους. Τίποτα δεν μπορεί να γεννηθεί από *μη όν*, διαγράφοντας μια διατύπωση του νόμου της αφθαρσίας της ύλης. Τα δομικά στοιχεία του σύμπαντος και αιτίες για τη δημιουργία όλων των ουσιών είναι τα *άτομα*, που *κινούνται αενάως* με κινήσεις μεταφορικού τύπου στο κενό, σε μορφή δονήσεων εντός των σωμάτων. Οι κινήσεις στο κενό των ατόμων τους δίνει τη δυνατότητα των συγκρούσεων (επαφών) με άλλα άτομα, οπότε μπορούν να αλλάξουν κατεύθυνση ή να ενωθούν κατά τη σύγκρουση και να αναδειχθούν νέες υλικές δομές. Τα άτομα των εμπίων όντων είναι συνδυασμένα με ιδιόμορφο τρόπο. Το γυμνό μάτι δεν μπορεί να διακρίνει τα άτομα, όμως αυτά υπάρχουν και κινούνται στο άψαυστο κενό, «*αναφή φύσις*» όπως την ονομάζει. Δηλαδή το κενό είναι ένα συνιστόν τμήμα της φύσης, στο οποίον δεν μπορεί να υπάρξει *αφή*. Ότι δεν μπορεί να αγγιχτεί, να έρθει σε επαφή με άλλο σώμα ή ότι δεν μπορεί να αγγίξει (δεν δύναται του άπτεσθαι) δεν είναι σώμα. Πέρα από τα σώματα και το κενό τίποτα δεν είναι αληθινό. Οι αισθήσεις είναι αξιόπιστες, γιατί με

αυτές επιβεβαιώνονται οι υπάρξεις των πάντων («η αίσθησις επί πάντων μαρτυρεί») και αποτελεί κάτι το αναγκαίο για να υπάρχει η δυνατότητα να σκεπτόμαστε και να αντιλαμβανόμαστε το άγνωστο («...καθ' ην αναγκαίον το άδηλον τω λογισμώ τεκμαίρεσθαι...»). Τα άτομα είναι αμετάβλητα κατά τη φθορά του όντος στο μη ον, κατά τη διάλυση των συνθέτων σωμάτων και αποτελούν την αναλλοίωτη φύση των ουσιών. « Και μην και των σωμάτων τα μεν εστι συγκρίσεις, τα δ' εξ' ων αι συγκρίσεις πεποιήνται· ταύτα δε εστιν άτομα και αμετάβλητα, είπερ μη μέλλει πάντα εις το μη ον φθαρήσεσθαι, αλλ' ισχύοντα υπομενείν εν ταις διαλύσεσι των συγκρίσεων πλήρη την φύσιν όντα και ουκ έχοντα όπη η όπως διαλυθήσεται, ώστε τας αρχάς ατόμους αναγκαίον είναι σωμάτων φύσεις». 'Και βέβαια, ανάμεσα σε όλα τα σώματα διακρίνουμε εκείνα που αποτελούν ενώσεις (συγκρίσεις) και εκείνα που παράγουν ενώσεις. Αυτά τα τελευταία είναι τα μετάβλητα άτομα, αν πρόκειται να μη φθαρούν και καταλήξουν στο μη ον. Διατηρούν (τα άτομα) την ισχύ τους, όταν τα σώματα διαλύονται (σ' αυτά), μιας και είναι αδύνατο να διαλυθούν καθ' οιονδήποτε τρόπο. Συνεπώς, τα πρωταρχικά άτομα είναι οι φύσεις των σωμάτων'. [97, 517]

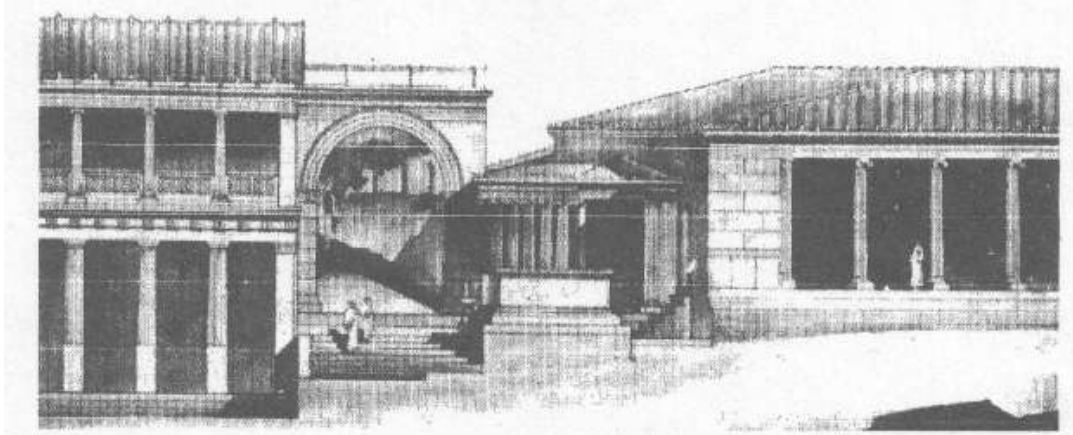
Τα άτομα του Επίκουρου δεν ήταν όλα ίδια, αλλά άλλα βαρέα και μικρά και άλλα ελαφριά και μεγάλα. Εκινούντο όλα με την ίδια ταχύτητα («...ισοταχείς αναγκαίον τας ατόμους είναι...»), και κανείς πόρος δεν μπορεί να τα ανακόψει (αντικόπτει). Οι κινήσεις τους δεν είναι ακριβώς ευθύγραμμες, αλλά δύναται να παρεκκλίνουν, όπως συμβαίνει στο σχηματισμό των σταγόνων της βροχής. Το σύμ-παν είναι άπειρο, «...το παν άπειρον εστι...και ου πεπερασμένον». Και το πλήθος των σωμάτων σε αυτό είναι επίσης άπειρο. Ο κόσμος που ζούμε είναι φθαρτός, γιατί όταν αποικοδομείται από το γήρας, τα αναλλοίωτα άτομα δεν αφανίζονται αλλά κάνουν να ανθίσουν καινούργια γεννήματα. Έτσι πολύ δίκαια δόθηκε στη γη το όνομα «μητέρα».

«Η γένεσις των ειδώλων άμα νοήματι συμβαίνει». Οι εικόνες γεννιούνται ταυτόχρονα με τη σκέψη και υπάρχει μια συνεχής εκροή («ρεύσις») από την επιφάνεια των σωμάτων λόγω δότησεως των ατόμων, («...εκ της κατά βάθος εν τω στερεμνίω των ατόμων πάλλεως»). Αυτή η δόνηση μας εκπέμπει το είδωλο της αρχικής διάταξης, που διατηρούν τα άτομα σε ένα στερεό σώμα. Η φυσική θεωρία του Επίκουρου ήταν πολύ ολοκληρωμένη, βγαλμένη με συλλογική εργασία στις συνθήκες του «Κήπου» με τους συνεργάτες-καθηγεμόνες μαθητές του, μακριά από οποιοδήποτε ελιτισμό και ανταγωνισμό χαρακτήρων. Στις εργασίες του «Κήπου» (αντιγραφή κυλίνδρων, συζητήσεις) μετείχαν εταίρες και δούλοι. Η οικονομική του επιφάνεια στηριζόταν σε προσφορές φίλων και στα έσοδα από τις πωλήσεις κυλίνδρων με τα έργα του. Το έργο του το πιο πλούσιο από κάθε άλλον της αρχαιότητας, εφόσον έγραψε περί τους 300 κυλίνδρους.



Επίκουρος

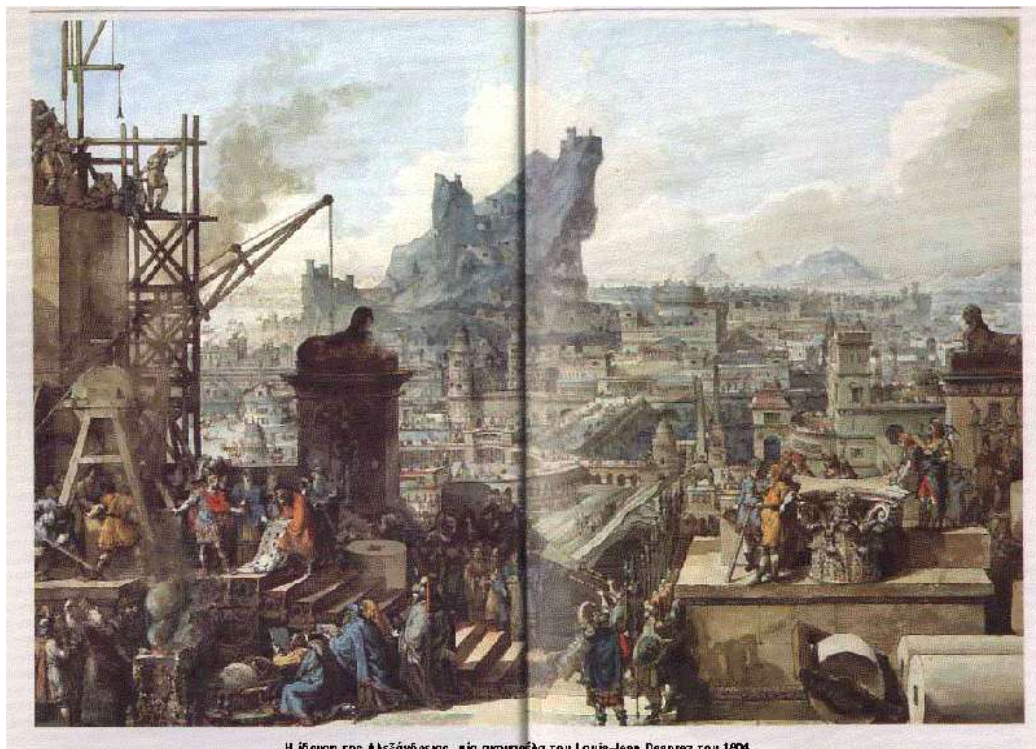
Κλείνουμε με τον Ηρακλείδη τον Ποντικό, που γεννήθηκε στην Ηράκλεια του Πόντου το 387 π.Χ. και πέθανε το 312. Υπήρξε μαθητής του Πλάτωνα, μαθήτευσε στον Αριστοτέλη και το Σπεύσιππο και τέλος διαδέχτηκε τον Πλάτωνα στην Ακαδημία. Το έργο του κάλυπτε πολλούς επιμέρους τομείς των φυσικών και γενικά φιλοσοφικών επιστημών. Στο χώρο της κοσμογένεσης και της φύσης έγραψε 4 βιβλία «*Ηρακλείτου εξηγήσεις*» και 3 βιβλία «*Προς τον Δημόκριτον εξηγήσεις*». Τα σωζόμενα αποσπάσματα δεν μας βοηθούν στο να διαμορφώσουμε μία συνολική εικόνα για τη διδασκαλία του. Ως προς τη σύσταση του σύμπαντος αποδεχόταν την ύπαρξη μικρών σωματιδίων των μορίων, τροποποιώντας κάπως τον ατομισμό του Δημόκριτου, τα οποία δεν συναρμόζονται γι' αυτό τα ονόμασε **μόρια ανάρμων όγκων**. Τα μόρια για τον Ηρακλείδη προηγούνται των ατόμων του Δημόκριτου και συνιστούν τα υφιστάμενα στοιχεία του κόσμου. Ήταν ο πρώτος που πρότεινε ότι, ο ήλιος είναι το κέντρο του ηλιακού μας συστήματος, προτείνοντας ένα ηλιοκεντρικό σύστημα πολύ πριν τον Αρίσταρχο. «...κινούσι μεν την γην, ου μην γε μεταβατικώς, αλλά τρεπτικώς τροχού δίκην ενξηονισμένην από δυσμών επ' ανατολάς περί το ίδιον αυτής κέντρον της», 'δέχεται ότι κινείται η γη, χωρίς να μεταβάλλει τη θέση της, περιστροφικά ωσάν τροχός με κατεύθυνση από δυτικά προς τα ανατολικά, γύρω από το κέντρο της', (Γεωργούλη Κ.Δ., «*Ιστορία της ελληνικής φιλοσοφίας*», εκδόσεις Παπαδήμα, Αθίνα 2000). Άλλα έργα του το «*Περί φύσεως*», το «*Επί των αριθμών*» και «*Η θεωρία των αριθμών*». [30, 141, 140, 575]



Νότιο άκρο της στοάς του Ατάλλου με τη Βιβλιοθήκη του Πανταίνου.

2.4 Η χυμευτική τέχνη των ελληνοιστικών χρόνων, τέχνη ιερά και τιμία

Η χημεία έχει ως επιστήμη καταβολές πολύ παλιές, τις οποίες έχει προσδιορίσει η σημερινή ιστορική χημική έρευνα από την εποχή του 6ου π.Χ. αιώνα, όπως δείξαμε προηγουμένως. Κατά τους ελληνοιστικούς χρόνους διαμορφώθηκε ο όρος της *χυμευτικής τέχνης*, που ταυτίστηκε σχεδόν με την αλματώδη εξέλιξη της μεταλλουργίας και ιδίως της *χρυσοποιίας*. Η πιθανότερη εκδοχή της προέλευσης του όρου χημεία πιο σωστά **χυμ(ε)ία** προέρχεται από την παρασκευή χρυσοφόρου μίγματος «ή του αργύρου και χρυσού κατασκευή, ης τα βιβλία διερευνησάμενος ο Διοκλητιανός έκαυσε» (139). Γιατί όμως ο Διοκλητιανός έκαυσε τα σχετικά βιβλία (κυλίνδρους) με τη μεταλλουργία στη Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας και κατεδίωξε τη μεταλλουργία αργύρου – χρυσού στα 291 μ.Χ.; Η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία αντιμετώπιζε έντονα οικονομικά προβλήματα και το κοινό νόμισμα που κυκλοφορούσε στην επικράτειά της, σε μεγάλες ποσότητες είχε γίνει κίβδηλο. Ήταν ανίκανο να κινητοποιήσει τις παραγωγικές δυνάμεις και το εμπόριο. Οι πολιτικές κρίσεις σπάραζαν το ανατολικό τμήμα της Αυτοκρατορίας, ενώ τα βόρεια σύνορά της αντιμετώπιζαν εισβολές και εξεγέρσεις. Ένα από τα δραστικά μέτρα που έλαβε ο Διοκλητιανός ήταν η ανηλεής εκδίωξη όλων αυτών, που ενέχονται με τη χρυσοποιία και γενικά τη χυμευτική τέχνη. Ήταν ο πρώτος συστηματικός διωγμός μιας επιστήμης, η οποία στη συνέχεια λειτούργησε σε πλαίσια συνωμοτικών κανόνων και κωδίκων που μόνο οι μνημένοι μπορούσαν να ερμηνεύσουν. Η συνέχεια θα δοθεί με την έλευση του χριστιανισμού στην εξουσία και οι Εθνικοί στο θρήσκευμα, καταδιωκόμενοι, πέρασαν στις γειτονικές χώρες της Μεσοποταμίας, δημιουργώντας την περίφημη σχολή της αραβικής αλχημείας ή αλχυμ(ε)ίας.



Η ίδρυση της Αλεξάνδρειας, μία αινιγματική του Louis-Jean Deshayes του 1804.

Το κτίσιμο της Αλεξάνδρειας.

Ο όρος **χυμευτική τέχνη** καθιερώνεται στην Αίγυπτο των Πτολεμαίων μέσα από την τέχνη της χρυσοποιίας, μία τέχνη που αφομοίωσε ότι υπήρχε στην υποδεέστερη αιγυπτιακή μεταλλουργική τεχνολογία, μία τέχνη συνέχεια της μεγάλης μεταλλευτικής τέχνης των Ελλήνων, της οποίας διακρίνονται δύο σταθμοί. Ο πρώτος σταθμός προηγήθηκε του

Τρωϊκού πολέμου και ο άλλος είχε το αποκορύφωμά του τον 5ο π.Χ. αιώνα, δίνοντας θαυμάσια τεχνουργήματα, όπως αυτά του Φειδία. Η τέχνη αυτή διαδόθηκε στη Μακεδονία του Φιλίππου του Β', στη Ρόδο και στις πόλεις της Ιωνίας. Για την τέχνη αυτή μας είχε μιλήσει στο πρώτο μισό του 16ου αιώνα ο Georgius Agricola στο *De re metallica*, αλλά κυριολεκτικά ανέσυρε ο Μ. Στεφανίδης στην αρχή του 20ου αιώνα. Συνεχίστηκε η μνεία της *χυμευτικής* από τον Προκόπιο Ζαχαρία, καθηγητή του ΕΜΠ κατά τη διάρκεια του μεσοπολέμου και στις μέρες μας από τον Ιωάννη Μ. Τσαγκάρη, καθηγητή του Χημικού τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. [47, 454, 459, 466]

Με την ονομασία *χυμευτική* οι Έλληνες της πτολεμαϊκής περιόδου προσδιόριζαν το πρακτικό μέρος της μεταλλουργικής τέχνης. Το μέρος αυτό το διέκριναν σε αυτό των *καιρικών* και εκείνο των *ψάμμων* (ψάμμοι = μέταλλα). Στα βυζαντινά χειρόγραφα της συλλογής του Μ. Berthelot (collect. Des Alchemie Grecs) σημειώνεται: «*ότι το παρόν βιβλίον ονομάζεται βίβλος μεταλλική και χυμευτική περί χρυσοποιίας, αργυροποιίας, υδραργύρου τήξεως... Ωσαύτως και λίθων πρασίνων και λιγνιτών... Ταύτα δε πάντα γίνονται ... δια τέχνης μεταλλικής*». Ο Ανεπίγραφος (7ος αιώνας μ.Χ.) αναφέρεται σε «*χυμευτικό είδος*» (Coll. 439) και σε μια πραγματεία του ψευτο-Μωϋσή «*Μωσέως χυμευτικήν τάξιν*» (Coll. 353). Υπάρχουν και οι μνημονεύσεις των βυζαντινών, όπως του Ζώσιμου του Πανοπολίτη, του Πελάγιου και του υπομνηματιστή Συνέσιου (3ος με 4ο αιώνα μ.Χ.), του Κλήμη, του Στέφανου του Αλεξανδρέα και άλλων συνηγόρων της χυμευτικής τέχνης.



Δείγματα της μεταλλουργικής τέχνης των ελληνιστικών χρόνων αποτελούν τα νομίσματα με τις ανάγλυφες όψεις τους, αποτέλεσμα της μικρογλυπτικής. Αριστερά χρυσό νόμισμα του Πτολεμαίου Α' του Σωτήρα με τη σύζυγό του Βερενίκη Α'. Το γεράκι κοσμεί την άλλη όψη του νομίσματος, που γενικά αποτέλεσε έμβλημα του οίκου των Πτολεμαίων. Στο κέντρο αργυρό τετράδραχμο του Πτολεμαίου του ΣΤ' (180-145 π.Χ.) με προσωνύμιο ο Νέος Φίλομήτωρ(ας), μάζας 13,7 g και πάχους 26 mm. Το απαραίτητο γεράκι στη δεύτερη όψη. Δεξιά ο Δίας σε ορειχάλκινο νόμισμα των Πτολεμαίων Ζ' και Η' και δύο γεράκια στη δεύτερη όψη, μάζας 26 g και πάχους 32 mm.

Τα κίβληλα νομίσματα ήταν χρυσοφανή ή αργυρόλευκα, δύσκολα να διαπιστωθούν από τους *δοκιμαστές*, το σίγουρο όπλο των οποίων ήταν ένας πιστοποιημένος ζυγός και στη χειρότερη περίπτωση ο ήχος του νομίσματος ή το ζύγισμα στο χέρι. Η λέξη *δοκιμασία* ήταν μέχρι το 17ο αιώνα στη θέση της χημικής ανάλυσης των διαφόρων ουσιών και μέχρι το 2ο αιώνα μέθοδος περιγραφής της δράσης ενός φαρμάκου.

Εκτός του όρου *δοκιμασία* χρησιμοποιούσαν και τη λέξη *δοκιμή*, που είχε την έννοια του ελέγχου. *Δοκιμή* υφίσταντο εκτός των άλλων και τα *πότιμα* (πόσιμα) ύδατα, η οποία λεγόταν και *στάθμισις των υδάτων*, για να διαπιστωθεί αν είχαν γεώδεις προσμίξεις, οπότε εθεωρούντο πυκνότερα και ευάλωτα στην αλμύρα. Ο Αριστοτέλης σημείωνε στο *Περί*

γενέσεως και φθοράς : «πλείον γαρ έλκει το αλμυρόν ή το πότιμον», ‘διότι (το μεμιγμένον ύδωρ) έλκει την αλμύρα περισσότερο από το πόσιμο’. Η φράση «πρόσοψις του ύδατος» σημαίνει διαγεύς νερό και ταυτόχρονα λεπτό στην όψη, όχι παχύ, χαρακτηρισμός του πόσιμου ύδατος. Κατά το Γαληνό το πότιμον ύδωρ έπρεπε να είναι ευώδες (άοσμο) και η γεύση του άποιος. Οι αρχαίοι τότε διέκριναν πολλές βαθμίδες αλμυρότητας. Το πολύ αλμυρό νερό λεγόταν πικρόν ύδωρ, το πολύ γλυκό νερό άχυμον ύδωρ και γενικά το νερό με διαλυμένες γεώδεις ουσίες αλυκόν. Το νερό εκτός από τη δοκιμή της όψης, οσμής και γεύσης, τρεις δοκιμές από τις πιο κοινές, δεχόταν και «την δοκιμή εκ της πέψεως», (Αρριανός).



Δοκιμές υφίσταντο και οι οίνοι άκρατοι ή κεκραμένοι. Ο άκρατος οίνος (μη νερωμένος οίνος) **σημηνεται**, γίνεται σημασμένος. Δηλαδή είχαν τη δυνατότητα να ελέγχουν τους αλκοολικούς βαθμούς του οίνου και να γνωρίζουν πότε αυτοί με την προσθήκη νερού ήταν ελαττωμένοι. Εκτός από αυτόν τον έλεγχο των οίνων, υφίστατο έλέγχους ποιότητας με τη μέθοδο της γευσιγνωσίας, έλέγχου του χρώματος, του αρώματος κλπ.

Ένας τομέας με ιδιαίτερη άνθηση και διάδοση κατά τους ελληνοιστικούς χρόνους ήταν και η νομισματοποιία, συνέχεια της μεγάλης παράδοσης των αρχαίων Ελλήνων. Με τα κράτη των διαδόχων του Μεγάλου Αλεξάνδρου, κόπηκαν πολλά νέα νομίσματα, ρυθμιστές των εμπειρικών ανταλλαγών των νέων επικρατειών. Η νομισματοποιία ήταν ένας συγκερασμός της μεταλλουργίας, της μικρογλυπτικής και της μηχανικής. Η μηχανική τεχνολογία ήταν απαραίτητη για τη μαζική κοπή των νομισμάτων. Η επίσημη νομισματοποιία είχε να αντιμετωπίσει τότε τα κίβδηλα νομίσματα, όπως τα σημερινά χαρτονομίσματα τα πλαστά τραπεζογραμμάτια. Τα κίβδηλα νομίσματα ήταν ελλειματικά σε άργυρο ή σε χρυσό, προϊόντα μικρών εργαστηρίων, που πλημμύριζαν τις βιοτεχνικές ζώνες των κλασικών ελληνικών πόλεων με πρώτη την Αθήνα.



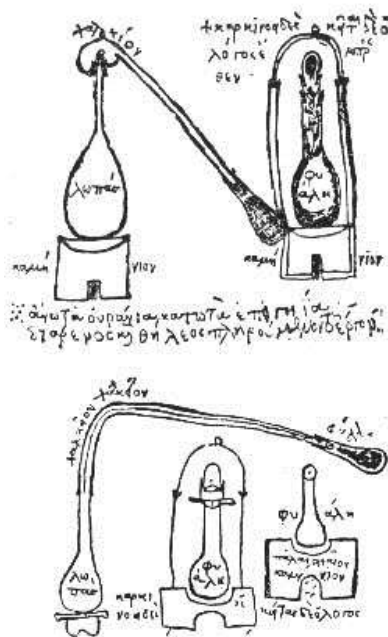
Άποψη της Αγοράς και του ναού του Ηφαίστου. Κατά την Αρχαιότητα, στην περιοχή αυτή ήταν συγκεντρωμένα τα εργαστήρια των μεταλλοτεχνιτών.
 Φωτογραφία από την ανασκαφή της Αγοράς (1957).
 Αθήνα, Α' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. ΥΠΠΟ/ΤΑΠ.
 Agora Excavations 19. American School of Classical Studies at Athens, neg. no. LXVII-51.
 © ΥΠΠΟ

Τα αργυρά και τα χρυσά νομίσματα υφίσταντο και αυτά έλεγχο, συνήθως με τη βοήθεια ζυγού ή με τη σύγκρισή τους με πρότυπα νομίσματα. Η περιεκτικότητα σε χαλκό 10 % και πάνω σε ένα αργυρό νόμισμα προσέδιδε εν καιρώ ένα ερυθρίζον χρώμα, οπότε τέτοιου είδους σημάδια αποτελούσαν στοιχεία δοκιμασίας. Υπήρχαν φράσεις του δοκιμαστή *υπόχαλκον*, *υπομόλυβδον* για να υποδηλώσουν ένα *κίβδηλο* επάργυρο νόμισμα (εξωτερικής βαφής). Κάτω από τον άργυρο κρύβεται ο ελαφρύτερος χαλκός ή ο βαρύτερος μόλυβδος. [6, 1]



Αργυρό τετράδραχμο Αθήνας 479 – 450 π.Χ.

Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν πολύ προχωρημένοι σε όλες τις φάσεις της μεταλλουργίας και είχαν αναπτύξει πολύ την τέχνη των κραμάτων, ενώ προσπαθούσαν να τελειοποιήσουν τα ευτελή μέταλλα με την προσθήκη κατάλληλου συνθέματος και να τα μετατρέψουν σε άργυρο ή χρυσό. Η διαδικασία της μετατροπής ήταν η λεγόμενη *λεύκωσις* και *ζάνθωσις* των μετάλλων. Η *λεύκωσις* είναι η λευκή ή αργυρή βαφή των μετάλλων, η *μετουσίωσις* που περιγράφεται στους παπύρους του Λουγδούνου (Papyri Lugduni II. 225, Leyden) από την πραγματεία του ψευδο-Δημόκριτου *Μυστικά και Φυσικά*. Η *ζάνθωσις* ή χρυσή **βαφή** των μετάλλων, όπως και η *λεύκωσις*, είναι δύο δύο μέθοδοι που σώζονται με πολλές επεξηγήσεις σε χειρόγραφο του Ζώσιμου του Πανοπολίτη γύρω στο 320 μ.Χ. (30).



Αποστακτικές συσκευές από ελληνικό χειρόγραφο του Ζώσιμου του Πανοπολίτη του Αγίου Μάρκου της Βενετίας.

Η χρυσοχοϊκή τεχνολογία στηριζόταν στην έννοια του αριστοτελικού ευμετάβλητου στοιχείου. Οι χυμευτές διαιρούσαν τα σώματα σε *Γένη* (ουσίες, φύσεις) και σε *Είδη* (568). Τα *γένη* είναι οι αρχικές ουσίες ή *πρωτουργοί*, ακατέργαστες, με έννοια ανάλογη εκείνης της απλής ουσίας (του απλού σώματος παλιότερα), δηλαδή τη σημερινή έννοια του στοιχείου. Η *αιτία*, που προκαλεί την ένωση των *γενών*, είναι η «*συμπάθεια*», η **αριστοτελική αφή**, η **βαφή** των μετάλλων (διπλή αφή), η *χημική συγγένεια* της μέχρι πρόσφατης χημείας (αρχές 20^{ου} αιώνα). Άμα επιτευχθεί η ένωση των *γενών* «*έκαστον σώζει την οικείαν συνύπαρξιν*» (568), απόδειξη *τελειώσεως* του έργου. Μεταξύ τους τα *γένη* είναι σώματα *ψυχρά*, που έχουν συγγένεια, είναι όπως έλεγαν *συναφή* (με την έννοια της αριστοτελικής *αφής*), διακρίνοντας τη *φυσική συμπάθεια* από την *ουσιώδη συγγένεια* (Coll.429). Η κατεργασία των *γενών* είναι μία χυμευτική πράξη. Η πράξη αυτή λεγόταν *σύγκρασις* ή *συνουσίωσις*, γιατί δεν έβλεπαν τότε κάποια χημική αντίδραση των ουσιών που ανακάτευαν, αλλά πίστευαν σε μεταβολή των *γενών* σε διαφορετικά *είδη*. Γι' αυτό η *λιθάργυρος* ήταν ένα πρόδρομο στάδιο του αργύρου και όχι ένα οξείδιο του μολύβδου (PbO). «*Η λιθάργυρος, εάν γένηται άρρευστος, ουκέτι έσται μόλιβδος γίνεται δε ευκόπως ταχύ γαρ εις πολλά μετατρέπεται η του μολύβδου φύσις*» (ψευτο-Δημόκριτος – Βώλος). Η κατεργασία τους είχε την προσδοκία της μεταμόρφωσης των *γενών* κι αν κάτι δεν πήγαινε καλά, η διαδικασία επαναλαμβανόταν όχι μόνο μία, αλλά πολλές φορές. Σπάνια κατέγραφαν τα συμπτώματα των πρακτικών διεργασιών τους και τα επεξεργάζοντουσαν μετά, για να προβάλλουν κάποια νέα γνώση. Η φημολογία για την αποτελεσματικότητα κάποιας διεργασίας, οι χίμαιρες των διδαγμάτων, οι μαγικές πράξεις και τα μυστικά διφορούμενα θεωρήματα εμπόδιζαν τα πορίσματα μιας πρακτικής. Η *αφή των γενών* επιτυγχάνεται δι' *ομορρευστήσεως* των ουσιών. Η *ομορρεύστησις* επαναλαμβάνεται αναλυτικότερα πιο κάτω. Τέτοια *γένη* θεωρούσαν τα *χυτά*, που ονόμαζαν και *σώματα*, όπως ο μολύβδος, ο *καπίτερος*, ο χαλκός, ο σίδηρος, ο χρυσός, ο άργυρος και ο *χυτός άργυρος* ή *υδράργυρος*.



Λάκκος χύτευσης χάλκινων αγαλμάτων, που ανακαλύφθηκε κατά τη διάρκεια των ανασκαφών στην περιοχή των εργαστηρίων στα νοτιοδυτικά της Αγοράς των Αθηνών. Ανήκει στον 4ο αιώνα π.Χ. Αθήνα, Α' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. ΥΠΠΟ/ΤΑΠ. Agora Excavations 19. American School of Classical Studies at Athens, neg. no. 80-183. © ΥΠΠΟ.



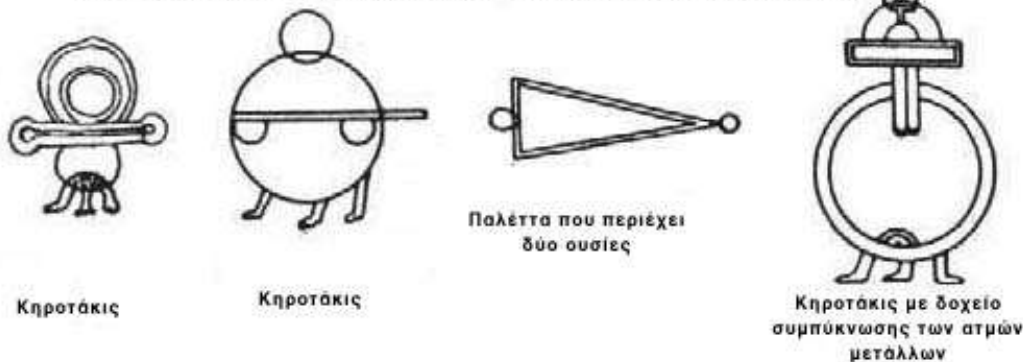


Η οinoχόη του Δερβενιού, κράμα χαλκού και κασσιτέρου, κατασκευάστηκε περί το 350 π.Χ.

Η συσκευή των ελληνοιστικών χρόνων για τη μελάνωση, λεύκωση ή ξάνθωση των μετάλλων ήταν ο **κηροτάκις**, ονομασία που πήρε από τη λέξη κηρός, γιατί το μέταλλο τηκόμενο

αποκτά μία υφή παρόμοια με αυτήν του κεριού. Ήταν μία παραλλαγή του άμβικα, διαθέτοντας ενσωματωμένο φούρνο. Η μελάνωση ήταν ένα επιφανειακό μαύρισμα που αποκτούσε το μέταλλο για λόγους καλαισθησίας. Η συσκευή αυτή πήρε το όνομα από την παλέτα των ζωγράφων την εποχή των πτολεμαϊκών χρόνων και το όνομα αυτό υπέστη μικρή τροποποίηση κατά του Βυζαντινούς χρόνους σε **κηροτακίδης**.

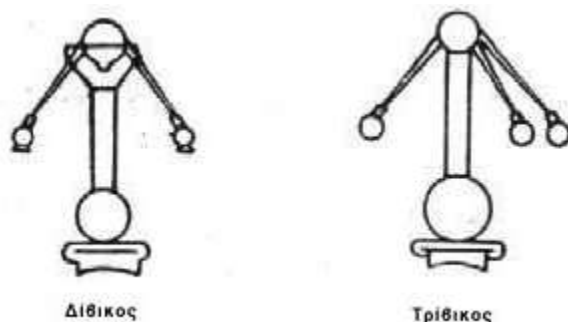
Αλεξανδρινοί κηροτακίδες από χειρόγραφο του 10ου ή 11ου αιώνα του Αγίου Μάρκου της Βενετίας στη συλλογή M. Berthelot *Introduction a l' etude de la chimie des anciens et du moyen age*, Paris, 1889.



Τα μέταλλα για τους Έλληνες ήταν επτά, συμβολιζόμενα από τον Κέλσο με κλίμακα επτά πυλών:

- την πρώτη πύλη μολύβδινη, αποδιδόμενη στον Κρόνο (Saturn),
- τη δεύτερη κασσιτέρινη, αποδιδόμενη στην Αφροδίτη,
- την τρίτη την ορειχάλκινη, την αποδιδόμενη στον Δία,
- την τέταρτη σιδηρά, την αποδιδόμενη στον Ερμή
- την πέμπτη ενός απροσδιόριστου μίγματος νομισματικού χαλκού στον Άρη
- την έκτη αργυρή στη Σελήνη και
- την έβδομη από χρυσό στον Ήλιο (ή Απόλλωνα, ή τον Μίθρα των Ρωμαίων).

Τα επτά μέταλλα συσχετίζοντο με τους επτά τότε γνωστούς αστέρες του πλανητικού μας συστήματος, γι' αυτό έφεραν και τα ονόματα των αστέρων αυτών, ονόματα θεών.



Τη διάταξη αυτή των μετάλλων τη συναντάμε σε ένα αντεγραμμένο εδάφιο του σοφού Κέλσου στο *Contra Celsum*, βιβλίο VI, σελ. 22, εκδ. Παρισίων 1733. Στην κορυφή των επτά πυλών είχε προστεθεί μία όγδοη, δίοδος των ψυχών και παριστάνουσα την περιφορά των ουρανίων άστρων.

Κέλσος

Υπάρχει μία αναγκαιότητα να θυγεί η περίπτωση του Κέλσου, που όπως ο αμνημόνευτος από τον Όμηρο Τρωϊκός ήρωας Παλαμήδης, συνώνυμος της σοφίας, έτσι και ο Κέλσος για τους χρόνους της εποχής του και 1500 χρόνια μετά ήταν συνώνυμος της επιστημονικής σοφίας.

Ο Κέλσος ήταν ένας μεγάλου κύρους φιλόσοφος, ταυτόχρονα θα μπορούσε να τον χαρακτηρίσει κάποιος ως νεοπλατωνικό και επικούρειο, ο οποίος μας είναι γνωστός σήμερα από τον «*Αληθή Λόγο*» του. Ο «*Αληθής Λόγος*» είναι μία πολεμική ή πιο σωστά συστηματική αντιπαράθεση με συγκριτικά δεδομένα προς τη χριστιανική θρησκεία, με στοιχεία ταυτόχρονα κατά του ανατολισμού (λατρείες Κυβέλης, Μίθρα, μαγείες κλπ.), εκφάνσεις άλογης πίστης κι απόλυτης υποταγής, εκφράζοντας τις ύστατες συνέπειες της ελληνικής θρησκείας. Συνέπειες μιας λογικής, που δεν μας υποχρεώνει να ταυτιζόμαστε με τη λατρεία των θεών, στο βαθμό κατά τον οποίον δεν μας συμφέρει και δεν αρμόζει στην κατάσταση των θνητών καταστάσεων. Σε αντίθεση με τον Ύψιστο θεό [Μίθρα, Θεό χριστιανών ή Ιαχωβά των Ιουδαίων (Γιαχβέ)], που παρεμβάλλεται σε οποιαδήποτε ανθρώπινη κατάσταση. Είναι αυτό που φώναξε ο Πορφύριος αργότερα «*άλογη και αβασάνιστη πίστη*» ή ο Ιουλιανός ο Παραβάτης: «*Δεν υπάρχει τίποτε στη φιλοσοφία σας εκτός από μία λέξη: Πίστευε*». Την εποχή εκείνη πολλοί πίστευαν ότι, ο χριστιανισμός ευρισκόταν υπό διωγμό, αγνοώντας για το χριστιανό Ρωμαίο Αυτοκράτορα με το όνομα Φίλιππος ο Άραψ (244- 249 μ.Χ.), πολύ πριν από τον Κωνσταντίνο το Μεγάλο. Την εποχή του Κέλσου, υπήρχε ο στωικός φιλόσοφος Αυτοκράτορας Μάρκος Αυρήλιος, ο οποίος αρχικά προστάτευσε τους χριστιανούς, αλλά μετά το 175 εξαπέλυσε έναν εκτεταμένο διωγμό μέχρι το 180. Οι λόγοι είναι πιθανολογούμενοι στην αδυναμία στράτευσης για την αντιμετώπιση βαρβαρικών φύλων, που πίεζαν τα βόρεια σύνορα της Αυτοκρατορίας.

Ο Κέλσος έδρασε κατά τα μισά του δεύτερου αιώνα μ. Χ., έγραψε δυο χρόνια μετά τους διωγμούς των χριστιανών από τον Αυρήλιο και σε αυτόν απάντησε ο χριστιανός Ωριγένης 60 με 70 χρόνια αργότερα με το έργο του: «*Κατά Κέλσου*». Κανένα έργο του δεν σώθηκε, Η φήμη του Κέλσου ήταν τέτοια, ώστε ο Ελβετός Philippus Bombastus von Hohenheim (1493 – 1541) να προσθέσει τα ευφημιστικά προσωνύμια Aureolus (Φωτοστεφής) Theophrastus (Θεόφραστος) και Paracelsus (Παράκελσος, δηλαδή δίπλα ή παραπλήσια στον Κέλσο, σε μια μοίρα λίγο μικρότερη πιθανόν). Ο γιατροχημικός Παράκελσος έμεινε με αυτό το προσωνύμιο πάντως στην ιστορία, συμβάλλοντας στα μέγιστα στην εξέλιξη της χημικής επιστήμης. Ο «*Αληθής Λόγος*» του Κέλσου γράφτηκε το 178 μ.Χ. και εκδόθηκε σε χώρες της Ευρώπης στα γαλλικά, αγγλικά και γερμανικά, όπως και στις ΗΠΑ. Στην Ελλάδα πρωτοβγήκε από τις εκδόσεις θύραθεν στη Θεσσαλονίκη, μόλις το 1996. Είναι φυσικά αναμενόμενο τα υπόλοιπα έργα του Κέλσου να μη σώζονται και να μην είναι γνωστοί ακόμη και οι τίτλοι τους. Τίποτα δεν γνωρίζουμε για τη ζωή του, αφού ότι μας είναι γνωστό, προέρχεται από τον Ωριγένη, ο οποίος παράθετα εκτεταμένα κείμενα του Κέλσου για να δώσει απάντηση σε αυτά. Ένα από τα έργα του Κέλσου πιθανολογείται, ότι, επιγράφεται «*Κατά μάγων*» (δεν σώζεται). [93, 586]

	Όξος		Χρυσός		
	Φύραμα		Άργυρος		
	Φιαλοειδής θωμός ;		Μόλυβδος		ορυκτός μόλυβδος
	ή  νεφέλη (ατμοί)		Κασσίτερος (αργότερα υδράργυρος)		
	Χόανος		Χαλκός		
	Σεληνίτης (λίθος) (γύψος)		Σίδηρος		
	Χυμός		Θείο		
	Λίθοι		Φρυττόμενος χαλκός (εκαμινευμένος)		
	Άλας		Φρυττόμενος ή φρυττευμένος μόλυβδος		
	Αρσενικό		Υδωρ (νερό)		

Ελληνικά χυμευτικά σύμβολα

Τα μέταλλα κατά την ελληνιστική περίοδο ονομάζοντο συνθηματικά *ψάμμοι*. Η μεταλλουργία *Ψαμμουργία* και *ψαμμουργική*, αν και στην αρχή ονόμαζαν την κατεργασία της χρυσοφόρας *μέλαινας γης*, που εφάρμοζαν οι Έλληνες και οι αρχαίοι Αιγύπτιοι στα άφθονα *χρυσεία* του Νείλου, τα κείμενα μεταξύ της Ερυθράς και του Νείλου, πλησίον της Μερόης, ισχυρότατης ιεροκρατικής έδρας των Φαραώ, την οποίαν ονόμαζαν οι εγχώριοι Χεμμώ και οι Έλληνες την μετωνόμασαν σε πόλη του Πανός. Το πετρώμα των *χρυσείων* αυτών, τα οποία λέγεται είχαν υποδειχθεί από παλαιούς βασιλιάδες, κόβεται, «*επίσσετο*» και «*επλύνετο*» και μεταβαλλόταν σε χρυσοφόρους *ψάμμους*. Το παρασκευασθέν μέταλλευμα δινόταν στη συνέχεια στους «*εψητάς*», οι οποίοι σε ορισμένες αναλογίες με μόλυβδο, άλας, κασσίτερο και κρίθινο πίτυρο αναμείγνυαν και ακολούθως «*έψηνον*» σε «*καμίνους*» «*επί νυχθήμερα πέντε*», οπότε λαμβάνεται «*το συντελεσθέν χύμα*» του χρυσού (Coll. 240, **568**). «*Τη δ' εχομένη (ημέρα) σύμμετρον τη πεπυρωμένη προσάγοντες ψύξιν εις αγγείον κατήρασαν, άλλο μεν των συνεμβεβλημένων ουθέν ευρίσκοντες, αυτό δε του χρυσού το χύμα, βραχείαν ειληφός απουσίαν από του ψήγματος*», (Αγαθαρχίδης). Οι *εψήσεις*, οι *καθάρσεις* και οι *βαφές* των μετάλλων συμπλήρωναν τις εργασίες των *ορυκτήρων* των πετρωμάτων και ονομαζόντο όλες αυτές οι διαδικασίες «*καιρικήαι*». Διαδικασίες, που εκτελούσαν κάτω από την επίβλεψη ιερέων εντός των ναών (ιδιαίτερα της Θήβας ή Θηβαΐδας) ή σε οικήματα του περιβάλλοντος του ναού, ακολουθώντας κάθε μυστικότητα. Τα γραπτά κείμενα των διεργασιών φυλάσσονται από «*δράκοντες*», για να μη μπορεί κανείς να τις πάρει και η τεχνογνωσία αυτή γίνει κτήμα του καθενός (Coll. 22, γνωστό είναι το *χυμευτικό* σύμβολο του *ουροβόρου* δράκοντος⁶).

⁶ Ο *ουροβόρος* *όφις* ή *δράκων(τας)* αν εξεταστεί από κάποιο σημείο, μας δίνει ένα σύμβολο «*άναρχον και ατελεύτητον έργον*», χωρίς αρχή και χωρίς τέλος, (**83**). Σε πάπυρο του Leyden υπάρχει ένας εγχάρακτος δράκωντας με κάποια αλληγορική φράση που λέει: «*Δράκων τις παράκειται φυλάττων τον ναόν...Πρώτον θύσον και αποδερμάτωσον, και λαβόν τας σάρκας αυτού έως οστέων...και ευρήσεις εκεί το ζητούμενον χρήμα*». Τα τέσσερα πόδια του δράκου παριστάνουν τα τέσσερα θεμελιώδη μέταλλα, το μόλυβδο, χαλκό, κασσίτερο και σίδηρο.



Ο ουροβόρος όφης ή δράκων.

Με τη λέξη χρυσός οι Έλληνες στον πάπυρο Χ των Θηβών της Αιγύπτου (βρίσκεται στο Λούβδουνο Μουσείο) δεν απέδιδαν την ποιότητα του μετάλλου μόνο, αλλά συνολικά τρεις χαρακτηρισμούς:

- «Χρυσός λέγεται το λευκόν, το ξηρόν, και το ξανθόν, και χρυσιακά ποιούντα αφεύκτους τας **βαφάς**».
- «Χρυσός εστι πυρίτης, καδμεία, θείον».
- «Χρυσός, όλαι αι ψωμαί και τα μέταλλα εισι τα ζανθωθέντα και τελειωθέντα». [82]

Όπως παρατηρούμε στο χαρακτηρισμό 1, η **θεωρία της αφής** των ουσιών του Αριστοτέλη στα μέταλλα περιπτώσιολογείται σε **θεωρία της βαφής** των μετάλλων. Το γράμμα βήτα, σημαίνει δύο ή διπλό, οπότε η βαφή σημαίνει **διπλή αφή**, με την έννοια της επανειλημμένης αφής, των διαδοχικών επαλείψεων. Η λέξη χρυσός αποτύπωνε έναν ευρύ κύκλο διεργασιών, από την κατεργασία χρυσού στην κοσμηματοποιία με πολύτιμους ή μη λίθους, από τα χρυσόχροα κράματα μετάλλων, από τα χρυσοφανή γράμματα ενός παπύρου, μέχρι τα επίχρυσα ή επιχρυσίζοντα σκεύη (π.χ. δοχεία ή κάτοπτρα) ή τις προσπάθειες μεταμόρφωσης των μετάλλων προς *αληθνή χρυσόν*. Στον πάπυρο Χ περιγράφεται η χρυσοχόηση κυλίκων, η επιφανειακή χρώση και κόλληση άλλων μετάλλων (*εξωτερική βαφή*) και *δοκιμές* καθαρότητας.

[Από το «ΛΕΞΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΗΣ», συντεθέν μεν υπό του Σκαρλάτου Δ. του Βυζάντιου. Επί τη βάσει πάντων των άχρι τούδε Ελληνικών Λεξικών, Ιδίως δε του εν Παρισίοις εκδιδομένου *ΘΗΣΑΥΡΟΥ του ΕΡΡΙΚΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ*, Εν Αθήναις 1852, σελ. 1561, διαβάζουμε:

Χύμα (το) = **Χεύμα**, υγρόν χυνόμενον, ρείθρον, ρεύμα, †**Χυματίζω** = μεταβάλλω κάτι εις ρευστόν, υγραίνω, λυόνω, †**Χυμεία** (η) νεολογισμός αντί **Χύμευσις** = σύγκρασις (χυμών), συγχώνευσις, σύμμικσις, εκ του Χυμεύω (χυμός), μέλλων χυμεύσω, σμίγω εις εν, συγχωνεύω, (ίδε **Χυμικός**). Χυμικός, ή, όν = ανήκων εις ει έχων αντικείμενον τους χυμούς, Χυμική (εννοείται τέχνη). «Ότι τα μέταλλα διαλύει και ως ύδωρ κεχυμένον ποιεί άνεν πυρός και χωνεύσεως», παρά Δουκαγγίω. (393), († σημαίνει ότι από το χύμα παράγονται οι επισημασμένες με το στίλετο λέξεις)].



Ποσειδών(ας), ορειχάλκινο άγαλμα του 460 π.Χ.

Στην αρχαία Ελλάδα οι κατεργασίες των μετάλλων είχαν ξεφύγει από την αποκλειστικότητα του ιερατείου και είχε περάσει όλη αυτή η τεχνογνωσία στα χέρια των δημοκρατικών πόλεων και στα χέρια τεχνιτών, που αναλάμβαναν την κατασκευή πραγματικά καλλιτεχνικών αριστουργημάτων (κρατήρων, κατόπτρων, όπλων, αγαλμάτων, αστρολάβων κλπ.) και οι οποίοι εμπλούτισαν την τέχνη αυτή με πολλές καινοτομίες. Οι Έλληνες, όταν κατέκτησαν την Αίγυπτο, εύκολα διέσπασαν τους κώδικες της μεταλλουργίας των Αιγυπτίων, γιατί γνώριζαν πολύ καλά αυτήν την τέχνη και εύκολα μπορούσαν να αφομοιώσουν την υποδεέστερη από τη δική τους μεταλλουργική τεχνοτροπία. Τα παραδείγματα, τα οποία στηρίζουν τη θέση αυτή, είναι πάμπολλα, η επώνυμη θεωρητική γνώση πάνω στη μεταλλουργία μπορεί να μη σώζεται, αλλά μιλούν πολλοί γι' αυτήν. Συνηγορούν τα ευρήματα, που κοσμούν τα μουσεία και μιλούν αυτά που όμοιά τους δεν έχουν ξαναγίνει (πολεμιστές πιθανόν του Ριάτσε). Μνημονεύονται αυτά, που αποτελούσαν τα 7 θαύματα του κόσμου (Κολοσσός της Ρόδου και το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Διός στην Ολυμπεία).



Το χάλκινο άγαλμα του κολοσσού της Ρόδου, του θεού Απόλλωνα (θεού του Ήλιου), δείγμα της μεγάλης μεταλλουργικής τέχνης των Ελλήνων. Το έργο αποδίδεται στο Λύσιππο, αλλά το πιθανότερο στο μαθητή του Χάρη. Ο Χάρης επωφελήθηκε από το χαλκό της Ελέπολης, του πολιορκητικού μηχανήματος του Δημήτριου (γιου του Αντίγονου), ύψους 9 ορόφων. Ο Πλίνιος μας πληροφορεί (*Naturalis Historia*, XXXIV, 41), ότι, το γιγαντιαίο άγαλμα κατασκευαζόταν επί δώδεκα χρόνια (292 – 280 π.Χ.). Επειδή είχε ο Χάρης υπερβεί τον οικονομικό προϋπολογισμό κατά πολύ, απελπισμένος αυτοκτόνησε. Οι δύο αναπαραστάσεις του Κολοσσού της Ρόδου έχουν λάθος στάση, γιατί στην πραγματικότητα το γιγαντιαίο άγαλμα είχε ενωμένα τα πόδια του, στερεωμένα στο ίδιο βάθρο, κρατώντας στο ένα χέρι πυρσό και στο άλλο ένα δόρυ, όπως η μεσαία αναπαράσταση του Gabriel. Το ύψος του εκτιμάται στα 33 μέτρα (εβδομήντα πήχεις) και σύμφωνα με τις δοξασίες βρισκόταν στο σημερινό Μανδράκι.

Το χρυσελεφάντινο *εύθρονον, βαθυχαίτην, κολλοσσιαίον* άγαλμα του Διός στην Ολυμπεία, ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, έργο του Φειδία κατά το 430 π.Χ. («*Ζευς κατανεύων, ειρηνικός και πανταχού πρᾶος*»). Ο χρυσός και διανθής μανδύας του κάλυπτε το κάτω μέρος του σώματος και οι βόστρυχοι στο κεφάλι καθένας ζύγιζε 6 μνας χρυσό (1 μνα = 727,64 g). Επί Ιουλιανού σωζόταν το άγαλμα. Τον πέμπτο αιώνα μ.Χ. μεταφέρθηκε στην

Κωνσταντινούπολη, αφού κάηκε ο ναός του στην Ολυμπία και το μεγαλόγρημα αυτό, όπως λέει ο Κεδρηνός (Χρον. Σελ. 322), καταστράφηκε το 475 μ.Χ. μετά από πυρκαϊά.



Το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Δία στο Ναό του στην Ολυμπία.

Η υπεροχή στη μεταλλουργία των Ελλήνων είναι πολύ παλιά, απλά εξετάζεται αποσπασματικά σήμερα από τους αρχαιολόγους και μόλις τα τελευταία χρόνια γίνονται παράλληλες εκθέσεις για παράδειγμα Αιγυπτιακής – Κρητικής τέχνης (Μουσείο Ηρακλείου 2000). Αν μάλιστα συγκρίνουμε κοσμήματα της μυκηναϊκής εποχής και τα αντίστοιχα αιγυπτιακά της ίδιας περιόδου ως προς την κομψότητα και την ποικιλία, τα συμπεράσματα κλείνουν οφθαλμοφανώς προς την ελληνική πλευρά. Τελευταίως έγιναν γνωστά τα χαλύβδινα κομψοτεχνήματα του 1230 π.Χ. στην θέση Αϊδώνια της Κορινθίας – Αρκαδίας και τις καμίνους παραγωγής κι επεξεργασίας σιδήρου, που βρέθηκαν στην ίδια περιοχή.



Ορειχάλκινο άγαλμα του εφίπου της Δωδώνης του 400 π.Χ.

Η τεχνική του ορείχαλκου (χαλκός των ορέων, Πλίνιος aurichalcum) του κράματος χαλκού – κασσιτέρου, στην πρώιμη εποχή των ελληνιστικών χρόνων με την έλλειψη του κασσιτέρου, συνεχίστηκε με ένα νέο κράμα χαλκού-ψευδή αργύρου (ψευδαργύρου), το οποίον ο Αριστοτέλης τον ονόμασε **μοσσύνοικος χαλκός** (πάφουλας).

Τα μέταλλα ήταν τα πρότυπα στα οποία υπαγόντουσαν και οι άλλες ουσίες, που κατεργάζοντουσαν οι χυμευτές των ελληνιστικών χρόνων. Υπήρχε ένας χυμευτικός κατάλογος με κατηγοριοποιήσεις ουσιών, ουσίες που προέκυπταν από τα μέταλλα, όπως ο κλαυδιανός ένα κράμα κασσιτέρου – μόλυβδου, ο μόλιβδος (μόλυβδος) ο οποίος όμως έπεται της λέξης του λιθαργύρου, ο χαλκός μετά το σύμβολο να διαβάζεται ο μαργαρίτης, ο όνυξ/χας, ο αμέθυστος, η νάφθα, η πίσσα, το άκχαρον, η άσφαλτος, το μέλι, το αμμωνιακό κόμμι, ο λιβανωτός. Μετά το σύμβολο του κασσίτερου που δηλώνει το κοράλλι, ακολουθεί κάθε λίθος λευκή, όπως σμάλτα, η σανδαράχη και το θείο.



Ο ελληνικός θεός της επικοινωνίας, των τεχνών και των επιστημών Ερμής.

Ο θεός της μεταλλουργίας και της ιατρικής στην αρχαία Αίγυπτο ήταν ο Θωθ ή Θουθ (Duhit ή Zahouiti) και οι μεταλλουργικές μέθοδοι ήταν γραμμένες με ιερογλυφική γραφή πάνω στις ιερές στήλες, αφιερωμένες στο θεό αυτόν, που απεικονιζόταν με ανθρώπινο σώμα και κεφαλή λιμνόβιου όρνιου Ίβεως (ιβεοκέφαλος). Η Ίβις (το πουλί) κατά τις παραδόσεις των Αιγυπτίων έμαθε στους ανθρώπους τη χρήση των κλυσμάτων (8). Ο θεός αυτός ταυτίστηκε με τον Ερμή τον Τριμέγιστο των Ελλήνων, θεός που επισκίασε τελείως το Θωθ.



Πτολεμαίος Α΄ ο Ευεργέτης, του Αίγυπτος

Ο Αιγύπτιος θεός Θωθ που ταυτίστηκε με τον ελληνικό θεό Ερμή τον Τρισεμέγιστο. Η κεφαλή του Θωθ ήταν γερακίσια, το εμβλημα των Πτολεμαίων.

Αι χυμεντικάί δόξαι, με άλλα λόγια η χυμεντική φιλοσοφία των ελληνοιστικών χρόνων εδραιώθηκε πάνω στις αρχές των ατομικών φιλοσόφων, της αριστοτελικής αρχής των ευμετάβλητων των τεσσάρων στοιχείων (αιτιών) και της πλούσιας πειραματικής εμπειρίας που είχαν καταγράψει οι αρχαίοι Έλληνες μεταλλουργοί. Η *τελείωσις* του έργου, ο απώτερος σκοπός που επεδίωκαν οι χυμεντές ήταν η αλλαγή του αριστοτελικού *είδους*, ιδιαίτερα σε ότι αφορά στις βασικές του ιδιότητες, δηλαδή στο χρώμα (βαφή μετάλλων) και στο βάρος. Τα *είδη* (τα *ίδια* των *γενών*) είναι απλά παράγωγα των *γενών* και εμπεριέχουν την αρχική ουσία. Τέτοια είναι τα θερμά σώματα, όπως το *άλας* και οι *λίθοι* (568, 100) και ειδικότερα τα *ίδια* του χαλκού, η γενικά *λεπίς* του χαλκού, ο *ιός* του χαλκού κτλ., τα *ίδια* του μολύβδου, ο *λιθάργυρος*, η *καδμεία*, το *ψιμύθιο* κ.ά. Τα *είδη* είναι ανάλογες με τις σημερινές χημικές ενώσεις των μετάλλων χαλκού και μολύβδου θα λέγαμε σήμερα. Με τον όρο *άλας* δεν περιοριζόντουσαν στο γνωστό αλάτι, το κοινώς ονομαζόμενο χλωριούχο νάτριο (νάτριο χλωρίδιο κατά IUPAC), αλλά σε μία κατηγορία συναφών ενώσεων, στις οποίες έδιναν φαρμακευτικές ιδιότητες και χρησιμοποιούσαν ως συνθέματα σε μεταλλουργικές εργασίες. Οι λίθοι εχρησιμοποιούντο ομοίως και ακολουθεί ένας πίνακας μετά από αυτόν των αλάτων πολύ πιο εκτεταμένος.

Άλατα

Τύπος άλατος	Χημικός τύπος	Φαρμακευτική χρήση
Άλας αιγύπτιον	;	Ως υπόθετο για τη σύλληψη και για τους αρθρικούς πόνους (Ιπποκράτης, 8)
Άλας Θηβαϊκόν	;	Ως επίσχεσιν εμμήνου και ρητινούχων σκευασμάτων
Άλός άνθος	Πιθανόν η σημερινή φαρμακευτική σόδα NaHCO_3	Ως φάρμακο κατά του έλκους και κατά πυόρροιας αυτιού
Άλμη	Διάλυμα NaCl	Για δυσεντέριες

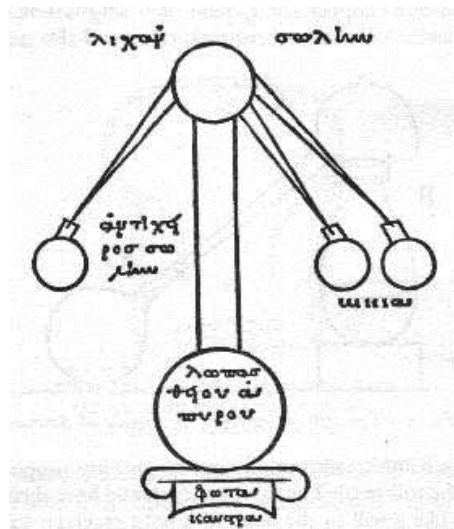
Λίθοι

Τύπος λίθου	Χημικός τύπος	Φαρμακευτική χρήση
Λίθος αετίτης	Οξυπυριτικό ορυκτό.	Για αλοιφές και επιληψίες
Λίθος αιματίτης	Fe_2O_3	Στυπτικό για αιμοπτυσίες, διουρητικό με κρασί
Λίθος αλαβαστρίτης ή όνυξ(χας)	Πιθανόν CaSO_4	Με κερι για στομαχικούς πόνους
Λίθος άσσιος	;	Αντί για σόδα για την απομάκρυνση λιπαρών ουσιών
Λίθος γαγάτης	Φαιάνθρακας	Μαλακτικός, κατά υστερικών σπασμών και σε αλοιφές για την ποδάγρα
Λίθος γαλακτίτης	Πιθανόν CaCO_3 ή $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Για την καταρροή και τα αποστήματα των ματιών
Λίθος γεώδης	Άργιλλος είναι ενυδρο πυριτικό αργίλιο $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Στηπτικός, καθαρτικός, ξηραντικός και για οφθαλμικές νόσους
Λίθος θυίτης	AlPO_4	Για οφθαλμικές νόσους
Λίθος ίασπις	Οξυπυριτικό ορυκτό άγνωστης σύστασης	Ωκυτόκιο μέσο (που βοηθάει τον τοκετό), που περιδένεται στο μηρό
Λίθος μαγνήτης	Fe_3O_4	Χορηγείται με μελίκρατον, ένα κράμα με μέλι και γάλα
Λίθος μελιτίτης	Πιθανόν ένα αργιλλιούχο ορυκτό	Τις ίδιες θεραπευτικές ιδιότητες με το γαλακτίτη
Λίθος μεμφίτης	Άγνωστης σύστασης	Ως αναισθητικό εγχειρήσεων
Λίθος μόροχθος	τάλκης	Επουλωτικός
Λίθος εν τοις σπόγγις	CaCO_3	Με κρασί κατά των λιθιάσεων
Λίθος οστρακίτης	»	Με ποτό για παρεμπόδιση της έμμηνης ρήσης
Λίθος οφίτης	Ένυδρο πυριτικό μαγνήσιο	Για κεφαλαλγίες επίθεμα και σε δαγκώματα φιδιών

Λίθος πυρίτις	Κατά το Διοσκουρίδη ο χαλκοπυρίτης και κατά τον Πλίνιο η μυλόπετρα	Σμήγματα με μέλι
Λίθος σεληνίτης	Γύψος, διένυδρο θειικό ασβέστιο	Επίνετο σκόνη κατά την επιληψία
Λίθος φρύγιος	Κάποιο αργιλιούχο ορυκτό ή <i>ηφαίστια σκωρία</i>	Στυπτικός και με κεριά για εγκαύματα
Λιθάργυρος	PbO	

Μόνο τα *γένη* ως αρχικές ουσίες μπορούσαν να ενωθούν μεταξύ τους και με κατάλληλες διαδικασίες να «στοιχειωθώσι», να δώσουν τις χημικές ενώσεις ή τα λευκά ή ξανθά μεταλλικά κράματα, που προσεγγίζουν την ποιότητα του αργύρου ή του χρυσού αντίστοιχα ή να ολοκληρώνονται τελείως σε αυτά τα δύο. Η αιτία που προκαλεί την ένωση των *γενών* είναι η αριστοτελική ή θεοφραστική *αφή*, η *συμπάθεια* κατά τον ψευτο-Δημόκριτο (Βώλο από τη Μένδη, ανατολικά του δέλτα του Νείλου (8, στο φαρμακολογικό του έργο *Περί συμπαθ(ει)ών και αντιπαθ(ει)ών*, μαρτυρία του Πλίνιου, στην πραγματικότητα του ψευδο-Δημόκριτου, 2ου π.Χ. αιώνα), μία αιτία ανάλογη προς τη χημική συγγένεια, μιας έννοιας η οποία επικράτησε μέχρι τα μισά του εικοστού αιώνα. Με τη συνένωσή τους τα *γένη* «έκαστον σώζει την οικείαν συνύπαρξιν», (568). Τα είδη τα προερχόμενα από τα *γένη* δύναται να «κατεργασθώσιν» και η πρακτική αυτή της *συγκράσεως* ή της *συνουσιώσεως*, ονομάστηκε όπως προαναφέραμε *χυμευτική*, σε αντιστοιχία με τη σημερινή χημική. Όταν έλεγαν οι αρχαίοι Έλληνες το *μόλυβδον ακατέργαστον, αρχικήν και πρωτουργόν ουσίαν, το λιθάργυρον κατεργασμένον και παράγωγον*, είχαν την ίδια αντίληψη, που έχουμε εμείς αντίστοιχα για το στοιχείο και τη χημική ένωση.

Τα πλάγια γράμματα προέρχονται από τη συλλογή των αρχαίων ελληνικών κειμένων από διασωθέντες παπύρους του Εθνικού Μουσείου του Παρισιού, τους οποίους κυριολεκτικά ανέσυρε από την αφάνεια και τη φιλολογική αδιαφορία ο διάσημος ακαδημαϊκός χημικός Marchelin Berthelot, μετέφρασε στα γαλλικά, τα υπομνημάτισε, τα ερμήνευσε και τα δημοσίευσε σε συνεργασία με το Ruelle σε τρεις τόμους στο Παρίσι. Η έκδοση αυτή συνοδευόταν με πίνακες, μία εκτενή εισαγωγή, η οποία ανέδειξε μία ξεχασμένη τεχνολογία και παραγνωρισμένη στη σύγχρονη εποχή. Ο πλήρης τίτλος είναι: *Collection des anciens alchimistes grecs, par M. Berthelot, avec la collaboration de Ch. Em. Ruelle – Première livraison, 1887 – seconde livraison 188 – troisième livraison 1888 – Paris, Georges Steinheil, éditeur, και θα αναφέρεται ως Coll. [(Coll. 425-427), 82]. Αναφορές γίνονται σε σπαράγματα παπύρων του Αγίου Μάρκου της Βενετίας και του Λούγδουνου Μουσείου του Βερολίνου, καταλογοποιημένοι από το τότε διευθυντή του Μουσείου C. Leeman [Papyri Graeci musei antiquarii publici Lugduni Batavi ... editit interpretationem latium, adnotationem, idicen et tabulas C. Leemans director, (82)]*



Τριάμβιξ, δηλαδή *άμβιξ* με τρεις *σωλήνες*. Οι υποδοχείς των αποσταγμάτων (δοχεία) ονομάζονται **βίκοι**, από το ομηρικό **βίκος** = πίθος, αμφορεύς υποδοχής υποδοχής οίνου. Ο αριστερός σωλήνας ονομάζεται *αντίχειρ(ας)*. Το κατώτερο δοχείο ονομάζεται *λέβης*, που καλείται και *λωπάς*. Κάτω από το λέβητα είναι η κάμινος με τη φωτιά ή τις φλόγες, που ονομάζονται *φώτας*.

Η ένωση επιτυγχάνεται «*δι' ομορρευστήσεως*» (Coll. 426) των ουσιών, με *συναφήν*, από όπου προέρχεται και η χυμευτική ρήση «*το παν μυστήριον τοις υγροίς επιστεύθη*». Για να επιτευχθεί η τήξις των ουσιών, υπάρχει η ανάγκη της προσθήκης μιας τρίτης ουσίας, η οποία θα καταστήσει ευτηκτικό το μείγμα, μιας ουσίας ενωτικής, που θα δώσει *ψυχήν* στα νεκρά (άτηκτα) σώματα, όπως ονομάζονται οι χυμευτικές νεκραναστάσεις και το *έμψυχον του υδραργύρου*. Η μεσάζουσα αυτή ουσία, «*το μεσιτεύον*», πρέπει να έχει κάποια ιδιότητα κοινή με κάποιο από τα τηκόμενα σώματα, στο οποίο μάλιστα μεταμορφώνεται. Γι' αυτό λοιπόν έχουμε την προσθήκη ως *ζύμης* των χυμευτών μικρής ποσότητας εν είδη ψηγμάτων χρυσού στο **χύμα**, από την οποία έχουμε τη φράση: «*ο σπείρων σίτον σίτον γεννά και θερίζει, και ο χρυσός χρυσόν γεννά*», Coll. 258. Η μεσάζουσα αυτή *ζύμη* είναι αυτή που θα φθείρει κατά την αριστοτελική έννοια το παλιό είδος *δι' εκλεπτύνσεως* ή *εξορφανίσεως* (δηλαδή εξαέρωσης), οπότε γίνεται «*η των ειδών μεταλλοίωσις*» (Coll. 93).

Η τεχνογνωσία της **ξάνθωσης** από τα σημερινά ιστορικά ευρήματα είχε εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα, πολύ πριν από την έναρξη των ελληνοιστικών χρόνων. Στην Αλεξάνδρεια επήλθε *σύγκρασις* με την τεχνοτροπία των Αιγυπτίων, δημιουργώντας την επώνυμη και σημαντική σχολή των Ελλήνων **χυμευτών**. Έχουμε πολλά συγγράμματα μεταλλουργικών κατεργασιών και *χρυσοποιΐας*. Στα συγγράμματα αυτά, των οποίων λείψανα έχουμε σήμερα, διακρίνουμε σειρά χημικών συσκευών, που χρησιμοποιούμε σήμερα στο χημικό εργαστήριο. Ο *αμβικισμός* ή η *ανάσπασις* (η απόσταξη), η εκκαμίνευση (π.χ. η *καμινεία χρυσάμμων*), γενικά η φαρμακοποιΐα και η *ιητρική*, απέκτησαν μεγάλη ακμή. Οι πειραματικές έρευνες και οι ευρεσιτεχνίες ξεπήδησαν από παντού, αλλά το μέρος που μπορούσαν να βρουν τα μέσα για να ολοκληρωθούν, ήταν η Αλεξάνδρεια. Μία πόλη να κοσμεύεται με το Μουσείο και δύο βιβλιοθήκες.



Φανταστική αναπαράσταση της μεγάλης Βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας, η οποία λειτούργησε επί Πτολεμαίου του Φιλάδελφου. Στο μέσον ο προθάλαμος της Βιβλιοθήκης και δεξιά μία αίθουσα ανάγνωσης.

Το Μουσείο διέθετε επιστημονικά εργαστήρια και αποτελούσε ένα είδος Πανεπιστημίου θεωρητικών και θετικών επιστημών και βρισκόταν δίπλα στην περίφημη Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας. Η σημασία του Μουσείου σήμερα είναι πνέει τη λήθη, οπότε αξίζει να θυμηθούμε το σχέδιο της επιτροπής εκπαιδευτικού σχεδιασμού του 1833 στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος των Σχινά, Πολυζωΐδη, Κοκκώνη, Σούτσου, Βενθύλου και Franz, όταν το Πανεπιστήμιο το ονόμαζε Μουσείο (570). Τότε είναι το πιθανότερο να διαμορφώθηκε και ο όρος **χημεία** ή **χημία**. Για την πρώτη γραφή του όρου, δηλαδή τη **χημ(ε)ία**, η καταγωγή του προέρχεται από την τέχνη της *χρυσοποιίας* της Αλεξάνδρειας, μιας τέχνης που έφτασε σε μεγάλα στάδια προαγωγής και θεωρητικής επεξεργασίας την περίοδο των Πτολεμαίων, όπως πολλαπλώς θα δειχθεί στις επόμενες παραγράφους. Αλλά αυτό δεν είχε μέχρι σήμερα εκτιμηθεί καταλλήλως, από ιστορικά δεδομένα τα οποία έμειναν ανεπεξέργαστα, όπως τα χειρόγραφα του Αγίου Μάρκου και του Εθνικού Πουσειού των Παρισίων.



Η νέα Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας.

Στην Αλεξάνδρεια ξεχώριζαν επίσης τα δύο της κοσμήματα η *μεγάλη* Βιβλιοθήκη στην περιοχή Βρουχίου, δίπλα στο Μουσείο, που ήταν, όπως προαναφέραμε, το κέντρο των πειραματικών επιστημών και η μικρή Βιβλιοθήκη η *θυγατέρα* της πρώτης, η οποία ανήκε στο Σα(ε)ράπειο (140). Η επιρροή της Αλεξάνδρειας ήταν πολύ μεγαλύτερη στη Μικρασιατική Νικομήδεια, πρωτεύουσα του Διοκλητιανού στο Ανατολικό τμήμα της Αυτοκρατορίας, σε σχέση με αυτή την οποίαν ασκούσε στη Ρώμη, οπότε ο Διοκλητιανός την έβαλε στο στόχαστρό του και χιλιάδες συγγράμματα χημικής τεχνολογίας κάηκαν και οι χρυσοποιοί ή γενικά μεταλλουργοί εκδιώχτηκαν.



Αριστερά ο χώρος του Σεράπειου στην σημερινή Αλεξάνδρεια, στην περιοχή του Βρουχίου, στο ίδιο μέρος που ήταν χτισμένο και το Μουσείο, με την ιδιαίτερη βιβλιοθήκη του. Στο κέντρο αναπαράσταση του Σεραπείου. Δεξιά η κεφαλή Σέραπι.

Η ετυμολογία της **χυμείας**, ενώ ακούγονται πολλές εκδοχές, προέρχεται από τη *σύγκρασιν των χυτών* για την παρασκευή του χρυσογόνου **χύματος** (το κατ' Αγαθαρχίδην *χύματος χρυσού*, **568**). Κατά τη σύγκραση απαιτείτο η χρήση ειδικού *συνθέματος*, του οποίου η βάση ήταν από τις παλιές ελληνικές παραδόσεις ο μόλυβδος (Μ. Στεφανίδης, **568**) και ο οποίος αναμειγνύετο με άλλα μέταλλα, όπως ο χαλκός. Κατόπιν το σύνθεμα έγινε, (η απαραίτητη ουσία για την *ζάνθωσιν*), όπως θα δούμε πιο κάτω, ο κασσίτερος και τέλος ο *χυτός άργυρος*, δηλαδή ο υδράργυρος. Ο Αγαθαρχίδης ονόμαζε το ρέον ύδωρ με το οποίον πλένανε το χρυσοφόρο μέταλλευμα *ύδωρ χυμαίων*. Σε γραφτό των Βυζαντινών κατασκευαστών ημιπολύτιμων λίθων: «...*Ότι το παρόν βιβλίον ονομάζεται βίβλος μεταλλική και χυμειτική περί χρυσοποιίας, αργυροποιίας, υδραργύρου τήξεως...*», (**568**). Σε μεταγενέστερες πραγματείες επικρατεί ο όρος **χυμ(ε)ία**. **Αλχυμιστές** ήταν οι Άραβες και Λατίνοι χυμειτές. Σημερινή μαρτυρία για την προέλευση της λέξης *χυμεία* έχουμε σε μία σύγχρονη και καλά δομημένη Γενική Χημεία του καθηγητή Πανεπιστημίου John B. Russell, έκδοσης McGraw Hill του 1988, αναφέρει μαζί με τις συνηθισμένες άλλες εκδοχές της προέλευσης του όρου, ότι: *some experts believe chemistry came from the Greek word **chyma**, which means «to melt or cast a metal».*

Από τη λέξη **χαμ** = **μαύρο** (μέλαν) προείλθαν οι φράσεις: **Μαύρη μαγεία** ή Επιστήμη **Μέλαινα**. Οι μύστες της ιεράς τέχνης ήσαν λιγιστοί, διακρινόμενοι από τους υπόλοιπους συγγραφείς, γιατί διέθεταν εμπειρία ως δεινοί πειραματιστές που ήσαν. Καθένας από αυτούς ονομαζόταν **Μέλας** (ή Μαύρος) ή **Μάγος**. Πολλοί πιστεύουν ότι ο **μάγος** είναι λέξη περσική, όμως προέρχεται από την ελληνική λέξη από το ρήμα **μάσσω** ή **μάττω** (μέλλ. **μάζω**, **έμαξα**, β' αόριστος **εμάγην**, παρακείμενος **μέμαγμα**), από το οποίον προέρχεται και το **μάγμα**= ρευστή μάζα. Η σημασία του μάσσω είναι ψηλαφώ, ζυμώνω, μαλακώνω, «δουλεύω» με τα χέρια και κατεργάζομαι. Το **μάσσω** είναι προϊόν του **μάγ-σω**, και η **μάζα** είναι ο μαλακότερος τύπος του. Οι λέξεις **μάγ-ειρος**, **μαγ-εύς**, και γενικά η ρίζα **μαγ-** προέρχεται αναλόγως όπως το **φυγ-**.

Στην κοπτική επίσης γλώσσα Kemi ή Koumi ονομαζόταν η Αίγυπτος. Από το **χαμ** θεωρείται μία εκδοχή της προέλευσης της λέξης **χημεία**. Ο Σαλμάσιος (άραβας Σαλμανάς) αναφέρει τα εξής: «Ο Χαμ (γιος του Νώε) ή Χαμ ή Χαμέφης και οι απόγονοι αυτού κατοίκησαν στην Αίγυπτο μετά τον κατακλυσμό και ως εκ τούτου οι ιερείς της Αιγύπτου ονόμαζαν τη χώρα **χειμείαν**». Μια άλλη εκδοχή στηρίζεται στην επιγραφή του έργου του Ζώσιμου του Πανοπολίτη *Χημεύ*, αν και αυτό ενδέχεται να είναι πλαστογραφημένο από αντιγραφείς του Σουΐδα, από όπου και προέρχεται αυτή η πληροφορία. Ο Πλούταρχος την αναφέρει ως **χημεία** (**610**). Γιατί ο Ζώσιμος αναφέρεται στον **Χύμη** ή **Χίμη**, όνομα σοφού, ως «χύμης δε καλώς απεφίηνατο, εν γαρ το παν και δι' αυτού το παν γέγονε», (**610**). Επίσης σε κείμενό του επικαλείται *την κεκρυμμένην τέχνην της χυμείας*, που επίσταται. Ο ιστορικός Διόδωρος ο Σικελιώτης αναφέρεται σε κάποιον Αιγύπτιο βασιλιά **Χήμμιν** ή **Χέμβιν**. Ο Στέφανος ο Αλεξανδρέας αναφέρεται στη ιερά και μυστική τέχνη της **μυθικής χημείας**, όταν σε άλλο του κείμενο σημειώνει: «και πάσα μεν τετραγωνική πλευρά εξ ιδιομήκους γινομένη **συγγένειαν** έχει προς το όμοιον, ίνα τελείαν α;ποκαταστήσει συμπλήρωσιν, παντός δε **χύματος και μορίων** εξήκουστον». Άλλη είναι παραφθορά του αλχυμιστικού δόγματος (δόξας, γνώμης) **αρχή μία** = **χημεία**. Την εκδοχή του όρου **χημεία** υποστήριξε και ο Γάλλος ακαδημαϊκός Marchelin

Berthelot, ως προερχόμενη από το ρήμα *χέω* και τη λέξη *χυμός*. Ο Χέρμαν Κωπ υποστήριζε ότι οι αλχημιστές κατεργάζονταν χυμό φρούτων κατά την Παρασκευή χρυσού (610). Αρκετοί λόγιοι χημικοί υποστήριξαν αυτή τη θέση. Χυμούς ονόμαζαν γενικά τις ουσίες των οργανισμών, από τους οποίους προήλθε και ο όρος του Παράκελσου ιατροχυμία ή χυμική ιατρική (Archidoxa). Ο Κοσμάς ο ιερομόναχος (χυμευτής του 11^{ου} αιώνα) γράφει: «Ἡ ἀληθινὴ αὐτὴ καὶ **μυστικὴ χυμία** κόπου μόνου δεῖται, ἐξόδου δὲ οὐδεμιᾶς» στο ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΧΡΥΣΟΠΟΪΑΣ (M. Berthelot and C.É. Ruelle, *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. 2. Paris: Steinheil, 1888). Από τα ελληνικά χειρόγραφα 27 χυμευτών που επεξεργάστηκε ο Berthelot, δεν είναι ξεκάθαρο η επιστήμη και ο όρος της χημίας ή χυμείας είναι ελληνικής ή αιγυπτιακής προέλευσης. Μάλλον είναι ελληνικής, σίγουρα όμως της φημισμένης ελληνοαιγυπτιακής πτολεμαϊκής περιόδου.

Η χυμευτική τέχνη των Ελλήνων εκαλύπτετο με μυστήρια θρησκευτικά, γιατί η χρυσοχοϊκές τεχνικές και οι συναφείς συνταγές τελούσαν πολιτειακό μυστικό και ρυθμιστή της νομισματικής κυκλοφορίας και του παραγόμενου πλούτου από χρυσό, τόσο στις ελληνικές πολιτείες όσο και στα ελληνιστικά κράτη. Στο ελληνιστικό βασίλειο των Πτολεμαίων η τέχνη αυτή είχε διαρροές σε ιδιώτες, οι οποίοι τη συστηματοποίησαν και τελειοποίησαν, προσθέτοντας πλήθος τεχνικών και πειραματικών διαδικασιών. Η λέξη *χυμευτής* και *χυμευτική* πιστεύει ο καθηγητής Χημείας στο Παν/μιο Ιωαννίνων Ι. Τσαγκάρης, ο οποίος διερευνά τα θέματα αυτά, δεν εμφανίζεται σε αρχαία κείμενα, γιατί καταστράφηκαν με την καταστροφή της βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας το 323 μ.Χ. (332). Η αλήθεια είναι, ότι, παρόλες τις καταστροφές έχουν διασωθεί αρκετά *σπαράγματα* αρχαίων, τα οποία αγνοούνται στην ελληνική βιβλιογραφία και έχουν ξεχαστεί από τη διεθνή, όταν η έρευνα για την ανακάλυψή τους γίνεται συμπτωματική, ενώ οι παλιές δημοσιεύσεις τους δεν είχαν εμπορική τύχη, για να είχαν καλύτερη μοίρα διάσωσης. Ευτυχώς όμως υπάρχουν αρκετά, που αποδεικνύουν την πιστοποίηση της καταγωγής της λέξης.



Εσωτερικός χώρος της Βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας, η οποία άρχισε να θεμελιώνεται από τον Πτολεμαίο το Σωτήρα και να ολοκληρώνονται οι εργασίες της από το γιο του τον Πτολεμαίο το Β΄ τον επωνομαζόμενο Φιλάδελφο. Ο Πτολεμαίος ο Α΄ είχε προλάβει να κατασκευάσει το άλλο μεγάλο πνευματικό κέντρο, το Πανεπιστήμιο τότε, το Μουσείο. Σημειωτέον ότι το πρώτο ελληνικό πανεπιστήμιο στα σχέδια του Καποδίστρια ονομαζόταν Μουσείο τεχνών και επιστημών. Ο Πτολεμαίος ο Α΄ επινόησε τον ελληνοαιγυπτιακό θεό

Σέραπη, το άγαλμα του οποίου ήταν δεξιά στον προθάλαμο της Βιβλιοθήκης, όπως φαίνεται από την αναπαραστάσή του και στο αριστερό μέρος είχε τον Πτολεμαίο το Φιλάδελο.

Εκτός από τις μαρτυρίες του Αγαθαρχίδη του Κνίδιου (120 π. Χ.), περιπατητικού φιλοσόφου, γεωγράφου, ιστορικού για το χρυσοφόρο χύμα, στον πρόλογο του DE RE METALLICA του Agricola (72) αναφέρεται το έργο του Οστάνη «*χυμευτικά*». Ο Οστάνης ήταν ένας εξελληνισμένος Πέρσης της Αλεξάνδρειας (τέλη 3ου αιώνα π.Χ) διάσημος κατά την ελληνιστικήν αρχαιότητα για τη χρυσοποιία του και εξειδικευμένος στην εξωτερική βαφή των μετάλλων, μία πραγματικά αξιοθαύμαστη ελληνική τεχνική, την οποία διακρίνουμε σήμερα στον κρατήρα του Δερβενιού. Η μέθοδος αυτή της *αφής* των μετάλλων, δηλαδή της *βαφής*, των *καταβαφών* και των *διαχρίσεων* εκκαλείτο και μέθοδος του *Οστάνου*, όπως μαρτυρεί ο ψευδο-Δημόκριτος, ο πιο διάσημος χυμευτής της αρχαιότητας, μαθητής του Οστάνη για την τεχνοτροπία των διαχρίσεων έναντι των επιβουλών των Αιγυπτίων. Ο ψευδο-Δημόκριτος καθιέρωσε τον όρο **Χρυσοποιία** και **Αργυροποιία**. Άλλος χυμευτής της αλεξανδρινής βυζαντινής περιόδου απροσδιόριστου χρόνου πιθανόν του 7ου αιώνα μ.Χ. είναι ο ιερομόναχος Κοσμάς (ο Ινδικοπλεύστης ;) με το ψευδώνυμο Ίσις, ο οποίος αναφέρει τη χρυσοποιία ως *αληθινήν και μυστικήν Χυμίαν* και πρώτος ομιλεί για το διοξείδιο του άνθρακα ως *άυρα ανθράκων* (82). Οι μαρτυρίες αυτού του άγνωστου Κοσμά βρίσκονται σε χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου της Βενετίας με αριθμό 2325.



Την ίδρυση της Βιβλιοθήκης αποφάσισε ο Πτολεμαίος ο Λάγου ή Σωτήρ (ο Α΄, 306 – 283 π.Χ.) κατόπιν εισήγησης του Δημητρίου Φαληρέως, που είχε φθάσει από την Αθήνα με πρόσκληση του Πτολεμαίου. Ο Πτολεμαίος ο Σωτήρας δεν πρόλαβε να θέσει τα θεμέλιά της Βιβλιοθήκης, όμως ίδρυσε το Μουσείο, κέντρο επιστημών, με πολλές επιστημονικές συλλογές, αστεροσκοπείο, βοτανικό και ζωολογικό κήπο και μια μικρότερη βιβλιοθήκη, οι τόμοι της οποίας έφθασαν τις 42800. Το Μουσείο ήταν σπουδαιότατο κέντρο επιστημών, με επιχορηγήσεις από τους Πτολεμαίους προς τους φοιτώντες και τους δασκάλους του, οι οποίοι είχαν δωρεάν σίτιση όλοι και μισθό οι δεύτεροι μαζί με τους ερευνητές του κέντρου. Στη βιβλιοθήκη του Μουσείου προστέθηκαν επί Πτολεμαίου Γ΄ του Ευεργέτη (246 – 221) οι βιβλιοθήκες του Θεόφραστου και του

Αριστοτέλη. Η Μεγάλη Βιβλιοθήκη θεμελιώθηκε από τον Πτολεμαίο Β΄ το Φιλάδελο (285 – 246), στα χρόνια του οποίου οι τόμοι ανήλθαν στις 90000., βιβλία **αμιγή** ή απλά ή **συμμιγή** (διπλά). [140] Στην εποχή της ακμής της περιείχε περί τους 700000 κυλίνδρους παπύρους, που αντιστοιχούσαν με 200000 περίπου σημερινά βιβλία. Εκτός από τη μερική καταστροφή της από τον Καίσαρα, Οκτάβιο, Διοκλητιανό, καταστροφή επείλθε κατά την αυτοκρατορία του Αυρηλιανού (270-273 μ.Χ.), όταν εισέβαλαν τα στρατεύματα της βασίλισσας Ζηνοβίας της Παλμύρας. Ο θεοδόσιος συμπλήρωσε την καταστροφή και ταλείψανά της ολοκληρώθηκαν επί Ιουστινιανού το 529 μ. Χ. με το διάταγμά του για την επίσημη κατάργηση της επιστήμης και της φιλοσοφίας (82). Η εν πολλοίς διαφημιζόμενη πυρπόλυσή της από τον Άραβα χαλίφη Ομάρ το 641 θεωρείται ότι στηρίχθηκε σε ένα μεταγενέστερο κατά 5 αιώνες κείμενο, όχι πολύ αξιόπιστο. Αυτά υποστηρίζονται από τον καθηγητή Luciano Canfora στο «La Bibliotheca couparsa» (Η εξαφανισθείσα Βιβλιοθήκη), 1987. Ανάλυση του βιβλίου του Κανφόρα έκανε ο ελληνιστής P. Vidal-Naquet στην εφημερίδα Le Monde στις 24 Ιουνίου του 1988 (588).

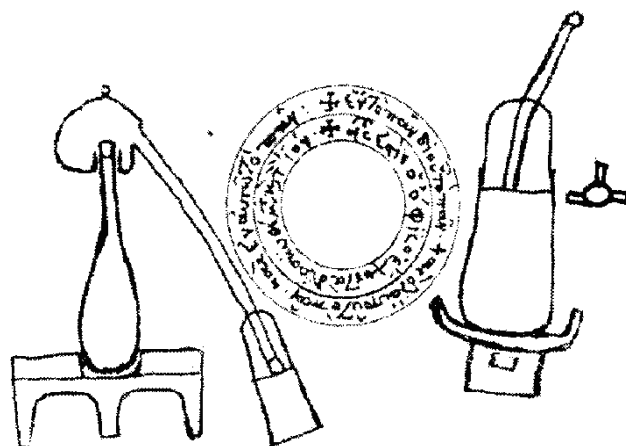
Με την εγκαθίδρυση του βασιλείου των Πτολεμαίων και την καθιέρωση από τη μια της Αλεξάνδρειας ως πρωτεύουσας της Αιγύπτου και των ελληνικών από την άλλη ως επίσημης γλώσσας, ο ιδρυτής Πτολεμαίος ο Α΄ ο επωνομαζόμενος Σωτήρας προκειμένου να συνδέσει τους δύο πολιτισμούς, αυτόν των Αιγυπτίων και αυτόν των Ελλήνων, επινόησε έναν Ελληνοαιγυπτιακό θεό με θεραπευτικές ιδιότητες, το Σέραπι ή Σάραπι, θεό με έντονα Ελληνικά στοιχεία, όπως η μορφή που μοιάζει με του Δία, η ενδυμασία κλπ. Ο Σάραπις είχε τις ιδιότητες του ελληνικού θεού Πλούτωνα, του αιγυπτιακού Άμμωνα, φέρνοντας το κέρασ του, τις ακτίνες του ηλίου του Απόλλωνα και τον Κέρβερο και *κάλαθον* της Δήμητρας στα πόδια του, δείγμα για την εξουσία του επί των ψυχών των ανθρώπων (595). Ανοικοδόμησε ένα ναό με βιβλιοθήκη που περιελάμβανε χιλιάδες χειρόγραφες περγαμηνές και παπύρους, και φρόντισε με μύθους του Πλούταρχου να διαδώσει τη νέα θεότητα. Ο Σάραπις απέκτησε σύζυγο την αδελφή του Όσιρι, την Ίσιδα. Το άγαλμα του θεού το κατασκεύασε ο γλύπτης Βρύαξις (τότε με το όνομα αυτό ήταν ξακουστός Αθηναίος γλύπτης και πολλοί ιστορικοί ερευνητές ταυτίζουν το όνομα με αυτόν). Περιγραφή του χάλκινου αγάλματος έχουμε από τα «προτροπικά» (IV, 48) του Κλήμη του Αλεξανδρέα, η οποία μας ενδιαφέρει από χημικής πλευράς: «*Βρύαξις ο δημιουργός, ουχ' Αθηναίος, άλλος δε τις ομώνυμος εκείνω Βρύαξιδι· ος ύλη κατακέχρηται εις δημιουργίαν **μικτή** και ποικίλη. Ρίνημα γαρ χρυσού ην αυτώ και αργύρου, χαλκού τε και σιδήρου και μολύβδου, προς δε και κασιτέρου, λίθων δε Αιγυπτίων ενέδει ουδέ εις, σάφειρου και αιματίτου θραύσματα, σμαράγδου τε αλλά και τοπαζίου. Λεάνας ουν τα πάντα και αναμίξας έχρωσε κνάνω, ου δη χάριν μελάντερον το χρώμα του αγάλματος...*». Η μικτή ύλη είναι η χρήση των μικτών, των μετάλλων που θεωρούνται ως μίγματα, που δύναται το ένα από αυτά με κατάλληλα φυράματα και την κατάλληλη μίξη και θερμική διαδικασία να μετατραπούν από τα ευτελή του σταδίου της *μελάνωσης* στα ευγενή της *λεύκωσης* (άργυρος) και στην τελειότητα της *ζάνθωσης* (χρυσός).

Η Αλεξάνδρεια αποτέλεσε ένα χωνευτήρι πολιτισμών των γνωστών τότε λαών και αυτό οφείλεται στην πολιτιστική ανωτερότητα των Ελλήνων, το φιλελεύθερο πνεύμα τους και στην ελεύθερη διακίνηση γνώσεων που είχαν θεσπίσει με τον τρόπο οργάνωσης της παιδείας τους και γενικότερα των πόλεών τους. Ητεχνοτροπία των Αιγυπτίων αφομοιώθηκε και οι Εβραίοι άποικοι της Αιγύπτου εξελληνίστηκαν, όπως τα απομεινάρια των Περσών, Φοινίκων και Συρίων. Οι θεοί των Αιγυπτίων ταυτίστηκαν με τους Ελληνικούς θεούς. Η Ίσις/δα ταυτοποιήθηκε με τη Δήμητρα (Γη-μήτηρ) με τη αρδευόμενη και πλουτοφόρα γη από το Νείλο, τον οποίον οι Αιγύπτιοι απεικόνιζαν με το θεό Όσιρις. Αυτή η ταυτοποίηση διεκόλυνε να γίνουν μερικοί ναοί της Αιγύπτιας θεάς στην η νησιώτικη και ηπειρωτική Ελλάδα. Η χημεία κατά την αλεξανδρινή περίοδο επωνομαζόταν Ερμητική Τέχνη, η οποία περιελάμβανε αρχικά πρόσωπα:

- μυθικά και θεία (ή μυθικοί αλχυμιστές)
- Έλληνες φιλοσόφους
- ελληνόφωνους, ψευδώνυμους και κυρίως Έλληνες χυμευτές
- βυζαντινούς **υπομνηματιστές**.

Αλχυμιστές αρχαίοι αναφερόμενοι από τους M. Berthelot και C.É. Ruelle, στο *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. 2. Paris: Steinheil, 1888 (repr. 1963).

1. Κλεοπάτρα 1^{ος} μ.Χ.
2. Κομάριος 1^{ος} μ.Χ.
3. [Ίσις] η προφήτισσα 1^{ος} μ.Χ.
4. Οστάνης ο Μάγος 1-2 μ.Χ.
5. [Αγαθοδαίμων] 1-2 μ.Χ.
6. Μωσής ½ μ.Χ.
7. Ευγένιος 1/3 μ.Χ.
8. [Ερμής] 1/3 μ.Χ.
9. Ιάμβλιχος 2/3 μ.Χ.
10. Ζώσιμος 3/4^{ος} μ.Χ.
11. Πελάγιος 3/4^{ος} μ.Χ.
12. Συνέσιος 4^{ος} μ.Χ.
13. Ηλιόδωρος 4^{ος} μ.Χ. ;
14. Ιωάννης ο Αρχιερέας 5^{ος} μ.Χ. ;
15. Ολυμπιόδωρος 5/6^{ος} μ.Χ.
16. Χριστιανός ο Φιλόσοφος 6^{ος} μ.Χ.
17. Στέφανος ο αλχυμιστής 7^{ος} μ.Χ.
18. Θεόφραστος ο ποιητής 7^{ος} μ.Χ. ;
19. Πάππος ο αλχυμιστής 7/8^{ος} μ.Χ.
20. Φιλόσοφος ο Ανώνυμος 7/8^{ος} μ.Χ.
21. Ιερόθεος ο αλχυμιστής 8/9^{ος} μ.Χ.
22. Σαμανάς 9-10^{ος} μ.Χ.
23. Κοσμάς ο Ιερομόναχος 11^{ος} μ.Χ.
24. Νικηφόρος Βλεμμύδης 13^{ος} μ.Χ.
25. Ιερόθεος ο ποιητής



Από το χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου του Ζώσιμου του Πανποπολίτη αρ. 2327.

Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας

Ο πρώτος πυρήνας της βιβλιοθήκης δημιουργήθηκε στην Αθήνα από τον Δημήτριο τον Φαληρέα, που συγκέντρωσε τους πρώτους κυλίνδρους (βιβλία), ο οποίος εκλείθηκε από τον Πτολεμαίο το Σωτήρα για να οργανώσει αυτόν το θησαυρό της γνώσης και της διασφάλισης όλων των τότε πολιτισμών. Η οργάνωση τελικά πραγματοποιήθηκε από τον Πτολεμαίο το Φιλάδελο με πρώτο επίσημο διευθύνοντα της Βιβλιοθήκης τον Ζηνόδοτο τον Εφέσειο. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει τους Βιβλιοθηκάρχους σύμφωνα με τον Edward Alexander Parson:

1. Δημήτριος Φαληρέας	284 π.Χ.
2. Ζηνόδοτος Εφέσειος	284 – 260 π.Χ.
3. Καλλίμαχος ο Κυρηναίος	260 – 240 π.Χ.
4. Απολλώνιος ο Ρόδιος	240 – 235 π.Χ.
5. Ερατοσθένης ο Κυρηναίος	235 – 195 π.Χ.
6. Αριστοφάνης ο Βυζάντιος	195 – 180 π.Χ.
7. Απολλώνιος Ειδογράφος* ⁷	180 – 160 π.Χ.
8. Αρίσταρχος Σαμοθρακεύς	160 – 145 π.Χ.

Σύμφωνα με αυτά που αναγράφονται στο έργο «Hellenistic Science and Culture in the Last Three Centuries B.C.» του George Sarton (1952, 77), η Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας καταστράφηκε το 389 με διάταγμα του Θεοδοσίου του Μεγάλου (379 – 395). Το διάταγμα ουσιαστικά το υπαγόρευσε ο φανατικός *αντιπαγανιστής* και ακραίος Πατριάρχης της Αλεξάνδρειας Θεόφιλος, ένας σφαγέας των Εθνικών. Σύμφωνα με μαρτυρίες του Ορόσιου (Orosius, του πρώτου μισού του τέταρτου αιώνα μ.Χ.) το 416 δεν υπήρχε η Βιβλιοθήκη. Για την καταστροφή του 645 της Βιβλιοθήκης από τον Ομάρ (χαλίφη) μετά την κατάληψη της Αλεξάνδρειας το 640, ο οποίος λέγεται ότι είπε: «*Τα κείμενα αυτών των βιβλίων ή περιέχονται στο Κοράνι ή όχι· και στι δύο περιπτώσεις είναι μη αναγκαία και δεν τα χρειαζόμαστε*», είναι ιστορικά ανεπιβεβαίωτη η θέση αυτή και αντίθετη με τις τότε διαγραφόμενες αντιλήψεις για τις επιστήμες των εθνικών από τους Άραβες. Την δήθεν καταστροφή της Μεγάλης Βιβλιοθήκης από τον Ομάρ την προσδιορίζουν το 645 μ.Χ.

Διώξεις της μεταλλευτική τέχνης στα πνευματικά κέντρα της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας

Υπάρχουν πολλές μαρτυρίες για το διωγμό που υπέστη η μεταλλουργία τους πρώτους αιώνες της αυτοκρατορίας, διώξεις που διαμόρφωσαν ένα κλίμα φόβου με συνέπεια να διακόψει τις έρευνες των κραμάτων και να φέρη την τέχνη σε απελπιστική κατάσταση. Η Ρωμαϊοκρατία επιβάλεται στην Ελλάδα στις 22 Ιουλίου του 168 π.Χ. με την ήττα του τελευταίου βασιλιά της Μακεδονίας Περσέα από τον Ρωμαίο στρατηγό Λεύκιο Αιμίλιο Παύλο. Τους Ρωμαίους υποστήριξαν πολλοί Έλληνες αμίταλοι των Μακεδόνων. Μετά την εξευτελιστική διαπόμευση του Περσέα στη Ρώμη και την άναδρη δολοφονία του, οι Ρωμαίοι καταλήστευσαν τις Μακεδονικές πόλεις και έκλεισαν τα χρυσορυχεία του Παγγαίου κι απαγόρευσαν την εισαγωγή αλατιού στη Μακεδονία. Επιτάξανε όλη την ποσότητα χρυσού, αργύρου, χαλκού και σιδήρου και την υλοτόμηση ναυπηγήσιμης ξυλείας. [596]

⁷ Εκτός από τον Απολλώνιο Ειδογράφο, όλοι οι αναφερόμενοι στον πίνακα έγραψαν ιστορία ως γραμματικοί. Ειδικά για τον Απολλώνιο τον Ειδογράφο γνωρίζουμε ότι, μάζεψε τις ωδές του Πινδάρου και δεν διαθέτουμε κάποια άλλη μνεία ή ιστορικό στοιχείο, που να αναφέρεται για μια διαφορετική συγγραφική του δραστηριότητα.

Ο Ιλλυριός αυτοκράτορας Διοκλητιανός (284-305 μ.Χ.), που καθιέρωσε αρχικά τη δυαρχία και μετά την τετραρχία, μετατράπηκε στο μεγαλύτερο διώκτη της χυμευτικής τέχνης, καταστρέφοντας όλους τους κυλίνδρους της στην Αίγυπτο (Μουσείο, Σεραπείο, Βιβλιοθήκη) με σχετικό διάταγμα που έβγαλε το 293 μ.Χ. Η ανάγκη, να προβεί σ' αυτήν την ενέργεια, δημιουργήθηκε, για να αποκτήσει το μονοπώλιο κοπής νομισμάτων και τον έλεγχο του εμπορίου της αυτοκρατορίας, μιας αυτοκρατορίας σε κατάσταση παρακμής.

Ο Κωνσταντίνος (306-337), μονοκράτορας από το 324 κι επωνομασθείς Μέγας, θέσπισε έναν φόρο, που λεγόταν **χρυσάργυρος**. Ο ιστορικός Ζώσιμος τόνιζε ότι, ο φόρος ήταν πολύ βαρύς και οι φτωχοί δεν μπορούσαν να τον πληρώσουν, με αποτέλεσμα άλλοι να πουλάνε τα παιδιά τους κι άλλοι να βγάζουν τις κόρες τους στην πορνεία, για να μπορούν να τον αποπληρώσουν. «Ούτος (δηλ. ο Κωνσταντίνος) και την εισφοράν (φόρο) εισήγαγε χρυσού τε και αργύρου πάσι απανταχού της μετριοῦσι τας εμπορίας· η δὲ και μητέρες απέδοντο παίδας, και πατέρες ἐπὶ πορνείαν θυγατέρας ἐστήσαντο, ἐκ τῆς τούτων ἐργασίας ἀργύριον τοῖς τοῦ χρυσαργύρου πράκτορσιν εἰσενεγκεῖν ἐπιγόμενοι. [596]

Αργότερα ο Γλυκάς ο Κεδρηνός και ο στιχουργός Μανασσής μας πληροφορούν, ότι, κάθε γυναίκα, άντρας, παιδί, ακόμη και βρέφος, φτωχός των πόλεων, ελεύθερος, κολόνας (ενοικιαστής) ή δούλος, έπρεπε να πληρώνει ένα ορισμένο φόρο σε μεταλλικό νόμισμα (ασημένιο ή χρυσό), για να δικαιούται να αποπατεί και να ουρεί. Το ποσό αυτό ήταν έξι *φόλλεις*. Το ίδιο συνέβαινε και με τον αγρότη, που πλήρωνε φόρο γοα τον ίδιο, τα μέλη της οικογένειάς του και τα ζωντανά του, συμπεριλαμβανομένου και του σκύλου του. Οι παλαιότεροι ιστορικοί, όπως ο προκόπιος και ο Ζώσιμος, αναφέρουν ότι, ο χρυσάργυρος ήταν φόρος για όλα τα επιτηδεύματα και εισπράττετο ανά τετρατία ή πενταετία. Όταν ερχόταν ο καιρός της απογραφής, όλοι προσπαθούσαν να κρύψουν ότι ήταν δυνατόν να κρυφτεί από τους φοροεισπράχτορες και τους στρατιώτες που τους συνόδευαν. Η μεταλλουργία σε εκείνη την περίοδο περιορίστηκε σε τεχνίτες και οι φιλόσοφοι που ασχολιόντουσαν με αυτήν εξέλειπαν. Η πειραματική έρευνα συρρικνώθηκε και πέρασε σε επίπεδα παρανομίας. Τα ορειχάλκινα όμως τεχνουργήματα και τα σμάλτα άφησαν στους μετέπειτα χρόνους της Κωνσταντινούπολης εποχή και το θεωρητικό υπόβαθρο της έμεινε ως χυ/ημευτική τέχνη των Βυζαντινών (Ρωμιών και Γραικών).

2.4.1 Οι μυθικοί χυμευτές

Οι μυθικοί της Ερμητικής Τέχνης, όπως επικαλούντο από τους Γνωστικούς και τον Ποίμανδρο, είναι ο Ηρακλής, η Ίσις/δα και ο Αγαθοδαίμων(ας). Ο Αιγύπτιος θεός Θωθ (Θοθ ή Τοτ ή Τατ, με σύζυγο τη Νεχεμάουτ) ήταν συνώνυμος του Ερμή, πατέρας της σοφίας, των τεχνών και των επιστημών στην αρχαία Αίγυπτο. Πατέρα «πάσης καρδίας και λογισμού δεσπότην». Την ίδια ιδιότητα είχε και ο θεός της επικοινωνίας και των επιστημών των Ελλήνων Ερμής. Τα συγγράμματα και την τεχνογνωσία των μυθικών χυμευτών τα διαχειρίζεται ή τα επιβλέπει το ελληνικό ιερατείο, όπως και όλες τις τέχνες. Οι μεταλλουργοί της αρχαίας Ελλάδας δεν ήταν απαραίτητα οι ίδιοι ιερείς, αλλά άτομα προστατευόμενα από αυτούς με τις εγκαταστάσεις τους στο περίβολο χώρο των ναών. Ένα χαρακτηριστικό δείγμα είναι το χαλκουργείο και το σιδηρουργείο έξω από ναό του Απόλλωνα στην Κολώνα της Αίγινας.



Σιδηρουργείο στην Κολώνα της Αίγινας

Η τεχνογνωσία των μετάλλων ήταν κοινή και διάχυτη στην Αθηναϊκή Δημοκρατία και αντιληπτή από τους φιλοσόφους, οι οποίοι μπορούσαν να αναπτύξουν μία άλλη τεχνική ή κάποιες καινοτομίες. Στην Αθηναϊκή Δημοκρατία το ιερατείο είχε χάσει την αποκλειστικότητα των «μυστικών» των τεχνών, η μεταλλουργία πέρασε στα ελεύθερα εργαστήρια των μετοίκων και απλά δίπλα στο περιεχόμενο της αναπτύχθηκε μία άλλη τεχνική από τεχνίτες και ερευνητές, πολύ πιο προωθημένη, τεχνική η οποία αναιρούσε το μυστικιστικό μανδύα της πρώτης. Η τεχνική αυτή απασχόλησε και τους φυσιοκράτες φιλοσόφους, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ελληνοιστικών χρόνων. Οι επιφανείς φιλόσοφοι, άφησαν συγγράμματα για τη μεταλλουργία, ενδεικτικά έργα των οποίων είναι το «Περί λίθων» και το «Περί πυρός» του Θεόφραστου. Πολλοί τεχνίτες και ερευνητές, είχαν στα χέρια τους συνταγές κραμάτων και φαρμάκων, διαγράφοντας μια πολύ πιο προωθημένη τεχνική, η οποία αναιρούσε το μυστικιστικό μανδύα της ιερατικής αποκλειστικότητας στη τέχνη των μετάλλων. Ενδεικτικά αναφέρουμε κατεργαστές μετάλλων, όπως τον πασίγνωστο Φειδία, τον άγνωστο Γλαύκο το Χίο ή τον εντελώς άγνωστο Φίλωνα το μεταλλουργό, τον οποίον αναφέρει ο Αθήναιος στους Δειπνοσοφιστές του και έγραψε μια πραγματεία «Περί μετάλλων». Για το Φίλωνα δεν γνωρίζουμε αν είναι ο Ελευσίνιος (4ος αι. Π.Χ.), που

κατασκεύασε την μεγάλη οπλοθήκη του Πειραιά, ικανή να χωρέσει τον οπλισμό και τα εξαρτήματα των 150 πλοίων του Αθηναϊκού στόλου, μεγέθους 32,5 x 132,5 m² ή για κάποιον άλλον Φίλωνα, όπως το γλύπτη που κατασκεύασε τον αδριάντα του Ηφαιστίωνα με εντολή του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Ο δεύτερος Φίλωνας⁸ αποτελεί την πιθανότερη εκδοχή. [30, 140].

Ο Γλαύκος ο Χίος έζησε στα τέλη του 7ου και αρχές του 6ου αιώνα π.Χ., υπήρξε μεταλλουργός και χαλκουργός γλύπτης. Εφεύρε την κόλληση του σιδήρου, όταν μνημονεύεται γι' αυτή του την επιτυχία από τον Ηρόδοτο. «Γλαύκος ... ος μόνος δε απάντων των ανθρώπων σιδήρου κόλλησιν εύρεν», κατασκευάζοντας τριποδικόν υποκρητηρίδιο (στήριγμα) από σφυρήλατο σίδηρο κοσμημένο με παραστάσεις ζώων και φυτών, πάνω στον οποίον στερεωμένος ήταν ένας κρατήρας από άργυρο. Τον κρατήρα αυτόν τον αφιέρωσε ο βασιλιάς της Λυδίας Αλυάτης (617-560 π.Χ.), όταν με τη βοήθεια του Θαλή νίκησε ή καλύτερα φόβησε με την έκλειψη ηλίου στις 28 Μαΐου (έγινε η προβλεφθείσα από το Θαλή έκλειψη Ηλίου) τον Κυαξάρη, βασιλιά των Μήδων, αναγκάζοντας τον να δεχτεί ως σύνορο τον Άλυ ποταμό.

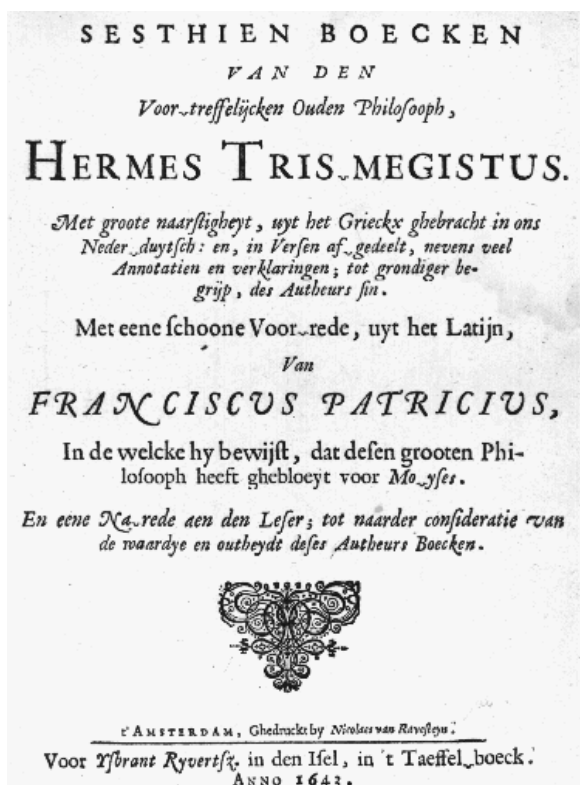


Πήλινη αναπαράσταση χυτηρίου χαλκού στην Κολώνα

Ο Ερμής κατά τους Γνωστικούς έγραψε 20000 βιβλία και κατά τον Ποίμανδρο 36500, τα οποία εξέθεταν κατά τον Κλημένη τον Αλεξανδρέα, σε πανηγυρικές πομπές με ανάλογες τελετές. Τα μυστικά αυτά συγγράμματα είχαν περιεχόμενο εκτός από τη χυμευτική τέχνη, αστρολογία και μαγεία. Τα συγγράμματα του Ερμή φυλάσσονται από τον ουροφόρο δράκοντα, σύμβολο της ερμητικής τέχνης. Από τότε καθιερώθηκε ο όρος ερμητικός, αυτός που κλείνει το στόμα του και φυλάει καλά ένα μυστικό. Η φράση ερμητικά κλειστά σημαίνει κάτι που είναι σφραγισμένο και δεν υπάρχει περίπτωση διαφυγής. Η τεχνική της

⁸ Υπάρχει ακόμη ένας Φίλωνας Γεωγράφος (3ος αι. π.Χ.) και ένας Ταρσέας.

μεταλλουργίας και μάλιστα αυτή της χρυσοποιίας αποτελούσε επτασφράγιστο μυστικό, που μόνο μνημένοι μπορούσαν να γνωρίσουν. Η μύηση περιελάμβανε απόλυτη πίστη, η οποία επιτυγχάνετο με κάποια τελετουργικά στοιχεία, που προκαλούσαν δέος, εντάσσοντας το μνημένο σε κάποιο κατώτερο στάδιο μιας δεδομένης ιεραρχίας. Το τελετουργικό πρέπει να διασώθηκε σε πολλές λεπτομέρειες στα χρόνια της παρακμής της Αλεξάνδρειας κατά τη μακρά περίοδο της Ρωμαιοκρατίας και την επέλαση του χριστιανισμού, στους αλχυμιστές της Αραβίας ή τους Λατίνους της Δυτικής Ευρώπης. Μετά εξανεμίστηκε.



Η πρώτη ολλανδική μετάφραση του *Corpus Hermeticum* του Boeckén το 1643 (μετά την ιταλική έκδοση του Tomasso Benci), που εμφανίστηκε στην Alkmaar στα 1807 και ένας κύκλος της αναπαράχθηκε από τον Cornelis Drebbel. Ο A. W. van Beyerland, στο εμπορικό Amsterdam, πρόβαλε την εργασία του Jacob Boehme, εκδίδοντας μία μετάφραση στα 1643. Ο Boeckén χρησιμοποίησε την έκδοση του *Corpus Hermeticum* του Francesco Patrizi, συμπεριλαμβάνοντας αργότερα και το *Nova de universais philosophia*. Η πραγματεία αυτή αποτελεί μία εργασία, που δύναται να συγκριθεί με τη λατινική μετάφραση του Ficino.

Τα ερμητικά κείμενα δεν παρουσιάζουν τελετουργία και καθαρμούς, κύρια γνωρίσματα μιας θρησκείας, χαρακτηριστικό που διακρίνουν τα Ορφικά κείμενα. Στα ερμητικά κείμενα υπάρχει ο Λόγος, αποκαλυπτικός, με ιδιότητες που συναντάει κανείς και σε χριστιανικά κείμενα. Ο Λόγος αυτός προτρέπει τον άνθρωπο να τον τηρεί για να μπορεί να φθάσει κάποτε στην υπέρτατη γνώση του θείου. Τα ερμητικά κείμενα φέρουν έναν απόλυτο μυστικισμό, ο οποίος υποτίθεται, ότι, οδηγεί στην εκπλήρωση μιας τελιότητας στη γνώση. Ο συντάκτης πολλών από αυτά τα κείμενα θεωρείται, ότι, είναι ο Μανέθων, ο αρχιερέας του Πτολεμαίου Β΄ του Φιλάδελφου, ο οποίος έγραψε στα ελληνικά για την ιστορία του Αιγυπτιακού βασιλείου και αποκάλυψε τα δόγματα του Θωθ, που επίσης εκπροσωπούσε. Οι λόγοι του Ποιμάνδρη αναφέρονται σε επικλήσεις του Ασκληπιού, των *εφτά πατέρων*, των *εφτά* πλανητικών κύκλων, των *εφτά* κυβερνητών. Ο αριθμός τελειότητας των Ελλήνων είναι παρών στο περιεχόμενο των κειμένων. Έχει διασωθεί η επίκληση ύμνου στον Ποιμάνδρη, ιδιαίτερος τίτλος του πρώτου από τα ερμητικά έργα. Ξεχωρίζουμε από τον ύμνο: «*Εάν τα σώματα ασωματώσης και τα ασώματα σωματώσης, ουδέν το προσδοκώμενον έσται*»

(χειρόγραφο Αγίου Μάρκου Βενετίας, φ 95, 83), που σημαίνει ότι 'δεν πρέπει να αφαιρέσεις από τα μέταλλα τη μεταλλική τους ουσία (δηλαδή να τα οξειδώση ή να τα διαλύσεις σε οξέα) και δεν πρέπει να τα κατεργαστείς με αμέταλλα στοιχεία'. Τα σώματα και τα ασώματα των τότε αλχυμιστών μας θυμίζουν τη διάκριση των στοιχείων σε μέταλλα και αμέταλλα. Τα κείμενα αυτά κατ' αρχήν συνελέγησαν από τον Ποιμάνδρη γι' αυτό ο πρώτος Λόγος του Ερμή του Τρισμέγιστου έχει τον τίτλο Ποιμάνδρης (84).

Ο Αρποκρατίων(ας)⁹ από τη Μένδη, ακμάσας στην Αλεξάνδρεια κατά το 2ο με 3ο αιώνα μ.Χ. γραμματικός, ήταν πιθανόν αυτός που συγκέντρωσε το υλικό των Πυθαγορίων και του ψευτο-Δημόκριτου Βώλου του Μενδήσιου, όπως και όλα τα έργα των αλχυμιστών και τις γραφές των ερμητικών στηλών του ιερού της Μέμφιδας, τις οποίες κωδικοποίησε, δίνοντας τον τελικό τίτλο «*Ερμής ο Τρισμέγιστος*». Ο Ποιμάνδρης (ποιμήν ανδρών) είναι μία συλλογή πολλών διαφορετικών κειμένων, που συγκεντρώθηκαν κατά τον 1^ο αιώνα μ.Χ., νεοπλατωνικής προέλευσης με πολλά αποκρυφιστικά στοιχεία, δεισιδαιμονίες και μαγικά ανατολικής καταγωγής, τα οποία συγκροτούσαν μία υποφιλοσοφία. Η υποφιλοσοφία αυτή εξυπηρετούσε στο να κρατάει το μεταλλουργό ή γενικά το χυμευτή στο καθαρά τεχνικό μέρος εκτέλεσης της συνταγής χωρίς να καταγράφει τις παρατηρήσεις του και να προάγει την τεχνική του.



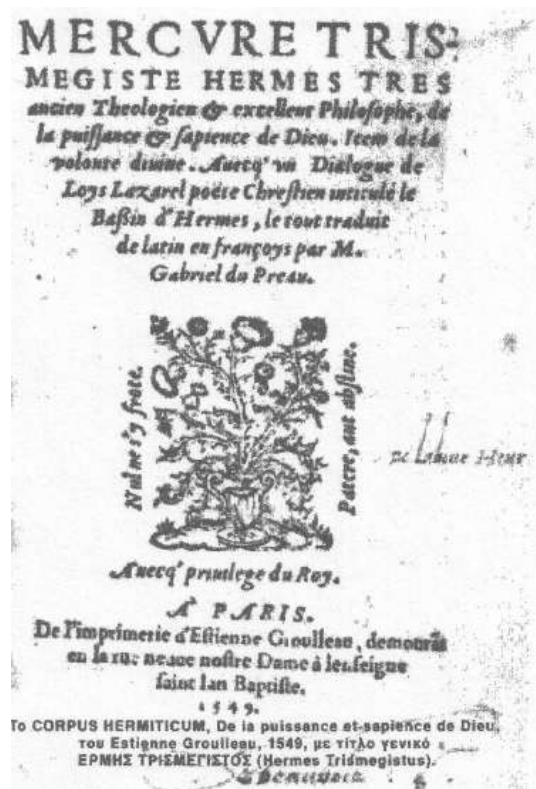
**Ερμής ο Τρισμέγιστος
(Hermes Mercurius Trismegistus)**
από το «*Historia Deorum Fatidicorum*».

Στα ερμητικά κείμενα του Ποιμάνδρη υπάρχει ένας διάλογος του Ερμή με τον Ασκληπιό, ένας μεγάλος αριθμός κομματιών που μας παρέδωσε ο Ιωάννης Στοβαίος¹⁰ («*Ανθολόγιο*», ένα έργο σε 4 βιβλία, γραμμένο για το γιο του Σεπτίμιο, 5^ος αιώνας μ.Χ.) και κάποια αποσπάσματα σε παραθέματα χριστιανών συγγραφέων. Η ερμητική τέχνη δεν περιοριζόταν στη μεταλλουργία, αλλά στην ιατρική, διατροφή, βοτανική, ορκτολογία, ποτοποιία, αρωματοποιία, χρωματοργία και οποιονδήποτε κλάδο που είχε σχέση με τη χημεία. Στα ερμητικά αυτά κείμενα γίνεται λόγος για πλανήτες, κοσμογένεση, λόγους σωτηρίας της ψυχής, ανθρωπολογία, για θεραπευτικά φυτά, φυσιοθεραπευτικές μεθόδους και συναφή. Για να ταιριάξουν οι συντάκτες των κειμένων τις θεότητες του Ασκληπιού, αναγνωρισμένου θεού των Ελλήνων με τον Ερμή, έγραψαν έναν υποτιθέμενο διάλογο. Σημειώνουμε ότι, η ιατρική του Ασκληπιού ήταν μία τεχνική εικονικής περισσότερο θεραπείας (ψυχοθεραπείας), που ακολουθούσαν τα ελληνικά ιερατεία, σε αντιδιαστολή με την ιπποκράτεια ιατρική, η οποία είχε ένα ορθολογικότερο προσανατολισμό προς τη

⁹ Το μόνο επώνυμο έργο του Αρποκρατίωνα που σώζεται, είναι το «*Λεξικόν των δέκα ρητόρων*». Το όνομα Αρποκρατίων προέρχεται από έναν ελληνοαιγυπτιακό θεό τον Αρποκράτη, θεό της σιωπής (ερμητικά κλειστό), προσομοιαζόμενο με παιδί έχοντας το δάκτυλο στα χείλη και καθημένου πάνω στο άνθος λωτού.

¹⁰ Στόβους ήταν μία πόλη της Μακεδονίας.

θεραπευτική φαρμακολογική αγωγή. Τα τελικά κείμενα έφεραν τον τίτλο: «Ερμής Τρισμέγιστος».



Η πρώτη γαλλική μετάφραση του Corpus Hermeticum από τον καθολικό Γάλλο θεολόγο Gabriel du Préau (1511 – 1588), ο οποίος προσέθεσε τις μεταφράσεις του Ερμητικού Ασκληπιού και μια εργασία του Ludovico Lazzarelli, Crater Hermetis. Ο du Préau δεν διέθετε τα ελληνικά χειρόγραφα για να συγκρίνει τις λατινικές μεταφράσεις, οι οποίες είχαν πολλές παραφθορές, ώστε το έργο να καθίσταται σε πολλά σημεία αναξίπιστο.

Τώρα γεννιέται το ερώτημα, γιατί δόθηκαν στα κείμενα αυτά του 2ου αιώνα μ.Χ. ο τίτλος «Ερμής ο Τρισμέγιστος»; Η απάντηση δίνεται εύγλωττα από τον Ιάμβλιχο και το Γαληνό. Ο Ιάμβλιχος (232-301 μ.Χ.), νεοπυθαγοριστής κι αυτός, πρέσβευε ότι, η προέλευση της ψυχής του κόσμου και του ανθρώπου προέρχεται από το *υπέρτατο ον*, το οποίο εξέπεμπε ακτίνες ζωής. Ο Ιάμβλιχος αναφέρει τις στήλες του Ερμή στη Μέμφιδα, που πάνω τους ήταν γραμμένες «άπασαι αι επιστήμαι». Τα γραπτά των στηλών ήταν γραπτά από ανώνυμους συγγραφείς ή εφευρέτες, των οποίων η ανάγνωση κι η αποδοχή τους από κριτές τα ανήγαγαν σε ιερά και ικανά να βρίσκονται σε περίοπτη θέση των στηλών. Ο Γαληνός συγκεκριμένα έγραφε: «*Εν Αιγύπτω παν ανακαλυπτόμενον υπεβάλλετο εις την των σοφών εν γένει επιδοκιμασίαν, μεθ' ο ανεγράφετο άνευ του ονόματος του εφευρέτου επί στηλών εν τω ιερώ φυλαττομένων. Εντεύθεν δ' η των έργων πληθύς των αποδιδομένων τω Ερμή*». Οι στήλες με τις συλλογές κειμένων, που επί Κλημέντος του Αλεξανδρέως περιελάμβαναν 42 βιβλία του Ερμή, περιφερόντουσαν σε πανηγυρικές λειτανίες στο ναό της Μέμφιδας. Τα βιβλία αυτά περιείχαν νόμους, τα των θεών, δηλαδή ιερατικά κείμενα, φιλοσοφία, ύμνους, ευχές και έξι παστοφόρα ιατρικά σκευάσματα, φάρμακα, όργανα και για τις γυναικείες ασθένειες. Παρατηρούμε με άλλα λόγια ένα συνεταιρισμό θρησκείας και επιστημών σε έναν άρρηκτο δεσμό. [83, 140]

Παρατίθενται μερικές σημασίες λέξεων, που προέρχονται από τον Ερμή¹¹ και μερικές των οποίων χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα.

Έρμασμα ή έρμα, δηλ το στήριγμα ή το στήλωμα (στήλωμα = βάση, βάθρο ή κυοφορόν έμβρυο)

Έρμα Διον λαβούσα, δηλ. θεϊκό σπέρμα, θεϊκό έμβρυο

Ερμάζω, δηλ. Στηλώνω

Ερμητικό, σφραγισμένο, απόλυτο μυστικό

Έρμαξ-κος, δηλ. σωρός λίθων, σαβούρα, έρμα των πλοίων

Ερμητικά κλειστό, δηλ. απροσπέλαστο, μη παραβιαζόμενο

Έρμαια, δηλ. αδέσποτα πράγματα των δρόμων

Ερμαί, ήταν οι οδοδείκτες κίονες των οδών, επειδή ο Ερμής ήταν προστάτης των οδών.

Ο Ερμής, γιος του Δία και της Μαίας (θυγατέρας του Άτλαντα), γεννημένος στην Κυλλήνη, όρος της Αρκαδίας, ήταν αρχικά ένας επιτήδειος ζωοκλέφτης. Αργότερα εξελίχθηκε σε έξοχο μουσικό, που εφεύρε τη λύρα, που κατασκεύασε από καύκαλο χελώνας. Ήταν επιδεξιότατος εκτελεστής των θείων βουλών, γι' αυτό ελέγετο και διάκτωρ, από το διάγω. Εκαλείτο και Εμπολαίος ως θεός του εμπορίου κι εναγώνιος ως προϊστάμενος της γυμναστικής. Αποδίδετο σ' αυτόν η εφεύρεση των γραμμάτων, των αριθμών, των τελετών, της ελαίας και της σύριγγας. Μερικά προσωνύμια του Ερμή: Άγγελος, Αγοραίος, Αγροτήρ, Αγώνιος, Διάκτορος, Ενόδιος, Επιμήλιος, Θυραίος, Καταιβάτης, Κηρύκειος, Κριοφόρος, Ληϊστήρ, Νόμιος, Νύχιος, Όδιος, Πεισίνους, Πολύμηλος, Πομπαίος, Πυλαίος, Πυληδόκος, Στροφαίος, Τετράγωνος, Τετρακέφαλος, Τρικέφαλος, Χαριδότης, Χθόνιος, Ψυχοπομπός.

¹¹Αγροτήρ → και νόμιος, δηλαδή ποιμενικός, οδηγώντας με το μαγικό ραβδί του τα κοπάδια, που εξουσιάζει ως θεός των βοσκών. Τα κοπάδια εκφράζουν την κινητική πλευρά μιας περιουσίας, μια από τις πρώτες μορφές πλούτου, που αντί να παραμ'νει σταθερός μπορεί να αυξάνει ή να λιγοστεύει. Λέγεται και επιμήλιος ως προστάτης κοπαδιών και πολύμηλος ως έχοντα πολλά κοπάδια. Αγώνιος → βρίσκεται στα στάδια όπου οι άνθρωποι αγωνίζονται. Διάκτορος → άγγελος, κηρύκειος, πρεσβευτής, κήρυκας, αγγελιοφόρος, περιπλανώμενος θεός, κυρίαρχος των δρόμων, οδηγεί τους ταξιδιώτες στην παρούσα ζωή και ως ψυχοπομπός στην άλλη. Επιμήλιος → προστάτης κοπαδιών. Όδιος → πάνω στους τάφους, αυτές δηλαδή τις πόρτες που οδηγούν στον κάτω κόσμο, βλέπε το χθόνιος και νύχιος. Πολύμηλος → έχει πολλά κοπάδια. Πυλαίος → θυραίος, στροφαίος, στην είσοδο των πυλών μιας πόλης. Πυληδόκος → αυτός που παραφυλάει στις πόρτες. Στροφαίος → στα σταυροδρόμια. Τετράγωνος → Σε αντίθεση με τον τετράγωνον Ερμή έχουμε τη στρογγυλή εστία (φούρνο), που μοιάζει με τη γυναίκα, γιατί ο κύκλος χαρακτηρίζει στην Ελλάδα τις χθόνιες και συνάμα γυναικείες θεότητες, άμεσα συνδεδεμένες με τη Μητέρα Γη, και αυτή η θρησκευτική σημασία των γεωμετρικών μορφών γέννησε το Θόλον, στρογγυλών κτισμάτων, μοναδικών στην ελληνική θρησκευτική παράδοση.. Τετρακέφαλος → τρικέφαλος, ως οδοδείκτης, να δείχνει την κατεύθυνση..Χαριδότης → συνδεδεμένος με τις Χάριτες, παίζοντας ένα στενό ρόλο στην ένωση των φύλων, εμφανιζόμενος πλάι στην Αφροδίτη, ως ο αποκλειστικός κύριος της Πειθούς, ικανή η τελευταία να κλονίσει και τις πιο σταθερές αποφάσεις. Ψυχοπομπός → οδηγός των ψυχών στην άλλη ζωή γι' αυτό λέγεται πομπαίος, καταιβάτης, πομπαίος.



Ο άπτερος Ερμής του Πραξιτέλη, που κρατάει στο αριστερό του χέρι το νεογέννητο Διόνυσο.

Στην Ερμητική Επιστήμη ο κασσίτερος ήταν το κυριότερο μέσο μετουσίωσης, το ουσιαστικό *σύνθεμα* των μετάλλων, το οποίο στη συνέχεια άρχισε να υποκαθίσταται από τον υδράργυρο. Η καταπληκτική μεταλλουργία των Ελλήνων ενδεικτικά μπορεί να φανεί σήμερα από τον απείρου κάλλους κρατήρα του Δερβενιού περί το 330 π.Χ., που οι αρχαιολόγοι πίστευαν ότι, είναι επίχρυσος, ενώ στην πραγματικότητα επρόκειτο περί κρατερώματος (κράματος) μεγάλης περιεκτικότητας σε κασσίτερο.



Ο ορειχάλκινος κρατήρας του Δερβενιού (τοποθεσία κοντά στη Θεσσαλονίκη), ανήκε σε έναν ευγενή, τον Αστιούνιο γιο του Αναξαγόρα από τη Λάρισα σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο χείλος του περίφημου δοχείου. Οι λαβές του κρατήρα είναι ελικοειδείς με πλούσια διακόσμηση και με τρισδιάστατα ανάγλυφα μορφών του Ηρακλή, φέροντος στο κεφάλι λεοντή και του θεού Άδη. Οι λαβές περικλείονται από όφεις. Στον κύριο κορμό του κρατήρα φαίνεται ο Διόνυσος να κάθεται και η Αριάδνη μεταξύ μαινάδων που χορεύουν και ενός Σειληνού (Σατύρου). Στο πίσω μέρος υπάρχει ένας μονοσάνδαλος άνδρας με ξίφος στο χέρι, ο οποίος ίσως είναι ο βασιλιάς της Θράκης Λυκούργος ή ο Πενθέας (Πενθέας).

Η περιεκτικότητα σε κασσίτερο τέτοιων ορειχάλκινων δημιουργημάτων ξεπερνούσε το 10%. Σύμφωνα με μία σχετικά πρόσφατη μελέτη του Robert Walker ορειχάλκινα δοχεία 2500 χρόνων είχαν μία σύσταση 73 % χαλκό, 21 % κασσίτερο και 4 % μόλυβδο. [583]

Στο Δερβένι βρέθηκαν και άλλα τέτοια θαυμαστά δημιουργήματα, χαρακτηρισμένα αρχικά ως χρυσά. Μεγάλα άλμπουμ με αρχαιολογικούς θησαυρούς, όπως της ΕΚΔΟΤΙΚΗΣ ΑΘΗΝΩΝ, «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΟΥΣΕΙΑ» του Μανώλη Ανδρόνικου ή η ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ του Furio Durando έχουν δυστυχώς τέτοιους χαρακτηρισμούς των εκθεμάτων τους, που μειώνουν την τεχνογνωσία των Ελλήνων. Το λάθος οφείλεται στον αρχαιολόγο Χρ. Μακαρόνα στο άρθρο του: «Τα επίχρυσα χαλκά ευρήματα του Δερβενιού», Αρχαιολογικόν Δελτίον 18, 1973, Β₂ Χρονικά, σελ. 193 και επαναλήφθηκε από πολλούς συγγραφείς. [582, 585]

Κάποια περίοδο οι Έλληνες λόγω έλλειψης κασσιτέρου, αντικατέστησαν το αυτό το μέταλλο με το μόλυβδο. Αλλά τα αποτελέσματα του κρατερώματος χαλκού - μόλυβδου δεν ήταν τα ίδια με αυτά του χαλκού – κασσιτέρου. Αυτό τους οδήγησε σε μακρινά ταξίδια και εξερευνήσεις και νέες περιπέτειες αποικισμού, όπως ήταν αυτή της Αργοναυτικής εκστρατείας, ή η νεότερη τον 7ο αιώνα π.Χ. Στο μύθο αυτό γίνεται αναφορά της «Ηλεκτρίδας

νήσου», τόπου που υπήρχε ήλεκτρο, πιθανόν ευρισκόμενο απέναντι από τις Βαλτικές χώρες. Τη νήσο αυτή ο Πυθέας την ονόμασε *Βαλτία*. Γνωρίζουμε ότι οι Κασσιτερίδες νήσοι ήταν η Ιρλανδία και η Βρετανία, χώρες που είχαν αποικιστεί από τους Κρητομίνωες (580). Οι εμπορικοί δρόμοι των Ελλήνων είχαν κατά περιόδους πολλές διακοπές, όπως με την άνοδο των Αχαιών ως κυρίαρχης δύναμης σε όλον το χώρο της Ανατολικής Μεσογείου και ειδικότερα μετά το Τρωϊκό πόλεμο (13^{ος} αιώνας π.Χ.). Με τη σταδιακή παρακμή της Αχαιϊκής ηγεμονίας, ο Πυθέας ο Μασσαλιώτης, διάσημος θαλασσοπόρος και γεωγράφος, αποκατέστησε τους δρόμους αυτούς, αφού όπως γνωρίζουμε σήμερα από το Διόδωρο το Σικελιώτη κατέπλευσε κατευθείαν στα ορυχεία κασσιτέρου της Κορνούλης.

Ο υδράργυρος ήταν γνωστός στους Έλληνες πολύ νωρίτερα από τους Αιγύπτιους. Αναφερόταν στους Έλληνες ως *υδράργυρος των φιλοσόφων* (83) ή *χυτός άργυρος* (101). «...*ώσπερ το έλαιον και ο άργυρος ο χυτός, και ει τι γλίσχρον, οίον <πίττα και> ιζός*», (...όπως το λάδι, ο υδράργυρος και άλλες γλοιώδεις ουσίες, όπως η πίσσα και το ρετσίνι). Το όνομα *υδράργυρος* δόθηκε από τον Θεόφραστο σχεδόν συνομήλικο μαθητή του Αριστοτέλη, ενώ στους Αιγυπτίους έγινε γνωστός μετά από τη διεξαγωγή του Πελοποννησιακού πολέμου (82). Στη μεταλλουργία οι Έλληνες είχαν μεγάλη πρόοδο αναπτύσσοντας μεγάλα και μικρά μεταλλευτικά κέντρα (Λαύριο, Χαλκιδική, Ρόδος, Αρκαδία, Αίγινα, Μήλος, Λέσβος κ.α.). Έξω από πολλούς ναούς του Ερμή και του Απόλλωνα υπήρχαν μεταλλευτικές κάμινι και οι μεταλλουργοί έχαιραν την προστασία αυτών των θεών.



Ατμόλουτρο της Μαρίας της Ιουδαίας (bain –marie), το οποίον θεωρείται δική της εφεύρεση.

Ο δεύτερος μυθικός αλχυμιστής είναι ο Ηρακλής. Ποια όμως σχέση έχει ο Ηρακλής με τη χυμευτική τέχνη; Θεωρείται ως ένας από τους κατεργαστές πολύτιμων λίθων, η επεξεργασία των οποίων γινόταν με μεταλλικά αιχμηρά εργαλεία. Στην Τύρο των Φοινίκων υπήρχε ιερό του Ηρακλή με μία στήλη, που έφερε το μεγαλύτερο σμαράγδι. Η περιγραφή της στήλης μας δίνεται από το Θεόφραστο. Να τι γράφει στο *Περί λίθων* (100): «...των δε Λακωνίων καλουμένων υπό πολλών η εν Τύρω μεγίστη. Στήλη γαρ εστιν ευμεγέθης εν τω Ηρακλέους ιερώ· ει μη άρα ψευδής σμαράγδος, και γαρ τοιαύτη γίνεται τις φύσις, γίνεται δε εν τοις εν εφικτώ και γνωρίμοις τόποις διδαχού μάλιστα περί τε Κύπρον εν τοις χαλκωρυχείοις και εν τη νήσω τη επικειμένη Χαλκηδόνι.», [(αναφερόμενος στους πολύτιμους λίθους) ... για τους επονομαζόμενους από πολλούς Λακωνικούς, αυτός της Τύρου είναι ο μεγαλύτερος· βρίσκεται σε ευμεγέθη στήλη στο ιερό του Ηρακλή· εκτός αν είναι ένα ψεύτικο σμαράγδι, γιατί υπάρχει και τέτοιο. Υπάρχουν δύο γνωστοί και προσιτοί τόποι γύρω από τα χαλκορυχεία της Κύπρου και στο νησί απέναντι από τη Χαλκηδόνα].

Ένας άλλος μυθικός χυμευτής, που αναφέρεται σε σπαράγματα παπύρων των ελληνοιστικών χρόνων, είναι ο Αγαθοδαίμων(ας), ένας αγαθός θεός όπως το λέει και το όνομά του. Το δεύτερο συνθετικό *δαίμων* προέρχεται από τη μορφή του, μορφή φτερωτού αγγέλου. Στο όνομα του θεού αυτού έπιναν τον *άκρατον οίνον*, το μη νερωμένο. Ο Αγαθοδαίμονας συσχετίστηκε με τον Αιγύπτιο θεό Κνούφη και με την κατ' εξοχήν τέχνη των Ελλήνων, την οινοποιία. Ο Αγαθοδαίμων πολλοί αρχαιολόγοι πιστεύουν (Π. Ρουσσέλ, Ρ. Russell) ότι, είναι

θεότητα πιο παλιά από τους Ολύμπιους θεούς, και γινόταν αναφορά στο όνομά του στην ύστατη πρόποση προς το Σωτήρα Δία, μια συνήθεια των Ελλήνων στα συμπόσιά τους. Όταν επικράτησε το Ολυμπιακό Πάνθεον, ο Αγαθοδαίμων(ας) συνεχίστηκε να τιμάται ως προστάτης των αγροκτημάτων, της αμπέλου και της οικογενειακής στέγης. Οι γιορτές προς τιμήν του στην Ελλάδα ονομάζοντο *Πιθογία*, γιατί πίστευαν ότι ο Αγαθός Δαίμων εξέρχεται από τα πιθάρια με τον οίνο, που είχαν στα κελάρια των οικιών τους. Ο Αγαθάγγελος των χριστιανών λέγεται ότι, είναι μία παραφθορά του Αγαθοδαίμονος. [140, 581]

Με το όνομα «Αγαθοδαίμων» συναντάμε επίσης ένα γεωγράφο από την Αλεξάνδρεια που σχεδίασε γεωγραφικούς χάρτες για τη «Γεωγραφική υφήγησιν» του μεγάλου γεωγράφου Κλαύδιου Πτολεμαίου εκ των οποίων σώζονται 27. Υπάρχει ακόμη ένας χημικός του 5ου αιώνα μ.Χ. με το ίδιο όνομα, του οποίου σώζονται αποσπάσματα χυμειτικών κειμένων. Ένα κείμενο σε αυτόν τον τελευταίο Αγαθοδαίμονα από πάπυρο του Λούγδουνου Μουσείου αναφέρεται: «ου το όνομα, ου η γη ακούσασα ελεύσεται, ο άδης ακούων ταρασσεται, ποταμοί, θάλασσα, λίμναι, πηγαί ακούουσαι πήγνυνται, αι πέτραι ακούσασαι ρήγνυνται, και ουρανός μεν κεφαλή, αιθήρ δε σώμα, γη πόδες, το δε περί (αυτόν) ύδωρ ωκεανός», (83, σελ. 132). Το κείμενο έχει ένα ύφος και λεξιλόγιο ακριβώς τέτοιο, που είχαν σε χρήση κατά τον 5ο αιώνα μ.Χ. Ίσως το όνομα Αγαθοδαίμων να είναι ψευδές, όνομα που χρησιμοποιούσε κάποιος για να δώσει κύρος στη διδασκαλία του. Με το όνομα του χυμειτή Αγαθοδαίμονος σώζονται δύο έργα: «*Εις τον χρησμόν Ορφέως συναγωγής υπόμνημα*» και «*Επί του εκ σιβυλλικών βιβλίων ειλημμένου αίνιγματος*». Αναφέρονται ακόμη οι τίτλοι δύο έργων του: «*Αίνιγμα του φιλοσοφικού μύθου Ερμού και Αγαθοδαίμονος*» και «*Διδασκαλίου Προβαφίου*». Από κάποιους Γνωστικούς χυμειτές μάλιστα της ίδιας περίπου περιόδου αλλά και των προηγούμενων πτολεμαϊκών αιώνων, όπως το Νεοπλατωνικό Ζώσιμο τον Πανοπολίτη, τον Ολυμπιόδωρο, τη Θεοσέβεια, τη Μαρία την Ιουδαία, την Κλεοπάτρα τη σοφή τη φιλοπάτορα, ο Αγαθοδαίμων λατρευόταν και μνημονευόταν στα κείμενά τους, (83, 141, 581).

Το έμβλημα του θεού Αγαθοδαίμονα ήταν ο *ουροβόρος όφις* ή ο *ουροβόρος φτερωτός δράκων(τας)*. Τα εμβλήματα αυτά του φιδιού και του δράκοντα κοσμούσαν ως φόβητρα τα άδυτα των ναών, που έκρυβαν τα μυστικά των χυμειτών. Πολλοί οπαδοί του θεού συνήθιζαν να διατηρούν φίδια στα σπίτια τους, για να τους προστατεύουν και γι' αυτό ονομάστηκαν *Αγαθοδαιμονίται* ή *οφείται*, που ταυτίστηκαν κατά τους πρώτους μεταχριστιανικούς αιώνες με τους αλχυμιστές. Σήμερα σώζεται το αίνιγμα της Σύβιλλας με το όνομα του Αγαθοδαίμονα, μαζί με ένα υπόμνημα χρησμού του Ορφέα του 2ου αιώνα μ.Χ., στο οποίο γίνεται λόγος για κάποιες συνταγές *λεύκωσης* (αργυροποιΐας) και *ζάνθωσης* (χρυσοποιΐας) των μετάλλων.

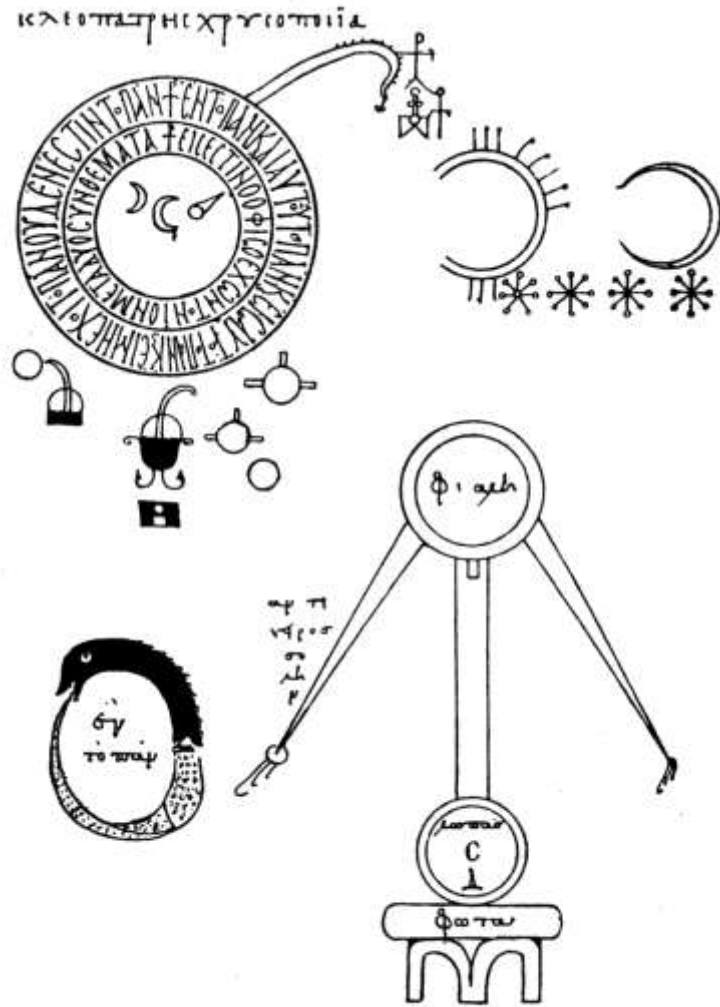
Άλλοι μυθικοί μνημονευόμενοι χυμειτές των ελληνιστικών χρόνων είναι η θεά Ίσις. Μαρτυρίες έχουμε από τον Ποιμάνδρη για τις ιεροτελεστίες των χυμειτών της Αλεξάνδρειας των ελληνιστικών και ρωμαϊκών χρόνων προς τιμήν της Ίσιδας. Η Ίσις ήταν η πιο δημοφιλής θεά των Αιγυπτίων και οι λατρευτικοί ναοί της έφεραν την προστασία των χυμειτικών τεχνών. Φανταστικούς τίτλους *αλχυμιστή* έδιναν και σε μακρινούς βασιλιάδες, όπως στο Ζοζέ ή Χέοπα, στον Πετάσιο (έναν Αρμένη βασιλιά), στον Επιβήχιο ή Πηβίχιο (Πε – Βηχ, το γεράκι, σύμβολο του θεού Ωρου), τον οποίο ονόμαζαν στην Πτολεμαϊκή εποχή Απολλοβήχη (Ωρος – ιέραξ) και τέλος στην Κλεοπάτρα την έβδομη τη φιλοπάτορα ή τη σοφή.

Η Κλεοπάτρα η Ζ' ή φιλοπάτωρ (96 – 30 π.Χ.), η ελκυστική βασίλισσα της Αιγύπτου και η τελευταία της δυναστείας των Πτολεμαίων, ασχολήθηκε με χυμειτικές διεργασίες και,

σύμφωνα με όσα λέγονται μαθήτευσε στην ειδικό του *αμβικισμού* (της απόσταξης) τη Μαρία την Ιουδαία. Άφησε δύο μεγάλα έργα με μεθόδους αμβικισμού, τη «Χρυσοποιΐα» και τα «Κοσμητικά». Το δεύτερο έργο περιείχε εκτεταμένους πίνακες μέτρων και σταθμών με πολλές συνταγές παρασκευής φαρμάκων και καλυντικών. Ήταν γνώστης των δηλητηρίων και ήξερε να τα χρησιμοποιεί δεόντως. Ο Σουΐδας (139) μας πληροφορεί ότι σενέγραψε 24 βιβλία ιατρικού περιεχομένου. Ο ιερομένος Κομάριος αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη περιγραφή συσκευής απόσταξης, της οποίας το απόσταγμα προκύπτει από τη διάλυση μαργαριτών σε ξύδι. Πολλοί ιστορικοί δεν ταυτίζουν τη βασίλισσα Κλεοπάτρα με τη χυμεύτρια συνονόματη, η οποία τοποθετείται περί τον 2ο αιώνα μ.Χ. [8, 82, 30]



Κλεοπάτρα Ζ' η Φιλοπάτωρ ή η Σοφή.



ΧΡΥΣΟΠΟΪΑ ΤΗΣ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑΣ

Από ελληνικό χειρόγραφο της Βιβλιοθήκης του Αγίου Μάρκου της Βενετίας «*Η χρυσοποιία της Κλεοπάτρας*»

Πάνω μέρος: *Κλεοπάτρης χρυσοποιία*

Οι τρεις συγκεντρωτικοί κύκλοι περικλείουν τα μυστικά αξιώματα. Στον πρώτο δακτύλιο: «*Εν το παν και δι' αυτού το παν και εις αυτό το παν και ει μη έχοι το παν ουδέν εστιν το παν*».

Στον εσωτερικό δακτύλιο: «*Εις εστίν ο όφεις ο έχων τον ιόν με τα δύο συνθέματα*».

Στο κέντρο τα σημεία του υδραργύρου, του αργύρου και του χρυσού.

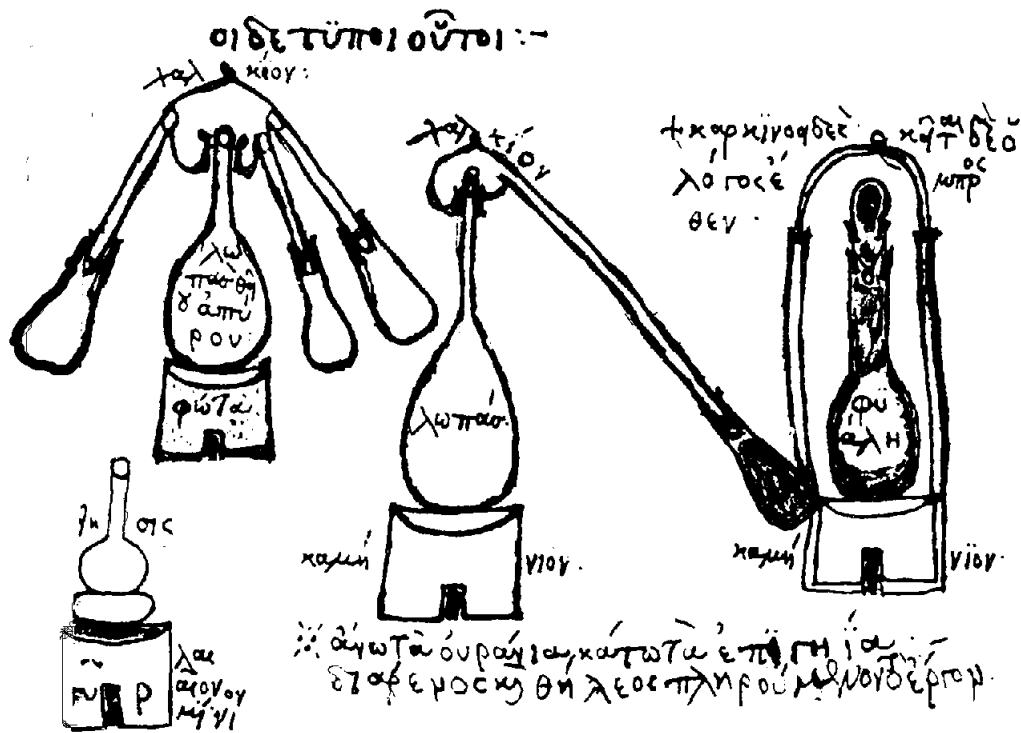
Κάτω αριστερά: Ο *ουροβόρος* δράκοντας, ο φύλακας των μυστικών της μεταλλουργίας, με το ερμητικό αξίωμα, «*Εν το παν*».

Κάτω δεξιά: *άμβιξ* (αποστακτήρας, το σύνολο της συσκευής) με μέρη τους δύο *σωλήνες* (αγωγούς) επί καμίνου που φέρει *φώτα* (φλόγες, φωτιά). Ο άμβικας είναι πάνω σε δοχείο (λέβητα), που ονομάζεται *λωπάς*. Ο άμβικας λέγεται *φιάλη*. Ο αριστερός σωλήνας λέγεται *αντίχειρος σωλήν*. [83]

2.4.2 Οι Έλληνες φιλόσοφοι, οι ελληνόφωνοι και οι ψευδώνυμοι χυμευταί

Οι χυμευτές των ελληνοιστικών χρόνων θεωρούσαν τον εαυτό τους συνεχιστή των μεγάλων φιλοσόφων της Ελλάδας. Η χυμευτική τέχνη ανθούσε ιδίως στην Αλεξάνδρεια και οι μελέτες της αφορούσαν την αναζήτηση μεθόδων βελτίωσης της ξάνθωσης ή της λεύκωσης, δηλαδή μεθόδων παρασκευής χρυσού ή αργύρου. Ξεχωριστή θέση του καταλόγου των χυμευτών κρατούσαν οι σπουδαίοι φιλόσοφοι Πλάτωνας και Αριστοτέλης. Το πιο χαρακτηριστικό της αρχαιολογικής έρευνας είναι ότι, στα σπαράγματα των παπύρων που σώζονται σήμερα στη Βενετία (χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου) και σε αυτά του Εθνικού Μουσείου του Παρισιού και στους καταλόγους οι οποίοι έχουν συνταχθεί δεν συναντιέται κανένα όνομα Ρωμαίου συγγραφέα. Τα ονόματα των φιλοσόφων με τις κοσμογονικές τους θεωρήσεις όπως του Θαλή, του Ηράκλειτου, του Ξενοκράτη, του Διογένη, του Ίπασου και ιδίως του Δημόκριτου αναγράφονται συχνά και μνημονεύεται ως τελικά αποδεκτή η ύπαρξη των τεσσάρων στοιχείων που εισήγαγε ο Εμπεδοκλής. Ένα άλλο παράδοξο είναι ότι δεν γίνεται καμία αναφορά στον Επίκουρο, στους επικουριστές και στους εκπροσώπους της Στωϊκής Σχολής κατά την ίδια περίοδο. Στο *Turba philosophorum* αναφέρονται επίσης τα ονόματα του Πυθαγόρα, του Αναξαγόρα, του Παρμενίδη, του Σωκράτη, του Ζήνωνα και του Πλάτωνα. Η *Turba philosophorum* έχει πιθανόν κάποια σχέση με μια μικρή πραγματεία, που είχε γραφεί παλιότερα και έφερε τον τίτλο: «Περί συντάξεως των φιλοσόφων» (χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου 167 ν^ο). Ο Αριστοτέλης ήταν η αφετηρία για κάθε θεωρητική σκέψη, που έπρεπε να διατυπωθεί: «Τέσσερα γαρ εισίν αίτια κατά τον φυσικόν Αριστοτέλη», (82). Οι Πυθαγόρας, Πλάτωνας και Αριστοτέλης είχαν το προσωνύμιο του μάγου ή μάγιστρου από όλους τους χυμευτές των ελληνοιστικών χρόνων, των αράβων που τους διαδέχτηκαν και των λατίνων που επακολούθησαν. Το αραβικό ή ανατολίτικο τουρμπάνι στο κεφάλι φέρουν πολλά αγάλματα της πρώτης χιλιετίας μ.Χ.

Το *Turba philosophorum* αποτελούσε το «ύψιστο εγχειρίδιο» των αλχυμιστών και ο τίτλος αποτελείται από δύο ελληνικές λέξεις. Το TURBA, δηλαδή «τύρβα», μια ποιητική έκφραση του άνω κάτω, της ανάμιξης, των σύμμικτων των φιλοσόφων ή εκπροσώπων της τέχνης και το PHILOSOPHORUM, των φιλοσόφων. Τα μικτά ή σύμμικτα των φιλοσόφων. Ο Αρισταίος ο Κροτωνιάτης, μαθητής και γαμπρός του Πυθαγόρα, όπως υποστηρίζουν πολλοί Λατίνοι αλχυμιστές, έχει γράψει το έργο «σύμμικτα φιλοσόφων». Αυτού του έργου είναι η μετάφραση TURBA PHILOSOPHORUM, επειδή κάθε έργο γραμμένο με ελληνικά στοιχεία θεωρούσαν ότι είναι έργο ειδωλολατρίας, οπότε οι γνωρίζοντες ελληνικά, για να περισώσουν τα κείμενα αυτά, μετέφραζαν στα λατινικά. Εκτός του Αρισταίου μνημονεύεται και ένας αλεξανδρινός φιλόσοφος ο Ιεροκλής (γύρω στα μισά του 5ου αιώνα μ.Χ.), υπομνηματιστής, ο οποίος έγραψε για τις γνώμες (δόξαι) των φιλοσόφων, δηλαδή σύμμικτα.



Χυμειτικές συσκευές σε ελληνικό χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου της Βενετίας του Ζώσιμου του Πανοπολίτη.

Οι χυμειτές των ελληνιστικών χρόνων θα πρέπει αρχικά να ήταν διάσπαρτοι σε όλον τον ελληνικό χώρο, πριν να αρχίζει να ακμάζει η Αλεξάνδρεια και η Αίγυπτος. Γύρω στον τρίτο αιώνα π.Χ. αναφέρεται ένας ψευδώνυμος χυμειτής ο Μήδος Οστάνης (ή Οσθάνης, *Ostanes*, *Osthanes*). Το όνομα αυτό δεν προσδιορίζεται επακριβώς σε ποιον αιώνα έζησε, γιατί πολλοί κατοπινοί συγγραφείς τον μνημονεύουν σύγχρονο του Ξέρξη, μάγο του μεγάλου Πέρση βασιλιά, που νικήθηκε στη Σαλαμίνα από τους Έλληνες, ή ακόμη και πιο παλιά τον ιχνηθετούν στην εποχή των Βαβυλωνίων και του Ζωροάστρη ή Ζαρατούσδρα (Πλίνιος, Ωριγένης, Τερτουλιανός, άγιος Κυπριανός κλπ.). Η σύγχυση γίνεται, γιατί με παραπλήσιο όνομα, ο Ηρόδοτος κάνει μια αναφορά, στον Οτάνη πατέρα της Αμήστριας, συζύγου του Ξέρξη. Αυτός ο Οστάνης, ο πεθερός του Ξέρξη δεν γνωρίζουμε τι ασχολία είχε. Ο Ηρόδοτος απλά αναφέρει ότι το άρμα του Ξέρξη το έσερναν τα Νησαία άλογα με ηνίοχο τον Πατιράμφη, γιο του Πέρση Οτάνη (Ηρόδοτος, Πολύμνια, βιβλίο Ζ', 40), ενώ σε άλλα τρία σημεία αναφέρεται και σε άλλους δύο γιους του Οτάνη, τον Ανάφη και το Σμερδομένη. Επειδή τα παιδιά του Οτάνη ήταν ανίψια του Δαρείου και ξαδέρφια του Ξέρξη, θα πρέπει ο Οτάνης να ήταν βασιλικής γενιάς, που αντικατέστησε το Μεγάβαζο στο Θρόνο (Ηρόδοτος, Τερψιχόρη, βιβλίο Ε', 25). Πολλοί Πέρσες με το όνομα Οτάνης αναφέρονται από τον Ηρόδοτο, όπως ο Οτάνης ο Σισάμνου και ο Οτάνης ο Φαρνάσπου. Κανείς τους δεν ήταν χυμειτής ή μεταλλουργός ή φιλόσοφος. Το όνομα ήταν πολύ συνηθισμένο στην Περσία.

Ο δικός μας Οστάνης (ή Οτάνης) ήταν ένας έξοχος βαφέας μετάλλων, που αφομοίωσε όλη τη τότε γνωστή τεχνολογία των Ελλήνων τεχνιτών. Οι βαφές του ήταν εξωτερικές και ως τεχνίτης θα πρέπει να ήταν ισάξιος των προγόνων Ελλήνων μεταλλουργών. Η διαδικασία της αφής στη μεταλλουργία μετατρεπόταν σε βαφή (β-αφή). Το γράμμα βήτα το δεύτερο στο ελληνικό αλφάβητο, υποδηλώνει το δύο, δηλαδή βαφή ίσον διπλή αφή. (Παλιότερα ταύτιζαν το β με το δίγαμμα, F, που κατείχε την έκτη θέση στο αλφάβητο). Θεωρήθηκε δάσκαλος του Δημόκριτου-Βώλου, του ψευδο-Δημόκριτου, του πιο ονομαστού χυμειτή της

Αλεξάνδρειας και ήταν ο πρώτος που καθιέρωσε τη χυμευτική ως όρο. Αυτόν το Δημόκριτο πολλοί τον ταυτίζουν με τον Βόλο (ή Βόλο) από την Αιγυπτιακή ελληνιστική πόλη Μένδη (γιατί υπήρχε και Αποικία των Ερετριέων στο Θερμαϊκό με το ίδιο όνομα). Το σημαντικότερο που γνωρίζουμε σήμερα είναι ότι δίδαξε τον ψευτο-Δημόκριτο (Βόλο Μενδήσιο), ο οποίος άφησε εποχή.

Οι πραγματείες των ελληνιστικών χρόνων σε παπύρους του Λούγδουνου (Leyden) στην ελληνική γλώσσα και προερχόμενες από τις Θήβες της Αιγύπτου περιλαμβάνουν αποσπάσματα λόγω φθοράς των παπύρων. Τα αποσπάσματα αναφέρονται σχετικά με τον καθαρισμό των μετάλλων, την εξωτερική ή εσωτερική βαφή των μετάλλων, την κόλληση, το συνδυασμό για το σχηματισμό κραμάτων, τη χρύσωση, την αργύρωση, τις δοκιμές (ή δοκιμασίες, ταυτοποίηση) χρυσού και αργύρου, τη γραφή με χρυσά γράμματα, την πορφυρά γραφή, την κατασκευή γυάλινων χρωματιστών λίθων, τις άσκοπες **διπλώσεις** του βάρους χρυσού ή πολλαπλασιασμού του πολύτιμου αυτού μετάλλου, την παρασκευή **ασήμου** (asem), δηλαδή ήλεκτρον το οποίο είναι κράμα χρυσού και αργύρου και τέλος την εξεύρεση της φιλοσοφικής λίθου, το απαραίτητο συστατικό για τη χρυσοποιία από ευτελή μέταλλα. Το ήλεκτρο είχε για τους Έλληνες διττή σημασία, ήταν η ρητινώδης υαλώδης ουσία το κεχριμπάρι. Ο Du Gange υποστήριζε ότι οι συγγραφείς του Μεσαίωνα με το όνομα ήλεκτρο δήλωναν το κράμα χαλκού – κασσιτέρου και σε κάποιο εδάφιο το ταυτίζουν με τον ορείχαλκο, λόγω του ξανθού χρώματος των *κρατερωμάτων*. «*Εδίδασκε μετ' αλύσσεων εξ ηλέκτρον ή ορειχάλκου*». [83]

Η βαφή των μετάλλων ήταν ένα προστάδιο της χρυσοποιίας, στην πράξη όμως είχε πολλά αποτελέσματα, όπως αυτά της βαφής που συναντάμε στον κρατήρα του Δερβενιού, μιας βαφής αργυράς, γλαυκής, βάθους, διαμπερής, επιφανείας, ιώδους, *λευκής, μέλαινας, ξανθής, πορφυράς, ξηράς* οδού (πυρίμαχος), σιδήρου, χαλκού και χρυσού. Η υαλουργία και η **σμάλτωση** ήταν προχωρημένες τέχνες στην Αίγυπτο και υπάρχουν πολλά ευρήματα που συνηγορούν σ' αυτό. Πολλές συνταγές σώζονται στα ελληνικά με πολλά ορθογραφικά λάθη, γιατί συντάχθηκαν από τεχνίτες ημιμαθείς. Στους Λουγδούνειους παπύρους (του Βερολίνου) υπάρχουν συνταγές *χρυσόχουν κρατερώματος*, μεταμόρφωσης μετάλλων σε ήλεκτρον (άσημον), της λεύκωσης, της κυάνωσης κλπ. Οι βαφές ήταν ο κεντρικός στόχος οποιουδήποτε μεταλλουργού, με θεμελιώδεις για τους Έλληνες **την ξάνθωσιν** και **την λεύκωσιν**. Ο Πελάγιος γράφει: «*Ουκούν και η βαφική τέχνη ένεκεν τούτου επενοήθη, ίνα βαφήν τινά και ποιότητα ποιήση, ο και τέλος της τέχνης εστί*». 'Γι' αυτό λοιπόν ανέκαθεν οποιαδήποτε βαφική τεχνική επινοήθηκε για να παρασκευάσει νέα είδη, και με το κατόρθωμα αυτό γίνεται και το κλείσιμο της τεχνικής'. Στις βαφές υπήρχε μία διάκριση, σε αυτήν των μετάλλων και σε εκείνη των γυαλιών, τεχνητών πολύτιμων λίθων.

Οι πολύτιμοι λίθοι που συνόδευαν κοσμήματα από χρυσό ήταν το **χεςβέτ** (κυανούς), το **μαφέκ** (πράσινο), το **τεχέν** (ξανθός). Το χεςβέτ ή χεστέβ ως φυσικός λίθος ήταν ο λαζούλιθος (Iapis lazuli), ο σάπφειρος του Θεόφραστου («*Περί λίθων*», 100) και τεχνητός όπως τα διάφορα σμάλτα κοβαλτίου ή χαλκού. Κυανοί λίθοι ήταν γνωστοί, όπως η γαλαζόπετρα (πενταένυδρος θειικός χαλκός). Τεχνητοί κυανοί σάπφειροι ή πράσινοι σμάραγδοι παρασκευάζοντο σε πολλά βιοτεχνικά εργαστήρια της Αλεξάνδρειας. [83]

Ένας χυμευτής, που έφερε το όνομα του Άμμωνα ή Χημ του γεννήτορα, ήταν ο Χήμης ή **Χύμης** (παράγωγο της *χυμίας*), ο οποίος εμιμείτο τον Παρμενίδα και στο χειρόγραφο 2327 της Βενετίας αναφέρονται δεήσεις τελετουργικές με κοσμολογικά στοιχεία, αποδιδόμενα σε αυτόν. «*Εν γαρ το παν και δι' αυτού το παν γέγονεν· εν το παν· και ει μη παν έχοι το παν, ου γέγονε το παν· δει σε ουν τούτο βάλλειν το παν, ίνα ποιήσεις το παν*». Αυτά τα λόγια

βρίσκονται σε επάλληλους μαγικούς κύκλους του ουροφόρου δράκοντα. Συγγράμματα του Χύμη αναφέρει ο ψευτο-Δημόκριτος, ο Συνέσιος, ο Ολυμπιόδωρος κι ο Στέφανος.

Ο Δημόκριτος ο Αβδηρίτης πέθανε το 357 π.Χ. και τα έργα του δεν έχουν διασωθεί. Το κύρος του ήταν τόσο μεγάλο, που πολλοί κατοπινοί φιλόσοφοι και χυμευτές έγραφαν βιβλία με παρόμοιους τίτλους με αυτά του Δημόκριτου και υπέγραφαν με το όνομα Δημόκριτος. Ένας από αυτούς ο ψευτο-Δημόκριτος έγραψε το «*Φυσικά και Μυστικά*», σύγγραμμα μεγάλης χυμευτικής αξίας και ομώνυμο με έργο του Αβδηρίτη. Πολλά έργα φαίνεται, όπως μας πληροφορεί ο Πλίνιος (95, σελ. 472), ονομάστηκαν δημοκρείτια από συγγραφείς ανειδήμονες, που ζητούσαν καταφύγιο πίσω από τη φήμη και την αυθεντία του Δημόκριτου.

Ο Διογένης Λαέρτιος στο *Βίοι φιλοσόφων* αποδίδει στον πραγματικό Δημόκριτο πραγματεία με τίτλο: «*Περί του χυμού των φυτών*», όπως και άλλη ονομαζόμενη «*περί λίθων*», στην οποία επεξεργάζεται ορυκτά, χρώματα, μεταλλικές και γυαλουργικές **βαφές** και ότι σε αυτήν εφεύρε πρωτότυπες μεθόδους κατεργασίας του ελεφαντοστού, κατασκευής γυάλινων σμαραγδιών και γενικά χρώσης με διάφορα χρώματα του γυαλιού. Η σύγχυση των πραγματικά αποδιδόμενων έργων του Δημόκριτου μέχρι σήμερα δεν έχει διευκρινιστεί απολύτως. Τα χυμευτικά έργα οφείλονται όμως στον ψευδο-Δημόκριτο το Μυσταγωγό, χυμευτή του 2ου αιώνα π.Χ., ο οποίος ταυτίζεται με το Βώλο από τη Μένδη, όπως προαναφέραμε και σε άλλα εδάφια. Ο Σουΐδας αναφέρεται σε έργα του Βώλου του Μενδήσιου: «*Βώλος Μενδήσιος Πυθαγόρειος*». «*Περί των εκ της αναγνώσεως των ιστοριών εις επίστασιν ημάς αγόντων, Περί θαυμασίων, Φυσικά δυναμερά· έχει δε **Περί συμπαθειών και αντιπαθειών** ... λίθων κατά στοιχείον, Περί σημείων των εξ ηλίου και σελήνης και άρκτου και λύχνου και ίριδος*». Τονίζεται το «*Περί συμπαθειών και αντιπαθειών*», το οποίον σε σχόλιο στο Νίκανδρο, στο *Θηριακή*, 764, αναφέρεται ως «*Περί συμπαθών και αντιπαθών*». «*Βώλος δε ο Δημοκρίτειος εν των Περί συμπαθών και αντιπαθών Πέρσας φησίν έχοντας παρ' εαυτοίς θανάσιμον φυτόν φυτεύσαι εν Αιγύπτωι ως πολλών μελλόντων αναιρεθήσεσθαι, την δε αγαθήν ούσαν εις τουναντίον μεταβαλείν ποιήσαι τε το φυτόν καρπόν γλυκύτατον*». 'Ο δημοκρίτειος Βώλος δηλώνει στο βιβλίο *Περί συμπαθών και αντιπαθών*, ότι έχουν στη χώρα τους οι Πέρσες ένα θανατηφόρο φυτό, το οποίον μετεφύτευσαν στην Αίγυπτο με την πρόθεση να χαθούν πολλοί Αιγύπτιοι, αλλ' αντιθέτως μετέτρεψε τη φύση του σε αγαθό φυτό, κάνοντας καρπόν γλυκύτατον'. Το έργο αυτό είναι γεμάτο από τέτοιες συνταγές και διηγήσεις, οι οποίες μας φαίνονται ανόητες ή ελαφρές και δεν αποδίδουν σοβαρότητα στο συγγραφέα, όσο εύπιστος κι αν είν' αυτός.

Υπάρχει μία επιστολή του ψευδο-Δημόκριτου (του Βώλου) προς το Φιλάρετο, η οποία αρχίζει με ένα κατάλογο ουσιών, πριν στη συνέχεια αναφερθεί στα μυστικά της μεταλλικής βαφής. «*Εγώ δε προς σε, ω Φιλάρετε, προς ον η δύναμις, την κατά πλάτος σοι γράφω τέχνην. Ο μεν των ειδών κατάλογος ούτως έχει. Υδράργυρος ή από κινναβάρεως, μαγνησία, και στίμιμι κοπτικόν, χαλκηδόνιον[,] ιταλικόν, λιθάργυρος, ψιμίθιον, μόλυβδος, κασσίτερος, σίδηρος, χαλκός, χρυσόκολλα, κλαυδιανόν, πυρίτης, ανδροδάμας, θεϊόν άθικτον, αρσενικόν, σανδαράχη, κιννάβαρις*», (83, σελ. 201).

Ο ψευδο-Δημόκριτος πίστευε στην «*εις την επιφάνειαν βαφής*» των μετάλλων και στην «*εις βάθος περί της φευκτής* (με τη φωτιά) *και της πυριμάχου*», απόψεις που υποδηλώνουν όχι μόνον εμπειρικές γνώσεις αλλά και κάποιες επιστημονικές. Η κατασκευή κραμάτων ήταν εξαιρετική στα χέρια του, πίστευε μάλιστα στο μέγιστο θαύμα της τέχνης της χρυσοποιίας, της σε βάθος χρυσής βαφής των μετάλλων, που συνιστούν τη χίμαιρα των αλχυμιστών, τον τρόπο παρασκευής αληθή χρυσού από ευτελή μέταλλα.

Τη χρυσοποιΐα ο ψευδο-Δημόκριτος την έμαθε από τον Παμμένη, όπως μας πληροφορεί ο Συνέσιος. Για τον Παμμένη δεν γνωρίζουμε τίποτα. Κάποιες αναφορές τον παρουσιάζουν και ως αστρολόγο. Από το Γεώργιο Σύγκελλο σε κάποιο εδάφιο για το (ψευδο)-Δημόκριτο, γίνεται αναφορά στον Παμμένη, ο οποίος από όλους τους χυμευτές της εποχής του, μίλαγε εναντίον των συμβόλων και κατηγορείτο γι' αυτό.

Άλλος χυμευτής, είναι κάποιος ελληνόφωνας Ιουδαίος της Αλεξάνδρειας, του οποίου σώζονται αποσπάσματα στίχων έργων του, που έγραψε στα ελληνικά, ο οποίος για να καθιερωθεί στη φυλή του έφερε το όνομα Μωϋσής, όνομα πιθανολογούμενο ως πραγματικό. Ο ψευδο-Μωϋσής, όπως αναφέρεται έγραψε μία πραγματεία με τίτλο: «*Χυμευτική*». Προσπάθειά του η *δίπλωσις* του χρυσού, δηλαδή ο διπλασιασμός του βάρους του χρυσού. Στη συλλογή των ελληνιστικών αιγυπτιακών παπύρων του M. Berthelot απαντώνται φράσεις του τύπου: «...την Μωσέως *χυμευτικήν τάξιν*», «*περί χυμευτικής*» και τον προφήτη «*Χύμην*». Σε πάπυρο του Αγίου Μάρκου αναφέρεται το θέμα ενός έργου του Μωϋσή μαγικό και αστρολογικό συνάμα, που φέρει την επιγραφή «*Η αγία βίβλος, η όγδοη καλουμένη Μονάς του Μωσέως, η κλεις του Μωσέως, το μυστικόν του Μωσέως βιβλίον*». Πολλοί μη Έλληνες χυμευτές για να προσδώσουν στην τέχνη τους τον απαραίτητο σεβασμό, συνήθιζαν να την επενδύουν με τις αρχαίες παραδόσεις τους και να την παρουσιάζουν ως συνέχεια μιας τέχνης, της οποίας τα μυστικά τα πήραν από τον Αβραάμ, το Μωϋσή και το Σολομώντα, πρόσωπα κλειδιά και σημαίνοντα της ιστορίας τους. Τα ίδια έκανε και ο αλεξανδρινός Οστάνης, όταν έλεγε ότι τα μυστικά της τέχνης του, του τα έδωσε ο Ζωροάστρης κι ο Ναβουχοδονόσωρ(ας). Η ειρωνία ήταν ότι όλες αυτές οι πολυφυλετικές πραγματείες της Αλεξάνδρειας για τα χυμευτικά, γράφτηκαν στα ελληνικά. [83]

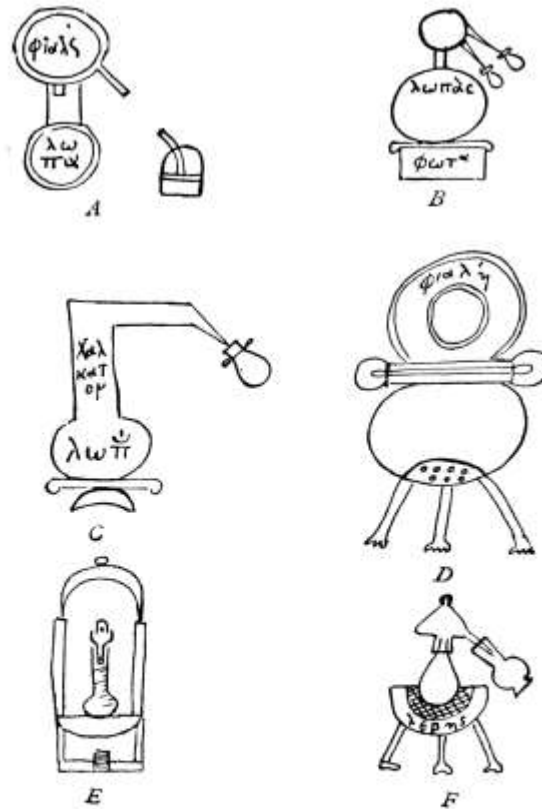
Η αδελφή του αλεξανδρινού Μωϋσή ήταν η Μαρία η Ιουδαία ή Μύριαμ η Προφήτισσα (έζησε μεταξύ του Ιου αι. π.Χ. και Ιου μ.Χ.), η οποία συνδέεται κατά τις παραδόσεις με τον ψευδο-Δημόκριτο και είναι από τις πολύ ονομαστές αλχυμίστριες. Στο αραβικό κείμενο του 850 μ.Χ. Κιτάπ-αλ-Φιρίστ η χυμεύτρια αυτή ονομάζεται Μαρία της Κόπτου. Σύμφωνα με τον Ζώσιμο τον Πανοπολίτη η Μαρία διέθετε αμμόλουτρα και πολλούς τύπους αμβίκων ενώ σώζεται στα χειρόγραφα του και μία ομιλία της με θέμα: «*περί του λίθου της φιλοσοφίας*», στην οποίαν συναντάμε δύο μεθόδους ξάνθωσης («*βαφήν χρυσήν*») και δύο λεύκωσης («*βαφήν αργυράν*»). Για τη φιλοσοφική λίθο απαγορεύει να ψηλαφίζεται με τα χέρια. «*Μη θέλετε ψηλαφείν χερσίν, ότι εστί πύρινον φάρμακον*». Στη Μαρία αποδίδονται πολλές συσκευές, που κατασκεύασε όπως είναι το **αμμόλουτρο** (balneum mariae ή bain – marie), συσκευή η οποία χρησιμοποιείται σε χημικά εργαστήρια πάνω από 2000 χρόνια. Επίσης θεωρείται δική της εφεύρεση το **αμμόλουτρο** και ο **τρίβικος**. Στα λείψανα των πραγματειών της συνιστούσε οι αρμοί στον άμβικά της να κλείνονται με αλευρόκολλα. Όπως όλοι οι χυμευτές, πίστευε ότι, τα μέταλλα είναι ζωντανοί οργανισμοί και ότι τα προϊόντα του εργαστηρίου είναι αποτέλεσμα ετερόφυλης σύζευξης. «*Ενώστε το αρσενικό με το θηλυκό και θα βρείτε αυτό που ζητάτε*». [591]

Μέχρι το 15ο αιώνα όλοι οι προηγούμενοι χυμευτές ήταν γνωστοί. Ο Georgius Agricola στο DE RE METALLICA (*Περί μετάλλων*), διατηρώντας την ονομασία, που συνήθιζαν να δίνουν στις πραγματείες τους οι αρχαίοι Έλληνες, αναφέρει ότι, γνωρίζει τον Οστάνη, ο οποίος έγραψε τα «*χυμευτικά*», τον Ερμή, το Χάνη, τον Ολυμπιόδωρο από την Αλεξάνδρεια, τον Αγαθοδαίμονα, το Δημόκριτο (όχι τον Αβδηρείτη, αλλά το Βώλο). Δηλαδή έχει διαβάσει έργα τους ή μερικά αποσπάσματα από αυτά κι έχει ακούσει αλλά δεν γνωρίζει για τον Ώρο το Χρυσοριχίτη, τον Πηβίχιο, τον Κομέριο, τον Ιωάννη, τον Απουήλιο, τον Πετάσιο, τον Πελάγιο, τον Αφρικανό, το Θεόφιλο, το Συνέσιο, το Στέφανο προς τον Ηράκλειο Καίσαρα (εννοεί τον Αυτοκράτορα του Βυζαντίου Ηράκλειο του 7ου αιώνα μ.Χ.), τον Ηλιόδωρο προς

το Θεοδόσιο, το Geber, τον Καλλίδη Ραχαΐδιβο, το Veradianus, το Ροδιανό, τον Κανίδη, το Merlin, το Raymond Lully, Arnold de Villa Nova, και τον Augustinus Pantheus της Βενετίας. Από τις γυναίκες μόνον τρεις, την Κλεοπάτρα, την Ταφνούτια και τη Μαρία την Εβραία (ή Ιουδαία). Όλα συνηγορούν ότι, η γέννηση της **χυμείας**, της χυμευτικής ή **χυμικής τέχνης** συνέβη στην ελληνιστική Αίγυπτο και καθιέρωσε το όνομα της **χυμίας** στη λατινόφωνη Δύτικη Ευρώπη. Η χυμία ή χυμευτική τέχνη γεννήθηκε από τη μεταλλουργία των ελληνιστικών χρόνων της πτολεμαϊκής Αιγύπτου κι ήταν μία τέχνη καθαρά ελληνική. Η ορθογραφία της λέξης χυμεία (chymistry, κι όχι χημεία, chemistry) παρέμεινε σποραδικά μέχρι σήμερα, ιδίως από αυτούς που γνωρίζουν, ότι, προέρχεται από την ελληνική λέξη **χύμα**.

Παρελαύνουν μερικά ονόματα χυμευτών, όπως του Σεξτου Ιουλίου, Έλληνα από τη Συρία (200 – 250 μ.Χ.), στα χρόνια του Ηλιογάβαλου και Αλέξανδρου του Σεβήρου, τον επωνομαζόμενο Αφρικανό ή Εμπειρικό, που έγραψε ιατρικά, φυσικά, γεωργικά και χυμευτικά έργα. Το προσωνύμιο του Εμπειρικού το πήρε, γιατί παρ' ότι ήταν σκεπτικιστής, βασιζόταν στα δεδομένα της πρακτικής. Τα «Γεωπονικά» του φέρουν γεωργικές συνταγές και μεθόδους διατήρησης του οίνου. Έζησε στην Αλεξάνδρεια, στην Αθήνα και στη Ρώμη.

Από όλους τους χυμευτές, των οποίων διασώζονται σήμερα κάποια εκτεταμένα αποσπάσματα, που μας δίνουν και πληροφορίες για τους παλαιότερους, είναι ο Ζώσιμος ο Πανοπολίτης. Γι' αυτόν το Ζώσιμο (υπάρχει και άλλος ιστορικός εθνικός συγγραφέας) έχουμε αναφορές από το Γεώργιο Σύγκελλο και το Φώτιο, πολυγραφότατους συγγραφείς του 8ου και 9ου αιώνα μ.Χ. αντίστοιχα. Ο Σουΐδας μας λέει ότι, ο Ζώσιμος έγραψε 28 βιβλία γύρω από τα χυμευτικά με το γενικό τίτλο «**χειρόκμητα**», που αποτελούν μία πραγματική εγκυκλοπαίδεια της χυμευτικής τέχνης, για τα οποία έχουμε αρκετές πληροφορίες (όπως γράφει γι' αυτά η Ευδοκία). Στο χειρόγραφο του Αγ. Μάρκου της Βενετίας τα Χειρόκμητα γράφονται ως «**χειρότμητα**», αφιερωμένα στην αδελφή του Θεοσέβεια, την οποία αποκαλεί μυστική αδελφή του, δηλαδή μπορεί να ήταν στην πραγματικότητα φίλη του ή βοηθός του. Στα **χειρότμητα** συναντούσε κανείς μία βιογραφία του Πλάτωνα και μερικά άλλα αποσπάσματα, τα οποία απέδιδε στον ψευδο-Δημόκριτο ή Βόλο το Μενδήσιο.



Χυμειτικές συσκευές από χειρόγραφο του Ζώσιμου
(της Εθνικής Βιβλιοθήκης του Παρισιού)

- A, B = ἀμβικς
 C = χάλκινος ἀμβιξ (αποστακτήρας) θερμαινόμενος
 D = είναι ένας κηροτάκις (συσκευή εξάχνωσης)
 E = φιάλη θερμαινόμενη
 F = ἀμβιξ (αποστακτήρας) θερμαινόμενος σε αμμόλουτρο

Τα έργα του Ζώσιμου του Πανοπολίτη αριθμούνται:

- **σε διάφορα υπομνήματα**, που μοιάζουν πολύ στον Τίμαιο, το έργο με τις κοσμογονικές απόψεις του Πλάτωνα. Σε αυτό υπάρχει πλήρης αναφορά για την ερμητική διδασκαλία και τη φύση των χυμειτικών ουσιών. Ένα εδάφιο για τις απόψεις των περί Υδραργύρου Φιλοσόφων: «Τούτο εστι το θείον και μέγα μυστήριον, το ζητούμενον· τούτο γαρ εστι το παν· και εξ αυτού το παν, και δι' αυτού το παν· δύο φύσεις, μία ουσία· η δε μία την μίαν έλκει και η μία την μίαν κρατεί. Τούτο το αργύριον ύδωρ, το αρσενοθήλυ, το φεύγον αεί, το επειγόμενον εις τα ίδια, το θείον ύδωρ, ο πάντες ηγνοήκασιν, ου η φύσις δυσθεώρητος· ούτε γαρ μέταλλον εστιν, ούτε ύδωρ αεικίνητον, ούτε σώμα· ου γαρ κρατείται. Τούτο εστι το παν εν πάσι· και γαρ ζωήν έχει και πνεύμα, και αναιρετικόν εστι. Τούτο ο νουν και χρυσόν και αργυρόν έχει. Η μεν δύναμις κέκρυπται· ανάκειται δε τω ερωτύλω». Πιο κάτω υπάρχει το μυστικό αξίωμα σε κάποιο κύκλο: «Εν το παν δι' ου το παν και δι' αυτού το παν και εν αυτώ το παν. Εις εστιν ο όφις ο έχων τα δύο συνθέματα και το ιόν».
- **περί του τριβίκου και του σωλήνος**, είναι μία περιγραφή ενός άμβικα (αποστακτήρα) με τρεις σωλήνες- απαγωγούς, το κάλυμμα, τους υποδοχείς του αποστάγματος, τη φιάλη – λέβητα πάνω στο καμίνι (φούρνο) με τις φλόγες – λωπάς. Αναγράφεται το μυστικό αξίωμα: «Ανω α ουράνια, κάτω τα επίγεια, δι' άρρενος και θήλεος πληρούμενον το έργον».
- **περί εξατμίσεως ύδατος θείου**, μικρή πραγματεία με υπόμνημα από το μεταγενέστερο Στέφανο.
- **περί αρετής. Περί συνθέσεως υδάτων**, πρόκειται ουσιαστικά για τρία μαθήματα (πράξεις) με κάποια συμπληρώματα, στα οποία υπάρχουν κάποιες αλληγορίες, που

δείχνουν τον Ποίμανδρον. «*Η μονοειδής φύσις κέκτηται τα τε στερεόστρακα των μετάλλων και τα υγρόδρυα των βοτάνων· και εν τούτω τω μονοειδεί και πολυχρώμω σχήματι σώζεται η των πάντων πολύλεκτος και παμποίκιλος ζήτησις· όθεν και σεληνιαζομένης της φύσεως τω μέτρω τω χρονικό υποβάλλεται, και την λήξιν και την αύξησιν δι' ης υποφεύγει η φύσις*».

- **Ζώσιμου του Πανοπολίτου γνησία γραφή περί της ιεράς τέχνης της του χρυσού και αργύρου ποιήσεως. Κατ' επιτομήν κεφαλαιώδη.** Αποτελούν μία περίληψη άλλων εκτενέστερων πραγματειών.
- **Ζωσίμου του θείου περί αρετής και ερμηνείας,** περίληψη προηγουμένων με ορισμένα μεταγενέστερα, που ανέλυσε μετά με λεπτομέρειες.
- **Βίβλος αληθής Σοφέ Αιγυπτίου και θείου Εβραίων κυρίου των δυνάμεων Σαβαώθ. Ζωσίμου Θηβαίου Μυστική βίβλος** (έργο αναφερόμενο από τον Ολυμπιόδωρο). Σοφέ ήταν μία άλλη προσφώνηση του ονόματος του βασιλιά Χέοπα.
- **Το πρώτον βιβλίον της τελευταίας αποχής Ζωσίμου Θηβαίου,** ένα βιβλίο που επιβεβαιώνει την ύπαρξη της *Αληθούς Βίβλου*, στην οποία θίγεται ότι η ύπαρξη του πτολεμαϊκού βασιλείου στηριζόταν στην τέχνη της χρυσοποιίας.
- **περί οργάνων και καμίνων,** μια πραγματεία που περιγράφει τα πνευματικά και μηχανικά έργα του Ήρωνα και του Αρχιμήδη, και τα όργανα τα οποία ο ίδιος είδε στο ναό της Μέμφιδας.
- **Ζωσίμου προς Θεόδωρον κεφάλαια,** δυστυχώς σώζεται ένας πίνακας περιεχομένων στο χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου 2249, φ. 94.
- **Ιμούθ,** μία λέξη που συναντάμε και στον Ιάμβλιχο κι αποτελεί μία άλλη ονομασία του Ιμχοτέπ, γιου του Φθα, ο οποίος ταυτίζεται με τον Ασκληπιό των Ελλήνων. Σ' αυτό το βιβλίο γίνεται μνεία για ένα θεόπνευστο βιβλίο το **Χήμα**, που μετέφεραν αγγέλοι με τη συνοδεία βροντών.
- **Περί της ασβέστου,** με μυστικές συνταγές που δεν έπρεπε να αποκαλυφθούν.
- **Βιβλίον των κλειδών** ή τη **Μικράν κλείδα** ή **Κλείδας της Μαγείας**, τον τελευταίον τίτλον αποδίδει το Kitap-al-Fihrhrist, ένα κιτάπι δηλαδή κατάλογος των επιστημών που έγραψε ο Ibn-Abi-Yacoub-An-Nadim, ο οποίος πέθανε γύρω στο 850 μ.Χ. Ανάμεσα στα άλλα, αναφέρεται στον Οστάνη τον Αλεξάνδρεα, άρα σωστά τον τοποθετήσαμε στην ελληνιστική Αίγυπτο, ο οποίος έγραψε πάνω από χίλιες διαλέξεις.
- **περί ζύθων ποιήσεως**
- **Περί της βαφής του παρά Πέρσαις εξευρημένου χαλκού**
- **Περί της βαφής του ινδικού σιδήρου**
- **Περί ποιήσεως κρυσταλλίων** (υάλων), τέσσερις πραγματείες, τις οποίες ο Grüner εξέδωσε το 1814. Τα τρία τελευταία άρθρα δεν φαίνονται να ανήκουν στο Ζώσιμο, αλλά αποτελούν τεχνολογικές πραγματείες, που παρεμβάλλονται σε κείμενα Αράβων αλχυμιστών. [83]

Ο Ολυμπιόδωρος, είναι ένας άλλος πολύ σημαντικός Έλληνας φιλόσοφος και χυμευτής από τις Θήβες της Αιγύπτου, ο οποίος λάβει μέρος σε κάποια πρεσβεία, που έστειλε ο Ονόριος στον Αττίλα στις αρχές του 5ου αιώνα μ.Χ. (412). Ο Ολυμπιόδωρος, υπομνηματιστής του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, έγραψε ιστορία από τα έτη 400 ως 425 και μία προσφώνηση στο Θεοδόσιο. Ήταν Εθνικός στο θρήσκευμα και στα τελευταία χρόνια της ζωής του αποσύρθηκε στα τελευταία οχυρά του ελληνισμού στις Φιλές και στην έρημο της Νουβίας, στις Βλέμμνες, όπου οι πραγματείες του προστατεύτηκαν και ετιμώντο μέχρι το έτος του 562. Από το Φώτιο και το Σουΐδα αναφέρεται ότι έγραψε τα «*Χημευτικά*», στα οποία γίνεται λόγος για το *λευκό χαλκό*, δηλαδή τον υδράργυρο, που παράγεται με κάποια *χρυσοποιόν ουσίαν*, κάποιου οξέος, πιθανόν του θεικού. Ο υδράργυρος εθεωρείτο η ψυχή του χαλκού (επαναλαμβάνουμε ότι τα μέταλλα εθεωρούντο ζωντανό οργανισμοί από τους χυμευτές) και

το ερυθρό του οξειδίου (HgO) θερμαινόμενο παρέχει σώμα «πνευματικόν εκβαίνον επάνω», εννοώντας το γνωστό μας αέριο οξυγόνο.

Ο Φώτιος χαρακτηρίζει τον Ολυμπιόδωρο ως επαγγελματία ποιητήν, με την έννοια του αλχυμιστή, όμως, όπως μαρτυρεί ο Reinesius και ο Du Gange με τη λέξη *operator*. Ο Φώτιος σημειώνει κάποια πραγματεία του Ολυμπιόδωρου με χυμευτικό περιεχόμενο: «Ολυμπιόδωρος φιλόσοφος προς Πετάσιον, τον βασιλέα Αρμενίας, περί θείας και ιεράς τέχνης». Ένα άλλο χειρόγραφο αναφέρεται από το Φαβρίκιο και από το Hoefler «εις το κατ' ενέργειαν Ζωσίμου όσα από Ερμού και των φιλοσόφων ήσαν ειρημένα», χρησμούς του Απόλλωνα και διάφορα πάνω στις θέσεις των φυσικών φιλοσόφων. Ο Ολυμπιόδωρος δέκρινε τα σώματα σε *φευκτά* (ατμιστά, εξατμιστά) και *άφευκτα* (πυρίμαχα, μόνιμα), σε κάποιο εδάφιο *περί ταριχείας* (βαλσάμωμα). [2327. Φ. 69, 83]

Πιο κάτω στο ίδιο χειρόγραφο του Αγίου Μάρκου αναγράφονται **βαφές** μετάλλων και λίθων. «Γνώτω τοίνυν ή ση πάνσοφος χρηστότης ότι τρεις πίνους (σημαίνει βαφές) ποιούσιν οι αρχαίοι, ένα τον ταχέως φεύγοντα, ως τα θεία, ένα βραδέως, ως τα θειώδη, ένα μηδέ όλως, ως τα σώματα τα χυτά και τους λίθους. Πίνος πρώτος ο δια του αρσενικού, ο **βάπτων** τον χαλκόν ως εν τούτοις: Αρσενικόν ο εστι θείον και ταχέως φεύγον· φεύγει δε δηλονότι προς το πυρ· και όσα όμοιά εστι τω αρσενικό και θεία λέγονται και φευκτά».

Με τον Ολυμπιόδωρο κλείνει η χυμευτική τέχνη και περνάει στους Άραβες και μερικώς σε φωτισμένα μυαλά χριστιανών της Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Μια μικρή ανάπαυλα επήλθε με τη βασιλεία του διαδόχου του Αρκάδιου, του Θεοδόσιου του Β', του επωνομαζόμενου μικρού, ο οποίος διέταξε να γίνουν ανακρίσεις για το φόνο της Υπατίας, ανακρίσεις που δεν τελεσφόρησαν, γιατί εμποδίστηκαν από τον Κύριλλο πατριάρχη, ανηψιό του προηγούμενου μάλλον ανεκτικού προς τους Εθνικούς Θεόφιλο. Στον Ολυμπιόδωρο χρεώνουν πολλοί το *Turba Philosophorum* ή *'Convention of Philosophers'* (Συνθήκη ή Τύρβη των Φιλοσόφων).



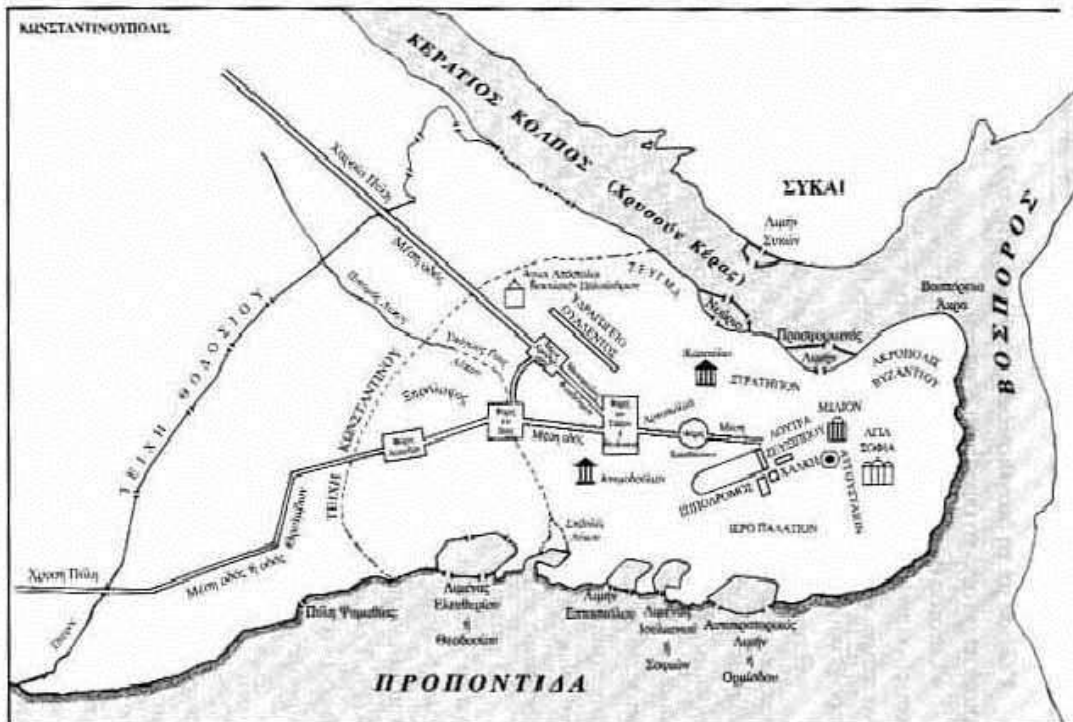
Ο Κλήμης ο Αλεξανδρέας (140/150 – 231 μ.Χ.), από τους πρώτους πατριάρχες με εκτεταμένες ιστορικές καταγραφές στους «Στρωματείς» του. Το πλήρες όνομά του ήταν Τίτος Φλάβιος Κλήμης, πιθανόν Αθηναϊκής καταγωγής κι από περιβάλλον θρησκευματος Εθνικό. Ήταν σύγχρονος του Ειρηναίου και είχε αποκρυφιστικές τάσεις. Έγινε χριστιανός από τον Πάνταινο (Σικελό) στην Αλεξάνδρεια. Υπέρμαχος της γνώσης συγκαταλέγεται στους γνωστικούς.

2.4.3 Οι Έλληνες βυζαντινοί χυμευτές (ή αλχυμιστές)

Οι εθνικοί στο θρήσκευμα κυνηγήθηκαν σε όλη την έκταση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Η ονομασία Έλλην κατέστη ταυτόσημη με αυτή του εθνικού, κοροϊδευτικά ειδωολάτρη, παγανιστή. Όλοι έγιναν Ρωμαίοι υπήκοοι, που μετά το 1^ο αιώνα μετονομάστηκαν σε Ρωμιούς, όταν πάλι ο Αυτοκράτορας έγινε βασιλιάς και η Ανατολική Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία έγινε από τους Δυτικούς Ρωμανία. Καθιερώθηκε μία θρησκεία η χριστιανική ορθοδοξία και από τα τέλη του 5^{ου} αιώνα δεν είχε μείνει τίποτα το εθνικό. Οι ναοί των εθνικών, που ήταν ταυτόχρονα πνευματικά και πειραματικά κέντρα, με βιβλιοθήκες και πλειάδα ερευνητών, τεχνιτών και άλλου βοηθητικού προσωπικού, καταστράφηκαν, έκλεισαν οι Σχολές και τα Μουσεία, λεηλατήθηκαν οι Βιβλιοθήκες και κάηκαν χιλιάδες κύλινδροι από τους φανατικούς. Ευτυχώς κάποιος αριθμός κυλίνδρων φυγαδεύτηκε από χριστιανίζοντες σε μεμονωμένα Μοναστήρια (ιδιαίτερα αυτά στον ελλαδικό χώρο, που βρισκόντουσαν σε δύσβατες περιοχές και σε απόμακρα νησιά του Αιγαίου). Ένα μέρος της ερμητικής τέχνης, της χυμευτικής μεταφέρθηκε στην Κωνσταντινούπολη, ώστε τα αποτελέσματά της να καλύπτουν τις ανάγκες του νέου δυναμικού κέντρου άσκησης εξουσίας από τους Ρωμαίους, οι οποίοι εξελληνίστηκαν όσον αφορά τη γλώσσα στις αρχές του 7ου αιώνα μ.Χ. Η ελληνική γλώσσα έγινε επίσημη, στην επικράτεια που επέζησε, την Ανατολική Αυτοκρατορία και η λέξη Έλλην(ας) έγινε συνώνυμο του εθνικού (του ειδωολάτρη, του παγανιστή). Όποιος έλεγε ότι ήταν Έλληνας είχε μοίρα καταδίωξης μέχρι θανάτου. Όλοι έγιναν Ρωμαίοι, Ρωμιοί. Στην ακμή της Ενετοκρατίας, πολλά βιβλία με χημικές συνταγές, ανεπίγραφες κυκλοφορούσαν, τα οποία αρκετά από αυτά διασώθηκαν σε προθήκες βιβλιοθηκών της Βιέννης και της Φλωρεντίας. Ανώνυμο χειρόγραφο στη Βενετία φέρει τίτλο: «περί ευσταθείας χρυσού», άλλο στη Βιέννη «περί θείου ύδατος της λευκώσεως».

Ένας από τους πρώτους «χριστιανούς», που ανέδειξε την απόκρυφη ερμητική τέχνη, ήταν ο Έλληνας από τη Κυρήνη Συνέσιος (γεννήθηκε το 375 μ.Χ. και κατ' άλλους το 370 μ.Χ.), επίσκοπος Πτολεμαΐδας Κυρηναϊκής. Ο Συνέσιος ήταν στην πραγματικότητα εθνικός, παντρεμένος και είχε παιδιά. Για πολλούς θεωρείται εξωμότης, γιατί άλλαξε θρήσκευμα, από εθνικό σε χριστιανό. Η πνευματική του δραστηριότητα όμως και το περιεχόμενο της αλληλογραφίας του με πάνω από 160 επιστολές, που σώζεται σήμερα, δείχνει ότι, έγινε χριστιανός κατ' όνομα (α) «Synesii Cyrinensis Epistolae», rec. Antonius Garzya, 1979, Rom, β) «Συνέσιος ο εκ Κυρήνης, Αιγυπτιακά διηγήσεις ή Περί Προνοίας», Akademie Verlag, Berlin 1859). Για να κυκλοφορεί ελεύθερα στα όρια της Αυτοκρατορίας και για να μην υφίσταται ως εθνικός τις διώξεις των χριστιανών, που τότε ήταν σε έξαρση και αποτελούσαν το κύριο στόχο με δεύτερο τους Αρείους. Έζησε κατά τη βασιλεία τριών αυτοκρατόρων και το χωρισμό της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας στη βραχύβια Δυτική υπό του Ονωρίου, του ενός γιου του Θεοδοσίου και της Ανατολικής του άλλου γιού του Θεοδοσίου Αρκαδίου. Η Δυτική διαλύθηκε γρήγορα από τους βαρβάρους τον 5ο αιώνα ενώ η Ανατολική έμελε να επιζήσει χίλια χρόνια. [Οι τρεις αυτοκράτορες ήταν ο Θεοδόσιος ο Α' ο καταχρηστικώς μέγας (379 – 395), ο Αρκάδιος (395 – 408) και ο Θεοδόσιος ο Β' (408 - 450)].

Ο Θεοδόσιος ο Α' στην αρχή για έναν περίπου χρόνο είχε κάποια ανοχή προς τους εθνικούς, από το 380 που βαπτίστηκε χριστιανός από τον επίσκοπο Θεσσαλονίκης Ασχόλιο, έγινε φανατικός ορθόδοξος και κατεδίωξε αρχικά του αρειανιστές και στη συνέχεια τους εθνικούς. Το 391 μ.Χ. με διάταγμά του ζήτησε να καταστραφεί το Σεράπειο με τη βιβλιοθήκη του της Αλεξάνδριας και να κλείσει ο ναός του Απόλλωνα Ήλιου στην Αντιόχεια. Η ονομασία Έλλην ήταν συνώνυμη του εθνικού και για να αποφύγουν τους διωγμούς οι Έλληνες σταδιακά μετονομάστηκαν Ρωμαίοι, αργότερα Ρωμηοί και από τον 12^ο αιώνα προστέθηκε και το Γραικοί.



Κωνσταντινούπολη.

Το φορολογικό σύστημα των Ρωμαίων στο μεταξύ ήταν αφόρητο. Οι φορατζήδες ήταν ο φόβος και ο τρόμος στο πληθυσμό των επαρχιών και η βιαιότητα απόσπασης των φόρων παροιμιώδης. Ο Αρκάδιος ακολούθησε. Οι Έλληνες της Κυρηναικής χερσονήσου, μη μπορώντας να αντέξουν το φορολογικό σύστημα των Ρωμαίων έστειλαν τον πιο μορφωμένο τους αντιπρόσωπο, το σπουδασμένο στην Αλεξάνδρεια Συνέσιο, προς τον Αυτοκράτορα Αρκάδιο, για να ζητήσει τη μείωση των αβάσταχτων φόρων, που είχε επιβάλει ο ευνούχος πονηρός κι αγράμματος πρωθυπουργός του αρμενικής καταγωγής Ευτόπιος. Στην Κωνσταντινούπολη πατριάρχης ήταν ο Ιωάννης Α΄ Χρυσόστομος, που είχε αντίπαλο το πατριάρχη Αλεξάνδρειας Θεόφιλο. Η αντιπαλότητα αυτή είχε φτάσει μέχρι σε επίπεδο σχίσματος, επειδή με τη Β΄ Σύνοδο της Εφέσου το πατριαρχείο της Κωνσταντινούπολης πήρε τα πρωτεία, αν και νεότερο από αυτό της Αλεξάνδρειας. Ο πατριάρχης Θεόφιλος ο Αλεξανδρέας, ήταν συνετός, ανοικτός χαρακτήρας, φίλος της Υπατίας και του Συνέσιου. Ο Θεόφιλος για να προστατεύσει το Συνέσιο και για να τον προφυλάξει από τις εθνικές του αντιλήψεις, του πρότεινε να γίνει «τύποις» χριστιανός, αυτός το αποδέχτηκε και ταυτόχρονα τον έχρισε επίσκοπο, παρ' όλο που ήταν παντρεμένος. Απλώς ο Θεόφιλος του συνέστησε, να κρύψει ότι, είχε γυναίκα και παιδιά. Του έδωσε έτσι την ευκαιρία να αποσύρει τις υποψίες του εθνικού του χαρακτήρα και να κινηθεί με άνεση ως υψηλόβαθμος σε όλο το ανατολικό τμήμα της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας.

Ο Συνέσιος είχε σχέση με τον Ολυμπιόδωρο, μάλλον μαθήτευσε κοντά του, το σίγουρο όμως είναι ότι, μαθήτευσε στην Υπατία, την διάσημη κόρη του Θεώνα, τη μαθηματικό, φιλόσοφο η οποία ήταν περίπου δέκα χρόνια μεγαλύτερή του. Ήταν ένας από τους προσηλωμένους μαθητές της και είχε αλληλογραφία μαζί της. Η Υπατία (364 – 415 μ.Χ.), αυτή η τραγική προσωπικότητα της νεοπλατωνικής σκέψης του Πρόκλου, η μαθηματικός, η οποία με τον πατέρα της επεξεργάστηκαν, αναβάθμισαν τα «Στοιχεία» του Ευκλείδη, σε μία έκδοση Γεωμετρίας που συνεχίστηκε μέχρι τον εικοστό αιώνα και αποτελούσε βασικό εγχειρίδιο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η Υπατία άρχισε σπουδές στην Αλεξάνδρεια, τις συνέχισε στην Αθήνα στην

Ακαδημία, στο Λύκειο και στην Ποικίλη Στοά γύρω στα 395 μ.Χ. με δάσκαλο εκεί τον (νεο) Πλούταρχο του Νεστορίου. Η Υπατία, που ανέπτυξε μία συσκευή διύλισης του νερού, ένα όργανο στάθμης του νερού του Νείλου και ένα διαβαθμισμένο όργανο μέτρησης της πυκνότητας των υγρών, του ειδικού τους βάρους, του **βαρύλλιου**, πρέπει να ήταν γνώστης της χυμευτικής τέχνης, χωρίς να επιβεβαιώνεται από κάποιο γραπτό, αλλά πιο πολύ από την εμπιστοσύνη την οποίαν έδειχνε ο Συνέσιος.



Υπατία

Ο Συνέσιος ήταν πραγματικά ένας υπομνηματιστής, σχολιάζοντας εργασίες άλλων, χωρίς να προσφέρει τίποτα νέο, πέραν της διάδοσης των απόψεων του Ολυμπιόδωρου, ψευτο-Δημόκριτου, Ζώσιμου και της Υπατίας. Γνώστης των ερμητικών έργων (corpus hermeticus) και της θεωρίας της **βαφής** των μετάλλων. Ένα απόσπασμα που υποδηλώνει τη γνώση του Ζώσιμου και των Γνωστικών για την βαφή είναι: «Απόσπασον εξ αυτών τον σον χυτόν άργυρον, λέγεται εν αυτώ, και ποιήσεις εξ αυτού το φάρμακον ή πέμπτην ουσίαν, δύναμιν άφθορον, και μόνιμον, και δεσμόν πάντων των εν σοι στοιχείων, πνεύμα τα πάντα συνδέον». Πολλοί θεωρούν ότι, το βαρύλλιο είναι κατασκεύασμα του Συνέσιου. Όμως υπάρχει επιστολή του Συνέσιου προς την Υπατία, από την οποίαν ζητάει να τον βοηθήσει στην κατασκευή αστρολάβου και του βαρύλλιου. Ο Συνέσιος έτρεφε τέτοιο σεβασμό προς την Υπατία, που την αποκαλούσε «δεσποίνης σεβασμίας», μη τολμώντας να την προσφωνήσει με το όνομά της. Σε επιστολή του αρχίζει ως εξής: «Δέσποινα μακαρία, της θειοτάτης σου ψυχής ην εγώ μόνην εμαυτώ εμμένειν ήλπισα κρείττω». Και συνεχίζει λίγο πιο κάτω: «Τη φιλοσόφω· μητερ, και αδελφή, και διδάσκαλε, και δια πάντων τούτων ευεργετική, και άπαν ό,τι τίμιον και πράγμα και όνομα...».

Από το Συνέσιο σώζονται πολλές επιστολές του, όπως σώζεται και μια χυμευτική πραγματεία σε μορφή διαλόγου «Επιστολή προς Διόσκουρον». Ένα απόσπασμα του διαλόγου που μας παραπέμπει στη Φυσική Ακρόαση του Αριστοτέλη:

«Διόσκορος. Και ποία εισί ταύτα τα σώματα και αι ύλαι αυτών;

Συνέσιος. Η τετρασωμία και τούτων τα συγγενή.

Διόσκορος. Και ποία εισί τα τούτων συγγενή.

Συνέσιος. Ηκούσας ότι αι ύλαι αυτών ψυχαί αυτών εισί; (επιρροή Υπατίας;)

Διόσκορος. Και αι ύλαι ουν ψυχαί αυτών εισι;

Συνέσιος. Ναι· ώσπερ γαρ ο τέκτων, εάν λάβη ξύλον και ποιή θρόνον ή δίφρον (κάθησμα), ή άλλο τι, μόνον την ύλην εργάζεται, ούτω και η τέχνη αύτη, ω φιλόσοφε, επειδή έτεμεν αυτά. Άκουσον, ω Διόσκορε. Ο λιθόξοος ξέει λίθον, ή πρίζει (πριονίζει), ίνα επιτήδειος γένηται ει την χρείαν αυτού· ομοίως ο τέκτων το ξύλον πρίζει και ξέει, ώστε γενέσθαι θρόνο ή δίφρον, και ουδέν άλλο χαρίζεται ο τεχνίτης ει μη μόνον το είδος· ουδέν γαρ άλλο εστίν ει μη ξύλον· ομοίως και ο χαλκός γίνεται ανδριάς ή κύκλος (δίσκος) ή άλλο σκεύος, του τεχνίτου αυτό μόνον το είδος χαριζομένου· ούτως ουν και η υδράργυρος φιλοτεχνουμένη υφ' ημών παν είδος αυτή αναδέχεται και πεδησθείσα (δεσμεύουσα), ως είρηται, εν τετραστοίχω σώματι ισχυρά και αδιώκτος μένει, κρατούσα και κρατουμένη». Ο υδράργυρος

όπως παρατηρούμε στο τέλος είναι ο συνεκτικός κρίκος των τεσσάρων απλών στοιχείων, της τετρασωμίας, των μετάλλων ενός κράματος.



Ο υδράργυρος είναι μία πρώτη ύλη μετουσίωσης, πάντων των μετάλλων στοιχείων, λόγω των που διαθέτει ως κινητικού, πάντοτε έμψυχου (*argentum vivum*) και άρα του λεπτομερούς μετέχων και του ασώματου και ασωματοποιεί τις άλλες ουσίες (Στέφανος ο Αλεξανδρέας). Ο Συνέσιος υποστήριξε την ύπαρξη της πρώτης ύλης, «η υδράργυρος ... αυτή λευκαίνει πάντα, και πάντων τας ψυχάς έλκει, και εψεί αυτά και επισπάται. Διοργανιζομένη ουν και έχουσα εν εαυτή τας υγρότητας πάντως, και σήψιν υφισταμένη αμείβει πάντως τα χρώματα, και υποστακτική γίνεται, ανυποστάτων αυτών υπαρχόντων». Η υδράργυρος (χυτός άργυρος) λευκαίνει τα μέταλλα (λεύκωσις), τους δίνει υπόσταση, βελτιώνει το χρώμα τους αυτό που χάνουν με την οξείδωση, και βοηθάει στο βράσιμο αυτών (το χυτόν για την εύκολη κατεργασία). Έγραψε επίσης μία πραγματεία με υπομνήματα στο ψευτο-Δημόκριτο Βόλο, στην πραγματεία του «χειρόκμητα», με μία γλώσσα αινιγματική, γλώσσα κατάλληλη για τους καιρούς που ζούσε. «Συ ει η φύσις των φύσεων», ή «Ω φύσεις φύσεων δημιουργοί». Πέθανε το 415 μ.Χ. Η χριστιανίζουσα περιβολή του και ο θρησκευτικός του τίτλος ήταν τα δυο στοιχεία, που διέσωσαν το έργο του. [82]



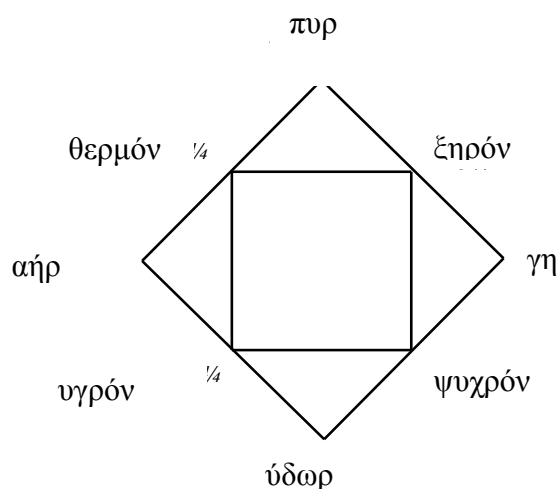
Σύμβολο για την κιννάβαρα (υδράργυρος σουλφιδιο, HgS).

Την εποχή εκείνη, κάμποσα χρονια όμως μετά, έχουμε και τον τραγικό θάνατο του ποιητή και χυμευτή Νόννου, ενός από τους πιο σημαντικούς τελευταίους Έλληνες πνευματικούς εκπροσώπους της Πανόπολης, που έγραψε ένα αφηγηματικό έργο για την εκστρατεία του Διονύσου στις Ινδίες με τον τίτλο «Διονυσιάδα». Ο Νόννος για να αποφύγει τη χριστιανική μισαλλοδοξία, προσποιήθηκε το χριστιανό, γράφοντας και μια παράφραση των στίχων του ευαγγελίου του Ιωάννη (για να φανεί η τεκμηρίωση αυτή, η σχολή του Νόννου εξέδωσε το τραγικό ερωτικό ποίημα του Μουσαίου «Ηρώ και Λέανδρος»). Η προσποίηση του Νόννου δεν ήταν αρκετή να σώσει τη λειτουργία της σχολής του στην Πανόπολη, όταν κάηκε με την ουσία, που κατάσχεσαν οι χριστιανοί και μαζί μ' αυτόν όλο του το σπίτι (Revilont, «Revue de l'histoire des religions, 4η σειρά, τόμος VIII, σελ. 116, 431, 434 κλπ.).

Η ιερή τέχνη της βαφής και της χυμευτικής επιστήμης δεν εξαφανίστηκε στη βυζαντινή αυτοκρατορία, γιατί μετέφερε πρακτικές γνώσεις απαραίτητες για την κατεργασία των μετάλλων, των γυαλιών, των κεραμικών αγγείων, των βαφών των υφασμάτων κλπ. Μία ολόκληρη σειρά πραγματειών κυκλοφόρησε και ανάμεσα σε αυτές διάφορα ονόματα παρέλασαν, όπως αυτό του Πελαγίου με τη «βαφικήν» του, ή του Ηλιοδώρου, από την Έμεσα, επίσκοπο Τρίκκης με την πραγματεία του «μυστικήν τέχνην της χημείας» (8). Το πιο αξιοσημείωτο πρόσωπο όμως είναι αυτό του Στεφάνου του Αλεξανδρέα, περί το 620 μ.Χ., πριν ο χαλίφης της Δαμασκού εισβάλει στην Αλεξάνδρεια, επί αυτοκρατορείας Ηράκλειου του Α' (610 – 641), εποχή που η ελληνική γλώσσα έγινε επίσημη της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Ο Στέφανος ο Αλεξανδρέας, που ταυτίστηκε από από πολλούς [Fabricio (Φαμπρίκιο), *Bibliotheca Graeca*, βιβλίο VI, u. VII, XII, σ. 694, πρώτη έκδοση.] με το Στέφανο τον Αθηναίο, ήταν ένας από τους επτά συλλέκτες των έργων του Γαληνού, ο οποίος τα διαίρεσε σε 16 βιβλία και που διασώθηκαν με αυτή τη μορφή. Ανάμεσα σε αυτά μια αστρολογική πραγματεία, τα «Αποτελεσματικά». Από το Στέφανο σώζονται εννέα πράξεις (μαθήματα) χημείας, «περί χρυσοποιίας πράξεις εννέα» (615 μ.Χ.). Το έργο σώζεται σε μορφή χειρογράφων στον Άγιο Μάρκο της Βενετίας και με αριθμούς 2325 και 2327 στη Βιβλιοθήκη του Παρισιού.

Ο Στέφανος κλείνει τον κύκλο των Δημοκρίτειων υπομνηματιστών, αναφέροντας τον Ερμή, τον Ορφέα, το Χύμη, το Δημόκριτο (Βώλο), τον Οστάνη, την Κλεοπάτρα, τον Κομάριο και μερικούς άλλους, και δείχνει ενήμερος στα πυθαγόρεια και πλατωνικά διδάγματα. Στις πυθαγόρειες απόψεις του ο Στέφανος προσθέτει: «Το των αριθμών σγκείμενον πλήθος, εκ μιας ατόμου και φυσικής μονάδος την ύπαρξιν έχει, άπειρον αυτή συντείνουσα την των αλλήλων σχέσιν, ως εξ αυτής προσεληλυθότα περιέχει και περικρατεί μονάς γαρ είρηται δια το μένειν αυτήν άτρεπτον και αμετακίνητον. Την γαρ κυκλικήν και σφαιροειδή των αριθμών θεωρίαν, ομοίαν εαυτής αναδεικνυσιν αποκατάληξιν των πέντε αριθμών φημί και των εξ...». Η εμπιστοσύνη του στην επιστήμη είναι τέτοια, που δηλώνει το μικρό του γνωστικό βάθος. «Η επιστήμη πάντα δύναται σαφώς βλέπω τα πράγματα πάντα μη ορώμενα, και συντελεί τα αδύνατα».

Στα υπομνήματά του διακρίνεται ένας ενθουσιώδης λόγος με περιγραφικές εκφράσεις του τύπου: «Ω μαγνησίας σώμα, δι'ης το παν επιφέρεται μυστήριον, ω χρυσόροφον ουρανής νάμα, και αργυρόλοφον εκ θαλάσσης αναπεμπόμενον πνεύμα ... ω σελήνη εκ του ηλιακού φωτός φως απολαμβάνουσα, ω μία φύσις η αυτή, και ουκ άλλη φύσις, τέρπουσα και τερπομένη, κρατούσα και κρατουμένη, σωζομένη τε και διασώζουσα». Το ύφος του είναι τέτοιο, που προσπαθεί να γοητεύσει και δεν αρμόζει σε πραγματικό πειραματιστή. Η σκέψη του αριστοτελική όταν γράφει: «Και άπερ εισί ταύτα τα τέσσερα στοιχεία, άπερ ο Θεός και ουκ άνθρωπος έθετο ... ταύτα ουν τα τέσσερα στοιχεία ενάντια όντα ου δύνανται ενωθήναι όλως εις άλληλα, ει μη δια τινος μεσιτεύοντος έχοντος των δύο άκρων τας ποιότητας, οίον το πυρ του υδραργύρου ενούται τω ύδατι δια της γης, ήγουν της σκορίας ... και το ύδωρ ενούται τω πυρί του υδραργύρου δια του αέρος του χαλκού, ... Το μεν πυρ πάλιν θερμόν και ξηρόν υπάρχον γεννά το θερμόν του αέρος και το ξηρόν της γης ... ωσαύτως δε και το ύδωρ υγρόν και ψυχρόν υπάρχον γεννά το υγρόν του αέρος και το ψυχρόν της γης ... και η γη ψυχρά και ξηρά υπάρχουσα, γεννά το ψυχρόν του ύδατος και το ξηρόν του πυρός, ... ωσαύτως δε και ο αήρ θερμός και υγρός υπάρχων, γεννά το θερμόν του πυρός και το υγρόν του ύδατος, ...».



Ο Στέφανος είχε κάνει πιο συγκεκριμένες τις αντιλήψεις του για τα τέσσερα στοιχεία, πιστεύοντας ότι, καθένα από αυτά έχει δύο ποιότητες. Κάθε ποιότητα προέρχεται από την

ένωση τριών στοιχείων, τα δύο εκ των οποίων ενώνονται με αυτό, μένουν όμως σ' αυτό σε πολύ μικρές ποσότητες. «Όθεν εκ πυρός και γης το του παντός αρχόμενος συνιστάναι σώμα ο Θεός ποίει δύο δε μόνω ξυνίστασθαι τρίτου χωρίς, ου δυνατόν δεσμόν γαρ εν μέσω δει τινα αμφοίν ξυναγωγόν γίνεσθαι». Εδώ συναντάμε και την έννοια του **δεσμού** των τριών στοιχείων, που ανά τρία και με υπέρτερη περιεκτικότητα στο ένα, «τεσσάρων τροπών ανά τριών πύργων», σχηματίζουν τη δωδεκάζωδον. Αποδέχεται την ύπαρξη των επτά σωμάτων (7 μέταλλα), σχετιζομένων στενά με τους επτά αστέρες και τα επτά ζώδια. Μία επανάληψη της πλατωνικής σύλληψης του κόσμου, μιας σύλληψης που δείχνει τη στενή σύνδεση του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου. «Απόσπασον εξ αυτών τον σον χυτόν άργυρον, λέγεται εν αυτώ, και ποιήσεις εξ αυτού το φάρμακον ή πέμπτην ουσίαν, δύναμιν άφθορον, και μόνιμον, και δεσμόν πάντων των εν σοι στοιχείων, πνεύμα τα πάντα συνδέον». Η πανάκεια, η φιλοσοφική λίθος ήταν η αναπόσπαστη αιτία για την πραγματοποίηση της μετουσίωσης των μετάλλων, απαραίτητο στοιχείο της θεωρίας βαφής των μετάλλων.

Οι ποιότητες των τεσσάρων στοιχείων εναντιώνονται, δηλαδή μεταβάλλονται, όχι όμως οι ουσίες. Οπότε: «Μετά την του χαλκού εξίωσιν και εξίσχωσιν, και μέλανσιν εφ' ύστερον λεύκωσιν, τότε έσται βεβαία ξάνθωσις». Το σύνθεμα δηλητήριο υδράργυρος, «ο υδράργυρος, πάντων δηλητήριο», είναι το φύραμα γι' αυτές τις μεταλλικές τροποποιήσεις. Και δίνει μια γλαφυρή εικόνα της μάχης του χαλκού προς την ξάνθωσή του. «Ο χαλκός δια του υδραργύρου λευκαίνεται και φθείρεται», «ο υδράργυρος συμπλεκόμενος μετά του χαλκού πήγνυται...», «ο χαλκός δεν βάπτει αλλά **βάπτεται**, και όταν **βαφή** βάπτει (τα άλλα σώματα)».

Συμπερασματικά στη θεωρητική χημεία ίσχυε η τετρασωμία, δηλαδή η αρχή των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων, που γεννούσαν τις άλλες ουσίες, διακρινόμενες σε γένη, πρωτουργές ουσίες, όπως η τάξη των επτά μετάλλων, που είχαν μεταξύ τους συγγένεια, ήταν προς άλλα συναφή και ψυχρά. Από τα γένη παραγόντουσαν άλλες ουσίες, «τα ίδια των γενών», τα λεγόμενα είδη, όπως οι ιοί, δηλαδή οι σκουριές. Οι ποιότητες των γενών ή φύσεις είναι δύο, όπως το άρρεν και το θήλυ. Για να αιτιολογήσουν τις αλλαγές θεώρησαν την ύπαρξη απαραίτητου συνθέματος, μιας μεσάζουσας ουσίας, για να αγκιστρώσει τις ουσίες, που αντιδρούσαν. Τα πρώτα ψήγματα της θεωρίας της συγγένειας είχαν διατυπωθεί. Για να εκδηλωθεί αυτή η συγγένεια, η έλξη των ουσιών που αντιδρούσαν, απαιτείται το σύνθεμα, η ουσία που θα συνδέσει τις δύο αντίθετες φύσεις των γενών ή ειδών. Σε ανεπίγραφο κείμενο του επωνομαζόμενου Χριστιανού γράφεται: «Ει δε και ταύτα πολλήν έχουσι την προς άλλα συγγένειαν, δήλον ως της αυλής εισι του παντός, ήτοι ενός συνθέματος», (40, σελ 39).

Τέσσερα στοιχεία	Τρεις Αρχές	Δύο Σπόροι	Ένας Καρπός
Πυρ Δ Αήρ \triangle Υδωρ ∇ Γη ∇	Θείο \triangle Άλας \circ Υδράργυρος ♀	Αρσενικόν \odot Θηλυκόν ζ	Βάμμα ♂
από τον Θεό	από τη Φύση	από τα Μέταλλα	από την Τέχνη

Το σύνθεμα ήταν το θείο, το άλας και ο υδράργυρος, οι τρεις αρχές της ύλης, μια τριαδική όψη της φιλοσοφικής λίθου. Ήταν οι αρχές με τις οποίες μπορούσε η ύλη να μεταμορφωθεί. Ο υδράργυρος ήταν η «μαγική κόλλα», το θείο (ο θεός, αρσενικό) η αρχή που προσέδιδε το χρώμα του χρυσού, το άλας το αμετάβλητο κατά το πυρ.

Πίνακας με επιφανείς βυζαντινούς φυσικούς επιστήμονες

Φιλάγριος (4ος – 5ος αιώνας μ.Χ.), γιατρός από την Ήπειρο που άσκησε ιατρική στη Θεσσαλία και στη Θεσσαλονίκη. Από το έργο του διασώθηκαν αποσπάσματα από τον Ορειβάσιο, Αέτιο και Ραζή.

Αέτιος ο Αμιδηνός (567 μ.Χ., Έλληνας γιατρός γεννημένος στην Αμίδα της Μεσοποταμίας, αρχίατρος στην αυλή του Ιουστινιανού. Έγραψε τα «**Βιβλία ιατρικά εκκαίδεκα**» ή «**τετράβιβλον**».

Βάσσης Κασσιανός (6ος-7ος αιώνας) σχολαστικός (δηλαδή δικηγόρος) στο επάγγελμα από τη Βιθυνία. Συγγραφέας πολλών γεωπονικών πραγματειών, εκ των οποίων το κυριότερο θεωρείται ότι είναι το "*Συναγωγής Γεωπονικών*", χωρίς αυτό να είναι σίγουρο. Σίγουρο είναι το «*Περί γεωργίας εκλογών*», που αποτέλεσε το θεμέλιο λίθο για τη τελική συγγραφή των «*Γεωπονικών*», ενός μνημειώδους έργου που για πρώτη φορά στην ιστορία αναφέρεται η χρήση χημικού λιπάσματος. Γράφει σε αυτό σχετικά: "*συν αυτούς (τους ερεβίνθους) προβραχέντας μετά νίτρον (σημαίνει λίπασμα) σπείρουσιν*".

Πάυλος ο Αιγινήτης (7ος αιώνας), γιατροσοφιστής σπουδασμένος στην Αλεξάνδρεια. Έγραψε μία «*Επιτομήν ιατρικής βιβλία επτά*» ή *Υπόμνημα*, που περιελάμβανε πολλές συνταγές του Διοσκουρίδη και του Γαληνού. Με το έργο αυτό επηρέασε τους μεταγενέστερους Άραβες και Σύρους γιατρούς.

Καλλίνικος, από την Ηλιούπολη της Συρίας, χυμειτής, μηχανικός, αρχιτέκτων κι εφευρέτης του περίφημου "*υγρού πυρός*" (7^{ος} αιώνας). «*πυρ θαλάσσιον, σκευαστόν, ρωμαϊκόν, μηδικόν, ενεργόν, μαλθακόν*». Επί αυτοκράτορος Κωνσταντίνου Δ΄ του Πωγωνάτου με το *υγρόν πυρ* ο Καλλίνικος κατέστρεψε τον αραβικό στόλο, που απειλούσε με κατάληψη την Κωνσταντινούπολη, τη Νέα Ρώμη. Στην πραγματικότητα δεν πρέπει να ήταν ο εφευρέτης του υγρού πυρός, παρά ένας γνώστης της κατασκευής του και εφευρέτης του τρόπου εκπομπής της φλόγας προς τα πλοία των εχθρών. Οι εφευρέτες του υγρού πυρός πρέπει να αναζητηθούν ιστορικά στην αρχαία ελληνική περίοδο ή την ελληνιστική, όπως πολλά κείμενα μαρτυρούν για την ύπαρξη κάτι τέτοιου. Το μίγμα απλώς υπέστη την εποχή εκείνη βελτίωση με τη δυνατότητα να εκτοξεύεται η φωτιά πολύ πιο μακριά, αυξάνοντας την εμβέλεια προσβολής των εχθρικών στόχων. Το *νίτρο* άλλωστε ήταν γνωστό από τους αρχαίους χρόνους, με ονομασία **νίτρον** ή **λίτρον** (40). Ποια ουσία κρυβόταν πίσω από αυτή τη λέξη; Ήταν κάποιο νιτρικό αλάτι ή κάποιο ανθρακικό αλάτι νατρίου ή καλίου; Το πιθανότερο να εννοούσαν με τη λέξη αυτή μία σειρά νιτρικών κυρίως αλάτων (ασβεστίου, νατρίου, καλίου). Πιο συγκεκριμένα στο «*Περί πυρός*» του Θεόφραστου (100, 66) αναφέρεται: «...*εμφαίνει δε πως και το νίτρον το κεκαυμένον εν τω ορύττεσθαι την τοιαύτην δύναμιν*». Το νίτρο, πιθανώς εδώ το κάλιο νιτρικό, [KNO₃], όταν καίγεται με την εξόρυξή του, φαίνεται να αποκτά κάποια δύναμη, την οποίαν διοχετεύει, προκαλώντας εντυπώσεις. Στα «*Μετεωρολογικά*» (101) του Αριστοτέλη το νίτρο αναφέρεται σε 10 σημεία. Ένα από αυτά έχει ως εξής: «...*αλλά και των υπό ύδατος τηκτών ένια άτεγκτα, οίον νίτρον και άλες*». Μεταφράζεται ως: 'Αλλά και μεταξύ των ουσιών που τήκονται στο νερό, μερικά δεν μαλακώνουν με το νερό, όπως το νίτρο και το αλάτι'. [29, 4]

Λέων ο Μαθηματικός (9^{ος} αιώνας), συνέλεξε και εξέδωσε έργα των Αρχιμήδη, Απολλώνιου, Διοφάντου, Ευκλείδη και Πτολεμαίου, με πολλές υπομνήσεις. Συγγραφέας του έργου "*Πρόχειροι κανόνες*", που περιέχει εκτεταμένους αστρονομικούς πίνακες. Εφευρέτης ενός οπτικού τηλεγράφου, παρόμοιον με αυτό του Παλαμήδη, που στηρίζεται στις

φρυκτωρίες. Ο Λέων κατασκεύασε δύο τέλεια συγχρονισμένα ρολόγια. Ο Λέων ήταν ο μόνος σοφός, που έλεγε ότι ήταν Έλληνας. Τοποθέτησε το ένα στο φρούριο του Λούλου στην Ταρσό (σημερινά σύνορα Τουρκίας- Συρίας) και το άλλο στο ηλιακόν του Φάρου, στην Κωνσταντινούπολη. Ανάμεσα στα δύο ρολόγια υπήρχε μια σειρά από επτά *φρυκτωρίες* (οπτικοί τηλεγράφοι), δηλαδή πύργους όπου άναβαν φωτιές και με συνθηματικό τρόπο μετέδιδαν μηνύματα. Όλο το σύστημα αποτελούσε έναν οπτικό τηλεγράφο που μπορούσε να μεταδώσει δώδεκα διαφορετικά μηνύματα, τα οποία αντιστοιχούσαν σε κάθε ώρα του ρολογιού. Π.χ. ώρα δώδεκα = αραβική επίθεση, ώρα μία = πυρκαγιά, κλπ. Έτσι, αν γινόταν αραβική επίθεση στα σύνορα της Κιλικίας η πρώτη φρυκτωρία άναβε στις δώδεκα ακριβώς και χάρη στο όλο μηχανισμό του Λέοντα, το μήνυμα έφτανε σε μία ώρα στο παλάτι της Πόλης.

Μάρκος Γραϊκός (Marcus Graecus, 9ος ή 10ος αιώνας), έγραψε το «*Περί των πυρών*» ή «*Περί πυροτεχνουργίας*» (1), κείμενο που σώζεται σε λατινική μετάφραση *Liber ignium ad corburendos hostes* (Βιβλίο περί πυρών δια την πυρπόλυσιν των εχθρών). Το πρωτότυπο στην ελληνική γλώσσα έχει χαθεί. Στο βιβλίο αυτό κατά το Geber αναφέρεται το *νίτρο* σε φυσικά νιτρούργεια και το νιτρικό ασβέστιο (*sal petrosum*) ως εξάνθημα τοίχων. Το νίτρο το χρησιμοποίησε για την παρασκευή πυρίτιδας. Όταν ο Ναπολέων έμαθε την ύπαρξη του *Liber ignium ad corburendos hostes* στα χειρόγραφα με αριθμούς 7156 και 7158 της Βιβλιοθήκης των Παρισίων, αναγόμενα από το 13ον αιώνα ζήτησε να εκτυπωθούν με εμπειριστατωμένη έκθεση. Σύμφωνα με πολλές συνταγές για τη σύνθεση του υγρού πυρός, το οποίον στην πολύχρονη χρήση του μπορεί να υφίσταται και μετατροπές με προσθήκες ουσιών ή αφαιρέσεις άλλων, αυτό αποτελείται από νίτρο, νάφθα, άσφαλτο (υγρή πίσσα, την *πίττα* του Αριστοτέλη), θειάφι με μείξη διαφόρων ελαίων, όπως του *δαφνέλαιου* ή του *λινέλαιου* και ορισμένων ρητινών (*ιξός*) (101).

Θεοφάνης Νόννος (905-959). Έλληνας αρχίατρος του Κωνσταντίνου του Πορφυρογέννητου, ο οποίος έγραψε με εντολή του αυτοκράτορα μία «*Επιτομή της ιατρικής απάσης τέχνης*», που περιελάμβανε 297 κεφάλαια με βάση τα έργα του Αέτιου, Ορειβάσιου, Αλέξανδρου Τραλλιανού και Παύλου Αιγινήτου.

Συμεών Σηθ ή **Σηθής** (11^{ος} αιώνας), αστρονόμος, βοτανολόγος, ιατρός, συγγραφέας των "*Σύνοψις φυσικής, περί χρείας των ουρανίων σωμάτων*", "*Σύνταγμα κατά στοιχείον πετρί τροφών δυνάμεων*", "*περί φουκάς*", δηλαδή ζύθου.

Ψελλός Μιχαήλ (11^{ος} αιώνας), συγγραφέας μεταξύ άλλων και των "*Επίλυσεις φυσικών ζητημάτων*" σχετικού με μετεωρολογικά στοιχεία, "*Περί λίθων δυνάμεως*" με πίνακες ορυκτών και ορισμένες φυσικές ιδιότητές του, "*Περί μεγάλου ενιαυτού*" σπουδαίου αστρονομικού έργου. Πίστευε πως οι φθορές και οι γενέσεις της ύλης γίνονται από αίτια φυσικά και όχι από μυστικές δυνάμεις. Θεωρείται ως ένας που μεταλαμπάδευσε τη χυμευτική τέχνη στη Δυτική Ευρώπη.

Μιχαήλ Εφέσιος, (11ος-12ος αι.) συγγραφέας φυσικών έργων, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Κωνσταντινούπολης.

Νικηφόρος Βλεμμύδης (12^{ος} αιώνας), λόγιος συγγραφέας μεταξύ άλλων και των έργων "*Γεωγραφίαν συνοπτική*", "*Ιστορία περί της Γης εν συνόψει*" όπου πραγματεύεται το μέγεθος και τη στρογγυλότητα της Γης, "*Περί Ουρανού και Γης, χρόνου και ημερών*" αστρονομικό, "*Επιτομή φυσικής*" 31 βιβλίων, ενός από τα σπουδαιότερα συγγράμματα της μεσαιωνικής βιβλιογραφίας για τα φυσικά φαινόμενα.

Νικόλαος Ακτουάριος Αλεξανδρινός Μυρεψός (13ος αιώνας). Το προσωνύμιο Μυρεψός το πήρε από τη μυρεψική τέχνη, είδος φαρμακευτικής τέχνης. Ένα από τα πιο σπουδαία έργα του ήταν μία Φαρμακοποιία το «*Δυναμερόν*» (1280).

Ιωάννης Ακτουάριος (τέλος 13ου αιώνα και αρχή 14ου). Επιφανής Έλληνας γιατρός με μεγάλο συγγραφικό έργο, όπως το «*Ιατρική μέθοδος*», «*Περί οίνου*», «*Περί σταθμών και χαρακτήρων αυτών και των μέτρων*» (σε χειρόγραφο στη Δρέσδη), «*Περί συνθέσεως των φαρμάκων Αντιδοτάριον*» και άλλων πολλών.

Χούμνος Νικηφόρος (13^{ος} αιώνας), λόγιος, ασχολήθηκε με τις φυσικές επιστήμες και την μετεωρολογία.

Μετοχίτης Θεόδωρος (14^{ος} αιώνας), λόγιος, συγγραφέας 120 δοκιμίων για τις φυσικομαθηματικές επιστήμες, τα σπουδαιότερα εκ των οποίων είναι "Στοιχείωσις εν τη αστρονομική επιστήμη" 91 βιβλίων, "Δια τα μηχανών έργα", "Υπομνηματισμοί και σημειώσεις γνωμικά". Σχολίασε Πτολεμαίο ("Μαθηματική Σύνταξις") και Αριστοτέλη ('φυσικά').



Η οριστική διαίρεση της Ρωμαϊκής (Βυζαντινής) Αυτοκρατορίας έγινε το 395 μ.Χ. από τον Θεοδοσίο Α΄ τον Μέγα, δίνοντας το δυτικό τμήμα της στον ανήλικο (δωδεκαετή) γιο του Ονόριο (υπό επιτροπεία) και το δυτικό στον επίσης ανήλικο δεκαοκταετή Αρκάδιο. Μέχρι τότε η λατινική γλώσσα ήταν επίσημη και στα δύο τμήματα της αυτοκρατορίας με την ελληνική να χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή (δικαστήρια, εμπόριο, γραμματεία) στο ανατολικό τμήμα, βόρεια Αφρική και νότια Ιταλία. Η ελληνική γλώσσα έγινε συνεπίσημη το 602 μ.Χ. από τον αυτοκράτορα Μαυρίκιο (582-602) και καθιερώθηκε σχεδόν ως αποκλειστική από τον αυτοκράτορα Ηράκλειο (610-642), γιος του έξαρχου Αφρικής (Καρχηδόνα) Ηράκλειου, που ανέτρεψε τον σφετεριστή αυτοκράτορα Φωκά.

Το υγρόν πυρ



Στην εικόνα παράσταση πυρπόλησης εχθρικού караβιού, από χειρόγραφο του Ιωάννη Σκυλίτζη, του 13^{ου} αιώνα. Μαδρίτη, Εθνική Βιβλιοθήκη.

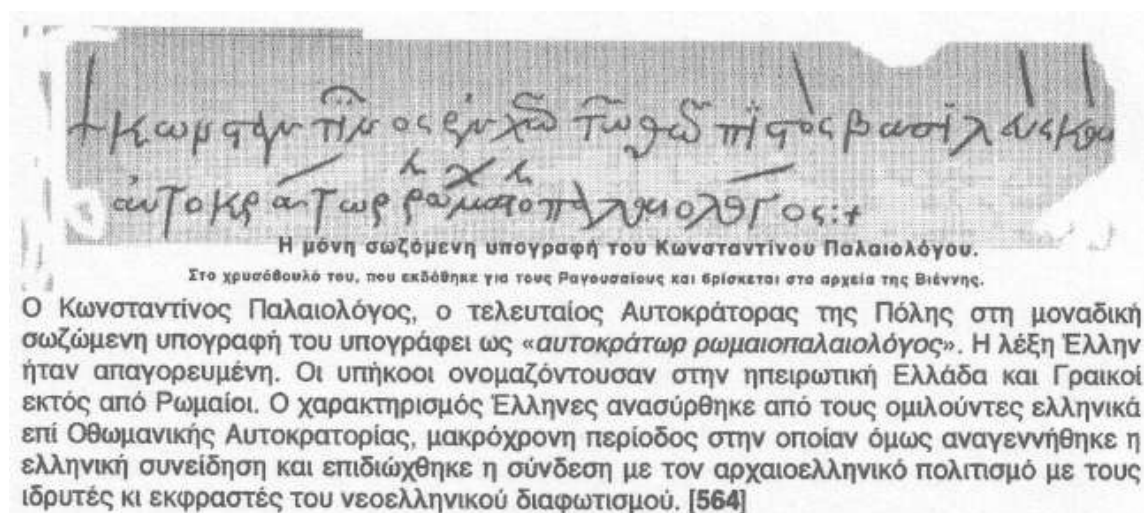
Η χρησιμοποίηση από τους βυζαντινούς του "υγρού πυρός" συνετέλεσε αποφασιστικά στην αντιμετώπιση της αραβικής πολιορκίας της Κωνσταντινούπολης το 674 με το στόλο μικρών πλοιαρίων που διέθεταν. Η αποτελεσματικότητά του είχε διεθνή απήχηση, όταν κατεύκασαν πολλά πλοίαρια των Αράβων και επέφεραν τον πανικόν στους πολιορκητές. Το "υγρό πυρ" θεωρείται εφεύρεση ενός Έλληνα αρχιτέκτονα μηχανικού από την Ηλιούπολη της Συρίας, του Καλλίνικου, επί Κωνσταντίνου Δ΄ του Πωγωνάτου, αν και σήμερα εκφράζονται γνώμες ότι, η εφεύρεση αυτή ήταν πολύ πιο παλιά, αναγόμενη από τους χρόνους τους ελληνοιστικούς ή ακόμα από αυτούς του Πελοποννησιακού πολέμου. Το ειδικό μίγμα πιθανόν περιείχε νάφθα, θείο, νίτρο και άλλες ουσίες και εκτοξευόταν από μηχανισμό, που διέθεταν ειδικά κατασκευασμένα πλοίαρια. Ο Θεοφάνης στη *Χρονογραφία* του (8ος αιώνας) το αποκαλούσε ως «πυρ θαλάσσιον, σκευαστόν, μηδικόν, ενεργόν, μαλθακόν» και σε άλλο σημείο αποκαλύπτει τον εφευρέτη γράφοντας: «Τότε Καλλίνικος αρχιτέκτων από Ηλιούπόλεως Συρίας προσφυγών τοις Ρωμαίοις πυρ θαλάσσιον κατασκευάσας τα των Αράβων σκάφη ενέπρησε και σύμψυχα κατεύκασεν· και ούτως οι Ρωμαίοι μετά νίκης υπέστρεψαν και το αλάσσιον πυρ εύρον».

Τα πολεμικά πλοία των βυζαντινών ήταν κυρίως οι *δρόμωνες*. Ο *δρόμων* ήταν μία διήρεις που μπορούσε να περιλάβει από εκατό ως τριακοσίους άνδρες. Υπήρχαν και διήρεις πολύ πιο γρήγορες οι *πάμφυλοι* και το 10ο αιώνα η ναυαρχίδα ήταν ένας μεγάλος *πάμφυλος*. Άλλος τύπος ήταν οι γαλέρες με μία μόνο σειρά κουπιών. Ακόμη μικρότερα πλοία ήταν τα λεγόμενα *ακάτια*. Τα πλοία ήταν εξοπλισμένα με κριούς και χρησιμοποιούσαν διάφορους τρόπους χρήσης του υγρού πυρός. Ένας ήταν το πέταγμα χειροβομβίδων, κάτι σαν τις σημερινές βόμβες Μολότοφ. Άλλος τρόπος ήταν το πέταγμα σε μορφή μπάλας φλεγόμενης εξωτερικά και με το υγρόν πυρ στο εσωτερικό της με καταπέλτη ή με βαλίστερες. Ο τρόπος του χειρογράφου δείχνει την εκτόξευση με σωλήνα, τελειότερος τρόπος που χρησιμοποιήθηκε το 10ο αιώνα. Το 15ο αιώνα η πυρίτιδα και τα κανόνια αχρήστευσαν το μυστικό όπλο των Βυζαντινών κι αυτό πέρασε στην ιστορία ως πρόδρομη συνταγή της πυρίτιδας.

Η σύσταση του υγρού πυρός ποικίλει. Ως συστατικές ουσίες αναφέρονται το θειάφι, το κολοφώνιο, διάφορες ρητίνες και το νίτρο. Ο αείμνηστος χυμικός καθηγητής της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών και ακαδημαϊκός Μιχαήλ Στεφανίδης υποστηρίζει ότι, το υγρόν πυρ των βυζαντινών αποτελείται κυρίως από πετρέλαιο και νίτρο. Η σύνθετη περσική λέξη **νάφθα** (να φθα) σημαίνει **υγρόν πυρ**.

2.4.4 Η χημική συγγένεια στη Βυζαντινή Αυτοκρατορία

Υπάρχει μία μικρή τροποποίηση της ορολογίας της αριστοτελικής αφής των ουσιών στη βυζαντινή συνέχεια της χυμευτικής τέχνης, όταν η *αφή* γίνεται *συγγένεια* και *συμπάθεια*. Η άπωση γίνεται αντιπάθεια, όροι που επηρέασαν όλη την αλχυμιστική βιβλιογραφία, η οποία δειλά δειλά με μεταφράσεις αρχικά αράβων εμφανίστηκε στη Δυτική Ευρώπη. Γιατί είναι γνωστή η έλλειψη πνευματικής επικοινωνίας του Βυζαντίου με τη Δυτική Ευρώπη του 8ου μέχρι και 13ου αιώνα. Θα πρέπει να εικάσουμε ότι κατά την περίοδο του 4ου έως και 7ου αιώνα στην Αλεξάνδρεια και όλη της ελληνιστική Αίγυπτο, οι διωγμοί των εθνικών και συννάμα της χυμευτικής τέχνης από του Άρειους και κατόπιν ορθόδοξους χριστιανούς είχαν φθάσει στο αποκορύφωμά τους, πολλοί εθνικοί εκφραστές της χυμευτικής τέχνης θα πρέπει να στράφηκαν προς τις Δυτικές ελληνικές πόλεις της Μεσογείου, των παραλίων της Κελτικής, της Γαλατίας δηλαδή, όπως η αποικία των Φωκααίων Μασσαλία (ελληνική), η Νίκαια, η Κιθαριστή (ανατολικά της Μασσαλίας), ο Μόνοικος (σημερινό Μονακό), η Αυενιόνα (Αβινιόν) και η Ροδανουσία (στο δέλτα του Ροδανού). Ήταν καθαρά ελληνικές περιοχές, μιλούσαν ελληνικά και έγραφαν στα ελληνικά. Δεν ήταν φανατικά χριστιανοί, αφού ο Καρλομάγνος με απανωτά διατάγματα το 795 μ.Χ. διέταξε να βαπτιστούν χριστιανοί εκουσίως ή ακουσίως όλοι. Μία ένδειξη της ελληνικότητας και του ευνοϊκού κλίματος των περιοχών αυτών είναι η επιστολή του Ιουλιανού του Παραβάτη προς τον Αρχιερέα των Γαλατών Αρσάκιον το 362 μ.Χ. στην αρχή της οποίας γράφει: «*Ο Ελληνισμός ούτω πράττει κατά λόγον, ημών ένεκα των μετιόντων αυτών*» (Θανάσης Μαργαρίτης, «*Τα Μυστήρια της Αλχημείας*», Αθήνα 1996). Πιθανόν να αποτελούν το πρώτο μεταναστευτικό ρεύμα χυμευτών της Δυτικής Ευρώπης, να έγραφαν στα λατινικά για να προσαρμοστούν καλύτερα στην ανθελληνική πραγματικότητα, που διαμόρφωσε το λείψανο της αυτοκρατορίας στο δυτικό τμήμα και ο καθολικισμός. Ως πρόσφυγες, κάτω από την ευνοϊκή συμπεριφορά των Γαλατών προς αυτούς και πολλών πεφωτισμένων ηγεμόνων στην Ιταλία (Μέδικοι, Τοσκάνη), θα πρέπει να συγχωνεύτηκαν με αυτούς που ήρθαν από τη νότια Ισπανία, έχοντας τις μεταφράσεις Αράβων αλχυμιστών.



Στην Κωνσταντινούπολη η χυμευτική τέχνη ήταν σε μια λανθάνουσα κατάσταση, η οποία ευνοούσε την τεχνική επεξεργασία των μετάλλων, όχι όμως τη θεωρητική ενασχόληση. Η φυσική φιλοσοφία ή *δόξα* της χυμευτικής τέχνης πάντως στο Βυζάντιο των αιώνων αυτών παραμένει αριστοτελίζουσα και η πρακτική της συνοψίζεται στην *τελείωσιν*, που επιδιώκει την αλλαγή του *είδους*, δηλαδή των *ποιιοτήτων*, η ουσιαστικότερη των οποίων είναι το χρώμα και επιτυγχάνεται με τη *βαφή*. Κάθε νέα ουσία συνίσταται από τα τέσσερα αριστοτελικά στοιχεία και επιτελείται μέσω του στοιχείου *πυρός*, που της παρέχει τα κατάλληλα για την

περίσταση *φώτα*, για την ένωση των *προς την οικονομία δύο φύσεων*, κάθε μία η οποία είναι *ομόζυγος* της άλλης, όπως το *άρρεν* και το *θήλυ*. Έτσι με την πλήρωση του χρόνου (για να μην υπάρξει έκτρωση) γεννιέται το νέο χυμευτικό έμβρυο, ενούμενον *μετά της οικείας ψυχής* και τρεφούμενον δια των *υδάτων* ως δια γάλακτος. Ο Κομάριος, ιερέας της Αλεξάνδρειας και πιθανόν δάσκαλος της Κλεοπάτρας, της οποίας συναντήσαμε να μνημονεύει έργα, γράφει κατά τον **Ανεπίγραφο** (ανώνυμο βυζαντινό συγγραφέα του 13ου αιώνα): «*Λάβε εκ των τεσσάρων στοιχείων αρσενικόν ανώτατον και κατώτατον, άσπρον τε και ρούσιον, ισόσταθμα άρσεν και θήλυ, όπως συζευχθώσι αλλήλοις*» και πιο κάτω «...και τότε λαβών εξ αυτού και ότ' ενωθή η ψυχή και το πνεύμα, και γένωνται εν, τότε επίρριψον επί σώμα αργύρου και έξεις χρυσόν, ον ουκ έχουσιν αι των βασιλέων αποθήκαι». Με το τελευταίο εδάφιο ο Ανεπίγραφος και όχι ο Κομάριος, φαίνεται να αμφισβητεί την εξουσία των βασιλιάδων και να θίγει την υπονομευτική δράση της εκάστοτε αυτοκρατορικής οικογένειας, η οποία στηριζόταν στην πραγματικότητα στη δυνατότητα να πετυχαίνει τους σκοπούς της κυρίως κάτω από τη δυνατότητα της χρηματοδότησης των στρατιωτικών μισθοφόρων.

Σχολιάζοντας ο Στεφανίδης (40, 17) αυτά τα κείμενα του Ανεπίγραφου (έχει γράψει πραγματείες στη μουσική και χρυσοποιία), υπογραμμίζει τους όρους **σύγκρασις** ή **συνουσίασις** και **συναφή των γενών**, δηλαδή των ουσιών. Τα *γένη* έχουν τις δυνατότητες να φθείρονται και να αναγεννώνται. Για να αναγεννηθούν θα πρέπει τα *ιδίως είδη* τους, τα παράγωγα με άλλα λόγια των γενών, αυτά που λέμε σήμερα προσμίξεις, να παρεμποδιστούν στη **συνουσίασιν** λόγω **φυσικής αντιπάθειας**. Από το «*Το της χρυσοποιίας συνεπτυγμένον*» του Ανεπίγραφου διαβάζουμε: «*Προς α και νυν ημάς δει αναστρέφοντας συννοείν ότι τας ουσίας εκελεύετε μαθείν, και τας ουσίας κεράσαι, αντί του ειπείν αυτάς τας αρχικάς και ακατεργάστους των χυτών φύσεις, ως γένη των ειδών προϊσταμένας αυτάς δει κεράσαι, και ουχί τα πάντων παράγωγα είδη ...*» και πιο κάτω «...και τα γένη **συνάψαι** τοις γένεσιν» και «...*αλλήλαις αι φύσεις χείρουσιν*».

Στην πραγματεία αυτή του Ανεπίγραφου αναφέρεται η **συγγένεια**, όπως παλιότερα και στο Ζώσιμο του Πανοπολίτη, και δεν είναι εφεύρημα του Αλβέρτου όπως την παρουσιάζουν διάφορες σημερινές ιστοριογραφίες της χημείας και της αλχημείας. «*Δια του λέγειν τας ουσίας κεράσαι και τα γένη συνάψαι τοις γένεσιν, παραδίδωσιν ως καθ' εν σημαινόμενον εστιν ουσία και γένος και φύσις· ως εξ ανάγκης δει μαθείν πρώτον τας φύσεις, τα γένη, τα είδη, τας συγγενείας, τας συμπαθείας, τας αντιπαθείας, τας αποστροφάς, και ει τι τοιούτον, και ούτως επί το προκείμενον σύνθεμα ελθειν, ως ο αγαθώτατος Δημόκριτος ταύτα συγκεφαλαιούμενος φησίν...Κατά συμπάθειαν ουν φυσικήν, και κατά **συγγένειαν** ουσιώδη πάντα τα χυτά συγκιρνάται και συνουσιούται φιλικώς περιχαρούντα αλλήλοις, σώζοντα την οικείαν συνύπαρξιν...*». [40]

Η αιτία που προκαλεί την ένωση των γενών, δηλαδή των αρχικών ουσιών, είναι η **συμπάθεια** ή με άλλα λόγια η **συγγένεια** και κατά την ένωση κάθε συστατική ουσία μετέχει της συγγένειας, *περιχαρούντα αλλήλοις, σώζοντα την οικείαν συνύπαρξιν*. Είναι μία θέση της χρυσοποιίας με κάποιο θεωρητικό, που λείπει από πολλές χρυσοποιίας γραμμένες υπό τον τύπο συνταγής, από ημιμαθείς, οι οποίοι άλλο σκοπό δεν είχαν παρά στο αποτέλεσμα, την παρασκευή τεχνητού χρυσού, όπως τέτοιον νόμιζαν ότι αποκόμισαν οι Ενετοί¹², όταν με τη σταυροφορία πήραν τα «χρυσά» αγάλματα των αλόγων, τα κοσμούντα την πλατεία του

¹² Οι Ενετοί (χρηματοδότης ο δόγης Ερρίκος Δάνδολος) ίδρυσαν τη Λατινική Αυτοκρατορία της Κωνσταντινούπολης, όταν αυτή αλώθηκε από τους Σταυροφόρους (4^η Σταυροφορία) στις 13 Απριλίου του 1204. Η Λατινική Αυτοκρατορία επέζησε για 50 περίπου χρόνια (1260). Τα ορειχάλκινα άλογα διασώθηκαν από τις εκτεταμένες καταστροφές που έκαναν οι σταυροφόροι (Φράγκοι, Ιταλοί, Σικελοί, γερμανικά φύλα) και μεταφέρθηκαν από τον Δάνδολο στη Βενετία.

Αγίου Μάρκου της Βενετίας (από τη Φράγκικη άλωση της Κωνσταντινούπολης στις 13 Απριλίου του 1204). Τα άλογα αυτά υπέστησαν μετά από 800 χρόνια τα πρώτα πλήγματα της ρύπανσης, εμφανίζοντας τις πρώτες ανησυχητικές διαβρώσεις της ορειχάλκινης επιφάνειάς τους.



Λεπτομέρεια από τα ορειχάλκινα άλογα της πύλης του Αγίου Μάρκου της Βενετίας από τον Ιππόδρομο της Κωνσταντινούπολης.

Οι Βυζαντινοί χυμευτές είχαν αναπτύξει τεχνικές βαφής λίθων¹³ για την κατασκευή ψευδοπολύτιμων λίθων, υαλωδών τεχνουργημάτων, σμάλτων, εγκαύστων κι άλλων αριστουργημάτων μικροκοσμηματοποιίας. Ένα χειρόγραφο από τη συλλογή του M. Berthelot γράφει: «Ότι το παρόν βιβλίο ονομάζεται βίβλος μεταλλική και **χυμευτική** περί χρυσοποιίας, αργυροποιίας, υδραργύρου τήξεως...Ωσαύτως και λίθων πράσινων και λιχνιτών... Ταύτα δε πάντα γίνονται... δια τέχνης μεταλλικής», (40, σ. 37). Σήμερα πλήθος έγκρειτων βιβλίων στη βυζαντινή τέχνη, αναφέρονται και στη χυμευτική τέχνη των βυζαντινών, χωρίς να έχουμε κάποιο θεωρητικό κείμενο που να αιτιολογεί τις διεργασίες της. Η συγγένεια ταυτίζεται με τις βαφές μετάλλων, λίθων και την κατασκευή σμάλτων. Στην τεχνική του περικλείστου σμάλτου οι βυζαντινοί επινόησαν ένα τρόπο να συνδυάσουν την πολυχρωμία λίθων και γυαλιών εντός χρυσών ή αργυρών λεπτών ελασμάτων.

Την τεχνική των σμάλτων οι Βυζαντινοί την παρέλαβαν από τους αρχαίους Έλληνες, ιδιαίτερα της Αλεξάνδρειας. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή τοποθετούσαν σε μεταλλικά λεπτά φύλλα από χρυσό ή άργυρο διαλύματα βόρακα κι αλάτων μολύβδου με ορισμένα έγχρωμα οξειδία μετάλλων. Σε σωζόμενα βυζαντινά σμάλτα διακρίνουμε πλαίσια με άνθη, μία προτομή της αυτοκράτειρας Ευδοκίας (Cabinet des Medailles στο Παρίσι), διακοσμητικά σε σταυρούς, σε λαβές σπαθιών, σε ζώνες, περιδέραιο, βραχιόλια, δακτυλίδια, σκουλαρίκια, κάτοπτρα, πόρπες κ.ά. Οι ουσίες που συνταιριάζονται στα περικλείστα σμάλτα της χυμευτικής των βυζαντινών, γίνονται με τη μέθοδο της «οπτήσεως, ιδίως προς είσκρισιν της βαφής ή δι' εψήσεως ή ανασπάσεως εντός κηροτακίδος ή εντός της υγράς καμίνου (ατμολούτρου της Μαρίας της Ιουδαίας)». Η τεχνική αυτή στηρίζεται στον αμβικισμό, σε αποστάξεις (ατμιδώσεις) και συμπυκνώσεις ατμών, τις οποίες ονομάζουν **ανασπάσεις** (40).

¹³ Έχει διασωθεί ένα βυζαντινό χειρόγραφο με τίτλο: 'περί καταβαφής λίθων', που περιλαμβάνεται στη συλλογή του Marcellin Berthelot-Ruelle, Ch.-Em., **Collection des anciens alchimistes grecs**, 1887.

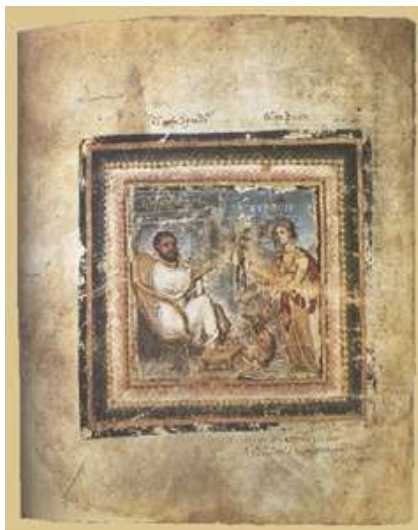


Ωοειδές εγκόλλιο με σμάλτο και πολύτιμους λίθους (μαργαριτάρια, πράσινοι λίθοι) του 12^{ου} αιώνα με τη Παναγία την Άγιοσορίτισσα.

2.5 Η αλχυμεία των αράβων

Τον πέμπτο αιώνα μ.Χ. το ανατολικό τμήμα της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας σπαρασσόταν από θρησκευτικές διενέξεις, τόσο μεταξύ χριστιανών και εθνικών, όσο και μεταξύ αιρέσεων των χριστιανών (διάφοροι μονοφυσίτες, Νεστόριοι, Άρειοι, ορθόδοξοι κλπ.). Οι Ρωμαίοι πάσχιζαν να επιβάλλουν τη λατινική γλώσσα (ήταν η επίσημη γλώσσα), προσπάθεια άκαρπη, εφόσον η ελληνική κυριαρχούσε τόσο σε επίπεδο λογίων Ελλήνων, Ιουδαίων, Αιγυπτίων, ακόμη και Ρωμαίων, όσο και στη χρήση στην καθημερινή ζωή, στα δικαστήρια, στις εμπορικές συναλλαγές, στις επιστήμες (αστρονομία, φυσική, χυμευτική τέχνη, ιατρική, βοτανική, φαρμακολογία, γεωπονία, πολεμικές τέχνες, αρχιτεκτονική, μαθηματικά κλπ.), στη φιλολογία, στην ποίηση, στη θεολογία, σχεδόν παντού. Οι διωγμοί, που επέβαλε κάθε εξουσιαστική θρησκευτική ομάδα με τον προσεταιρισμό της κοσμικής εξουσίας, η εναλλαγή των χριστιανικών εξουσιών, οι οποίες απέρρεαν από τις εκάστοτε χριστιανικές αιρέσεις, οι τρομεροί διωγμοί των εθνικών, το σκληρό και απάνθρωπο φορολογικό σύστημα, ευνόησαν τα επεκτατικά σχέδια των αράβων ηγεμόνων και τον εμπλουτισμό αρχικά του πολιτισμού τους με όλα τα σωζόμενα στοιχεία του ελληνικού πνεύματος.

Οι Άραβες ήταν οι πρώτοι που διαχώρισαν τη φαρμακευτική από ιατρική και με νόμο ανέδειξαν το επάγγελμα ή ιδιότητα του φαρμακοποιού ανεξάρτητο από αυτό του ιατρού. Οι οπαδοί του Νεστόριου λόγω των θρησκευτικών τους πεποιθήσεων υπέστησαν διώξεις από τους Βυζαντινούς κι αναγκάστηκαν να μεταναστεύσουν στη Συρία και τη Μεσοποταμία. Ήταν οι πρώτοι που ίδρυσαν νοσοκομεία και διάφορες σχολές με φιλοσοφικό, αστρολογικό ή φαρμακευτικό περιεχόμενο. Σ' αυτές μετάφρασαν αρχικά στα συριακά και μετά στα αραβικά έργα του Αριστοτέλη, Θεόφραστου, Ιπποκράτη, Διοσκουρίδη, Γαληνού, Ορειβάσιου¹⁴ και άλλων σοφών των ελληνιστικών και μετέπειτα χρόνων.



Κώδικας του Διοσκορίδη Κωνσταντινούπολις, μετά το 512.

Οι νεστοριανοί, γεννήματα της φιλοσοφικής σχολής της Αντιόχειας, μετά το 431 (αφορισμός του Νεστορίου στη Σύνοδο της Εφέσου) κατέφυγαν στη Συρία και στην Περσία των Σασανιδών. Με τη βοήθεια των αράβων ηγεμόνων έγιναν η επικρατούσα μορφή του χριστιανισμού με το όνομα μονοφυσίτες και με ένα καθαρό ελληνιστικό υπόβαθρο αριστοτελικής και νεοπλατωνικής κλίσης. Στη Συρία και στην Παλαιστίνη τότε είχαν ως επίσημη γλώσσα τα ελληνικά και αυτό συνέβαινε μέχρι τον έβδομο αιώνα. Το 529 ο

¹⁴ Ορειβάσιος (326-403) από την Πέργαμο, θεωρούμενος τρίτος εγκυκλοπαιδιστής μετά τον Πλίνιο και τον Κέλσο, από τους πιο αξιόλογους της βυζαντινής ιατρικής.

Ιουστινιανός κατεδίωξε στη Συρία, Αλεξάνδρεια και Ελλάδα τη φιλοσοφία και τη χυμειτική ως εθνική. Οι Έλληνες λόγιοι της Συρίας και της Αιγύπτου τότε μαζικά κατέφυγαν στην Περσία, ένα μέρος που η χυμειτική τέχνη αναπτύχθηκε, βελτιώνοντας τις μεθόδους της. Οι μονοφυσίτες μετά το κλείσιμο των φιλοσοφικών σχολών στις ρωμαιοκρατούμενες ελληνικές πόλεις άνοιξαν παρόμοιες σε άλλες πόλεις, όπως στην Έδεσσα της Συρίας, στη Νίσιβη της Περσίας και γενικά σε περιοχές φιλόξενες, που γειτόνευαν στη Ρωμαϊκή (Βυζαντινή) Αυτοκρατορία. Οι εξόριστοι Έλληνες ταυτόχρονα μετέφρασαν τα ελληνικά χειρόγραφα στα αραβικά, έχοντας δημιουργήσει μία σύγχρονη πηγή αναζήτησης χαμένων έργων Ελλήνων φιλοσόφων (δεκαετία του 1980 ανακαλύφθηκε στα αρχαία αραβικά Θεόφραστος).

Νεστόριος, πατριάρχης από το 428 – 431, όπου καταδικάστηκε από τη Σύνοδο της Εφέσου ως αιρεσιάρχης για τη διατύπωση της διπλής φύσης του Χριστού (θεού-ανθρώπου) και για τις αριστοτελικές φιλοσοφικές του απόψεις κατά τη διδασκαλία του. Ανήκε στη Σχολή της Αντιόχειας, η οποία είχε ιδρυτή το Λουκιανό τον Πρεσβύτερο το 260 μ.Χ., διδάσκαλος του Αρείου, σχολή που έθρεψε τον Ιωάννη το Χρυσόστομο, ο οποίος πέθανε στην εξορία το 427. Άλλοι της σχολής ήταν ο Διόδωρος της Ταρσού (πέθανε το 392), ο Θεόδωρος ο Μοψουεσίας, πέθανε το 429, ο Θεοδώρητος ο Κύρου και ο Νεστόριος. Η σημαντικότητα της σχολής από φιλοσοφικής άποψης είναι ότι, εισήγαγε την ιστορική και γραμματική μέθοδο με ταυτόχρονη αντίκρουση της αλληγορικής. Η τάση της σχολής ήταν αριστοτελική και δεν εχθρευόταν τη χυμειτική τέχνη.



Η Κωνσταντινούπολη.

Η Έδεσσα τη Συρίας κατέστη έδρα της πιο αρχαιοτάτης ακαδημείας με βιβλιοθήκη. Κατά τα μέσα του 5ου αιώνα μετέφρασαν από τα ελληνικά στα συριακά όλα τα έργα του Αριστοτέλη και του Θεόφραστου οι Κούμας (Coumas) και Probus. Το 489, όταν η Έδεσσα καταλήφθηκε από τον Ζήνωνα έναν αυτοκράτορα αγράμματο πρώην χασάπη, που παντρεύτηκε τη μεγαλύτερη κόρη του Λέοντα του Α΄ Αριάδνη, κατέστρεψε την Ακαδημία, κατασκάπτοντάς την από τα θεμέλιά της. (Οι ορθόδοξοι υποστηρικτές του Ζήνωνα είχαν κάψει προηγουμένως τη βιβλιοθήκη του Ιουλιανού το 474 με 120000 βιβλία στην Κωνσταντινούπολη). Επειδή τα εδάφη αυτά της Συρίας δεν είχαν σταθερές εξουσίες και άλλαζαν διαρκώς χέρια, πολλοί διωκόμενοι χυμειτές ή υπομνηματιστές φιλοσοφικών και χυμειτικών έργων έγραφαν ανώνυμα (πραγματεία ερμηνευτική του Κομάριου από τον *Ανεπίγραφο* (υπομνηματιστής νεότερος του Χριστιανού του 8ου αιώνα), ο οποίος αναφέρεται για το «*χυμειτικόν είδος*») ή έγραφαν με ψευδώνυμα τόσο στη Συρία όσο και στην υπόλοιπη επικράτεια της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας (όπως το βιβλίο του *ψευτο-Οστώνη*) ή υποδύομενοι το χριστιανό με ονόματα θεολογικά [Ο φιλόσοφος *Χριστιανός*, ένας

υπομνηματιστής του ρεύματος του Γνωστικισμού, που ανακάτεβε τη Θεολογία με τη χυμευτική (40, 83)]. Οι εξόριστοι Έλληνες από την Αλεξάνδρεια κατέφυγαν στην Περσία του Χοσρόη των Σασανιδών και έδωσαν ζωή σε μία σχολή της Νισίβης. Ακολούθως ίδρυσαν την Ιπποκρατική Σχολή στη Γκαντισαπόρα (Gandisapora). Επίσης στο Χαράν της Περσίας, έδρα των Σαββαίων εναπομεινόντων αστρολατρών και λογίων των βαβυλωνιακών γραμμάτων, δημιουργήθηκε από Έλληνες εξορίστους μία αλχυμιστική Σχολή, η οποία διατηρήθηκε μέχρι τον 9ο αιώνα, οπότε και καταστράφηκε από φανατικούς μουσουλμάνους. Μια σειρά από μορφωμένους χαλίφες ή προστάτες της γνώσης, όπως οι al Mansour, al Mahdi, al Hadi, Haroun al Raschid, al Amin, al Mamoun, al Moutasin, al Wathic, al Moutawakkil, έδειξαν ανοχή ή ενδιαφέρον για τη χυμευτική τέχνη και δεν ήταν λίγες οι φορές, που καταγγέλλθηκαν ως βέβηλοι. Μια σειρά έργων του Ευκλείδη, Αρχιμήδη, Απολλώνιου του Τυαννέα, Πτολεμαίου, Ιπποκράτη, Διοσκουρίδη, Γαληνού, Αριστοτέλη, Θεόφραστου, Οριβάσιου, Παύλου του Αιγινίτη, Αλέξανδρου του Αφροδισία μεταφράστηκαν ή επιθεωρήθηκαν από τον Honein ben Ishak, γιατρό στη Βαγδάτη του χαλίφη al Moutawakkil. Όταν συγκέντρωσαν οι Πέρσες την αρχαία χυμευτική τέχνη, εξέδωσαν τα πορίσματά τους υπό τον τύπο εγκυκλοπαίδειας.[82]

Οι Συριακές σχολές είχαν μεγάλη ακμή κυρίως κατά τον 8ο και 9ο αιώνα, γιατί σε αυτές κατέφυγαν εκτός από τους εθνικούς και οι διάφορες αποχρώσεις των μονοφυσιτών. Οι Ιακωβίτες μονοφυσίτες, αντίζηλοι των Νεστοριανών, άνοιξαν σχολές στο Kinnesrin στη Συρία και στο Resain της Μεσοποταμίας. Εκπρόσωπος αυτών ήταν ο επίσκοπος και γιατρός Σέργιος του 6ου αιώνα, με πλούσιο υπομνηματικό έργο και μεταφραστικό ελληνικών χυμευτικών κειμένων και κλασικών αρχαίων ελλήνων, μεταξύ των οποίων και ο «Κράτης», πιθανόν του Δημόκριτου ή του Βώλου.

Ο αριθμός των Σύρων σοφών, που δημιουργήθηκαν από τις σχολές της Συρίας, απέκτησαν ένα μεσάζοντα ρόλο μεταξύ των ηγεμόνων των Περσών και των Βυζαντινών. Στη Συρία ο χαλίφης Welid-ben-Abd-el-Melik (705-715) ίδρυσε στη Δαμασκό νοσοκομείο (λεπροκομείο) με έμμισθους γιατρούς και πήρε ως προσωπικό γιατρό το Θεόδοτο (Tajaduk), ο οποίος έγραψε το αρχαιότατο αραβικό έργο, αυτό των «Πανδεκτών» (Konnasch), μιας φαρμακοποιίας της εποχής.

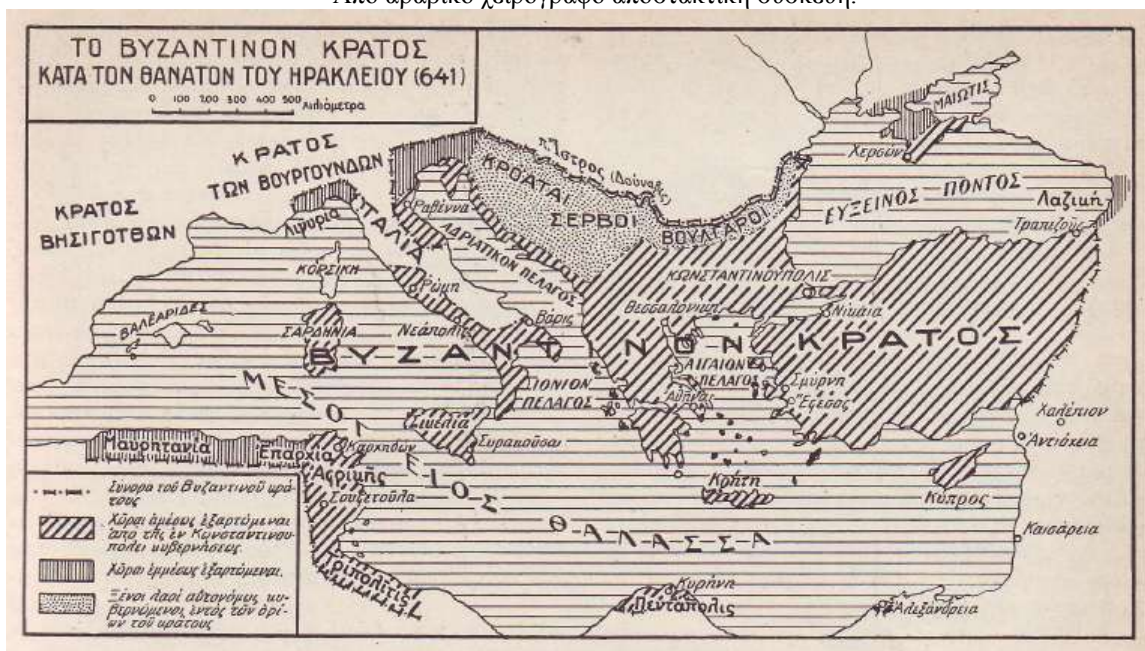


Η Βυζαντινή Αυτοκρατορία επί διαδόχων του Θεοδοσίου του Α', πριν το διαμελισμό της από την εισβολή των Ισλαμιστών.

Ο διάσημος χαλίφης Harun-al-Raschid της Βαγδάτης ζήτησε από τον αυτοκράτορα Νικηφόρο τον Α΄ (802-811) της Κωνσταντινούπολης χειρόγραφο Ελλήνων συγγραφέων, τα οποία με εντολή του μεταφράστηκαν στα αραβικά. Την ίδια πολιτική συνέχισε και ο γιος του ο γνωστός Al-Mamun (813-833). Ένα ενδεικτικό στοιχείο της πνευματικής αναγέννησης των Αράβων είναι ότι, σε πέντε μόλις πόλεις της Συρίας και της Μεσοποταμίας είχαν δημιουργηθεί 37 επιστημονικά ιδρύματα, δηλαδή νοσοκομεία, Ακαδημίες (Madrasadt), μεταφραστικά κέντρα, αστεροσκοπεία και αλχυμίστικα εργαστήρια. Η πρακτική αυτή δημιουργίας σχολών, νοσοκομείων, εργαστηρίων και βιβλιοθηκών συνεχίστηκε σε όλη τη βόρεια Αφρική (Τριπολίτιδα, Τύνιδα, Κωνσταντίνα του Αλγερίου, Φεζ και Μαρακές Μαρόκου), την Ισπανία (Κόρντοβα, Τολέδο, Ζάρα, Σεβίλλη, Γρανάδα) και έφτασε μέχρι τη νότια Γαλλία (δηλαδή την Καταλανία, με τις πόλεις Ναυβόνη και Αρελάτη). Τα τελευταία μέρη είναι αυτά, που κληρονόμησαν την αλχυμίστικη τέχνη στους Ευρωπαίους. Ένα άλλο ενδεικτικό στοιχείο ήταν το μέγεθος της βιβλιοθήκης της αραβικής Κόρντοβας, η οποία διέθετε 600000 τόμους (8, 40, 82, 83).



Από αραβικό χειρόγραφο αποστακτική συσκευή.

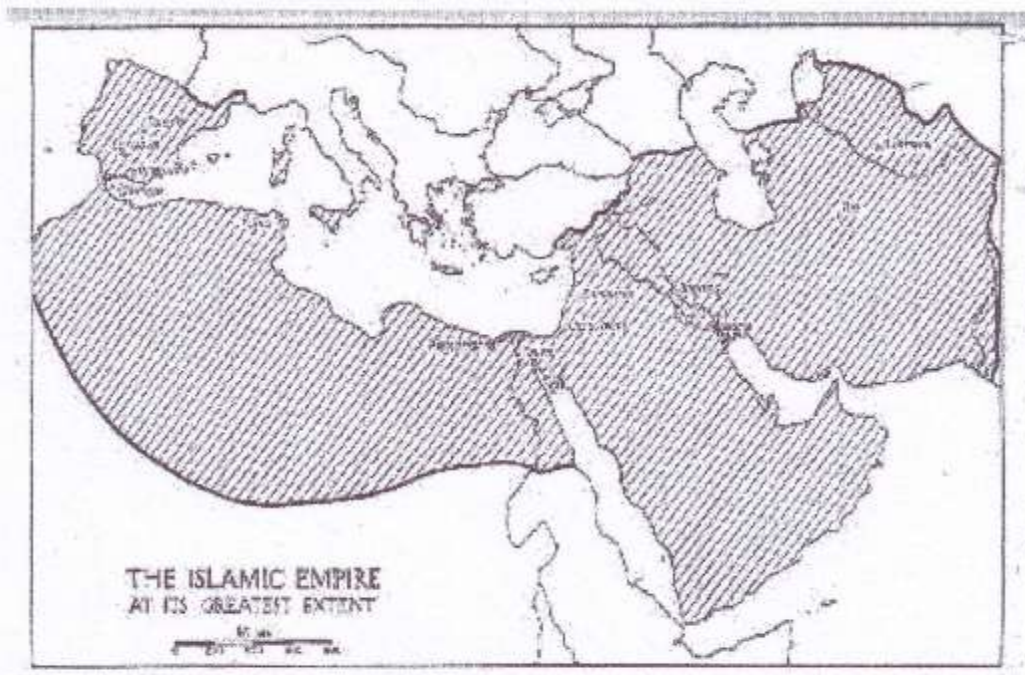


Η βυζαντινή επικράτεια κατά τον 7^ο αιώνα π.Χ. όταν η Αλεξάνδρεια είχε πέσει στα χέρια των Αράβων, λίγο πριν κατακτηθούν από τους Άραβες η Κυρήνη και η Καρχηδόνα.

Μετά τον 7^ο αιώνα και με την αραβική εισβολή του Ομάρ (639) στα εδάφη της Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, οι Άραβες επικράτησαν εύκολα και στην Αίγυπτο, κοιτίδα του υποβάθρου της χυμειτικής τέχνης. Την Αίγυπτο, τη βαρειά διχασμένη από τη βίαιη επιβολή των ορθοδόξων πάνω στους Κόπτες και τους εθνικούς, που έγινε με στρατιωτικά μέσα και με μαζικές προγραφές, με κυνηγητό και λυντσαρίσματα, οι γηγενείς δέχτηκαν τους Άραβες ως ελευθερωτές. Η αρχή της αραβικής εξάπλωσης έγινε το 622 με τη φυγή του Μωάμεθ από τη Μέκκα στη Μεδίνα, με την οποία σηματοδοτείται η έναρξη του Ισλάμ, που κατόρθωσε να ενώσει τις διάσπαρτες και γεμάτο έριδες αραβικές νομαδικές φυλές. Προέβαλε τότε την εγίρα (είδος εναύσματος πολεμικής μετανάστευσης-εξέγερσης), με την οποίαν άρχισε δυναμικά η αραβική εξάπλωση αρχικά στις γειτονικές χώρες των ερήμων, όπως της Συρίας

(634), στα Ιεροσόλυμα (638), στην Περσία (642), στην Αίγυπτο (639), στη συνέχεια σε όλη τη βόρεια και την κεντρική Αφρική, φτάνοντας τελικά στην Ιβηρική χερσόνησο (710) και σταματώντας στα Πυρηναία. Μέσα σε 83 χρόνια το Ισλάμ επεκτάθηκε από την Ισπανία μέχρι και την Κίνα και από τις στέπες της βόρειας Ασίας μέχρι την Ινδονησία και τις Φιλιππίνες. Από την Ισπανία και τη βόρεια Αφρική η αλχυμεία προωθήθηκε στην Ευρώπη, η οποία ουσιαστικά προστατεύτηκε από την Ανατολική Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, η οποία ανέκοψε την αραβική διείσδυση και εμπόδισε οποιαδήποτε επαφή με αυτούς προσωρινά (μέχρι να δοκιμαστεί από την Οθωμανική ευρωπαϊκή εισβολή). Η εξάπλωση των αράβων οφείλεται κυρίως στο δυσβάσταχτο φορολογικό σύστημα των Ρωμαίων, και δευτερευόντως στις καταδιώξεις των Ελλήνων εθνικών, στις έριδες μεταξύ των χριστιανικών αιρέσεων και στην κατάρρευση του Δυτικού τμήματος της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας από τις επιδρομές των βορείων βαρβάρων, κυρίως Σλάβων και Γότθων. [83, 44]

Η διαρκής μετατροπή των συνόρων της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, οι διώξεις και οι πολεμικές διαμάχες, δημιούργησαν μία μετακίνηση όχι μόνον πληθυσμών, αλλά και των φιλοσοφικών σχολών, των πνευματικών κέντρων, που είχαν αρμοδιότητες όχι μόνο στον τομέα της φιλοσοφίας, αλλά της μηχανικής, της αστρονομίας, της γεωμετρίας (άρα και της αρχιτεκτονικής), της γεωγραφίας, της ναυτιλιακής τέχνης, της χυμευτικής επιστήμης (δηλαδή της μεταλλουργίας, ιατρικής, φαρμακολογίας) και όλων των επιστημονικών τομέων και των εφαρμογών τους (π.χ. η γεωπονία ή η υφαντουργία), απαραίτητων για να διατηρηθεί η πολιτιστική ακμή και η οικονομική ευρωστία της τότε κοινωνίας. Το ενδιαφέρον σε αυτήν τη μετακίνηση της γνώσης είναι ότι τα πρώτα κείμενα που μεταφράστηκαν στα αραβικά ήταν αυτά της χυμευτικής τέχνης, όπως μας πληροφορεί ο λόγιος Ibn al-Nadim του 10ου αιώνα. Οι πρώτες μεταφράσεις εμφανίστηκαν τον 8ο αιώνα αρχικά στη Δαμασκό και μετά στη Βαγδάτη. Η αρχή γίνεται με το Στέφανο τον Αλεξανδρέα, το χριστιανό **χυμευτή** που ήδη προαναφέραμε. Ο Στέφανος μερικοί υποστηρίζουν ότι, ήταν ένας από τους διδασκάλους του πρίγκιπα Ομμεϊάδα (Omeyyade ή Umayyad) τον Χαλίντ μπεν Γιαζίδ μπν Μοαούγια (Khalid ben Yazid ibn Moaouia), τον πρώτο Άραβα αλχυμιστή, ο οποίος έζησε μεταξύ 665 και 708 στη Δαμασκό της Συρίας. Όμως αυτό δεν είναι σωστό, απλά ήταν δάσκαλος του δασκάλου του Χαλίντ, του Μοριάνο. Μία άλλη δραστηριότητα του Στέφανου είναι, ότι, μετέφρασε στα Συριακά όλο το αλεξανδρινό χυμευτικό σώμα (corpus) και υποστηρίζεται από τους Μονό και Ερζέν (**83**), ότι edίδαξε και στη Βαγδάτη. Ο πρώτος όμως εισηγητής της ελληνικής χυμευτικής επιστήμης στην Αραβία θεωρείται ο Σύρος μοναχός Μαριάνο ή Μοριάνο (Marianos ή Morianus), που είχε στην κατοχή του μια καλή συλλογή ελληνικών χυμευτικών έργων και υπήρξε δάσκαλος του πρίγκιπα Χαλίντ (**40**).



Η έκταση της Ισλαμικής Αυτοκρατορίας στην περίοδο της ακμής της.

Ο Μοριάνο ήταν ένας Έλληνας ερημίτης μοναχός, μαθητής του Στέφανου¹⁵ στην Αλεξάνδρεια. Ο Χαλίφης με το πριγκιπικό του κύρος διέδωσε τη χυμευτική τέχνη και γίνεται ο πρώτος Άραβας αλχυμιστής. Όλα ξεκίνησαν, με μια συνάντηση που είχε, με το μοναχό Μοριάνο στην Αλεξάνδρεια. Ζήτησε να μαθητεύσει δίπλα του και αρχικά όλο του το ενδιαφέρον είχε επικεντρωθεί στην μετατροπή των μετάλλων σε χρυσό. Ο Μοριάνο πίστευε ότι, ο Χαλίφης μπορεί να μετατραπεί από μουσουλμάνος σε χριστιανό και επιχείρησε να τον πληρώσει με αλχυμιστικό χρυσό. Μετά από την επίμονη παράκλησή του, πήρε τους βοηθούς του και γέμισε γι' αυτό ένα δωμάτιο με συσκευές. Μπροστά στο Χαλίφη επιχείρησε την ξάνθωση, με τελικό αποτέλεσμα μία ικανοποιητική μετατροπή. Ο Χαλίφης όμως παρακολουθούσε με ένα δεσποτικό βλέμμα τη διαδικασία και το αποτέλεσμα της και με αγέρωχο ύφος διέταξε την εκτέλεση των απατεώνων αλχυμιστών, κάνοντας τη συγκίνηση του Μοριάνο να εξαφανιστεί. Δεν εκτέλεσε τη διαταγή του, αλλά όπως ήταν φυσικό οι χυμευτές εξαφανίστηκαν. Πέρασαν κάποια χρόνια όμως και ο Χαλίφης αναζήτησε το Μοριάνο και με τη βοήθεια ενός υπηρέτη του τον βρήκε και τον έφερε πίσω. Στη δεύτερη αυτή συνάντησή τους διεμείφθη μία εκτεταμένη συζήτηση, το περιεχόμενο της οποίας ποτέ δεν έκανε γνωστή ο Χαλίφης. Η ουσία ήταν όμως, ότι, ζήτησε από το Μοριάνο να μάθει τα μυστικά της τέχνης και του έδωσε το λόγο του ότι, αυτά δεν θα τα έκανε ποτέ γνωστά.

¹⁵ Ο Στέφανος της Αλεξάνδρειας ήταν οικουμενικός φιλόσοφος, ιατρός και χυμευτής στα τέλη του 6^{ου} και των αρχών του 7^{ου} μ.Χ. αιώνα, τον οποίον ο Φαμπρίκιος τον ταύτιζε με τον Στέφανο τον Αθηναίο (Bibliotheca Graeca, βιβλία VI και VII, σ. 691). Ο αυτοκράτορας Ηράκλειος τον είχε προσκαλέσει από την Αλεξάνδρεια στην Κωνσταντινούπολη για να οργανώσει το Πανδιδασκτήριο. Συμπληρωματικά θεωρείται ότι ήταν ένας από τους επτά συλλέκτες των έργων του Γαληνού, τα οποία διαίρεσε σε 16 βιβλία και με τη μορφή αυτή έχουν διασωθεί (Leclercq, Historire de la medicine arabe, vol. I, σ. 55). Ο Στέφανος αναφέρεται κι από το Κιτάμπ-αλ-Φίριστ, όπως και στις αλληγορίες των σοφών (Allegoriae Sapientum, Bibliotheca Chimica, v. I) στις σελίδες 472,478. Ο Στέφανος ήταν ενήμερος των πυθαγορείων και πλατωνικών σχολών και στις εννέα Πράξεις (διδασκαλίες) που σώζονται αναφέρονται οι μεγάλοι της τιμίας κι ιερής τέχνης της Χυμείας, Ερμής, Ορφείας, Χύμης, Δημόκριτος, Οσπάνης, Κλεοπάτρα, Κομάριος κ.ά.

Απόσπασμα από την *Περί χρυσοποιΐας Πραξις σὺν Θεῷ πρώτη* του Στεφάνου του Αλεξανδρέως.

...τοῖς θεωρητικὴν πράξιν κεκοσμημένοις, καὶ πρακτικὴν θεωρίαν ἐνιδρυμένοις· ποίας ταύτης, φράσσον, τοιοῦτον ἡμῖν προμηνύων ἔσεσθαι τὸ δῶρον. ποίας, λέγω καὶ οὐκ ἀποκρύψω. ὁμολογῶ τῆς ἄνωθεν φωτοδοσίας τὴν χάριν, ἢ παρὰ τοῦ πατρὸς τῶν φώτων ἡμῖν δεδώρηται. ἀκούσατε ὡς ἰσαγγελοὶ νόες. ἀπόθεσθε τὴν ὑλώδη θεωρίαν, ὅπως τοῖς νοεροῖς ὑμῶν ὀφθαλμοῖς ἰδεῖν ἀξιωθῆτε τὸ ἀποκεκρυμμένον μυστήριον· ἐνὸς γὰρ τοῦ φυσικοῦ χρεῖα καὶ μιᾶς φύσεως νικώσης τὸ πᾶν. ποίας ταύτης, ἤδη ὑμῖν σαφῶς λελέχθαι, ὅτι ἡ φύσις τὴν φύσιν τέρπει καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν κρατεῖ, καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν νικᾷ. τέρπεται μὲν ὑπὸ τῆς ἰδίας οὔσης φύσεως, κρατεῖται δὲ τὴν ἐξ αὐτῆς ἔχουσα **συγγένειαν**, νικᾷ δὲ ὑπὲρ φύσιν τὴν φύσιν ὅταν τὴν ἑνσωμον τῆς οἰκονομίας ἀποπληρώσῃ μυσταγωγίαν. ὅταν ἄφθαρτον ἀποθανατώσῃ τὸ σῶμα, ὅταν τὴν πνευματωθεῖσαν μεταποιήσῃ συμπλήρωσιν, τότε ὑπὲρ φύσιν ἔσται θαυμαζόμενον ὡς πνεῦμα, τότε κρατεῖ τὸ κινούμενον σῶμα, τότε τέρπει ὡς ἴδιον οἰκητήριον, τότε νικᾷ ἄσωμάτως κατεμβατεύον ὅλον ἐξ ὅλου τοῦτο γινόμενον ὑπὲρ φύσιν θαυμαζόμενον.

Ο Χαλίντ έγινε ένας από του σπουδαίους Άραβες αλχημιστές, εκφραζόμενος με έναν ποιητικό λόγο στα γραφτά του. Δεν σώζεται κανένα έργο του μόνον οι τίτλοι, οι περισσότεροι των οποίων είναι δημοσιευμένοι στο *Theatrum chemicum* και στη *Bibliotheca chemica*. Ο *ibn al-Nadim* ένας βιογράφος του δεύτερου μισού του δεκάτου αιώνα και ο μόνος που ενδιαφέρθηκε για την αλχημεία, μας λέει ότι, είχε δει έργα του Χαλίντ (*Khalid*), όπως: «*Το Βιβλίο των φυλακτών*», «*Το μεγάλο και το μικρό αρχαίο έγγραφο*», «*Το βιβλίο της διαθήκης επί της τέχνης*» και το πιο διάσημο «*Ο Παράδεισος της Σοφίας*», το οποίο σύμφωνα με τον άλλον Μουσουλμάνο βιογράφο *Hajji Khalfa* (1599-1658) περιέχει 2315 στίχους. Μία βιογραφία του Χαλίντ γράφτηκε από το Γερμανό φιλόλογο *Julius Ruska*, ο οποίος ασχολήθηκε επισταμένα με την αραβική αλχημεία. [*Julius Ruska*, «*Tabula Smaragdina*», Χαΐλδεμβέργη 1929]



Ο Γιαμπέρ σε αραβικό χειρόγραφο.

Ο Χαλίντ θεωρείται όμως διδάσκαλος του μεγαλύτερου σε φήμη Άραβα αλχημιστή του μιάμη Τζαφάρ αλ Σαντίκ [*Ja'far al-Sadiq*, 699/700 – 765 κατά *Henry M. Leicester*, (44)], του μυθικού για τους λατίνους *Geber* ή Γιαμπέρ (*Djaber*, *Jabir ibn Haiyan*), κατά μερικούς απόγονο του Αλή, γαμπρού του Μωάμεθ. Ο *Jabir* αποκλείεται να ήταν μαθητής του Χαλίντ,

γιατί αν δεχτούμε τη χρονολογία αυτή γέννησής του θα ήταν μόλις 2 ή 3 χρόνων. Αν δεχτούμε ως χρόνο γέννησής του, αυτή που αναγράφουν οι περισσότερες βιογραφίες, δηλαδή 721 – 776 ή 803 ή 815, τότε αποκλείεται εμφανώς ο Χαλίντ να ήταν δάσκαλος του Jabir. Το πιθανότερο είναι, να επηρεάστηκε Jabir από τα ποιητικά έπη του Χαλίντ. Το γεγονός όμως είναι ένα, ότι, δεν γνωρίζουμε τίποτα για τη ζωή του Jabir, αλλά είναι ο πολυγραφέστατος συγγραφέας, του οποίου η υπογραφή φέρουν τρεις χιλιάδες βιβλία, 2982 για την ακρίβεια και φέρει τον τίτλο του *Μεγάλου Διδασκάλου*. Φυσικά η πατρότητα των βιβλίων αυτών περιορίζεται μόλις σε πέντε με έξι. Οι τίτλοι είναι:

- «*Βιβλίον των εκατόν δώδεκα*», υπομνήματα σε αρχαίους Έλληνες συγγραφείς.
- «*Βιβλίον των εβδομήκοντα*», ερμηνευτικά σχόλια σε «*βιβλία αρχαίων*» Ελλήνων με αναφορές σε κάποια ονόματα Αιγυπτίων, Αιθίοπων και Ινδών.
- «*Βιβλίον της βασιλείας*», μερικές αφιερώσεις στο Βαρμακίδη (Barmecides) το γραφικό χαλίφη των χιλίων και μιας νυκτών και βασισμένο στο Πίνακα της Εμεράλδας του Ερμή (89).
- «*Μικρό βιβλίον της Επιείκειας*», το βιβλίο, που βρέθηκε κάτω από το μαξιλάρι του, όταν πέθανε το 815 στην Τούσσα (Tus, επί χαλιφείας Αλ-Μαμούν, 89)
- «*Βιβλίο των ζυγών*» με 24 κεφάλαια να έχουν διασωθεί από τα 37 (83) και
- «*Βιβλίον του Ελέους*», μια συστηματική πραγματεία της αλχυμείας μικρής έκτασης, τριάντα περίπου σελίδων με εβδομήντα πέντε παραγράφους.

Το μυστήριο της ζωής του Jabir κρύβεται επιμελημένα και μπερδεύεται από τις διάφορες εικασίες βιογράφων και μελετητών, επειδή εμφανίζονται πολλοί να υπογράφουν με αυτό το όνομα. Παρ' όλα αυτά ο Jabir ήταν ένα υπαρκτό πρόσωπο κύρους, πιθανόν εθνικός ή μονοφυσίτης ή Σαββαίος, σίγουρα όμως «ορθολογιστής», απέκρυπτε επιμελημένα τα γεγονότα της ζωής του και περιορίστηκε στην επαγγελματική του δράση για να μπορεί να προστατεύεται από τις δυναμικές ανακατατάξεις της εποχής του. Ο Λέων ο Αφρικανός αναφέρεται για το Jabir, ότι, ήταν ένας Έλληνας χριστιανός, που εξισλαμίστηκε, γεννημένος στη Τούσσα (Tus) και διαμείναντα στην Κούφα (Koufa), μια άποψη που είναι παραλλαγμένη με αυτήν, κατά την οποία αποδίδουν για τον Jabir στους Σαββαίους. Άλλοι χρονικογράφοι υποστηρίζουν ότι, γεννήθηκε στη Harran και έγινε στη συνέχεια Σαββαίος. Δεν είναι και λίγοι που θέτουν την ανυπαρξία του προσώπου του, όπως ο al Nadim, ο βιογράφος του 10ου αιώνα, που επισημαίνει στο περίφημο «*Βιβλίο κατάλογό*» το *Kitab al Fihrist* ότι: «*μια ομάδα μελετητών και σπουδαίων εκδοτών βεβαίωσαν ότι αυτός ο άνθρωπος, δηλαδή ο Jabir, δεν υπήρξε ποτέ στην πραγματικότητα. Άλλοι διατυπώνουν την άποψη ότι, και αν υπήρξε δεν έγραψε παρά μόνο το Βιβλίο του Ελέους· όσο για τα υπόλοιπα βιβλία, γράφτηκαν από άλλους και αποδόθηκαν σ' εκείνον*». Υπάρχει και μια άλλη μαρτυρία του φιλόσοφου Abu Suleiman Mohament ibn Tachire, που πέθανε λίγο πριν το 1000 μ.Χ. και που λέει: «*...ο al Hasan ibn al-Nakad de Mosule ήταν φίλος μου· είναι αυτός που έγραψε τα βιβλία, βάζοντας το όνομα του Jabir και τα διέθετε στους οπαδούς της αλχυμείας, κερδίζοντας πάρα πολλά χρήματα*». [44, 83, 40]

Τα πολυάριθμα έργα με την υπογραφή Jabir, χρησιμοποιούν την υπογραφή του μεγάλου ασκητή αλχυμιστή και ανάγονται είτε σε ανθρώπους που θέλανε να πουλήσουν βιβλία και πρακτικές, είτε σε συλλογικό ψευδώνυμο κάποιων σχολών. Από τα λόγια του «*Βιβλίου του Ελέους*» θα πρέπει ο Jabir να μην έχει καμιά σχέση με τον μιάμη Τζαφάρ αλ Σαντίκ (Ja'far al-Sadiq). Η διδασκαλία του Jabir έχει βαθύτατα αριστοτελικές ρίζες περί των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων και των τεσσάρων ιδιοτήτων τους, τεκμηριώνει τη θεωρία της *αφής* και συγκεκριμένα της *βαφής* των μετάλλων, με την οποία τα άρωστα, ατελή μέταλλα (η νόσος ή *ίωσις των μετάλλων*), ή αλλιώς τα *αγενή* γίνονται ευγενή και το φάρμακο είναι το *ελιζήριο* ή πιο σωστά *ελιζήριο* (Λεξικό Σταματάκου), η γνωστή *φιλοσοφική λίθος* (αραβικά

el-iksir, προερχόμενο το ελιξήριο από την ελληνική λέξη *ξηρίον*, που σημαίνει φάρμακο, χρωστική ουσία διαλυμένη σε οινόπνευμα, αυτό που ονομάζουμε σήμερα βάμμα), και τυλίγει τον ηθικό του λόγο με διδάγματα του Απολλώνιου του Τυανέα (φιλοσόφου που ζούσε στο ναό του Ασκληπιού στις Αίγες κατά το 50 μ.Χ., με απόψεις αναμεμιγμένες του Πυθαγόρα, Πλάτωνα). Η φιλοσοφική λίθος, το *ξηρίον*, ήταν στη συνείδηση των αλχημιστών μία σκόνη με έξοχες βαφικές ιδιότητες, όπως απέρρεαν οι αντίστοιχες της βαφής των υφασμάτων και των σμάλτων ή γυαλωδών ουσιών. Ήταν ένα διαπεραστικό φάρμακο με ιδιαίτερες εσωτερικές δυνάμεις, που βάπτει αρχικά λευκά τα ατελή μέταλλα και μετά τα ξανθαίνει. Συγγενείς αντιλήψεις με αυτές που υποστήριζε μια δυο γενιές πριν ο Πελάγιο: «*Ουκούν και η βαφική τέχνη ένεκεν τούτου επενοήθη, ίνα βαφήν τινα και ποιότητα ποιήσει, ο και τέλος της τέχνης εστί*», (82).



Jabir

Ο Jabir εμφανίζει έναν πρωτότυπο τρόπο γραφής, με μία καθαρή αυστηρή αριστοτελίζουσα λογική, φροντίζοντας να διασαφηνίζει τη θεωρητική του σκέψη, χωρίς αινιγματικό λόγο, χρησιμοποιώντας καλοδιαλεγμένα παραδείγματα, στηριζόμενος στην εξέχουσα σημασία, που αποδίδεται στην εμπειρία, για την τεκμηρίωση των οποιοδήποτε θέσεων. Ο τίτλος του «*Βιβλίου του Ελέους*», ερμηνεύεται από τον ίδιο, γιατί προκύπτει από τη συμπάθεια που δείχνουν σ' αυτόν όλοι όσοι επιδίδονται στην παρασκευή του αργύρου (λεύκωσις) και του χρυσού (ξάνθωσις, Χρυσοποιΐα) και προσπαθεί να τους βγάλει από τις διάφορες πλάνες τους. Τους διακρίνει σε δύο κατηγορίες, σε απατεώνες και σε απατημένους. Απαριθμεί μια σειρά από λογικές αρχές και τους συνιστά να προσέχουν τις απόψεις των φιλοσόφων, γιατρών κι αστρονόμων. Διακρίνει δύο φύσεις σε κάθε ον, η μία εκ των οποίων, η επιβλαβής, με το καταλληλότερο φάρμακο, ξηρίον, ελιξήριον, μπορεί να περιοριστεί. Οι φύσεις προσομοιάζουν με το σημερινό μακρόκοσμο και μικρόκοσμο. Το ζεύγος ψυχή ή πνεύμα – σώμα ή άνθρωπος αντιστοιχούσε στα τέσσερα στοιχεία (αέρας, φωτιά, γη και ύδωρ) και στις τέσσερις ιδιότητες που έχουν αυτά, δηλαδή το ξηρό, θερμό, υγρό, ψυχρό. Ο Jabir πίστευε ότι, οι φύσεις των ουσιών ήταν συνδεδεμένες μαζί τους, κάποια ήταν η επικρατούσα και οι διαδοχικές αποστάξεις μπορούσαν να αποσυνδέσουν τη μη επιθυμητή φύση. Η διαδικασία

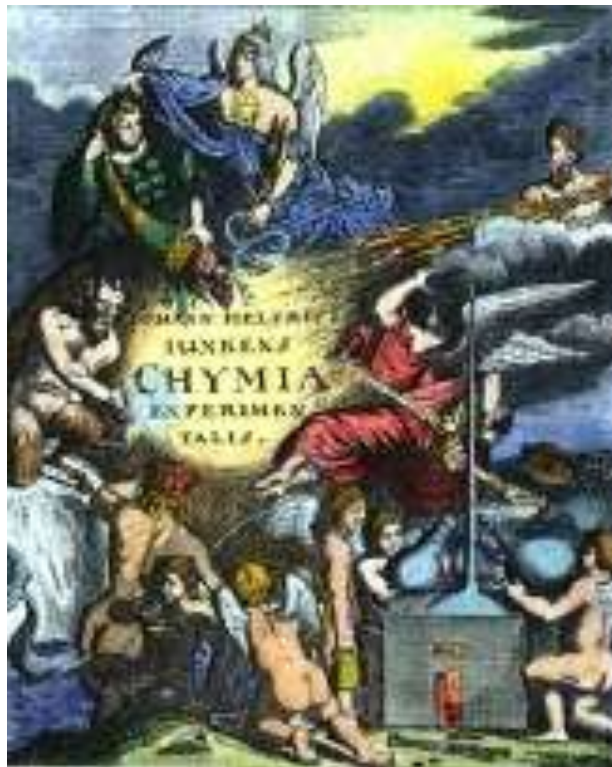
της μετατροπής των μετάλλων ιεραρχείται, γίνεται τμηματικά, διέρχεται από διάφορες βαθμίδες και εδώ είναι το καταπληκτικό για το Jabir, ότι, χρησιμοποιεί τα μαθηματικά, τις αριθμητικές αναλογίες δοσολογίας του ελιξηρίου για να αποκτήσουν τα μέταλλα την αρχική τους φύση, θεραπεύοντας την ασθένεια από την οποία διακατέχονται. Εισάγει κάποια χημικά ισοδύναμα (chemical equivalents) γι' αυτές τις μετουσιώσεις. Ο αριθμός αποστάξεων, διαλύσεων, τήξεων ήταν πάντοτε διαφορετικός αναλόγως του εκάστοτε μίγματος (αναλογία μετάλλων και ελιξηρίου), που θα χρησιμοποιούσε κανείς για μια μετατροπή προς την τελείωσιν των μετάλλων. Ως νεοπυθαγόρειος έδινε και ανάλογους τίτλους στα βιβλία του. Το «Βιβλίο των εκατόν δώδεκα», προκύπτει από τομ πολλαπλασιασμό 4x4x7, ή 4x28 (28 ήταν τότε τα αραβικά γράμματα), δηλαδή 4 τα αίτια ή οι αριστοτελικές αρχές, 4 οι φύσεις και 7 τα μέταλλα. Η «Αρχή της Ισορροπίας», που ακολουθούσε ο Γιαμπίρ, ήταν μια παραλλαγή της πυθαγόρειας άποψης, ότι ο αριθμός είναι ο βασικός παράγοντας στο σύμπαν. Η χρήση του αριθμού από το Γιαμπίρ ήταν ακόμη πιο συχνή και ακραία, από αυτήν που είχαν υιοθετήσει οι Πυθαγόρειοι και είχε ελάχιστη σχέση στην αλχυμιστική πρακτική με αυτό το οποίον ονομάζουμε ποσοτική ανάλυση. Είχε σχέση με αυτό που ονομάζουμε αναλογία και επανάληψη των διεργασιών.

Σελίδα από αραβικό έργο του Jabir.

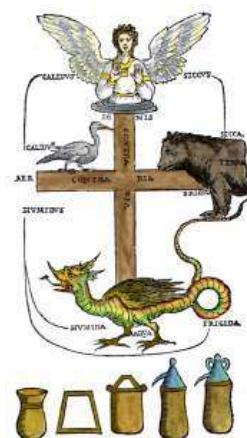
Έδωσε κάποιες αναλογίες μεταξύ του ελιξηρίου και των ορυκτών μετάλλων και με βάση αυτές, προσπάθησε να παράγει τη σκόνη του ελιξηρίου, τη φιλοσοφική λίθο. Η αναλογία ελιξηρίου και μετάλλων είχε ως εξής: «Πάρε 10 μέρη χαρσίι, 10 μέρη σίδηρο, 1/2 μέρος χρυσού, 4 μέρη χαρσίι (σιδηρονικέλιο, ο λευκός χάλυβας, *khar sini*, μπακτόνγκ), 2 μέρη ψευδαργύρου, 3 μέρη μολύβδου, 1 μέρος αργύρου, ανάμειξέ τα και θα αποκτήσεις μια ουσία,

που η σύστασή της αντιστοιχεί στη σύσταση του ελιξηρίου». Ο Γιαμπέρ εκτός από τη βαφή μετάλλων, περιέγραψε βαφές υφασμάτων, βαφές δερμάτων, παρασκευή ατσαλιού, προστατευτικές βαφές σιδήρου κτλ. [81]

Εκτός από τα έργα του Γιαμπέρ που σώθηκαν στην αραβική γλώσσα, δημοσιευμένα από τον M. Berthelot, διασώθηκαν και πέντε έργα στα λατινικά επιγράφοντας ως Geber, λατινική εκδοχή του ονόματός του. Τα έργα αυτά άσκησαν μεγάλη επίδραση στους μεγάλους αλχημιστές της Δυτικής Ευρώπης, όπως ο Albertus Magnus (1193 – 1280), Roger Bacon (1214 – 1292), Arnold Villanova (Valencia 1235 - 1311), Ramon Lully (περίπου 1232 – 1315), Petrus Bonus (1330 το *Pretiosa Margarita Novella*) και όλοι οι μετέπειτα αλχημιστές. Αραβικά πρωτότυπα των λατινικών αυτών έργων δεν βράθηκαν, οπότε τέθηκε ένα ερώτημα, αν αυτά ήταν λατινικές μεταφράσεις από τα αραβικά, οπότε αποδεικνύονταν η πατρότητα του Jabir ή ήταν ψευδεπίγραφα κάποιου που ήθελε να δώσει κύρος στα έργα του ή χρησιμοποιούσε ψευδώνυμο για τους ευνόητους λόγους των διώξεων από την εκκλησία. Επισταμένα με την πατρότητα των κειμένων, με συγκρίσεις αραβικών, συριακών και λατινικών κειμένων, οι Berthelot, Kopp και ο αραβομαθής G. Weil αποφάνθηκαν ότι καμιά σχέση δεν έχουν με την αραβική αλχημεία, αλλά κατοπτρίζουν το επίπεδο και πρόοδο της αλχημιστικής τέχνης του 13ου και 14ου αιώνα. [89, 1]

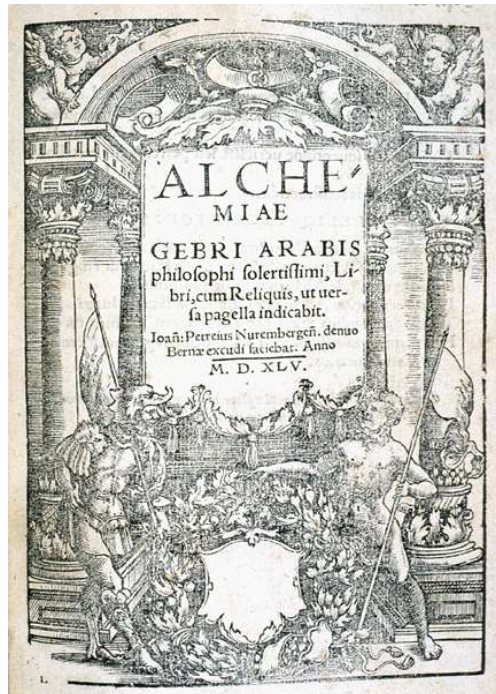


Πρώτη μνεία των έργων του Geber έχουμε από τον Petrus Bonus στο έργο του «*Pretiosa Margarita Novella*» (Νέο Πολύτιμο Μαργαριτάρι), που αποτελούσε τη Βίβλο των Αλχημιστών.



«Pretiosa Margarita Novella»,
Petrus Bonus 1335.

Η ταυτοπροσωπία του Geber με τον Jabir επήλθε, γιατί στα έργα του αυτό ο ψευδώνυμος Geber υπέγραφε ως Geber arabis ή Geber regis persatum. Τα έργα του Geber είναι: «*Summa perjectionis magisterii*» (Περί τελειοποίησης θαυμασίων ουσιών), «*Investigatione perfectionis*» (Ερευνες για την τελειοποίηση), «*Investione veritatis*» (Ανακαλύψεις αληθειών), «*Liber formacum*» (Βιβλίο περί καμίνων) και «*Testamentum*» (Διαθήκη). Στο «*Investigatione perfectionis*» αναφέρονται φάρμακα (ξηρία, ελιξήρια) που βάφουν τα κοινά μέταλλα αργυρόχρωα και χρυσόχρωα. Υποστηρίζεται, ότι, υπάρχει φάρμακο, που βάφει κάθε μέταλλο σε χρυσό και το καθιστά τελειότερο από αυτό του χρυσού. Και σε άλλο σημείο ο Geber γράφει για τις δυνατότητες της αλχυμείας να εξαλείφει οποιεσδήποτε ατέλειες των μετάλλων: «Φέρτε μου τα λεπρά τέκνα μου, για να τα θεραπεύσω». [1]



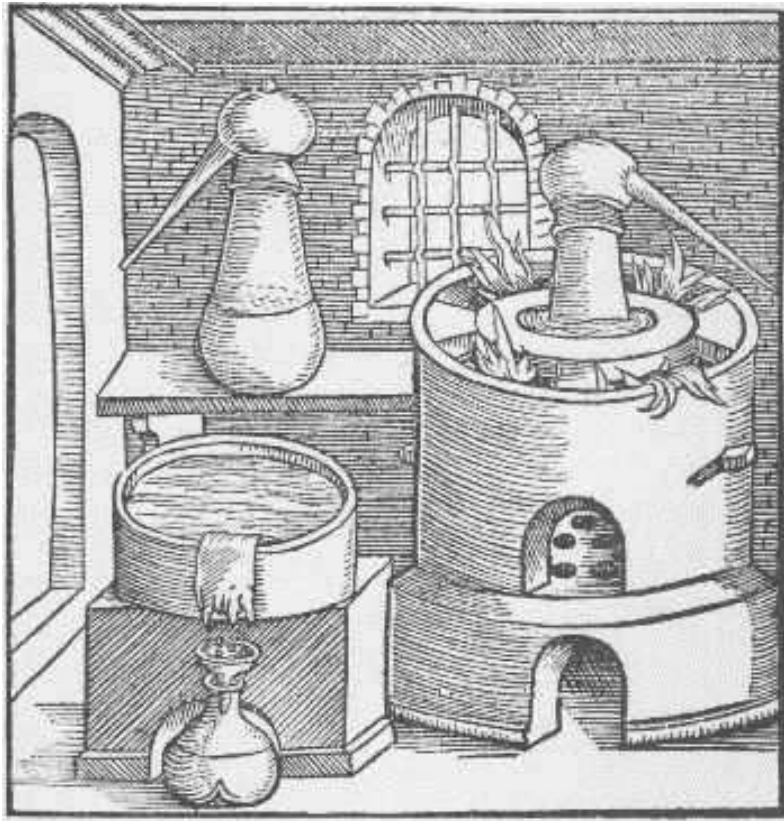
Αυτός ο λατίνος Geber θεωρείται ότι ανακάλυψε το θεικό οξύ (βιτριόλι) και το νιτρικό, γι' αυτό σήμερα αποκαλείται ο πατέρας των ισχυρών οξέων. Στο «*Investigatione perfectionis*», αναγράφεται μία τέτοια παρασκευή ισχυρού οξέος. «Ίσα μέρη βιτριολίου Κύπρου (θεικός σίδηρος) και νίτρου αναμίξτε με 1/3 στυπτηρία. Για τη λήψη του υπάρχοντος σε αυτές τις ουσίες ύδατος (δηλαδή οξέος), πυρώσατε ισχυρά το όλον μίγμα μέσα σε αποστακτικό κέρας

(σωλήνα). Το ύδωρ, που θα πάρετε, μπορείτε να το χρησιμοποιήσετε, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό καθίσταται δριμύτερο με την προσθήκη ενός τετάρτου sal ammoniac (χλωριούχου αμμωνίου, το νησαντίρι). Το ύδωρ τούτο διαλύει όχι μόνο το θείο και το άργυρον, αλλά και το χρυσόν». Νεότερα δεδομένα αμφισβητούν την πατρότητα αυτή, γιατί το νίτρο οξύ, δηλαδή το νιτρικό οξύ φαίνεται να ήταν γνωστό στους χυμειτές των αλεξανδρινών χρόνων. [1]



Προμετωπίδα από του Geber την έκδοση του βιβλίου, *Summa perfectionis Magisteri*, Danzig, 1682.

Μαθητής του Άραβα Γιαμπίρ ήταν ο διάσημος επίσης Άραβας γιατρός και αλχημιστής Αλ Ραζή (Abu Bakr Muhammad ibn Zakariya al-Razi, 825/60 – 923/4/5), Rhazes στα λατινικά με πλούσιο συγγραφικό έργο. Γεννήθηκε στη Ray πόλη κοντά στη σημερινή Τεχεράνη. Συνδύασε τη θεωρία του Γαληνού με την σοφία του Ιπποκράτη. Το πιο διάσημο έργο του είναι το «Βιβλίο του μυστικού των μυστικών» (Κιτάπ Σιρ αλ Ασράρ, Kitab Sirr al Asrar). Το βιβλίο διαιρείται σε τρία τμήματα, το οποίο συστηματικά ασχολείται με ουσίες, συσκευές και μεθόδους και περιλαμβάνει πληθώρα τεχνικών συνταγών. Στις ουσίες διακρίνουμε τα πτητικά πνεύματα, τα μέταλλα και τους λίθους. Ανάμεσα σε αυτές υπάρχει ο βόρακας και διάφορα άλατα. Από πάπυρο του Leyden διαβάζουμε μία συνταγή, χωρίς να υπάρχουν σε αυτήν αινιγματικές φράσεις, γρίφοι και τα σχετικά. «Πάρε δύο μέρη ασβέστη άσβεστο και ένα μέρος κίτρινο θειάφι και ανακάτεψέ τα με τέσσερις φορές καθαρό νερό μέχρι να γίνει κόκκινο. Διήθησέ το και επανέλαβε τη διαδικασία μέχρι να γίνει ερυθρό. Τότε συνέλεξε όλα τα νερά, θέρμανέ τα ώστε να μειωθούν στο μισό και χησιμοποιήσέ το. Και ο Αλάχ γνωρίζει (ενοείται το καλύτερο)». [44]



Αποστακτική συσκευή σε βιβλίο του Geber.



al-Razi, 825/60 – 923/4/5

Η προηγούμενη συνταγή είναι ίδια με την ελληνική του Ζώσιμου, μόνο διακρίνεται για τον περιεκτικό της λόγο. Τόσο τα γραπτά του Γιαμπίρ όσο και αυτά του Αλ Ραζή είναι απαλλαγμένα από αλληγορικούς λόγους, αινίγματα, θεολογικές προτροπές και μυστικισμό. Στα αραβικά κείμενα συναντάς το *Σμαράγδινο Πίνακα* του Ερμή με τις εντολές του, για τις οποίες ισχυρίζεται ότι είναι επιβεβαιωμένες και αληθινές. Όμως τα μυστήρια που συνδέονται με τη μεταλλουργία και τη μετατροπή των ουσιών με το χειρισμό της φωτιάς, είναι περιορισμένα και δεν ακολουθούν τους μύθους τους οποίους στολίζουν τα αλχημιστικά κείμενά τους οι Δυτικοί Ευρωπαίοι.

Από την Ισπανία διαδόθηκε η αλχυμιστική τέχνη. Οι πρώτοι Δυτικοί Αλχυμιστές καλύπτονται από μία γκρίζα περιοχή, μια περιοχή ανωνυμίας, με κείμενα άγνωστης πατρότητας και ασαφούς χρονολόγησης, προερχόμενα από αραβικά πρωτότυπα. Ένα τέτοιο έργο είναι το *Aluminibus et Salibus* (Περί στυπτηριών και αλάτων). Άλλο είναι η *Turba Philosophorum* (Συνέλευση Φιλοσόφων), έργο για το οποίο ήδη έχει γίνει αναφορά, έργο που σηματοδοτεί το φιλοσοφικό στίγμα της αλχυμείας του 13ου αιώνα, την πρώιμη Αναγέννηση. Μία πληθώρα επωνύμων έργων ακολουθεί και οι αριστοτελίζουσες απόψεις των αλχυμιστών επεξεργάζονται, οι πειραματικές τους διαδικασίες εμπλουτίζονται, νέες ουσίες ανακαλύπτονται και στο θεωρητικό τομέα παρατηρείται μία συστηματοποίηση.

Όπως αποδεικνύεται σήμερα η χημεία είχε μία συνεχή λειτουργία από την κλασική ελληνική αρχαιότητα, που γέννησε και τις άλλες επιστήμες (ιστορία, φιλοσοφία, γεωγραφία, ιατρική, φαρμακευτική, μαθηματικά, γεωμετρία, αστρονομία, μηχανική κλπ.). Αδιαλείπτως η χυμειτική τέχνη, δημιουργός των νομισμάτων της Αυτοκρατορίας, αναγκαζόνταν οι εθνικοί εκπρόσωποί της να μετακινούνται, λόγω διωγμού που επέβαλε αρχικά στη χυμειτική τέχνη η ρωμαϊοκρατία και το ιδεολογικό της εποικοδόμημα ο φανατικός χριστιανισμός, προσφεύγοντας σε ασφαλέστερους τόπους της ανατολής.

Ο Σμαράγδινος Πίνακας του Τρισμέγιστου Ερμή

- (Θα σας αποκαλύψω), το αληθινό, το βέβαιο και το αδιάψευστο.
- Αυτό που είναι κάτω ομοιάζει με αυτό που είναι πάνω, και αυτό που είναι πάνω ομοιάζει με αυτό που είναι κάτω, για να επιτελεστεί το θαύμα του Ενός και Μοναδικού Όντος (Πράγματος).
- Και όπως όλα έγιναν από το Μοναδικό Λόγο ενός Μοναδικού Όντος, έτσι όλα γεννήθηκαν από το Ένα και Μοναδικό Όν.
- Πατέρας του είναι ο Ήλιος, Μητέρα του είναι η Σελήνη. Ο Άνεμος το έφερε στην κοιλιά του και τροφός του υπήρξε η Γη.
- Είναι η αιτία της Τελειότητας και του κόσμου.
- Η δύναμή του γίνεται μεγάλη, όταν επιστρέφει στη Γη.
- Χώρισε τη Γη από το πυρ, το αραιό από το πυκνό, με σύνεση και κρίση.
- Ανέβα με φρόνηση από τη Γη στον Ουρανό και κατέβα πάλι κάτω για να ενώσεις τις ικανότητες που έχουν τα ανώτερα πράγματα καθώς και τα κατώτερα. Έτσι θα αποκτήσεις τη δόξα του κόσμου και το σκότος θα πεταχθεί εντελώς από σένα.
- Έχει δύναμη περισσότερη και από την ίδια τη δύναμη, γιατί κατακτά το αραιό και διεισδύει το στερεό.
- Έτσι είναι το πώς έγιναν όλα τα πράγματα.
- Από εδώ είναι που προέρχονται όλα τα θαύματα τα οποία αναφέρονται εδώ.
- Για αυτό με αποκάλεσαν και Τρισμέγιστο Ερμή, γιατί έφτασα στα τρία μέρη της Οικουμενικής Σοφίας.
- Όσα είχα να πω πάνω για τη λειτουργία του Ήλιου είναι πλήρη.

Ο Σμαράγδινος Πίνακας είναι γραμμένος στα λατινικά και διαπραγματεύεται το Μεγάλο Έργο, δηλαδή τον τρόπο και παρασκευή της Φιλοσοφικής Λίθου. Αυτή επιτρέπει τη μετατροπή του Μολύβδου, που παριστάνει την ανθρώπινη Προσωπικότητα σε Χρυσό του Πνεύματος. Οι αγνοούντες μορφωμένοι των καιρών μας κινούμενοι από την απληστία και τη δίψα για δύναμη, συγκεντρώνουν την προσοχή τους στο «μετατροπή του μολύβδου σε χρυσό», στη χρυσοποιία. Ουσιαστικά είναι κείμενο μύησης των οπαδών του Ερμή του Τρισμέγιστου. Ο Μέγας Αλβέρτος μαρτυρεί ότι ανακαλύφθηκε από τον Μέγα Αλέξανδρο.

Ο σμαράγδινος πίνακας

TABULA SMARAGDINA HERMETIS

DICTIONNAIRE MYTHO-HERMÉTIQUE.

DANS LEQUEL ON TROUVE

LES ALLÉGORIES FABULEUSES DES
POETES , LES MÉTAPHORES , LES
ÉNIGMES ET LES TERMES BARBARES
DES PHILOSOPHES HERMÉTIQUES
EXPLIQUÉS.

*Par Dom ANTOINE-JOSEPH PERNETY, Religieux
Bénédictin de la Congrégation de Saint-Maur.*

*Sapienter animadvertet parabolam & interpretationem, verba sapientum,
& aigmata eorum. Prov. 1. 4. 6.*



A PARIS, Quai des Augustins.

Chez BAUCHE, Libraire, à Sainte Genevieve & à
S. Jean dans le Désert.

M. DCC. LVIII.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

Dom Antoine-Joseph Pernety

(1758)

LES CLEFS DE LA PHILOSOPHIE SPAGYRIQUE

Auteur : M. LEBRETON

Edition : 1722.

Copiste : Marc-Gérald CIBARD



Γιατί αλχυμεία και όχι αλχημεία;

Η *χυμευτική τέχνη* μετατράπηκε στα αραβικά σε *αλχυμ(ε)ία* ή *αλχημεία*. Το *αλ* είναι το αραβικό άρθρο *η* και τη λέξη *χυμία*, προερχόμενη από την ελληνική λέξη *χύμα*, το χρυσοφόρο χύμα των μετάλλων, που όπως έχουμε προαναφέρει είναι η ύστατη προσπάθεια της Χρυσοποΐας (ψευτο-Δημόκριτος Βώλος). Το χύμα προέρχεται από το ομηρικό ρήμα *χέω*, από το οποίο προκύπτει το *χεύμα*, το «περίχευμα κασσιτέροιο» (Ιλιάδα Ψ 561, 563). Το γράμμα *ήτα* στο σημερινό όρο της χημείας, καθιερώθηκε κάπως αυθαίρετα και βιαστικά, χωρίς κάποια επισταμένη μελέτη. Άλλες ελληνικές λέξεις, «*χοϊκός*» που σημαίνει γήινος, «*χοή*» δηλαδή «*η χύσις*», το χύσιμο, «*χοεύς*» ένα μέτρο ρευστών, «*χους-χοός*» χώμα, σκόνη, κονιορτός, σποδή, τέφρα. Το αραβικό άρθρο *αλ* είναι μεν υπαρκτό, αλλά πιθανόν η *αλχυμεία* να είναι σύνθετη λέξη, όπως υποστηρίζει ο Θανάσης μαργαρίτης στο «*Τα Μυστήρια της Αλχημείας*» (Αθήνα 1996), να προέρχεται από το επίρρημα *αλά*, δηλαδή προς τη θάλασσα (είναι ένας άλλος τύπος του *άλαδε*) και από το ρήμα *χόω*. Το *αλ* είναι το γνωστό μας αλάτι (χλωριούχο νάτριο), πρόσθετες ύλες στη κατεργασία για τη μεταμόρφωση των μετάλλων στους *κηροτακίδες*.

Άλλη εκδοχή για την προέλευση του όρου «*χημεία*» προέρχεται από την αιγυπτιακή λέξη *χεμ* ή *χεμί* ή γη του «*χαμ*» (Cham) κατά τους Εβραίους (ψαλμοί του Δαβίδ ρε') ή «*χμι*» (αποδόσεις στα γαλλικά) που σημαίνει μαύρη γη ή μέλας της Αιγύπτου. Χαμ είναι η *μαύρη* λάσπη που κατεβάζουν τα νερά του Νείλου και καθιστούν τη γη στις όχθες του πιο εύφορη. Ποιος το υποστήριξε αυτό; Κάποιος Αλέξανδρος Ουλβόνδος, εντυπωσιασμένος από την τρίγλωσση επιγραφή που βρέθηκε στην πόλη Raschid (Ροζέτας) στα 1789 από τον Champollion κι από την οποία έγινε δυνατή η μετάφραση των ιερογλυφικών συμπεριλαμβανομένης και της προαναφερθείσας λέξης. (Ως γνωστόν τα ιερογλυφικά της στήλης ήταν μεταφρασμένα στα αρχαία ελληνικά και από εκεί έγινε η μεταφορά τους στα γαλλικά).

Μια άλλη εκδοχή της προέλευσης του όρου «*χημεία*», είναι αυτή που πρωτοανιχνεύθηκε σε αποσπάσματα έργων του Ζώσιμου του Θηβαίου ή Πανοπολίτη (3ος με 4ος αιώνας μ.Χ.) «*Χημευτικά*» και «*Χημεύ*». Αν και αυτή η εκδοχή εγείρει αμφιβολίες για την εγκυρότητά της, γιατί προέρχεται από το λεξικό Σουΐδα, και πολλοί υποστηρίζουν ότι είναι «διορθωμένο», δηλαδή η παλιότερη έκδοση έγραφε «*χυμευτικά*» και «*χυμεύ*». Κάποιος αντιγραφείας φαίνεται έβαλε το χέρι του (Σαραντόπουλος Π.) κι αυτό προκύπτει από αυτά που υπάρχουν για το Ζώσιμο στο Cambridge. Το Λεξικό Σούδα αναφέρει για τη λέξη «*χημεία*»: «είναι Αιγυπτιακή τέχνη (εννοεί Ελληνοαιγυπτιακή), με την οποία κατασκευάζονται ο άργυρος και ο χρυσός. Τα βιβλία της (γραμμένα στα Ελληνικά) έκαυσε ο (αυτοκράτορας) Διοκλητιανός (το 292 μ.Χ.)». Τον όρο *χημεία* συναντάται στον Πλούταρχο και πιθανόν, είναι και αυτή μία εκδοχή, να προέρχεται από τη φράση: «*Αρχή Μία*». Με μία λέξη προφέρεται *αρχημεία*, σύνθετης λέξης της οποίας το γράμμα «*ρ*» μετατράπηκε πιθανόν από τους Άραβες σε «*λ*», σχηματίζοντας το διάδοχο όρο «*αλχημεία*».



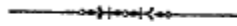
Μιχάλης Στεφανίδης (1868-1957).

Την εκδοχή της **χημείας** την υποστήριξαν μεταξύ άλλων ο χημικός Μ. Στεφανίδης, καθηγητής της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών στις αρχές του 20ου αιώνα. Υποστηρίζει ότι ο όρος προέρχεται από τις λέξεις **χύμα** (γενική του χύματος, τα εκρέοντα ρευστά) και του ρήματος «*χημέω*». Σ' αυτήν την ερμηνεία του Στεφανίδη συνηγορούσαν πολλοί έλληνες ερευνητές, όπως ο Π.Δ. Ζαχαρίας (1955), ομότιμος καθηγητής της φυσικοχημείας του ΕΜΠ, και πρόσφατα ο Ι.Μ. Τσαγκάρης καθηγητής της Ανόργανης Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Επίσης την άποψη αυτή υποστηρίζουν πολλοί ξένοι μελετητές ανάμεσά τους ο φιλόλογος Herman Diels και ο F. Strunz (1910) υφηγητής της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στο πανεπιστήμιο της Βιέννης. Ο Ι. Μ. Τσαγκάρης αναφέρει ότι σε συριακό χειρόγραφο του Ζώσιμου με τίτλο «*Επί της δυνάμεως της συστάσεως των υδάτων*», που βρίσκεται στη βιβλιοθήκη του Cambridge, υπάρχει ο όρος γραμμένος **Χυμεία** και όχι χημεία.



Ο Στεφανίδης Μιχαήλ στη Λέσβο, τρίτος από αριστερά. Καθηγητής του πανεπιστημίου Αθηνών στην έδρα της Ιστορίας των φυσικών επιστημών. Χημικός και Ακαδημαϊκός, ασχοληθείς επισταμένα με την ιστορική έρευνα της χημείας, υποστηρίζων ότι, η σωστή ορθογραφία της χημείας είναι **χυμεία**. Γι' αυτός επιγραφόταν ως **χυμικός**. Την έδρα της ιστορίας των φυσικών επιστημών της Φυσικομαθηματικής Σχολής στο Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο την κατήργησε ο Μεταξάς.

ΜΙΧΑΗΛ Κ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ



ΧΥΜΕΙΑ ΚΑΙ ΛΕΣΒΟΣ

ΤΟ ΔΗΜΑΡΧΙΚΟΝ ΧΥΜΕΙΟΝ ΜΥΤΙΑΗΝΗΣ

ΚΑΙ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΛΕΣΒΟΥ

(Ανατύπωσις ἐκ τῆς «Νέας Ἡμέρας»)

ΕΝ ΤΕΡΓΕΣΤῃ

Τύποις Αἰσθητικῆς Λογῆς.

1909.

2.6 Εισάγεται η συγγένεια από τον Albertus Magnus

Ο Albert graf von Bollstädt γεννήθηκε σε μια γερμανική παραδουνάβια πολίχνη το 1193 από μία ευκατάστατη οικογένεια. Σπούδασε Θεολογία, Ιατρική και Μαθηματικά στο Πανεπιστήμιο της Πάντοβας και έγινε Δομινικανός μοναχός. Ανέπτυξε μεγάλη διδακτική και συγγραφική δραστηριότητα, διδάσκοντας στη Φλωρεντία, Κολωνία και στο Παρίσι. Στις ομιλίες του το ακροατήριό του ήταν πολυπληθές, αφού γινόταν σε πλατείες, που έπαιρναν στη συνέχεια το όνομά του. Ως Δομινικανός μοναχός, που είχε μελετήσει επισταμένα τον Αριστοτέλη, προσπάθησε να ενώσει το εκκλησιαστικό κύρηγμα με αριστοτελικές ιδέες. Δίδαξε στο Παρίσι στα τέλη της βασιλείας του Λουδοβίκου του 8ου στη πλατεία Maubert (παραφθορά του ονόματός του) στα πλήθη χωρίς τυπικότητες, με γλώσσα απλή και εύληπτη για την αλήθεια της χημείας, της φυσικής και του ανθρώπινου σώματος. Γρήγορα έγινε ξακουστός από τα κυρήγματά του και την πολυμαθεία του, ώστε οι επιστήμονες της εποχής του τον ονόμασαν magnus, δηλαδή μεγάλο και έτσι έμεινε στην ιστορία. Όταν το 1260 επισκέφθηκε τη Ρώμη χειροτονήθηκε επίσκοπος του Renesberg.



Διακρινόταν για την πολυμαθεία του και τη σεμνότητα του χαρακτήρα του. Όμως μετά από μια τριετία, ερχόμενος σε αντίθεση με τον πάπα της Ρώμης, παραιτήθηκε και αποσύρθηκε σε κάποιο μοναστήρι κοντά στην Κολωνία, βρίσκοντας το χρόνο να επιδοθεί σε συστηματικές μελέτες και θεωρητικούς στοχασμούς. Από το μέρος αυτό σπανίως ασχολήθηκε με τα εγκόσμια. Υποστήριζε την Αυστρία, να διοργανώσει την 8η Σταυροφορία, που δεν πραγματοποιήθηκε όμως ποτέ. Πέθανε το 1280, ενώ τα τρία προηγούμενα χρόνια ήταν κατάκοιτος.

Επίσημος βιογράφος του ήταν ο Trithemius, ένας ηγούμενος μιας μονής του 15ου αιώνα και συγγραφέας μυστικοθησκευτικών έργων. Ο Trithemius είχε ενθουσιαστεί με το έργο του Albertus και τον χαρακτήρισε «μεγάλο στη Μαγεία, μεγαλύτερο στη Φιλοσοφία και μέγιστο στη Θεολογία» (Magnus in magia mayor in philosophia, maximus in theologia). Δεν έχουν περάσει μερικές δεκαετίες, που αγιοποιήθηκε από την Καθολική Εκκλησία, ενώ έχουν περάσει εξακόσια πενήντα χρόνια, που έχει αγιοποιηθεί ένας από τους πιο επιφανείς μαθητές του ο Θωμάς ο Ακινάτης. Από τα φιλοσοφικά του έργα το πιο διάσημο είναι το «*Compedium theologigae veritatis*». Προσπάθησε να εναρμονίσει τις αριστοτελικές του απόψεις με τα επικρατούντα θρησκευτικά δόγματα. Δεν γνώριζε την ελληνική γλώσσα και εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι, η θεωρία της **αφής** του Αριστοτέλη, μεταφέρθηκε ως *affinitas* στη λατινική γλώσσα, οπότε εισήγαγε την έννοια της *affinitas* στην αλχημεία, η οποία μεταφράστηκε από τους Έλληνες του Διαφωτισμού ως συγγένεια και έτσι παρέμεινε μέχρι

τις μέρες μας. Η αλήθεια είναι ότι η αριστοτελική **αφή** είχε ονομαστεί **συγγένεια** από το Ζώσιμο τον Πανοπολίτη, όταν διέκρινε τα σώματα σε αυτά που συνήθως λέμε μέταλλα και στα πνεύματα και σημείωνε ότι: «τα πνεύματα είναι οι γνωστές ουσίες εκείνες, που από την ιδιόζουσα φύση τους μένουν άορατες» και γι' αυτό καταλαβαίνουμε τους ατμούς (νεφέλες) του αρσενικού, του θείου και του υδραργύρου, οι οποίοι ασκούν δράσεις πάνω στα μέταλλα. Οι ατμοί αυτοί συνδέονται λόγω **συγγένειας** με τα μέταλλα. Η μετάφραση του affinity στα ελληνικά μάλλον επηρεάστηκε από το νεοπλατωνικό Ζώσιμο.

Το συγγραφικό έργο του **Αλβέρτου του μεγάλου**, το πλήρες όνομα του οποίου ήταν Albertus magnus, Teutonicus, Ratisbonensis A. de Colonia, Albert graf von Bollstädt, εκδόθηκε για πρώτη φορά σε ολόκληρα το 1651 αφενός στη Λυών, σε 24 τόμους (**1**) και στο Λούβδουνο σε 21 τόμους με το γενικό τίτλο: *Alberti Magni Opera*. Το δέκατο έργο σε αυτή την Λουγδούνεια (Βερολίνο) έκδοση ήταν το «*De alchymia in Theartum chemiae*».

Ορισμένα από τα έργα του γράφτηκαν κατά το πρότυπο των έργων του Αριστοτέλη και είναι τα: *Animalibus*, *Vegetalibus* και *Historia Naturalis*. Ευτυχώς διασώθηκαν πολλά αλχημιστικά έργα, όπως τα: *Libellus di Alchemia* (το Βιβλίο της Αλχημείας), *Philosophorum Lapide* (η Φιλοσοφική Λίθος), *Tractatus Secretorum* (Μυστική Πραγματεία), και το πιο γνήσιο έργο του το *Rebus Metallicis et Mineralibus* (Περί Ορυκτών και Μετάλλων). Κυκλοφορούσαν και πολλά νόθα έργα του, λόγω της ασυλίας που διέθετε το όνομά του, που περιλαμβάνουν διάφορες συνταγές για μαγικά φίλτρα και βασκάνια. Τα πιο γνωστά είναι τα Petit και Grand Allbert, που μπορούσε κάποιος να εντοπίσει σε κάποιες ορεινές περιοχές της Γαλλίας πριν από 150 χρόνια. Εντρυφήσε στην αλχημεία και έγραψε πολλές πραγματείες και μελέτες φιλοσοφικές, βοτανικές, αλχημιστικές, ιατρικές, ζωολογικές, μαθηματικές, μεταλλουργικές και γεωλογικές. Οι αλχημιστικές του γνώσεις ήταν τέτοιες, ώστε να μπορεί να εξετάζει κριτικά όλες τις αποδεκτές τότε μεταμορφώσεις των μετάλλων, στις οποίες πίστευε. Δεν πίστευε στη λεύκωση και τη ξάνθωση των Αλεξανδρινών χυμευτών ως έναρξη της μεταστοιχείωσης σε άργυρο και χρυσό, αλλά ως διαδικασίες παρασκευής ενός είδους μπρούντζου.

Να πως δέχεται τη μεταμόρφωση των μετάλλων σε απόσπασμα από το *Rebus metallicis*: «Οι ασχολούμενοι με τη χαλκουργία στο Παρίσι, Κολωνία και όσες άλλες πόλεις έτυχε να παρακολουθήσουν τη διαδικασία της μετατροπής του χαλκού σε ορείχαλκο με την προσθήκη σκόνης ορυκτού, που ονομάζεται καλαμίνα. Εξατμιζόμενη η σκόνη αυτή αφήνει στην επιφάνεια του μετάλλου μια μαύρη στιλπνότητα, που μετατρέπεται σιγά σιγά σε κόκκινη. Αυτοί όμως που προτίθενται να εξαπατήσουν, με το να προσδώσουν στο μέταλλο τη χροιά του χρυσού, επιβραδύνουν την εξατμισμό της καλαμίνας, ώστε η επίδραση της τελευταίας να γίνει σε πιο πολύ χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με πασπάλισμα σκόνης γυαλιού (επίπασσις), η οποία μένει στην επιφάνεια του μετάλλου (επιπόλασις). Οπότε παραμένει η καλαμίνα μέσα στο μέταλλο σε μορφήατμών και επιδρά σ' αυτό για περισσότερο χρόνο, απαλλάσσοντας το μέταλλο από τις ακαθαρσίες, οι οποίες κατακαιόμενες απομακρύνονται. Τέλος το ρευστό γυαλί εξατμίζεται, εξατμιζόμενη ταυτόχρονα και η δύναμη της καλαμίνας, αλλά ο ορείχαλκος καθίσταται έτσι στιλπνότερος. Για να παρασκευάσουμε ορείχαλκο εντονότερης χροιάς, η εργασία αυτή επαναλαμβάνεται πολλές φορές. Με την προσθήκη μάλιστα αργύρου αντί κασιτέρου ο ορείχαλκος προσλαμβάνει τέτοια χροιά, ώστε να εκλαμβάνεται από πολλούς ως χρυσός ενώ είναι ένα είδος μπρούντζου».

Σε άλλο σημείο: «...έτσι ο άργυρος μετατρέπεται ευκολότερα σε χρυσό, αρκεί να μεταβληθεί κατά το χρώμα και το βάρος. Στη φύση ο εξεγενισμός των μετάλλων επιτελείται αυτομάτως, αλλά σε χρόνο μακρόν και κάτω από άγνωστες κοσμικές συνθήκες». Τα μέταλλα, θεωρούσε,

είναι όμοια ως προς τη σύσταση, αλλά διαφέρουν στη μορφή. Η μορφή τα καθιστά ελαττωματικά και μόνον ένας καλός τεχνίτης, όπως ο γιατρός για τους ανθρώπους, μπορεί να απαλείψει τα ελαττώματα αυτά. Το θείο και ο υδράργυρος οι αλχυμιστές, όπως και οι Έλληνες χυμειτές, πίστευαν ότι, είναι παραλλαγές των μετάλλων, έχοντα κοινή σύσταση με αυτά, απλά είναι ουσίες που μπρούν να δώσουν στα ευτελή μέταλλα την τελειότητα (βάρος και χρώμα). Με άλλα λόγια ο Albertus (Αλβέρτος) θεωρούσε ότι τα μέταλλα είναι σύνθετα, που περιέχουν θείο και υδράργυρο. Η σποδή, δηλαδή η σκουριά των μετάλλων είναι μία νόσος, η οποία μπορεί να θεραπευθεί. [1, 44, 58, 81, 89]

Πρώτος χρησιμοποίησε εκτενέστερα την αριστοτέλεια αφή, την *affinitatem*, τη **συγγένεια**. Ο πρώτος που μίλησε για τη συγγένεια με τον όρο *φιλότης* είναι ο Εμπεδοκλής, αλλά ο όρος δεν προτιμήθηκε. Στο *Rebus mettalicis* γράφει ο Albertus: «*Sulfur propter affinitatem naturae metalla adurit*», δηλαδή ‘το θείο όταν πλησιάζει τα μέταλλα αποκτά μία φυσική συγγένεια προσβάλλοντάς τα’. Έτσι εισήγαγε τον όρο **Affinitas**, ως ουσιαστική αιτία για την ένωση ουσιών κατά τις χημικές αντιδράσεις. «*Η μείζις είναι τόσον τελειότερα, όσον η αφή (επαφή) των ενωμένων σωμάτων είναι στενωτέρα, διότι τότε τα σώματα φθείρονται υπ’ αλλήλων καλλίτερον. Η αφή γίνεται ή απ’ ευθείας, ή δια μέσου τρίτου σώματος ως μεσάζοντος, και είναι τόσον ισχυροτέρα, όσον είναι τα σώματα διηρημένα εις μικρότερα μόρια, ώστε ν’ άπτωνται αλλήλων περισσότερον. Αιτία δε της αφής είναι η των σωμάτων εφέλκυσις και άρα η βαρύτης, ό,τι σήμερα αποκαλούμεν χημικήν συγγένειαν, της οποίας μάλιστα ο όρος affinitas δηλοί ακριβώς την αφήν (affinitas=affinis=ad finis=προς το όριον, προς τα πέρατα ή τας επιφανείας των απομένων, πρόσσορος)*», από την «*Εισαγωγή εις την Ιστορίαν των Φυσικών Επιστημών*» του καθ. Μιχαήλ Στεφανίδου, ακαδημαϊκού, Αθήνα 1938. [17]

Στον Αλβέρτο για πρώτη φορά συναντάμε μία ορθολογικότερη τροποποίηση της υπάρχουσας χημικής ονοματολογίας των ουσιών, γενικεύοντας την κατηγορία των αλάτων, όταν για παράδειγμα την ονομασία **vitriol** (βιτριόλι) ταπέδωσε στο θεϊκό σίδηρο, το *νίτρο* των αρχαίων Ελλήνων (*nitro* ή *nitrum*) το ονομάζει **sal nitrum** και είναι γι’ αυτόν ένα *άλας*. Το θεϊκό οξύ το ονομάζει **spiritus vitrioli romani** ή **sulfur philosophorum**. Τον πυρολουσίτη [MnO_2 , μαγγάνιο (IV) οξειδίο] **magnosia**, ή *μέλαν λίθον*, που χρησιμοποιείται στη υαλουργία. Το τεχνητό **lapis calaminaris** (ZnO) το ονόμασε **trutia**. Συνέθεσε από την άλλη πλευρά κιννάβαρι με εξάχνωση υδραργύρου και θείου.

Ο Albertus, παρ’ όλο που ασχολήθηκε με την αλχυμεία και τις λεγόμενες απόκρυφες επιστήμες, είχε την τύχη να μην διωχθεί, γιατί γνώριζε τις κακοτοπιές και απέφευγε τις προκλήσεις. Από την άλλη πλευρά ήταν δημοφιλής, καταληπτός στα λεγόμενά του και προσηνής, παίρνοντας πάντοτε προσεκτικές αποστάσεις από την αγυρτεία ορισμένων αλχυμιστών, διαδίδοντας τις κατάλληλες γνώσεις για την αλήθεια της αλχυμείας, της φυσικής και τις θεραπείες του ανθρώπινου σώματος. Μιλούσε σε πλατείες ή σε μεγάλους υπαίθριους χώρους, γιατί το κοινό του ήταν πολυπληθές. Μία σήμερα πλατεία του Παρισιού λέγεται με παραφθορά του ονόματος του Αλβέρτου Maubert. Με την παρουσία του ανέδειξε τον ξεχασμένο Αριστοτέλη και δημιούργησε τη δεύτερη περίοδο της σχολαστικής φιλοσοφίας και εκτός από Magnus, magnus in magia naturali, najor in philosophia, maximus in theologia και Doctor universalis.



Ένας αλχμιστής, πιθανόν ο Irenaeus Philalethes, στο εργαστήριό του. Από την *Pyrotechnia ofte Vuurstook-Kunde*, Amsterdam, 1687.

2.7 Η χημική συγγένεια (affinity) εγκαθίσταται στη χημεία

Μετά τον Albertus Magnus (1193 – 1280), που θεώρησε ότι, η αλχημεία είναι μία επιστήμη προστατευόμενη, τα μυστικά της τεχνικής του τα πήρε ο μαθητής του Roger Bacon (Ρογήρος Βάκων, 1214 – 1292/4). Ο Βάκων στάθηκε περισσότερο κριτικός στην αλχημεία και προσδιόρισε τις δυνατότητες που μπορούσε να αναπτύξει. Ήταν όμως νεοπλατωνικός, συνεχιστής της αλεξανδρινής σχολής και αντίπαλος των αριστοτελικών απόψεων του δασκάλου του Αλβέρτου και του συμμαθητή του Θωμά Ακινάτη (Thomas Aquinas, 1225 – 1274). Φαινομενικά ο Βάκων θεωρούσε τον Αριστοτέλη ως αυθεντία, όμως οι αρχές του ερχόντουσαν σε απ' ευθεία σύγκρουση με αυτές. Μέχρι τον Boyle η χημεία αναπτύχθηκε κυρίως στον πρακτικό τομέα, με τις απόψεις της χυμευτικής τέχνης να υπερισχύουν και η θεωρητική σκέψη της *συγγένειας* να μένει στάσιμη κι ανεπεξέργαστη. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι, θεωρητικά κάτι άρχισε να κινείται με τον Glauber, ο οποίος έκανε κάποια χρήση της *συγγένειας*, προσπαθώντας να βρει μια συγκριτική κλίμακα μέτρησής της.

Μετά τον Albertus, δημιουργήθηκε η σχολή της Οξφόρδης με τον Βάκωνα και η γαλλοϊσπανική σχολή με τον Arnold Villanova¹⁶ (1240 – 1311) και τον Raymund Lully (γεννημένο στη Majorca, 1232 – 1316). Ήταν μια περίοδος, που πολλοί εκπρόσωποι της

¹⁶ Τότε η Ευρώπη κατά την παρουσίαση της γραμματείας της χρησιμοποιούσε τη λατινική γλώσσα. Έτσι το όνομα του Βιλανόβα ήταν **Arnaldus de Villa Nova**.

εκκλησίας επιδόθηκαν στην αλχυμεία με σκοπό την παρασκευή τεχνητού χρυσού, στήνοντας στα μοναστήρια μεγάλα αλχυμιστικά εργαστήρια με βοηθούς και μεγάλο προϋπολογισμό οικονομικό λειτουργίας. Την κίνηση αυτή την προώθησε ο Πάπας Κλήμης ο 4ος, ο οποίος πριν γίνει Πάπας είχε γνωρίσει το Bacon ως απεσταλμένος του Βατικανού στην Αγγλία και θαύμαζε το έργο του. Ένα τέτοιο εργαστήριο είχε στήσει ο Bacon στην Οξφόρδη στα 1267 και έλεγε ότι, είχε δαπανήσει πάνω από 2000 λίβρες (φοβερό ποσό) για την αγορά βιβλίων, συσκευών και τη χρηματοδότηση των βοηθών παρασκευαστών. «Για να δημιουργήσει κανείς φιλικές σχέσεις με τη σοφία» και για να μπορεί να σκήσει την αλχυμιστική πρακτική, ήταν αναγκαίο «να μεταφερθεί σε μέρη περισσότερο ιδιωτικά και μερικές φορές αυτά να βρίσκονται σε προάστια (όπως αυτό της Οξφόρδης)». [58]



Arnold Vilanova ή **Arnaldus de Villa Nova** 1240-1311.

Ο Roger Bacon, ο Doctor Mirabilis (έξοχος δάσκαλος), γεννήθηκε πιθανόν το 1214 στο Ilchester του Somerset της Αγγλίας από οικογένεια ευγενών και πέθανε στην Οξφόρδη. Οι αρχικές του σπουδές έγιναν στην Οξφόρδη. Το 1240 με 1244 μετέβη στο Παρίσι για να συμπληρώσει τις γνώσεις του και του δόθηκε η ευκαιρία να διδάξει και σε αυτό το μέρος. Το 1250 με 1252 επιστρέφει στην Οξφόρδη για να διδάξει επί πέντε χρόνια. Είχε μάθει αρχαία ελληνικά, λατινικά, εβραϊκά και αραβικά. Στα 1257 έγινε φραγκισκάνος μοναχός. Στο μοναστήρι των φραγκισκανών ο αρχιεπίσκοπος Robert Grosseteste είχε δωρήσει τη βιβλιοθήκη του με πολλά έργα των ονομαστών αρχαίων Ελλήνων συγγραφέων, ανοίγοντας ένα παράθυρο για τη μελέτη τους. Εκεί ο Bacon γνώρισε τη γνώση των αρχαίων Ελλήνων, ιδίως του Αριστοτέλη και μυήθηκε ταυτόχρονα στην αλχυμεία και τη φιλοσοφία. Το έργο, που τον είχε εισαγάγει στα πεδία της αλχυμείας, ήταν «*Το Βιβλίο των μυστικών*» (*libros secretos*) του Απολλωνίου Τυανέα. Το παλιότερο αντίγραφο του έργου αυτού διασώζεται σήμερα ως λατινική μετάφραση του Ουγκ ντε Σανταλά (Huge de Santalla) στην Εθνική Βιβλιοθήκη του Παρισιού με τον αριθμό 13.951 του καταλόγου των λατινικών χειρογράφων, (83). Στο τέλος αυτού του βιβλίου των έξι κεφαλαίων παρατίθεται ο Σμαράγδινος Πίνακας (Tabula Smaragdina), ένα αινιγματικό κείμενο που εκτίθεται ως ένθετο. Ο Bacon εντυπωσιάστηκε από το περιεχόμενο αυτού του βιβλίου, σχεδόν προσηλυτίστηκε και ασχολήθηκε επισταμένα με τις αλχυμιστικές έρευνες, θεωρώντας πάντοτε τον Αριστοτέλη ως «*ύμιστον διδάσκαλον*» (Opus Tertium, Έργον Τρίτον, 1267).

Η δραστηριότητα του Bacon ήταν πολυσχιδής σε όλα τα πεδία της φυσικής επιστήμης. Μέσα στο τότε πνεύμα των καιρών, ο ίδιος δεν μπορούσε να αποφύγει τις μεσαιωνικές προλήψεις, που πολλές από αυτές τον επηρέαζαν, σε διάφορες εκπονηθείσες μελέτες του στον τομέα της αλχυμείας. Παρουσίασε μελέτη παρασκευής χρυσού από ευτελή μέταλλα, ακολουθώντας τη μεθοδολογία της Χρυσοποιίας των αρχαίων Ελλήνων και των ελληνόφωνων χυμευτών της

Αλεξάνδρειας. Στις φυσικές-αλχημιστικές μελέτες του και στην οργάνωση του συγγραφικού του έργου είχε υποστηριχτή τον Πάπα Κλήμη τον 4ο, ο οποίος του ζήτησε να καταγράψει όλες τις υπάρχουσες γνώσεις για τις φυσικές επιστήμες. Μέσα σε 18 μήνες ο Bacon έγραψε 3 τόμους, τους δύο τους ονόμασε «Μεγάλο έργο» (*Opus Majus*) και «Μικρό έργο» (*Opus Minus*), ενώ ένα τρίτο «*Opus Tertium*». Οι δύο πρώτες πραγματείες υπεβλήθησαν το 1262 στον Πάπα Κλήμη (Clement), αλλά ήταν αμφίβολο αν ο προστάτης του βρήκε τον καιρό να μελετήσει το έργο αυτό, γιατί κατά τη διάρκειά του επήλθε ο θάνατός του. Ο νέος Πάπας Νικόλαος κράτησε εχθρική στάση απέναντι στον Βάκωνα και παρόλο που πήγε να τον εξευμενήσει, γράφοντας το έργο του σχετικά με τα ελιξήρια της νεότητας: «*Τρόποι αναστολής των ασθενειών του γήρατος και περί της διατήρησης των αισθήσεών μας*» («*De retardansis senectutis accidentibus et sensibus confirmandis*»), αλλά ο σκοπός του δεν πέτυχε, αντιθέτως διώχθηκε, γιατί ταυτόχρονα δημοσίευσε το *Compendium Studii Philosophiae*, έργο με το οποίο επέκρινε δριμύτητα του κληρικούς για αλαζονεία, υποκρισία, καλοζωία και φιλαργυρία. Τα βιβλία του γράφτηκαν στη μαύρη λίστα του Βατικανού (τους INDICES) και ο αρχιεπίσκοπος του Παρισίου Τεμπιέ έβγαλε ένα BRIEF (διάταγμα), με το οποίον απαγόρευε την ανάγνωση έργων 200 συγγραφέων ως αντιχριστιανικών, ανάμεσα τους ευρισκόμενα και του Βάκωνα. Στάλθηκε στο Παρίσι να διδάξει θεολογία και του απαγορεύτηκε να εκδώσει οποιαδήποτε πραγματεία. Το ανήσυχο πνεύμα του για τη μελέτη της φύσης δεν σταμάτησε και αυτό το πλήρωσε ακριβά, διότι αργότερα φυλακίστηκε για 10 χρόνια και ελευθερώθηκε 2 μόλις χρόνια πριν το θάνατο του, τα οποία τα πέρασε στην Οξφόρδη. Πεθαίνοντας συνώπισε τη ταραχώδη διαδρομή της ζωής του με τη φράση: «*Μετανοώ, γιατί υποβλήθηκα εκουσίως σε δεινά, καταπολεμώντας την ανθρώπινη αμάθεια*».



Ο Roger Bacon (1214-1294) παρασκευάζει πυρίτιδα.

Το κλίμα της περιόδου που έδρασε ο Βάκων ήταν μισαλλόδοξο και θολό. Η εκκλησία επέβαλε διώξεις, γνωστές σήμερα από τη δράση της Ιεράς Εξέτασης. Η επιστήμη δεν ήταν δυνατόν να υπηρετηθεί παρά μόνον από εκπροσώπους της, που ήταν πραγματικά ισχυρές προσωπικότητες, με απaráμιλλο θάρρος. «*Η γνώση είναι δύναμη*» διακήρυττε, προσθέτοντας «*μη υποτάσσεσθε στις αυθεντίες και τα δόγματα. Διδαχτείτε από τη φύση*». Ήταν υποδειγματικός οπαδός του ορθού λόγου και γι' αυτό έλεγε: «*non ex vulgi opinione, sed ex sano iudicio*», δηλαδή «*όχι η χυδαία γνώμη, αλλά αυτή της ορθής κρίσης*». Για το Βάκωνα η επιστήμη επαληθεύεται μόνον με το πείραμα (*scientiam experimentalem*) και όχι από τις δοξασίες ή ομολογίες ορισμένων «αυτόπτων» μαρτύρων συμβάντων. Για την αλχυμεία επρέσβευε ότι τα χημικά προβλήματα επιλύονται, όταν τα αποτελέσματά τους επιτυγχάνονται πειραματικά. Βάση όλων των επιστημών θεωρούσε τα μαθηματικά, ιδίως την ευκλείδεια γεωμετρία, τα οποία εστήριζαν τον ορθολογισμό των φυσικών επιστημών. Η στάση του πάνω στα έργα των αρχαίων Ελλήνων επιστημόνων ήταν κριτική, όταν θεωρούσε την αρχαιότητα ως τη νεαρή ηλικία της ανθρωπότητας, δίνοντας στο μέλλον την πλήρη αισοδοξία του (*tanto juniores, tanto perspiciones* = όσο νεότεροι οι καιροί, τόσο οξυδερκέστεροι). Το δεσπόζον κύρος του Αριστοτέλη κατά το Μεσαίωνα το καταπολεμούσε, υποστηρίζοντας ότι, αποτελεί πνευματική υποτέλεια και τροχοπέδη της περαιτέρω προόδου της επιστήμης. Γι' αυτό τόνιζε: «*αν εξαρτάται από μένα, θα έριχνα στην πυρά όλα τα έργα του Αριστοτέλη, γιατί η μελέτη τους συμβάλλει στην απώλεια χρόνου, προκαλώντας πλάνη κι αυξάνοντας την αμάθεια*». Ο Βολταίρος τον παρομοίαζε «για πλήρη χρυσό σε κάθε ρύπο του αιώνα του».

Ως πολυμαθής θεωρείται ιδρυτής της πειραματικής φυσικής. Βρήκε τους μεγεθυντικούς φακούς, το σκοτεινό θάλαμο, το τηλεσκόπιο, γνώριζε την παρασκευή της πυρίτιδας, της οποίας πολλοί θεωρούν ως εφευρέτη. Η φαντασία του ήταν ευρύτατη για τις δυνατότητες της επιστήμης, όταν προέβλεψε νεότερες εφευρέσεις, για πλοία να κινούνται χωρίς κωπηλάτες ή ιστία, για τροχοφόρα μεγάλων ταχυτήτων χωρίς την έλξη ζώων και για αερόπλοια να πετούν με φτερά όπως τα πτηνά.

Στη χημεία ο Βάκων διέπρεψε, όπως στη Φαρμακοποιία και την Ιατρική. Την αλχυμεία τη διέκρινε σε θεωρητική στην πραγματεία του «*Speculum achymiae*» και πρακτική (*Practica alchymiae*). Στο «*Opus Majus*» ο Βάκων αναφέρει:

«*Σκοπός της θεωρητικής αλχυμείας είναι η μελέτη της γένεσης και σύστασης των άψυχων πραγμάτων, όπως των απλών και συνθέτων χυμών, των κοινών και πολύτιμων λίθων, των χρωμάτων, των ορυκτών, των μετάλλων των αλάτων, των στυπτηριών, των πετρελαιοειδών και των ασφαλικών ουσιών και πολλών άλλων σωμάτων, για τα οποία τίπτα ή ελάχιστα αναφέρει ο Αριστοτέλης, οι Έλληνες και οι Λατίνοι συγγραφείς. Επειδή αυτή η επιστήμη δεν είναι ευρύτατα γνωστή, ελάχιστα γνωρίζουμε για τη σύσταση των φυτών και των ζώων και του ανθρώπου. Επομένως αγνοούμε τη φύση των συνθετοτέρων σωμάτων, μη γνωρίζοντας τη σύσταση των απλουστέρων. Η θεωρητική Αλχυμεία αποτελεί τη βάση της Φυσικής Φιλοσοφίας και της Ιατρικής. Επί της επιστήμης αυτής βασίζεται επίσης η Φαρμακοποιία, όπως αυτό απέδειξε ο Αβικένα στο δεύτερο μέρος τη «*Ιατρικής*» του, που αναφέρει τα παρασκευαζόμενα φάρμακα με τη μέθοδο της Αλχυμείας. Χωρίς την ύπαρξη αυτής της επιστήμης θα ήταν αδύνατη όχι μόνον η παρασκευή των φαρμάκων αυτών, αλλά και η επωφελής χρήση τους, καθώς και η κατανόηση των ονομάτων τους*».

Το περιεχόμενο της πρακτικής Αλχυμείας περιγράφεται ως εξής:

«*Υπάρχει όμως και η πρακτική Αλχυμεία, που διδάσκει πως να παρασκευάζονται τα μέταλλα, τα χρώματα και τα άλλα προϊόντα, καλλίτερα κι αφθονότερα από αυτά που παράγει η φύση. Η πρακτική Αλχυμεία είναι σπουδαιότερη της θεωρητικής, όχι μόνο γιατί συμβάλλει στην*

ενημερία του ανθρώπου, αλλά και γιατί διδάσκει πως να παρασκευάσουμε τις ουσίες εκείνες, που είναι ικανές να παρατείνουν την ζωή μας για μακρότερο χρονικό διάστημα από εκείνο το οποίον επιτυγχάνει η φύση. Διότι πεθαίνουμε πολλές φορές πρόωρα, λόγω των ελαττωματικών συνθηκών της υγείας μας από την παιδική μας ηλικία και διότι οι γονείς μας λόγω αυτών των ελαττωμάτων της ζωής τους μεταδίδουν στα παιδιά τους τη φθαρτή ιδιοσυγκρασία τους και με αυτόν τον τρόπο τα γηρατειά και ο θάνατος έρχονται πιο γρήγορα από το τέρμα που έχει ορίσει ο θεός σε μας».

Γενικότερα τώρα για την Αλχυμεία διατύπωνε τις παρακάτω θέσεις, οι οποίες αφήνουν αιχμές ανικανότητας για πολλούς θιασώτες της. «Η Αλχυμεία είναι ελάχιστα γνωστή ως επιστήμη, γιατί αν και είναι πολλοί αυτοί που ασχολούνται με την παρασκευή των μετάλλων, των χρωμάτων και των διαφόρων άλλων σωμάτων, λίγοι είναι οι γνώστες για να τα παρασκευάσουν αυτά πολύ καλά και ακόμη πιο σπάνιοι αυτοί οι οποίοι μπορούν να παρασκευάσουν ουσίες ικανές για την παράταση της ζωής μας. Ελάχιστοι είναι επίσης οι γνωρίζοντες την απόσταξη, την εξάχνωση, τη διάλυση, τη στερεοποίηση και τις υπόλοιπες μεθόδους, με τις οποίες αποκαλύπτεται η φύση των αψύχων όντων κι επικυρώνονται οι αλήθειες της θεωρητικής Αλχυμείας, της Ιατρικής και γενικότερα της Φυσικής Φιλοσοφίας».



Γκραβούρες από την περίοδο των αλχυμιστών και της χυμίας.
Αριστερά: Pietro Longhi, «The Alchemist», 1661. Δεξιά: του Flamel οι ιερογλυφικές φιγούρες από το *Des beróhmten Philosophi Nicolai Flamelli Chymische Werke*, 1751.

Στο «Τρίτον έργο» (Opus Tertium) πραγματεύεται τα «αινίγματα» της Αλχυμείας, απομυθοποιώντας το μυστικιστικό τους περιεχόμενο και προσγειώνοντας τους βασικούς στόχους κι επιδιώξεις των Αλχυμείας. Ειδικότερα γράφει γι' αυτά: «Όμως η ερμηνεία του 'αινίγματος' καθίσταται αναγκαία, καθ' όσον οι φιλόσοφοι εξηγούν με ακρίβεια τι είναι τα σώματα (στερεά) και τι τα πνεύματα (αέρια). Σώματα είναι οι λίθοι, τα μέταλλα και τα άλλα στερεά, που δεν μπορούν να εξατμιστούν από τη φωτιά και δεν εξαχνώνονται σε μορφή νεφών. Πνεύματα είναι οι ουσίες που αφίπτανται υπό της φωτιάς, όπως ο υδράργυρος, το αρσενικόν, το θείον και το *sal ammoniac* (NH_4Cl , αμμώνιο χλωρίδιο). Οι πλανήτες (δηλαδή τα μέταλλα) είναι επτά, σύμφωνα με τα γραφόμενα από τον Αβικένα στο έργο του «Anima», που πραγματεύεται η μεγάλη επιστήμη της Αλχυμείας. Ο μόλυβδος καλείται Κρόνος, ο κασσίτερος Ζeus, ο σίδηρος Άρης, ο χαλκός Αφροδίτη, ο υδράργυρος Ερμής, ο άργυρος Σελήνη και ο χρυσός Ήλιος. Κάθε άλλο που αναγράφεται γι' αυτά οφείλεται είτε σε λάθος του συγγραφέα, είτε σκοπιμότητα προς παραπλάνηση. Ο υδράργυρος ονομάζεται *aurum vivum* (ζωντανός

χρυσός), όπως έτσι καταχρηστικά αποκαλείται από τον Αβικένα». Ξάνθωσις ονομάζει τη μεταμόρφωση ευτελών μετάλλων σε χρυσό και λεύκωσις τη μετατροπή τους σε άργυρο.

Στο «*Speculum achymiae*» ο Βάκων ασχολείται με τη μεταμόρφωση των μετάλλων, ενώ στο «*De nullitate magiae*» με θεραπευτικές μεθόδους. Το πιο διάσημο βιβλίο του ήταν το «*Opus Majus*», μια επιτομή με κείμενα του Αριστοτέλη, Ευκλείδη, Πτολεμαίο, Πλίνιο, Αβικένα και Alfarabi. Ένα άλλο βιβλίο που αποδίδεται στο Βάκωνα είναι το «*De Arte Chymia*».

Ο Θωμάς ο Ακινάτος (1225-1274, Thomas Aquinas) ο έτερος μαθητής του Αλβέρτου πίστευε στη μεταμόρφωση των μετάλλων και στις δυνατότητες της μαγείας. Δεινός δάσκαλος, έκανε ένα διάστημα καθηγητής φιλοσοφίας στο αρχαιότατο Πανεπιστήμιο της Ευρώπης, αυτό της Μπολόνιας. Ως αρχή της γνώσης θεωρούσε την αποκτηθείσα από τις εμπειρίες μας.



Ο Δομινικανός ιερέας Θωμάς Ακινάτης (Thomas Aquinas, 1225-12740)

Ο Arnold Villanova (1235-1312) ήταν γιατρός στο Μονπελιέ με σημαντικά έργα, όπως το «*Rosarium philosophorum*» και το «*Flos florum*», στα οποία περιγράφει αποστάξεις οίνου, θεραπευτικά φαρμακευτικά σκευάσματα και διάφορα άλλα ιατρικά. Είχε λένε παρασκευάσει τεχνητό χρυσό, που παρέδωσε στον Πάπα Βονιφάκιο VIII στην Αβινιόν.

Ο Ραϋμόνδος Λούλλιος (Raymond Lully, 1232 – 1315/6) ισπανός από την Palmas της Μαγιόρκας, κατήγετο από ευγενή οικογένεια και έκανε έναν βίο πολυτάραχο και έκλυτο, σπαταλώντας σύντομα την περιουσία των γονιών του. Στη συνέχεια μυήθηκε στην αλχημεία από τον Αρνόλδο Βιλανόβα και έγινε ιεραπόστολος για να μπει να διερευνά τις βιβλιοθήκες των μοναστηριών, οι οποίες έκρυβαν θησαυρούς της γνώσης. Ταξίδευσε σε πολλές χώρες και πόλεις και προήχθηκε σε καθηγητή της θεολογίας. Κατόρθωσε σε μεγάλη ηλικία να φαίνεται ως νέος χρησιμοποιώντας για τον εαυτό του διάφορα φαρμακευτικά σκευάσματα και ως αλχημιστής ασχολήθηκε με το ελιξίριο της νεότητας και τη μετατροπή του χαλκού με υδράργυρο και κασσίτερο σε χρυσό. Το διασημότερο έργο του ήταν το «*Ars magna*». Ο θάνατός του ήταν βίαιος, όταν λιθοβολήθηκε κοντά στην Τύνιδα από μουσουλμάνους φανατικούς (Μπουγκία ακτή), την ώρα που edίδασκε το λόγο του θεού της χριστιανοσύνης.

Στο έργο του Ραϋμόνδου Λούλλιου [Raymondus Lull(i)us, 1235-1315] «*Opuscula chymica*» (Πόνημα της χυμίας, 1546), εκτίθενται οι χημικές του γνώσεις, ανάμεσα στις οποίες είναι η παρασκευή νιτρικού οξέος (aqua forte), ανθρακικού αμμωνίου (sal volatile), ποτάσας (sal vegetabile) και διάφορα αιθέρια έλαια με αλκοόλη, προϊόντα απόσταξης. Στο φιλοσοφικό πεδίο καταπολέμησε τις ιδέες του Αβερόη (του Άραβα σοφού κι αλχημιστή), ο οποίος πίστευε ότι, η ανθρώπινη ψυχή αποτελούσε τμήμα μιας παγκόσμιας κι απόλυτης ψυχής, που επιστρέφει σ' αυτήν, όταν για ένα διάστημα συνδεθεί προσωρινά με το ανθρώπινο σώμα. Ο Λούλλιος (ή Λούλλος) θεώρησε ότι αυτή η δοξασία ήταν σε αντίθεση με την αθανασία

της ατομικής ψυχής και θεώρησε βασικό σκοπό της ζωής του να ανατρέψει τέτοιους ισχυρισμούς, που είχαν μεγάλη πέραση στην Ισπανία και στο Μαρόκο, περιοχές με μικτή επίδραση του μωαμεθανισμού και του χριστιανισμού. Είναι βέβαιον ιστορικά ότι ο Λούλλιος ασχολήθηκε με τις απόκρυφες τέχνες, όπως με τα αλληγορικά κείμενα των ιερών γραφών με τίτλο Καβάλα (*Kabbalah*).



Από το βιβλίο του Geber: *De alchimia libri fres*, Strassburg 1631.

Τη φήμη του Λούλλιου τη προσεταιρίστηκε κάποιος αλχημιστής, που υπέγραφε μετά το θανατό του με το ίδιο όνομα και έμεινε στην ιστορία ως ψευτο-Λούλλιος. Τα έργα του ψευτο-Λούλλιου ήταν σαφώς κατώτερης αξίας από αυτά του αληθινού, και κατά τους ιστορικούς της Χημείας Hoffer και Korpp χαρακτηρίστηκαν ως συνοθυλεύματα γενικοτήτων, που στερούνται νοημάτων. Στο *Experimenta* (1330) του ψευτο-Λούλλιου αναφέρεται στο νιτρικό οξύ ως εξής: «Είναι το φύραμα, το ελιζήριον μας, είναι το ύδωρ μας. Όχι όμως το κοινό ή φλεγματικό ύδωρ, αλλά εκείνο το καυστικότερο και από το πυρ, το *aqua forte*. Τούτο διαλύει και καταστρέφει τα σώματα, ακόμη και το κοινό θείο». Εννοούσε την οξείδωση του θείου προς θεικό οξύ. Στον ψευτο-Λούλλιο αποδίδεται το απόφθεγμα των αλχημιστών: «Τη θάλασσα θα μετέτρεπα σε χρυσάφι, αν αυτή ήταν υδράργυρος». Άλλο έργο του είναι το «*Testamentum*» (η Διαθήκη, 1332).



Abu Musa Jabir ibn Hayyan ή Geber.

Την ίδια περίοδο, γύρω στο 1310, στην Ισπανία έδρασε ο Geber, η εκλατινισμένη ονομασία του μεγάλου Άραβα αλχημιστή Jabir, ο οποίος όμως δεν είχε καμία σχέση με το μεγάλο Άραβα αλχημιστή. Στον Ισπανό Geber αγνώστων λοιπών στοιχείων αποδίδονται τέσσερα βιβλία και πιθανόν ένα πέμπτο με τους τίτλους:

- «*Summa perjectionis magisterii**», δηλαδή «Περί της τελειοποίησης των θαυμάσιων μεθόδων»,
- «*Investigatione perfectionis*», δηλαδή «Ερευνες για την τελειοποίηση»,
- «*Inventionem veritatis*», δηλαδή «Αποκάλυψη των αληθειών» και
- «*Liber firmacum*», «Βιβλίο των καμίνων»
- «*Testamentum*», «Διαθήκη».

Στα έργα αυτά του Geber, που μνεία τους γίνεται από τον P. Bonus στην πραγματεία του «Εισαγωγή στις τέχνες της Αλχυμείας» (1330), βρίσκουμε πολλές πρακτικές χημικές λύσεις με την ταυτόχρονη χρήση ζυγού, φίλτρων κι αποστακτήρων. Οι μέθοδοι δεν ξεφεύγουν από τη δοξασία των τριών αρχών του θείου, άλατος κι υδραργύρου, την εσφαλμένη ιδέα των ελληνιστικών χρόνων της μετατροπής (τελείωσης) των μετάλλων σε χρυσό, όμως παρουσιάζουν χρήσιμες διαδικασίες καθαρισμού του άλατος, παρασκευής θεϊκού οξέος, μεταλλουργίας, όπως κυπέλλωσης αργύρου και παρασκευής πληθώρας τότε ουσιών. Η ταύτιση του Geber με τον Jabir προήλθε από το προσωνύμιο που έδινε στα έργα του, Geber arabis ή Geber regis persarum.



Ζωγραφιά από μετφρασμένο στα λατινικά χειρόγραφο του 14ου αιώνα του Al-Razi με τίτλο: 'Opera Medicinalia'.

Πολλές μεθόδους του Geber αποτύπωσε πολύ πιο εύγλωττα ο Petrus Bonus, γιατρός από την μικρή ιταλική πόλη Φεράρα, στο βιβλίο του «*Petiosa Margerita Novella*» («Το νέο πολύτιμο μαργαριτάρι», του 1330). Στο έργο αυτό το θείο, η αρχή που δίνει το χρώμα του χρυσού στα ατελές μέταλλο, χαρακτηρίζεται ως κάποια «γήινη λιπαρότητα», έναν μεσολαβητή της φύσης, «που σχετίζεται με τον υδράργυρο, όπως το αρσενικό με το θηλυκό» (έννοιες της συμπάθειας ή συγγένειας). Οι ιδέες αυτές του Bonus αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη των κατοπινών θεωριών της καύσης και του φλογιστού.

Ο 13ος αιώνας γενικά παρουσιάζει μια στασιμότητα από πλευράς νέων ιδεών κι απόψεων της αλχυμίας με ελάχιστες καινοτομίες. Στον αιώνα όμως αυτό είχαμε γενικά μία πνευματική αφύπνιση και με πρότυπο τις σχολές της ανατολής δημιουργήθηκαν τα πρώτα ευρωπαϊκά πανεπιστήμια, όπως το πανεπιστήμιο της Μπολόνιας (1214) με Νομική και Ιατρική Σχολή, το πανεπιστήμιο των Παρισίων (1215), το πανεπιστήμιο της Πάντοβας (1215), της Νεάπολης (1225) και πριν από αυτά η ιατρική σχολή του Μονπελιέ το 1150. Το πιο σημαντικό ήταν η

μετάφραση στα λατινικά πολλών αλχημιστικών έργων και δημιουργία πηγών βιβλιογραφίας, οι οποίες κάλυπταν τη συνέχεια της άσκησης της αλχημιστικής πρακτικής.



Η πυραμίδα των 7 σκαλοπατιών (7 μετάλλων) και των δύο λιονταριών (φιλότιτος-νείκους ή συμπάθειας-αντιπάθειας ή έλξης-άπωσης) από το βιβλίο του Andreas Libavius, *Alchymia*, Frankfurt, 1606.

Ο 14ος αιώνας είχε μία καλύτερη τύχη όπως είδαμε στις προηγούμενες παραγράφους. Περισσότερο θα λέγαμε στον αιώνα αυτό συστηματοποιήθηκαν οι αλχημιστικές πρακτικές κι απλώθηκαν έστω και με νοθεύσεις ή αγυρτείες σε όλα τα γνωστά ευρωπαϊκά κέντρα. Εμπλουτίστηκαν τα όργανα και οι συσκευές του αλχημιστικού εργαστηρίου, και τα προϊόντα του περιορίστηκαν σε τομείς και δραστηριότητες κοινωνικά αποδεκτές, όπως αυτές που εξυπηρετούσαν τις δραστηριότητες του γιατρού. Τότε το επάγγελμα του φαρμακοποιού ήταν ενσωματωμένο με αυτό του γιατρού, ο οποίος διέθετε και ένα μικρό εργαστήριο (έναν πάγκο) για την παρασκευή των φαρμάκων και ένα ντουλάπι για την αποθήκευσή τους. Η μεταλλουργία είχε μία μικρή οπισθοχώρηση κι αβέβαιο μέλλον, γιατί η αλχημεία είχε χαρακτηριστεί από την εκκλησία απόκρυφη τέχνη και οι διώξεις ήταν πολλές και καταλυτικές. Άλλωστε η αλχημιστική αγυρτεία είχε απλωθεί σε επικίνδυνο βαθμό και ουσιαστικά υποστηριζόταν αν και διωκόμενη, από τις πολλαπλές απαγορεύσεις και διώξεις που επέβαλε η καθολική εκκλησία, όχι μόνον σε αυτή αλλά και σε όλες τις επιστήμες.

Ο 15ος ήταν ένα σκίρτημα της αναγέννησης. Η πυρίτιδα τοποθέτησε νέα δεδομένα και κατέστησε τη μεταλλουργία για την κατασκευή πυροβόλων όπλων αναγκαία. Ο πόλεμος άρχισε να αλλάζει μορφή και οι νέες ανάγκες έδωσαν τις προϋποθέσεις να γεννηθεί κάτι νέο στην αλχημεία, η χυμεία του 16ου αιώνα και του 17ου αιώνα. Τα βιτρό¹⁷ (vitraux, έγχρωμοι ύαλοι, από το λατινικό vitrum), που αποτέλεσαν τις εντυπωσιακές διακοσμήσεις των καθεδρικών ναών της Ευρώπης, προώθησαν την υαλουργία και αντιστάθμισαν τους πολύτιμους λίθους, που εισάγονται από την Ανατολή.

Η ιδέα της χημικής συγγένειας του Albertus κυμαινόταν μεταξύ της αριστοτέλειας *αφής* και της εμπεδόκλειας *φιλίας* ή της ψευδοδημοκρίτειας *συμπάθειας*. Ο Ζώσιμος ο Πανοπολίτης χρησιμοποιούσε τον όρο *συγγένεια*. Το μεγάλο κύρος του Albertus καθιέρωσε τον όρο *affinitas*, η οποία προσδιόριζε την έλξη των ομοιόσημων σωματιδίων. Γράφει ο ψευδο-Δημόκριτος (Βώλος ο Μενδήσιος, 2ος αιώνας π.Χ.): «Κολοιός γαρ παρά κολοιόν ιζάνει και ως αεί το όμοιον άγει ο Θεός εις το όμοιον. Και γαρ τοις αγιαλεις αι όμοιοι ψήφοι κατά τους αυτούς τόπους ορώνται, κατ' άλλο μεν αι σφαιροειδεις, κατ' άλλο δε αι επιμήκεις. Και επί δε των κοσκινευόντων επί το αυτό συναλίζονται τα ομοιόσημα, ώστε, χωρίς τους κυάμους και τους ερέβινθους». Κάθε σωματίδιο, από τα παραδείγματα που αναφέρονται, το οποίον κινείται, έχει την τάση ή τείνει να λάβει την αρμόζουσα θέση του στον κόσμο, οπότε δεν

¹⁷ Η ονομασία βιτρό προήλθε από το βιτριόλι (θειικό οξύ), που χαράσσει το γυαλί, και η ονομασία vitriolium συναντήθηκε κατά πρώτον σε ένα λατινικό χειρόγραφο του 8ου αιώνα, μετάφραση ελληνικού, με τίτλο: «Συνθέσεις βαφικής» («*Compositiones ad tigdenda*»), αναφερόμενο σε θεωρίες της Βαφής.

είναι τυχαίο να παρατηρούμε σωρούς παρόμοιων σωματιδίων. Είναι αυτό που επαναλαμβάνουν οι Λατίνοι «*similia similibus*», ή αυτό που διακήρυτταν οι τότε χημικοί «*όμοια ομοίοις διαλύονται*», δηλαδή οι ρητίνες από τα έλαια και τα μέταλλα από τον υδράργυρο. Η διάλυση των μετάλλων στα οξέα ήταν αυτή που αναιρούσε τον κανόνα, όπως και η αντίδραση των αλκαλίων με τα οξέα. Τα τελευταία αυτά φαινόμενα έδωσαν λαβή, να υποστεί το κεφάλαιο της συγγένειας μεγάλη κριτική, ειδικά μάλιστα όταν αυτή εχρησιμοποιείτο ως συμπάθεια. Ο Boyle τους όρους συμπάθεια και απέχθεια (έλξη κι άπωση, φιλία και νείκος του Εμπεδοκλή) τους θεωρούσε ως όρους αναφερόμενους σε έλλογα όντα, κάνοντας διάκριση ελλόγων και αλόγων όντων, οπότε ήταν ακατάλληλοι για τη χρήση τους στη χυμεία και στη φυσική. Η φύση της χημικής συγγένειας είναι γεγονός ότι, απασχόλησαν όλους τους χημικούς του 17ου αιώνα, ιδιαίτερα αυτούς που είχαν αποδεχτεί την επικούρεια (ή δημοκρήτεια) θεώρηση της ύλης, την ατομική σύστασή της και την πειραματική επιβεβαίωση των οποιοδήποτε ισχυρισμών για τα χημικά φαινόμενα. Στην αρχή προσπάθησαν να δώσουν κάποια υπόσταση από το γεωμετρικό σχήμα των ατόμων (σωματιδίων ή μορίων) και στη συνέχεια σε συνδυασμό γεωμετρικού σχήματος των ατόμων και μιας ελκτικής δύναμης μικρής εμβέλειας. [1, 44, 58]

Ο 15ος αιώνας εξέθρεψε μια πλειάδα αλχυμιστών, οι οποίοι ανέπτυξαν την τεχνολογική πείρα των αρχαίων Ελλήνων, ιδιαίτερα τον αμβικισμό (συστοιχείες και ποικιλία αποστακτικών συσκευών), χάριν του οποίου παρασκεύαζαν μεγάλες ποσότητες οξέων και άλλων ουσιών, τη μεταλλουργία και την τέχνη των πυροβόλων όπλων με την πυρίτιδα.

Η πραγματεία του Μάρκου Γραικού¹⁸ «*περί πυροτεχνουργίας*» είχε διασωθεί στη λατινική της μετάφραση ως «*Liber Ignium ad Carburendos Hostes*» («Βιβλίο περί πυρών για την πυρόληση των εχθρών»), ήταν προπομπός της πυρίτιδας, τα αναφερόμενα γραικικά πυρά (*feux gregoises*) από τους Σταυροφόρους. Ο Βάκων ασχολήθηκε με την παρασκευή της πυρίτιδας, απλώς δεν εκτιμήθηκε από την εκκλησία. Αν ήταν όμως στην αυλή κάποιου ηγεμόνα, θα είχε καλύτερη τύχη. Ο στρατιωτικός γιατρός Giovanni da Fontana περί το 1440 χρησιμοποίησε ρουκέτες, κάνοντας εντυπωσιακές επιδείξεις στον αέρα και διαβολικές μορφές που εκινούντο με πυρίτιδα στο νερό. Οι διάφοροι ηγεμόνες άρχισαν τότε να δείχνουν ένα σκεπτικισμό στις δραστηριότητες της αλχυμείας, που μέχρι τότε επιρρεασμένοι από την εκκλησία, τις θεωρούσαν πρακτικές μαγείας και διαβολικών υπερφυσικών γεγονότων. Η πυρίτιδα εξυπηρετούσε τις επεκτατικές βλέψεις τους και η χρήση της δεν άργησε να παίρνει σάρκα και οστά. Μία πρώτη πολεμική χρήση αναφέρεται στο Ανόβερο από τον εντόπιο ηγεμόνα το 1453. Κατασκευαστής θεωρείται ο μοναχός Berhold Schwarz ή Niger. Μια άλλη εφαρμογή έχουμε την ίδια εποχή στην άλωση της Κωνσταντινούπολης, όταν ο ούγγρος Urbane (Ουρβανός) κατασκεύασε το μεγάλο κανόνι, που εκτόξευε μεγάλες πέτρες στο τείχος της Πόλης, προσπαθώντας να κάνει ρήγματα προσπελάσιμα από του γενίτσαρους.

Το 16ο αιώνα η χυμεία απέκτησε μία δυναμική ιδιαίτερα στο θεωρητικό τομέα. Είναι η εποχή της Ιατροχημείας του Παράκελσου, εποχή σύνδεσης της χυμείας με την ιατρική, που η τελευταία έδρασε ως άλοθι για την απομάκρυνση των διώξεων, των οποίων είχε υποβληθεί. Τον αιώνα αυτόν η ιδέα της χημικής συγγένειας χρησιμοποιήθηκε καταλλήλως από το γερμανό αυτοδίδακτο χημικό Johann Rudolph Glauber (1604 – 1668/70), όταν συσχέτισε τις τάσεις των ουσιών να ενώνονται κατά τις χημικές μεταβολές. Αντί για τον όρο *συγγένεια* (Affinity) χρησιμοποιούσε τον όρο *συμπάθεια* (sympathy). Ο Glauber έζησε κατά τη διάρκεια του τριακονταετούς πολέμου, γι' αυτό αναγκάστηκε να κάνει πολλές της στη

¹⁸ Χειρόγραφα με αριθμούς 7156 και 7158 της Εθνικής Βιβλιοθήκης του Παρισιού, του 9ου ή αρχών του 10ου αιώνα, βυζαντινής προέλευσης (ιστορικές έρευνες του γερμανού Lippmann, του Hoffer και του γάλλου Berthelot).

ζωή του. Ένας από τους ενδιάμεσους σταθμούς ήταν το Άμστερνταμ και σ' αυτό κατέφυγε κατά το τέλος της παραγμένης του ζωής. Έγραψε πάνω από σαράντα έργα, μεταξύ των οποίων ξεχωρίζουν το «*Tribus principi metallorum*» (Οι τρεις αρχές των μετάλλων), το «*De igne philosophorum*» (Το φιλοσοφικό φως), το «*Elia artista*» (Ο Ηλίας ο των τεχνών) και το πιο σπουδαίο από όλα το «*Novi furni philosophici*» (Οι νέες κάμινι των φιλοσόφων, Άμστερνταμ 1648-50)), στο οποίο αναπτύσσονται τόσο πιο εμπειριστατομένες σκέψεις για τη χημική συμπάθεια, όσο και ποικίλα θέματα χημικής τεχνολογίας, ιδιαίτερα της απόσταξης και της εκκαμίνευσης των μετάλλων, έτσι ώστε να κατατάσσουν το Glauber ως έναν από τους πρώτους βιομηχανικούς χημικούς. Οι μέθοδοι παρασκευής του υδροχλωρικού και νιτρικού οξέος ήταν πράγματι πρωτοποριακοί και εξαιρετικής απόδοσης. Παρατήρησε ότι τα οξέα αυτά παραλαμβάνονται από τα άλατά τους, οπότε παρέλαβε αυτά από την απ' ευθείας επίδραση του βιτριολίου (θειικού οξέος, H_2SO_4) επί των αλάτων αυτών. Μετά από αυτή την απλή παρασκευή αυτών των χαρακτηριστικών οξέων, ο Glauber παρασκεύασε μια σειρά από θειικά άλατα με πιο γνωστό το *άλας Glauber* (νάτριο θειικό, Na_2SO_4), το οποίον ο ίδιος το ονόμαζε *sal mirabile* (θαυμαστόν άλας). Σε ένα άλλο έργο του, το «*Pharmacopoeia Spagyrica*» (Σπαγυρική Φαρμακοποιία, Νυρεμβέργη 1654), έγραψε συνταγές με πολλά ιατροχημικά φάρμακα.

Παρασκεύαζε μια σειρά χλωριούχων αλάτων (χλωριδίων μετάλλων) όπως το υδράργυρος (II) χλωρίδιο ($HgCl_2$) με την ονομασία τότε *sublimé*, το χλωρίδιο (IV) κασσίτερο με την ονομασία *spiritus fumans Libanii* και το αντιμόνιο (III) χλωρίδιο με την ονομασία *butyrum antimoni*. Δεν ήταν καλός μόνον παρασκευαστής, αλλά ταυτόχρονα προσπαθούσε να ερμηνεύσει τα χημικά φαινόμενα, δίνοντας αξιόλογες επεξηγήσεις. Το πρώτο άλατι το παρασκεύαζαν με απόσταξη διαλύματος υδραργύρου (II) θειικού και νάτριο χλωριδίου (μαγειρικού άλατος) και τα άλλα από το *sublimé* ($HgCl_2$) με θέρμανση είτε κασσίτερο σουλφιδίου είτε αντιμόνιο σουλφιδίου. Ο Glauber ερμήνευσε την αντίδραση αυτή σημειώνοντας:

«*Μόλις το μίγμα sublimé ($HgCl_2$) και του φυσικού μέλανος αντιμονίου (Sb_2S_3) υποστούν την επίδραση του πυρός, το πνεύμα (οξύ) που είναι ενωμένο με τον υδράργυρο συμπαθεί περισσότερο το μέλαν αντιμόνιο και αφού το προσβάλλει, σχηματίζει βούτυρο του αντιμονίου ($SbCl_3$). Συνεπώς αυτό δεν είναι τίποτα άλλο παρά το προϊόν της αμοιβαίας διάλυσης (dissolution) του κανονικού αντιμονίου και του σίρτου του άλατος [*spiritus salis, muriatic acid, acidum salis, HCl (aq)*, δηλαδή του υδροχλωρικού οξέος]. Όσον αφορά το θείο του φυσικού (μέλανος) αντιμονίου αυτό ενώνεται μετά του υδραργύρου και σχηματίζει κιννάβαρι, η οποία επικάθεται στα τοιχώματα του αποστακτικού σωλήνα (κέρατος). Ο έμπειρος μάλιστα χημικός μπορεί να βρει σ' αυτό, όλη την αρχική ποσότητα του υδραργύρου που χρησιμοποιήθηκε. Καθείς δικαιούται, να πιστεύει βεβαίως, ότι θέλει. Εγώ γράφω αυτά που πιστεύω και για χάρη της αλήθειας». Τα τελευταία λόγια του φαίνεται γράφτηκαν, για να αντικρούσουν πολλούς που δεν πίστευαν τις καινοτομίες του, τις οποίες όμως κρατούσε ως προς τον τρόπο παρασκευής μυστικές.*

Το ενδιαφέρον του Glauber για τα άλατα άφησε μια καλή κληρονομιά για τους επόμενους χημικούς και για την προώθηση του θεωρητικού περιεχομένου της χημικής συγγένειας. Με την παρασκευή μεγάλων ποσοτήτων οξέων (θεικού, νιτρικού και υδροχλωρικού) είχε τη δυνατότητα να επεξεργάζεται πολλά μέταλλα, καθώς και τις σποδούς (οξειδία τους) τους και να παρασκευάζει άλατα πολύ καλής μάλιστα ποιότητας. Με την αυξημένη παρατηρητικότητα του και τη μεγάλη του εμπειρία, διέκρινε ότι τα συστατικά μέρη του άλατος είναι δύο, κάποιο οξύ και κάποιος λίθος (οξείδιο) ή γη (ψάμμος) ή μέταλλο. Παρατήρησε επίσης ότι τα ουδέτερα άλατα μπορούν να αντιδράσουν μεταξύ τους με τη διάλυσή τους στο νερό και να σχηματίσουν νέα άλατα (αποτέλεσμα αντίδρασης διπλής αντικατάστασης). Κατά την παρασκευή salpeter (νίτρου, ή κάλιο νιτρικό, KNO_3) από aqua fortis (νιτρικό οξύ) και sal Tartari (κάλιο ανθρακικό, K_2CO_3) το παραγόμενο αέριο aer fixus (διοξείδιο του άνθρακα) αποτελούσε ένα ενδεικτικό σημείο για την πλήρη εξουδετέρωση. Από τέτοιες αντιδράσεις έχει γίνει κατανοητό ότι, τα διαφορα οξέα έχουν διαφορετική ισχύ. Εκφράζοντας αυτό το γεγονός σε όρους, φαίνεται ότι έδωσε κάποιες ερμηνείες, που ήταν μία πρώτη προσέγγιση του περιεχομένου της χημικής συγγένειας. Γράφει στο «*Novi furmi philosophici*»: «Όπως ένα μέταλλο είναι διαφορετικής φύσης από ένα άλλο, έτσι ακριβώς όσα είναι όμοια στο να αγαπούν το ένα το άλλο και όσα είναι ανόμοια να απεχθάνονται το ένα το άλλο· και όταν υπάρχουν κάμποσα μέταλλα σε μία μάζα και εσύ προτίθεται να τα χωρίσεις, είναι αναγκαίο αυτό να το κάνεις προσθέτοντας ένα πράγμα που να έχει συγγένεια (affinity) με το περισσότερο ατελέστερο συστατικό και να εχθρεύεται το με το περισσότερο τέλειο συστατικό. Για παράδειγμα, το θείο είναι ένας φίλος για όλα τα μέταλλα, εκτός από το χρυσό που τον μισεί· αλλά ακόμη αγαπά (και τα ατελή μέταλλα) το ένα περισσότερο από το άλλο». Η έννοια της συγγένειας του Glauber πλησιάζει τη φιλία και το νείκος του Εμπεδοκλή. Συνεχίζει στην ίδια πραγματεία του: «*Novi furmi philosophici*»: «*Η άμμος και τα παρόμοια με αυτήν σώματα έχουν στενή σχέση (Gemeinschaft) με το sal tartari, γιατί αυτά συμπαθώνται αμοιβαίως και δύσκολα αποχωρίζονται*». [1, 44]

Η μυστικιστική χημεία των αλχυμιστών με τον Glauber¹⁹ παραμερίστηκε, γιατί οι μυστικές μέθοδοί του παρασκευής των αλάτων και των οξέων ήταν προς πώληση, άρα προσιτές στον καθένα που είχε χρήματα και χρειαζόταν να εμπορευτεί τις ουσίες αυτές. Ο αριστοτελικός «ορθολογισμός», η συγκριτική σχέση της αντίδρασης των οξέων επί των σποδών (οξειδίων μετάλλων), η σχέση του θείου με τα μέταλλα, δημιούργησαν τις βάσεις για μια νέα αρχή στη χημεία και το θάνατο της αλχυμείας με το πέπλο συσκοτισμού των δραστηριοτήτων της που τη συνόδευαν. Η *γένεσις των μετάλλων* δεν ξεπεράστηκε όμως και ο θρύλος της παρασκευής *χρυσογόνου μίγματος* ήταν ακόμη παρούσα. Ήταν η εποχή όμως που εκκόλαψε την ατομική θεωρία και την ανατροπή του ευμετάβλητου στοιχείου. Ήταν η αυγή του των απαρχών της σύγχρονης χημείας, η είσοδος των οποίων συνέβη με το Robert Boyle.

Οι θεωρήσεις της *χημικής συμπάθειας* είχε ανταπόκριση και στη λογοτεχνία. Το 1617 γράφτηκε ο «*Χυμικός Γάμος του Cristian Rosenkreutz*», έργο του John Valentine Andreae, μια συμβολική ιστορία ενός ιππότη του Κρίστιαν Ρόζενμπεργκ σε ένα θαυμαστό κάστρο, στο οποίο γίνεται μάρτυρας μιας αλχυμικής ανάστασης των βασιλέων του κάστρου. Το έργο έχει μεταφραστεί στα ελληνικά από τον Θ. Σιαφαρικά σε μια καλαίσθητη έκδοση του οίκου ΙΑΜΒΛΙΧΟΣ, Αθήνα 1989, (527).

¹⁹ Γνωστό είναι το αλάτι Γκλωμπέρ (Glaubersalz), το θειικό νάτριο (Na_2SO_4).

2.8 Προφλογιστική περίοδος και συγγένεια

Η θεωρία του φλογιστού αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του 17^{ου} αιώνα και προσπάθειά της ήταν να δώσει κάποια ερμηνεία στα φαινόμενα της καύσης, της **εκκαμίνευσης (calcination)** των μετάλλων ή αποτέφρωσης υλικών. Ήταν μία προσπάθεια, η οποία αποτελούσε συνέχεια των άλλων συστηματικών προσπαθειών του 16^{ου} αιώνα, που είχαν κάνει σκαπανείς της μεταλλουργίας, ο σημαντικότερος και πιο συστηματικός των οποίων ήταν ο Georgius Agricola, γιατρός ορυχείων της Γερμανίας. Στο “**De natura fossilium**” (Περί της φύσης των απολιθωμάτων), που εκδόθηκε στα 1546, περιείχε μία πολύ συστηματική ταξινόμηση των διαφόρων ορυκτών και λίθων. Ταξινόμησε τα διάφορα ορυκτά σε έξι τάξεις, την τάξη των:

- **Γαιών** (άργιλος, κρητίς, ώχρα κλπ.),
- **Πετρωμάτων,**
- **Λίθων** (κοινοί, ημιπολύτιμοι, πολύτιμοι, φυσικοί και προϊόντα έγκαισης),
- **Στερεοποιημένων χυμών** (άλατα),
- **Μετάλλων** και
- **Σύνθετων σωμάτων** (διάφορα μεταλλεύματα, όπως οι πυρίτες, ο γαληνίτης κλπ.).

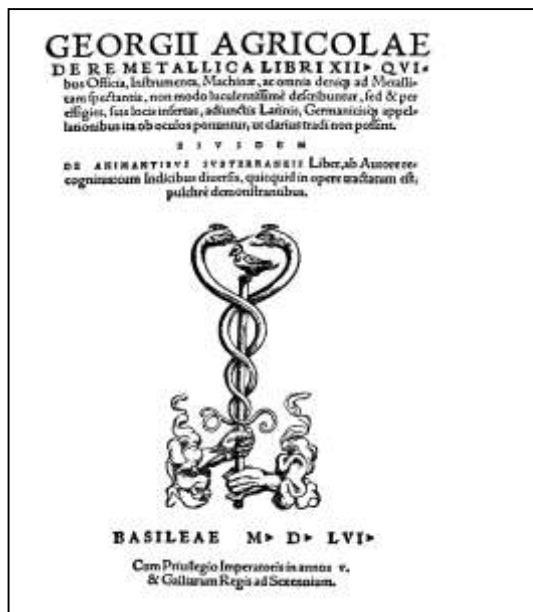


Ο Georgius Agricola (1490 ή 94-1555) ή Georg Bauer γεννήθηκε στο Glauchau της Γερμανίας (Σαξωνία). Σπούδασε Φιλοσοφία και Ιστορία στο Πανεπιστήμιο της Λειψίας και ασχολήθηκε επί διετία με τη διδασκαλία αρχαίων γλωσσών. Επανείλθε στο ίδιο Παν/μιο και σπούδασε ιατρική. Αρχικά εργάστηκε ως δημοτικός γιατρός στο Johachimstahl και αργότερα στη βιομηχανική πόλη του Schemnitz. Δεν αναμείχθηκε στη διαμάχη των οπαδών και κριτών του Παράκελσου (1).

Ο Agricola επηρεάστηκε έντονα από τις ελληνικές προσπάθειες του Θεόφραστου (*Περί λίθων, Περί πυρός*), του Αριστοτέλη (*Περί γενέσεως και φθοράς*) και των κατατάξεων που είχαν κάνει κάποιοι «χυμενταί» των ελληνιστικών χρόνων, οι οποίες στηριζόντουσαν στις φυσικές ιδιότητες των ορυκτών και λίθων. Το έργο του Agricola, που αποτέλεσε σταθμό και γέννησε το υπόβαθρο της πρώτης θεώρησης για τα χημικά φαινόμενα, ήταν το “*De re metallica*” (Περί των μεταλλικών πραγμάτων). Ήταν ένα ογκώδες έργο, εξακοσίων σελίδων, πληρέστατο, που κάλυπτε όλα όσα αφορούν τις μεταλλευτικές διαδικασίες, μέχρι τα στοιχεία ιατρικής αγωγής των μεταλλορύχων και της δομικής αρχιτεκτονικής υγιεινής των μεταλλευτικών εγκαταστάσεων. Το έργο αυτό εξεδόθηκε το 1555, χρονιά που πέθανε ο Agricola και έγινε ανάρπαστο από τεχνίτες και βιοτέχνες, ενώ αγνοήθηκε από τους συγχρόνους του επιστήμονες. Στην εισαγωγή του “*De re metallica*” φαίνεται καθαρά ο επηρεασμός του Agricola από την ελληνιστική περίοδο, την επονομαζόμενη από πολλούς σήμερα *χυμεντική περίοδο*, στην οποία αναφέρονται πολλοί σοφοί και οι μεταλλουργικές τους ανακαλύψεις, όπως ο Ολυμπιόδωρος, ο ψευδο-Δημόκριτος, ο Αγαθοδαίμων, ο Ερμόλαος, ο Οστάνης και ο Ζώσιμος ο Πανοπολίτης μετά της αδελφής του τελευταίου Θεοσέβειας (72). Φυσικά επηρεάστηκε και από τους νεότερους άραβες αλχημιστές, όπως ο Jabir Ibn Hayian (8ος αιώνας μ.Χ.) και από διάσημους αναγεννησιακούς αλχημιστές, όπως ο Raymond Lully, Arnold de Villanova κ.ά.

Οι αλχημιστικές δοξασίες δημιουργούσαν εμπόδια για την αναγνώριση των νέων μετάλλων πέραν των **επτά** αποδεκτών μέχρι την εποχή εκείνη. Στο βιβλίο αυτό όμως εμφανίστηκαν μέταλλα, που εθεωρούντο εκφάνσεις άλλων αποδεκτών, όπως ο **ψευδής άργυρος** του Αριστοτέλη, ο γνωστός σε μας ψευδάργυρος ή zinc (τζίνγκος, ή κίγκος κατά τον Ηλιάδη), ή εντελώς νέα όπως το κοβάλτιο και το βισμούθιο. Στο “*De re metallica*” περιγράφονται με ακρίβεια υποδείγματα χημικών μεθόδων της μεταλλουργίας.

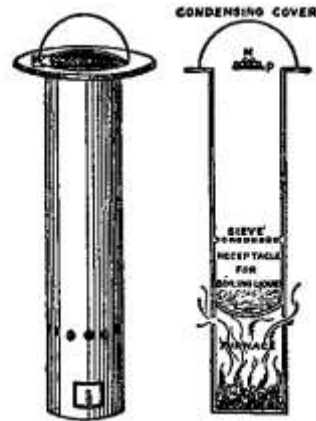
Απεικονίζονται φούρνοι εκκαμί-νευσης μετάλλων, αποστακτικών συσκευών και ποσοτικών πληροφοριών των χημικών διαδικασιών. Όλα αυτά αναφέρονται με πλήρεις λεπτομέρειες, ώστε το αποτέλεσμα σε όποιον ήθελε να επαναλάβει τη συγκεκριμένη μεταλλευτική εργασία να είναι επιτυχές. Οι χρησιμοποιούμενοι όροι των εκκαμινεύσεων και των φούρνων ήταν ελληνικοί, όπως *άσβεστος* (asbestos), *καπνοδόχη*, *χυμεντικά*, *σμίρις* (smiris), *καδμία* (cadmia), *ιάσις* (jaspis), *μίκα* (mica), *μαγνήτης* (magnetis), *αχάτης* (achatis), *τροχίτις* (trochitis), *τρίπους* (tripus), *μόλυβδος κεκαυμένος* (molybdos cecaumenos, Διοσκουρίδης, ν, 56) και λατινικές.



Η *σποδός* (spodos, όρος που συναντάμε στον Διοσκουρίδη) κατά τον Agricola και η *πομφόλυξ* (pompholyx) αποδείχτηκε ότι ήταν οξείδια του ψευδαργύρου. Η *πομφόλυξ* (φουσκαλίδα) ως ακαθαρσία σε μεταλλουργικές κατεργασίες αργύρου επέπλεε του βαρέος μετάλλου, σχηματίζοντας μικρές φουσαλλίδες. Γνώριζε ότι ήταν βαρύτερη του μετάλλου. Μάλιστα χρησιμοποιούσε ως μονάδα βάρους τη *δραχμή* (drachma, **dram**) και έδινε ακριβείς πληροφορίες για το βάρος της τέφρας και των φουσαλλίδων που αφαιρούσε με κουτάλα από το τετηγμένο μέταλλο. Αυτές οι διαπιστώσεις του Agricola ήταν γνωστές από τους ελληνιστικούς χρόνους, όμως παρέμειναν στη λήθη καταχωνιασμένων έργων, που διασώθηκαν σε μοναστήρια ή σε αραβικές μεταφράσεις. Τα οξείδια των μετάλλων, οι *σκωρίες* ή οι *σποδοί* ή *τέφρες* τους ονομάστηκαν **CALX**.

Τα **επτά μέταλλα** είχαν γίνει πλέον ο χρυσός, ο άργυρος, ο λευκόχρυσος, ο χαλκός, ο κασσίτερος, ο μόλυβδος και ο σίδηρος. Ήταν γνωστά κι άλλα μέταλλα, τα οποία θεωρούσαν ως **ημιμέταλλα** ή **ατελή μέταλλα** (532), όπως ο υδράργυρος, το αρσενικόν, το **στίμμι** (αντιμόνιο), ψευδάργυρος κ.ά. Η έννοια του στοιχείου ως απλού σώματος που δεν αναλύεται σε άλλα πιο απλά, ήταν κομβικό σημείο για την ορθότερη ταξινόμηση των ουσιών και την κατανόηση της αληθινής φύσης τους. Το κοβάλτιο επίσης πιθανόν γνωστό κατά το μεσαίωνα, δεν ανήκε αρχικά στα μέταλλα αλλά μέχρι το 1802στα ημιμέταλλα. Στη *Φυσική Πειραματική* του Βαρδάλαχου (1812) το κοβάλτιο ανήκει πλέον στα μέταλλα. [118, 532, 533]

Σε όλες αυτές τις μεταλλουργικές διαδικασίες ένα πράγμα πολύ ουσιαστικό παρέμενε αδιευκρίνιστο, απαραίτητο όμως για να αναπτύξουν υψηλές θερμοκρασίες και να πάρουν καθαρό το μέταλλο από τις ορυκτές ενώσεις του. Ήταν ο ρόλος του αέρα τόσο κατά την εκκαμίνευση των μετάλλων όσο και γενικότερα κατά τις χημικές αντιδράσεις που υπέβαλλαν αυτά στους *κηροτακίδες* για τη βελτίωση ή επιφανειακή τροποποίηση. Αυτός ο ρόλος έμελε να διασαφηνιστεί με την κατάρριψη της αντίληψης ότι ο αέρας είναι στοιχείο και όχι μίγμα αερίων. Η διευκρίνιση αυτή είναι συναρπαστική και εμπλέκεται με την πρώτη νεοτερίστικη θεωρία που εμφανίστηκε στις απαρχές της σύγχρονης χημείας.



Ο **κηροτάκις** ή **κηροτακίδης** κατά τους βυζαντινούς ήταν μια παραλλαγή του άμβικα με ενσωματωμένο φούρνο. Εγχεσιμοποιείτο κυρίως για τη «μελάνωση» των μετάλλων. Η *μελάνωσις* ήταν ένα επιφανειακό μαύρισμα των μετάλλων (βαφή), που δινόταν για λόγους καλαισθησίας. Άλλες επεξεργασίες, που αποκτούσε το μέταλλο ήταν η «λευκάνωση» και η «ξάνθωση», η οποία εδίδετο για να προσεγγίσει τα ευγενή μέταλλα, δηλαδή τον άργυρο και χρυσό αντιστοίχως.

Η αποτέφρωση των μετάλλων υπήρξε ένα αντικείμενο μελέτης που απασχόλησε ακόμη και τον Παράκελσο, ο οποίος αποκαλούσε τις σκωρίες ως *πτώματα μετάλλων* (*caput mortum*), δηλαδή ουσίες που έχουν χάσει την ψυχή τους. Η ψυχή των μετάλλων κατά τον Παράκελσο, ο οποίος επαναλάμβανε τις ιδέες ενός αλχυμιστή του Cardenus ή Cardan, ήταν το θείο. Το αιθέριο αυτό σύνθεμα χανόταν κατά την αποτέφρωση και η απώλεια αυτή έδινε βάρος *εις τας σποδούς*: μια τοποθέτηση ύπαρξης αρνητικού βάρους. Ο Scalinger (16ος αιώνας) υπέθεσε ότι η αύξηση του βάρους των σποδών οφειλόταν στα λεπτά φυσαλλίδια αέρα, που είχαν εγκλωβιστεί. Ο Geber γνώριζε ότι, όταν ο μόλυβδος αποτεφρωνόταν, αποκτούσε μεγαλύτερο βάρος, αλλά αδυνατούσε να δώσει κάποια ερμηνεία, όταν η όλη χυμευτική τότε θεώρηση δεν μπορούσε να οδηγήσει σε κάποια ασφαλή συμπεράσματα. [502, 1]

Το 17ο αιώνα ο γάλλος φυσιοδίφης Le Ferbune θεώρησε ότι, η αύξηση του βάρους της σκουριάς ενός μετάλλου οφείλεται στην απορρόφηση κάποιων υλικών συστατικών από τη φλόγα. Ο Tachenius σύμφωνα με τη θεωρία των όξινων και αλκαλικών στοιχείων, γνωρίζοντας τη **συγγένεια** της σκουριάς προς τα οξέα (την αντίδραση δηλαδή της σκουριάς, οξειδίων μετάλλου με οξέα), η αύξηση του βάρους της σκουριάς οφειλόταν στην απορρόφηση των όξινων συστατικών του πυρός. Υπήρχε μια έντονη προσπάθεια να ανιχνευθεί η φύση και ο ακριβής ρόλος του αέρα, όπως και της φωτιάς.

Το 17ο αιώνα άρχισαν να εμφανίζονται συστηματικότερες μελέτες για τη σύσταση και τις ιδιότητες του αέρα, αναπτύσσοντας ένα κεφάλαιο, αυτό της επωνομαζόμενης **πνευματικής χυμείας**. Η εισαγωγή των μελετών αυτών συνέβη το 1575 με τη δημοσίευση μιας πλήρους μετάφραση των «*Πνευματικών*» του Ήρωνα, μια πραγματεία με λιγότερα φιλοσοφικά στοιχεία, αλλά με περισσότερες πρακτικές πληροφορίες. Ταυτόχρονα έγιναν γνωστές οι εργασίες του Κτησίβιου και του μαθητή του Φίλωνα του Βυζάντιου (Βυζάντιο 260 – Αλεξάνδρεια 180 π.Χ.), το πιο σημαντικό έργο του τελευταίου ήταν τα «*Πνευματικά*». Στα *Πνευματικά* του ο Φίλωνας περιγράφει 78 συσκευές, που λειτουργούν με ατμό και αέρα (30). Τα «*Πνευματικά*» του Φίλωνα μεταφράστηκαν από τα αραβικά κείμενα, που είχαν εκδοθεί επί Αλ Μαιμούν, και περιελάμβαναν 65 κεφάλαια, αλλά μόνο 16 έχουν μεταφραστεί στα λατινικά (77). Τα έργα αυτά του Ήρωνα, Κτησίβιου και Φίλωνα ήταν γνωστά στον Ιταλό Torricelli και τους Άγγλους Boyle, Mayow, Hooke, Newton, οι οποίοι συνεισέφεραν με τις πειραματικές μελέτες τους στην εξιχνίαση του αέρα και το χημικό του ρόλο στα φαινόμενα

της εκκαμίνευσης και της αναπνοής. Την ίδια εποχή άρχισε η ευρύτατη διάδοση των ατομιστικών ιδιοτήτων της ύλης, από τον επικουριστή Γάλλο φιλόσοφο Pierre Gassendi (1592 – 1655). Η σωματιδιακή φύση της ύλης και η ύπαρξη κενού καθιερώθηκαν στη θεωρητική σκέψη όλων των προηγούμενων Άγγλων ερευνητών.



Αντίγραφο της αιολόσφαιρας του Ήρωνα.

Ο Leonardo da Vinci (1452 – 1519), πιο κοντά στα μοναστηριακά αρχεία των αρχαίων Ελλήνων μηχανικών, είχε διατυπώσει κάποιες ασαφείς απόψεις για την καύση και το ρόλο του αέρα. «*Το πυρ ζοδεύει αδιαλείπτως τον τροφοδότη αέρα και θα σχημάτιζε σίγουρα κενό αν δεν ανανεωνόταν συνεχώς. Η φλόγα προκαλεί ένα συνεχές ρεύμα αέρα, που συντελεί στη διατήρησή της και την ζώηρευσή της... Ο καπνός, που παράγεται κατά την καύση, οφείλεται στο γεγονός ότι ο αέρας δεν εισχωρεί στο εσωτερικό της φλόγας, αλλά ζοδεύεται στο εξωτερικό μέρος της και μετατρέπεται ο ίδιος σε πυρ, σχηματίζοντας κενό, που γεμίζει με άλλον αέρα... Ο αέρας που καθίσταται ακατάλληλος για καύση, κανένα γήϊνο ον δεν μπορεί να ζήσει*».

Εκείνος, που επιχείρησε να ερμηνεύσει συστηματικότερα το φαινόμενο της εκκαμίνευσης των μετάλλων, ήταν ο Γάλλος γιατρός Jean Rey (1582/3 – 1645) σε μια μελέτη που δημοσίευσε το 1630 με τίτλο: «*Essays sur la recherche de la cause pour laquelle estain augment les poids*», μια αγγλική μετάφραση της οποίας από το 16ο μέρος και μετά, δημοσιεύεται στο INTERNET με τον τίτλο: «*On an Enquiry into the Cause wherefore Tin and Lead Increase in Weight on Calcination*», (‘Μια εξέταση στην περίπτωση αύξησης του βάρους του κασσιτέρου και του μολύβδου κατά την εκκαμίνευση’). Στα πρώτα 15 μέρη αυτής της μελέτης, ο Rey θέτει ισάριθμα θεωρήματα για να φθάσει στο 16ο μέρος, που επιγράφεται με τον αγγλικό τίτλο, «*Σαφής απάντηση στο γιατί ο κασσίτερος και ο μολύβδος αυξάνουν το βάρος τους, όταν εκκαμινευτούν*» (502).

Κατά το Rey όλα τα σώματα έχουν θετικό βάρος, γιατί τείνουν να πλησιάσουν το κέντρο της γης. Η επαλήθευση αυτής της αρχής με το ζυγό είναι δυνατό να μας οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα, γιατί δεν μπορούμε να ζυγίσουμε νερό μέσα στο νερό και αέρα μέσα στον αέρα. Κατά την απόσταξη ομοιογενών υγρών ως προς το ύδωρ, το βιτριόλι, το οινόπνευμα και το τερεβινθέλαιο, αυτά διαχωρίζονται σε δύο κλάσματα, το πιο ελαφρύ που αποστάζει πρώτο, και το υπόλοιπο που δέχεται επί μακρότερο την επίδραση του πυρός και καθίσταται βαρύτερο. Τις ιδιότητες αυτές που απέδιδε στα υγρά και στις αποστάξεις των μιγμάτων τους, απέδιδε ανάλογα και στον αέρα, θεωρώντας ότι αυτός συμπυκνώνεται κατά την εκκαμίνευση

με τη φωτιά και προσκολλάται στα πυρούμενα μέταλλα, προκαλώντας την αύξηση του βάρους τους. Γράφει: «*Επί του τεθέντος στην αρχή ερωτήματος, απαντώ και ισχυρίζομαι υπερήφανα ότι η αύξηση του βάρους του κασσιτέρου οφείλεται στον αέρα, ο οποίος συμπυκνώνεται μέσα στο χωνευτήρι και αποκτά με τη σφοδρότητα του πυρός τις προσκολλητικές (συγγενικές) ιδιότητες, ενούμενος έτσι με τη σκουριά στην επαφή του με αυτήν*». Ο Rey χρησιμοποίησε τον όρο της **συμπάθειας** και όχι της συγγένειας για να δείξει την τροποποίηση ενός μετάλλου σε calx (σκουριά, οξειδίο μετάλλου). Μάλιστα την ονόμασε «φανταστική **συμπάθεια** που δείχνει η σκουριά του κασσιτέρου με το άλας ...». Ο Rey έκανε έτσι ένα πρώτο βήμα στην ορθή ερμηνεία της οξειδωσης των μετάλλων, που δεν συνίσταται σε κάποια διάσπαση, αλλά σε ένωση με κάποια ποσότητα του αέρα. [502]



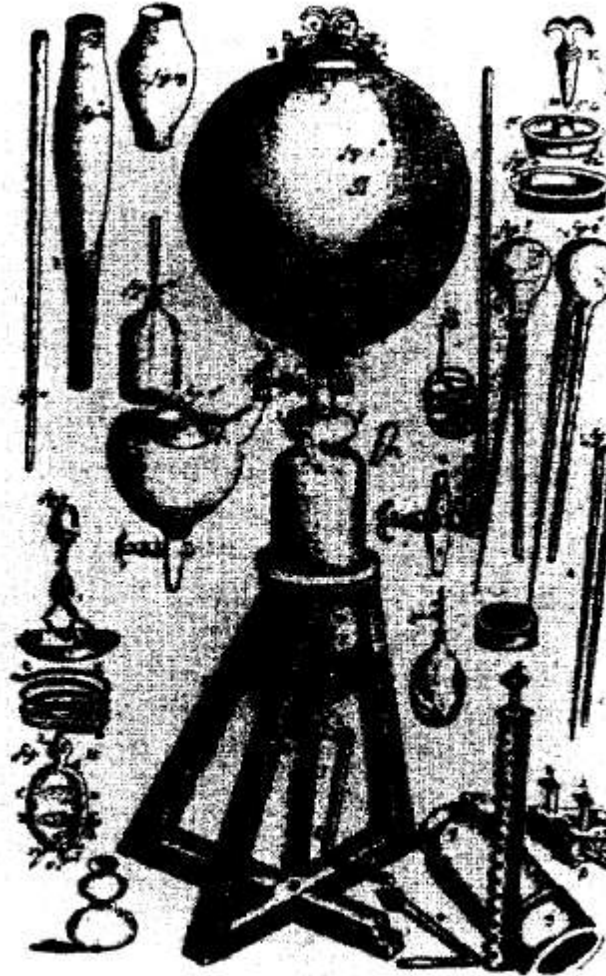
Robert Boyle (1629-1692)

Ήταν ο Evangelista Torricelli (1608 – 1647) στις 11 Ιουνίου του 1644 σε γράμμα του περιγράφει το **βαρόμετρο**, δίνοντας μια πιο συγκεκριμένη υπόσταση του αέρα, μετρώντας μια ιδιότητά του, αποδεχόμενος την ύπαρξη του κενού (vacuum). Ήταν η εποχή που ο νεαρός Boyle θα ταξίδευε στην Ιταλία και το πνευματικά αδειφάγο μυαλό του θα αφομοίωνε όλες αυτές τις ανακαλύψεις που συνέβαιναν στην Ιταλία του Torricelli, Gallilei και των εκπροσώπων της Αναγέννησης. Ο επικουριστής Γάλλος Gassendi είχε προετοιμάσει τη θεωρητική σκέψη τόσο του Boyle, όσο και του Hooke, για τη σωματιδιακή (ατομική) σύσταση του αέρα και την ύπαρξη κενού, νοητικά εργαλεία για την χάραξη ενός νέου υποβάθρου της χημείας. Ο Boyle με τη βοήθεια του Hooke κατασκεύασε μία αντλία κενού και παρατήρησε ότι, οι αντιδράσεις καύσεις διαφόρων εύφλεκτων ουσιών ήταν αδύνατες. Η **συμπάθεια** όρος συχνά χρησιμοποιούμενος από τους χυμικούς της εποχής του 15ου, 16ου και 17ου αιώνα δεν ήταν αποδεκτή από όλους. Μάλιστα ο Boyle στο **Sceptical Chymist** εύρισκε ότι ο όρος δεν ταιριάζει έτσι όπως αποδίδεται στα διάφορα χημικά φαινόμενα και ότι είναι ανάγκη να αντικατασταθεί ο όρος με άλλον πιο κατάλληλο. Η **συμπάθεια** και **αντιπάθεια** κατά τον Boyle υποδηλώνει ανθρώπινα αισθήματα έλξης και η **αντιπάθεια** απέχθειας, που μόνον σε έλλογα όντα μπορούν να αποδοθούν.



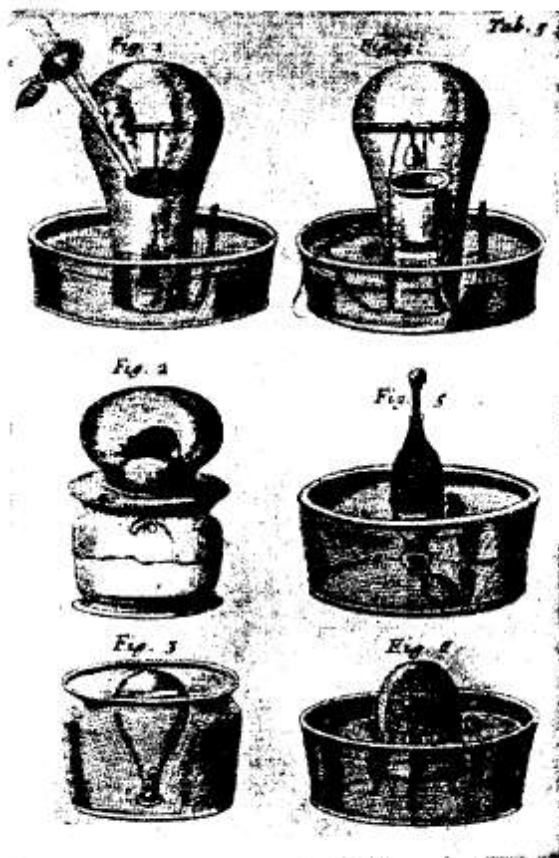
Ο Evangelista Torricelli (1608-1647)

Ο Robert Hooke (1635 – 1703), που είχε συνεργαστεί με τον Boyle στην κατασκευή της αντλίας κενού, διατύπωσε κάποιες απόψεις για τον αέρα, στηριζόμενος σε πειραματικά δεδομένα. Είχε κατασκευάσει επίσης έναν πρότυπο αναλυτικό ζυγό και ένα βαρόμετρο όπως αυτό του Torricelli, γνωρίζοντας τα δεδομένα από το Boyle, που είχε γνωρίσει στην Ιταλία την κατασκευή αυτή. Ο Hooke διαπίστωσε ότι, στον αέρα υπάρχει κάποια ουσία, παρόμοια με αυτή που έχει δεσμευτεί στο *νίτρο*, ικανή να «διαλύσει» τις καύσιμες ουσίες, αν τις θερμάνει επαρκώς. Η «διάλυσή» τους προχωρά λόγω της εκλυόμενης θερμότητας. Η ατυχία της ερμηνείας του ήταν ο χρησιμοποιούμενος όρος της *διάλυσης* και όχι της ένωσης του συστατικού αυτού με τα συστατικά του καυσίμου. Σε μια εργασία του ο Hooke με τίτλο «Lampas» (1677) έδωσε μία εκτεταμένη περιγραφή της φλόγας ενός κεριού, στην οποίαν είχε πρωτοαναφερθεί στη «*Micrographia*» (1665).



Η αντλία αέρα του Boyle (1682) όπως αναπαρίσταται στο αρχείο του Bettman, με την οποία μελετούσε τις ιδιότητες του αέρα και άλλες διαδικασίες σε αυτόν κάτω από ανηγμένη πίεση.

Τη σκυτάλη των απόψεων του Hooke την παρέλαβε ο νεαρός Άγγλος πρακτικός γιατρός στο Bath και στο Λονδίνο John Mayow (1641/3 – 1679), ο οποίος στη σύντομη ζωή του έκανε σπουδαίες μελέτες πάνω στη φύση του αέρα. Σε ένα βιβλίο που ετοίμασε το 1673 με τίτλο: «Tractatus quinque Medico-Physici» και δημοσίευσε στην Οξφόρδη το 1674, υποστήριξε μία θεωρία για την καύση των ουσιών, κατά την οποία υπέθεσε, ότι, στον αέρα και στο νίτρο υπάρχει μια κοινή ουσία, που ονόμασε *spiritus nitro-aereus*. Στην παρουσία της ουσίας αυτής οφειλόταν η καύση των ουσιών. Τα λεγόμενα καύσιμα συστατικά δεν καίγονται στην πραγματικότητα, αλλά απλώς έρχονται σε επαφή με το *spiritus nitro-aereus*. Την ύπαρξη του οξυγόνου τη διαπίστωσε από το κλασικό πλέον πείραμα του αναμμένου κεριού σε δοχείο αντεστραμμένο μέσα σε λεκάνη με νερό και την ανύψωση της στάθμης του νερού που παρατηρείται με το σβήσιμο του κεριού. Με τον τρόπο αυτό ο Mayow προέβλεψε την ύπαρξη του οξυγόνου 100 χρόνια πριν την επιβεβαίωσή του από τους Priestley και Lavoisier.



Μερικές συσκευές που χρησιμοποίησε ο John Mayow (1641-1679)

Οι εργασίες του Mayow έδειξαν ότι ένα μέρος του αέρα μετέχει κατά την καύση και η πυρίτιδα που περιέχει νίτρο αναφλέγεται στο κενό ή και μέσα στο νερό (πειράματα που είχε εκτελέσει ο Boyle).

Ο Mayow είχε επίσης ξεκάθαρες απόψεις πάνω στη χημική συγγένεια. Έλεγε: «Όταν το οξύ του πνεύματος του άλατος (HCl , acid spirit of salt) συμπηχθεί με ένα πτητικό άλας [αμμωνία] ..., αν και τα αναμειγνύμενα άλατα φαίνονται να έχουν καταστραφεί, αυτά μπορούν να διαχωριστούν, το ένα από το άλλο με τις δυνάμεις τους να παραμένουν αναλλοίωτες, καθώς τα παίρνουμε αυτά, όταν sal ammoniac (NH_4Cl) αποσταχθεί με ταρταρικό άλας (K_2CO_3) ... Και ο λόγος είναι, που το πνεύμα του οξέος του άλατος (HCl , acid spirit of salt) είναι ικανό να εισέλθει σε κάθε ένα αναμειγνύμενο άλας απ' ότι ένα πτητικό άλας, έτσι ώστε ενδιάμεσα να αφήνει το πτητικό άλας και να συνδυάζεται περισσότερο στενά με το αναμειγνύμενο άλας». Πρόδρομες απόψεις πάνω στις χημικές αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης με προϊόν ένα πτητικό προϊόν. Οι θέσεις του ήταν πιο καθαρές για την παρασκευή νιτρικού οξέος από νίτρο (KNO_3) και βιτριόλι (H_2SO_4), θέσεις που επεξεργάστηκε αργότερα εργαστηριακά ο Berthollet. Έλεγε ο Mayow: «Δεν πρέπει να αμφισβητείται αυτό, γιατί το πτητικό οξύ του άλατος του νίτρου [HNO_3] εκβάλλεται από το συνδυασμό του με το αλκαλικό άλας, όταν αναμειχθεί με περίσσεια βιτριολικού οξέος, έτσι τώρα ελευθερώνεται από την ένωσή του με το αλκαλικό άλας, ανερχόμενο από τη θέρμανση όχι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για να πάρουμε καθαρό το πνεύμα του νίτρου... Αυτή είναι μια επιβεβαίωση της άποψης ότι η μάζα που απομένει κατά την απόσταξη ... μοιάζει με αυτήν του βιτριλιομένου ταρτάρου [K_2SO_4] και μπορεί να καταλλήλως να διαπιστωθεί». [58]

Την εποχή εκείνη ο αλχυμιστής στο Αμβούργο Hennig Brand (1669) με απόσταξη των ούρων, πήρε ένα ξηρό υπόλειμμα, το οποίο επέβαλε ξανά σε απόσταξη, οπότε στον υποδοχέα σωλήνα του άμβικα του πήρε μία υποκίτρινη κηρώδη ουσία, με την εξαιρετική ιδιότητα να φωσφορίζει στο σκοτάδι. Τυχαία λοιπόν ο Brand ανακάλυψε το φωσφόρο, ανακάλυψη που διεκδικούσαν οι Kunckel και Boyle. Στην αρχή την ταύτισαν με τη φιλοσοφική λίθο και της έδωσαν το όνομα spiritus mundi (παγκόσμιο πνεύμα) και επωλείτο σε υπέρογκες τιμές ως θαυματουργή πανάκεια (παν –ακός, ακός = φάρμακο, πανφάρμακο). Τη μέθοδο παρασκευής της περιέργης για την εποχή εκείνη ουσίας, προσπάθησαν πολλοί να την αποσπάσουν από τον Brand, όπως ο δικαστής αλχυμιστής Balduin και ένας φίλος του Kunckel από τη Δρέσδη ο Krafft. Δυστυχώς για τον Balduin, παρόλο που ο δικαστής έκλεψε ένα κομμάτι φωσφόρου, τη μέθοδο παρασκευής του Brand δεν κατόρθωσε να την ανακαλύψει. Ο Krafft κρυφά από το φίλο του Kunckel αγόρασε τη μέθοδο το 1677 για 200 τάληρα από τον Brand. Ο γερμανός Johann Kunckel (1630-1703) όμως ένα χρόνο νωρίτερα ανακάλυψε τον τρόπο παρασκευής του Brand, λαμβάνοντας φωσφόρο εξαιρετικής ποιότητας. Τη μέθοδο παρασκευής του φωσφόρου δεν την κράτησε μυστική όπως ο Brand, αλλά φρόντισε να τη δημοσιεύσει στη Γαλλική Ακαδημία με το τίτλο: «Περί της παρασκευής του καυστικού φωσφόρου του Kunckel». Οι εργασίες του Kunckel δημοσιεύτηκαν το 1716 στο βιβλίο του «*Laboratorium Chymicum*».



Ο Hennig Brand και η ανακάλυψη του φωσφόρου από τον Joseph Wright το 1771.

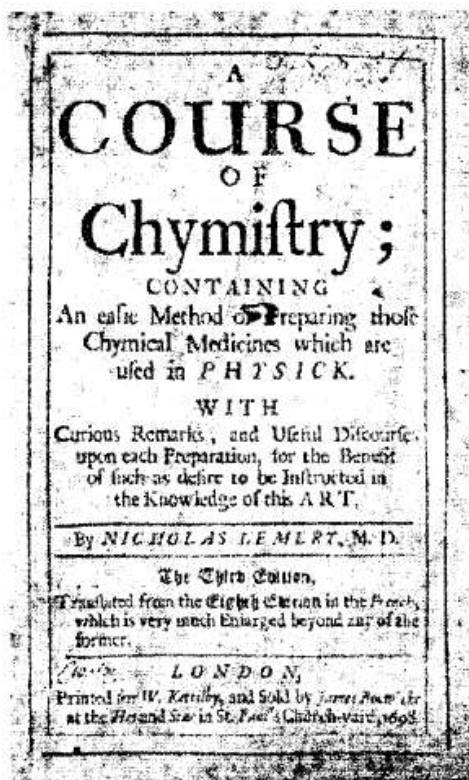
Ο Krafft στο μεταξύ έκανε επίδειξη παρουσία του Boyle στο βασιλιά Κάρολο της Αγγλίας, προσπαθώντας να πουλήσει το δείγμα φωσφόρου του Brand, αποκαλύπτοντας μόνο ότι παράγεται από μια ουσία του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτό έφτανε στο Boyle το 1680 να ανακοινώσει μέθοδο παρασκευής της ουσίας αυτής. Τη στοιχειακή φύση του φωσφόρου και τη μεγάλη του συγγένεια προς το οξυγόνο την απέδειξε ο Lavoisier. Προηγουμένως ο Σουηδός χημικός Gahn (1780) βρήκε την παρουσία του στοιχείου στα οστά και στη συνέχεια οι Klarorth και Proust απέδειξαν ότι, ο φωσφορίτης γνωστό ορυκτό ήταν ένωση του φωσφορικού οξέος και της ασβέστου.

Στη Γαλλία ο φαρμακοποιός Nicolas Lémery (1645-1715) προσπάθησε να δώσει κάποιες ερμηνείες της χημικής συγγένειας, υποστηρίζοντας την **ατομική θεωρία** του Δημόκριτου και τη **θεωρία των πόρων κι απορροών** του Εμπεδοκλή (βλέπε 2.3). Οι ερμηνείες του είχαν μηχανιστικό χαρακτήρα, όταν στη διαλυτική ικανότητα των οξέων απέδιδε το σφηνοειδές σχήμα των ατόμων, τα οποία μπορούσαν να εισέλθουν στους πόρους των διαλυόμενων από αυτά ουσιών. Η προσοχή του εστιάστηκε πρωτίστως στο γεωμετρικό σχήμα των ατόμων και όχι στην κίνηση που αυτά εκτελούν. Τα αλκάλια για παράδειγμα τα θεωρούσε πορώδεις ουσίες, στους πόρους των οποίων μπορούσαν να εισέλθουν οι ακίδες των ατόμων των οξέων.

Δεν είναι τυχαίο ότι η λατινική ονομασία των οξέων είναι **acid** από την ελληνική λέξη **ακίδα** (ακίς, -ίδος).

Προσπάθησε επίσης να ερμηνεύσει τα γεωλογικά και μετεωρολογικά φαινόμενα ως αποτέλεσμα χημικών φαινομένων. Υπέθεσε ότι τα ηφαίστεια προκαλούνται από τη χημική αλληλεπίδραση των διαστρωματώσεων της γης και ως απόδειξη έφερε την αντίδραση θείου και σκόνης σιδήρου, αντίδραση κατά την οποία έχουμε έκλυση μεγάλου ποσού θερμότητας. Το αντιδρόν μίγμα ονομάστηκε ηφαίστριο Lemery. Στην πραγματεία του «**Cours de chymie**» του 1675 («Μαθήματα χυμείας») έγραψε: «*Οι ιδέες των παλιότερων συγγραφέων της χυμείας ανυψώνουν το πνεύμα, αλλά δεν αποδεικνύουν τίποτα. Η χυμεία όμως είναι επιστήμη αποδεικτική και μόνο θεμέλιό της είναι η πειραματική απόδειξη*».

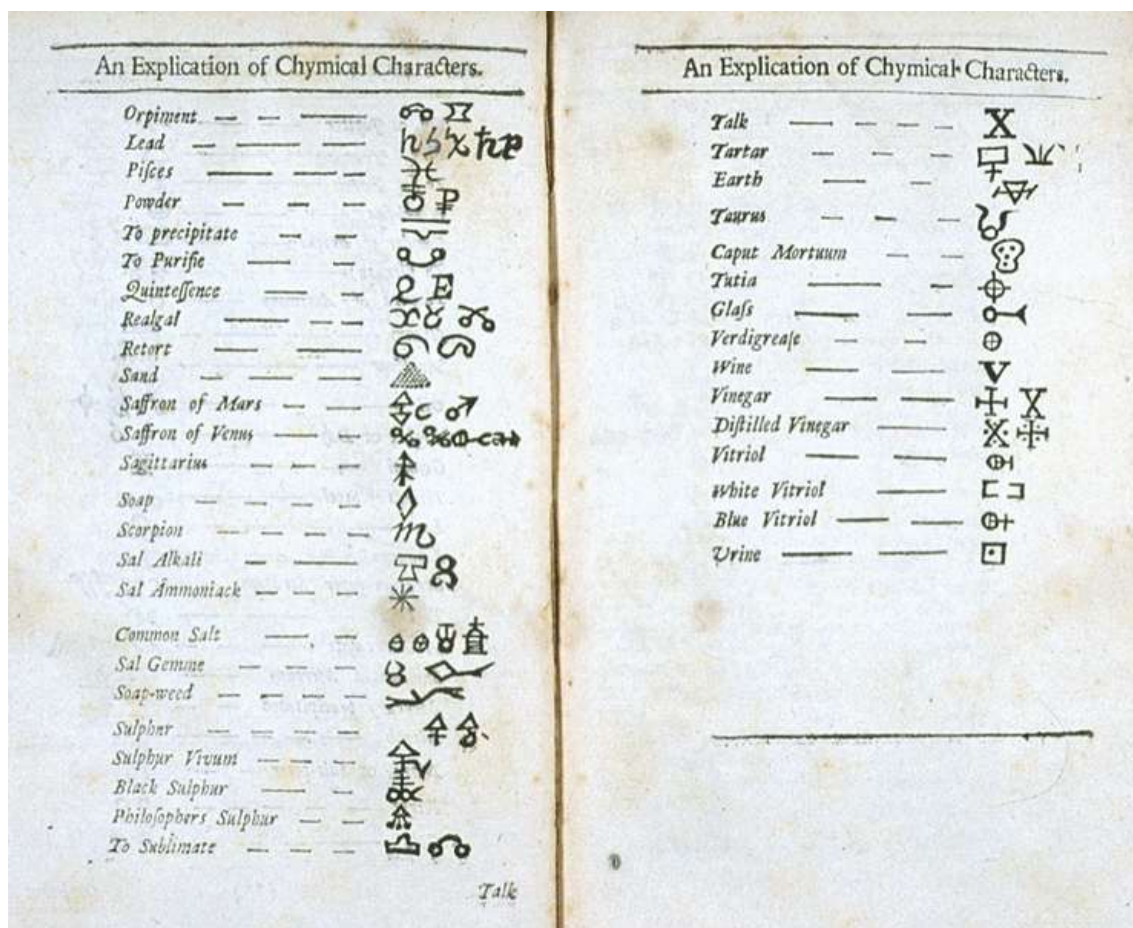
Ο **Nicholas Lémery** εδίδαξε στη Βασιλικό Βοτανικό Κήπο του Παρισιού και οι δημίσιες διαλέξεις του συγκεντρώθηκαν σε ένα βιβλίο το *Cours de Chymie*, που εξέδωσε το 1675 στο Παρίσι (και μεταφράστηκε στα αγγλικά στα 1686). Ο Lémery (1645-1715), ήταν διάσημος γάλλος χημικός, φαρμακοποιός και γιατρός. Επισήμως διετέλεσε φαρμακοποιός του βασιλιά (Apothicaire du Roy Louis XIV και του Monseigneur le grand Prévost de France). Ως δάσκαλος είχε μεγάλη φήμη και το βιβλίο του ακόμη μεγαλύτερη, αφού μεταφράστηκε στα λατινικά, αγγλικά, γερμανικά, ιταλικά και ισπανικά και είχε 20 εκδόσεις. Σπούδασε φαρμακευτική και χυμεία στο Μονπελιέ (Montpellier). Στο Παρίσι άνοιξε φαρμακείο, του οποίου έδωσε άλλη μορφή και περιεχόμενο που είχαν τα συνήθη τότε φαρμακεία. Απέρριψε όλα τα αλληλογορικά εμβλήματα, που έκρυβαν μυστήριο, καβάλλα και κάθε είδους τσαρλατανισμό, παραμένοντας σε μία ορθολογιστική μηχανιστικής φύσης ερμηνείας των φαινομένων. Με την καθιέρωσή του ως φαρμακοποιού του βασιλιά, άρχισε ταυτόχρονα τη διδασκαλία της χυμείας στον Κήπο, τα φαινόμενα της οποίας προσπαθούσε να ερμηνεύει με έναν τρόπο απλό, που γινόταν αντιληπτός στο πολυπληθές ακροατήριό του. Εδίδαξε στο Μονπελιέ χυμεία και ταξίδευσε σε πολλές χώρες. Το θρήσκευμά του ήταν προτεστάντης (διαμαρτυρόμενος) και γι' αυτό υπέστη πάνω στην ακμή της δόξας του πολλούς διωγμούς, ιδιαίτερα μετά το 1681, οπότε αναγκάστηκε να εκπατρισστεί και να καταφύγει στην Αγγλία. Το 1685 βγήκε ένας νόμος, που απαγόρευε στην τότε Γαλλία να ασκούν οι προτεστάντες την ιατρική, οπότε ο Lémery έχοντας επιστρέψει από την Αγγλία, αναγκάστηκε για να συνεχίσει να αντλεί πόρους προς την οικογένειά του, να βαπτιστεί καθολικός. Από τότε έζησε σε ηρεμία, έγραψε μια μελέτη για το αντιμόνιο και έγινε ακαδημαϊκός.



Η αγγλική μετάφραση του “A Course of Chymistry” του Lémery.

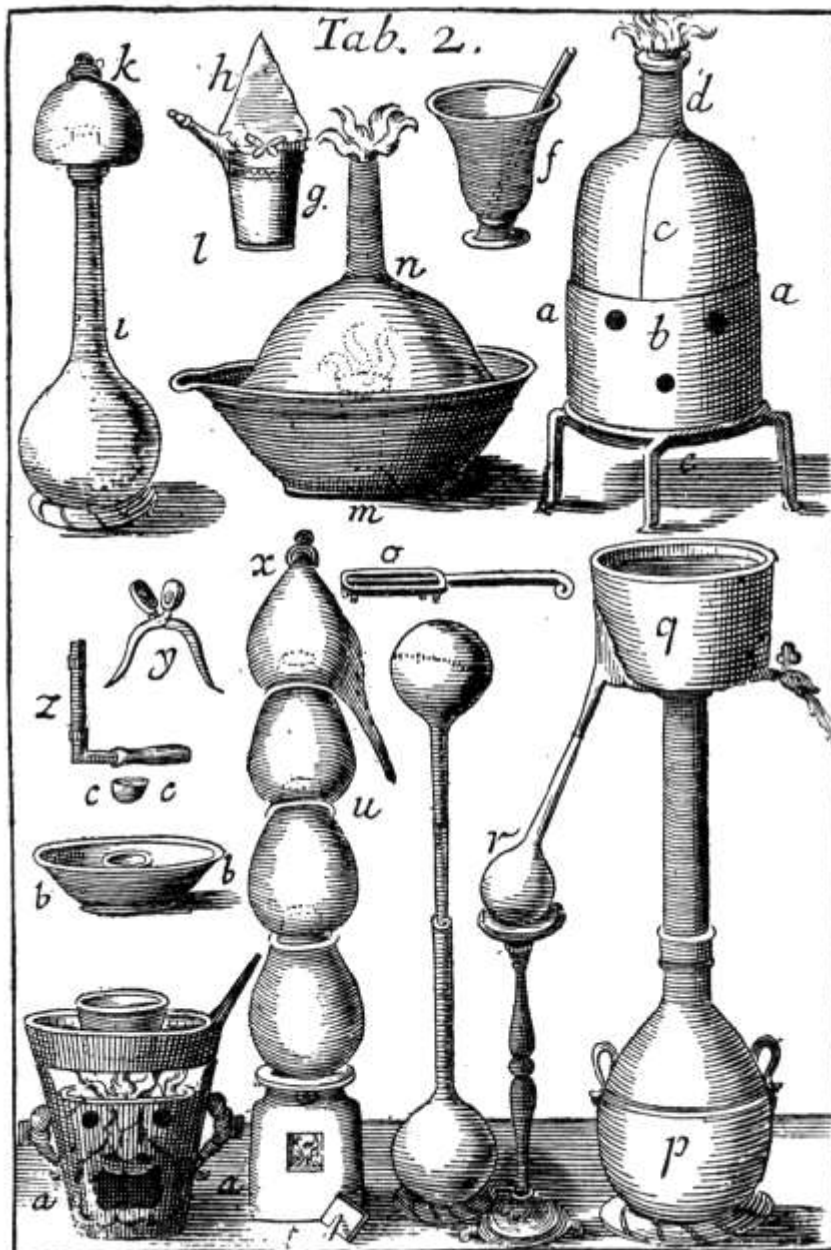
Το έργο του Lémery αποτυπωμένο στο «*Cours de Chymie*» (Μαθήματα χυμείας, 1675) χαρακτηριζόταν από απλοϊκές ερμηνείες, οι οποίες ήταν εύλογες και προφανείς ακόμα και σε μη χημικούς με αποτέλεσμα το χημικό αυτό εγχειρίδιο να γίνει χρηστικό. Η ευρύτατη κυκλοφορία του δημιούργησε ένα κοινό αναγνωστών, που εξεδήλωσε ενδιαφέρον για τη χυμεία. Στο βιβλίο του σημειώνει ότι: «Οι ιδέες των παλιότερων συγγραφέων ανυψώνουν από τη μια το πνεύμα, όμως δεν αποδεικνύουν από την άλλη τίποτα. Όμως η χυμεία είναι αποδεικτική επιστήμη και το μοναδικό της θεμέλιο είναι η πειραματική επαλήθευση». Το σύγγραμμα αυτό που περιελάμβανε πάνω από χίλιες σελίδες πουλήθηκε ως έργο ευχαρίστησης και σάτιρας και μεταφράστηκε στα λατινικά, ιταλικά, γερμανικά, αγγλικά και ισπανικά. Στις σελίδες του απορρίπτονταν οι απόκρυφες ιδιότητες, το σκοτεινό και βάρβαρο λεξιλόγιο κι αποθεωνόταν η καρτεσιανή μηχανιστική λογική. Στη θέση της συγγένειας, της έλξης ή της συμπάθειας ο Lémery τοποθέτησε την καταστροφή και τον αγώνα σύνθεσης. Το υπόγειο της οδού Γκαλάντ (Galande) όπου δίδασξε επί 25 ολόκληρα χρόνια, συνωστιζόταν από ένα ποικίλης ταξικής και πνευματικής διαβάθμισης πλήθος ακροατών.

Πίνακας από το βιβλίο «*Cours de chymie*» του Lémery με τους συμβολισμούς των ουσιών που χρησιμοποιούσε. Οι απλές μηχανικού χαρακτήρα εξηγήσεις, που έδωσε ο Lémery, προκάλεσαν να εκδηλωθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τη χυμεία από το μέρος του κόσμου, να οργανωθούν ανοιχτές συζητήσεις για τις χυμικές ιδέες και να δοθούν ευκαιρίες για την οργάνωση και την πολυδάπανη, είναι γεγονός, λειτουργία των εργαστηρίων. Το μέλλον της χυμείας στη Γαλλία με την είσοδο του Lémery στην Ακαδημία (ιδρύθηκε το 1666) προφυλάχτηκε και αποτέλεσε γερό υπόβαθρο περαιτέρω εξέλιξης.



Πίνακας από το βιβλίο *Cours de chymie* του Lémery με τους συμβολισμούς των ουσιών που χρησιμοποιούσε. Οι απλές μηχανιστικού χαρακτήρα ερμηνείες που έδωσε ο Lémery για τη δράση των λιγοστών τότε ουσιών, στηριζόμενες στο σχήμα των ατόμων (σωματιδίων) των διαφόρων ουσιών, τριγωνικό της άμμου, αγκιστροειδές των οξέων κλπ. προκάλεσε να εκδηλωθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τη χυμεία από μερίδα κόσμου, την οποία κανείς δεν περίμενε. Δημιούργησε συνθήκες, να οργανωθούν ανοιχτές συζητήσεις για τις χυμικές ιδέες και να δοθούν ευκαιρίες για την οργάνωση και την πολυδάπανη, είναι γεγονός, λειτουργία των χυμικών εργαστηρίων. Το μέλλον της χυμείας στη Γαλλία με την είσοδο του Lémery στην Ακαδημία Επιστημών προφυλάχτηκε κι αποτέλεσε γερό υπόβαθρο της περαιτέρω εξέλιξης.

Παρακάτω δίνεται μια σελίδα με αποστακτήρες (άμβικες) από το βιβλίο του Lémery «Cours de chymie».



Χημικές συσκευές ζωγραφισμένες στο βιβλίο του Lemery *Cours de Chymie* (1675)

Robert Boyle (1629 – 1692)

Ο Boyle ήταν το 14ο παιδί (7ος γιος) του κόμητα του Cork Richard Boyle στο Lismore της Ιρλανδίας, όπου και γεννήθηκε. Ο πατέρας του ήταν και θησαυροφύλακας του υποτελούς στους Άγγλους βασιλείου της Ιρλανδίας. Πήρε μία πολύ επιμελημένη μόρφωση στον οικογενειακό του πύργο, μαθαίνοντας δύο ξένες γλώσσες τα λατινικά και τα γαλλικά. Από ηλικίας 8 ετών έδειξε μία έφεση στις ξένες γλώσσες και ένα ενδιαφέρον στην άλγεβρα, την οποία βρήκε ως ένα διασκεδαστικό παιχνίδι για τον εαυτό του. Ως χαρακτήρας ήταν αγνός, με υψηλό ηθικό και θρησκευτικό φρόνημα, πολυμαθής και οξυδερκής. Η κράση του όμως, ήταν ασθενική και συχνά εταλαιπωρείτο από αρρώστειες. Φοίτησε αργότερα στο περίφημο κολλέγιο του Eton (ή Eaton, Ήτον).



Robert Boyle (1629-1692)

Μετά το κολλέγιο, και σε ηλικία μόλις 12 ετών με τη συνοδεία του γάλλου παιδαγωγού του και του αδελφού του Φράνσις (Francis), έκανε μια περιοδεία (1638-1644) στη Γαλλία και την Ιταλία και συμπλήρωσε τις σπουδές του. Βασικοί τόποι διαμονής ήταν η Γενεύη, η Γένοβα και η Φλωρεντία. Στη Φλωρεντία, εντύπωση του έκανε το μεγάλο τηλεσκόπιο (star gazer) του Γαλιλαίου (1564-1641), ο οποίος απαρνήθηκε μετά τις πιέσεις της Ιεράς Εξέτασης και την οργή της Παπικής Εκκλησίας τους ισχυρισμούς του για το ηλιακό μας σύστημα. Ευτυχώς για το Γαλιλαίο, αυστηρά επιτηρούμενος στα βαθειά του γεράματα από το καθολικό ιερατείο φυγάδευσε τις εργασίες του στο μαθητή του Τζιορντάνο Μπρούνο (G. Bruno) κι αναφώνισε το γνωστό: «και όμως κινείται».

Οι σπουδές του ήταν η θεολογία, της οποίας βασικός κορμός της ήταν η Αριστοτελική θεωρία, φυσικά όχι στην ολότητά της, αλλά αποσπασματική, αυτή που εξυπηρετούσε τα συμφέροντα της Καθολικής Εκκλησίας. Παράλληλα όμως με αυτή, όπως είδαμε δέχτηκε και τις επιδράσεις των μαθηματικών, των καινοτόμων ιδεών του Γαλιλαίου και αργότερα όπως θα δούμε και άλλων φιλοσοφικών ρευμάτων, που καθόρισαν το περιεχόμενο και τη δημιουργικότητα του επιστημονικού του έργου και συνολικά όλης του της δραστηριότητας. Στις χώρες αυτές μυήθηκε στην αλχημεία, δεν γνωρίζουμε όμως το πως.

Έγινε γνώστης όλων των ανακαλύψεων της τότε μηχανικής και οπτικής. Ενημερώθηκε το 1643 για τα πειράματα του Torricelli, δηλαδή της μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης και της ανύψωσης της στάθμης του νερού προ κενού, που μπορούμε να πετύχουμε με τη βοήθεια μιας αντλίας.

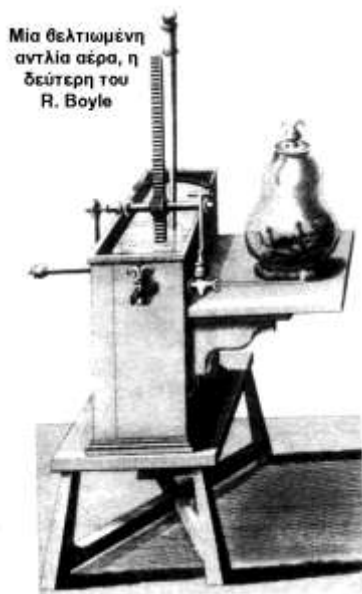
Όταν επέστρεψε στην Ιρλανδία, στο κάστρο του πατέρα του, άρχισε να επιδίδεται στην αλχημεία και στις φυσικές επιστήμες. Μετά το θάνατο του πατέρα του και μετά την εξέγερση των Ιρλανδών κατά του Κρόμβελ, μέρος της τεράστιας πατρικής του περιουσίας χάθηκε και πέρασε για ένα χρονικό διάστημα έναν απλό βίο στο Stalbridge στο Dorset και δεν πήρε μέρος στον Αγγλικό Αστικό Πόλεμο. Τα οικονομικά του επέτρεπαν να κάνει μία άνετη ζωή, παρόλη την καταστροφή του μεγαλύτερου μέρους της πατρικής του περιουσίας.

Στα 1654 κινήθηκε στην Οξφόρδη, όπου βελτίωσε μία αντλία κενού, την *engina pneumatica*, όπως την ονόμαζε, την οποίαν κατασκεύασε ο Hooke γι' αυτόν. Με την αντλία αυτήν εκτέλεσε μία σειρά πειραμάτων. Την εποχή εκείνη ήταν διάσημο το πείραμα του Otto Quericke στο Μαγδεβούργο (1654) με τα δύο ημισφαίρια μιας σφαίρας («ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου»), από τα οποία είχε αφαιρέσει τον αέρα. Η δύναμη δύο αλόγων συνδεδεμένων το καθένα απ' αυτά τα ημισφαίρια και κινουμένων σε αντίθετες κατευθύνσεις δεν ήταν αρκετή για να τα αποκολλήσει. Με τη βοήθεια της αντλίας του Hooke μελέτησε τη συμπεριφορά διαφόρων ουσιών στο κενό και παρατήρησε ότι η καύση στο κενό, ήταν αδύνατη. Επίσης παρατήρησε ότι ο αέρας, που θεωρείτο ένα στοιχείο την εποχή εκείνη, με την καύση ή με την αναπνοή χάνει τις ιδιότητες που είχε. Απέδειξε επίσης, ότι, ο όγκος ορισμένης ποσότητας αέρα μεταβάλλεται αντιστρόφως με την πίεση που εξασκεί. Ο γάλλος παππός Mariotte 17 χρόνια αργότερα θα μαθηματικοποιήσει την παραπάνω συμπεριφορά του αέρα για να προκύψει η συμβολική μορφή του νόμου του Boyle για τα αέρια, ότι 'το γινόμενο της πίεσης ενός αερίου επί τον όγκο, που καταλαμβάνει σε ορισμένη θερμοκρασία είναι σταθερό'. Δηλαδή $p \cdot V = \text{σταθερό}$ υπό σταθερή θερμοκρασία. Διπλασιάζεται με άλλα λόγια η πίεση ενός αερίου εντός δοχείου με συμπίεση, υποδιπλασιάζεται ο όγκος του. Τριπλασιάζεται η πίεση, υποτριπλασιάζεται ο όγκος του και το ανάποδο, τριπλασιάζεται ο όγκος του, υποτριπλασιάζεται η πίεση.

Οι πρώτες του δημοσιεύσεις για τα πειράματα που έκανε με τη βοήθεια της αντλίας του, έγιναν το 1660 και γρήγορα έγινε ονομαστός σε όλη την επικράτεια της Βρετανίας. Θεωρούσε τον εαυτό του χυμικό και η δραστηριότητά του ήταν αυτή που σήμερα ονομάζουμε βασική έρευνα. Απέφευγε να προκαθορίζει τις πειραματικές του δραστηριότητες σύμφωνα με τη χημική αλχημιστική λογική, η οποία κυνηγούσε την κατασκευή χρυσού από ευτελή μέταλλα, την «**πανάκεια**», φάρμακο για όλες τις ασθένειες ή όπως αλλιώς ονομάστηκε το *ελιζήριο της νεότητας*. Έθεσε τα θεμέλια της επιστημονικής έρευνας στις ορθές της διαστάσεις γράφοντας ότι «*οι επιδιώξεις των χημικών ήταν ανέκαθεν περιορισμένες, εφόσον όλο το πεδίο δράσης τους ανήκε στη μετατροπή των μετάλλων και στις παρασκευές φαρμάκων. Όσο με αφορά, θεωρώ τη Χυμία όχι κάτω από το πρίσμα των αλχημιστών ή ιατροχυμικών, αλλά από τη σκοπιά του φιλόσοφου. Έτσι χάραξα τα πλαίσια μιας νέας φιλοσοφίας, που μπορούν όπως ελπίζω να πληρωθούν με πειραματικές διαπιστώσεις κατόπιν παρατηρήσεων*».

Αν και η σύγχρονη επιστήμη της ιστορίας της χημείας τοποθετεί τη σύγχρονη περίοδο στα μισά του 18ου αιώνα με πρωτεργάτες τον Μορβώ και Λαβουαζιέ, θεωρώντας ως το τέλος της αλχημιστικής περιόδου την εποχή του Μπόιλ, η εποχή του Ιρλανδού χυμικού είναι εκείνη που χαρακτηρίζει πλέον τη χυμ(ε)ία ως επιστήμη από τα προηγούμενα λεγόμενα. Έγραφε λίγο πολύ, ότι αυτό που επαληθεύει τις επιστημονικές ιδέες είναι το πείραμα. Το πείραμα, με τις καταγραφόμενες σ' αυτό παρατηρήσεις, είναι αυτό που μπορεί να γεννήσει τις επιστημονικές θεωρίες, και όχι οι ιστορική προέλευση των θεωριών, οι αναπόδεικτες στην πράξη, που συσκοτίζουν τα έσχατα συστατικά της ύλης και τις αιτίες οι οποίες γεννούν τις αέναες μεταβολές της φύσης. Θεώρησε, ότι, όσα σώματα δεν είναι διασπάσιμα, είτε με πυροχημικές μεθόδους, είτε με την υγρή μέθοδο, την οποίαν αξιοποίησε πάρα πολύ, είναι

στοιχειώδη. Έθεσε την έννοια του στοιχείου, η οποία ερχόταν σε αντίθεση με τις αλχυμιστικές αντιλήψεις ή με αυτές του Αριστοτέλη, έννοια που έδωσε ώθηση στη χυμ(ε)ία και αποτέλεσε ένα σταθερό υπόβαθρο. «Στοιχείο (*element*) είναι το έσχατο όριο της χημικής ανάλυσης».



Το χημικό του εργαστήριο λειτουργούσε όπως ένα σύγχρονο ερευνητικό χημικό εργαστήριο, με ημερολόγιο, καταγραφή παρατηρήσεων, παρασκευαστές κτλ. Αντικατέστησε τον όρο *δοκιμασία* (*docimasie*) με τον όρο **χημική ανάλυση**. Προσδιόρισε την ευαισθησία πολλών αντιδράσεων, χρησιμοποιούσε δείκτες, όπως το βάμμα του ηλιοτροπίου, και πρώτος βρήκε τρόπο απομόνωσης αερίου, που ελευθερώνεται από αντιδράσεις μετάλλων επί διαλυμάτων οξέων. Ως οπαδός του Λουκρήτιου, μνημένος από το Γάλλο φιλόσοφο P. Gassendi, ήταν υπέρ της ατομικής θεωρίας, μιας θεωρίας που έβρισκε υποστηρικτές τότε τον Καρτέσιο (Descartes Rene), τους γερμανούς Jungius και Sernet, τον κατοπινό Νεύτωνα (Newton) και άλλους απαγκιστρωμένους από την καθολική εκκλησία και την ιερή εξέταση που 50 χρόνια πριν είχε κάψει στην πυρά τον Giordano Bruno (Μάιος 1600).

Για τα άτομα και τη **χημική συγγένεια** είχε πολύ καλές ιδέες, γράφοντας: «*Οποιαδήποτε κι αν είναι τα θεμελιώδη συστατικά της ύλης, θα αποδειχθεί κάποτε ότι αυτά συνίστανται από πολύ μικρά σωματίδια, που έχουν ποικίλο σχήμα και μέγεθος και ότι από την συνένωση αυτών σε μορφή συσσωματώματος (αρμαθιάς, cluster) προκύπτει η άπειρη ποικιλία των μορφών του υλικού κόσμου. Αν με πλίνθους του ίδιου σχήματος και μεγέθους μπορούμε να κατασκευάσουμε απεριόριστο αριθμό σπιτιών και γεφυρών, είναι εννόητο ποιος αριθμός σωμάτων προκύπτει από το συνδυασμό ή τη διαφορετική διάταξη των άνισων και ανομοιομορφων αυτών σωματιδίων*». Και πιο κάτω: «*Υπάρχουν συσσωματώματα (Clusters, αρμαθιές), στις οποίες τα σωματίδια (Particles) κολλούν, χωρίς όμως να σχηματίζουν ένα κλειστό σύνολο αλλά όταν αυτά συναντούν σωματίδια (Corpuscles) άλλων σχηματισμών, με τα οποία μπορούν να σχηματίσουν περισσότερο κλειστούς συνδυασμούς, εγκαταλείπουν τους παλιούς*». Δεν συσχέτισε τις ιδέες αυτές με την ερμηνεία των εξεταζόμενων από αυτόν χημικών φαινομένων, αφήνοντας την εφαρμογή της ατομικής θεωρίας να ευδοκιμήσει από έναν συμπατριώτη του μη χημικό, το μετεωρολόγο Dalton στις αρχές του 19ου αιώνα, στο πεδίο όμως της χημείας. Μετά τον Boyle, ο Newton 40 χρόνια μετά εφάρμοσε την ατομική θεωρία στην ερμηνεία της φύσης του φωτός στα «*Οπτικά*» του.



Isaac Newton (1642-1727)

THE
SCEPTICAL CHYMIST:

OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,

Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES

Commonly call'd
HYPOSTATICAL,

As they are wont to be Propos'd and
Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.

Whereunto is præmis'd Part of another Discourse
relating to the same Subject.

B. Y.

The Honourable ROBERT BOYLE, Esq;

LONDON,

Printed by J. Cadwell for J. Crooke, and are to be
Sold at the Ship in St. Paul's Church-Yard.

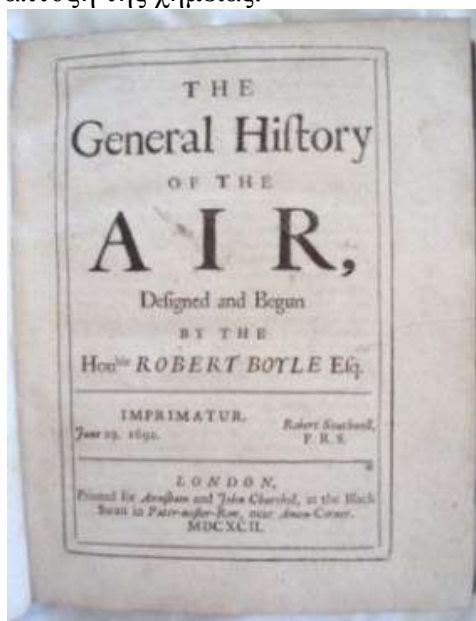
M D C L I I.

«Chymica scepticus» του Robert Boyle στην πρώτη έκδοση του 1661. Στην κατοπινή έκδοση της Οξφόρδης, που είναι το παρόν της φωτογραφίας, εγκαταλείπεται ο λατινικός τίτλος κι αναγράφεται ως «The Sceptical Chymist», δηλαδή ο δύσπιστος ή σκεπτικιστής χημικός, ένα βιβλίο που περιλαμβάνει τις αρχές των σπαγυριστών (σπάω, θρυμματίζω+γυρίζω, ανακατεύω). Ο όρος του σπαγυριστή εγκαταλήφθηκε στη σύγχρονη Χημεία.

2.9 Η φλογιστική θεωρία και η χημική συγγένεια

Η ιστορία της φλογιστικής θεωρίας έχει τις αρχικές της ρίζες στο Boyle και την καταληκτική στο Lavoisier, που υπήρξε και ο τελικός της νεκροθάφτης και ο ιδρυτής της σύγχρονης χημείας, το σημείον αναφοράς. Η φλογιστική θεωρία αναπτύχθηκε για να δώσει ερμηνείες στις αντιδράσεις καύσης των διαφόρων εύφλεκτων ουσιών, ανάμεσα στις οποίες ήταν και τα μέταλλα. Η σημερινή σύνδεση του φλογιστού με κάποια αιτία των αντιδράσεων καύσης, αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, είναι με αυτή των ηλεκτρονίων. Αν ταυτιστεί το φλογιστό με τα ηλεκτρόνια, τότε περίφημα ερμηνεύονται όλα αυτά, που δεχόμαστε ως εξηγήσεις σήμερα.

Ο Boyle ανέπτυξε μεθόδους της αποτέφρωσης των μετάλλων (calcination of metallals), όπως και αντιδράσεις της λεγόμενης «υγρής οδού». Στις τελευταίες χρησιμοποίησε πολλούς δείκτες, ανάμεσά τους και το γνωστό μας βάμμα του ηλιοτροπίου. Προσδιόρισε την ευαισθησία της αντίδρασης ανίχνευσης χλωριούχων αλάτων με νιτρικό άργυρο και τη δυσδιαλυτότητα του θεικού ασβεστίου. Στις πρώτες αντιδράσεις, αυτές της καύσης ή οξείδωσης διαφόρων ουσιών, έκανε πολλές μελέτες και πειράματα, ανάμεσα στα οποία ήταν ένα ευφρές πείραμα έναν αιώνα πριν από την επανάληψή του ως *experimentum crucis* (κρίσιμο πείραμα) από το Lavoisier. Το πείραμα το εκτέλεσε ως εξής: Θέρμανε σκόνη κασιτέρου σε κλειστό δοχείο και διαπίστωσε, ότι, το μέταλλο αυξάνει βάρος, ενώ ο όγκος του αέρα στο δοχείο ελαττώνεται. Δυστυχώς, οι ερμηνείες που έδωσε, περιορίζονται για το πρώτο σκέλος του πειράματος, αποδίδοντας την αύξηση του βάρους του μετάλλου σε κάποια ουσία του αέρα, την *effluvia of air* (την απορροή του αέρα), αδιαφορώντας για την απώλεια την οποίαν είχε υποστεί ο έγκλειστος αέρας του δοχείου, ώστε να διερευνήσει τη σύσταση του τελευταίου. Είχε ανοίξει όμως ένα σίγουρο δρόμο για την εύρεση της σύστασης του αέρα, πολύ σημαντικό βήμα όπως θα δούμε στη συνέχεια για την εγκαθίδρυση μιας στέρεας βάσης για την ταχύτατη ανάπτυξη της χημείας.



«Η Γενική Ιστορία του Αέρα» του Robert Boyle, που εκδόθηκε λίγους μήνες μετά το θάνατό του (το 1692). Τα πειράματα του Boyle με τις διαπυρώσεις των μετάλλων έμειναν ανεκμετάλλευτα, η αντλία αέρα όμως που εφεύρεσε και οι σχετικές μελέτες του για τα αέρια, γέννησαν την **πνευματική χημεία** (Mayow, van Helmont, Hales, Black, Priestley, Cavendish, Sheele, Daniel Rutherford, Blagden), έναν κλάδο χημείας που έμελε να αποσαφηνίσει τα διάφορα είδη αερίων, τα οποία παρατηρούνται κατά τις χημικές αντιδράσεις. Ο Άγγλος κληρικός Stephen Hales (1677-1761) τελειοποίησε μία σκάφη συλλογής αερίων πάνω από το νερό, τη

λεγόμενη «πνευματική σκάφη» (πνεύμα = αέριο, σκάφη = αβαθή λεκάνη). Στη σκάφη αυτή γεμάτη με νερό τοποθετούσε αντεστραμμένους κυλίνδρους γεμάτους κι αυτούς με νερό, στους οποίους με σωλήνες διοχέτευε αέρια προερχόμενα από καύση ή από σήψη ουσιών, εντυπωσιαζόμενος από την παραγόμενη μεγάλη ποσότητά τους. Τα αέρια αυτά θεωρούσε ότι, ήταν όλα χωρίς διάκριση αέρας με κάποιες συμπτωματικές προσμείξεις, γι' αυτό τα συμπεράσματά του ήταν χωρίς μεγάλη σημασία.

Η συσκευή όμως χρησιμοποιήθηκε καταλλήλως από άλλους χημικούς (Boerhaave, Black, Cavendish, Priestley), από τους οποίους διαπιστώθηκαν πολλοί διαφορετικοί τύποι πνευμάτων, δηλαδή αέρος. Έτσι ανακαλύφθηκαν τα βασικά συστατικά του αέρα, όπως και τα εκλυόμενα αέρια από χημικές αντιδράσεις, όπως του υδρογόνου, διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου κτλ.



Pierre Gassendi (1592-1655) ιερέας, μαθηματικός, φιλόσοφος και θιασώτης της επικούρειας ατομικής φιλοσοφίας, του οποίου τα γραπτά του δημιούργησαν μία διακριτική διαδρομή μεταξύ του σκεπτικισμού και της χριστιανικής θρησκείας, προβάλλοντας τον επικούρειο στοχασμό και χαράσσοντας τις απαρχές της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης και λογικής. Έργα του το *Animadversiones* και το *Syntagma Philosophicum*.

Η σωματιδιακή (ατομική) θεωρία των Pierre Gassendi (1592-1655) και René Descartes (1586-1650) ήταν ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ερμηνεία των χημικών φαινομένων, το οποίο στην αρχή χρησιμοποιήθηκε με ένα τρόπο μηχανιστικό, αποδίδοντας στα στοιχειώδη αυτά σωματίδια πρωτογενείς ιδιότητες, όμοιες με αυτές των τούβλων ενός οικοδομήματος. Στα άτομα ενός σώματος έδωσαν την ικανότητα να μπορεί να καταστρέψει ένα δεύτερο και να συνδυαστεί με ένα τρίτο, με έναν τρόπο όμως απροσδιόριστο, μηχανικό, περισσότερο στηριζόμενο στην κίνηση και το κατάλληλο γεωμετρικό σχήμα παρά στη *συγγένεια*, δηλαδή στην έλξη ή άπωση. Οι Boyle (1627-1691) και Lemery (1645-1715) ήταν οι βασικότεροι εκπρόσωποι της κίνησης αυτής, που καθιέρωσαν έστω και μηχανιστικά την ατομική θεωρία ή ατομική ή μοριακή. Στα χνάρια αυτών κινήθηκαν οι Robert Hooke (1635-1703), Isaac Newton (1642-1727), αλλά τα αποτελέσματά τους δεν είχαν να προσφέρουν τίποτα νέο.

Οι καινοτομίες του Robert Boyle η εργαστηριακή επαλήθευση κάθε αλχημιστικής δοξασίας, αυτό που ονομάζει **matter of fact** (γεγονός της ύλης), δηλαδή η επιβεβαίωση ενός γεγονότος που το ξεκαθαρίζουμε κατά βούληση (*purifiable a merci*) από τις δοξασίες, «ιστορικές» μαρτυρίες και ερμηνείες οι οποίες το συνοδεύουν. Η εύρεση μονάδων μέτρησης των «γεγονότων», δηλαδή σύγκρισης των διαφόρων ομοειδών μεγεθών, με την επινόηση τέτοιων, ήταν κεντρικό ζήτημα. Το απροσδιόριστο, το αφηρημένο, το μη επιδεχόμενο

μετρήσεις ή εργαστηριακή επεξεργασία και παρατήρηση, έμεινε πλέον έκθετο σε κριτική κι αμφισβήτηση.

Η αμφισβήτηση της αριστοτελικής έννοιας του στοιχείου από το Boyle δεν ήταν ολοκληρωτική και η κριτική που αποδέχτηκαν οι τρεις αρχές (θείο, άλας και υδράργυρος), αποτέλεσαν τη βάση της ανατροπής των αλχυμιστικών δοξασιών. Η χημεία άρχισε να διαθέτει ένα αρχικό σταθερό υπόβαθρο. Στο «**Δύσπιστο Χυμικό**» (**Sceptical Chymist**) ο Boyle σημειώνει για την έννοια του στοιχείου: «*Τώρα με τα στοιχεία εννοώ ορισμένα πρωτογενή και απλά σώματα, απολύτως καθαρά από οποιοδήποτε μίγμα, που δεν συντίθενται από οποιοδήποτε άλλο σώμα, ή τα μεν από τα δε, αλλά είναι συστατικά από τα οποία συντίθενται άμεσα όλα εκείνα που αποκαλούνται μεικτά σώματα [θεωρία των μικτών του Αριστοτέλη] και στα οποία τελικά αναλύονται*». Από τα παραπάνω φαίνεται να δημιουργείται ένας ορισμός του στοιχείου, που κάλλιστα σήμερα θα μπορούσαμε να τον αποδεχτούμε σε χρήση μιας εκλαΐκευσης της χημείας, όμως η πρόθεση του Boyle δεν ήταν να επιχειρήσει μια ορθολογικοποίηση της έννοιας του στοιχείου, γιατί παρακάτω προβάλλει τους δισταγμούς του, γράφοντας: «*Αυτό που αναρωτιέμαι τώρα είναι αν υπάρχει ένα τέτοιο σώμα, που να το συναντούμε συστηματικά σε όλα τα άλλα και σε καθένα από αυτά τα οποία λέμε ότι αποτελούνται από στοιχεία*». Η παρασκευή τεχνητού χρυσού παρέμενε μια δυνατότητα «υπαρκτή», από την οποία δεν μπορούσε να ξεφύγει ούτε ο Νεύτωνας, που κατηγορήθηκε από μερίδα σύγχρονων ιστορικών ως αλχυμιστής²⁰. Ο Boyle δεν θέλησε ανοικτά να έρθει σε άμεση ρήξη με την αριστοτελική άποψη του στοιχείου, αλλά άσκησε περισσότερο κριτική στις λεγόμενες αρχές, εισάγοντας τις «διαφορετικές υφές» (textures) μιας «παγκόσμιας ύλης», υφές συνάγουσες με τις διαφορετικές ιδιότητες που εκδηλώνουν τα στοιχεία και οι οποίες μεταμορφώνονται με την ήπια θέρμανση. Με δυνατή θέρμανση ενός σώματος τα προϊόντα δεν είναι τα στοιχεία της σύνθεσης αλλά «πλάσματα του πυρός», τα οποία δεν μας μαθαίνουν τίποτα για τη σύσταση του αρχικού σώματος. Έκδηλη προσπάθεια να αποδώσει το χημικό φαινόμενο όχι σε συνδυασμό ατόμων διαφορετικών στοιχείων, αλλά σε διαφορετικές υφές που εμφανίζουν τα ίδια άτομα των στοιχείων.

Στο θεωρητικό τομέα ο Boyle εισήγαγε στοιχεία της ατομικής θεωρίας του Δημόκριτου, μια θεωρία που μνήθηκε από το γάλλο επικουριστή φιλόσοφο Pierre Gassendi. Τα άτομα αναφέρονται για πρώτη φορά από τον Gassendi ως *molecules* και ως *corpusculus* (στο έργο του Syntagma Philosophicum, 1660). Τα άτομα του Δημόκριτου αναφέρονται από τον Boyle ως *corpuscles*, δηλαδή ως μικρότατα σωματίδια, μεταφρασμένα ως **μόρια** στη Χημική Φιλοσοφία του Fourcroy-Ηλιάδη (1802). Τα μόρια (τα σωματίδια) αυτά είχαν κατά τον Boyle ποικίλο σχήμα και μέγεθος, οι διάφοροι συνδυασμοί των οποίων μπορούσαν να παραγάγουν το πλήθος των σωμάτων στη φύση. Στο σχήμα και μέγεθος απέδιδε τόσον ο Boyle όσο και οι χημικοί που ακολούθησαν, τις ιδιότητες που εμφάνιζαν. Στα μόρια των οξέων αργότερα απέδιδαν σχήμα σφηνοειδές για να εκφράσουν τη διεισδυτικότητα των διαλυμάτων τους στη διαλυτοποίηση των μετάλλων. Ο Νεύτωνας αργότερα πρόσθεσε εκτός

²⁰ Οι ιστορικοί ανέκαθεν γνώριζαν τις αλχυμιστικές προτιμήσεις του Newton αλλά οι αναφορές τους ήταν έμμεσες. Ο λόρδος Keynes (Κέινς), το 1936 είχε αγοράσει το μεγαλύτερο μέρος των αλχυμιστικών χειρογράφων του Νεύτωνα, λίγο πριν αυτά διασκορπιστούν σε δημοπρασίες, δήλωσε ότι: «*Ο Νεύτωνας δεν ήταν ο πρώτος του αιώνα του (ορθού) Λόγου, ήταν και ο τελευταίος των Μάγων, ο τελευταίος των Βαβυλωνίων και των Σουμερίων, το τελευταίο μεγάλο πνεύμα που διαπερνούσε τον ορατό κόσμο και τον κόσμο του πνεύματος με τα ίδια μάτια αυτών, οι οποίοι άρχισαν να οικοδομούν την πολιτιστική μας κληρονομιά, δεκάδες χιλιάδες χρόνια σχεδόν*». [Berry J. T. Dobbs, «*The Foundations of Newton's Alchemy*», Cambridge University Press, 1975]

Από τότε οι μελέτες για την αλχυμιστική πρακτική του Νεύτωνα πολλαπλασιάστηκαν, αλλά οι Boas και Hall το 1958 (43) ισχυρίστηκαν ότι δεν ήταν αλχυμιστής, απλώς τον ενδιέφερε η μεταλλουργία.

από το μέγεθος των σωματιδίων (μορίων) αυτών και την κίνηση, ως μία βασική αιτία της σύνθεσης κι αποσύνθεσης των ουσιών.

Τα σωματίδια αυτά, τα corpuscules δεν έχουν καμία σχέση με τα σημερινά molecules, δηλαδή τα μόρια ενώσεων ή στοιχείων, εφόσον καλά καλά δεν είχε αποσαφηνιστεί η έννοια του στοιχείου και της ένωσης και εφόσον η έννοια των τεσσάρων στοιχείων του Αριστοτέλη δεν είχαν ανατραπεί, όπως και τη δυνατότητα της μετατροπής των μετάλλων σε χρυσό. Τα μόρια (molecules), που εισήχθησαν μετά την *Ατομική Θεωρία* του Dalton, από τον A. Avogadro, το θεμελιωτή της μοριακής υπόθεσης και ουσιαστικά εγκαθιδρύθηκαν στη χημεία από τον S. Cannizzaro 40 χρόνια μετά από την πετυχημένη υποστήριξή τους στο συνέδριο της Καρσρούης, είχαν συγκεκριμένο περιεχόμενο και απείχαν από το αφηρημένο, απροσδιόριστο της έννοιας που προσέδιδαν οι Boyle και Newton. Στη *σωματιδιακή χημεία* (corpuscular chymistry) πριν από τον Boyle και τον Gassendi είχε πλησιάσει και ο Γερμανός Danniell Sennert (1572-1637), ονομάζοντας *minima* (ελάχιστα) τα σωματίδια των ατμών πνεύματος οίνου που μπορούσαν να διέλθουν από ένα χαρτί γραφής (1631).

Το δεύτερο θεωρητικό όπλο εκτός από την ατομική θεωρία, ήταν αυτό της **χημικής συγγένειας**. Το πρόβλημα με τη *συγγένεια* (chemical affinity), που αντιμετώπιζε ο Boyle, ήταν πώς μπορούσε αυτή να συνδυαστεί με τη *σωματιδιακή* (ατομική ή «μοριακή») *θεωρία* των ουσιών (διάβαζε σωμάτων τότε) και να δώσει κάποιες ικανοποιητικές θεωρίες για την ερμηνεία των χημικών φαινομένων. Οι πρώτες εξηγήσεις ήταν μηχανιστικού περιεχομένου, δίνοντας αόριστα στα άτομα ένα σχήμα και με μαθηματικό όπλο την ευκλείδεια γεωμετρία να μπορούν να ταιριάζουν μικροσκοπικά τα μακροσκοπικά δρώμενα. Την ίδια λογική ακολούθησε εκτός από το Boyle και ο Newton (Νεύτωνας). Ο Νεύτωνας, που θεωρούσε τον εαυτό του *χημικό* (Chymist, chymif) (αλχημιστή, ισχυρή ιστορική θέση), θεώρησε τη *συγγένεια* ως *ελκτική δύναμη* και ειδική περίπτωση της παγκόσμιας έλξης. Πρότεινε μάλιστα να αντικατασταθεί με τη λέξη **attraction** (εφέλκηση ή απλά *έλξη*). Στην «*Οπτική*» του ο Νεύτωνας επιχειρεί να δώσει ερμηνείες σε μια σειρά από χημικές αντιδράσεις μέσα στα πλαίσια της θεωρίας που είχε αναπτύξει της παγκόσμιας έλξης. Ρωτάει σε σχήμα λόγου γι' αυτό: «Υπάρχουν κάποιες άλλες δυνάμεις στα σώματα εκτός από αυτές που προκαλούν την ανάκλαση και διάθλαση του φωτός, οι οποίες δρουν από απόσταση και προκαλούν άλλης τάξης φαινόμενα;» Και απαντάει: «Το ερώτημα αυτό είναι εύλογο, καθ' όσον είναι ήδη γνωστό ότι τα σώματα αλληλεπιδρούν από απόσταση με την έλξη της βαρύτητας, του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού. Η πορεία και η γενική τάση της Φύσης καθιστούν πιθανή την εκδοχή, ότι υπάρχουν και άλλες δυνάμεις πολύ ισχυρότερες από τις προαναφερθείσες. Ότι ονομάζουμε έλξη το πιθανότερο να είναι αυτή αποτέλεσμα ωθήσεων ή να οφείλεται σε άλλη άγνωστη αιτία. Σε όποιο σημείο εδώ γίνεται χρήση του όρου αυτού, νοείται η δύναμη που τείνει να φέρει τα σώματα πλησιέστερα. Με τη μελέτη των σωμάτων θα βρούμε ποια σώματα από αυτά έλκονται και ποιοι είναι οι νόμοι που δέπουν την έλξη αυτή. Η έλξη της βαρύτητας, του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού δρα από μακρυνά σχετικά απόσταση, ώστε να γίνεται αισθητή με μακροσκοπική παρατήρηση. Υπάρχουν όμως και άλλες δυνάμεις, οι οποίες λόγω της μικρής εμβέλειας να διαφεύγουν μέχρι τώρα τις παρατηρήσεις μας. Πιθανόν η ηλεκτρική έλξη να δρα και σε μικρότερη απόσταση, δηλαδή και ακόμη και όταν αυτή δεν διεγείρεται με την τριβή».

Γιατί, όταν το sal tartar [K₂CO₃, κάλιο ανθρακικό] έρθει σε επαφή με τον αέρα απορροφήσει την υγρασία του, αυτό δεν οφείλεται στην έλξη των σωματιδίων (ατόμων) με τα αιωρούμενα στον αέρα άτομα του νερού; ή όταν το κοινό αλάτι [NaCl], το νίτρο [NaNO₃] και η στυπτηρία [KAl(SO₄)₂·12H₂O] διαλύονται στο νερό, αυτό δεν οφείλεται στην ασκούμενη έλξη των σωματιδίων (ατόμων) τους και των σωματιδίων (ατόμων) του νερού; Αλλά στην ελκτική αυτή δύναμη δεν οφείλεται και το ότι, ενώ το νερό αποστάζει με ήπια θέρμανση,

απαιτείται ισχυρότερη θέρμανση όταν αυτό περιέχει *sal tartar*; Και στην ίδια δύναμη δεν οφείλεται το ότι, το έλαιον του βιτριολίου [H_2SO_4] ενώνεται με ικανή ποσότητα νερού, η οποία διαχωρίζεται με απόσταξη δύσκολα; Ακόμη η εκλυόμενη κατά την ανάμιξη αυτών των υγρών μεγάλη ποσότητα θερμότητας δεν είναι αποτέλεσμα της ισχυρής κίνησης των ατόμων τους; Και αυτή πάλι η κίνηση δεν δείχνει τις ισχυρές συγκρούσεις μεταξύ των σωματιδίων (ατόμων), δηλαδή ότι το ένα πέφτει πάνω στο άλλο με επιταχυνόμενη ταχύτητα; ... Όταν ένα μέταλλο που βρίσκεται εν διαλύσει καταβυθίζεται με διάλυμα *sal tartar*, αυτό δεν αποδεικνύει ότι τα σωματίδια (άτομα, *corpuscular* δηλαδή μόρια ή σωματίδια) του οξέος του ενωμένου με το μέταλλο έλκονται ισχυρότερα από αυτά του *sal tartar*; ... Τα σωματίδια των ομοιογενών σωμάτων ευρίσκονται μεταξύ τους σε στενή επαφή και αλληλοσυγκρατούνται ισχυρά. Προς εξήγηση δε του πως γίνεται αυτό, μερικοί υπέθεσαν ότι τα σωματίδια φέρουν άγγιστρα [Δημόκριτος, Επίκουρος, Lémery], άλλοι ότι αυτά συγκολλώνται από την επίδραση κάποιας μυστικής δύναμης ή και άλλοι από τίποτα από τα δύο. Προτιμότερο όμως είναι να υποθέσουμε ότι τα άτομα συγκρατούνται μεταξύ τους λόγω έλξης, η οποία σε πολύ μικρή απόσταση είναι αρκούντως πολύ ισχυρή, ενώ αυτή σε μεγαλύτερη απόσταση δεν μπορεί να επιφέρει κανένα αποτέλεσμα». Ενώ ο Lémery δίνει ως αιτία για τις έλξεις των στοιχειωδών σωματιδίων (*corpuscles*), δηλαδή των ατόμων ή μορίων των σωμάτων, στο σχήμα τους, όπως έκανε κι ο Δημόκριτος ή ο Επίκουρος. Αντιθέτως ο Newton αποδίδει σε δυνάμεις άγνωστες, αδιερευνήτες, που καθορίζουν τις χημικές αντιδράσεις, δυνάμεις οι οποίες εξαρτώνται και από την κίνηση των σωματιδίων.

Την εποχή εκείνη στους κύκλους της *χημείας* ήταν περισσότερο πρακτικό να αποδίδονται οι διάφορες ιδιότητες των σωμάτων στην παρουσία κάποιων «*αρχών*», παρά να προσπαθήσουν να οριστικοποιήσουν την έννοια των απλών σωμάτων και των απλών ουσιών (σημερινής έννοιας του στοιχείου) από τις ιδιότητες που απευθείας φέρουν. Οι *αρχές* για τα μέταλλα ήταν το θείο, δηλαδή το κίτρινο χρώμα του χρυσού, ο υδράργυρος και το άλας (αρχή σταθερότητας). Το **tria prima** του Παράκελσου, απλές ουσίες που εκπορεύονται από την *αρχή των όντων* τη **materia prima**, την ύλη δηλαδή σε μια αδιαφοροποίητη κατάσταση, την οποίαν ονόμαζαν και **chaos**, *mysterium magnum* ή *materia confusa* (ονομασίες και του Παράκελσου). Οι αρχές αυτές βρίσκονται σε διαφορετική αναλογία και βαθμό καθαρότητας ως θεμελιώδη συστατικά σε όλα τα σώματα. Οι αρχές αυτές επειδή βρίσκονται σε έναν διαρκή ανταγωνισμό και οι σχέσεις τους μεταβάλλονται συνεχώς, αναζητώντας η κάθε μια την υπεροχή έναντι των άλλων, θεωρούνται φθαρτές. Άφθαρτη είναι η *materia prima*. Το περιορισμένο εφαρμογής των τριών αρχών, δηλαδή στην παραγωγή του χρυσοφόρου μίγματος, δημιούργησε και αμφιβολίες για την καθολική τους ισχύ για όλα τα σώματα και αναζητήθηκαν άλλες, γενικότερες, οι οποίες θα μπορούσαν να απευθύνονται σε όλες τις διαφορετικές τεχνικές του μεταλλουργού, του πυροτεχνουργού, του αρωματοποιού, του φαρμακοποιού, και που θα δημιουργούσαν το κοινό θεωρητικό υπόβαθρο της επιστήμης της *χημείας*.

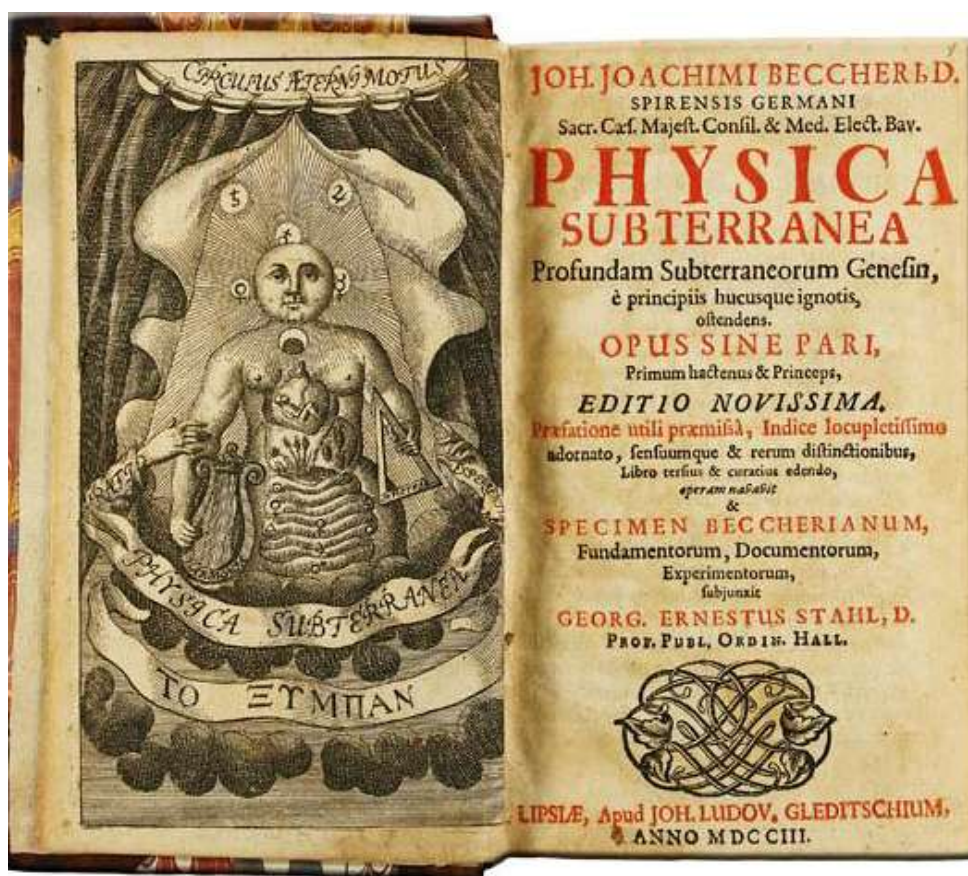
Έτσι *αρχές* αναζητήθηκαν και στα άλλα σώματα, όπως στα οξέα και τις βάσεις (αλκάλια). Οι αρχές αυτές, οδηγούν με ποικίλους συνδυασμούς και θεμελιώνουν όλες τις σύνθετες ουσίες (τις σημερινές χημικές ενώσεις), η κατάληξη των οποίων με διάσπαση είναι οι απλές ουσίες. Από τις νέες αυτές «*αρχές*», που εισήχθησαν, σπουδαιότερες ήταν:

- η αρχή της στερεότητας, υπεύθυνη για τη στερεότητα των ουσιών,
- η αρχή της ρευστότητας και
- η αρχή της οξύτητας.



Από την προμετωπίδα του βιβλίου του J.J.Becher Oedipus chemicus, Amsterdam, 1664.

Με τον J.J. Becher (1635-1682) εισήχθηκε και η **αρχή της καυσιμότητας (calcination)**, έννοια που πρωτοσυναντήσαμε στο βιβλίο του «Υπόγεια Φυσική» (*Subterranean Physics*) του 1669. Οι βασικές αρχές, στοιχεία, από τα οποία σχηματιζόντουσαν όλα τα σώματα, ήταν τρία, η αρχή της στερεότητας, αναφερόταν ως αρχή της σταθερής γης, η αρχή της *ρευστότητας* ως αρχή της ευμετάβλητης γης και της *καυσιμότητας* ως αρχή της εύφλεκτης ή λιπαρής γης, της **terra pinguis**.



Εξώφυλλο από το *Subterranean Physics* του Becher στα 1669 με υπότιτλο; *TO EYMPIAN*.

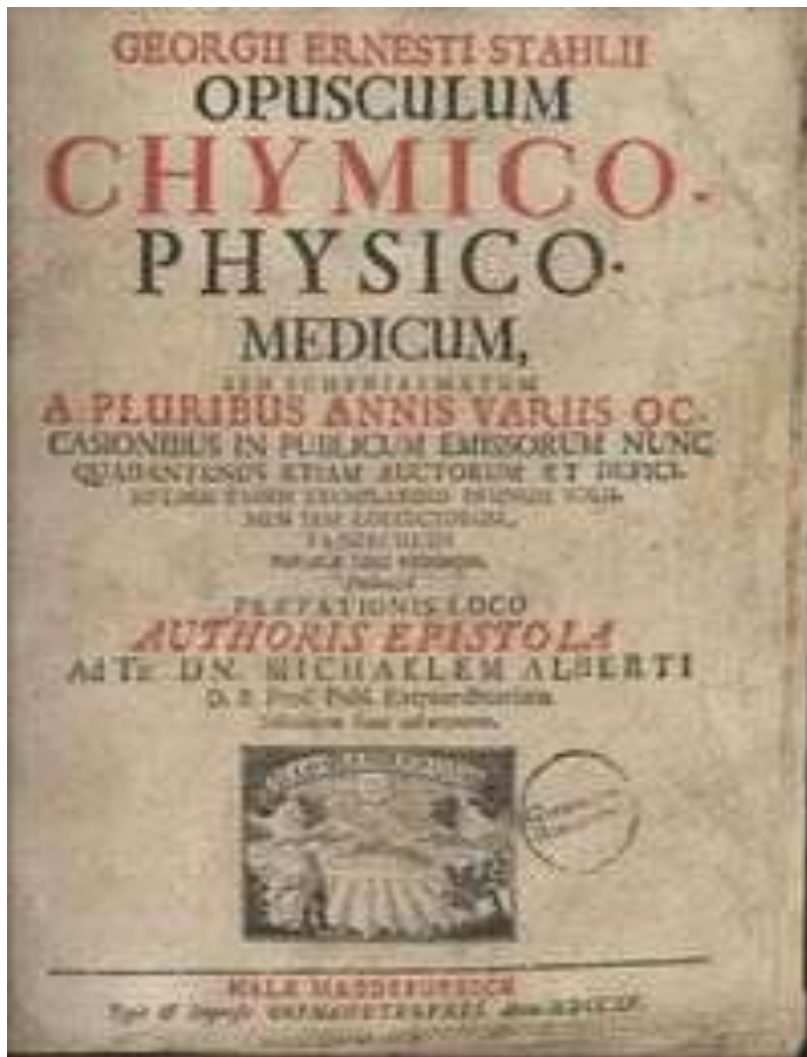
Επηρεασμένος από τον Εμπεδοκλή και τον Αριστοτέλη ο Becher για τα στοιχεία, δηλαδή της αρχής των τεσσάρων στοιχείων, η μίξη των οποίων δημιουργούσε την απέραντη ποικιλία των ουσιών και υλικών του σύμπαντος, και στηριζόμενος στην υπόθεση, ότι, καθένα στερεό περιείχε σε πολύ μικρή ποσότητα το ρευστό (το ύδωρ κατά τον Εμπεδοκλή), ο Becher κατέληξε ότι, κάθε στερεά καύσιμη ύλη επέτρεπε να διαφεύγει η «*λιπαρή της γη*», αφήνοντας πίσω της τη στάχτη, την αμετάβλητη ή σταθερά γη. Η ύλη σε τελική ανάλυση συνίσταται από τρία διαφορετικά είδη γης, την **πρώτη γη** (terra prima), η οποία είναι *τηκτή* ή *λιθώδης*, η **δεύτερη γη** (terra secunda) η *λιπαρή* (pignis) και η **τρίτη γη** (terra tertia) η *υγρή* ή *αεριώδης*.

Τη θεωρία του Becher επεξεργάστηκε ο μαθητής του G. E. Stahl (1660-1734), που μετέτρεψε τη λιπαρή γη στην πιο αεριώδη και απροσδιόριστη του **φλογιστού** (*phlogiston*). Ο Stahl με το φλογιστό ερμήνευε, γιατί ένα ξύλο με την καύση, γιατί έχανε το φλογιστό του και μετατρέποταν σε άνθρακα, όπως και η τέφρα (η *σποδός*, *sprodos*) των μετάλλων έχαναν το φλογιστό τους μετά τη διαπύρωσή τους (οξειδία μετάλλων). Το φλογιστό έφευγε στον αέρα μετά από κάθε καύση ή διαπύρωση μετάλλου, αλλά ο αέρας είχε ορισμένη χωρητικότητα σε φλογιστό, γι' αυτό ένα κεριό έσβηνε, όταν καιγόταν σε κλειστό χωρό. Η απομάκρυνση του φλογιστού από τη διαπύρωση ενός μετάλλου είναι το γνωστό φαινόμενο σε μας της *οξειδωσης*. Η θεωρία αυτή εξαπλώθηκε γρήγορα και απέκτησε τέτοιο κύρος, της οποίας υποτάχθηκαν και οι βασικοί ερευνητές των ανακαλύψεων που την υπονόμισαν.



Ο Georg Ernestus Stahl (1660-1734) στο CHYMICO-PHYSICO-MEDIUM του 1715.

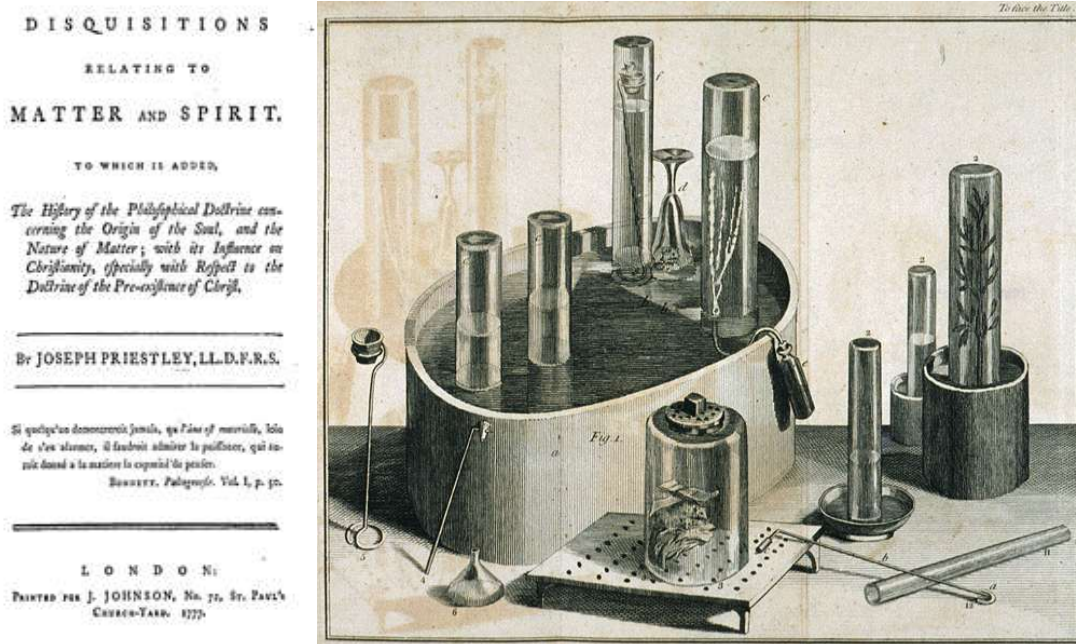
Ο Georg Ernestus Stahl (1660-1734), ήταν γιατρός και φαρμακοποιός, και όπως όλοι οι πεφωτισμένοι χημικοί της εποχής ήταν οπαδός της σωματιδιακής αντίληψης των στοιχειωδών ουσιών. Επίσης θεωρούσε την έννοια της **συγγένειας** ως ελκτικής δύναμης, που προσέλκυε το ένα σωματίδιο το άλλο προς ομοιομερή ή ετερομερή σώματα. Την εποχή εκείνη, οι ουσίες που προέκυπταν στα διάφορα χημικά φαινόμενα, ονομαζόντουσαν **μικτά (mixts)**. Μερικά ήταν *απλά μικτά*, όπως ο άργυρος ή ο χρυσός, των οποίων τα σωματίδια μπορούσαν να ενωθούν και να σχηματίσουν συνθετότερα *μικτά*. Η έννοια του μικτού συντηρούσε την αλχημιστική δοξασία της μεταστοιχείωσης, της εύρεσης της φιλοσοφικής λίθου μετατροπής των μετάλλων σε χρυσό. Η θεωρία του φλογιστού ερχόταν σε πλήρη συμφωνία με τις ιδέες του Becher, ότι, ένα μέταλλο ή οργανική ουσία όταν καίγεται, χάνει την *εύφλεκτη αρχή* του (inflammable principle). Με αυτόν τον τρόπο θεωρούσε ότι το μέταλλο είναι σύνθετο μικτό, πολύπλοκη ουσία, ενώ η *σποδός* (calx) ή τέφρα των μετάλλων απλό **μικτόν**. Όταν ένα μέταλλο γίνεται τέφρα (οξειδίο του μετάλλου), τότε χάνει φλογιστό. Όταν η αρχαιοελληνική *σποδός* αντιδράσει με το αβαρές φλογιστό, τότε αναγεννάται ή *αναζωογονείται (revivification)* το μέταλλο από την τέφρα του. Τις τέφρες των μετάλλων τις ονόμαζαν και αποτεφρομένα μέταλλα. Ο αέρας βοηθούσε την καύση των μετάλλων ή των ουσιών μηχανικά και δεν συμμετείχε καθόλου στην αντίδραση, γιατί ο Stahl, όπου εμείς θεωρούμε ότι το μέταλλο συνδέεται με το οξυγόνο, αυτός δεχόταν ότι αποσπάται το φλογιστό.



Το κλασικό βιβλίο του Stahl "Chymico-Physico-Medicum" (1715).

Ο Stahl με το **φλογιστό** προσπάθησε να ερμηνεύσει, γιατί ένα ξύλο με την καύση έχανε βάρος. Το απέδωσε στο ότι, έχανε φλογιστό, που πήγαινε στον αέρα. Δυστυχώς γι' αυτόν ο αέρας δεν συμμετείχε κατά την καύση, απλά τη υποβοηθούσε μηχανικά. Τα ίδια απέδιδε και στην καύση των μετάλλων. Η τέφρα, η *σποδός* (spodos ή calx) όπως την ονόμαζαν τότε, των μετάλλων έχανε το φλογιστό της μετά τη διαπύρωσή των τελευταίων. Δηλαδή αντέστρεφε μία πραγματικότητα, τα μέταλλα τα θεωρούσε σύνθετα σώματα που περιέχουν φλογιστό και τις σκωρίες (τέφρες, σποδούς, τα οξείδια των μετάλλων) απλούστερα των μετάλλων. Το φλογιστό με την καύση ή διαπύρωση οιαδήποτε σώματος έφευγε στον αέρα, όμως ο αέρας είχε ορισμένη χωρητικότητα σε φλογιστό, γι' αυτό ένα κερί έσβηνε, όταν καιγόταν σε κλειστό χώρο.

Η απλότητα της *θεωρίας του φλογιστού* και το εύλογο στην αποτύπωσή της εξηγεί τη ταχύτατη απήχησή της και την εξάπλωσή της ιδιαίτερα στην Αγγλία. Η θεωρία αυτή απέκτησε τέτοιο κύρος στην Αγγλία, ώστε υποτάχθηκαν σε αυτήν με πείσμα οι βασικοί ερευνητές των ανακαλύψεων, που την υπονόμειναν κι αποτέλεσαν την πραγματικότητα πάνω στην οποία στηρίχθηκαν στις ανεδαφικές της ερμηνείες. Οι ένθερμοι ερευνητές της φλογιστικής θεωρίας ήταν οι Priestley και Cavendish, που απομόνωσαν το οξυγόνο και το υδρογόνο, τα στοιχεία τα οποία ανέτρεψαν την ύπαρξή της.



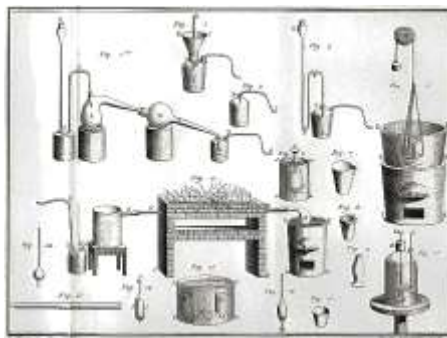
Αποκλεισμοί σε σχέση με την ύλη και τα πνεύματα (αέρια) του Joseph Priestley (1777). Δεξιά συσκευές «πνευματικών παγίδων» (οξυγόνου) του Priestley.

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα της φλογιστικής θεωρίας ήταν, η πλήρη αδυναμία της να δώσει ερμηνείες στα χημικά φαινόμενα από ποσοτικής πλευράς. Ένα άλλο μειονέκτημα ήταν η ιδιорυθμία της για το ότι, το υποτιθέμενο φλογιστόν υπεισέρχεται στις χημικές αντιδράσεις με τον αντίστροφο τρόπο που εισέρχεται η έννοια του οξυγόνου. Δηλαδή όταν ένα μέταλλο ενώνεται με το οξυγόνο, χάνει φλογιστόν. Κατά έναν περίεγο όμως τρόπο, μάλλον συμπτωματικό, το φλογιστό ταυτίζεται με τα ηλεκτρόνια της οξειδωσης του μετάλλου, έτσι όπως ερμηνεύεται αυτή σήμερα από την ηλεκτρονική θεωρία της οξειδοαναγωγής. Η οξειδωση ενός στοιχείου προχωράει με την ταυτόχρονη αναγωγή ενός άλλου. Ηλεκτρόνια αποβάλλονται από το οξειδούμενο μέταλλο και αυτά προσλαμβάνονται από κάποιο ηλεκτραρνητικό αμέταλλο στοιχείο, το οποίον ανάγεται, όπως τότε στην περίπτωση της διαπύρωσης το οξυγόνο.



Joseph Priestley (1733-1804).

Ήδη είχαν προσδιοριστεί πολλά είδη πνευμάτων, δηλαδή αερίων. Η ανακάλυψη της σύνθετης φύσης του αέρα, ειδικά του οξυγόνου, αποδίδεται στον Joseph Priestley (1733-1804), Άγγλο παππά, δεινό χημικό με έντονα δημοκρατικά φρονήματα, τα οποία τον ανάγκασαν τελικά να καταφύγει στο νέο κόσμο, την Αμερική. Πριν από αυτόν ο Ελβετός χημικός Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), είχε νωρίτερα καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι, ο αέρας αποτελείται από δύο διαφορετικά αέρια (ρυστά, τον *ακάθαρτο* (foul air, verdorbene Luft) αέρα και τον *καθαρό* ή *πύρινο αέρα* (Fire air, **Feuerluft**). Άργησε για ανεξήγητους λόγους να δημοσιοποιήσει τις εργασίες του και κατοχυρώθηκε στον Priestley το σύνθετο του αέρα, όπως και το αποτυχημένο των δύο ονομασιών που έδωσε στα δύο βασικά αέρια συστατικά του.

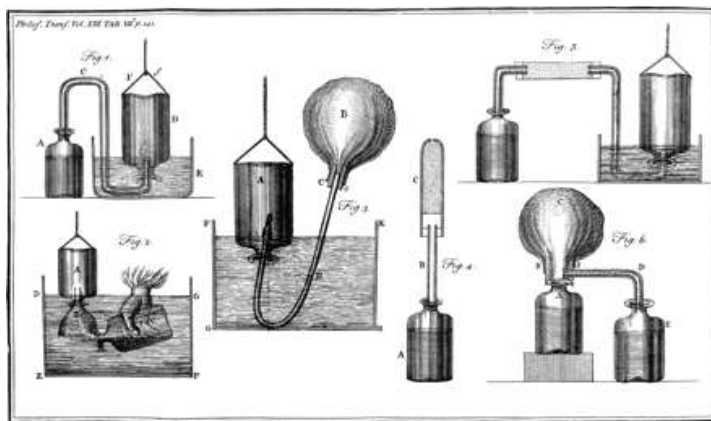


Συσκευές του εργαστηρίου του Priestley.

Ο Άγγλος ευγενής Cavendish, ένας φοβερά μισογύνης με μονήρη βίο και εκκεντρικός στη συμπεριφορά του επιστήμονας, βαθύπλουτος αλλά και εξαιρετικού ήθους, χωρίς ίχνη έπαρσης και επαφής με θρησκευτική λατρεία ή αναζήτηση. Επιδέξιος πειραματιστής, οξύτατος παρατηρητής και ευφυής διαχειριστής των πειραματικών δεδομένων, ασχολήθηκε με πλήθος χημικών φαινομένων. Ο μοναδικός σκοπός της ζωής του ήταν να μετράει, να ζυγίζει και να υπολογίζει. Οι ερευνητικές του εργασίες πάνω στον ηλεκτρισμό αποτελούσαν πρόδρομοι των μεγάλων ανακαλύψεων των Davy, Coulomb και Faraday. Οι εργασίες του πάνω στη *λανθάνουσα θερμότητα* προηγούνται αυτές του Black, αλλά δεν τις δημοσίευσε εγκαίρως.

Ο Cavendish απομόνωσε το *εύφλεκτο* υδρογόνο (τον εύφλεκτο ή **αναφλέξιμο** αέρα, **inflammable air**). Το οξυγόνο, άζωτο και υδρογόνο ήταν τα στοιχεία, που θεμελίωσαν την

ανατροπή της φλογιστικής θεωρίας. Παρ' όλα αυτά ο Cavendish μαζί με τον Priestley αποτελούσαν φανατικοί οπαδοί της φλογιστικής θεωρίας του Stahl. Δεν μπορούσαν να φανταστούν, ότι, οι ανακαλύψεις τους ήταν αυτές που οδήγησαν στην κατάρρευση της θεωρίας αυτής κάτω από την επιδέξια διαχείρισή τους από το ιδρυτή της σύγχρονης χημείας Lavoisier. Το υδρογόνο ως αέριο το είχε εντοπίσει ο Παράκελσος [Philippus Aureolus (φωτοστέφης) Theophrastus Paracelsus Bombastus von Hohenheim, 1493 – 1541]. Στο έργο του *Archidoxorum* (ή *Archidoxa*, Αρχιδόξα) περιγράφει την αντίδραση μετάλλου σε οξύ κατά την οποία ελευθερώνεται αέριο υδρογόνο. «*Luft erhebt sich und bricht wie ein Wind*», δηλαδή «*παράγεται αέρας, που εκλύεται όπως ο άνεμος*». Ήταν ο πρώτος που χαρακτήρισε όλα τα αέρια με την ελληνική λέξη «*χάος*», πριν την καθιερώσει ο Φλαμανδός των Βρυξελλών Jean Baptiste van Helmont (1577/9-1644) για το διοξείδιο του άνθρακα, το *gas sylvestre*²¹ (δηλαδή *αέριο του δάσους*), αέριο εκλυόμενο που του χαλούσε τις γυάλινες διατάξεις των συσκευών του. Έναν αιώνα μετά ο Turquet de Mayerne παρατήρησε ότι, το αέριο υδρογόνο ήταν αναφλέξιμο, μία διαπίστωση που έγινε και από τον Robert Boyle. Οι ιδιότητες του αερίου αυτού μελετήθηκαν συστηματικά από τον Henry Cavendish (1731 – 1810), ο οποίος μάλιστα το απομόνωσε.



Τα όργανα του Cavendish για τον εγκλωβισμό του αερίου υδρογόνου και η φιγούρα του.

Το άζωτο αναγνωρίστηκε το 1772 ως υπόλειμμα αέριο της καύσης ή της αναπνοής από ένα μαθητή του Black τον Daniel Rutherford (1749-1819). Το νέο αυτό αέριο ονόμασε **μεφιτικό αέρα** (merphitic air), που σημαίνει **αποπνικτικός αέρας** και η ονομασία προέρχεται από μία αρχαία ρωμαϊκή θεότητα (νύμφη) **mefitis**, η οποία προστάτευε τις άφθονες θειούχες πηγές με αναθυμιάσεις της Ιταλίας. Ο Lavoisier αρχικά διατήρησε την ονομασία αυτή, αποκαλώντας το *mofette* δηλαδή **ασφυκτικό αέρα**, αργότερα το ονόμασε **άζωτο** (και *αζωτικό αέρα*) και ο Chaptal στα 1790 **νιτρογόνο** (nitrogen), επειδή μπορεί να παράγει νίτρο, τελική ονομασία που διατηρείται διεθνώς πλην της Ελλάδας.

Έτσι ο αέρας κατά τον Priestley ήταν σύνθετος, αποτελούμενος από τον **phlogisticated air** (το *φλογιστοποιημένο ή φλογισμένο αέρα*, δηλαδή το άζωτο ή *πανσίζων* όπως πρωτοερμηνεύτηκε στις προεπαναστατικές ελληνικές χημείες, δηλαδή αέρας που παράγει *φλογιστόν*) και το **dephlogisticated air** (τον *αποφλογιστοποιημένον ή αποφλογισμένο αέρα*, δηλαδή το οξυγόνο).

²¹ Ο Helmont παρατήρησε ότι κατά την κάυση του άνθρακα η μεγαλύτερη ποσότητά του χάνεται με τη μορφή αόρατου «πνεύματος» (αερίου), προσθέτοντας: «*Στο πνεύμα αυτό μέχρι τώρα άγνωστο, δίνω τη νέα ονομασία gas...*» (J. B. Van Helmont, «*Oriatrike, or Physick Refined*», αγγλική μετάφραση, London, 1662, p. 106).

Ας δούμε όμως πως τα δύο αυτά βασικά αέρια του αέρα μεταφέρθηκαν στην ελληνική γλώσσα στα κείμενα βιβλίων των Φυσικών επιστημών και στις προεπαναστατικές χημείες, ένα πλούσιο υλικό που προετοίμασε την πρόοδο των φυσικών επιστημών στον ελληνικό χώρο. Ο Βαρδάλαχος στα 1812 το άζωτο το ονόμαζε *πανσίζων* και *νιτρογονικόν αέρα*. Ο Ηλιάδης στα 1802 *άζωτο* και *άζωτικόν αέρα*, ο Κούμας (1812) *άζωτον* ή *πανσίζων* και το οξυγόνο *οξυγονικός αήρ* ή απλώς *οξυγόνο* ή *Ζείδωρος αήρ.*, αέρας που δωρίζει τη ζωή. Ο Δημήτριος Δάρβαρις στην «*Επιτομή Φυσικής*» (1812) τα προαναφερόμενα στοιχεία τα ονομάζει *υδρογόνο*, *οξυγόνο*, *άζωτο*.

Φ Τ Σ Ι Κ Η
Π Ε Ι Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Η

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΗ
ΤΩΝ ΝΕΩΤΕΡΩΝ ΕΦΕΤΡΕΣΕΩΝ.

Συγγραμματα και εκδόσεις
Ελληνιστί
κέρειν τῶν ἐφεταίων
ἐκ τῆς
ἐπιτομῆς ἐπιτομῆς
ἐπιτομῆς ἐπιτομῆς
Κωνσταντίνου Βαρθαλάχου
ἐκ τῆς
Αἰγυπτίου

Ἐν Βιέννῃ τῆς Αὐστρίας,
ἐκ τῆς τυπογραφίας Δρακόπουλου τοῦ Γραβῆ.
1812.

Χ Η Μ Ι Κ Η

Φ Ι Λ Ο Σ Ο Φ Ι Α

ἢ
χειρῶδες ἀλήθειαι τῆς νεωτέρας Χημικῆς,
νεωτέρῃ τινι μεθόδῳ τεταγμέναι,
ἐκ τῆς

Α. Φ. ΦΟΥΡΚΡΟΑ,
Γραμματικῆς καὶ Διδασκαλῆς τῆς Χημικῆς ἐν Παρισίῳ.
Ἐκ Γραμμικῆς Θεωρίας
μετὰ προσθήκῃ ἀπὸ τῆς Συνομιλίας

ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ Μ. ΗΛΙΑΔΟΥ.

Ἐπιτομῆς Θεωρίας καὶ ὅπως ἐκδόθησαν
ἐκ τῆς

ΑΝΘΙΜΟΥ ΓΑΖΗ

Ἀρχιμδρ.
ἐκ τῆς ἐπιτομῆς τῆς ἑλληνικῆς καὶ ἀπὸ τῆς ἐκδόσεως
Ἐπιτομῆς τῆς ὀργανολογίας καὶ τῆς Φιλοσοφίας.

Ἐν Βιέννῃ τῆς Αὐστρίας, φ. κ. β.
Τυπογραφία Φ. Α. Σχραύερ.
Ἐκ τῆς ἐπιτομῆς ἐπιτομῆς ἐπιτομῆς

Ο Διονύσιος ο Πύρρος, αρχιμανδρίτης και ιατροδιδάσκαλος από την Καστανιά Τρικάλων της Θεσσαλίας στο έργο του *ΓΕΝΙΚΗ ΦΑΡΜΑΚΟΠΟΙΪΑ*, εν Κωνσταντινουπόλει 1818, αντιθέτως προς τους προηγούμενους Έλληνες συγγραφείς τη χημεία τη γράφει ως *χυμία* και το άζωτο το αναφέρει ως *σηπτογόνο αέρα*, ήτοι *άζωτος* (Gas Settono) *αήρ*. Συγκεκριμένα: «είναι τινές Χυμικοί, μάλιστα και Διδάσκαλοι, οι οποίοι ωνόμασαν τούτον τον Σηπτογόνο αέρα *Άζωτον*, και *Πανσίζων*, δηλ : *αήρ*, ός τις δεν δίνει ζωήν εις τα ζώα, και ότι παύει ευθύς την ζωήν αυτών, το οποίον δεν είναι αληθές. Το οξυγόνο στο ίδιο έργο αναφέρεται ως *θερμοξυγονικός αέρας* ή *ζωτικός* (Gas Termossigeno) *αήρ*. Ειδικότερα για τις ιδιότητές του ανάμεσα στα άλλα γράφει: «Ο Ζωτικός ούτος αήρ είναι διαφανέστατος, αρεός, ελαστικός, αδιάλυτος εις το νερόν και ωφέλιμος εις τους πάσχοντας». Για το διοξειδίο του άνθρακα το αναφέρει ως *φλογανθρακικό αέρα* (από τα ιταλικά Gas Flogogeno), αέρα *άχρηστον* που δεν αναπνέεται και είναι «βαρύτερος από όλους τους λοιπούς αέρας».

Ο αρχιμανδρίτης Άνθιμος Γαζής ονομάζει το άζωτο *άζωτικόν αέρα*, που ανήκει στη γενικότερη κατηγορία των *απνεύστων αερίων*. Όλες οι παραπάνω αναφορές από τους Έλληνες συγγραφείς προέρχονται από εκδόσεις που έγιναν στη Βιέννη. Αντιθέτως, ο Μακραιός δεν παρουσίασε καμία πρόοδο στα αναφερόμενά του πάνω στη θεωρητική χημεία. Στην «*Επιτομή Φυσικής Ακροάσεως*», που εξεδόθηκε στη Βενετία το 1816, ήταν οπαδός των

μικτών, της συμπάθειας και αντιπάθειας των σωμάτων και του ευμετάβλητου των σωμάτων από μικτό σε ποιότητα άλλου μικτού. Το άζωτο το ονόμαζε *αφρόνιτρον*, μη αποδίδοντας σε αυτό την έννοια του απλού σώματος, σταθερής σύστασης, αλλά μιας νέας ποιότητας μικτού, στην οποία συνυπάρχει και άλλη ποιότητα η οποία μπορεί να εκδηλωθεί κατά τα χημικά φαινόμενα.



Η φλογιστική θεωρία επιρρέασε ακόμα τις χημείες των αρχών του 19ου αιώνα, όπως αυτό φαίνεται και στις πρώτες ελληνικές εκδόσεις χημειών από τον Ηλιάδη, Κούμα, Γαζή και Βαρδάλαχο.

Όταν το σπίρτο καίγεται, χάνει βάρος, ενώ το μαγνήσιο που καίγεται με έντονη φλόγα κερδίζει βάρος.

Ο όρος **gas** γεννήθηκε από τη λέξη **χάος**, όρος που δόθηκε από τον *Jan Baptista van Helmost* (1560-1640), για να αιτιολογήσει τη ζημιά στα γυάλινα όργανα από το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Ο προηγούμενος όρος του άγνωστης φύσης αερίου ήταν **materia confusa** (ύλη σύγχυσης), που αποδόθηκε από τον Παράκελσο, αν και όπως γράφεται ήταν ο πρώτος ο οποίος το ονόμασε το αέριο αυτό **χάος (chaos)**.

Η φλογιστική θεωρία δεν μπορούσε να ερμηνεύσει γιατί ένα ξύλο όταν καιγόταν, ενώ έχανε φλογιστό, έχανε και βάρος, ενώ ένα διαπυρωμένο μέταλλο, ενώ έχανε φλογιστό, κέρδιζε βάρος. Τις ανακαλύψεις του Priestley και του Cavendish τις εκμεταλλεύτηκε καταλλήλως ο Lavoisier και έδωσε το οριστικό πλήγμα στη φλογιστική θεωρία. Με πειράματα καύσεων εντός κλειστών γυάλινων σκευών και με το ζυγό ως όργανο ο Lavoisier έδωσε το τελειωτικό χτύπημα στη φλογιστική θεωρία και θριάμβευσαν οι παρατηρήσεις και οι μετρήσεις των πειραμάτων, ως ο μοναδικός κριτής των εγκεφαλικών μας ιδεών για τον κόσμο και την πραγματικότητα.



Étienne Francois Geoffroy (Ζοφρούα, 1672-1731).

Ο Ε. F. Geoffroy αυθεντία στις χημικές συγγένειες των διαφόρων ουσιών, αποφεύγει το χαρακτηρισμό συγγένεια και αντ' αυτού χρησιμοποιεί τη λέξη **rapport**, δηλαδή **σχέση** που υποδηλώνει και τη συμπάθεια, όπως θα δούμε πιο κάτω. Η αλήθεια είναι ότι είχε χαθεί η ρίζα της λέξης *affinitas/é/y*, η έννοια της *αφής* (*άπτω, εφάπτω, 101*), και περιορίστηκε η *affinity* στις συγγενικές σχέσεις, επαφές ιδιαίτερης χαρακτηριστικής ομάδας ανθρώπων, που χαρακτηρίζει ιδιότητες ελλόγων όντων. Ήδη η **affinity** είχε υποστεί έντονη κριτική για το αν ήταν ευδόκιμος όρος για να χρησιμοποιείται στα χημικά φαινόμενα, η ύλη δηλαδή να αγαπά και να μισεί. Τα συναισθήματα ήταν πλέον ιδιότητες αποκλειστικές ελλόγων όντων.

Ο Étienne Francois Geoffroy (Ζοφρούα, 1672-1731) ήταν γιος του Matieu Geoffroy φαρμακοποιού στο Παρίσι, το κατάστημα του οποίου αποτελούσε σημείο συνάντησης όλων των διασήμων γάλλων φυσιοδίφων. Ο αδελφός του ήταν επίσης έξοχος χημικός και ένας από τους σκαπανείς της αναλυτικής χημείας. Στον αδελφό του οφείλονται ιστορικά οι πρώτες ογκομετρήσεις. Στην *αποθήκη* αυτή οι φυσιοδίφες αυτοί πήραν την απόφαση να δημιουργήσουν τη Βασιλική Ακαδημία Επιστημών (Academie Royale des Sciences) το 1666. Ο Étienne σπούδασε ιατρική και φαρμακευτική αρχικά στο Montpellier, ειδικεύθηκε στα φάρμακα στην Ολλανδία και Αγγλία και συνέχισε για μεγαλύτερη τις σπουδές του στην Ιατρική και Φαρμακευτική στην Ιταλία. Έγινε καθηγητής στο Βασιλικό Βοτανικό Κήπο το 1707 και μετά από μακρές πειραματικές έρευνες δημοσίευσε στα 1718 τους πίνακες των **σχέσεων** (*rapports*), δηλαδή των **χημικών συγγενειών** με τίτλο «*Tables des differents rapports observés entre differetes substances*». Απέφυγε τον όρο *χημική συγγένεια* για άγνωστους λόγους, μάλλον όμως γιατί ήθελε να καθιερώσει ένα μέτρο προσδιορισμού τους και ήθελε να αποφύγει την κριτική από υποστηρικτές του όρου, οι οποίοι τους βόλευε να μιλούν γι' αυτόν αόριστα και φιλολογικά περισσότερο και να μην έρθει σε αντίθεση, με αυτούς που χρησιμοποιούσαν συγγένεια (*affinity*) τον όρο *συμπάθεια* (*sympathy*). Άλλωστε

ο όρος **rapport** αναφέρεται σε σχέση που προκύπτει από συμπάθεια και γι' αυτό τα λεξικά αναφέρονται και στις δύο αντιστοιχίσεις 1. *Συμπάθεια* και 2. *Σχέση*.

↶	⊖	⊕	⊗	▽	⊖	⊕	SM	△	♀	♁	♀	☾	♂	☉	▽
⊖	♁	♂	△	⊕	⊕	⊕	⊖	⊖	☉	☾	♀	♁	☉	♂	▽
⊕	☉	♀	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	♂	☾	♀	PC	♀	♁	♁	⊖
▽	♀	♁	⊕	⊖	⊖	⊖	⊕	♀	♁						
SM	☾	♀	▽		⊕		⊕	♁	♀						
	♀	☾	♂		△			☾	♁						
			♀					☉	☉						
			☾					♀							
	☉							☉							

- | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|
| ↶ Esprits acides. | ▽ Terre absorbante. | ☉ Cuivre. | △ Soufre mineral. [Principe. |
| ⊖ Acide du sel marin. | SM Substances metalliques. | ♂ Fer. | △ Principe huileux ou Soufre |
| ⊕ Acide nitreux. | ♀ Mercure. | ♁ Plomb. | ⊕ Esprit de vinaigre. |
| ⊗ Acide vitriolique. | ☉ Regule d'Antimoine. | ♁ Etain. | ▽ Eau. |
| ⊖ Sel alcali fixe. | ☉ Or. | ♁ Zinc. | ⊖ Sel. |
| ⊕ Sel alcali volatil. | ☾ Argent. | PC Pierre Calaminaire. | ▽ Esprit de vin et Esprits ar. |

Οι πίνακες της συγγένειας του Geoffroy, από το «*Mémoires de l' academie roayle des sciences*», p. 212, 1718.

Ο Ζοφρουά (Geoffroy) στην ουσία του όλου θέματος συνέχισε την προηγούμενη προσπάθεια του Γκλομπέρ, να δημιουργήσει δηλαδή μία διαβάθμιση της χημικής συγγένειας των ουσιών και να αναπτύξει τη συστηματική έρευνα των οξείων, βάσεων και αλάτων της χημείας. Το περιεχόμενο που έδινε στη χημική συγγένεια ήταν: «Όταν δύο σώματα έχουν κάποια τάση προς ένωση, παραμένουν ενωμένα. Παρουσία όμως τρίτου, που έχει μεγαλύτερη τάση (*plus de rapport*) με το ένα από αυτά να ενωθεί, ενώνεται απελευθερώνοντας έτσι το άλλο». Ο πίνακας του ακολουθεί ένα πρότυπο, στην κορυφή κάθε στήλης υπάρχει ένα σώμα (ουσία) και στη συνέχεια ακολουθούν ουσίες, που μπορούν να συνδυαστούν μαζί του. Η «σχέση» αναφέρεται ταυτόχρονα στο συνδυασμό και στη «μετατόπιση», οπότε η έννοια της μετατόπισης ξεπερνούν τα στενά δεδομένα του καταγραφέντος πειράματος, από το οποίον προέρχεται ο πίνακας του Geoffroy. Η σύνθεση προϋποθέτει διάσπαση (*σπαγυρισμός*) και η σχέση δεν παραπέμπει στις γνωστές μας «αρχές», αλλά στη καθ' εαυτού διαδικασία διαχωρισμού και ένωσης. Ο πίνακας ήταν ένας συστηματικός κατάλογος χημικών αντιδράσεων, από τις οποίες παράγονται ουδέτερα (ή μέσα) άλατα, δίνοντας την ευκαιρία σε άλλους χημικούς να τα μελετήσουν και να συνεχιστεί η τεράστια εργασία του γερμανού Wilhelm Homberg²² (1652-1715), πρωτεργάτη στην οξυμετρία και την αλκαλιμετρία..

²² Ο Wilhelm Homberg στα 1700 προσπάθησε να μετρήσει την ποσότητα μιας βάσης που απαιτείται για την εξουδετέρωση ενός οξέος. Ο Homberg σπούδασε στο Άμστερνταμ νομική, άσκησε το δικηγορικό επάγγελμα στο Μαγδεμβούργο, όταν ήταν Δήμαρχος ο περίφημος Otto von Guericke (αντλία κενού, συσκευή στατικού ηλεκτρισμού κ.ά.). Στο Μαγδεμβούργο (Magdeburg) ασχολήθηκε με την παρασκευή της φιλοσοφικής λίθου και τη μετατροπή αργύρου σε χρυσό, μέσω συμπύρωσης με θειούχο αντιμόνιο. Τότε παρατήρησε ότι ο άργυρος αποκτούσε μικρή περιεκτικότητα σε χρυσό, ο οποίος όμως όπως διαπιστώθηκε περιείχετο κατά

Οι πίνακες του Geoffroy είχαν δεχτεί μεγάλη αμφισβήτηση και κριτική από τους εκπροσώπους της Γαλλικής Βασιλικής Ακαδημίας, οι οποίοι δεν είχαν την κριτική δύναμη να αμφισβητήσουν τα μεταφυσικά δόγματα των αλχημιστών, ούτε τις αρχές της φλογιστικής θεωρίας. Από την άλλη πλευρά είχε και υποστηρικτές. Ο Φοντενέλ στο Έπαινό του (*Éloge*) για τον Ζοφρουά θα υπογραμμίσει ότι οι σχέσεις αυτές «στεναχώρησαν κάποιους που φοβήθηκαν ότι πρόκειται για μεταμφιεσμένες έλξεις, οι οποίες είναι πολύ πιο επικίνδυνες, επειδή ικανοί άνθρωποι κατάφεραν να τους δώσουν γοητευτικές μορφές» κι αποτελούν ένα νόμιμο φόβο.

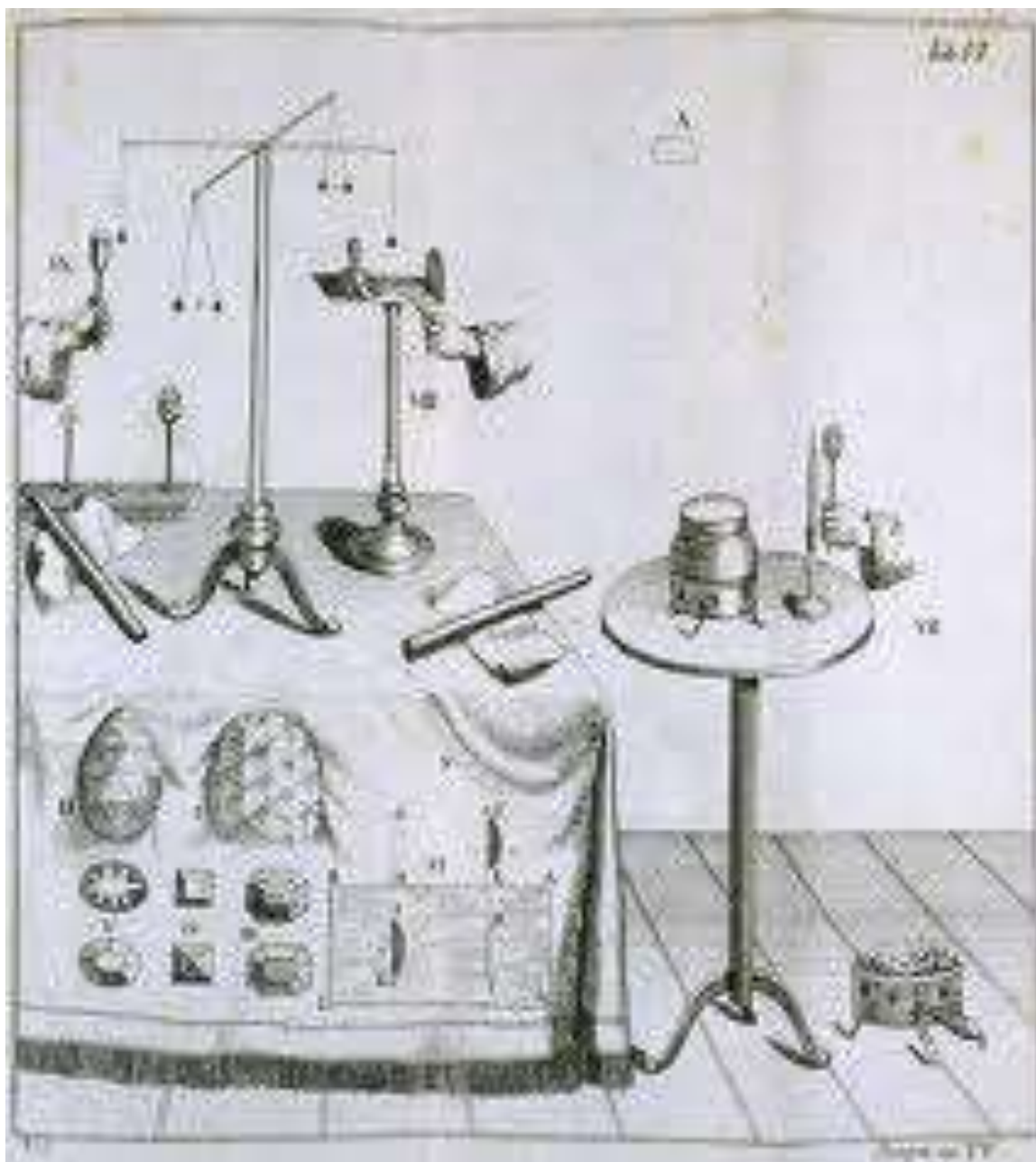
Σε πολύ νεαρή ηλικία ο Ζοφρουά είχε γίνει ακαδημαϊκός (1699), αλλά τότε οι ακαδημαϊκοί είχαν ενασχολήσεις πολυποίκιλες και δεν είχαν το ίδιο κύρος με τους πανεπιστημιακούς δασκάλους. Στις αρχές του 18ου αιώνα όμως το κύρος τους άρχισε να αυξάνεται και να υπερσκελίζει αυτή του πανεπιστημιακού δασκάλου, πράγμα το οποίον συμβαίνει και σήμερα. Ο Ζοφρουά είχε έναν νεότερο αδελφό τον Claude Joseph Geoffroy (1683-1752), ο οποίος του ζωγράφισε και τους πίνακες. Ο Κλωντ Ζοφρουά ήταν ένας έξοχος σκαπανέας της αναλυτικής χημείας και ο πρώτος που δημοσίευσε ογκομετρική ανάλυση του *όξους* (ξύδι), την πρώτη γενικά χημική τιτλοδότηση.

Οι πίνακές του Geoffroy προκάλεσαν τον ενθουσιασμό πολλών άλλων χημικών της εποχής και έγιναν πολλές προσπάθειες για να πάρει σάρκα και οστά η έννοια της *συγγένειας*, να πάψει να είναι αφηρημένη έννοια. Οι ατέλειές του, οι βελτιώσεις και οι συμπληρώσεις των στηλών του έγιναν από το Bergman το 1775. Το έργο του εξάτομο ολοκληρώθηκε σε 6 τόμους το 1783, ασκώντας μεγάλη επιρροή στο Lavoisier και στο έργο σταθμός «*Traité élémentaire de chimie*» του 1789. Ο Σουηδός χημικός Torbern Bergman (1735-1784) δημοσίευσε τους δικούς του συμπληρωμένους πίνακες, αποτέλεσμα μελέτης πολλών χημικών διαδικασιών (ποσοτικής ανάλυσης) που λάβαιναν χώρα σε διαλύματα, δηλαδή σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε αντιδράσεις δια της λεγόμενης «ξηράς οδού», δηλαδή σε υψηλές θερμοκρασίες (συντήξεις). Οι πίνακες του Bergman περιελάμβαναν 49 ουσίες και για κάθε μια δύο μεθόδους αντίδρασης, αυτήν σε χαμηλή θερμοκρασία και αυτήν σε υψηλή. Την ενωτική τάση των ουσιών την αποκάλεσε **attractio electiva** (εκλεκτική έλξη), την οποίαν διέκρινε σε δύο τύπους, την *single elective attraction* (την απλή εκλεκτική έλξη) και την *double elective attraction* (τη διπλή εκλεκτική έλξη). Η πρώτη αναφέρεται σε αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης εντός υδατικών διαλυμάτων και η δεύτερη σε διπλές διασπάσεις.

κανόνα από το θειούχο αντιμόνιο. Από τότε στράφηκε στις Φυσικές Επιστήμες, συνεργάστηκε με τον Boyle στην Αγγλία, από προτεστάντης έγινε καθολικός και το 1682 εγκαταστάθηκε μίνιμα στο Παρίσι. Έγινε μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών και διετέλεσε προσωπικός γιατρός του Δούκα της Νέας Ορλεάνης. Ο Homberg θεωρούσε τα άλατα ως ουσίες που προκύπτουν από τα οξέα και τις βάσεις, όταν αναμειχθούν σε ορισμένες αναλογίες. Σημείωνε ότι «η ισχύς των οξέων είναι ανάλογη της ικανότητάς τους να διαλύουν και (η ισχύς) των αλκαλίων ανάλογη της ικανότητάς τους να διαλύονται», προσδιορίζοντας την ισοδυναμία των οξέων με την προσθήκη περίσσειας σε αυτά ανθρακικών αλκάλων, εξάτμιση του προκύπτοντος διαλύματος και υπολογισμού της διαφοράς βάρους. [1, 58]



Tobern Olof Bergman.
Γεννήθηκε στην Katrineberg στις 20 Μαρτίου 1735 και
πέθανε στην Medevi στις 8 Ιουλίου του 1784.

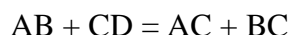


Σελίδα από το «Opusculum Chemicum» (Πόνημα Φυσικής και Χημείας) του εξάτομου έργου του Tobern Bergman, σε έκδοση Ουψάλας το 1780.

Οι πίνακες του Μπέργκμαν (Bergman) είναι αποτέλεσμα μιας τεράστιας εργασίας και ταυτόχρονα βαρετής εργασίας, στους οποίους κατατάσσονται χιλιάδες χημικές αντιδράσεις. Αποτελούνται από 49 στήλες όπως προαναφέραμε, 27 των οποίων περιλαμβάνουν οξέα, 8 βάσεις και 14 μέταλλα. Σε άλλο σημείο υπήρχαν αντιδράσεις με διπλό μητρώο, «δια της υγρής οδού» και «δια της ξηρής οδού». Ευσυνείδητος πειραματιστής ο Bergman με τον τεράστιο όγκο εργασίας να απλώνεται μπροστά του, δεν έμεινε ικανοποιημένος. Εκτιμούσε ότι απαιτούνται αποτελέσματα από τριάντα χιλιάδες ακόμη, για να προσδώσουν στους πίνακές του μεγαλύτερο βαθμό ακρίβειας.

Οι ολοκληρωμένοι πίνακες του Bergman ενέπνευσαν το Göthe να δώσει τον τίτλο στο έργο του *Die Wahlverwandschaften* (Εκλεκτικές συγγένειες, «elective affinities»), που εκδόθηκε το 1809, όπως η αλχημεία ενέπνευσε το άλλο γνωστό έργο του, Φάουστ), έργο βαθύτατα

επηρεσμένο από τις ειδικές συγγένειες της χημείας, αναγράφοντας και το συμβολισμό ανταλλαγής συντρόφων σε δύο ζευγάρια ως εξής:



Ο Goethe είχε μια έφεση προς τις θετικές επιστήμες και οι εκλεκτικές συγγένειες προέκυψαν από τη λατινική μετάφραση των πινάκων του Bergman «*attractio electiva simplex*».

Οι επαγγελματικές δραστηριότητες των χημικών

Μέχρι τότε οι χημικοί ασκούσαν πρακτικά άλλα επαγγέλματα, κυρίως αυτό του γιατρού ή φαρμακοποιού. Αλλωστε η φαρμακευτική αποχωρίστηκε στην Εσπερία από την ιατρική κατά το 13ο με 14ο αιώνα. (Το 1241 ο Φρειδερίκος II με την ίδρυση του Πανεπιστημίου της Νεάπολης, εξέδωσε διάταγμα για τον πλήρη χωρισμό της ιατρικής από τη φαρμακευτική). Το επάγγελμα του φαρμακοποιού άρχισε να αυτονομείται από αυτό του γιατρού και είχαμε τα πρώτα φαρμακεία, όπως και τις πρώτες ειδικότητες των γιατρών να εμφανίζονται από τους επόμενους αιώνες. Μέχρι τότε, αλλά και στη συνέχεια είχαμε στο βάθος κάθε ιατρείου να υπάρχει ένα ερμάριο με τις απαραίτητες ουσίες και ένας μικρός πάγκος, που πάνω του είχε γιάλινα όργανα, γουδί και ζυγό για την παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων. Ήταν ο χώρος αυτός η λεγόμενη *αποθήκη*, από την οποίαν οι φαρμακοποιοί απέκτησαν το όνομα **αποθηκάριοι** και το φαρμακείο τους **αποθήκη (APOTHECA)**, ονομασίες που συναντάμε σε πολλές χώρες της Ευρώπης. Η χημεία όμως αποτελούσε το θεωρητικό υπόστρωμα για την εξέλιξη αυτών των επιστημονικών πρακτικών και η μόνη να οικοδομήσει ένα ενιαίο λογικό οικοδόμημα, ικανό να συνδέσει τις σκόρπιες ιατροφαρμακευτικές εμπειρίες, πράγμα που έχει επιτευχθεί στη σημερινή συγκροτημένη εποχή της μοριακής βιολογίας.



Φαρμακείο του 15^{ου} αιώνα σε ξυλογραφία του «*Liber de arte distillandi simplicia et composita*», έργο του Hieronymus Brunschwig (1500).



Ο όρος συγγένεια (*affinitas*) έκτοτε απαντάται σποραδικά σε διάφορα συγγράμματα και δεν σήμαινε τίποτα άλλο, παρά την ύπαρξη στα σώματα-ουσίες που αντιδρούσαν χημικά μιας άγνωστης χημικής ελκτικής δύναμης, που αποκαλούσαν *vis occulta*, η οποία φέρει τις ουσίες προς ένωση, υπερνικώντας ασθενέστερες προϋπάρχουσες χημικές συγγένειες. Φυσικά η χρήση της έννοιας αυτής έξυρβε μία ανακρίβεια, ότι οι ουσίες που ενώνονται στα δρώμενα χημικά φαινόμενα δεν ήταν συγγενείς αλλά αντιθέτως ανόμοιες, όπως για παράδειγμα τα οξέα και τα αλκάλια που αντιδρούν εντόνως. Η πιο συστηματική μελέτη των χημικών φαινομένων και πιο ειδικά η διασαφήνιση των χημικών όρων της διάλυσης, όπως η διάλυση των μετάλλων σε διαλύματα οξέων, ανήγαγε τη χημική συγγένεια σε αποδεκτό όρο τον 18^ο αιώνα από τον Ολλανδό χημικό Hermann Boerhaave (1668-1738), καθηγητή της ιατρικής, βοτανικής και χημείας στο Πανεπιστήμιο του Leyden από το 1702.

Ο Boerhaave επηρεάστηκε από τις φιλοσοφικές ιδέες του Spinoza και ενώ προοριζόταν για ιερατική σταδιοδρομία, παραιτήθηκε των αρχικών του προθέσεων και στράφηκε στα μαθηματικά και την ιατρική. Έγινε διάσημος γιατρός με πολυπληθή πελατεία και η φήμη

του είχε εξαπλωθεί σε όλη την Ευρώπη. Έπαιρνε επιστολές από απομακρυσμένες χώρες με μόνη διεύθυνση «προς κύριον Boerhaave, γιατρό της Ευρώπης». Η λιτή ζωή του συνοψιζόταν στο απόφθεγμα, που γράφτηκε και στον τάφο του: *Simplex sigillum veri* (η απλότητα σφραγίδα της αλήθειας).

Αξιοποίησε την εμπειρία του από τη Χημεία και καθόρισε με έναν ορθό τρόπο τις σχέσεις Χημείας και Ιατρικής, προσδιορίζοντας ως μόνο σκοπό της Χημείας την έρευνα των μεταβολών της ύλης. Ο ορθολογισμός του τον οδήγησε σε άμεση ρήξη με τις αυθαίρετες ιδέες των αλχημιστών, όπως ότι η παρατεταμένη θέρμανση του υδραργύρου τον μετατρέπει σε στερεό μέταλλο, αποδίδοντας ένα τέτοιο γεγονός στην αδεξιότητα των πειραματιστών ή στην ανεπάρκεια των γνώσεών τους. Η διαδικασία μετατροπής του υδραργύρου σε στερεό μέταλλο ονομαζόταν τότε **fixation**, δηλαδή στερέωση (ή στερεοποίηση), και το γεγονός αποτελούσε στους αλχημιστικούς κύκλους της εποχής μία ενδιαμέση κι αναγκαία διαδικασία μετατροπής του υδραργύρου σε χρυσό. Η απόρριψη αυτής της διαδικασίας έγινε από τον Boerhaave, αφού προηγουμένως απόσταζε υδράργυρο επί 6 μήνες και τον υπέβαλε σε ήπια θέρμανση επί 15 χρόνια. Τίποτα από τις αλχημιστικές δοξασίες δεν συνέβη, ούτε κατέστη ο υδράργυρος πτητικότερος μετά τις επανειλημμένες αποστάξεις, ούτε μπορεί να παραχθεί υδράργυρος από μόλυβδο. Στις αποστάξεις του υδραργύρου παρατήρησε τον σχηματισμό μικρής ποσότητας σκόνης (οξειδίο υδραργύρου), την οποία μπορούσε στη συνέχεια να διασπάσει και μετατρέψει σε υδράργυρο. Με αυτήν τη διαδικασία διέβλεψε την παρουσία στον αέρα μιας ζωογόνου τροφής (**vitae cibum**), λέγοντας: «πρόκειται περί μυστηρίου και θα είναι ευτυχής όποιος το ανακαλύψει» (πρόβλεψη του οξυγόνου). Μία αρχική μαρτυρία για την ύπαρξη του οξυγόνου, αν και πίστευε ότι ο αέρας παίζει ένα μηχανικό ρόλο στις χημικές αντιδράσεις. Διαχώριζε τη φωτιά από τη θερμότητα και παρόλο που δεν ήταν υποστηρικτής του φλογιστού, είχε παραπλήσιες αντιλήψεις με αυτές του Stahl. Γιατί δεχόταν το πυρ ως ουσία, που συνίστατο από λεπτά σωματίδια, τα οποία μπορούσαν να διεισδύσουν σε άλλες ουσίες και να τροποποιήσουν τις έλξεις των σωματιδίων που τα συγκρατούν. Αυτή η αντίληψη χρησιμοποίησε και ο Lavoisier για να αναπτύξει τη θεωρία του για το στοιχείο **caloric** (θερμογόνο ή θερμικό).

Η σημαντικότερη προσφορά του Boerhaave ήταν να συμβάλλει στην περιθωριοποίηση της αλχημιστικής παράδοσης και της προσπάθειας αποκρυπτογράφησης πολλών ισχυρισμών του παρελθόντος, όπως της μετατροπής των ευτελών μετάλλων σε χρυσό.

Επιστρέφοντας στα πειράματά του Boyle, συγκεκριμένα της διαπύρωσης με αέρα του κασσιτέρου ή του χαλκού ή ρινισμάτων σιδήρου, πειράματα που έμειναν ανεκμετάλλευτα για μεγάλο χρονικό διάστημα, ο Lavoisier εντόπισε την αιτία που αυτά γίνονται βαρύτερα, μετατρέπόμενα σε σκωρίες. Έτσι άφησε κατά μέρος τη θεωρία του φλογιστού, εντοπίζοντας, ότι, η αιτία του συμβάντος είναι ίδια. Όλες οι σκωρίες (τέφρα ή σποδός υδραργύρου, σκουριά σιδήρου ή χαλκού) με θέρμανση παράγουν το **ελαστικό ρευστό (fluide elastique)** ή **καθαρό αέρα (pure air)** ή **ζωτικό αέρα (vital air)**, αρχική ονομασία του οξυγόνου που δόθηκε από τον Lavoisier). Η θέση αυτή του Lavoisier παρουσιάστηκε σε μία περίφημη μελέτη του στα 1775 με τίτλο: «*Sur nature de fluide elastique provelant de la calcinations de mercure*». Με την ανακάλυψη αυτή, έθεσε ανοιχτά τις προϋποθέσεις αμφισβήτησης της φλογιστικής θεωρίας, πράγμα που προκάλεσε αντιδράσεις από τους φανατικούς υποστηρικτές της.

Η σύσταση του αέρα είχε προηγηθεί από τα πειράματα του Priestley, τα αποτελέσματα των οποίων ιδιοποιήθηκε ο Lavoisier. Τον Ιανουάριο του 1774 δημοσίευσε το πρώτο του βιβλίο με τίτλο: «**Opuscules Physiques et Chymiques**», όπου μεταξύ των άλλων παγιώνει τη θέση, ότι, το ένα πέμπτο ή ένα έκτο του ατμοσφαιρικού αέρα απορροφάται κατά την κάυση του με

φωσφόρο. Ήταν η τελευταία φορά που ο Lavoisier έγραφε με γ τη χημεία. Για να ξεκόψει με το ύποπτο παρελθόν της χημείας, τις αλχημιστικές δοξασίες της, προτίμησε να γράφει τη χημεία ως Chimie. Αυτή η στάση του και το μεγάλο κύρος που είχε, άσκησε δυναμική επιρροή, η οποία άγγιξε και τους Έλληνες της Βιέννης, έτσι ώστε να μετατρέψουν τη χυμιά σε χημεία, γραφή που καθιερώθηκε στο νεογέννητο ελληνικό κράτος και να αποσιωπηθούν όποιες αντιρρήσεις υπήρχαν και να μείνουν αυτές οι τελευταίες αναπάντητες. Σήμερα δεν είναι δυνατόν να αποφανθούμε αν είναι σωστή η τοποθέτηση αυτή, που παρακάμπτει σημαντικό μέρος της αρχαίας ελληνικής επιστήμης και τεχνολογίας.



Αεριομετρητής του Lavoisier

2.10 Η συγγένεια στα τέλη του 18ου και αρχές του 19ου αιώνα

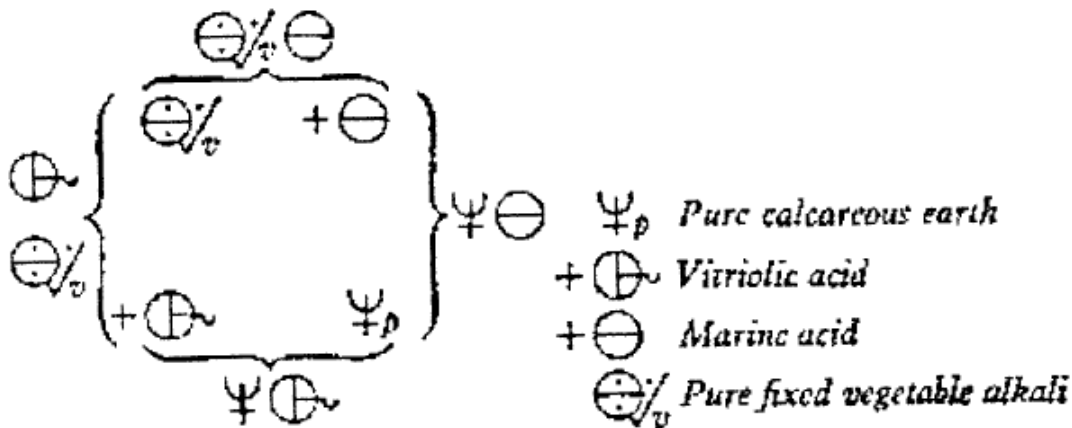
Οι πίνακες του Ζοφρουά (Geoffroy) άνοιξαν ένα μεγάλο κεφάλαιο στο θέμα της χημικής συγγένειας και δημιούργησαν τις σίγουρες προϋποθέσεις για τα θεμέλια της σύγχρονης χημείας, που τέθηκαν με το Lavoisier. Για πρώτη φορά άρχισαν να συγκρίνονται οι τότε γνωστές ουσίες και να σχετίζονται χημικά. Οι μετέπειτα επεξεργασμένοι πίνακες της χημικής συγγένειας από το Bergman έδωσαν ένα πλήρες περιεχόμενο στις εκλεκτικές συγγένειες, τις «σχεσιακές» πλέον συγγένειες.

*Single elective Attractions.
In the Most Way.*

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	5

Από το εξάτομο έργο *Opuscula Physica et Chemica* του Toberni Bergman.

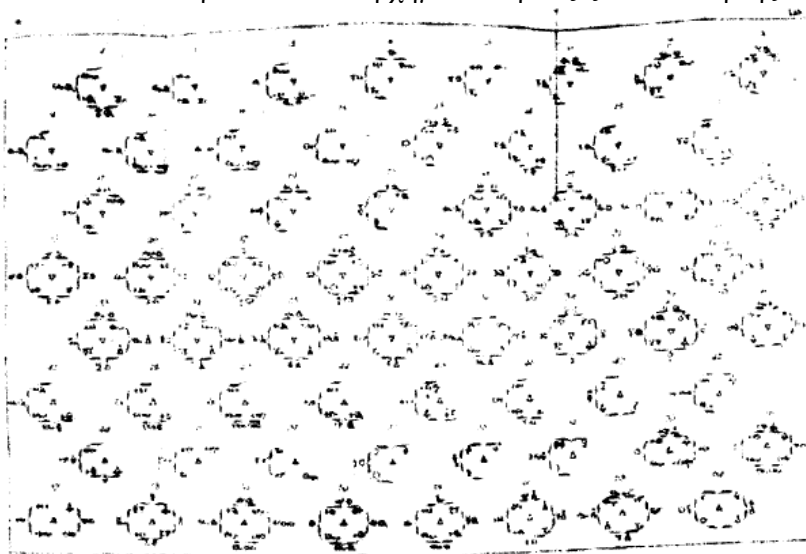
Το μεγάλο πλήθος αντιδράσεων που εκτέλεσε ο Tobern Bergman (1734-1784), απαιτούσε και ένα συμβολικό τρόπο γραφής, για να επικοινωνήσει ευκολότερα με την επιστημονική κοινότητα των τότε χημικών και για να γίνει πιο εύχρηστο το ογκώδες έργο του των έξι τόμων του *Opuscula Physica et Chemica* του 1780. Επινόησε έναν πρωτότυπο τρόπο συμβολισμού των χημικών αντιδράσεων, μία συντομογραφία, η οποία είχε περιορισμένη αποδοχή από τους Γάλλους χημικούς.



Από αυτούς τους τελευταίους επηρεάστηκε ο Θεοδόσιος Ηλιάδης στις υπομνηματίσεις που έκανε της πρώτης έκδοσης στα ελληνικά συγγράμματος Χημείας με τίτλο: «ΧΗΜΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», μετάφραση από του εγχειριδίου του Φουρκρούα του 1802. Ένα παράδειγμα: όταν αναμιγνύουμε διαλύματα βιτριλιωμένου τάρταρου (vitriolated tartar, θεικού καλίου, K_2SO_4 , η ένωση απιεκονίζεται με τμήματα, το άγνωστο τότε θεικό ιόν με ένα κύκλο με

άγκυστρο), με διάλυμα ασβέστου (CaO) που έχει κατεργαστεί με αλικόν οξύ (marine acid, HCl, η άσβεστος με το αλικόν οξύ είναι το CaCl₂), γράφουμε τις ενώσεις αυτές αριστερά και δεξιά εκτός των αγκύστρων και τα τμήματά τους στα οποία διαχωρίζονται εντός των αγκύστρων. Τα συνδυαζόμενα τμήματα εντός των αγκύστρων σχηματίζουν στο κάτω μέρος εκτός των αγκύστρων ίζημα γύψου (θεικό ασβέστιο) και στο πάνω διάλυμα χλωριούχου καλίου (κάλιο χλωρίδιο, KCl).

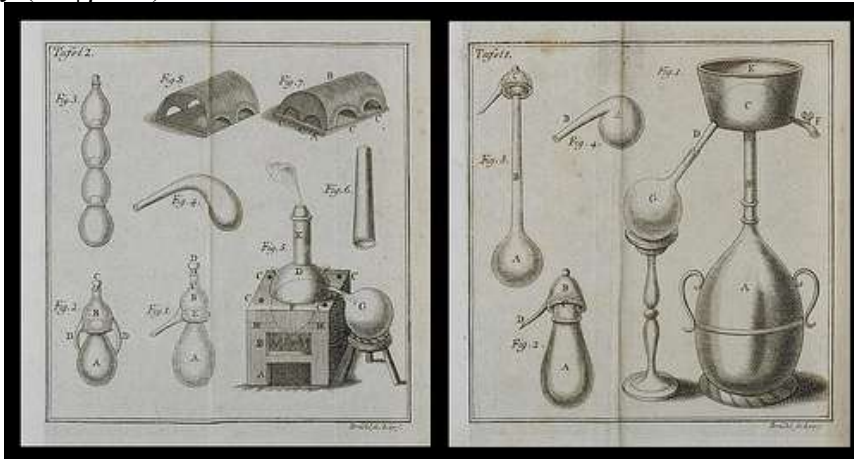
Ο εκσυγχρονισμός της χημείας ήταν αναμενόμενο γεγονός, που είχε προβλεφτεί από τους εγκυκλοπαιδιστές. Οι εγκυκλοπαιδιστές αντιτάχθηκαν με τις κυρίαρχες απόψεις της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών, οι οποίες υποστήριζαν τη μεταποίηση των μετάλλων σε χρυσό και τη τετρασωμία των στοιχείων, βάζοντας τα θεμέλια μιας ανοικτής πλέον κριτικής με την έκδοση της εγκυκλοπαίδειας. Πρωτεργάτης των εγκυκλοπαιδιστών ο Diderot, που αναδεικνύεται ανάμεσα στα άλλα ένας θερμός διαφωτιστής της χημείας, κτυπώντας το επιστημονικό κατεστημένο, που εκφραζόταν από τη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, η οποία δεν εκτιμούσε ούτε τους πίνακες των σχέσεων (συγγενειών) του Ζοφρουά (Geoffroy), ούτε τους δασκάλους του Κήπου, ούτε οποιονδήποτε νεωτεριστή που δεν ήταν ακαδημαϊκός. Ο Diderot εναντιωνόταν στο μοντέλο των «καθηγητάδων της επιστήμης», όπως τους αποκαλούσε στο *De l'interprétation de la nature*, «επιστήμης της οποίας αντανακλάται η σχέση να έχουν πολλές ιδέες και καθόλου όργανα και περιφρονούν αυτούς που έχουν πολλά όργανα και λίγες ιδέες», ιδέες σίγουρες όμως και διαχρονικές. Ο Venel που προφήτευε την είσοδο στο στίβο της χημείας του Lavoisier έγραψε το λήμμα **Chymie** της Εγκυκλοπαίδειας, ένα από τα πιο πετυχημένα και με μεγάλη απήχηση (*Encyclopedie ou dictionnaires raisonne des sciences, des arts et des metiers...*, de Diderot-d'Alembert, Paris 1753, vol. III, p. 409). Ο Venel γιατρός και φαρμακοποιός σημειώνει στο λήμμα ότι: «εύχεται τον ερχομό ενός νέου Παράκελσου, που θα τοποθετήσει εκ νέου τη χημεία στην αξίζουσα θέση της».



Από τους πίνακες του Bergman, κωδικοποιημένα τα πορίσματα των πειραμάτων του.

Η απαρχή του εκσυγχρονισμού συνεχίστηκε με ένα δεύτερο εξειδικευμένο λεξικό, ένα λεξικό της χημείας του Μακέ (Macquer). Η πραγματεία αυτή δημοσιεύτηκε στα 1766 κι αποτέλεσε ένα από τα πιο δημοφιλή λεξικά χημείας στη Γαλλία, με τον τίτλο: *Λεξικό τη χημείας (Dictionnaire de chymie)*. Το λεξικό, που εκδόθηκε σε δύο τόμους, ήταν πρόδρομη σπουδαία εργασία για την κατανόηση της χημικής συγγένειας και την προετοιμασία του άλλου λεξικού εκσυγχρονισμού της ονοματολογίας της χημείας των Guyton de Morveau, Macquer, Bergmann, Berthollet, Fourcroy και Lavoisier στο *Method of Chymical*

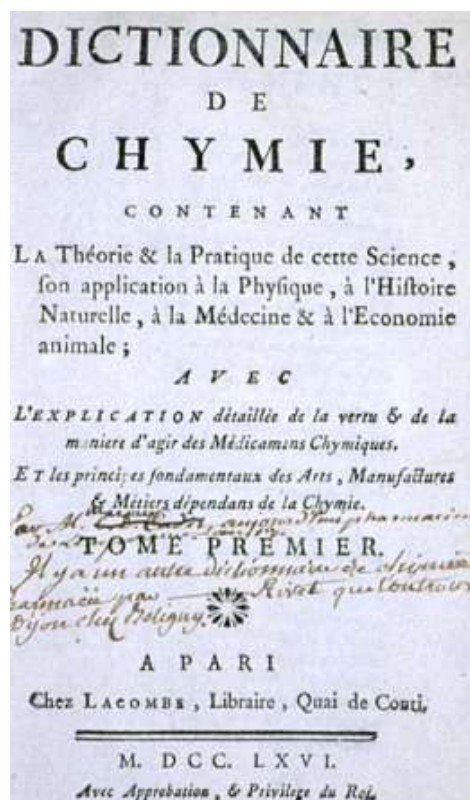
Nomenclature (Paris, 1787). Η απήχηση του λεξικού ήταν μεγάλη, αν αναλογιστούμε ότι, έκανε δεύτερη έκδοση στα 1778, σημαντική επιτυχία για τα εκδοτικά δεδομένα της εποχής εκείνης. Το λεξικό του Macquer διατηρούσε πολλά από τα παλιά των αλχημιστικών όρων, γιατί δεν ήταν δυνατόν να αναιρεθούν οι παλιές ονομασίες, αλλά ταυτόχρονα υπήρχαν πολλές καινοτομίες, δίνοντας ένα έναυσμα για την αναθεώρηση της ονοματολογίας της επιστήμης, ενσωματώνοντας τις νέες ανακαλύψεις, απομακρύνοντας τους απόκρυφους όρους και το μυστικισμό και χαράσσοντας ευνοϊκές συνθήκες για την είσοδο πολλών νέων στο χώρο της χημείας. Κάποια σπουδαία νέα στοιχεία, που εισήγαγε στην ορολογία της χημείας, στηρίχθηκαν στα δεδομένα των πειραματικών παρατηρήσεων και στις ανακαλύψεις των στοιχείων του αέρα. Το λεξικό επίσης ήταν βαθύτατα επηρεασμένο από τους πίνακες του Geoffroy (Ζοφρούα).



Συσκευές από το Λεξικό του Macquer. Όπως κάποιος παρατηρεί είναι άμβικες (αποστακτήρες) με ένα λαιμό (σωλήνα) διαφόρων μεγεθών.

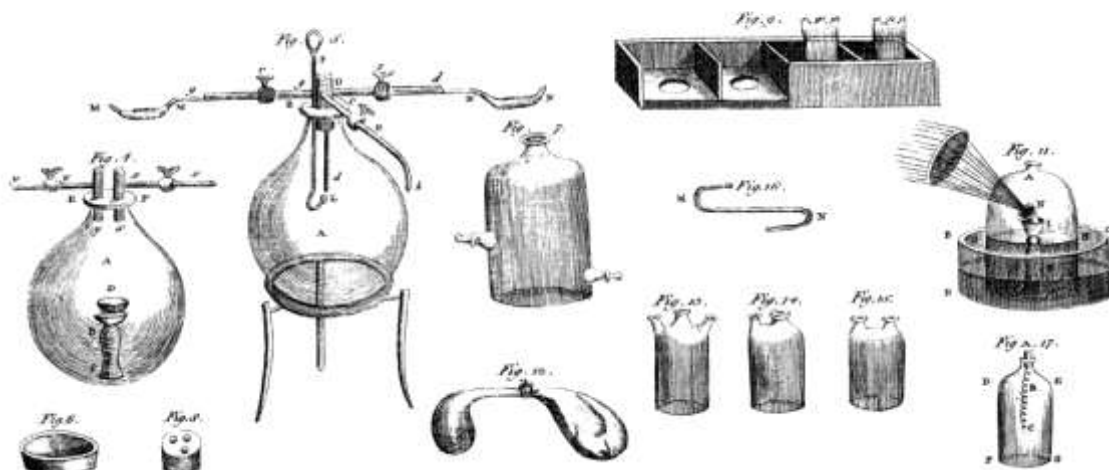
Ο Pierre Joseph Macquer²³ (Μακέ, 1722-1784) ήταν καθηγητής της χημείας στο Jarden du Roi (Βασιλικός Κήπος), τα μαθήματα του οποίου είχαν προσελκύσει ένα δυναμικό κοινό, που έμελε να διαδραματίσει σπουδαίους ρόλους στα πεδία εκσυγχρονισμού της χημείας. Ο Κήπος βρισκόταν στο Παρίσι, εκεί που είναι σήμερα οι κήποι του Λουξεμβούργου και η δημιουργία του έγινε με σκοπό να καλλιεργούνται φυτά και βότανα απαραίτητα για φαρμακευτικούς και άλλους συναφείς σκοπούς. Στο εσωτερικό του κήπου από την εποχή του Lemery υπήρχε ένα παλαιό οίκημα, το οποίο είχε διασκευαστεί σε ένα τέλειο γαι την εποχή χημικό εργαστήριο. Σε αυτό το οίκημα είχαν καθιερωθεί, να διεξάγονται μια σειρά μαθημάτων χημείας με τη συνοδεία εντυπωσιακών πειραμάτων, τα οποία ήταν ανοιχτά στον καθένα. Ο κήπος, όπως σύντομα επωνομαζόταν, διετέλεσε το πρώτο ελεύθερο σπουδαστήριο χημείας, πολύ δημοφιλές στους Παρισινούς κύκλους. Για την ιστορία το Macquer στο εργαστήριο του Βασιλικού κήπου, ο Fourcroy, διαδέχτηκε ένας βασικός συνεργάτης του Lavoisier, ο οποίος μετωνομάστηκε κατά την περίοδο της Γαλλικής Επανάστασης σε *Jarden des Plantes* (Βοτανικό Κήπο). Η «Χημική Φιλοσοφία» του Fourcroy, ένα καταπληκτικό εγχειρίδιο σύγχρονης χημείας, που μεταφράστηκε στα ελληνικά στις αρχές του 19ου αιώνα από τον Θ. Ηλιάδη, αποτελεί ένα πολύ καλό αποδεικτικό στοιχείο για τις γαλλικές απόψεις επί της χημικής συγγένειας και τις διακρίσεις της αναλόγως των κατηγοριών των διαφόρων χημικών φαινομένων, απεικονίζοντας το καινοτομικό πνεύμα της εποχής.

²³ Ο Macquer είχε γράψει δύο σημαντικές πραγματείες για τη χημεία το «*Elémens de chymie theorique*», το 1749 και το «*Elémens de chymie pratique*», το 1751.



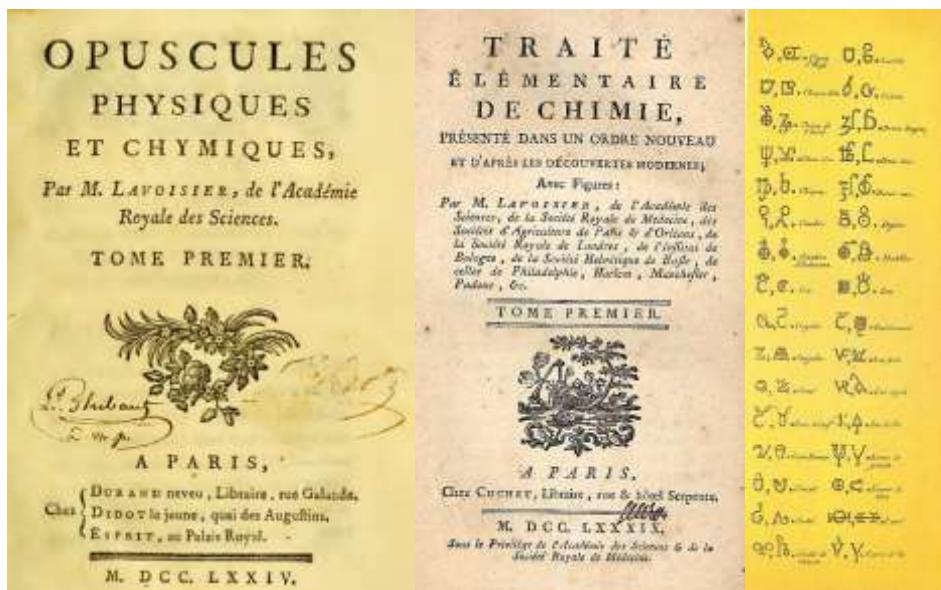
Ο πρώτος τόμος του Λεξικού χυμ(ε)ίας του Maquer.

Κατ' αυτόν τον τρόπο στο πρώτο μισό του 18ου αιώνα στη Γαλλία, δεσπόζουν οι μορφές του Ζοφρουά και Μακέ, ενώ στο δεύτερο μισό οι Guyton de Morveau, Claud-Luis Bertholet, Antoine Francois de Fourcroy, Lois Nicolas Vauquelin, J. H. Hassenfratz και με δεσπόζουσα μορφή το Lavoisier. Στον κατάλογο θα πρέπει να προσθέσουμε και τον Pierre August Adet, έναν ένθερμο νέο οπαδό του Lavoisier και προπαγανδιστή της νέας χημείας. Έπρεπε να έρθει ο Lavoisier για να αναστρέψει το κλίμα και να βοηθηθεί από τη Γαλλική Επανάσταση για να περιοριστούν οι αντιλήψεις των μικτών, των τεσσάρων (ή πέντε) αριστοτελικών στοιχείων και κυρίως της θεωρίας του φλογιστού. Για να συμβούν αυτά, ο Lavoisier έκτισε έναν ολόκληρο μηχανισμό, με ένα κύκλο νέων χημικών. Στο εκδοτικό τομέα ξεκίνησε με την έκδοση ενός χημικού περιοδικού (*Annales de chimie*), η έκδοση του οποίου συνεχίζεται μέχρι σήμερα, μίας σύγχρονης ονοματολογίας χημικών ενώσεων και ενός Εγχειριδίου Στοιχειώδους Χημείας (την «*Traité élémentaire de chimie*», 1789). Ωθησε επίσης τους συνεργάτες του σε βιομηχανικές παραγωγές χημικών ουσιών, ενισχύοντας και δημιουργώντας τις πρώτες χημικές βιομηχανικές μονάδες. Έκανε πολυδάπανα δημόσια πειράματα, απομυθοποιώντας τις παραδοξολογίες, που συνόδευαν τα επιστημονικά δρώμενα. Προώθησε τους συνεργάτες του σε καίριες επιστημονικές θέσεις και με την είσοδο της Γαλλικής Επανάστασης συνέβαλε στη δημιουργία του δεκαδικού συστήματος των μέτρων και σταθμών, επινοώντας το λίτρο ως μονάδα όγκου και το χιλιόγραμμα (kg) ως μονάδα μάζας.



Από το «*Traité élémentaire de chimie*», που εκδόθηκε το 1789.

Η ανατροπή του δόγματος των τεσσάρων στοιχείων συνοδεύτηκε ταυτόχρονα με τη μεταρρύθμιση της ονοματολογίας των χημικών ουσιών, έργο σταθμός για την καθιέρωση μιας σύγχρονης ονοματολογίας. Το στοιχείο για το Lavoisier ήταν «...το έσχατο όριο της χημικής ανάλυσης», συμπέρασμα στο οποίο έφτασε με τη ταυτόχρονη αντιμετώπιση της θεωρίας του φλογιστού και της αρχής της αφθαρσίας της ύλης. Την 1η Νοεμβρίου του 1772 ο Lavoisier παραδίδει στη Βασιλική Ακαδημία Επιστημών ένα σφραγισμένο φάκελο με την περιγραφή και τις ερμηνείες σε ένα διπλό πείραμα καύσης θείου και φωσφόρου σε σφραγισμένα δοχεία, που περιείχαν αέρα. Η αποτελεσματική χρήση της ζυγαριάς έδωσε το στίγμα ότι «τίποτα δεν χάνεται, τίποτα δεν δημιουργείται», ανατρέποντας έτσι τη δοξασία των τεσσάρων στοιχείων και τη φλογιστική θεωρία. Ο Lavoisier στα 1772 δεν είχε ακόμη την πρόθεση να ανατρέψει το φλογιστό και να έρθει σε αντιπαράθεση με τους Άγγλους πνευματικούς χημικούς, ούτε να διαφοροποιηθεί, γιατί δεν είχε την όρεξη να δεχτεί τις πολεμικές των προκατόχων του. Όμως από το 1770 ασχολούμενος με πειράματα πάνω στην ανάλυση του γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), στη σύνθεση του νερού, στα φαινόμενα του πυρός και των καύσεων, στην παρασκευή του νίτρου, στη φύση των οξέων, στις θεωρίες της θερμότητας και της δυνατότητας μέτρησής της, στη σύνθεση του αέρα, την αναπνοή των ζώων και τη διαπνοή των φυτών, τις συγγένειες της οξυγονικής αρχής και ποικίλων άλλων θεμάτων, δοκιμάζει υποθέσεις σε ένα δούναι-λαβείν ανάμεσα στη θεωρία και το πείραμα και τις θεωρίες επαναλαμβάνοντας τα πειράματα των άλλων, βελτιώνοντας τη διαδικασία και υποβάλλοντας τα σε μετρήσεις, κυρίως με το ζυγό, ή με θερμιδόμετρα με θερμόμετρα Ρεωμύρου. Ακόμα και ο Macquer στη δεύτερη έκδοση του *Λεξικού* του το 1778 αποδέχεται την αναγκαιότητα του αέρα κατά την καύση, που υπέδειξε από το 1772 ο Lavoisier, τη μείωση την οποίαν υφίσταται ο αέρας και την αύξηση του βάρους του καυσίμου αν πρόκειται για μέταλλο, γι' αυτό σημειώνει: «ο αέρας είναι εδώ το ενδιάμεσο, που αποσυνθέτει, ο πραγματικός παράγοντας καθίζησης της ύλης του πυρός».



Το πρώτο του βιβλίο Lavoisier «Opuscules Physiques et Chymiques», (1774), το διάσημο βιβλίο του «Traite Elementaire de Chimie» και ο συμβολισμός των στοιχείων στο τελευταίο βιβλίο.

Το 1782 ο Ιρλανδός χημικός Richard Kirwan (1733-1812) ταυτίζει, όπως και ο Cavendish, τον **αναφλέξιμο** αέρα (inflammable air, δηλαδή το εύφλεκτο υδρογόνο) με το φλογιστό και προτείνει μια συμβιβαστική λύση στο φαινόμενο της καύσης, ότι το φλογιστό που εκπέμπεται κατά την καύση συνδυάζεται με τον αποφλογιστοποιημένο αέρα (δηλαδή το οξυγόνο) και σχηματίζει σταθερό αέρα, ο οποίος βρίσκεται στους ασβέστες και τα οξέα. Έτσι αιτιολογεί την αύξηση του βάρους. Ο Lavoisier αντιθέτως από τους θιασώτες της φλογιστικής θεωρίας επινοεί το **θερμαντικό** (ή θερμογόνο, calorique), μια αβαρή ουσία-φορέας της θερμότητας, μια ύλη του πυρός, που εισέρχεται ανάμεσα στα μόρια μιας ουσίας, όταν θερμαίνεται, προσδίδοντας σε αυτήν την «εκτατικότητα της». Με άλλα λόγια στη θερμότητα αποδίδει απωστικά αποτελέσματα. Μαζί με το θερμαντικό επινοεί και το **φωτιστικό** (lumière), την αβαρή ουσία του φωτός. Με αυτόν τον τρόπο ερμηνεύει τις φυσικές καταστάσεις των ουσιών, την αέρια, υγρή και στερεά, από την ποσότητα του θερμαντικού που περιέχεται σε αυτήν. Με το **θερμαντικό** ο Lavoisier ερμηνεύει την παραγωγή της θερμότητας και με το **φωτιστικό** την παραγωγή του φωτός κατά τη διεξαγωγή μιας χημικής αντίδρασης. Στο οξυγόνο επιφύλαξε το σπουδαιότερο ρόλο, την ευθύνη για την καύση, για την ασβεστοποίηση και την εμφάνιση των όξινων ιδιοτήτων. Η **οξυγονούχος συγγένεια** ήταν πλέον γεγονός. Ο «*φωσφόρος απορροφά ταχύτερον το οξυγόνον παρά το θείον και τα μέταλλα...*» (534).

Η **οξυγονούχος συγγένεια** με όλες της τις διαβαθμίσεις ο Fourcroy σημειώνει στη *Χημική Φιλοσοφία* του ότι έχει μετρηθεί ακριβώς από κάποιους χημικούς, χωρίς να τους κατονομάζει. Στην ελληνική μετάφραση του βιβλίου αυτού από τον Θ. Ηλιάδη το 1802, διαβάζουμε²⁴: «*Η ισχυροτέρα, ή ασθενεστέρα σνάφεια του οξυγόνου μετά των φλογιστών σωμάτων, δεν ρυθμίζονται μόνον κατά την μείζονα ή ελάσσονα πο(υ)κνότητα, ην ανέλαβε το Οξυγόνον ενωθέν μετά των φλογιστών σωμάτων, και κατά την μείζονα ή ελάσσονα στέρησιν των διαλυτικών του μέσων, του θερμαντικού δηλονότι και του φωτιστικού, αλλά και κατά την δυνατωτέραν ή ασθενεστέραν συγγένειαν την οποίαν έχει το Οξυγόνον προς κάθα(ε) σώμα. Έως τώρα γνωρίζομεν αρκετάς τοιαύτας συγγένειας, των οποίων ο λόγος διωρίσθη υπότινων Χημικών αρκούντως ακριβώς*» (σελ. 28, 534). Ο Kirwan πρότεινε ένα μέτρο συγγένειας του

²⁴ Στην αντιγραφική διατηρήθηκαν τα ορθογραφικά λάθη με την προσθήκη του σωστού γράμματος εντός παρένθεσης.

κάθε οξέος ως προς τις βάσεις, μετρώντας διαφορετικά βάρη βάσεων, που αντιδρούν πλήρως με γνωστό βάρος οξέος. Αν τα οξέα είναι παράγωγα των στοιχείων μετά του οξυγόνου, όπως πίστευε ο Lavoisier, τότε θα υπήρχαν κάποια όχι όμως ακριβή δεδομένα της οξυγονούχου συγγένειας. Γενικά ο Lavoisier σημειώνει ότι «οι καύσιμες ουσίες έχουν μια μεγάλη συγγένεια με το οξυγόνο, που την οφείλουν στην έλξη ή την τάση να συνδυάζονται μαζί του», (σελ. 109, 109), ενώ «τα μέταλλα έχουν μικρή συγγένεια με το οξυγόνο», (στο ίδιο σελ. 187).

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière	Lumière.
	Calorique	Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
Les bases simples qui ap- partiennent aux trois or- dres, s'ap- pellent comme les élé- mentaires.	Oxygène	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogogé. Air empiréal. Air vital. Basis de l'air vital.
	Azote	Gaz phlogogé. Mofité. Basis de la mofité.
	Hydrogène	Gaz inflammable. Basis du gaz inflammable.
Les bases simples non métaux acidifiables & acidifiables.	Soufre	Soufre.
	Phosphore	Phosphore.
	Carbone	Charbon pur.
	Radical martialique	Ironium.
	Radical fluorique	Ironium.
	Radical boracique	Ironium.
Les bases simples métal- liques acida- bles & acidi- fiables.	Antimoine	Antimoine.
	Argent	Argent.
	Arsenic	Arsenic.
	Bismuth	Bismuth.
	Cobalt	Cobalt.
	Cuivre	Cuivre.
	Etain	Etain.
	Fer	Fer.
	Manganèse	Manganèse.
	Mercure	Mercure.
	Molybdène	Molybdène.
	Nichel	Nichel.
	Or	Or.
	Platine	Platine.
Plomb	Plomb.	
Tungstène	Tungstène.	
Zinc	Zinc.	
Les bases simples faibles des terres.	Chaux	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie	Magnésie, basis du fel d'arsén.
	Baryte	Barote, terre pesante.
	Alumine	Argile, terre de l'ain, basis de l'ain.
	Silice	Terre siliceuse, terre vitifiable.

Από το μοναδικό σύγγραμμα του Lavoisier «*Traité élémentaire de chimie*», présenté dans ordre nouveau et d'après les découvertes modernes», που εκδόθηκε στο Παρίσι το 1789 και η πρώτη αγγλική μετάφραση από τον Robert Kerr (1755-1813) στο Εδιμβούργο το 1790. Είναι ο πίνακας με μία ταξινόμηση των απλών ουσιών με τα νέα ονόματα και μερικές αντιστοιχίες παλαιών ονομάτων. Το φως ή «φωτιστικό» (lumière, light) περιέχεται στον πίνακα αυτό των απλών ουσιών, όπως και το «θερμαντικό» ή θερμότητα (calorique, caloric). Αν παρατηρήσουμε καλά τον πίνακα το οξυγόνο το ονόμαζαν και «εμπυρευματικό αέρα» (air empiréal ή στα αγγλικά empyreal air).

Ο Antoine Lavoisier συνεργάστηκε με τους Antoine Francois de Fourcroy, Guyton de Morveau και Claud-Luis Bertholet στην έκδοση ενός λεξικού νέας χημικής ονοματολογίας στο Παρίσι το 1787 με τον τίτλο «*Méthode de Nomenclature Chimique*», (το οποίον μεταφράστηκε ένα χρόνο αργότερα στα αγγλικά από τον James St. John). Το ζήτημα της ονοματολογίας των χημικών τότε γνωστών ουσιών το ανακίνησε ο Lavoisier όχι ως ζήτημα σύμβασης, όπως την εννοούσε ο Guyton de Morveau, αλλά για το Lavoisier η ονοματολογία έπρεπε να αντικατοπτρίζει τη φύση. Ο Lavoisier θέλησε να παρακάμψει τη «μεταφυσική των γλωσσών», αποδεχόμενος τον ορθολογισμό του δασκάλου του φιλοσόφου Ετιέν ντι Καντιγιάκ (Étienne Bonnot de Condillac, 1715-1780), ότι η γλώσσα και η γνώση πρέπει να συμβαδίζουν αδιαχώριστα και ότι αυτή η θέση ξαναφτιάχνει την επιστήμη και οικοδομούνται οι αρχές μιας ορθής δομημένης γλώσσας, χωρίς αποπροσανατολισμούς και αοριστολογίες. Η Λογική του Κοντιγιάκ ακολουθούσε μια μεθοδολογία, που διδάσκει η ίδια η φύση, μια διπλή πορεία κίνησης από το σύνθετο στο απλό και από το απλό στο σύνθετο. Διαδικασία ικανή να μας προφυλάξει από τις προκαταλήψεις και τα λάθη. Μια γλώσσα που

τεκμηριώνεται σε μια «φυσική λογική». Η χημική ονοματολογία του 1787, εξακολουθεί να διατηρεί και σήμερα τις αρχές της, όπως οι σύνθετες ενώσεις να θεωρούνται πάντοτε ως ένα δυαδικό σύστημα. Αυτός ο δυϊσμός ενέπνευσε αργότερα την ηλεκτροχημική θεωρία και αποτέλεσε ένα εφαλτήριο για την ανάπτυξη της δομικής θεωρίας του σθένους (valence theory) από τις θεωρίες της συγγένειας (affinity) και του σημερινού σχεδιασμού ενώσεων με ιδιότητες κατά το δοκούν. Οι προωθημένες θεωρίες του σθένους, όπως η Valence Orbital Theory και η Molecular Orbital Theory of Valence, μας έδωσαν τη δυνατότητα να προβλέπουμε ουσίες ή οντότητες σε σωλήνες εκκενώσεων (π.χ. H^+ , μοριακό κατιόν του υδρογόνου).



«Méthode de Nomenclature Chimique» των Antoine Lavoisier, Guyton de Morveau και Claud-Luis Berthollet Berthollet, Antoine Francois de Fourcroy (1787)

Το βιβλίο αυτό της χημικής ονοματολογίας ήταν ένας σταθμός για την αποτελεσματική ρήξη με την επικρατούσα μέχρι τότε ονοματολογία των ουσιών, η οποία αποτελούσε ένα πεδίο χαώδες, χωρίς αναγνωριστικά σημεία, με έναν κυκεώνα όρων, που συνέτειναν τη σύγχυση και απέτρεπαν κάθε νέο μελετητή να ασχοληθεί με τη δυναμική αυτή επιστήμη. Απομάκρυνε ονόματα «τραχέα και βάρβαρα», όπως turbith mineral ή turpeth ($HgSO_4 \cdot 2H_2O$), colcothar (Fe_2O_3), algaroth powder (σκόνη αλγαρόθης, $SbOCl$), alembroth salt [άλας αλεμπρόθης, $Hg_2(NH_4)_2Cl_4 \cdot H_2O$] κ.ά. Απομάκρυνε ονόματα παραπλανητικά, «γελοία και μη ανταποκρινόμενα στην αλήθεια», όπως το «βούτυρο του αντιμονίου» ($SbCl_3$), βούτυρο του αρσενικού ($AsCl_3$), βούτυρο του κίγκου ($ZnCl_2$) κτλ. ή τα «άνθη του ψευδαργύρου» (ZnO), ή το έλαιον του βιτριολίου (H_2SO_4), ή ονόματα ουσιών από το όνομα του εφευρέτη τους, «λικέρ αμιζόν του Libaviius» (Libaviius fuming liquor, ή spiritus fumans Libavii, $SnCl_4$), ή «άλας του Glauber» (θειικό νάτριο). Όλα αυτά αντικαταστάθηκαν με ονόματα, που δήλωναν τα στοιχεία της ένωσης, ιδιαίτερα όταν αυτή ήταν δυαδική. Σήμερα θεωρείται η αφετηρία της σύγχρονης ονοματολογίας των χημικών ενώσεων και η ομάδα των συγγραφέων της, ήταν αυτή στην οποίαν στηρίχθηκε η ταχύτερη προαγωγή της χημικής επιστήμης.

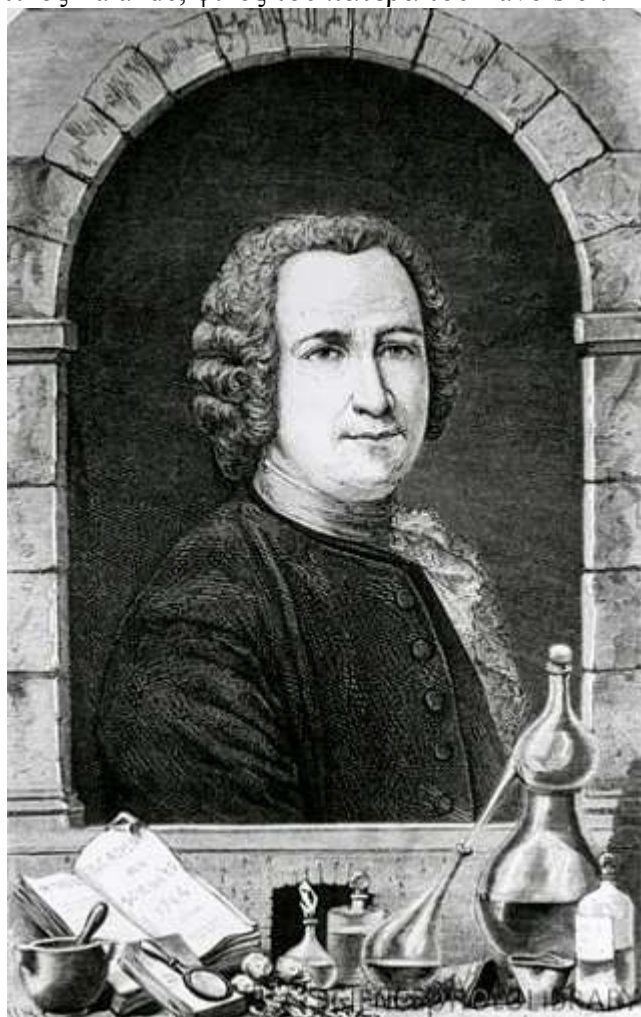


Ο Lavoisier καθιστός με το νεότερό του μαθητή Eleuthère-Irene Du Pont de Nemours (1771-1834), γιο του φίλου του Pierre-Samuel (1739-1817). Ο Ελευθέριος Du Pont ήταν ένας από τους εργοδότες παρασκευής πυρίτιδας (KNO_3 , KCIO_3) και στη γραβούρα εξετάζουν με το Lavoisier ένα δείγμα, σημειώνοντας τις παρατηρήσεις τους. Ο νεαρός Du Pont όταν πήγε στην Αμερική το 1801 (Νέα Υόρκη) για να ενισχύσει τους επαναστάτες, αγόρασε γη στις όχθες του ποταμού Bradywine κοντά στο Wilmington του Delaware, παρασκευάζοντας πυρίτιδα για το στρατό. Ήθελε τη βιομηχανική του μονάδα να την ονομάσει *Lavoisier Mills* αλλά διαφώνησε η κυρία Lavoisier και έτσι την ονόμασε *Du Pont de Nemours and Company*.

Η ζωή του Lavoisier μας δείχνει κατά κάποιον τρόπο το κλίμα που επικρατούσε στις φυσικές επιστήμες την εποχή εκείνη και την οργανωτική τους δομή. Αξίζει να παρακολουθήσουμε ορισμένα σημεία της, τα οποία εμπλέκονται και με αυτήν του Fourier, που έγραψε τη *Χημική Φιλοσοφία* και με του Ηλιάδη της Βιέννης. Μπορούμε να φανταστούμε τη σπουδαιότητα των χημικών ανακαλύψεων της εποχής εκείνης, που συνέβαλαν στο διαφωτισμό της Γαλλίας και προετοίμασαν την ανατροπή της Γαλλικής μοναρχίας από την αστική τάξη. Η αστική τάξη της Γαλλίας πριν πάρει τα ηνία της πολιτικής εξουσίας, είχε κυριαρχήσει οικονομικά έναντι των ευγενών και με το διαφωτισμό των εγκυκλοπαιδιστών ιδεολογικά. Η πολιτική εξουσία ήταν θέμα χρόνου να παραδοθεί, έστω κι αν έγινε με έναν τρόπο περιπετειώδη (περίοδος Τρομοκρατίας) και αιματηρό με πλήθος αθώων θυμάτων. Οι ιδέες της Γαλλικής Επανάστασης εξαπλώθηκαν πάλι ανορθόδοξα με τους επεκτατικούς Ναπολεόντειους πολέμους σε όλη την Ευρώπη. Επηρέασε έντονα την ελληνική κοινότητα της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας και προετοίμασε ιδεολογικά την ελληνική επανάσταση. Όπως ιδεολογικά το πνεύμα της Γαλλικής Επανάστασης προξένησε πολλές ανατροπές κατεστημένων και προσαρμογές στο νέο πνεύμα ακόμα και στους κύκλους των Αγγλοσαξόνων, τόσο μέσα στην ίδια την Αγγλία και την Ιρλανδία, όσο και στα υπερπόντια εδάφη της (Αμερική).

Ο Antoine Lavoisier ήταν γιος ενός δικηγόρου μεγαλο-επιχειρηματία, ο οποίος ανήκε σε μια πανίσχυρη ολιγάριθμη τάξη, τοποθετούμενης μεταξύ της τάξης των ευγενών και της αστικής. Στην τάξη αυτή ανήκαν οι εταίροι της Ferme Generale (F.G., Γενικής ΕΦορείας), οι αποκαλούμενοι Fermiers Genereaux, που είχαν, έναντι πάγιας ετήσιας εγγυητικής αμοιβής προς το Γαλλικό Κράτος, τη φροντίδα συλλογής φόρων από πολλά βασικά είδη του εμπορίου και των διαπύλιων διοδίων. Η εταιρεία αυτή, που ασκούσε δημοσιονομική πολιτική, ήταν

πανίσχυρη και σε αυτήν εισήλθε ο Lavoisier στα 25 του χρόνια με την κατάθεση 1,5 εκατομμυρίου φράγκων από τον πατέρα του, έπαθλο για την εκλογή του στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών ως βοηθός μέλος χημικός (1768). Την εκλογή αυτή υποστήριξε ο αστρονόμος μαθηματικός Lalande, φίλος του πατέρα του Lavoisier.

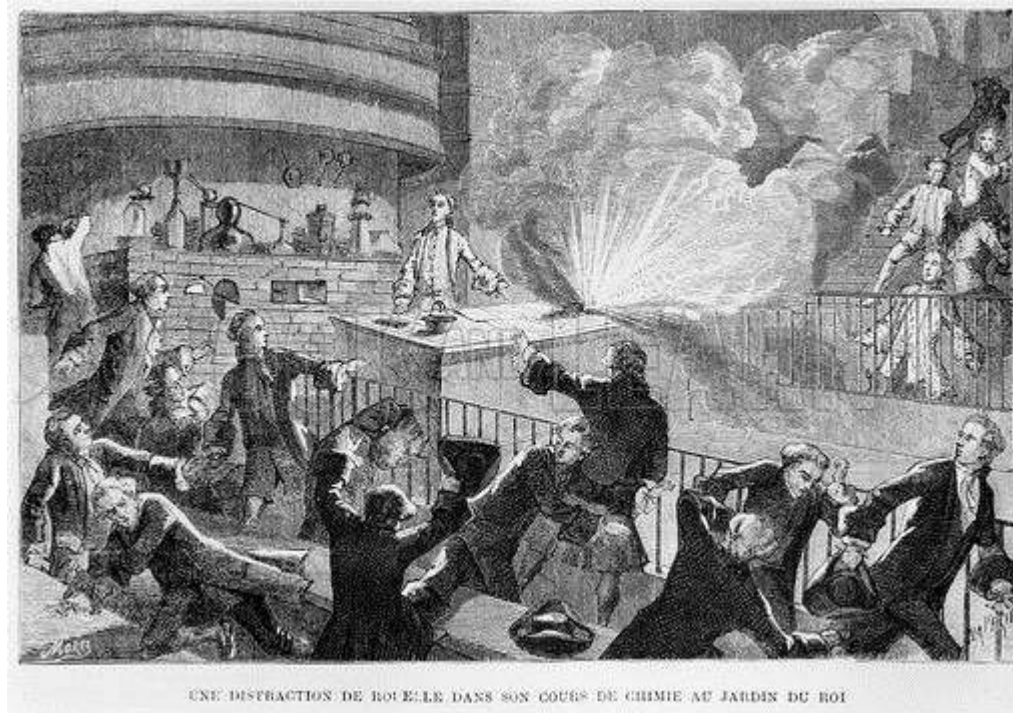


Ο φαρμακοποιός Guillaume Francois Rouelle (1703-1770).

Ο Lavoisier γεννήθηκε στις 26 Αυγούστου του 1743 και απέκτησε μία ευρύτατη μόρφωση για τα δεδομένα της εποχής του. Φοίτησε στο College des Quatre Nations και δυο χρόνια πριν αποφοιτήσει στα 18 του, σπούδασε φιλοσοφία, όπου πήρε και το πρώτο του δίπλωμα. Στη συνέχεια σπούδασε νομικά, όπως και ο κατοπινός μεγάλος χημικός ο Ιταλός Avogadro, αλλά γρήγορα τον απορρόφησαν οι φυσικές επιστήμες, στις οποίες εκπαιδεύτηκε από τις μεγαλύτερες διάνοιες της Γαλλίας. Γεωλογία και ορυκτολογία διδάχθηκε από τον καθηγητή και φίλο του πατέρα του Jean Etienne Guettar (1715-1786, εκλεγμένος στην Ακαδημία Επιστημών στα 1743), μετεωρολογία, αστρονομία και μαθηματικά από τον Abbé de La Caille, βοτανική στο βοτανικό κήπο με δάσκαλο τον Bernard de Jussieu (1699-1775), ανατομία στην Ιατρική Σχολή (Medical School), ηλεκτρισμό από τον Abbé Jean Antoine Nollet, γνωστός από την ανακάλυψη του φαινομένου και της ονοματοδοσίας της *όσμωσης* (από την ελληνική λέξη *ωσμός*, *ώθηση*) και χημεία από τον *αποθηκάριο* (φαρμακοποιό) Guillaume Francois Rouelle (1703-1770).

Ο G. F. Rouelle (1703-1770) με ενθουσιασμό δίδαξε χημεία στο Lavoisier, μια χημεία της οποίας αύξησε τη φήμη από ένα σεμινάριό του στην πλατεία Maubert και κατόπιν στην οδό Jacob. Η φήμη του αυτή γρήγορα τον οδήγησε να γίνει παρασκευαστής και ερμηνευτής των

πειραμάτων που διεξαγόntonταν στον προαναφερόμενο Βοτανικό (Βασιλικό) Κήπο (Jardin du Roi, σήμερα Jardin des Plantes), το κύτταρο της χημείας και του Γαλλικού Διαφωτισμού, ο χώρος που διάδωσε και έκανε διάσημη τη χημεία. Τα μαθήματα του Rouelle, όπως παλιότερα και του Lemery ήταν, ότι σημαντικότερο γεγονός συνέβαινε στο Παρίσι. Εκεί ο Rousseau και ο Diderot έμαθαν χυμ(ε)ία, όπως οι Turgot, Macquer, Venel και Lavoisier. Μια ολόκληρη γενιά νέων χημικών είχε εντρυφήσει στη χημεία των αλάτων, η οποία δομείται καθαρά σε εμπειρικά δεδομένα.



Από τα επεισοδιακά πειραματικά μαθήματα χημείας του Guillaume Francois Rouelle (1703-1770).

Η οικογένεια του Lavoisier όπως είδαμε προηγουμένως ανήκε σε ένα ημικρατικό μηχανισμό, που μάζευε τους φόρους για λογαριασμό της βασιλικής εξουσίας. Τα μέλη αυτού του μηχανισμού, της Εταιρείας Γενικής Εφορίας, είχαν ιδιαίτερα προνόμια και τη δυνατότητα να μαζεύουν εύκολα πλούτο, γι' αυτό αποτελούσαν κάποια ιδιότυπη τάξη μετά την τάξη των αριστοκρατών. Το επάγγελμα αυτό μεταβιβαζόταν από τον πατέρα στο γιο και στη μακρόχρονη πορεία του είχε γίνει ένα κληρονομικό διαίωμα. Η συλλογή των φόρων όμως δεν ήταν πάντοτε μία συλλγή χρηματική όπως είναι σήμερα, αλλά φόρος σε είδος, αγροτικό προϊόν ή βιοτεχνικό ή εισαγόμενο. Ο φόρος είχε μία πολυποίκιλη μορφή, επομένως η γνώση των υλικών και των υπηρεσιών ήταν αναγκαία σε όποιον ασκούσε το κλειστό αυτό επάγγελμα. Τα αρχικά του μηχανισμού αυτού ήτνα F.G. από τις λέξεις Ferme Generale. Η F.G. (Εταιρεία Γενικής Εφορίας), λόγω του ρόλου της ήταν μισητή στο Γαλλικό λαό. Ως ενεργό μέλος της διοίκησης της ο Lavoisier κατέβαλε προσπάθειες εξυγίανσης, όπως τα άτοκα δάνεια σε πληγείσες περιοχές από θεομηνίες το 1788. Με δική του πρωτοβουλία επίσης καταργήθηκε ο ειδικός διαπύλιος φόρος κατά κεφαλήν, ο λεγόμενος των διόπλων ποδών (pieds forchues) στην περιοχή του Metz, φόρος για τα γουρούνια και τους εβραίους που εισέρχοντο τα τείχη της Γαλλικής πρωτεύουσας. Ως μέλος της Ακαδημίας Επιστημών μετείχε στις εργασίες της επιτροπής ενοποίησης των μέτρων και σταθμών, καθιερώνοντας με τον Hauy το λίτρο ως μονάδα όγκου, εργασίες που ολοκληρώθηκαν τον Αύγουστο του 1793. Το Νοέμβρη του 1793 με πρόταση του βουλευτή Dupin πρώην μέλους της F.G., συλλαμβάνονται πολλά μέλη της εταιρείας, ανάμεσά τους και ο Lavoisier, παρόλο που δεν υπήρχαν ενοχοποιητικά στοιχεία στο διαχειριστικό έλεγχό της. Στη δίκη του ως μάρτυρες

υπεράσπισης κατέθεσαν μόνον ο Hauy και ο μαθηματικός Borda. Τόσοι άλλοι επιστήμονες με τους οποίους είχε συνεργαστεί δεν παρουσιάστηκε κανείς. Φοβήθηκαν, αδιαφόρησαν ή η ζήλεια τους τους έκανε αδρανείς; Ο μαθηματικός Monge ήταν υπουργός Ναυτιλίας, ο Fourcroy υπουργός παιδείας, και ο Guyton de Morveau μέλος της διαβόητης Επιτροπής Κοινής Σωτηρίας.



Ο Antoine Lavoisier και η σύζυγός του, πίνακας ζωγραφισμένος από το διάσημο ζωγράφο της Γαλλικής Επανάστασης Jacques Louis David στα 1788.

Ο Rouelle εισήγαγε την έννοια της **βάσης** για τα αλκάλια και τις ενώσεις τους, απαλλάσσοντας το *άλας* από τα μυστικιστικά και άλλα τελετουργικά νοήματα των αλχημιστών ως μιας από τις τρεις θεμελιώδεις αρχές. Ανήγαγε το αλάτι ως προϊόν αντίδρασης των οξέων και των βάσεων και διέκρινε αυτά σε ουδέτερα, όξινα και βασικά, αλλά στο θεωρητικό τομέα δεν έδωσε τίποτα νέο. Προετοίμασε όμως το έδαφος για να επέλθει η ρήξη. Ως συστατικά της ύλης είχε τις Αριστοτελικές αντιλήψεις: «*Ονομάζουμε αρχές ή στοιχεία (principles or elements) απλά, ομογενή, αδιαίρετα, αμετάβλητα και αδιόρατα σώματα, περισσότερο ή λιγότερο ευκίνητα λόγω των διαφορετικών διαμορφώσεών τους, της σταθερότητας της μάζας τους και τα οποία διαφοροποιούνται στο μέγεθος και στο σχήμα τους*» (G. F. Rouelle, *Cours de Chymie*, pp. 27-28). Οι τέσσερις αρχές, ήτοι η γη, ο αέρας, η φωτιά και το νερό, είναι όλες οι δραστηριότητες του χημικού και των μ(ε)ικτών πάνω στα οποία επενεργεί. Ο Rouelle δεν πίστευε ότι, ένα στοιχείο μπορεί να απομονωθεί από τα μ(ε)ικτά, χωρίς να δημιουργηθεί ένα νέο μ(ε)ικτό, εμμένοντας στη **θεωρία των μικτών** (για τα μικτά ή mixts αναφέρεται και ο Λαβουαζιέ στο *Traité elementaire de chimie* στη σελ. 150 της αγγλικής έκδοσης, όπου «*τα ουδέτερα άλατα σχηματίζονται από την ένωση δύο μικτών κατά τη γλώσσα του Stahl, και κατ' αυτόν τον τρόπο ορίζονται οι ενώσεις*»). Αυτή η θέση του Rouelle δεν διαψεύδει τις αντιδράσεις των *μετατοπίσεων* (desplacement). Η φωτιά ή η θερμότητα ήταν μια σημαντική χημική διαδικασία, στην οποία ήταν δύσκολο να διασαφηνιστεί ο ρόλος της.



Η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών σε μια γκραβούρα της εποχής.

Ο Rouelle από την άλλη πλευρά αγνοούσε τη θεωρία του φλογιστού του Stahl, γιατί δεν ήξερε γερμανικά ούτε λατινικά και το έργο του Stahl ήταν γραμμένο σε μια βαρεία γερμανολατινική γλώσσα, που μεταφράστηκε στα γαλλικά γύρω στα 1770, μη μπορώντας να επιρρεάσει τη σκέψη των νεωτεριστών χημικών και να παγιώσει τον τρόπο του σκέπτεσθαι. Γνώριζε όμως ο Rouelle, ότι, η τέφρα των μετάλλων ήταν βαρύτερη και η διάβρωσή τους οδηγούσε στο ίδιο αποτέλεσμα με την καύση τους. Η διδασκαλία του Rouelle δεν διέφερε σε πολλά από εκείνη του Stahl, αφού στη θέση του φλογιστού τοποθετούσε το φλογιστικό πυρ, μία πλασματική οντότητα των μ(ε)ικτών, απαραίτητης σε κάθε τροποποίηση με θέρμανση. Οι χημικοί που προέκυψαν από τον Rouelle κριτίκαραν όλα τα σημεία των θεωριών του, επανέλαβαν το πειραματικό μέρος του και έκαναν μία κάθετη ρήξη με το παρελθόν, το διανθισμένο σε αλχημιστικές δοξασίες. Η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών τότε, είχε περιορισμένη δράση στα χημικά δρώμενα και μια καχυποψία σε ότι νέο σε ιδέες παρουσιαζόταν. Η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών ιδρύθηκε στα 1666, τέσσερα χρόνια αργότερα από την ίδρυση της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου (Royal Society). είχε καμιά τριανταριά μέλη και στη σύνθεσή της υπήρχαν θέσεις δύο χημικών. Η δραστηριότητα της Ακαδημίας ήταν πολυσχιδής, από την επίλυση ιατρικών, φαρμακευτικών και βιομηχανικών προβλημάτων μέχρι την έρευνα για τους τρόπους καθαρισμού μάλλινων ή μεταξωτών υφασμάτων. Ο Lavoisier για παράδειγμα είχε εντυπωσιάσει σε έναν ερευνητικό διαγωνισμό με μια μελέτη του για το φωτισμό των δρόμων στις μεγάλες πόλεις το 1765.

A Table which shows how different bodies dissolve one another.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽

A Table of such bodies which may not be dissolved by those which are seen at the head of each Column.

☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽
☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽	☽

Πίνακας με συγγένειες από τον C. E. Gellert, στο *Metallurgic Chemistry* του 1776.

Ο Lavoisier ήταν επίσης μέλος της Εθνοσυνέλευσης της Ορλεάνης από το 1787 και Διευθυντής του Δημόσιου Ταμείου, όπου κατέθεσε τον προϋπολογισμό του έτους 1791 στην Εθνοσυνέλευση. Ο Fourier υπουργός Παιδείας, ο Guyton de Morveau μέλος της Επιτροπής Κοινής Σωτηρίας, ο J. H. Hassenfratz και ο P.A. Adet στελέχη τότε του καθεστώτος της Γαλλικής Επανάστασης, όσον και της διάδοξης κατάστασης της Γαλλικής Δημοκρατίας (Διευθυντήριο). Ο Bertholet επιστημονικός σύμβουλος του Ναπολέοντα Βοναπάρτη στην εκστρατεία του στην Αίγυπτο. Ο Jean Baptiste Dumas (1800-1884) ακαδημαϊκός, γερουσιαστής και υπουργός Γεωργίας και Εμπορίου (1849-1851) διετέλεσε και πρόεδρος του δημοτικού συμβουλίου του Παρισιού. Η πορεία των θετικών επιστημών έκτοτε είχε ένα λαμπρό μέλλον. Ο όρος **θετική επιστήμη** δόθηκε από το γάλλο φιλόσοφο μαθητή του Saint-Simon August Comte (1798-1857) ενεργό παράγοντα της πολιτικής ζωής, που απέρριψε τη μεταφυσική από τις σύγχρονες επιστήμες (*Cours de Philosophie Positive*, 1830-1842), διακρίνοντας τις επιστήμες σε θεωρητικές και θετικές.

Το μόνο επιστημονικό περιοδικό στη Γαλλία τότε ήταν, το *Journal de Physique*, το κατείχαν οι υπερασπιστές της φλογιστικής θεωρίας, το οποίον δεν φιλοξενούσε τις αντίθετες απόψεις, παρά κριτική και πολλές φορές αθέμιτη για τους αντιφλογιστές. Η κατάσταση αυτή ανάγκασε τον Lavoisier με τη βοήθεια ενός νεαρού μαθητή του τον Pierre August Adet (1763-1834), να ιδρύσει τη δικιά του καθαρά χημική επιστημονική επιθεώρηση, λίγους μήνες πριν την εκκόλαση των αποφασιστικών συγκρούσεων με τη γαλλική μοναρχία, που επείλθε με την πτώση της Βαστίλλης τον Αύγουστο του ίδιου χρόνου. Η επιθεώρηση αυτή θα αφήσει εποχή στο μέλλον, θα μείνει διάσημη με το όνομα *Annales de Chimie* (Χρονικά της χημείας), ένα περιοδικό που βγαίνει μέχρι τις μέρες μας και θα βαφτίσει και το μηνιαίο περιοδικό της Ένωσης Ελλήνων Χημικών. Το περιοδικό εκδόθηκε τον Απρίλιο του 1789 και

στη συντακτική του επιτροπή ήταν εκτός του Lavoisier, οι Fourcroy, Morveau, Monge, Berthollet, de Dietrich, Seguin, Vanquelin, Hassenfratz και εκδότης μαζί και οικονομικός επενδυτής ο Adet.

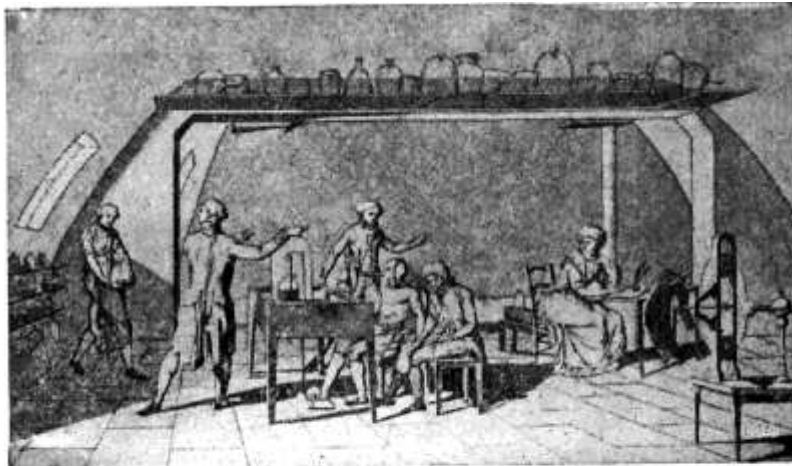
ANNALES
DE CHIMIE;
OU
RECUEIL DE MÉMOIRES
CONCERNANT LA CHIMIE ET LES ARTS
QUI EN DÉPENDENT.
Par MM. DE MORVEAU, LAVOISIER,
MONGE, BERTHOLLET, DE FOURCROY,
le Baron DE DIETRICH, HASSENFRATZ & ADET.
TOME PREMIER.
A PARIS;
RUE ET HÔTEL SERPENT, 23.
Et se trouve à LONDRES,
Chez JOSEPH DE BOER, Libraire, Great-Street;
N^o. 7 S^oth.
M. DCC. LXXXIX.
Sous le Privilège de l'Académie

Για την ιστορία το πρώτο χημικό περιοδικό στον κόσμο το εξέδωσε ο γερμανός Lorenz von Crell (1744-1816), καθηγητής χημείας και σύμβουλος των ορυχείων του Helmastadt. Ήταν το *Chemisches Journal für die Naturlehre* (σε έξι τόμους μέχρι το 1781), το οποίον συνεχίστηκε μετά το 1781 ως *Die neusten Entdeckungen in der Chemie* (Leipzig, 13 vol. 1781-1786). Το 1784 ο Crell επανεκδίδει το αρχικό περιοδικό ως *Chemische Annalen für die Naturlehre* (Χημικά Χρονικά) και συμπληρώνει 40 τόμους μέχρι το 1803.



Το εργαστήριο του Lavoisier.

Η νέα αυτή οργανωτική δομή, που λάμβανε η χημεία είχε ως αποτέλεσμα να βρεθεί στην κορυφή των νέων επιστημών στα ταραγμένα χρόνια της γαλλικής κοινωνίας, τα χρόνια της γαλλικής επανάστασης και των ναπολεόντειων χρόνων. Οι χημικοί είχαν συμμετάσχει σε όλες τις πραγματικά επαναστατικές διαδικασίες που σφράγισαν την κατοπινή γαλλική κοινωνία. Η χημεία αποτελούσε ένα στέρεο θεωρητικό υπόστρωμα για την εξέλιξη αυτών των επιστημονικών πρακτικών και η μόνη να οικοδομήσει ένα ενιαίο λογικό οικοδόμημα, ικανό να συνδέσει τις σκόρπιες γιατροφαρμακευτικές εμπειρίες, πράγμα που έχει επιτευχθεί στη σημερινή εποχή της μοριακής βιολογίας.



Πειράματα του Lavoisier για την αναπνοή.

Ο Seguin αναπνέει οξυγόνο από μία μάσκα που συνδέεται με σωλήνα με τη φιάλη που παράγει το αέριο. Στο γραφείο κάθεται η κυρία Lavoisier. Η ζωγραφιά έχει γίνει από την ίδια.

Η χημεία στα προεπαναστατικά χρόνια της Γαλλίας εκτός από τις αντιπαλότητες στο χώρο της και τους ανταγωνισμούς, είχε και τη σύγχυση που της απέδιδαν σε μεγάλο ή μικρό βαθμό, λόγω της αγυρτείας των περιπλανώμενων «αλχημιστών» και της μεταφυσικής αντίληψης της οποίας ήταν φορείς. Ο Fourcroy έγραφε ειδικά γι' αυτούς τους τελευταίους,

συνεισφέροντας με το κύρος του να υψωθούν διαχωριστικά τείχη μεταξύ της χημείας και της αλχημείας: «*Η χημεία κατέστη χωρίς να το θέλει παράλογος και παράφρων· θέλησε να παρασκευάσει χρυσό και να βρει ένα γενικό φάρμακο. Οι δύο αυτές νόσοι του πνεύματος, προϊόντα άγνοιας, αγώνων, καταστροφής, δεισιδαιμονιών, για μακρό χρονικό διάστημα βασάνισαν το ανθρώπινο γένος. Η χημική γλώσσα κατέστη μυστηριώδης, μεταφορική (αλληγορική) και παρά τα αναθέματα της Εκκλησίας και τις διώξεις των βασιλιάδων εναντίον των προσηλύτων απατεώνων και αλχημιστών, οι οποίοι πολλαπλασιάστηκαν εκ του περισσού, μόνον ο χρόνος μπόρεσε να θεραπεύσει τη λέπρα αυτή του πνεύματος*». Η ρήξη της χημείας με τις αλχημιστικές δοξασίες ήταν πλέον οριστική. Η τύχη των δοξασιών αυτών ήταν ένα πέρας στη λήθη. Μερικοί διάσημοι αλχημιστές του 18ου αιώνα [Γκιοζέπε Μπάλσαμο ή «κόμης» Καλιόστρο (1743-1795), Άνταμ Βαϊσχάουπτ (1748-1830), κόμης Σεν Ζερμέν (1710-1784)] ήταν συνώνυμοι αυτής της αγυρτείας και του αποκρυφισμού.



Count (Κόμης) Cagliostro (Καλιόστρο)
(1743-1795)

Ο τραγικός και βίαιος θάνατος του Lavoisier, που συνεκλόνησε όλη την ανθρωπότητα, ευτυχώς για την τελευταία και για την Ιστορία δεν άφησε ημιτελές το παραδωθέν υπό αυτού έργο. Το έργο του πολυσχιδές, στη χημεία όμως ήταν ολοκληρωμένο και πρότυπο αναφοράς. Το έργο αυτό, με κορυφή την «*Traité élémentaire de chimie* », άσκησε μεγάλη επίδραση στη χημεία και στο επάγγελμα του χημικό, το οποίον κατέστησε αυτόνομο, απαλλαγμένο από πρακτικέςαπαραίτητες για την επιβίωση του ασκούντος, όπως της ιατρικής ή της φαρμακευτικής. Το ευτύχημα επίσης ήταν ότι οι συνεργάτες του ευδοκίμησαν κι άπλωσαν τις νέες ιδέες της χημείας, με τέτοιο τρόπο, που θάλεγε κανείς, ότι τις επέβαλαν. Ο Foucroy ήταν ένας από αυτούς με γραπτό έργο πολύτιμο, που επιρρέασε και την προεπαναστατική ελληνική χημική εκπαίδευση.

Ο Antoine Francois de Fourcroy (1755-1809) ήταν γάλλος χημικός και γιος φαρμακοποιού. Οι αρχικές σπουδές που έλαβε, ήταν στην ιατρική, αλλά τον προσέλκυσαν τα μαθήματα χημείας του Pierre Joseph Macquer (Μακέ, 1722-1784) στο Jarden du Roi (Βασιλικός Κήπος). Ο Κήπος βρίσκεται στο Παρίσι, εκεί που είναι σήμερα οι κήποι του Λουξεμβούργου. Στο εσωτερικό του κήπου από την εποχή του Lemery υπήρχε ένα παλαιό οίκημα, το οποίον είχε διασκευαστεί σε χημικό εργαστήριο. Σε αυτό είχαν καθιερώσει σειρά μαθημάτων χημείας με τη συνοδεία εντυπωσιακών πειραμάτων, τα οποία ήταν ανοιχτά στον

καθένα. Ήταν το πρώτο ελεύθερο σπουδαστήριο χημείας, πολύ δημοφιλές στους Παρισινούς κύκλους.



Ο Antoine Francois de Fourcroy (1755-1809)

Το 1792 ο Fourcroy έγραψε το **Philosophie chimique**, το οποίο μεταφράστηκε και στα ελληνικά, με προσθήκες που έκανε ο Θεοδόσιος Ηλιάδης. Εκτός από τη Χημική Φιλοσοφία, έγραψε το **Éléments d' histoire naturelle et chimie** (Παρίσι 1782) και το **Système des connaissances chimiques** (Παρίσι 1801). Το τελευταίο αυτό έργο του ήταν δεκάτομο και αποτελεί μία κωδικοποίηση και οργάνωση της χημείας για τα επόμενα πενήντα χρόνια γύρω από τις αντιλήψεις των στοιχείων, οξέων, βάσεων και αλάτων. Ο Fourcroy είδε ότι αυτή η δομή του έργου του δεν θα παγιώσει μόνον την πνευματική διδασκαλία του μαθήματος της χημείας, αλλά θα γίνει και χορηγός με ανυπολόγιστα προτερήματα γι' αυτήν. Τα βασικά περιεχόμενα των δέκα τόμων του *Système des connaissances chimiques* περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Ταξινόμηση θεματογραφίας	Τόμος
Ασύνθετα ή απλά σώματα	1
Κεκαυμμένα σώματα· οξείδια οξέων	2
Αλατώδεις βάσεις· γαίες και αλκάλια	2
Άλατα	3, 4
Μέταλλα και άλατα μετάλλων που περιέχει μία επάρκεια οξέος	5, 6
Ορυκτά	6
Φυτικές ενώσεις	7, 8
Ζωϊκές ενώσεις	9, 10

Το έργο του Fourcroy ήταν επηρεασμένο, όπως προαναφέραμε, από αυτό του Macquer και από τις ερμηνείες που έδινε ο Lavoisier για το φαινόμενο της καύσης των ενώσεων και του άνθρακα, αλλά και της διαπύρωσης των μετάλλων. Το συγγραφικό του έργο Fourcroy ήταν εκτεταμένο, ειδικότερα στη *ζωϊκή* και *φυτική* χημεία (animal and plante chemistry), έργο που επιτέλεσε συνεργαζόμενος με τον Vauquelin. Με τον Vauquelin δημοσίευσε από κοινού εκτός των άλλων μια πραγματεία για την παρασκευή και τη δοκιμασία (ποιοτικό έλεγχο) των φαρμάκων. Ταυτόχρονα συμμετείχε στην απομόνωση και ταυτοποίηση ενώσεων που έκανε ο φίλος του και συνεργάτης. Υπήρξε υποστηρικτής της γαλλικής επανάστασης και κρατούσε εκδοτικό μηχανισμό κατά τη διάρκειά της. Την εποχή του Ναπολέοντα υπήρξε πρωτεργάτης στην αναστύλωση της γαλλικής επιστήμης και διευθυντής των επιστημονικών εκδόσεών της.



L. N. VAUQUELIN, 1763-1829.

Lois Nicolas Vauquelin (1763-1829), καθηγητής στο Παρίσι στην École Polytechnique, στον οποίον ανέθεσαν τη διδασκαλία της γενικής χημείας μαζί με τον Fourcroy. Το ερευνητικό του έργο μεγάλο, ανάμεσα στο οποίο ανακάλυψε διάφορες ενώσεις του χρωμίου το 1797, το χρώμιο το 1798 και το οξείδιο βηρυλλίου ή «γλυκινίου», όπως ήταν η αρχική του ονομασία του στοιχείου αυτού. Απομόνωσε πολλές φυσικές οργανικές ενώσεις, όπως την πηκτίνη (1790), την αλλαντοΐνη (1800), την ασπαραγίνη (1805) και τη δαφνίνη (1817).

Ο Fourcroy διετέλεσε εκτός από οπαδό της χημείας του Lavoisier και ένα πολιτικό στέλεχος κατά τη διάρκεια της Γαλλικής Επανάστασης και των ναπολεοντείων χρόνων. Στη διάρκεια της εποχής αυτής συνέβαινε να είναι συνομιλητής του άλλου διάσημου γάλλου χημικού του Berthollet. Ο Fourcroy δεν ήταν καθαρά ένας από τους πολιτικούς υποστηρικτές της Γαλλικής Επανάστασης, αλλά συμπεριφέρθηκε ως ένας τεχνοκράτης, που συμμετείχε σε σωστές προτάσεις για την επίλυση πολλών τεχνικών θεμάτων. Τον βρίσκουμε σε όλες τις καινοτομίες της Γαλλικής Επανάστασης για τον ορθό προσανατολισμό και οργάνωση των θετικών επιστημών στην εκπαίδευση. Υπήρξε διευθυντής της Επιτροπής Δημόσιας Εκπαίδευσης της Εθνικής Συνέλευσης και συντόνιζε τη χημεία στην Ecole Normal, στις Σχολές Υγείας και στα Πολυτεχνεία. Οπαδός στη συνέχεια, όπως προαναφέραμε, και του Ναπολέοντα (όπως και ο άλλος διάσημος συνομιλητής του Berthollet) πέτυχε να πάρει πολλά αξιώματα και σε αυτήν την περίοδο.

Οι θεωρίες της συγγένειας με τους πίνακες του Bergman είχαν αναπτυχθεί και παρουσιάστηκε η ανάγκη για να γίνουν οι θεωρίες πιο χρηστικές να υπάρχει ένας τρόπος μέτρησης. Το πρώτο εμπόδιο ήταν οι υποστηρικτές της ιδέας της απόλυτης *συγγένειας*. Ο καθηγητής του Berthollet, ο P. J. Macquer είχε αναζητήσεις, όπως είδαμε, στους ειδικούς κανόνες που διέπουν την εργασία των εκλεκτικών συγγενειών (elective affinities),

επηρεασμένος από τους γνωστούς πίνακες του Ζοφρουά (Geofroy) και την αντιδραστική στάση των μελών της Βασιλικής Γαλλικής Ακαδημίας. Ο συνεργάτης του ο Guyton de Morveau, είχε προχωρήσει μακρύτερα, καθώς προσδιόρισε ποσοτικά (quantity) τις συγγένειες (affinities) από τη μέτρηση των συνεκτικών δυνάμεων, με τις οποίες τα μέταλλα προσκολλώνται με τον υδράργυρο. Και οι δύο πίστευαν ότι, οι συγγένειες ήταν απόλυτο γεγονός και ερωτοτροπούσαν με την ιδέα που είχε σπείρει ο Buffon, ότι οι χημικές έλξεις μπορούσαν να ερμηνευτούν με ένα νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, ανάλογου με αυτόν του Νεύτωνα. Ο Berthollet όμως σε αυτή τη Νευτώνια μεταφορά είχε εκφέρει αρχικά σοβαρούς δισταγμούς, αλλά δεν την απέρριπτε κι όλας. Αντιθέτως προσπαθούσε να εκτείνει όλους τους τρόπους, που θα την έκαναν απραγματοποίητη, όπως θα δούμε πιο κάτω. Δυστυχώς σε αυτήν την εμμονή τελικά παρέμεινε ο Berthollet και τροφοδότησε μία ανοικτή σύγκρουση με τον Proust και με όλους αυτούς που είχαν διαβαθμίσει τη συγγένεια, σε συγγένεια σύγκρουση από την οποίαν οριστικά ξεχώρισαν οι χημικές αντιδράσεις από τα διαλύματα, τα μίγματα από τις χημικές ενώσεις.



Claude-Louis Berthollet (1748-1822),

Κατά το Berthollet οι εκλεκτικές συγγένειες του Bergman ήταν εσφαλμένες, αφού μπορούν να τις επηρεάσουν οι ποσότητες των ουσιών που αντιδρούν ή παράγονται. Η διαπίστωση αυτή έγινε σε ένα από τα ταξίδια του το 1799, συνοδεύοντας το Ναπολέοντα στην εκστρατεία του στην Αίγυπτο επικεφαλής επιστημονικού κλιμακίου. Η εποχή ήταν τότε γεμάτη πολεμικές συγκρούσεις και ο Berthollet ενδιαφερόταν για τη μαζική παρασκευή του νίτρου, απαραίτητης για την πυρίτιδα των κανονιών. Σε μια εξερεύνησή του στη λίμνη Νατρόν, μια αλμυρή λίμνη της Αιγύπτου, που οι όχθες της ήταν γεμάτες με σόδα (ένυδρο ανθρακικό νάτριο). Ήταν γνωστό ότι, το αλάτι (NaCl) με το ασβέστιο ανθρακικό (CaCO_3) δεν αντιδρούν απ' ευθείας στο νερό, για να σχηματίσουν σόδα. Η αντίδραση όμως γίνεται αντιστρόφως, δηλαδή η σόδα αντιδρά με υδατικό διάλυμα ασβέστιο χλωριδίου (ή χλωριούχο ασβεστίου, CaCl_2), καταβυθίζοντας ασβέστιο ανθρακικό σε σχηματιζόμενο διάλυμα άλατος (νάτριο χλωριδίου, NaCl). Στη λίμνη Νατρόν ο Berthollet παρατήρησε ότι, ενώ οι όχθες της ήταν γεμάτες με λεπτά στρώματα σόδας (Na_2CO_3), ο βυθός της ήταν στρωμένος με αλάτι (NaCl) και ασβέστιο ανθρακικό (CaCO_3). Παρατήρησε ότι το χλωριούχο ασβέστιο (CaCl_2) αποστραγγίζεται συνεχώς μέσα από το έδαφος, ευνοώντας την εναπόθεση της σόδας στις όχθες. Ανακάλυψε, ότι, η χημική αυτή αντίδραση που συμβαίνει στη φύση, γίνεται αντιστρόφως από αυτήν την οποίαν διεξάγουν οι χημικοί στο εργαστήριο. Ανακάλυψε την αμφίδρομη αντίδραση και κατέληξε στη ριζοσπαστική θέση ότι, η κατεύθυνση μιας αντίδρασης δεν είναι απόλυτη, επηρεαζόμενη από τις εκλεκτικές τάσεις των αντιδρώντων σωμάτων, από τις εκλεκτικές συγγένειες, αλλά από φυσικούς παράγοντες (τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία). Οι παράγοντες αυτοί δρουν ως συνθήκες

«επιτρέπουσες» (permitting) ή «παρεμποδίζουσες» (preventing), καθορίζοντας τις ελκτικές δυνάμεις των συγγενειών, οι οποίες συγγένειες δεν μπορούν να ερμηνεύσουν από μόνες τους τη δυνατότητα διεξαγωγής μιας αντίδρασης. Τα συμπεράσματα αυτά τα δημοσίευσε σε δύο πραγματείες: α) τις «*Recherches sur les lois l' affinité*» (Ερευνες περί των νόμων της χημικής συγγένειας, Παρίσι 1801) και το «*Essai de statique chimique*» (το Δοκίμιο Χημικής Στατικής, 1803). [43]

Ο Claude-Louis Berthollet (1748-1822), αυτός ο σκαπανέας των αμφίδρομων αντιδράσεων και της χημικής ισορροπίας, άφesse αντιλήψεις που έμειναν ανεπεξέργαστες λόγω της διαμάχης του με τον Proust. Ο Berthollet ήταν γνωστών δημοκρατικών φρονημάτων κι ένθερμος οπαδός του Ναπολέοντα, όπως κι ο γνωστός μας Alessandro Volta. Μετά την επιστροφή του από την Αίγυπτο και τη στέψη του Ναπολέοντα σε Αυτοκράτορα απέκτησε μια σειρά από αξιώματα. Γερουσιαστής, καθηγητής στην École normale από το 1795 και ιδρυτής με το Laplace της εταιρείας Αρκέιγ (Société d' Arcueil), μιας διεπιστημονικής ομάδας, που εγκατέστησε στο μέγαρό του. Η Εταιρεία αυτή έγινε διάσημη από τον πυρήνα των επιστημόνων της και τις Κυριακάτικες συναντήσεις μεταξύ των χρόνων 1807 και 1813. Στις συναντήσεις αυτές μπορούσες να συναντήσεις εκτός από τους δύο ιδρυτές, το Gay-Lussac (1778-1850), βοηθό του Berthollet, το Louis Jacques Thenard (1777-1857), τον Pierre Louis Dulong (1785-1838) και τον Jean-Baptiste Biot (1774-1862). [65]

Ο Berthollet κατέληξε ότι, μια χημική ένωση δεν έχει προσδιορισμένη ταυτότητα και είναι ένα ιδιαίτερο μίγμα, το οποίον εξαρτάται από τις συνθήκες της παραγωγής του. Οι ορισμένες αναλογίες των συστατικών μιας ένωσης τυχαίνει να είναι η λιγότερη διαλυτή της μορφή σε διάλυμα. Άρα η δυσδιάλυτη μορφή θα καθιζάνει και θα προκύπτει κάποιο σώμα με φαινομενική σταθερή σύνθεση. Οπότε σταθερός λόγος των βαρών του Proust ήταν κατά το Berthollet ένα τυχαίο αποτέλεσμα και όχι ένας πραγματικός συνδυασμός ομοιογενής. Η παραδοσιακή χημεία της θεωρίας των μικτών κάνει μια τελευταία επανεμφάνισή και ανοίγει μία διαμάχη με τη σύγχρονη χημεία που προωθεί ο Proust, μια χημεία η οποία διαμόρφωσε σταθερά θεμέλια με την καθορισμένη αναλογία των συστατικών μερών των ενώσεων. Η διαμάχη κρατούσε μερικά χρόνια, όταν και οι δύο χημικοί ανέλυαν οξειδία μετάλλων και με τις πειραματικές τεχνικές της εποχής μαζί με τα διφορούμενα επιχειρήματα, που επικαλούνταν ο ένας εναντίον του άλλου, δεν μπορούσαν προς στιγμήν να στρέψουν την πλάστιγγα προς το μέρος τους. Στις αναλύσεις αυτές ο Proust αποτεινόταν ότι, είχε να κάνει με ένα μίγμα διαφορετικών οξειδίων. Ο Berthollet από την άλλη πλευρά υποστήριζε, ότι, επρόκειτο για μίγμα και μόνον για ένα μίγμα, χρησιμοποιώντας ad hoc ερμηνείες. Τελικά όμως ο Proust εργαζόμενος με πολύ απλές ουσίες, όπως το νερό και η αμμωνία, κατόρθωσε να γίνει πειστικός στην επιστημονική κοινότητα και να οδηγήσει έστω και καθιστερημένα το Dalton να διατυπώσει την ατομική του θεωρία. [44, 117]



Joseph Louis Proust (1754-1826)

Ο γάλλος χημικός Joseph Louis Proust (1754-1826) έμεινε στην ιστορία από τη διατύπωση του «νόμου των σταθερών λόγων» το 1797. Ο Proust ήταν γιος φαρμακοποιού (αποθηκάρη) στο Παρίσι. Στα 1789 έγινε καθηγητής στη Μαδρίτη μέχρι το 1808 του βασιλιά Καρόλου του 4ου. Το 1808 επέστρεψε στο Παρίσι, όταν τα γαλλικά στρατεύματα, που εισέβαλαν στην ισπανική πρωτεύουσα, λεηλάτησαν και κατέστρεψαν το εργαστήριό του. Ο Proust επιδέξιος αναλυτικός χημικός και έδινε μεγάλη σημασία στην καθαρότητα των ουσιών. Διέκρινε τα διαλύματα από τις χημικές αντιδράσεις, σημειώνοντας ότι: «η διάλυση της αμμωνίας στο νερό δεν είναι καθόλου το ίδιο (φαινόμενο) μ' εκείνο του υδρογόνου με το άζωτο, που παράγει αμμωνία» (44). Τα μίγματα ο Proust τα ονόμαζε *mélanges*, τα διαλύματα *dissolutions* και τις χημικές ενώσεις *combinaisons*. [58]

Η διαμάχη των Proust και Berthollet κράτησε με τελικό νικητή τον Proust, αλλά είχε ένα θλιβερό αποτέλεσμα. Οι σωστές απόψεις του Berthollet πάνω στις αμφίδρομες αντιδράσεις να μείνουν σε λήθαργο και χάθηκε πολύτιμος χρόνος για τη χημεία. Η χημική ισορροπία, μελετήθηκε πολλές δεκαετίες μετά από τον Henri Louis Le Chatelier (το 1885, 301), το van't Hoff (1884) και τον Σκωτσέζο χημικό Robin (επίδραση της πίεσης επί της ισορροπίας, 1879) και λίγο νωρίτερα είχαμε τη διατύπωση του νόμου της δράσης των μαζών, από τους Νορβηγούς P. Waage και C. Guldberg (στην πραγματεία τους την αποδοθείσα στα αγγλικά ως «*Studies Concerning Affinity*» του 1864). Επίσης η βιομηχανική παραγωγή σόδας από αλάτι δεν ευδοκίμησε στη Γαλλία, αλλά έμελε να εφαρμοστεί από το Nicolas Leblanc στην Αγγλία. [563]



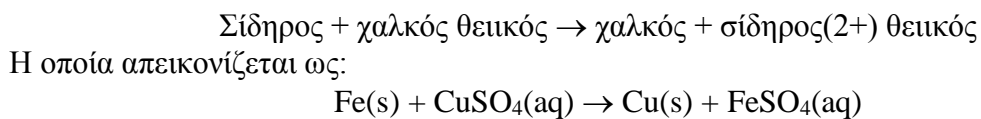
Claude-Louis Berthollet (1748-1822)

2.11 Ισοδύναμα (equivalents), πρόδρομες έννοιες του σθένους

Ο νόμος των ισοδυνάμων (law of equivalents) ανάγεται σε έρευνες συνδυασμού μερών οξέων και βάσεων. Ο Homburg στα 1699 προσδιόρισε ποσότητες πολλών διαφορετικών οξέων, που εξουδετερώνουν το ίδιο βάρος άλατος του ταρτάρου (salt of tartar, K_2CO_3) και τις ποσότητες των αλάτων μετά από την εξάτμιση του νερού. Τα αποτελέσματά του δεν ήταν ακριβή και γι' αυτό δεν εκτιμήθηκαν άμεσα. Τις προσπάθειες επανέλαβε ο Cavendish, όταν στα 1766 παρατήρησε ότι ίδια βάρη ενός δεδομένου οξέος απαιτούσαν διαφορετικά βάρη διαφορετικών βάσεων για την εξουδετέρωσή του. Αυτά τα βάρη των βάσεων ονόμασε **equivalents** (ισοδύναμα), εισάγοντας μια έννοια, που συνέβαλε πολύ στην εξέλιξη της χημείας, την πρόοδο της αναλυτικής χημείας και ...η οποία ταλαιπωρεί με την παρουσία της τη σύγχρονη χημεία, παρά την είσοδο του mole και τις επανειλημμένες συστάσεις της IUPAC. Στα 1788 ο Cavendish βρήκε ότι τα βάρη θειικού και νιτρικού οξέος που εξουδετερώνονται από τα ίδια βάρη ποτάσας (K_2CO_3), εξουδετερώνονται από τα ίδια βάρη μαρμάρου, έτσι ο λόγος των οξέων είναι σταθερός για τις δύο βάσεις. Σε αδημοσίευτες σημειώσεις του Cavendish στα 1777 καταγράφονται διευθετημένα διαλύματα ισοδυνάμων βαρών αλάτων, στα οποία είχαν προσδιοριστεί οι ηλεκτρικές τους αγωγιμότητες με σύγκριση των μηκών των διαλυμάτων και της αποφόρτισης από μια μπαταρία από το Leyden ειδική να δίνει το ίδιο φορτίο.

Εκτός από τον Cavendish ο νόμος για τα ισοδύναμα βάρη αποδίδεται στον Carl Friedrich Wenzel (1740-1793), ο οποίος δημοσίευσε στα 1777 την πραγματεία του «Θεωρία της Συγγένειας των Σωμάτων» (Theory of the Affinity of Bodies, ή στα γερμανικά Lehre von der Verwandtschaft der Körper). Ο Wenzel ήταν γερμανός χημικός, εργαζόμενος σε μια βιομηχανία πορσελάνης, ο οποίος συσχετίζει την αριθμητική τιμή της συγγένειας από την

απώλεια βάρους, η οποία επέρχεται από τη διάλυση μεταλλικών κυλίνδρων σε διαλύματα οξέων. Στην παραπάνω πραγματεία του αναφέρει με έναν τρόπο δυσνόητο πορίσματα ενός πειράματος μιας αντίδρασης διπλής αντικατάστασης, προσδιορίζοντας τα βάρη των ουσιών (αλάτων) που αντάλλασσαν τα μεταλλικά τους μέρη. Αντίδραση μεταξύ αργύρου χλωριδίου (horn silver, AgCl) και κιννάβαρης (HgS). Τα πειράματα προσδιορισμού τιμών της συγγένειας με ισοδύναμα βάρη συνεχίστηκαν από το Bergman (1783) με το γιγάντιο κι επίπονο έργο των πινάκων του όπως είδαμε και τον Ιρλανδό Kirwan (Κίργουεν, 1783) από τις διαλυτοποιήσεις μετάλλων σε ίδια βάρη τριών οξέων. Το φλογιστό, σύμβολο Φ , συνόδευε όλες τις τότε αντιδράσεις οξείδωσης (οξειδωσης) μετάλλων, όπως συμβαίνει με τη μεταφορά ηλεκτρονίων. Για παράδειγμα σε απλές αντικαταστάσεις μετάλλων σε ενώσεις τους από ηλεκτροθετικότερο μέταλλο, κατά τις οποίες το φλογιστό μετακομίζει από το ένα μέταλλο στο άλλο, όπως τα ηλεκτρόνια από το μέταλλο που οξειδώνεται, στα κατιόντα μετάλλου τα οποία ανάγονται. Πιο συγκεκριμένα στην αντίδραση εντός διαλυμάτων:



Το χημικό φαινόμενο τότε απεικονιζόταν ως εξής:

(Iron calx + Φ) (Acid+copper calx) \rightarrow Copper calx+ Φ) (Acid + iron calx)
 δηλ. (τέφρα σιδήρου + φλογιστό) (Οξύ + τέφρα χαλκού) \rightarrow (τέφρ. χαλκού + φλογ.)
 (οξύ+τέφρα σιδήρου)

Το calx θεωρείται το οξείδιο του μετάλλου, ακαθόριστης σύστασης τότε. Με τη λέξη αυτή θεωρούσαν και κάθε τι που βρισκόταν σε μορφή σκόνης.



Ο Δανός αριστοκράτης αλχυμιστής κι αστρονόμος Tycho ή Tyge Brahe (1546-1601), στην Αυλή του οποίου εργάστηκε ο Kepler, διατυπώνοντας τους τρεις νόμους της πλανητικής κίνησης. [65,117]

Την οριστική διατύπωση με ένα γενικευμένο τρόπο του νόμου των ισοδυνάμων βαρών αποδίδουμε στο γερμανό χημικό Jeremias Benjamin Richter (1762-1807). Ο Richter γεννήθηκε στη Σιλεσία στα 1762, σπούδασε κοντά στον Immanuel Kant το μεγάλο φιλόσοφο

στο Πανεπιστήμιο του Königsberg, εκτός από φιλοσοφία, χημεία και μαθηματικά. Ο Richter, που εργάστηκε ως χημικός στο Βασιλικό Εργαστήριο του Βερολίνου (Royal Factory in Berlin), το πάθος του για τα μαθηματικά τον έκαναν να πιστεύει ότι, όλες οι επιστήμες είναι βραχίονες των μαθηματικών. Η διδακτορική διατριβή του το 1789 είχε τίτλο: «*Η Χρήση των Μαθηματικών στη Χημεία*». Στην πράξη η θέση αυτή δεν ήταν τίποτα άλλο από την εφαρμογή ενός τύπου προσδιορισμού των ειδικών βαρών (δηλ. των πυκνοτήτων) διαφόρων ουσιών, με τη βοήθεια του οποίου ο Richter υπολόγισε τα υποθετικά βάρη του φλογιστού στις ουσίες αυτές. Την ίδια μεθοδολογία είχε ακολουθήσει και ο Kepler, όταν είχε ερευνήσει τις μαθηματικές σχέσεις και την αρμονία που διέκριναν αστρονομικά δεδομένα, τα οποία είχαν συλλεχθεί από τον Tycho Brahe. Με λίγα λόγια ο Richter δαπάνησε τον πολύτιμο χρόνο του σε πληθώρα χημικών αναλύσεων που διεξήγαγε στο Βερολίνο, στο Βασιλικό Εργαστήριο Πορσελάνης, με όργανα από πορσελάνη τα οποία είχε σχεδιάσει ο ίδιος. Στα πειράματα αυτά της αναλυτικής χημείας διερεύνησε αριθμητικές σχέσεις των ποσοτήτων των ουσιών, που λάβαιναν μέρος σε χημικές αντιδράσεις. Ένας από τους πιο ονομαστούς ιστορικούς του δεύτερου μισού του 20ου αιώνα, ο J. R. Partington, σημείωσε ειρωνικά, ότι ο Richter εξάντλησε ολοσχερώς την περίοδο αυτή της ζωής του, προσπαθώντας να βρει «κανονικότητες μεταξύ συνδυαζομένων μερών ουσιών εκεί, όπου η φύση δεν είχε εφοδιάσει με καμιά τέτοια». Ο Τύχων Μπράχε (Tycho Brahe) ήταν γερμανός αριστοκράτης, δεινότατος αστρονόμος (παρατήρησε το 1572 ένα πονα στην Κασσιόπη), που είχε πάρει στην αυλή του τον Johannes Kepler, τον οποίον προστάτευε και χρηματοδοτούσε. [78, 117]

Στα 1792 μέσα στους ανούσιους πίνακες βαρών στοιχείων του Richter που αντιδρούσαν, υπήρξε από μια σημαντική εξαίρεση, η οποία αποκρυσταλλώνεται με την ανακάλυψη ενός νόμου κατά τη διάρκεια μελέτης πολλαπλών συνθέσεων²⁵. Σε αυτές τις συνθέσεις από τις παραγόμενες ουσίες, προέκυπτε ότι τα αντιδρώντα «είχαν μεταξύ τους μια βεβαιωμένη σταθερή σχέση μαζών». Η ολοκληρωμένη διατύπωση του νόμου αυτού, ο οποίος έλαβε την προσωνομία **Νόμος των αναλόγων αριθμών ή ισοδυνάμων βαρών**, έχει ως εξής: «*Τα βάρη δύο στοιχείων που ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μία χημική ένωση, είναι ίσα ή (ακέραια) πολλαπλάσια των βαρών, με τα οποία τα δύο στοιχεία ενώνονται με το ίδιο βάρος τρίτου στοιχείου*» (εννοείται για το σχηματισμό δύο άλλων ενώσεων με το τρίτο στοιχείο). Για παράδειγμα: έστω **α** και **β** τα βάρη δύο στοιχείων Α και Β αντίστοιχα. Αυτά ενώνονται με το ίδιο βάρος **γ** τρίτου στοιχείου Γ προς σχηματισμό ενώσεων δυαδικών ΑΓ και ΒΓ. Αξίζει να σημειώσουμε, ότι, οι τύποι ΑΓ και ΒΓ δεν ήταν κατ' ανάγκη μοριακοί, γιατί την εποχή του Richter δεν είχε διατυπωθεί καν η μοριακή υπόθεση του Avogadro. Απλά απεικονίζουν ποια στοιχεία συμμετέχουν στις ενώσεις αυτές των δύο μερών. Παρατηρείται ότι, όταν τα βάρη των στοιχείων Α και Β ενώνονται για να σχηματίσουν την ένωση ΑΒ σχηματίζουν αναλογία **α:β** ή **κ·α:λ·β**. Οι αριθμοί **κ** και **λ** είναι απλοί ακέραιοι, τους οποίους ο Richter ονόμασε **ανάλογους αριθμούς**. Η ονομασία αυτή δόθηκε, γιατί εκφράζει κάποια πάγια αναλογία, με την οποίαν οι μάζες (ή βάρη) των διαφόρων στοιχείων ενώνονται, προκειμένου να δώσουν κάποια δυαδική ένωση ΑΒ. Ταυτόχρονα εκφράζει και κάποια σχέση των μαζών των στοιχείων που ενώνονται στις ενώσεις ΑΓ, ΒΓ και ΑΒ. Τους λόγους των μαζών που αντιδρούσαν ο Richter τους ονόμασε **στοιχειομετρία**²⁶, έναν όρο που σχημάτισε από τις ελληνικές λέξεις *στοιχείο* και *μετρώ*. Με τη στοιχειομετρία ο Richter ήθελε να καταλάβει, γιατί το ίδιο βάρος ενός οξέος μπορούσε να εξουδετερωθεί από διαφορετικά βάρη ποικίλων βάσεων. Αυτή η πειραματική διαπίστωση οδήγησε τον Richter να αξιώσει

²⁵ Οι αντιδράσεις στην πραγματικότητα που διερεύνησε ο Richter ήταν αποσυνθέσεις ενώσεων στα στοιχεία τους. Οι θερμοκρασίες για την επίτευξη αυτή ήταν υψηλές και τα πορσελάνινα δοχεία κι όργανα αποδείχτηκαν κατάλληλα για την υλοποίηση αυτή.

²⁶ J. B. Richter, *Anfangsgründe der Stöchiometrie*, Hirschberg, Breslau, 3 vols., 1792-1794 και *Über die Gegenstände der Chemie*, Hirschberg & Lissa, Breslau, 11 vols., 1791-1802.

εσφαλμένα, ότι, τα συνδυαζόμενα μέρη σχηματίζουν αριθμητικές και γεωμετρικές προόδους. Με άλλα λόγια προσπάθησε να προσαρμόσει τα χημικά φαινόμενα σε μια μαθηματική λογική κι όχι το αντίστροφο.

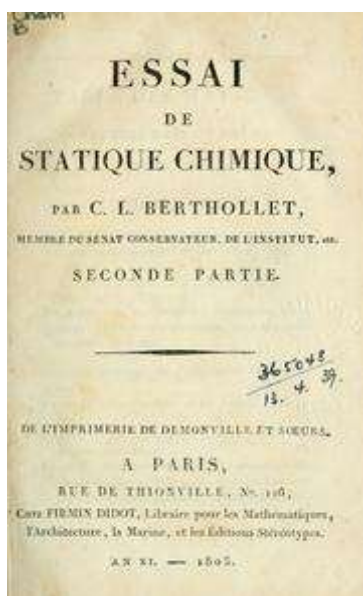
Σύμφωνα με τον πίνακα 1 οι λόγοι της ποτάσας προς τη σόδα στους συσχετισμούς των ισοδυνάμων (equivalents) του Richter είναι:

$$\frac{1606}{1218} = \frac{2239}{1699} = \frac{1143}{867} = \frac{1,318}{1}$$

Ο Richter πρότεινε ότι, οι ισχείς εξουδετέρωσης των δύο αλκάλων είναι σε μιαν αναλογία 1,318 μέρη ποτάσας προς 1 σόδας.

Πίνακας 1. Συσχετισμοί ισοδυνάμων του Richter

Αλκάλια	Θεικό οξύ	Υδροχλωρικό οξύ	Νιτρικό οξύ
Ποτάσα	1606	2239	1143
Σόδα	1218	1699	867
Πτητικό άλκαλι (αμμωνία, NH ₃)	638	889	453
Βαρύτης	2224	3099	1581
Άσβεστος	796	1107	565
Μαγνησία	616	858	438
Αλουμίνα	526	734	374



Τότε ακριβώς ήταν που γεννήθηκε το **χημικό ισοδύναμο** (chemical equivalent). Τότε επίσης έγινε, έστω και συγκεκριμένα, η πρώτη εμφάνιση του σθένους (**valent**) ως συνθετικό της λέξης *equi-valent*. Το ισοδύναμο θα μπορούσε να αποδοθεί στην ελληνική γλώσσα και ως **ισοσθενές**. Το γιατί δεν συνέβη έτσι στην ελληνική πραγματικότητα, θα δοθεί μία ερμηνεία με βάση τα δεδομένα της ελληνικής χημείας του 19ου αιώνα. Τον όρο *equivalent*, τον εισήγαγε ή καλύτερα τον επέβαλε ο Ernst Gottfried Fisher (1754-1831), συνεργάτης του

Richter, που εξέδωσε έναν πίνακα στα 1802 συνδυαζομένων βαρών αντιδρώντων βάσεων που εξουδετέρωναν την ίδια ποσότητα οξέος. Ως βάση σύγκρισης είχε το θειικό οξύ και τα βάρη των εξουδετερωμένων βάσεων από την ίδια ποσότητα θειικού οξέος ονομάστηκαν **ισοδύναμα ή ισοσθενή βάρη** (απόδοση του **equivalents weights**). Ο πίνακας αυτός έγινε γνωστός, γιατί ο Berthollet τον αναδημοσίευσε στην πραγματεία του «*Statique Chimique*» στα 1803.

2ος ΠΙΝΑΚΑΣ συσχετισμού των ισοδυνάμων (equivalents) του Fisher²⁷

Βάσεις		Οξέα	
Alumina.....	525	Fluoric.....	427
Magnesia.....	615	Carbonic.....	577
Ammonia.....	672	Muriatic.....	712
Lime.....	793	Oxalic.....	755
Soda.....	859	Phosphoric.....	979
Strontia.....	1329	Sulphuric.....	1000
Potash.....	1605	Succinic	1209
Baryta.....	2222	Nitric.....	1405
		Acetic.....	1480
		Citric	1583
		Tartaric	1694

Αποτελέσματα πειράματος από το Fisher: Σε 1000 μέρη θειικού οξέος, τα οποία λαμβάνονται ως πρότυπο βάρος για την πλήρη εξουδετέρωση ποικίλων μερών βάσεων. «*Η σημασία αυτού του πίνακα*», λέει ο Fisher, «είναι η ακόλουθη. Αν πάρουμε μια ουσία από μια από τις δύο στήλες, έστω η ποτάσσα από την πρώτη, στην οποία αντιστοιχεί ο αριθμός 1605, οι αριθμοί στην άλλη στήλη μας δείχνουν την απαιτούμενη ποσότητα κάθε οξέος που εξουδετερώνουν 1605 μέρη ποτάσσας ... Αν μια ουσία λαμβάνεται από τη δεύτερη στήλη, οι αριθμοί της πρώτης στήλης δείχνουν πως κάθε μια από τις ουσίες σ' αυτήν τη στήλη είναι απαραίτητη για την εξουδετέρωσή της». [52]

Η εργασία αυτή του Fisher ήταν πολύ δύσκολο να διαβαστεί και να κατανοηθεί από τους κύκλους των χημικών της εποχής, τους αναστατωμένους από προσωπικές διαμάχες, όπως αυτή του Berthollet και του Proust. Γι' αυτό και δεν δημιούργησε καμία αναταραχή στους τότε κύκλους των χημικών. Όμως εισήλθε το σπέρμα του *σθένους* (**valent** στα γερμανικά), έννοιας συγγενεύουσας με το *affinis* (συγγένεια των στοιχείων). Τον όρο ο Fisher το δημιούργησε πιθανόν από την επιρροή που άσκησε το βιβλίο του Berthollet «*Recehrches sur lois de l' affinité*», το οποίο μάλιστα μετέφρασε στα 1802 στα γερμανικά. Η προσπάθεια αυτή, όπως είδαμε, ανταμείφθηκε από το Berthollet. Η μετάφραση αυτή έγινε την ίδια χρονιά που δημοσίευσε τους παραπάνω πίνακες. Φαίνεται ο Fisher διέκρινε κάποια **συγγένεια** και

²⁷ Τα λατινικά ονόματα των βάσεων και οξέων αποδίδονται στις ενώσεις: alumina = $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, magnesia = $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ & $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, ammonia = NH_3 , lime = CaO , soda = Na_2CO_3 & NaHCO_3 , strontia = SrO (λέγεται και στροντιανή), potash = K_2CO_3 (και KOH), baryta = BaO ή σε μίγμα με BaSO_4 . Από τα οξέα το fluoric = HF , carbonic = CO_2 , muriatic = HCl , oxalic = $(\text{COOH})_2$, phosphoric = H_3PO_4 , sulphuric = H_2SO_4 , nitric = HNO_3 , acetic = CH_3COOH , succinic acid = ηλεκτρικό οξύ [$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$], tartaric acid = τρυγικό οξύ [$\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$], citric acid = κιτρικό οξύ [$\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$].

στις ουσίες που αντιδρούσαν, οπότε θέλησε να αποδώσει αυτή τη σχέση με λέξη συναφή προς την *affinity* των στοιχείων.

Στη δεκαετία μετά το θάνατο του Lavoisier, ο Richter δημοσίευσε τρία βιβλία με μαθηματικές σχέσεις μεταξύ αντιδρώντων υλικών. Ταυτόχρονα επινόησε τον όρο **στοιχειομετρία** (stoichiometry), ο οποίος ακόμη χρησιμοποιείται σήμερα στη χημεία και αποτελεί ξεχωριστό κεφάλαιο σε κάθε αγγλοσαξωνική (229, Chapter 6 **Stoichiometry** or Chemical Calculations and Mole Concept) ή σύγχρονη χημεία (222, Ch. 1, 1.3 The Fundamental **Stoichiometric** Laws). Στη γειτονική μας Ιταλία έχει καθιερωθεί ο τίτλος να δίνεται σε βιβλία ασκήσεων χημείας του Λυκείου ή σε εγχειρίδια των πρώτων ετών πανεπιστημιακών σχολών (**Steichiometria** στα ιταλικά, του Giorgio Gaudiano, *Come risolvere I problemi chimici*, 349). Στις σύγχρονες ελληνικές χημείες ο όρος απουσιάζει ή λείπει επιδεικτικά. Οι παλιότερες έχουν να επιδείξουν κάτι με τη χρήση του όρου, οι καταστάσεις όμως είναι πενιχρές έως ανύπαρκτες.

Στοιχειομετρία

Ο Jeremias Benjaimin Richter (1762-1807) ήταν ο πρώτος που οδήγησε στην τοποθέτηση των πρώτων αρχών της στοιχειομετρίας, αυτού του πολύ βασικού κεφαλαίου της σύγχρονης χημείας. Στα 1792 έγραψε:

«Die *stöchyometria* (Stöchyometria) ist die Wissenschaft die quantitativen oder Massenverhältnisse zu messen, in welchen die chymischen Elemente gegen einander stehen». [‘Η στοιχειομετρία είναι επιστήμη που μετρά ποσοτικά τα μέρη ή τους λόγους των μαζών που τα χημικά στοιχεία συνδέονται το ένα το άλλο’.]



Jeremias Benjaimin Richter (1762-1807)

2.12 Η χημική συγγένεια στις ελληνικές προεπαναστατικές χιμείες

Κατά την περίοδο της «*Βυζαντινής Αυτοκρατορίας*» οι υπήκοοι της επικράτειάς της είχαν ως επίσημη γλώσσα την ελληνική, όμως ήξεραν για τον εαυτό τους ότι είναι Ρωμαίοι, τίποτα παραπάνω και απολύτως τίποτα λιγότερο. Η λέξη Έλληνας ήταν ακόμη συνώνυμη με αυτή του παγανιστή και ειδωλολάτρη και είχε αφανιστεί από το καθημερινό λεξιλόγιο. Όσοι είχαν την τύχη να χρησιμοποιήσουν τον όρο αυτόν για το εαυτό τους, γινόντουσαν ύποπτοι για την επαναφορά της αρχαίας θρησκείας. Στο πνευματικό επίπεδο οι αρχαίοι Έλληνες συγγραφείς ήταν υπό διωγμό ή τουλάχιστον υπό περιορισμό. Μετά την πτώση της Κωνσταντινούπολης, το κλίμα άλλαξε ως προς τη στάση της εκκλησίας απέναντι στον αρχαίο ελληνικό πνεύμα. Κατά τη διάρκεια της Οθωμανικής κατοχής των ελληνόφωνων περιοχών της Ανατολικής Μεσογείου, για πολλούς διαφορετικούς λόγους το ελληνικό πνεύμα αφυπνίστηκε. Το απεχθές ρωμαίος από τους Τούρκους μετατράπηκε σε ένα ανεκτικότερο γραικός και αργότερα στο επαναστατικότερο Έλληνας. Έχουμε μια εκτεταμένη περίοδο της νεοελληνικής αναγέννησης των γραμμάτων και εθνικής συνείδησης. Τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ελληνικών πολιτιστικών κέντρων και πρωτοβουλιών, που απλώθηκαν σε όλο το χώρο της Βαλκανικής και της ανατολικής Μεσογείου.

Κρίσιμη συμβολή σ' αυτή την πολιτιστική επικράτηση είχε η ελληνική γλώσσα με την καταπληκτική δυναμικότητά της, τον μοναδικό τρόπο έκφρασης και τον ιστορικό πλούτο και δομή της. Άλλωστε η δυναμικότητα της ελληνικής γλώσσας είχε εκδηλωθεί στο ανατολικό τμήμα της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, γιατί αρχικά παρ' όλο που δεν ήταν επίσημη, επιβλήθηκε κι αδρανοποίησε τη λατινική. Αυτό το τμήμα της ανατολικής Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας ο Montesquieu²⁸ και οι άλλοι Γάλλοι διαφωτιστές ή εγκυκλοπαιδιστές χαρακτήρισαν ως «Βυζαντινή», επινοώντας έναν υποτιμητικό όρο- σύνορο για να γίνεται ευκρινής η διάκριση των ρωμαϊκών χρόνων από αυτά των ελληνικών της ακμής και του πολιτισμού. Δηλαδή με τον όρο Βυζαντινή αυτοκρατορία ταύτιζαν το διεφθαρμένο καθεστώς της.

¹ Ο Montesquieu μία σημαντική μορφή της διανόησης του 18^{ου} αιώνα, ήταν ο συγγραφέας του γόνιμου έργου "*Το Πνεύμα των Νόμων*", που τόσο πολύ ενέπνευσε τους Ιδρυτές των Ηνωμένων Πολιτειών στη σύνταξη του Αμερικανικού Συντάγματος. Όπως και άλλοι στοχαστές εκείνης της εποχής, ο Montesquieu εκτιμούσε τον πολιτισμό των αρχαίων Ελλήνων και το διάδοχό του, τον Ελληνορωμαϊκό πολιτισμό με υπερβολικό ενθουσιασμό. Ακολουθώντας τη Δυτικοευρωπαϊκή παράδοση, που έχει τις ρίζες της στον πρώιμο Μεσαίωνα, ο Montesquieu θεωρούσε την Αυτοκρατορία της Κωνσταντινούπολης διεφθαρμένη και παρηκμασμένη. Αν και έγραψε μακροσκελή ιστορία της Αυτοκρατορίας της Κωνσταντινούπολης, ο Montesquieu σε καμιά περίπτωση δεν επέτρεψε στον εαυτό του να αναφερθεί στην Αυτοκρατορία της Κωνσταντινούπολης χρησιμοποιώντας τα ένδοξα ονόματα "Ελληνική" ή "Ρωμαϊκή". Από το αρχαίο όνομα "Βυζάντιον", ο Montesquieu χρησιμοποίησε τη λέξη "Βυζαντινή", μια λέξη που καθιερώθηκε στους ιστορικούς κύκλους, προσδιορίζοντας την τότε Αυτοκρατορία και υπονοώντας τα διακριτά χαρακτηριστικά της: δολιότητα, υποκρισία και παρακμή. Ο Άγγλος διαφωτιστής Edward Gibbon στο έργο του "*Παρακμή και Πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας*", παρουσιάζει την Αυτοκρατορία αυτή μετά τον 6^ο αιώνα ως μια περίοδο υποκρισίας, κοινωνικής αθλιότητας και παρακμής. Ο όρος βυζαντινισμός έχει άλλωστε αυτό τη σημασία, δηλαδή της παρακμής και αθλιότητας. [Clifton R. Fox (Καθηγητής Ιστορίας στο Tomball College, TX, USA), «Βυζαντινή Αυτοκρατορία», *Celator*, vol. 10, 1996, μτφρ. Δ. Λόγγου.]

Η νεοελληνική αναγέννηση είχε κάνει δευτερεύοντα βήματα με κάποιες αναλαμπές της ελληνικής σκέψης, όταν καταλήφθηκε η Κων/πολη από τους φράγκους το 1204 (Σταυροφόροι της 4^{ης} Σταυροφορίας) και ιδρύθηκε η «Λατινική Αυτοκρατορία», που επέζησε μέχρι το 1261. Είναι η περίοδος της Αυτοκρατορίας της Νίκαιας, της Τραπεζούντας των Κομνηνών, του Δουκάτου της Ηπείρου και των άλλων ηγεμονιών των γραικών ή ρωμαίων έναντι της φραγκικής εισβολής. Δημιουργήθηκε τότε ένα πλέγμα ιδιόμορφο, «ρωμαίοι» του Θεοδώρου Λάσκαρη εναντίον Λατίνων και εναντίον Σελτζούκων Τούρκων (μάχη Αντιόχειας 1211). Η αντίθεση αυτή ευνοεί μίαν άνθηση των ελληνικών πολιτιστικών στοιχείων. Την εποχή εκείνη έχουμε στη Νίκαια την ανάδειξη ενός πολύ καλού δασκάλου του Νικηφόρου Βλεμμίδη, δάσκαλο του επιληπτικού αυτοκράτορα της Νίκαιας, του Θεοδώρου του Β'. Στα έργα του Βλεμμίδη αναδεικνύονται οι κατασταλλαγμένες χυμευτικές απόψεις για την *Αφή*, τη *Φθορά* και την *Γένεσιν*, τη *Συγγένεια* και της θεωρίας των *Πόρων* κι *Απορροών*. Είναι ο Βλεμμίδης μια ένδειξη της ύπαρξης μιας κίνησης πνευματικής, η οποία συνετέλεσε σε αυτό, που ονομάζουμε *ελληνική αναγέννηση* ή *νεοελληνικό διαφωτισμό*².

ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ ΜΟΝΑΣΤΟΣ
ΚΑΙ ΠΡΕΣΒΥΤΕΡΟΣ
ΤΟΥ ΒΛΕΜΜΙΔΟΥ

ΕΠΙΤΟΜΗ ΛΟΓΙΚΗΣ

Ἐπιγραφαί
ΙΩΑΝΝΗ ΔΟΥΚΗΤΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΛΕΙ
ΤΩ ΒΑΤΑΤΖΗ

*Περὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν Στοιχείων. Κατὰ τὴν ἐν τῷ ἀρχαίῳ
ἱεροῦ τῶν Βυζαντινῶν παραδόξῳ.*

Ἡ δὲ δὲ
Τύπος Δευτέρου ἐπιπέδου, μετὰ τῆς ἐπιτό-
μαυτῆς ΦΥΣΙΚΗΣ. Ἐφεξῆς δὲ, ἐπεὶ πε-
ρὶ ΣΩΜΑΤΟΣ τὸ αὐτὸ καὶ περὶ ΨΥΧΗΣ
ἐπιπέδου Λόγος. Μετ' ἧς ὁ περὶ τῆς αὐτῆς
ὑποθέσεως τῆς ΨΥΧΗΣ, ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ
τε τῆς Μουσικῆς, καὶ ΓΕΝΝΑΔΙΟΥ τῆς Συγ-
λαμῆς, καὶ Τελευταίου, ἐπιπέδου ΠΙΣΤΕΩΣ
καὶ ἈΡΕΤΗΣ καὶ ἈΣΚΗΣΕΩΣ τὸ αὐτὸ
ΒΛΕΜΜΙΔΟΥ, Πραγματικῶς τῶν τῆς κα-
θολικῆς αὐτῆς Εἰς ΤΟΛΗΣ.

*Ἐν ἑκείνῳ δὲ φωνῆται πάντα ὁμοίως, τὸ Ἑρμηνεύον
ἢ Ἐρμηνεύον*

Κ Τ Ε Ι Ο Τ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΟΥ ΤΟΥ ΒΑΤΑΤΖΗ ΝΙΚΟΥ.

*Ἐν Ἀθήναις τῆς Σαυῆς.
Ἐν τῇ Τυπογραφίᾳ τῆς Ἐκκλησιαστικῆς.
Ἐν ἑξῆς.*

Βλεμμίδης, Μετοχίτης, Περδικάρης, Ιωάννης ο Λέσβιος, Βαρδάλαχος, Ρήγας, Βάμβας, Βενιαμίν ο Λέβιος, Καϊρης, Γαζής, Κούμας, Ηλιάδης, Αθανάσιος Σταγειρίτης, Νικηφόρος Θεοτόκης και πολλοί άλλοι ήταν γενιές των νεοελλήνων προεπαναστατικών διαφωτιστών, όρο (νεοελληνικός διαφωτισμός) που καθιέρωσε ο Δημαράς και Παπανούτσος.

Ο όρος *συγγένεια* στην αλχημεία και χυμεία, σημειώνουμε εδώ δεν έχει την αποκλειστική προέλευσή της στα κείμενα του Αλμπέρτου του Μεγάλου, όπως γράφουν οι σύγχρονες ιστορίες της χημείας, αλλά όπως αποδεικνύεται από τα παρόντα, κατάγεται από την ελληνική αρχαιότητα της εποχής του Αριστοτέλη ή τουλάχιστον της χυμευτικής περιόδου, έτσι όπως αυτή διαμορφώθηκε με τη φιλοσοφική λίθο και τα σχετικά κείμενα την εποχή του Ζώσιμου του Πανοπολίτη ή Θηβαίου το 2^ο αιώνα μ.Χ. Η «*Επιτομή*

Φυσικής» του Νικηφόρου Βλεμμίδη³, που επανεκδόθηκε μαζί με την «Επιτομή τη Λογικής» του στη Λειψία το 1784, αναφέρεται η συγγένεια μαζί με μία εκτεταμένη ανάλυση τα της περί γενέσεως και φθοράς. Γράφει λοιπόν ο Βλεμμίδης στην «Επιτομή Φυσικής»: «*Δια μεν ουν την Εναντίωσιν επιτελείται Γένεσις και Φθορά δια δε την Συγγένειαν διαμένει το παν. συνάπτεται γαρ η Γη τω Ύδατι, κατά το Ψυχρόν, και το Ύδωρ τω Αέρι, κατά το Υγρόν. Και ο Αήρ τω Πυρί κατά το Θερμόν, και το Πυρ τη Γη κατά το Ξηρόν. Και ούτω τις Κύκλος εναρμόνιος της των μαχομένων ενώσεως απαρτίζεται, και χορός αλληλένδετος εξ εναντιοτήτων και κοινωνιών συμπληρούμενος*». Και συνεχίζει: «*Και κατά τας Ροπάς δε τα Στοιχεία και συνάπτονται και διίστανται. Βαρεία μεν γαρ μόνως η Γη διο και πάσι υφίσταται. Κούφον δε μόνως το Πυρ διο και πάσιν επιπολάζει⁴, όσοις επ' ευθείας το φέρεσθαι φυσικώς. Το δ' ύδωρ, κουφότερον μεν της Γης και ταύτη επιπολάζον, βαρύτερον δε του Αέρος και τούτω υφιστάμενον. Αήρ δε, του μεν Ύδατος κουφότερος, του Πυρός δε βαρύτερος..*». Τα στοιχεία είναι τέσσερα και οι διπτές εναντιάζουσες ποιότητες μετατρέπουν το ένα στο άλλο. «*Ειδοποιείται μεν ουν πρώτως το Πυρ, Θερμότητι και Ξηρότητι και μάλιστα γε Θερμότητι ο δ' Αήρ, Θερμότητι και Υγρότητι, και πλέον Υγρότητι το δ' Ύδωρ Υγρότητι και Ψυχρότητι, και μάλλον Ψυχρότητι η δε Γη Ψυχρότητι και Ξηρότητι, και τουπίπαν Ξηρότητι. Πυρ άρα, και Αήρ, και Ύδωρ, και Γη, Στοιχεία προσεχή των συνθέτων Σωμάτων των Φυσικών. Και τα μεν κοινήν κεκτημέν ποιότητα καθάπερ το Πυρ και Αήρ την Θερμότητα, και το Ύδωρ και η Γη την Ψυχρότητα, ραδίως ταύτα μεταβάλλει εις άλλα, κατά μίαν ποιότητα πάμπαν δη μεταβάλλοντα τα δε κατ' άμφωτας ποιότητας αντικείμενα, βραδύτερον ποιείται προς άλλα την μεταβολήν ως το Ύδωρ και το Πυρ, η Γη τε και ο Αήρ, α δη και απλώς Εναντία εισίν*». Τα στοιχεία αποκαλούνται πρώτες συγκεκριμένες Αρχές από τις οποίες συνίστανται τα Σώματα. Η ποιότητα είναι το Είδος («*Ποιότης γαρ το Είδος*») Τις ποιότητες τις διακρίνει εις παθητικές (για μη μόνιμες μεταβολές ουσιών) και σε ποιητικές (μονιμότερες μετατροπές ουσιών).

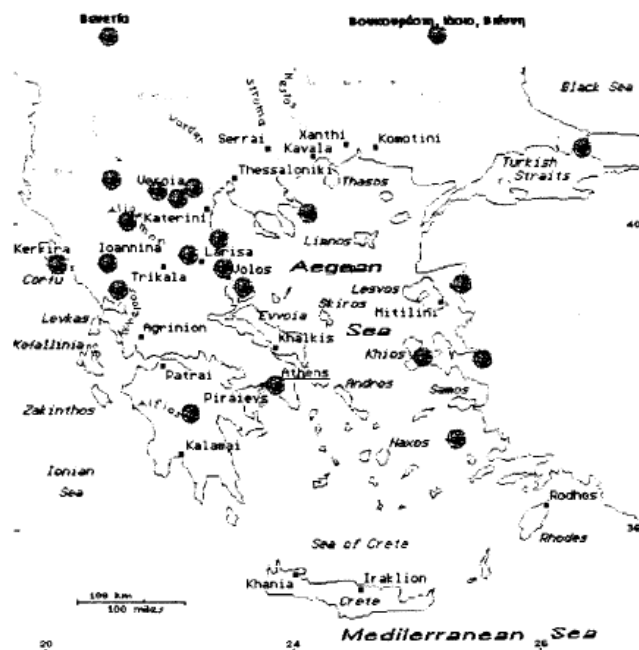
Ο νεοελληνικός διαφωτισμός συνεχίστηκε σε όλη την προεπαναστατική περίοδο, προετοιμάζοντας την εθνική συνείδηση των εξεγερμένων Ελλήνων και οργανώνοντας κατόπιν τις εκπαιδευτικές βαθμίδες του νεοσύστατου ελληνικού κράτους. Έχουμε μία έντονη εκδοτική κίνηση στη Δύση, σε πόλεις όπως της Βιέννης, Βενετίας, Λειψίας, στην ηπειρωτική Ελλάδα (Ιωάννινα), στη Ρωσία (Οδησσό) και στη Σμύρνη, Κωνσταντινούπολη, Ιάσιο (Ρουμανίας) κ.α.

Ο Τούρκικος ζυγός δεν μπόρεσε να ανακόψει την ανάπτυξη των εκδοτικών δραστηριοτήτων, πολλές από τις οποίες μετέφεραν ότι καλύτερο υπήρχε στον δυτικό Ευρωπαϊκό Διαφωτισμό. Ταυτόχρονα, η δυναμικότητα της ελληνικής γλώσσας ενισχυόταν από το έργο των λογίων κυρίως κληρικών με ένα έργο συγγραφικό και διδασκαλικό στα οργανωμένα σχολεία, που

³ Βλεμμίδης Νικηφόρος (1197 Κων/πολη-1272 Ημάθια Εφέσου). Φιλόσοφος, θεολόγος, σπούδασε ιατρική στη Νίκαια, όταν η Πόλη καταλήφθηκε από τους Φράγκους το 1204. Δίδαξε στη Σχολή Φιλοσοφίας στη Νίκαια και είχε μαθητές τον κατοπινό Αυτοκράτορα Θεόδωρο τον Β' Λάσκαριν και τον ιστορικό Γεώργιο Ακροπολίτη. Η βασική του βιβλιογραφία εκτός από τον Αριστοτέλη, ήταν ο Σιμπλίκιος, ο Αλέξανδρος ο Αφροδισιάς, ο Κλεομήδης και ο Ιωάννης ο Φιλόπονος.

⁴ Επιπολάζω = επιπλέω, μένω στην επιφάνεια.

είχαν ιδρυθεί σε πολλά σημεία της ελληνόφωνης επικράτειας. Οι θετικές επιστήμες είχαν εμπλουτιστεί με πάμπολλα συγγράμματα (μαθηματικών, χημείας, φυσικής, αστρονομίας, βοτανικής, ζωολογίας, ανθρωπολογίας), το εμπόριο και η ναυτιλία με αξιολογότερες γεωγραφίες και λεξικά εμπορογεωγραφικά, όπως αυτό του ΕΡΜΗ του ΚΕΡΔΩΟΥ, που θα δούμε παρακάτω και η φαντασία με ταξίδια στο φεγγάρι (Κοδρικάς Παναγιώτης, 1755-1827, Ομιλίες περί Πληθύς Κόσμων, Βιέννη 1794). Υπήρξε μια δραστηριότητα, που είχε πάρει μία έκταση πρωτοφανή στις παραμονές της επανάστασης του 1821. Το εμπόριο των Ελλήνων δημιούργησε μία αστική τάξη διάσπαρτη σε μια σειρά από αστικά κέντρα της Οθωμανικής επικράτειας, στην Κωνσταντινούπολη, τη Σμύρνη, τη Χίο, τα Γιάννενα, στο Βόλο, στη Μοναστήρι, όπως και σε αυτές των ημιαυτόνομων περιοχών της Ρουμανίας, δηλαδή του Βουκουρεστίου και του Ιασίου.



Ελληνικά σχολεία υψηλού επιπέδου (Ακαδημίες) περίοδο 1800-1821.

Τα κέντρα του νεοελληνικού διαφωτισμού διάσπαρτα στις ελληνόφωνες περιοχές, ανάμεσα των οποίων διακρίνονται οι νεωτερικές σχολές της Μοσχόπολης, Καστοριάς, Σιάτιστας, Κοζάνης, Αμπελακίων, Θεσσαλονίκης, Αθωνιάδος, Κέρκυρας, Ιωαννίνων, Μετσόβου, Τύρναβου, Ζαγοράς, Μηλιών, Αγράφων, Χαβριάτας, Ζακύνθου, Δημητσάνας, Αθήνας, Σίφνου, Πάτμου, Χίου, Σμύρνης, Κυδωνιών, Κωνσταντινούπολης, Τραπεζούντας.

Μεταφράστηκαν στα ελληνικά σύγχρονες τότε ιστορίες της φιλοσοφίας, μαθηματικά, αστρονομίες, λογοτεχνίες επιστημονικής φαντασίας, καθιστώντας ενήμερα τα μέλη των αστικών τάξεων του Ελληνισμού της Ευρωπαϊκής διασποράς (Βενετίας, Βιέννης, Λειψίας, Παρισιού, Λονδίνου κλπ.) της Βενετίας. Επανεκδόθηκαν κι επιμελήθηκαν εκδόσεις στα αστικά κέντρα των τελευταίων αυτών πόλεων αριστουργήματα αρχαίων Ελλήνων, όπως του Αριστοτέλη, Πλάτωνα, Ευριπίδη, Αισχύλου και Αριστοφάνη. Προσεγγίστηκαν αρχαιοελληνικά σπαράγματα κι ανέδειξαν τον αρχαίο ελληνικό πολιτισμό. Μέσα σε όλα αυτά ήδη συναντήσαμε το έργο του

Αριστοτέλη από το Θεόφιλο Κορυδαλέα, που εκδόθηκε στη Βενετία το 18^ο αιώνα



Ένα από τα ενδιαφέροντα έργα, που προηγήθηκαν των φανταστικών εφευρέσεων του Βερν και μεταφράστηκε από τον Παναγιώτη Κοδρικά είναι οι ιστορίες του Φοντενέλ για τη σελήνη («Ομιλίες περί Πληθύος Κόσμων», Βιέννη 1794). Η μετάφραση συνδυάστηκε με σημειώσεις του Κοδρικά από παράλληλους αρχαιοελληνικούς μύθους, γοητεύοντας τους κοσμικούς κύκλους της Βιέννης κι αναδεικνύοντας την καλαισθησία της ελληνικής μυθολογίας. Μεταφράστηκαν φυσικές, ιστορίες της φιλοσοφίας και τέλος χημείες. Πέρα από τις μεταφράσεις, γράφτηκαν φυσικοχημείες από πεφωτισμένους Έλληνες (Βαρδάλαχος, Κούμας, Γαζής, Ρήγας, Μακραιός, Διονύσιος Πύρρος), πολλοί των οποίων ήταν και εκπρόσωποι της εκκλησίας (Γαζής, Πύρρος). Αυτές οι χημείες και φυσικές δεν είχαν να ζηλέψουν τίποτα από τα πιο σύγχρονα αντίστοιχα συγγράμματα των Γάλλων και των Γερμανών. Ο νεοελληνικός αυτός διαφωτισμός σίγουρα συνέβαλε αποφασιστικά στην υποστήριξη των τεσσάρων τότε μεγάλων ευρωπαϊκών δυνάμεων, για την ολοκλήρωση της Επανάστασης του 1821.

ΦΑΡΜΑΚΟΠΟΙΑ

ΓΕΝΙΚΗ

ΕΙΣ ΤΗΝ ΕΒΑΘΟΝ ΝΕΟΤΕΡΟΝ ΣΟΦΟΤΕΡΟΝ
 ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΟΝΟΜΟΝ ΣΥΣΤΗΘΕΝ ΤΗΣ
 ΕΤΡΕΙΕΣ.

ΜΑΛΙΣΤΑ ΕΣ ΤΟΥ ΣΟΦΟΥ ΧΥΜΙΚΟΥ
ΒΡΟΤΝΙΑΤΕΛΟΥ

ΣΥΝΕΡΑΝΤΩΘΕΝΑ ΠΑΡΑ ΤΟΥ ΣΟΦΟΛΟΓΙΣ-
 ΤΑΤΟΥ ΔΙΔΑΧΜΑΟΥ ΚΑΙ ΙΑΤΡΟΥ

ΔΙΟΝΤΣΙΟΥ ΠΥΡΡΟΥ

ΤΟΥ

ΘΕΣΣΑΛΟΥ.

Ἄδεια τοῦ Βασιλευστέτου καὶ Ὀλοουρα-
 νιαίου Πατριάρχου Κυρίου Κυρίου
ΚΥΡΙΑΛΟΥ

Ἐν Κωνσταντινουπόλει. 1828

Στη Γενική Φαρμακοποιία του Διονύσιου Πύρρου του Θεσσαλού, σύγγραμμα όχι μόνο κατασκευής φαρμάκων αλλά και χημείας, οι χημικοί γράφονται χυμικοί και η χημεία «χυμική».

Η χημεία το 18^ο αιώνα γραφόταν ως *χημική* εννοείται τέχνη ή επιστήμη, με το *ύψιλον* αντί του *ήτα* και έτσι διατηρήθηκε από μερικούς εκπροσώπους της στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Ένας από αυτούς ήταν όπως βλέπουμε κι ο Διονύσιος ο Πύρρος, ο Θετταλός, μεταφράζοντας τη φαρμακοποιία του Ludovico Brugnatelli, ενός Ιταλού που εξέδωσε το πρώτο χημικό περιοδικό στην Ιταλία κατά τα πρότυπα των *Annales de Chymie* ή *Chimie*, το *Annali di chimica* στα 1790.



Βλάχος Γεράσιμος (1607-1685), λόγιος, μοναχός, από τον Χάνδακα (Ηράκλειο) της Κρήτης. Ηγούμενος το 1664 ενός κατεστραμμένου μοναστηριού της Παναγίας της Παλαιοπόλεως στην Κέρκυρα με απόφαση της Γερουσίας της Βενετίας και το 1680 μητροπολίτης Φιλαδέλφιας. Στην πραγματεία του αυτή, την «ΑΡΜΟΝΙΑ ΟΡΙΣΤΙΚΗ» (1661), γραμμένη στα ελληνικά και παράλληλα στα λατινικά, συναντάμε κεφάλαια *περί λίθων*, 97, *περί μετάλλων*, 101, κλπ. όπως και λέξεις *affinis* 312, *affinitas*, 168, *chaos*, 76, μη αποδίδουσες όμως κάποιο χημικό φαινόμενο.

Στα μισά του 18^{ου} αιώνα έχουμε την έκδοση ενός δίτομου έργου του κερκυραίου μοναχού Θεοτόκη Νικηφόρου (1731-1800), από τη γνωστή οικογένεια των Θεοτόκηδων, με τίτλο: «*ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ*» (1766-67). Έχουμε μία εξιστόρηση της ατομικής θεωρίας του Δημόκριτου, αναφορά του Μόχου, περιγραφή της θεωρίας των *πόρων*, της *αφής* και ... αυτών που «*η χημική Ανάλυσις έδειξε γαρ, ότι τα μεν Μέταλλα εξ Άλατος, Θείου, και Υδραργύρου σύγκειται...*», αποδεικνύοντας έτσι το *ατελές της μεταλλικής ύλης*, κι επαναλαμβάνοντας τις δοξασίες των *χημικών* του 17^{ου} αιώνα. [555, 556]

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΚΑΙ
ΝΕΩΤΕΡΩΝ ΣΥΝΕΡΑΝΙΣΘΕΝΤΑ
ΤΗΣ
ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ ΙΕΡΟΜΟΝΑΧΟΥ
ΤΟΥ ΘΕΟΤΟΚΟΥ.

Καθώς
Σταύριε καὶ Φύσιον ἀπέειπεν τῷ Ἑλληνομάτῃ
καὶ ἔξοχιστῷ καὶ Ἱεροφιλολογῷ
ΘΩΜΑ ΜΑΝΔΑΚΑΣΟΥ,
ΤΟΥ ΕΚ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.

Δοκίμασεν δὲ οὕτως
Ἀμβροσίῳ Τερζομνάχῳ,
τῷ Πατριάρχῳ.

ΤΌΜΟΣ

Ἐν Λειψίᾳ τῆς Σαξωνίας
ἢ τῇ Τυπογραφίᾳ τῷ Βρετανικῷ
Ἰνστυτούτῳ



ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΠΙΤΟΜΗ,

Συγγραμμεῖσα μὲν γαλλικῶς, διὰ τροσκήῃ τῆς
δικαιώσεως, εἰς χρῆσιν τοῦ Λυκείου τῆς Γαλλίας,
ὑπὸ

ΠΙΕΤΡΟΥ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΑΔΕΤΟΥ
ἐκπέρχου τῆς Νιθερνεσίας,

διεπικρατούμενα δὲ, καὶ μετὰ τῆς προσηκουσῆς
ἐκδόσεως, ὑπὸ

Κ. Μ. ΚΟΥΜΑ
ΚΑΡΙΣΣΑΙΟΥ.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ.
Περὶ συνθέσεως.

EN BIENNE ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΙΑΣ
ΕΚ ΤΗΣ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΕΝΑΥΤΟΥ.

Α Π Η.

Αριστερά τα Στοιχεία Φυσικής του Θεοτόκη Νικηφόρου (Β΄ τόμος, 1766). Δεξιά μία μετάφραση του εγχειριδίου Χημείας του Pierre August Adet από τον Κ. Κούμα το 1808.

Ένα άλλο ντοκουμέντο για τη μετάλλαξη της γραφής του όρου χυμεία σε χημεία, δίνεται από τον Άνθιμο Γαζή, στο ογκώδες έργο του «ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ», αποδοθέν σε 2 τόμους κι εκδοθέν στη Βιέννη το 1799. Ο Γαζής, εκδότης του περιοδικού *Ερμής ο Λόγιος*, αρχηγικό μέλος της Φιλικής Εταιρίας και ενεργό στέλεχος της Επανάστασης του 1821, στο επτακοσίων σελίδων παραπάνω σύγγραμμα, αναφέρεται στη συγγένεια σύμφωνα με τα δεδομένα του Λαβουαζιέ και των γάλλων χημικών που τον υποστήριζαν, κάνοντας γνωστό ότι, «το Ύδωρ δεν είναι στοιχείον καθώς οι παλαιοί ενόμιζον, αλλά συντίθεται από δύο μέρη, από το ονομαζόμενον Οξυγόνον πνεύμα (*Gaz oxygene*) και από το Υδρογόνον (*Gaz hydrogene*) πνεύμα». Βλέπουμε δηλαδή, ότι, το οξυγόνο και το υδρογόνο αναφέρονται ως μέρη και όχι ως στοιχεία, κι αυτό γιατί πιο κάτω γράφει: «Άλλα μεν Σώματα επιδέχονται μεγαλητέραν ποσότητα Θερμαντικού, άλλα δε μικροτέραν, το αίτιον τούτου του φαινομένου κείται εις τας διαφορούς καλουμένας Χημικάς συγγενείας αυτών των σωμάτων». Δηλαδή το οξυγόνο του Ζωτικού Αέρα είναι συνδεδεμένο με το υποθετικό αβαρές στοιχείο του Λαβουαζιέ, το Θερμαντικό (*caloricum*) και «με αυτόν τον τρόπον είναι εις κατάστασιν να δώσουν κάθε αποχρώντα λόγον εις τα περί Ψυχρότητος και θερμότητος φαινόμενα», (διατηρείται η ορθογραφία του Γαζή, στα αποσπάσματα των κειμένων του). «Το οξυγόνο του Ζωτικού Αέρα συντίσεται με τα καιόμενα φλογιστά Σώματα, δια την μεγαλητέραν αυτού προς αυτά συγγένειαν ή προς το Θερμαντικόν, μεταδίδωσιν αυτοίς της βαρύτητος, και οξύτητος». Με άλλα λόγια το οξυγόνο με τα καιόμενα αμέταλλα, μάλλον αυτά υπονοεί, αποχωρίζεται του θερμαντικού του στοιχείου, ενώνεται με αυτά και προσδίδει σε αυτά βάρος, αφού τα μετατρέπει σε οξείδια, τα οποία διαλυόμενα στο νερό, γίνονται οξέα. Το όξος έχει μεγάλη συγγένεια με πολλά σώματα παρατηρεί στις σελίδες 667-668. «Το Οξύδες αυτό Οξύ έχει συγγένειαν με πολλά σώματα». Και για να δικαιολογήσει το ακατάλληλο των χάλκινων δοχείων μαγειρέματος σημειώνει: «Ο χαλκός κατά δυστυχίαν έχει μεγάλη συγγένειαν με κάθε οξύ, ως και με αυτό το ύδωρ...». [199]

Ένα άλλο σημείο άξιο σχολιασμού είναι ο όρος **χημεία**. Η ορθογραφία της λέξης πιθανόν κατά πρώτον εμφανίζεται στη Γραμματική του Γαζή. Κι αυτό, γιατί από την ενδελεχή έρευνα

δεν έχει επισημανθεί με αυτή τη γραφή σε άλλο βιβλίο του νεοελληνικού διαφωτισμού. Συνηγορεί της πρώτης εμφάνισης της **χημείας**, αντί του μέχρι τότε καθιερωμένου **χυμεία** και ένα άλλο στοιχείο. Χρησιμοποιεί σε μερικά σημεία την παλιά ορθογραφία, όταν γράφει στη σελίδα 418: «*Ο Υδράργυρος κατά τους Νεωτέρους Χυμικούς αριθμείται με τα ευγενή Μέταλλα, με τον Χρυσόν δηλ. Αργυρον κτλ.*». Ή στη σελίδα 423: «*ο Σταλ περίφημος χυμικός Γερμανός, τον ωνόμασε φλογιστόν (είδος ατιμού)*». Στο ίδιο βλέπουμε ότι η αρχική επωνομασία των *ανάλων* του Λαβουαζιέ ήταν «*Annales de Chymie*», σελίδα 675.

Στις αρχές του 19ου αιώνα οι πρώτες χημείες, που τυπώθηκαν κυρίως στην Βιέννη πριν την απελευθέρωση της Ελλάδας από τον Οθωμανικό ζυγό, έχουν αναφορά στη *χημική συγγένεια*, ως βασικής αιτίας για το σχηματισμό των διαφόρων ουσιών, γιατί όπως φαίνεται όλες αυτές οι εκδοτικές προσπάθειες βρισκόντουσαν κάτω από την καθοδήγηση του Άνθιμου Γαζή και του κύκλου που είχε διαμορφώσει το πολύ καλό περιοδικό *Ερμής ο Λόγιος*. Οι χημείες, που είχαν εκδοθεί τότε στην προεπαναστατική Ελλάδα, φαίνονται λίγες με τα σημερινά δεδομένα, αλλά με τα τότε πάρα πολλές και μάλιστα για ένα έθνος χωρίς κρατική οντότητα και χωρίς να έχει ακόμη διεκδικήσει την αυτονομία του. Ποιες ήταν αυτές οι Χημείες; Μία από το Θεοδόσιο Μανασσή Ηλιάδη (μετάφραση του Fourcroy της «*Χημικής Φιλοσοφίας*», 1802), μία από τον Κούμα (μετάφραση του Adet ή Αδήτου της «*ΧΗΜΕΙΑΣ ΕΠΙΤΟΜΗ*», 1808) και η μετάφραση μιας Χημείας του Thénart από το Νεόφυτο Βάμβα (1770-1853) μεγάλο δάσκαλο του Γένους στη Χίο.

Οι αναφορές σε χημικά θέματα γίνονται ολοένα και περισσότερες σε μια σειρά από συγγράμματα φυσικών επιστημών, λεξικά για τη φύση των υλικών, απαραίτητη σπουδή για την προώθηση του εμπορίου και του εκσυγχρονισμού του, καθώς και σε εγχειρίδια φιλοσοφίας ή λογικής. Επειδή οι πιο πολλές εκδόσεις των ελληνικών εγχειριδίων έχουν γίνει στη Βιέννη, όλες όσον αφορά στο θέμα της χημικής συγγένειας έχουν σχεδόν το ίδιο περιεχόμενο. Η Βιέννη, από τα στοιχεία τα οποία έχουν συλλεχθεί, είναι αυτή που καθιέρωσε τη γραφή της *χυμείας* ως **χημεία** στο μετέπειτα ελληνικό κράτος.

Τα συγκροτημένα αυτά εγχειρίδια βρήκαν έδαφος να καθιερώσουν το περιεχόμενό τους στο πλέγμα των σύγχρονων ελληνικών σχολείων του υπόδουλου ελληνισμού. Τα σχολεία αυτά ήταν πολύ σύγχρονα και πολλές φορές λόγω του προηγμένου εκπαιδευτικού τους προγράμματος ερχόντουσαν σε αντίθεση με τα καθιερωμένα της εκκλησιαστικής παιδείας, που επέβαλε το Πατριαρχείο της Κωνσταντινούπολης, αναγκάζοντάς το παρά τις αντιδράσεις του, να δημιουργήσει ανταγωνιστικές σχολικές μονάδες. Οι βιεννέζικες ελληνικές χημείες, μεταφράσεις οι περισσότερες, αποτέλεσαν το υπόβαθρο να καθιερωθεί ο όρος (από τον Λάνδερερ κ. ά.) στην Οθωνική Ελλάδα να γράφεται με ήτα ως χημεία και όχι με ύψιλον (χυμεία).

Χ Η Μ Ι Κ Η

Φ Ι Λ Ο Σ Ο Φ Ι Α

ἢ

στοιχειώδεις ἀληθείαι τῆς νεωτέρας Χημικῆς, νεωτέρῳ τινι μεθόδῳ τεταγμέναι,

ὑπὸ

Α. Φ. ΦΟΥΡΚΡΟΥ,

Ἰατροῦ, ἢ Διδασκάλου τῆς Χημικῆς ἐν Παρίσι.

Ἐκ Γρατικισθεΐσα

μετὰ προθέσεως καὶ τῶν Στοιχημάτων

ὑπὸ

ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ Μ. ΗΛΙΑΔΟΥ.

Ἐπισημοθεΐσα καὶ ὑπομνήματα ἐκδοθεΐσα

ὑπὸ

ΑΝΘΙΜΟΥ ΓΑΖΗ

Ἀρχιμδρ.

ἐν τῷ Μοναστηρίῳ τῆς Περλῆς Ὁρει, ἢ αἰτίας τῆς ἐν Ἱόνῳ
Ἐταιρίας τῶν Ὀρυκτολόγων, χημικῶν καὶ Φιλολόγων.

Ἐν Βιέννῃ τῆς Ἀυστρίας, ρ. μ. β.

Τυποποιεῖ Φ. Α. Σκράϊβαλ.

Ἡ ἐκδοτικὴ ἐπιμέλεια ἐπιβλέπει ὁ Ἰατρός καὶ Διδασκάλος
τῆς Χημικῆς ἐν Παρίσι, Ἰατρός καὶ Διδασκάλος
τῆς Φιλοσοφίας ἐν Βιέννῃ, Ἰατρός καὶ Διδασκάλος
τῆς Φιλοσοφίας ἐν Βιέννῃ.

Το εξώφυλλο της ελληνικής έκδοσης της Χημικῆς Φιλοσοφίας του Φουρκρού (1802).

Ἡ πρώτη ελληνικὴ χημεία με τὴ σημερινή ορθογραφία τοῦ ὀρου εἶναι ἡ «Χημικὴ Φιλοσοφία» τοῦ Antoine Francois de Fourcroy, σε μετάφραση τοῦ Θεοδοσίου Μ. Ηλιάδη (που ἐκδόθηκε στὴ Βιέννη τὸ 1802). Ἡ ἐννοία τοῦ στοιχείου σε αὐτὴν τὴν πρώτη χημεία, εἶναι τοῦ ἀπλοῦ σώματος, που δὲν μπορούμε νὰ ἀποδείξουμε ὅτι εἶναι σύνθετο²⁹. «Στοιχείον λέγομεν κάθε σῶμα οὐδὲν ἠμπορούμεν νὰ το ἀποδείξωμεν ὅτι εἶναι σύνθετον». «Ἡ Χημικὴ (ἐπιστήμη) μας διδάσκει τὴν γνώσιν τῶν Στοιχείων, τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν τῶν Ἀπλῶν Σωμάτων τῆς Φύσεως ἐπ' ἀλλήλα, τὴν ἐκ τούτων σύνθεσιν τῶν Συνθέτων Σωμάτων, καὶ τὰ μέσα δι' ὧν ἠμπορούμεν νὰ τὰ ἀναλύσωμεν, καὶ πάλιν ἐκ τῶν ἀπλῶν νὰ τὰ συνθέσωμεν». Τα σωματίδια, ἀναφέρονται ὡς **μόρια**, μέσω τῶν ὁποίων τὰ σώματα συνάπτονται μεταξύ τους, χωρὶς νὰ συνθλιβῶνται. Ἡ ἐλκτικὴ δύναμη με τὴν ὁποίαν φέρονται τὰ «ελάχιστα μόρια τῶν σωμάτων» καὶ πετυχαίνεται ἡ **σύναψις** αὐτὴ ἐκφράζεται με τὴ λέξη «**Συγγένεια καὶ εἶναι διττὴ**». Δηλαδὴ διακρίνεται:

«**Α' . Συγγένεια τῆς συναφείας:** Αὕτη εὐρίσκεται μόνον εἰς τὰ ἀπλά ὁμογενῆ σώματα, ἐπειδὴ αὐτὰ χωρὶς αὐτῆς τῆς δυνάμεως δὲν ἠμπορώμεν νὰ ἔχωνται ἀλλήλων, καὶ αὕτη ἡ δύναμις κάμνη μίαν ἐπισυναγωγὴν τῶν μορίων, οὐχὶ μίξιν. Ἡ ἐπισυναγωγὴ εἶναι ἢ σκληρὰ, ἢ ἀπαλὴ, ἢ ρευστώδης, ἢ πνευματώδης· καὶ αὕτη εἶναι διαφόρου βαθμοῦ συναφείας...». Ἡ συγγένεια συναφείας λοιπὸν δημιουργεῖ ἓνα εἶδος δεσμοῦ, που ἀποκαλεῖται ἐπισυναγωγὴ, δεσμὸς με διαβάθμιση, ὁ ὁποῖος μπορεῖ νὰ διασπαστεῖ με δύο τρόπους, «**Μηχανικῶς, ἢ Χημικῶς**». Ὁ μηχανικὸς τρόπος γίνεται με τὴ χρῆση κόσκινου, ψαλιδιοῦ, με «**τριπτήρια**», με σφυρηλασία καὶ ἄλλα παρεμφερῆ ὄργανα ἢ τεχνικῆς. Ὁ χημικὸς τρόπος διαθέτει τρεῖς διαδικασίες ἀνάλυσης:

²⁹ Το περιεχόμενο αὐτὸ βρίσκεται σε κάποια συμφωνία με αὐτὸ τῶν Περιπατητικῶν φιλοσόφων τῶν χρόνων τῆς ρωμαϊκοκρατίας, ἀλλὰ δὲν πρέπει νὰ συγχέονται οἱ δύο ἐννοιες. Ὁ Πλούταρχος (50-120 περίπου μ.Χ.) σημειώνει: «**Τὰ μὲν γὰρ Στοιχεῖα εἰσὶ σύνθετα· τὰς δὲ ἀρχὰς φαμέν εἶναι οὔτε συνθέτους, οὔτε ἀποτελέσματα, οἷον Στοιχείον μὲν καλούμεν Γῆν, ὕδωρ, Αἲρα, Πῦρ· ἀρχὰς δὲ λέγομεν δια τούτο, ὅτι οὐκ ἔχει τι πρότερον ἐξ οὗ γεννᾶται, ἐπεὶ οὐκ ἔσται ἀρχὴ τούτο, ἀλλὰ ἐκεῖνο ἐξ οὗ γηγέννηται**», («περὶ τῶν Ἀρεσκόντων τοῖς φιλοσόφοις»).

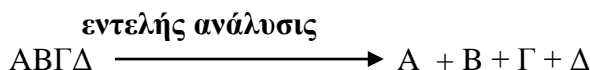
«Α) Ανάλυσις εις εν ρευστόν, ως το άλας δια του ύδατος.

Β) Ανάλυσις δια του θερμαντικού, ήτοι ανάλυσις των σωμάτων δια του πυρός. (Ο δεύτερος βαθμός ταύτης της αναλύσεως είναι ο ατμός, ήτοι η μεταβολή ενός σώματος εις πνεύμα).

Γ) Η χημική ανάλυσις, ήτις δια του θερμαντικού και της ρευστότητος εις τον ίδιον καιρόν γίνεται, ως η ανάλυσις ενός άλατος εν τω ύδατι είναι κυρίως μία μεμιγμένη ανάλυσις δια του πυρός και του ύδατος». Με λίγα λόγια βλέπουμε την υγρή μέθοδο, την ξηράν και συνδυασμό των δύο.

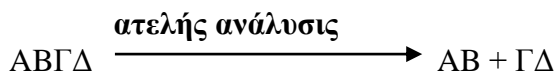
«Β' Συγγένεια της Συνθέσεως· και αύτη είναι κατά τρεις τρόπους, περί ης όρα το Σχόλιον ... Δια της Συγγένειας της Συνθέσεως γίνεται και η Απόκρουσις, όταν δηλ. η ανάλυσις μέχρι κόρου, ήτις προς το αναλυτικόν μέσον έχει μεγαλητέραν συγγένειαν, παρά εις τα αναλυόμενα σώματα· και αύτη είναι διττή. Όταν το λελυμένον σώμα αποκρούεται και πα' λιν μένει εις την προτέραν του μορφήν, τότε η Απόκρουσις γένεται **εντελής**, καθώς π.χ. αποκρούεται ο υδράργυρος αναλυόμενος εν τω νιτρικώ οξύ, δι' ενός άλλου μετάλλου... και εξεναντίας, όταν ένα σώμα μετά την απόκρουσίν του δεν λάβη αύθις τα πρότερα τε ιδιώματα, τότε λέγεται **ατελής**». Το σχήμα δείχνει τις αποσυνθέσεις. [534]

Αποσύνθεση μιας ένωσης στα συστατικά της στοιχεία



ΧΕ στοιχεία τα εξιόντα (educta)
ΧΕ = χημική ένωση ΑΒΓΔ και Α, Β, Γ, Δ τα συστατικά της στοιχεία

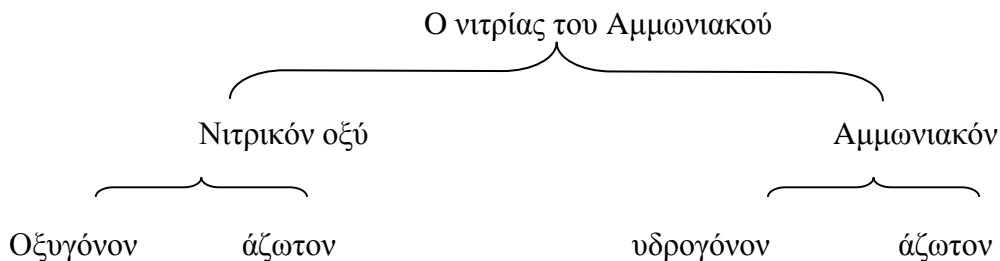
Διάσπαση ένωσης σε απλούστερες ενώσεις ΑΒ και ΓΔ



προϊόντα (producta)

Οι υποσημειώσεις της «Χημικής Φιλοσοφίας» είναι στην πραγματικότητα αναλυτικά διευκρινιστικά κείμενα του μεταφραστή Θ. Μ. Ηλιάδη. Ο συμβολισμός, που χρησιμοποιεί, είναι αυτός του Tobern Bergman. Σχετικό παράδειγμα είναι το αμμώνιο νιτρικό³⁰ (ή νιτρικό αμμώνιο, NH₄NO₃), ο νιτρίας του Αμμωνιακού όπως αποκαλείται, τα μόρια (σωματίδια ή αλλιώς άτομα) του οποίου συνίστανται από άλλα μόρια (ή άτομα), αρχικώςτου αμμωνιακού (της αμμωνίας, NH₃) και του νιτρικού οξέος (HNO₃). Το νιτρικό οξύ συνίσταται από άζωτο και οξυγόνο και το αμμωνιακόν, δηλαδή η αμμωνία από υδρογόνο και άζωτο. Το σχήμα του Μπέρκμαν έχει:

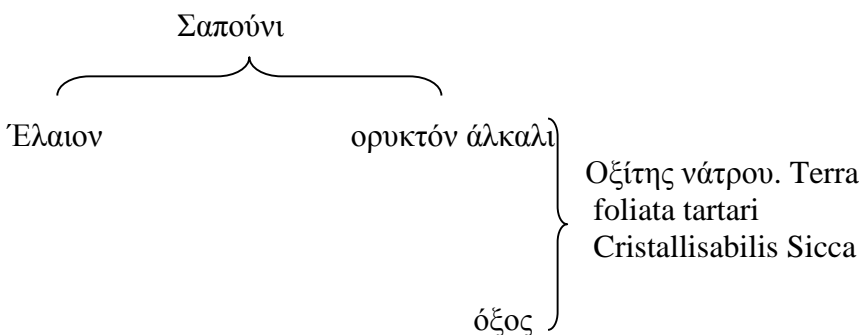
³⁰ Όπως και σε άλλα σημεία αυτής της μελέτης, διατηρείται η ονοματολογία όπως αυτή διατυπώνεται από την IUPAC, δηλαδή το NH₄NO₃ ammonium(1+) nitrate. [193]



Η **χημική συγγένεια** για τη σύνθεση των σωμάτων διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες. Ο ακριβής ρόλος του νερού στις χημικές αντιδράσεις, που περιγράφουν τις τρεις συγγένειες, όπως θα δούμε παρακάτω, δεν ήταν ακριβής και η στοιχειομετρία ελλιπής. Αυτή η συγγένεια διακρίνεται σε:

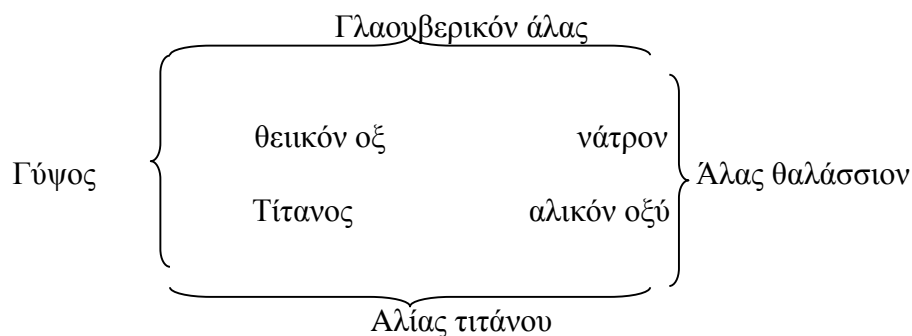
Συνθετική συγγένεια, όταν δύο ή τρία ή και περισσότερα σώματα ενώνονται μεταξύ τους χωρίς τη συνέργεια άλλου σώματος, όπως άλατος, ή ύδατος, ή ρητίνης, ή πνεύματος οίνου, ή αργύρου ή θείου.

Απλή εκλεκτική συγγένεια, «όταν δύο ετεροειδείς εις εν ομογενές όλον ηνωμένοι ύλαι δια της προσθήκης μιας τρίτης χωρίζονται, ήτις έχει πλησιαστέραν συγγένειαν προς μίαν των ηνωμένων ή αυτά μετά του ύδατος, η δε ρητίνη πίπτει στερεά εις τον πάτον του αγγείου· εις το σαπούνι βάζομεν όξος, και το μεν ορυκτόν άλκαλι ενούται μετά του όξους, το δε έλαιον χωρίζεται και πλέει εις την επιφάνειαν». Ο σχηματισμός του σαπουνιού θεωρείται ως αντίδραση λαδιού και σόδας, ενώ γνωρίζουμε, ότι από την αντίδραση της εστεροποίησης σχηματίζονται και μόρια νερού μαζί με τον εστέρα (σάπων). Η σαπωνόμαζα επειδή επιπλέει βρίσκεται στο πάνω μέρος της απεικόνισης της αντίδρασης.

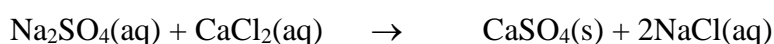


Διπλή εκλεκτική συγγένεια, που ερμηνεύει τις αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης, οι οποίες σήμερα ονομάζονται καταβυθίσεις ιόντων. Για παράδειγμα αναφέρεται στην αντίδραση υδατικών διαλυμάτων νάτριου θεικού (ή θεικού νατρίου, Na_2SO_4), το επωνομαζόμενο τότε **Γλαουβερικόν άλας** (Glauber salt) και ασβέστιο χλωριδίου (χλωριούχο ασβέστιο, CaCl_2), ο **Άλιος τιτάνου**, κατά την οποίαν καταβυθίζεται ασβέστιο θεικό (CaSO_4), **Γύψος** και στο διάλυμα μένει **Άλας θαλάσσιον** (NaCl). **Τίτανος** είναι το οξείδιο του ασβεστίου (ασβέστιο οξείδιο, CaO) ή η κιμωλία CaCO_3 . Η σημασία του υδρογόνου ως συστατικού στοιχείου στα οξέα ή στα υδροξείδια των μετάλλων [π.χ. $\text{Ca}(\text{OH})_2$] δεν είχε αξιοποιηθεί και μάλλον αγνοείται.

Η επίδραση του Bergman των χημικών φαινομένων είναι εμφανής από τον Ηλιάδη, που εκφράζει το πνεύμα της εποχής και την πρώτη τυποποιημένη απεικόνιση των χημικών αντιδράσεων. Η παρασκευή γύψου από *γλαουβερικόν άλας* έχει ως εξής:



Παρατηρούμε ότι το υδρογόνο δεν θεωρούσαν ότι, είναι απαραίτητο στοιχείο σύστασης των οξέων και ότι, στο κάθε άλας σημείωναν τη βάση και το οξύ από το οποίον σχηματιζόταν. Η αντίδραση γράφεται σήμερα ως εξής:



Ως αντίδραση καταβύθισης ιόντων προς σχηματισμού ασβέστιου θεικού (γύψου) γράφεται:

$$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaSO}_4(\text{s})$$

Οι συγγένειες ήταν ο θεμέλιος λίθος και η βάση της τότε χημείας. Οι πίνακες των σχέσεων (δηλαδή συγγενειών) του Γεοφροϋ (Geoffroy, Ζοφρουά) και οι αναλυτικοί πίνακες του Βεργμάνου (Bergman) καθόρισαν τότε το θεωρητικό πεδίο της χημείας, το οποίον επηρέασε πολύ κάθε συγγραφέα των Φυσικών Επιστημών.

Η δεύτερη χημεία ήταν η «*ΧΗΜΕΙΑΣ ΕΠΙΤΟΜΗ*» του Αδήτου, σε μετάφραση Κ.Μ. Κούμα³¹, σε δύο τόμους στη Βιέννη το 1808. Στην έκδοση αυτή έχουμε ένα πολυσέλιδο ένθετο σημείωμα (74 σελίδες), απευθυνόμενο στους Έλληνες από το μεταφραστή με την ανάγκη ενασχόλησης των Γραικών με τη φυσική φιλοσοφία, που γέννησε η Ελλάς. Αιτιολογεί την ορθογραφία του όρου με κάποια στοιχεία από τον Πλούταρχο και το λεξικό Σουίδα, ταυτοποιεί τη χημειτική του Ζώσιμου με την «*καμινευτικήν τέχνην των μετάλλων*», επαινεί και σηματοδοτεί τη σπουδαιότητα της εφαρμογής της χημείας και προχωρεί στη μετάφραση του Αδήτου, δηλαδή του Adet³². Το υδροφορικό οξύ ονομάζεται ως ρευστικό, (το φθόριο ρευστόν), η αμμωνία ως αμμωνιακός αήρ, το άζωτο ως πανσίζωος αήρ, αποφεύγεται η λέξη της συγγένειας και αντί αυτής υπάρχει η λέξη *ενέργεια*, δηλαδή η δράση για παράδειγμα του θεικού οξέος επί των μετάλλων («*ενέργειαν του θεικού οξέος επί των απλών σωμάτων*») και το ρήμα ενώνεται, π.χ. «ο χαλκός ενώνεται με το οξυγόνο εις την συνήθη της ατμόσφαιρας κράσιν...» και η λέξη σύνθεση.

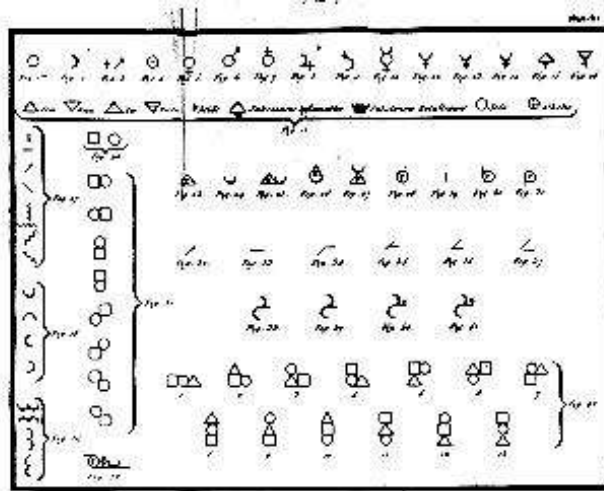
³¹ Κούμας Κωνσταντίνος (Λάρισα 1777-Τεργέστη 1836). Είναι ένας από τους μεγάλους διδασκάλους του Γένους, πρωτεργάτης του Νεοελληνικού Διαφωτισμού, ιστορικός, φιλόσοφος, «*συνεπής θεραπέων των φυσικομαθηματικών επιστημών*» κατά τον Ιωάννη Χατζιδάκη (*Η διδασκαλία των μαθηματικών και της αστρονομίας διαρκούσης της τουρκοκρατίας*, Αθήνα 1873).

³² Ο Adet (1763-1832) ήταν γάλλος χημικός και διπλωμάτης, μαθητής του Lavoisier, που είχε συνεργαστεί μαζί του στην έκδοση της Μεθόδου της χημικής ονοματολογίας. Το 1787 προσπάθησε να εκδώσει ένα γαλλικό χημικό περιοδικό, αλλά απέτυχε η προσπάθεια αυτή. Τον Απρίλιο του 1789 με τη συνδρομή των Lavoisier, du Morveau, Monz, Berthollet, de Dietrich, Jean Hassenfratz έβγαλε το πρώτο τεύχος των Χημικών Χρονικών (*Annales de Chimie*), ένα περιοδικό που φιλοξένησε στις σελίδες του πολλές από τις πιο σπουδαίες εργασίες της χημείας στην μακρά ιστορία της, αφού κατορθώνει να επιζεί μέχρι σήμερα (McKie, op. Cit., pp 304-306). Στη συντακτική επιτροπή του περιοδικού συμμετείχαν επίσης οι Antoine de Fourcroy, N.L. Vauquelin και A. Seguin.

Ο Adet μαζί με τον Hassenfratz, συνέβαλε στον εκσυγχρονισμό που άρχισε να συντελείται στη χημεία κάτω από την καθοδήγηση ουσιαστικά του Lavoisier, προτείνοντας τρόπους συμβολισμού των στοιχείων ή των χαρακτηριστικών ενώσεων από γεωμετρικά υποδείγματα:

- Τα στοιχεία θα μπορούσαν να απεικονιστούν με ευθείες γραμμές σε ποικίλες κλίσεις,
- Τα μέταλλα με κύκλους και τα
- Αλκάλια (ενώσεις των σημερινών αλκαλίων) με τρίγωνα.

Αυτά όμως τα σύμβολα ήταν τελείως ακατάλληλα στους εκτυπωτές της εποχής εκείνης (Γαλλικής Επανάστασης) και δεν έγιναν ποτέ ευρέως αποδεκτά. Φυσικά τα προτεινόμενα σύμβολα, που δεν διαφέρουν πολύ από τα αλχημιστικά, αναφέρονται στα άτομα των στοιχείων. Ένα πιο εύχρηστο σύστημα κατόρθωσε να εφαρμόσει 25 χρόνια αργότερα ο Berzelius, το οποίον με βελτιώσεις και προσθήκες επιζεί μέχρι σήμερα. Το σύστημα όμως των Adet- Hassenfratz χρησιμοποιήσε ο Lavoisier για να περιγράψει τις διαλύσεις των μετάλλων στα οξέα.



Σύμβολα των Adet- Hassenfratz

Το σύστημα των Adet- Hassenfratz χρησιμοποιήθηκε από το Lavoisier για να περιγράψει τις διαλύσεις των μετάλλων από τα οξέα. Ο συμβολισμός αυτός χρησιμοποιήθηκε αργότερα από τον Dalton για διάφορα φαινόμενα, όπως η παρακάτω απεικόνιση σύνθεσης νερού και αμμωνίας.



Στην ορθογραφία της χημείας από τον Κούμα έχουμε κριτική από το Ν. Παπαδόπουλο, με τον *Ερμή Κερδώο*. Ο Νικόλαος Παπαδόπουλος στα 1815 έδωσε στον ελληνισμό μία δίτομη εμπορική εγκυκλοπαίδεια με τίτλο: «**ΕΡΜΗΣ ΚΕΡΔΩΟΣ**», ήτοι εμπορική εγκυκλοπαίδεια», «...δια προτροπής και δαπάνης του εν Κωνσταντινουπόλει τιμίου και φιλογένους εμπορικού συστήματος των Ελλήνων Μεγαλεμπόρων προς χρήσιν και ωφέλειαν αυτών και των απανταχού ομογενών», «...εν Βενετία, παρά Νικολάω Γλυκεί τω εξ Ιωαννίνων, 1815». Το καταπληκτικό αυτό σύγγραμμα, καταγράφει όλα τα υλικά με έναν επιστημονικό τρόπο, ώστε να αποτελεί ένα εγχειρίδιο χημείας υλικών, με όλα τα δεδομένα της ονοματολογίας τους και με ανάλυση της ρίζας των όρων. Στις σελίδες του 2ου τόμου 114-122, στο «περί ορυκτικής και μεταλλουργίας» διαιρεί τα «σώματα σε γαίας, πέτρες, άλατα (οξειδωτά, αλκαλικά, ουδέτερα), θεία και ασφάλτουςσύμπηκτα (concreta) τεφαώδη, ημιμέταλλα (υδράργυρος, αρσενικόν, κοβάλτιον = καδμία λίθος, αντιμόνιον, βισμούθιον,

ψευδάργυρος) και μέταλλα (χρυσός, άργυρος, μόλυβδος, κασσίτερος, σίδηρος και χαλκός, εις τα οποία προσθέτουν μερικοί και τον υδράργυρος για να αποπληρώσουν τον εβδομαδικόν μυστικόν αριθμόν, αλλ' ανοικείως κυρίως δε ας προστεθή ο λευκάργυρος».

Στο ίδιο την απόσταξη την ονομάζει «*χημική διασταλλαγή*», ενώ εκφράζει τις αντιρρήσεις του για την ορθογραφία της χημείας, έτσι όπως εμφανίστηκε στου Κούμα τη μετάφραση της «*ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΙΤΟΜΗΣ*» του Αδήτου (Adet). Γράφει προς τούτο: «*Οι αναγνώσται, (ίσως και αυτός ο Τυπογράφος) συνενθιστέντες εις την δια του η γραφήν της Χυμικής παρά του Μεταφραστού της του Αδήτου Χυμείας, θέλουν παραξενευθή ίσως εις το τους της χρήσεώς μου· αλλά φίλος μεν Πλάτων, φιλάτη δε η αλήθεια· η δια του υ ορθογραφία, είναι προκριτωτέρα, και ετυμολογικωτέρα. Οι Γάλλοι γράφουν Chymie*». Στο ίδιο σύγγραμμα δομικά στοιχεία της ύλης είναι τα άτομα και η χημική συγγένεια ερμηνεύεται μέσου αυτών με έναν μηχανικό τρόπο. Διαιρεί τις μεταλλικές ύλες, δηλαδή τα ορυκτά σε πέντε γένη. «*α' . Εις Γην, της οποίας τα άτομα είναι ασύνδετα, και διαλύονται με το νερόν. β' . Εις Πέτραν, η οποία δεν λύει με το νερόν· επειδή τα άτομά της είναι καλά συνενωμένα, και συνδεδεμένα. γ' . Εις Άλατα, ...δ' . Εις Θεία και Ασφάλτους...ε' . Εις Μέταλλα...Τέλεια, λυόμενα εις το πυρ...ή Ατελή, ασφυρήλατα, ήτοι δεν εκτείνονται με την σφύραν, και αυτά λέγομεν ημιμέταλλα*». Τα άτομα του Ν. Παπαδόπουλου σε άλλα σημεία παρακάτω μετατρέπονται σε μόρια, οπότε οι δύο έννοιες τότε ήταν ταυτόσημες. «*Γαίας, αι οποίαι είναι οσίσαι μεταλλικαί, σύνθετοι από φύσει ασύνδετα μόρια, και μη λυόμενα μίτη εις το έλαιον, μίτη εις το νερόν, αλλά διαιρούμενα επ' αλλήλων*». Ακόμη και στις αρχές του 19ου αιώνα οι παλιές χυμευτικές ή αλχυμικές δοξασίες παρέμεναν, γιατί η θεωρία των μικτών του Αριστοτέλη και οι τρεις αρχές διατηρούνται, όταν σημειώνεται: «*...τα άλατα, τα θεία, και τα μέταλλα, ως προείπαμεν, δεν ευρίσκονται σχεδόν ποτέ καθαρώτατα, αλλά σύμμικτα με ύλην μεταλλικήν*». [565]

Ένα από τα συγγράμματα, που διακρίνεται από τον όγκο του, την έκταση της θεματολογίας του πάνω στα τότε γνωστά πεδία των Φυσικών Επιστημών, την πληρότητά του, το σύγχρονο τρόπο παρουσίασης των θεμάτων είναι η «*Φυσική Πειραματική*» του Κ. Βαρδάλαχου, στο οποίον διατηρείται ο όρος της χημικής συγγένειας. Το ογκώδες αυτό εγχειρίδιο των φυσικών επιστημών, υπεροκτακοσίων σελίδων, παρουσιάζει επιπλέον ιδιαίτερο χημικό ενδιαφέρον, γιατί το μεγαλύτερο μέρος των σελίδων του εξετάζει χημικά φαινόμενα. Υπάρχει ένα ιδιόμορφο ύφος γραφής, που το ξεχωρίζει από αυτό της Χημικής Φιλοσοφίας του Ηλιάδη. Περιλαμβάνει Οπτική, Υδραυλική, Αστρονομία (φυσική και όχι μαθηματική), μαγνητισμό και ηλεκτρισμό. Στο ΙΔ' *Περί της ηλεκτρικής ύλης*, αναφέρεται στα δύο ρεύματα της *ηλεκτρικής ύλης* του Νολλέτου (αβάς Nollet), το *εκρέον (effluante)* και το *εισρέον (affluante)*, αυτά που ονομάσαμε αργότερα θετικό κι αρνητικό, δεν ομιλεί περί *ηλεκτρικής δυνάμεως* και όπου περιγράφει ηλεκτρικά φαινόμενα και είναι απαραίτητη η παρουσία της δύναμης, χρησιμοποιεί την ώθηση ή την έλξη. Υπάρχει παράγραφος για τη φύση της *ηλεκτρικής ύλης*, όμως το μικρό της περιεχόμενο είναι φτωχό, περιγραφικό και με κάποιες δοξασίες από τα χείλη ορισμένων. Γι' αυτό η ηλεκτρική δύναμη δεν είχε καθιερωθεί, όπως αυτή της συγγένειας και της βαρύτητας.

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ

ΤΩΝ ΝΕΩΤΕΡΩΝ ΕΦΕΤΡΕΣΕΩΝ.

Συγγραφέας και εκδοθείς

Ελληνιστί

Χάρειν τῶν ἀρχαρίων

ἑστῶ

τοῦ ἐν Βουκουρεστίας

ἀρχιεπισκόπου

Κωνσταντίνου Βαρδαλάχου

ἑστῶ

Αἴγυπτίου.



Ἐν Βιέννῃ τῆς Αὐστρίας,
κατὰ τὸ τυπογραφεῖον Ἰωσὴφίδου τοῦ Γερῶνδ,
1812.

Ἡ θεωρητικὴ ἐρμηνεία τῶν χημικῶν φαινομένων στηρίζεται καὶ ἐδῶ στη **χημικὴ συγγένεια**, ἐνῶ τῶν φυσικῶν φαινομένων στὴν **εφέλκυσιν**, τὴ δύναμη μετὴν ὁποία «...τα σώματα ἢ μόρια τῶν σωμάτων κινούνται, ἢ ἔχουσι ροπὴν πρὸς ἀλλήλα». Πρῶτος ὁ Κέπλερος (Κέπλερ) «ἀπέδωκεν εἰς πάντα τα σώματα ἐφελκυστικὴν δύναμιν. Ὁ Φρένικλος τὴν ἐδέχθη, καὶ ὁ Ροβερβάλος τὴν ὠνόμασε, δύναμιν εἰς τα σώματα ἐμφυτον δια τῆς ὁποίας τα μέρη τούτων σπουδάζουσιν νὰ συνέλθωσιν ἐπὶ αὐτό. Ἀλλ' ὁ Καρτέσιος τὴν ἐξώρισεν ἀπὸ τὴν Φυσικὴν, ἕως οὐ ὁ μέγας Νεύτων μετὰς ἀκριβεῖς τοῦ παρατηρήσεις, καὶ οὐχὶ δι' ὑποθέσεων καὶ συζημάτων, ἐγνώρισεν, ὅτι τα σώματα φέρονται πρὸς ἀλλήλα δια τινος ἀγνώστου δυνάμεως, καὶ ἐκ τούτου συνήγαγε τα θεωρήματά του. Μετεχειρίσθη τὴν λέξιν ἐφέλκυσιν, ὅχι ὅτι ὑπέθετεν εἰς τα σώματα δυνάμιντινα, δια τῆς ὁποίας ἐνεργούσιν ἐπ' ἀλλήλα· ἀλλὰ δια νὰ παραστήσῃ τὸ ἀποτέλεσμα, ἀγοών τὴν αἰτίαν. Ἡ τοῦ Νεύτωνος λοιπὸν ἐφέλκυσιν εἶναι ἀόριστον, καὶ δὲν σημαίνει οὔτε εἶδος, ἢ τρόπον ἰδιαιτέρας ἐνεργείας, οὔτε φυσικὴν τινὰ αἰτίαν τῆς ἐνεργείας ταύτης, εἰμὴ ροπὴν τινὰ ἐν γένει, ἢ ὁποία καὶ ἀν εἶναι, εἴτε φυσικὴ, εἴτε μεταφυσικὴ αἰτία. Δια τούτο μεταχειρίζεται ὁ Νεύτων ἀδιαφόρως τὰς λέξεις, ἐφέλκυσιν, ὠθησιν, καὶ ροπὴν.

Βλέπομεν ὅμως, ὅτι ἐνίοτε δύο σώματα πλησίον ἀλλήλων βαλόμενα, ἀποχωρίζονται, μηδεμίαν ἐξωτερικὴν δυνάμεως πρὸς τούτο ἀναγκαζούσης· τούτο ὀνομάζεται ὠθησις· διαφορὰ τῶν ἐκ ἐφελκύνσεως φαινομένων, παρεκίνησε τοὺς φυσικοὺς νὰ διαιρέσουν ταύτην τὴν δύναμιν εἰς δύο· εἰς βαρύτητα, καὶ εἰς συγγένειαν, ἢ ἐφέλκυσιν τῶν μορίων (*attraction moléculaire*). Ἡ βαρύτης, ἀνήκει κυρίως εἰς τὴν Φυσικὴν, ἢ δε συγγένεια εἶναι καὶ τῆς Χημείας ἔργον». Γενικὰ τὶς δυνάμεις οἱ φυσικοὶ τῆς ἐποχῆς τὶς διέκριναν σὲ δύο κυρίως εἶδη· εἰς βαρύτητα καὶ εἰς συγγένειαν, ἢ ἐφέλκυσιν τῶν μορίων. Φυσικὰ εἶχε διατυπωθεῖ ἀπὸ τὸν Ἄγγλο Gilbert στὶς ἀρχὰς τοῦ 17^{ου} αἰῶνα ὁ ὅρος τῆς **ηλεκτρικῆς δυνάμεως**, ἀλλὰ ἔμενε αὐτὴ σὲ ἀχρησία. Ἡ

βαρύτητα λοιπόν ανήκει στο πεδίο εξέτασης της φυσικής και η **συγγένεια** είναι και της *Χημείας έργον*. Τα μόρια δεν έχουν καμία σχέση με τα μόρια (molecule) του Avogadro (1811), αλλά απεικονίζουν τα στοιχειώδη σωματίδια των ουσιών, τα άτομα του Δημόκριτου ή τα corpuscles. Η χημική συγγένεια εισάγεται σταδιακά ως ελκτική δύναμη των δομικών σωματιδίων απλών ουσιών, αιτία συνδυασμού και σχηματισμού συνθέτων σωμάτων. Αναφέρεται στις δυνάμεις, που ασκούν τα σωματίδια των σωμάτων ή τα ίδια τα σώματα ως ολότητα και ορίζει τη **συγκόλληση** ή **προσκόλληση** ως εξής: «*Συγκόλλησις είναι η δύναμις, η ενούσα πραγματικώς τα μέρη ομογενούς σώματος, είτε απλού είτε συνθέτου ως τα μέρη του μετάλλου, το οποίον είναι απλούν· και τα μέρη του συνθέτου άρτου· και εν γένει, η συγκόλλησις ενόνει τα ολοκληρωτικά του σώματος μέρη· και εκ ταύτης προέρχεται η στερεότης του σώματος. Δεν ημπορεί να δυαλυθή το σώμα, εάν δεν νικηθεί της συγκολλήσεως η δύναμις*» (σελ. 31, *Φυσική Πειραματική*, Κων/νου Βαρδαλάχου, *Εν βιέννη της Αουστρίας*, 1812). Σημειώνεται ότι σε όλα τα κείμενα (*Italics*) διατηρείται η ορθογραφία και το ύφος της εποχής. [533]

Στη συνέχεια περιγράφεται το πώς γίνεται η **προκόλλησις** στα διάφορα μέρη, χρησιμοποιώντας τον όρο μόρια, που όμως δεν έχουν τη σημερινή σημασία, εφόσον η έννοια του molecule, δηλαδή του μορίου εισήχθη κατά τα μισά του 19ου αιώνα και προτάθηκε από τον Avogadro στα 1811, σε μελέτη την οποίαν αξιοποίησε ο συμπατριώτης του Cannizzaro 50 χρόνια αργότερα. Τα μόρια είχαν τότε την έννοια των σωματιδίων, όπως σε αυτά αναφερόντουσαν οι χημικοί (χυμικοί, αλχυμιστές) από τον καιρό της αναγέννησης (Bacon κτλ.). «*Δια της προσκολλήσεως τα μόρια³³ εγγίζουν άλληλα εις τας επιφανείας...*». Επισημαίνουμε ότι σε αυτά τα συγγράμματα ήταν άγνωστη ακόμη και η ατομική θεωρία του Dalton, γι' αυτό σε κανένα σημείο των κειμένων δεν συναντάμε τη λέξη άτομο ή τίποτα σχετικό με αυτό. Η δύναμη έλξης μεταξύ των *μορίων* (σωματιδίων) με την οποίαν τα σώματα κινούνται ή έχουν *ροπήν προς άλληλα*, αποκαλείται **εφέλκσις**. Η φωτιά (*πυρ*) όταν εισέλθει στα σώματα, έχει την τάση βαθμιαία και *ακαταπαύστως* να απομακρύνει τα *μόρια* μεταξύ τους.

Η **συγγένεια** εισάγεται, όπως προαναφέραμε, με τη διάκριση των πεδίων μελέτης των φυσικών και χημικών. «*Πάντα τα σώματα ενεργούσιν επ' άλληλα. Όταν η ενέργεια (δηλαδή η δράση) αυτή δεν μεταβάλλη την του σώματος κατάστασιν, γίνεται υποκείμενον του ιδίως λεγομένου φυσικού· αδέ και μεταβάλλη την φύσιν και κατάστασίν του, είναι το υποκείμενο του χημικού*». Η πρώτη λέγεται *Εφέλκσις* και η δεύτερη *Συγγένεια*. Κατόπιν θίγεται η εμβέλεια με την οποίαν εμφανίζεται το κάθε είδος της δύναμης. «*Ηεφέλκσις παριστάνει την ροπήν, την οποίαν έχουν οι όγκοι προς αλλήλους. Η συγγένεια παριστάνει την επ' άλληλα των σωμάτων ενέργεια, όταν ήναι εις ολίγον και ανεπαίσθητον διάστημα*». Τη συγγένεια ο Βεργμανός (ο σουηδός Torbern Bergman, 1735-1784) την ονόμαζε **Εκλεκτική Εφέλκσις**, για όλες τις δυνατές περιπτώσεις όπου, μόρια ομοειδή ή ετεροειδή έχουν τη δύναμη να ενωθούν ή έχουν κάποια *ροπήν* μεταξύ τους. Οι νεότεροι χημικοί την ονομάζουν *Συγγένειαν* και άλλοι **Χημικήν Έλκυσιν** ή **έλκυσιν συνθέσεως**, «...διότι τα τα σώματα δι' αυτής συντίθενται, και αναλύονται. Η εφέλκσις λοιπόν ενεργεί χωρίς εξαίρεσιν εις παν σώμα, και

³³ Διαβάζουμε συχνά τη λέξη **μόριο** στις ελληνικές προεπαναστατικές χημείες των Ηλιάδη, Βαρδαλάχου, Κούμα, Βάμβα. Το μόριο όμως, προφέρεται στην πλούσια ελληνική γλώσσα, ως έννοια της ατομιστικής αντίληψης της ύλης, αντίληψης του Δημόκριτου και του Επίκουρου, έτσι όπως έφτασε σε μας από τη Δυτική Ευρώπη μέσα από τον ποιήμα του Λουκρήτιου «*Περί της φύσεως των πραγμάτων*». Η έμμετρη ατομική θεώρηση του κόσμου εμφανίστηκε στον καιρό της αναγέννησης με την αναβίωση ολόκληρης σχολής των ατομιστών, που έμελε να χαράζουν τις γραμμές πάνω στις οποίες κινήθηκε και αναπτύχθηκε η φυσική επιστήμη. Στον Bacon συναντάμε τη πρόταση με το πρώτο σπέρμα του μορίου: «*Δια της προσκολλήσεως τα μόρια εγγίζουν άλληλα εις τας επιφανείας...*».

εις πάσαν περίστασιν. Αλλ' η συγγένεια ενεργεί μόνον εις τα μόρια τινών σωμάτων, και εις τινας περιστάσεις, και τούτο, όταν εφάπτονται αλλήλων, ή ήναι πλησίον του σημείου της επαφής. Δεν πρέπει λοιπόν να συγχέωνται αι δύο αύται. Η συγγένεια οριζομένη, είναι μία δύναμις της ενέργειας, της ανηκούσης εις έκαστον μόριον της ύλης. Αλλ' η ενέργεια αύτη δεν είναι αυτή εις πάντα τα μόρια Παρ. Χάρ. Το μόριον α. Εφέλκει το β, όχι όμως και το γ. Δια τούτο

- τα μόρια του συνθέτου σώματος είναι ηνωμένα διά τινος δυνάμεως.
- ημπορούν να χωρισθώσιν απ' αλλήλων, εάν τα εγγίση μόριόν τι, έχον συγγένειαν με έν, ή με πολλά εκ τούτων.
- πολλάκις το προσπαύον μόριον ενούται με αυτά, αντί να τα χωρίση».

Από τα γραφόμενα παρατηρούμε ότι με άγνωστη την ατομική θεωρία και τη μοριακή υπόθεση, πόσο κοντά ήταν η σκέψη των τότε χημικών στα άτομα ή μόρια, όταν οι θεωρήσεις τους πλησίαζαν τη δομή των ουσιών σε σωματιδιακό επίπεδο. Όλη η προσπάθειά τους στηρίζοταν στο να εντοπίσουν, καταγράφοντας την εμπειρία τους από μακροσκοπικά πειραματικά δεδομένα, τις αιτίες σύνθεσης και ανάλυσης των ουσιών. Η δύναμη με την οποίαν τα μόρια (σωματίδια) αυτά συμμετείχαν στα διάφορα χημικά φαινόμενα, ήταν ασθενής ή ισχυρή, η αιτία όμως που την γεννούσε, ήταν η ίδια. Απλώς αυτά διαφοροποιούντο από σώμα σε σώμα στο μέγεθός τους, στο σχήμα τους και στην πυκνότητά τους. Οι συνθήκες έπρεπε να κρατηθούν, ώστε να υπάρχει μία εσωτερική επαφή μεταξύ των μορίων.

Γενικό συμπέρασμα **συγγένεια** = η ελκτική δύναμη στη Χημεία

Στα ενεργειακά φαινόμενα την εποχή του 18ου αιώνα είχαμε καθαρά μια μηχανιστική θεώρηση, που τους προσέδιδε σωματιδιακό χαρακτήρα. Στη «Φυσική Πειραματική» (Βιέννη 1812) του Κ. Βαρδάλαχου, η φωτιά (πυρ), όταν εισέλθει στα σώματα, έχει την τάση βαθμιαία και ακαταπαύστως να απομακρύνει τα μόρια μεταξύ τους. «Το πυρ έχει ιδιότητα, ώστε εισελθόν εις τα σώματα, σπουδάξει ακαταπαύστως ν' απομακρύνη τα μόρια απ' αλλήλων». Διατηρείται η θεωρία των πόρων και κάποια λείψανα της θεωρίας των βαφών. Στη σελίδα 13 και στην παράγραφο 19, η οποία τιτλοφορείται «Πορότης», διαβάζουμε: «Βλέπομεν, ότι μερικά σώματα διαχωρούσιν άλληλα. Το ύδωρ εμβαίνει εις τον σπόγγον, εις το ξύλον κτ. Και εκ τούτου συμπαιράνομεν, μήπως δεν ήναι γενική Ιδιότης το αδιάβατον. Το ύδωρ όμως δεν εμβαίνει εις την ουσίαν του σπόγγου, αλλ' εις τα μεταξύ της ύλης κενά διαστήματα, τα οποία λέγονται πόροι». Συνεχίζει στην 20: «Δεν είναι σώμα χωρίς πόρους. Το πυρ εμβαίνει εις τα σκληρότερα σώματα. Ο υδράργυρος και το Βασιλικόν λεγόμενον ύδωρ, διαλύουσι τον άργυρον και τον χρυσόν. Τα σκληρά ξύλα, όταν γένωσι λεπτά πέταλλα, γίνονται και διαφανή· το οποίον δηλοί, ότι, περά δια των πόρων το φως». Το φως έχει λεπτή σωματιδιακή υφή και διαπερνά τα σώματα τα διαφανή. Παρακάτω για τα μάρμαρα, έχουν και αυτά πόρους, που δεν εισχωρεί το νερό, αλλά «εμβαίνουν μερικάί βαφαί». Το γενικό συμπέρασμα, «η πορότης είναι κοινή Ιδιότης των σωμάτων». [533]

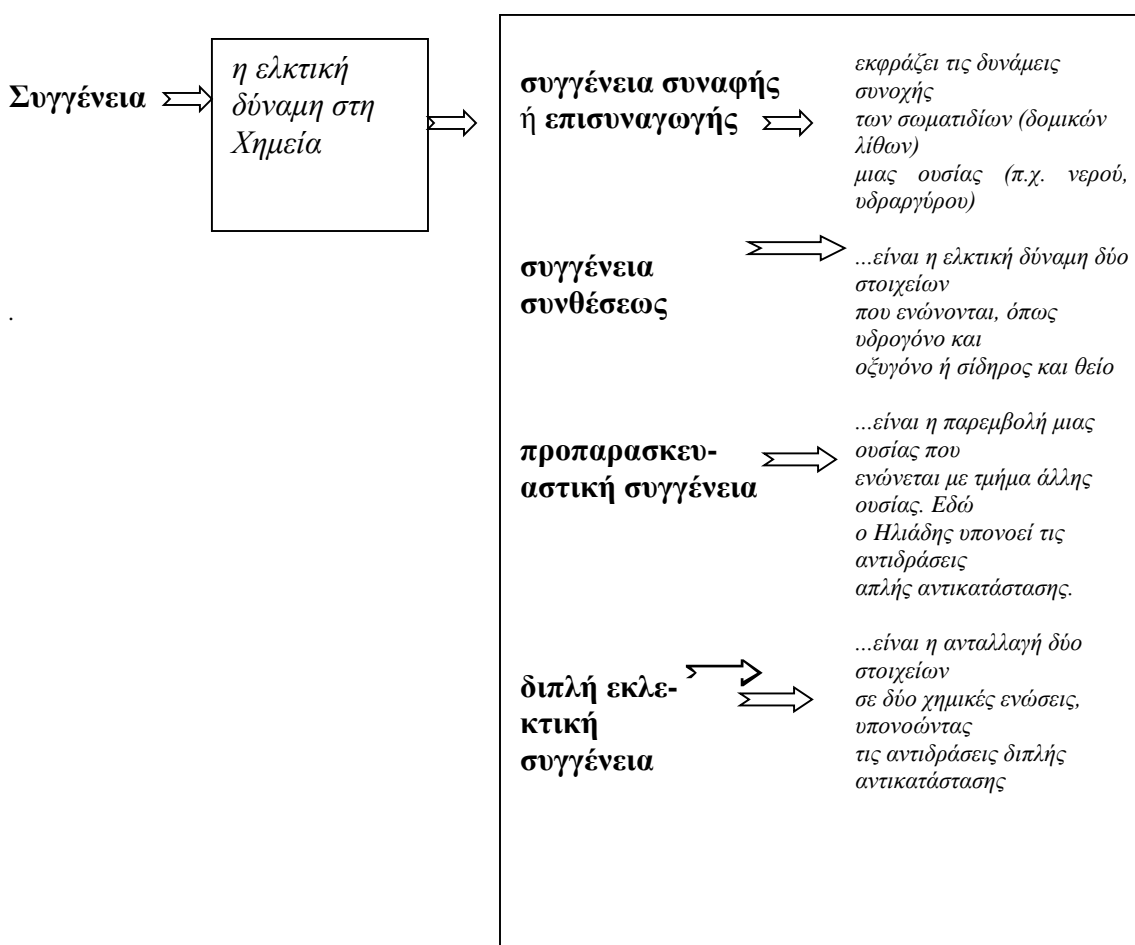
Κατάταξη συγγενειών

Κατά τον Βαρδάλαχο τη συγγένεια την κατέτασσαν αναλόγως των χημικών φαινομένων σε:

- Συγγένεια Επισυναγωγής.
- Συγγένεια συνθέσεως
- Συγγένεια δια μεσολαβήσεως

- Συγγένεια δια συνδρομής και μερικοί αναφέρονται στην
- Συγγένεια της αναλύσεως, καθώς και στην
- Συγγένεια κατακρημνίσεως ή κατακαθήσεως.

Η **συγγένεια επισυναγωγής** αναφέρεται σε έλξεις σωματιδίων ομοειδών σωμάτων, όταν σχηματίζουν μεγαλύτερους όγκους. Έτσι ερμηνεύει η **συγγένεια** αυτή δύο σταγόνες υδραργύρου σε γυάλινη πλάκα με μικρή επαφή να γίνεται μία. Το ίδιο να συμβαίνει με δύο σταγόνες νερού σε χαρτί που είναι αλειμμένο με λάδι, αφού προηγουμένως τονιστεί ότι το λάδι με το νερό δεν έχουν συγγένεια. Για να υπάρχει το αποτέλεσμα της **συγγένειας επισυναγωγής**, θα πρέπει, όταν τοποθετούμε τις σταγόνες, να μην υπάρχουν σώματα, που έχουν διάθεση να ενωθούν. Ο **χάρτης** χωρίς το **έλαιον βρέχεται** από το **ύδωρ**.



Μία άλλη πραγματεία είναι η «**ΕΠΙΤΟΜΗ ΦΥΣΙΚΗΣ**» σε τρεις τόμους του Δημητρίου Ν. Δάρβαρη (1757-1833), που εκδόθηκε στη Βιέννη το 1812. Δεν διαφέρει σε πολλά κι αυτή η πολυσέλιδη και πολυσχιδής πραγματεία των φυσικών επιστημών από αυτήν του Βαρδάλαχου. Τα σώματα διακρίνονται σε **ετερογενή** κι **ομογενή**, «**η ανάλυσις και η σύνθεσις είναι εργασίαι**», που αποτελούν ένα «**χωριστόν μέρος της Φυσικής επιστήμης, η οποία λέγεται Χημική**». Κριτικάρει τις παλιές απόψεις των τεσσάρων στοιχείων και δίνει τον ορισμό του Λαβουαζιέ για το στοιχείο, σημειώνοντας: «**Τα περισσότερα συστατικά μέρη, εις τα οποία αναλύονται τα ομογενή σώματα, είναι ακόμη σύνθετα, όθεν αναλύονται πάλιν εις άλλα. Τα απλούστατα λοιπόν, τα οποία δεν αναλύονται περαιτέρω, ή δεν εμπορούν να χωρισθώσιν εις άλλα συστατικά μέρη, λέγονται Στοιχεία**». Η χημική συγγένεια ορίζεται ως εξής: «**αύτη η κλίσις, η αμοιβαία έλξις δύο ετεροειδών σωμάτων εις το να ενώνονται μετ' αλλήλων,**

τουτέστιν εις το να αποτελώσιν εν ομοειδές σώμα, καλείται *Χημική Συγγένεια*». Διακρίνονται σε πολλές, «επισημότεραι είναι αι εξής δύο: α) η *συνθετική συγγένεια* και β) η *εκλεκτική*».

Ε Π Ι Τ Ο Μ Η
Φ Υ Σ Ι Κ Η Σ

ΕΙΣ ΤΡΙΑ ΜΕΡΗ ΔΙΗΡΗΜΕΝΗ

πρός χρήσιν

τῶν φιλομαθῶν Νέων

συλλεχθεῖσα

ὑ π ὶ

Δημητρίῳ Νικολάῳ τῷ Δαρβάρεω

καὶ ἐκδοθῆσα

φιλοτίμῳ δαπάνῃ

τῶν Κυρίων Αὐταδέλφων Δαρβάρεων.

Τ Ο Μ Ο Σ Α΄.

ΕΝ ΒΙΕΝΝΗ ΤΗΣ ΑΟΥΣΤΡΙΑΣ

Παρά τῷ I. B. Σέγκιῳ.

1 8 1 2.

Ερμηνεία ὀρων της «ΧΗΜΙΚΗΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ» του Φουρκροά.

Ορισμένοι ὀροι απαιτοῦν διευκρινίσεις για τη σημασία τους, ὅπως:

- **Μεμειγμένον** που δηλώνει ἐδώ το χημικῶς ἐνωμένο
- **Κεκραμένον** λέγεται το μ(ε)ίγμα
- **Βάσις** είναι η ἐνωση που σχηματίζεται, ὅταν ἐνα ἀέριο ἐνώνεται με στερεό. Παράδειγμα η **βάσις του οξυγονικού ἀέρος**, δεν είναι τίποτα ἄλλο ἀπό τα οξειδία των μετάλλων.
- **Βάσεις** ἢ **οξυδούχα** ἢ **οξυδούχοι βάσεις** ονομάζονται τα ἀμέταλλα στοιχεῖα, ὅταν οξειδώνονται προς τα ἀντίστοιχα οξειδία τους. Παράδειγμα το θείο είναι **βάσις** του θεϊκού οξέος και ο φωσφόρος **βάσις** του φωσφορικού οξέος.
- **Καυστικά ἀλκάλια** είναι τα υδροοξειδία των ἀλκαλίων, τα ὁποῖα ἐνόμιζαν ὅτι είναι οξειδία.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η λεπτομερής ορολογία σε αντιδράσεις αποικοδόμησης.

Αήρ είναι η ονομασία κάθε αερίου προϊόντος αντίδρασης.

Τα αέρια προϊόντα αποκτούν διάφορες ονομασίες, όπως η ονομασία του αζώτου (N_2) ως **αζωτικός** ή **νιτρογονικός αήρ**, ή κατά τον Κούμα **παυσίζωον**. Το διοξείδιο του άνθρακα ονομάζεται και **ανθρακικόν οξύ** ή **ανθρακούχος αήρ**. Δηλαδή **άνθραξ+οξυγόνον = ανθρακικόν οξύ** (παλιότερα **αερικόν οξύ**, gas sylvestre, aër fixus). Τα μέταλλα με το στοιχείο αυτό (δηλ. το ανθρακικόν οξύ) γίνονται στερεά.

Υπάρχει πολλές φορές διπλή ονομασία για κάποιο αέριο στοιχείο ή κάποια αέρια χημική ένωση. Αυτό συμβαίνει γιατί θεωρούσαν ότι τα στοιχεία αυτά ήταν συνδεδεμένα, όπως παραπάνω είχαμε αναφέρει με δύο φανταστικά αβαρή στοιχεία του Λαβουαζιέ, το **θερμαντικό** και το **φωτιστικό**, που απλά οι Ευρωπαίοι το ονόμαζαν **φως**. Αυτά τα υποθετικά στοιχεία μπορούσαν να απαγκιστρωθούν με τις αντιδράσεις καύσης, όταν η καμίνευση γινόταν με *πυρ υψηλής βαθμίδας*. Έτσι έχουμε το:

Υδρογόνο+θερμαντικό+φωτιστικό = **υδρογονικός αήρ**

Θείο+θερμαντικό+φωτιστικό = **θειούχος αήρ**

Φωσφόρος+θερμαντικό+φωτιστικό = **φωσφορούχος αήρ**

Ανθρακας+θερμαντικό+φωτιστικό = **ανθρακούχος αήρ** κ.ο.κ.

Ζωτικός και αζωτικός αήρ άλλες ονομασίες του οξυγόνου και του αζώτου με όργανο συλλογής και μέτρησης του όγκου τους το **ευδιόμετρο** (Priestley, από το *ευδία* = καλοκαιρία, συγκέντρωση σε γυάλινο δοχείο με χοντρά τοιχώματα, τα οποία άντεχαν σε οποιαδήποτε πίεση των συλλεγμένων αερίων και το ελληνικό ρήμα μετρώ).

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) λέγεται **νίτρο αήρ** (nitrous gas), το υποξείδιο **φλογιστικός νίτρο αήρ** N_2O (phlogisticated nitrous air) και το διοξείδιο του θείου (SO_2) **αήρ του βιτριολίου οξέος**.

Για μερικά οξέα οι ονομασίες έχουν

Αλικό οξύ (muriatique acide, acidum salis) είναι το υδροχλωρικό [$HCl(aq)$].

Αλικόν υπεροξύ, (acide muriatique oxigéne), $HClO_4$

Ρευστικόν οξύ (acide fluoxique), HF

Βορακικόν οξύ (Acide boracique), H_3BO_3

Η ονοματολογία της ανόργανης χημείας προβάλλεται στην 75η σελίδα και αποτελεί το υπόβαθρο διαμόρφωσης της ελληνικής ονοματολογίας της χημείας σύμφωνα με τα δεδομένα πλέον της σύγχρονης χημείας. Να σημειώσουμε τα διαλυτικά στο θειικό οξύ και το ύψιλον στη γραφή της λέξης οξύδιο κτλ. (από τη ρίζα της λέξης οξύ). Αναλυτικότερα τα οξέα:

Θεικόν οξύ = acide sulphurique, H_2SO_4 .

Θειίας = ενώσεις του θειικού με μεταλλικά οξείδια, αλκάλια και γαίες.

Θειώδες οξύ πνεύμα = έχει μεγάλη οσμή, απορροφά το οξυγόνο από οξέα και ασπρίζει τα πανιά τα βαμμένα με φυτικά χρώματα.

Νιτρικόν οξύ = HNO_3 ... σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξείδια μετ. τους νιτρίας (nitrates), νιτρικά άλατα.

Νιτρώδες οξύ (acide nitreux, HNO_2) = σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξείδια μετ. τους νιτρίτας (nitrites), τα νιτρώδη άλατα.

Ανθρακικόν οξύ = acide carbonique = σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξειδία μετάλλων τους ανθρακίας (carbonates)

Φωσφορικόν οξύ = acide phosphorique, H_3PO_4 , σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξειδία μετάλλων τους φωσφορίας (phosphates), τα φωσφορικά άλατα.

Φωσφορώδες οξύ (acide phosphoreux) = σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξειδία μετάλλων τους φωσφορίτες (phosphites), τα φωσφορώδη άλατα.

Αρσενικόν οξύ (acide arsenique) = H_3AsO_4 , σχηματίζει με γαίες, αλκάλια και οξειδία μετάλλων τους αρσενίες (arseniates), αρσενικά άλατα.

Αρσενικόδες οξύ (acide arsenieux), H_3AsO_3 .

Τουγγιστικόν οξύ (acide tunstique), ενούμενον με τίτανον, ονομάζεται και σιλίτης (Scheelite) σχηματίζει τη φυσική τουγγιστίαν τιτάνου (tunstate de chaux natif.), $CaWO_4$.

Το W είναι το στοιχείο βολφράμιο.

Μολυβδαινικόν οξύ (acide molybdique), H_2MoO_4 , acid of molybdaena.

Προυσσικόν οξύ = prussic acid, HCN

Υδροθειούχον (hydrosulphure), ή Θειούχον υδρογόνο, H_2S

Εμπυρευματικόν ξυλικόν οξύ = Acide pyroligneux, απόσταγμα ξύλων που περιέχει οξικό οξύ, μεθανόλη, ακετόνη και νερό.

Ηλεκτρικόν οξύ (acide succinique), $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$

Κιτρικόν οξύ (acide citrique), $HOOCCH_2-C(OH)(COOH)-CH_2COOH$

Κηκιδικόν οξύ (acide gallique),

Μηλικόν οξύ (acide malique, apple acid), $HOOC-CH(OH)-CH_2-COOH$

Βενζοϊκόν οξύ (acide benzoïque), C_6H_5COOH

Ταρταρώδης οξυδική ποτάσσα (acidule tartareux), όξινο τρυγικό κάλιο, $HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOK$

Ταρταρώδες οξύ (acide tartareux acide), τρυγικό οξύ, $HOOCCH(OH)CH(OH)COOH$

Οξαλική οξυδική ποτάσσα (acidule oxalique), $HOOC-COOK$

Οξαλικόν οξύ (acid oxalique), $HOOC-COOH$

Καμφορικόν οξύ (acide oxalique),

Πυροταρταρώδες οξύ (acide pyrotartareux)

Πυροξυλώδες οξύ (acide pyroligneux), είναι ή η ξυλόπισσα, το ρευστό υπόλειμμα της ξηρής απόσταξης των ξύλων ή το απόσταγμα, που περιέχει οξικό οξύ, μεθανόλη, ακετόνη και νερό.

Οξώδες οξύ ή οινώδες όξος (acide acetoux), είναι το διάλυμα οξικού με διάφορες προσμίξεις από την οξική ζύμωση του οίνου.

Οξυκόν οξύ (acide acetique), CH_3COOH

Γαλακτικόν οξύ (acide lactique), $CH_3CH(OH)COOH$

Στεατικόν οξύ (acide sebacique), $nC_{17}H_{35}COOH$

Λιθικόν οξύ ή ουρικόν οξύ (acide lithique ou urique), $C_5H_4N_4O_3$

Μυρμηκικόν οξύ (acide formique), $HCOOH$

Μεταξοσκωλικόν οξύ (acide bombique), $CH_2(OH)CH(NH_2)COOH$

Μαγνησία = magnésie, MgO

Τίτανος = chaux, κιμωλία $CaCO_3$

Τιτανικόν ύδωρ = Aqua calcis, $Ca(OH)_2(aq)$

Κιννάβαρις = HgS

Βαρύτις = baryte, BaO

Πυρίτις = silice, SiO_2

Calorique = θερμαντικό με όργανο θερμαντικόμετρο
Ειδικό θερμαντικό σωμάτων (specific heat)

Γύψος =θεικόν οξύ+τίτανος (H_2SO_4+CaO)

Γύψος = Αλίας τιτάνου+γλαουβερικόν άλας, ($CaCl_2+Na_2SO_4$), salt Glauber's, salt mirabile, Na_2SO_4 .

Άλας θαλάσσιον = νάτρον+αλικόν οξύ,

Αλατώδεις ή Αλκαλικαί γαίαι = substances salino-terreuses, terres salines, terres alcalines, alcalis terreux

Πράσινον οξύδιον χαλκού = μαλαχίτην, $Cu_2(OH)_2CO_3$

Ανθρακούχον σίδηρον (carbure de fer), καταχρηστικώς να ονομάζεται γαλήνη σιδήρου (Plombagine, Mine de crayon noir, Plumbago), εκ του οποίου κατασκευάζονται τα μολυβδοκόνδηλα, ορυκτό του μολύβδου που περιέχει γραφίτη και μόλυβδο(II) σουλφίδιο PbS.

Αργίλλη = alumine argille, άργιλος, πηλός

Φωσφορίου της τιτάνου = φωσφορικό ασβέστιο, $Ca_3(PO_4)_2$

Μέλαν οξύδιον του υδραργύρου, αιθίωψ υδραργύρου (aethiops per se) = Hg_2S

Φωσφορούχο σίδηρο = phosphure de fer

Ανακαλύφθηκαν από την εποχή συγγραφής του βιβλίου του Φουρκροά τρεις εισέτι γαίες, η γλυκίνη, η στροντιανή και η κερκωνία

Γλυκίνη = το στοιχείο βηρύλλιο, Be, ...στα άλατα της γλυκίνης υπάρχει βάση με γλυκία (ηδεία) γένση. Συστατικό του σμαράγδου και του βηρύλλου.

Στροντιανή = SrO

Μήτλον = σμάλτον, Email

Γεώδεις ρητίνες = bitumina

Βάσεις = Radicaux

Acidifiables = οξυδούχα σώματα

Τρισύνθετα άλατα (trisultes) = π.χ. η στυπτηρία alum $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

Οξυδικαί ποτάσσαι = acidules

Διαλυτικό μέσο = menstruum

La Chimie animale = Ζωτική Χημική (Ζωική χημεία)

Ονόματα

- Ανθιμος Γαζής (1758-1828)
- Grenn Carl F.A. (1760-1798), «Grundrists der Chemie, Einleitung
- Scherrer Alexander Nicolaus, «Allgemeines Journal der Chemie» (Leipzig 1798)

- Newton = Νιούτον ή Νεύτωνας
- Γυτών = Guyton de Morveau

Σέελε = Carl Wilhem Sheele (1742-1786)



Η μεγάλη χάρτα του Ρήγα.

Στο Απάνθισμα Φυσικής του Ρήγα έχουμε αναφορά περί της **χυμικής** εννοείται επιστήμης, που συνηγορεί για την ορθογραφία πριν από τις εκδόσεις του Ηλιάδη και Κούμα.

2.13 Απαρχές της Ηλεκτροχημείας και η Ηλεκτροχημική Θεωρία του Berzelius (Δυϊσμός)

Με την ανάπτυξη της ηλεκτροχημείας στα τέλη του 18ου και αρχές του 19ου αιώνα η χημική συγγένεια συνδέθηκε με τα ηλεκτρικά φαινόμενα κι αποδόθηκε στην έλξη του θετικού κι αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου. Ήταν μια περίοδος έντονου προβληματισμού, έντονων ζυμώσεων, διαμαχών γύρω από τις θεωρίες των χημικών ενώσεων. Γενικά επικρατούσε τότε στη χημεία ένα κλίμα, που από τη μια μεριά θεμελίωσε την ατομική θεωρία, από την άλλη αναγνωρίστηκαν φορτισμένα σωματίδια στην ηλεκτρικά ουδέτερη χημική ένωση. Τέθηκαν τα πρώτα προβλήματα για τη μοριακή δομή των ενώσεων και των στοιχείων και για την εσωτερική δομή των ατόμων.

Τα πρώτα ηλεκτρικά φαινόμενα παρατηρήθηκαν κατά το 17ο αιώνα, όταν ο ιατρός στο Λονδίνο William Gilbert (1540-1603) εξέδωσε στα 1600 το *De magnetē*. Στην πραγματεία του αυτή αποδεικνύει ότι η γη συμπεριφέρεται ως μαγνήτης και ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του ηλεκτρισμού και μαγνητισμού. Μέχρι τότε τα φαινόμενα της ηλεκτρίσης των σωμάτων με τριβή αποδιδόταν σε παραδοξολογίες και μυστικές δυνάμεις. Ο Γκίλμπερτ ήταν ο πρώτος που ονόμασε τα φαινόμενα ηλεκτρικά, της δια τριβής ηλεκτρίσης των σωμάτων. Στο βιβλίο αυτό υπήρχε αναφορά ηλεκτρίσης σωμάτων, όπως και η περιγραφή ενός ηλεκτροσκοπίου. Απέδειξε ότι, δεν απαιτεί ερέθισμα ο μαγνήτης για να αποκτήσει μαγνητικές ιδιότητες, σε αντίθεση με το γυαλί και το κεχριμπάρι που οι ηλεκτρικές τους ιδιότητες απαιτούν τριβή. Εισηγάγε τον όρο **ηλεκτρίση (electricity)** και διέκρινε τις ουσίες σε **ηλεκτρικές** (γυαλί, κουφόξυλο και ήλεκτρο) και **μη ηλεκτρικές**. Απέδειξε, ότι, δεν είναι δυνατή η απομόνωση του βόρειου πόλου από το νότιο ενός μαγνήτη, όσο και αν το διαιρέσουμε σε μικρότερα κομμάτια.



William Gilbert 1544-1603



Ο William Gilbert εξάσκησε το ιατρικό επάγγελμα στο Λονδίνο μεταξύ των 1570 και 1573, όταν έγινε μέλος του Βασιλικού Κολεγίου των Ιατρών (Royal College of Physicians το σώμα των οποίων ασκούσε την ιατρική στο Λονδίνο και τα περίχωρα). Ο Gilbert, από τα μέσα του 1570, ήταν ένας μόνιμος ιατρός στο Λονδίνο, συναναστρέ-φόμενος με την αριστοκρατία. Στα 1600 έγινε πρόεδρος στο Royal College of Physicians και ταυτόχρονα έγινε ο προσωπικός ιατρός της βασίλισσας Ελισάβετ I (Elizabeth I). Έμεινε ανύπαντρος. Στην αριστερή γκραβούρα ο Γκίλμπερτ εκτελεί πειράματα επίδειξης στη Βασίλισσα Ελισάβετ.

Ο Gilbert (Γκίλμπερτ) προσπάθησε να αναπτύξει μία θεωρία για το μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό, η οποία περιελάμβανε σωματίδια, που εξέπεμπαν αναθυμιάσεις ηλεκτρισμένων σωμάτων, αλλά ήταν ατυχής και γρήγορα ξεχάστηκε.

Στη συνέχεια έχουμε τις εργασίες πάνω στον ηλεκτρισμό από τον Otto von Guericke (1602-1686), το γνωστό δήμαρχο του Μαγδεμβούργου (Πρωσική Σαξονία, τώρα Γερμανία) από το πείραμα με τις δύο ημισφαίρια σφαίρας με κενό στο εσωτερικό τους, που δεν μπορούσαν δύο οκτάδες αλόγων να τα αποχωρίσουν. Μηχανικός και φυσικός φιλόσοφος είχε την τάση να εκτελεί θεαματικά πολυδάπανα πειράματα με εξαιρετική επιτυχία.



Το περίφημο πείραμα του Otto von Guericke (20-11-1602 με 11-05-1686) στο Μαγδεμβούργο με τα ημισφαίρια που δεν μπορούσαν να αποκολληθούν, όταν αφαιρούσε το εντός αυτών αέρα. Το πείραμα έγινε το 1654 κι επαναλήφθηκε παρουσία των αυτοκρατόρων στη Βιέννη και Βερολίνο.

Ο Γκουέρικε εκτέλεσε πολλά πειράματα σχετιζόμενα με τον στατικό ηλεκτρισμό. Το 1663 κατασκεύασε μία διάταξη, στην οποία παραγόταν στατικός ηλεκτρισμός από την τριβή μιας μπάλας θείου με το χέρι.



Η γκραβούρα παριστάνει τον Γκουέρικε με τη μπάλα του θείου (αριστερά) και μία γεννήτρια στατικού ηλεκτρισμού (δεξιά).

Το 1729 ο Άγγλος χημικός Stephen Gray (1667-1736) γεννήθηκε στο Canterbury και ήταν γιος του βαφέα Mathias Gray. Δεν απέκτησε την τυπική μόρφωση σε κάποιο πανεπιστήμιο, αλλά είχε δάσκαλο το βασιλικό αστρονόμο John Flamsteed ίσως στο Greenwich πριν μετακομίσει στο Λονδίνο. Ασχολήθηκε με τη χημεία και τις αστρονομικές παρατηρήσεις πριν γίνει διάσημος για τα πειράματά του πάνω στη ροή του ηλεκτρισμού. Παρατήρησε ότι, τα μέταλλα μπορούν να μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα μακριά από την πηγή που τον παραγάγει και κατασκεύασε το 1729 τον πρώτο τηλέγραφο.



Διάλεξη του Stephen Gray (1667-1736) με επίδειξη του ηλεκτρισμού στο Charterhouse. Στο σχήμα πάνω από τον πρώτο ομιλητή φαίνεται ο πρώτος τηλέγραφος στο Otterden House, του Faversham, τον Ιούλιο του 1729.

Τις μελέτες για τον ηλεκτρισμό συνέχισε με επιτυχία ο γάλλος χημικός Charles François de Cisternay Du Fay (1692-1739). Την καριέρα του την ξεκίνησε από το Γαλλικό Στρατό, εξελισσόμενος γρήγορα στο βαθμό του λοχαγού. Το 1717 ο πατέρας του Du Fay το διόρισε βοηθό μέλος της Ακαδημίας Επιστημών ως χημικό. Δεν είχε επιστημονικές περγαμηνές, αλλά γρήγορα έδειξε τις ιδιαίτερες ικανότητές του στον πειραματικό τομέα και στις

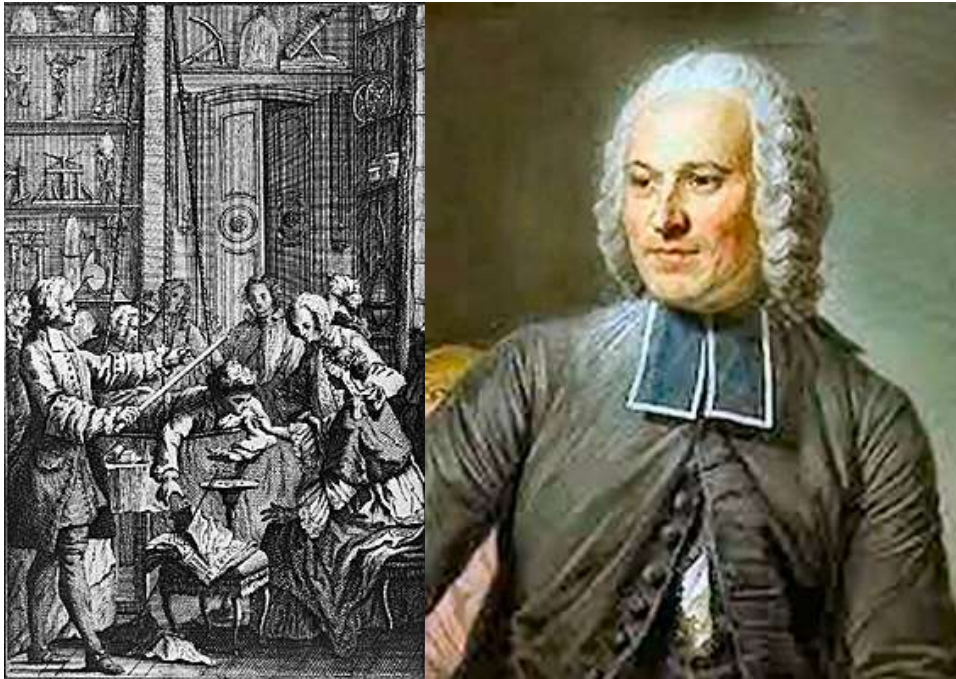
παρατηρήσεις που απέρρεαν από αυτόν. Αργότερα έγινε μόνιμο μέλος της Ακαδημίας Επιστημών και το 1732 διορίστηκε ως διευθυντής του Jardin du Roi (Βασιλικού βοτανικού Κήπου), συνεργαζόμενος με τον αβά Nollet (Νολέ). Ο du Fay ασχολήθηκε με ζέση με τον ηλεκτρισμό, τον οποίο διέκρινε σε δύο τύπους, τον *υαλώδη* (vitreous, θετικός κατά Benjamin Franklin) και το *ρητινώδη* (resinous, αρνητικός κατά τον ίδιο), αναλόγως αν ο ηλεκτρισμός παραγόταν με τριβή σε γυαλί ή σε ρητίνη. Παρατήρησε ότι ο *ομώνυμος* ηλεκτρισμός δημιουργεί απώσεις, ενώ ο *ετερώνυμος* έλξεις. Έτσι ανέπτυξε τη θεωρία των *δύο ρευστών του ηλεκτρισμού* ('two-fluid theory' of electricity) σε αντίθεση με τη θεωρία του ενός ρευστού του ηλεκτρισμού κατά τον Franklin. Λίγο νωρίτερα από τα μισά του 18ου αιώνα επεσήμανε ότι ο ηλεκτρισμός μπορεί να γίνει αγωγίμος στην αέρια ύλη, όταν μία μεταλλική ράβδος πυρωθεί. Η αέρια ύλη που συνορεύει με αυτήν μπορεί να άγει τον ηλεκτρισμό και αυτό το είπε πλάσμα (plasma). Πρώτος αναγνώρισε τη μόνωση που μπορεί να υποστεί ένα μεταλλικό σύρμα με την περιέλιξή του με κάποιο μη αγωγίμο υλικό. Είναι ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο *μονωτής* ("insulated", "isolee").

Οι όροι του Du Fay *υαλώδης* και *ρητινώδης* του ηλεκτρισμού αντικαταστάθηκαν από τον αμερικάνο αυτοδίδακτο φυσικό Benjamin Franklin (1706-1790) με τους όρους θετικό και αρνητικό, και με σημερινό συμβολισμό (+) και (-) αντίστοιχα.



Το πυρόμετρο του Nollet.

Ο κάπως νεότερος του Du Fay, αβάς Jean Antoine Nollet (Νολέ, 1700 – 1770), γιος χωρικού, είχε μία επιδεξιότητα στις κατασκευές και ανέπτυξε ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες άφησαν εποχή. Στην πραγματικότητα ο Nollet δεν έγινε ποτέ κληρικός, αλλά το προσωνύμιό του το πήρε από τις σπουδές που έκανε σε εκκλησιαστικό σχολείο. Μία από τις συσκευές του Nollet, η οποία στηρίζεται στη διαφορετική διαστολή των μετάλλων, ονομάστηκε από το Petrus van Muschenbroek *πυρόμετρο* (pyrometer). Ο Νολέ είχε επηρεαστεί από τη σωματιδιακή (μοριακή ή ατομική) φύση των ενεργειακών φαινομένων, που συνόδευαν τα ηλεκτρικά φαινόμενα και διέκρινε τον ηλεκτρισμό σε δύο οντότητες, την *εκρέουσα* (effluante) και την *εισρέουσα* (affluante). Όλα αυτά στο γενικό πνεύμα της σωματιδιακής ταξινόμησης της ύλης, η οποία παρέσυρε και τις μορφές ενέργειας να αποδίδονται με σωματιδιακές οντότητες, όπως της θερμότητας με το *θερμαντικό*, του φωτός με το *φωτιστικό* και του ηλεκτρισμού με δύο οντότητες κατά το Nollet, όπως προαναφέραμε την *εκρέουσα* (effluante) και την *εισρέουσα* (affluante).



Αριστερά μαθήματα του Jean Antoine Nollet στους κοσμικούς κύκλους του Παρισιού και δεξιά ένα πορτραίτο του.

Η έννοια της ενέργειας δεν είχε αποσαφηνιστεί μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα και όταν αναφερόντουσαν στην ενέργεια λόγου χάρη του ύδατος ή του ηλεκτρισμού, είχε τη σημασία της δράσης του ύδατος ή του ηλεκτρισμού. Φυσικά υπήρχε τότε σύγχυση μεταξύ των λέξεων θερμότητα και θερμοκρασία, σύγχυση την οποίαν συνέτειναν οι έννοιες του θερμαντικού, του φλογιστού και της σωματιδιακής (μοριακής) αντίληψης για την οποίαν έχουμε αναφερθεί εκτεταμένα προηγουμένως. Ο σκωτσέζος χημικός-φυσικός Joseph Black (1728-1799), γεννημένος στη Γαλλία, εισήγαγε τους όρους *calorie* (θερμίδα), *specific heat* (ειδική θερμότητα) και *latent heat* (λανθάνουσα θερμότητα), μελετώντας τη χωρητικότητα των ουσιών σε θερμότητα και ταυτόχρονα έκανε σαφή τη διάκριση μεταξύ της θερμοκρασίας και της θερμότητας, μια διάκριση όμως που δεν έγινε αντιληπτή γρήγορα. Το *θερμαντικόμετρον* του Ηλιάδου είναι το *θερμιδόμετρο*.

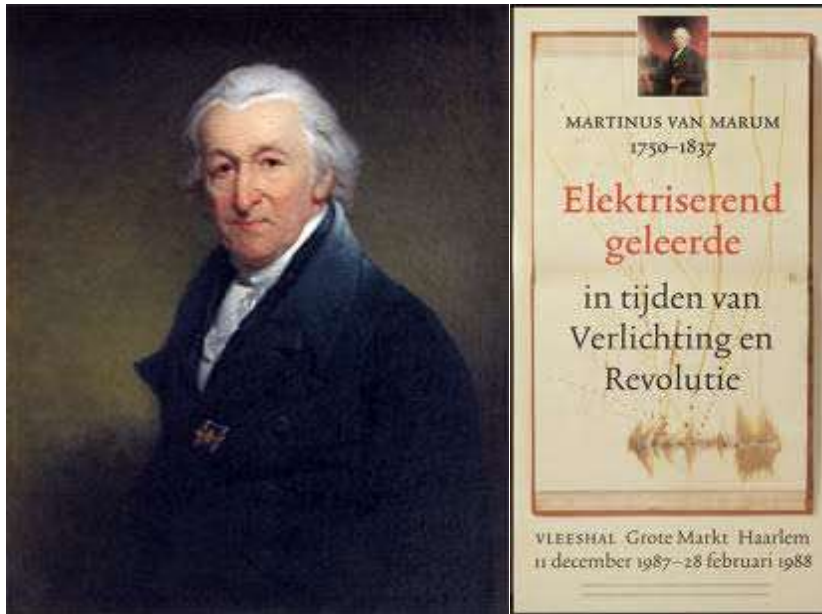
Το 1745 ο Γερμανός κληρικός από την Πομερανία E. G. von Kleist κατασκεύασε έναν πυκνωτή. Μια παρόμοια κατασκευή (συν)πυκνωτή την ίδια χρονιά ανακοίνωσε ανεξάρτητα εργαζόμενος ο Ολλανδός μαθηματικός και φυσικός Pieter van Musschenbrck από το Leyden. Οι Cavendish και Priestley χρησιμοποιούσαν ηλεκτρικούς σπινθήρες για να αναφλέγουν το υδρογόνο με το οξυγόνο. Το 1789 ο Paets van Troostwijk (1752-1837) και ο J. R. Deimann (1737-1808) προέβησαν στην αντίστροφη διαδικασία, αποσύνθεσαν το νερό στα συστατικά του στοιχεία, χρησιμοποιώντας μηχανή γεννήτρια στατικού ηλεκτρισμού.

Το 1784 ο Charles Coulomb θεωρητικοποίησε ένα πλήθος πειραμάτων έλξεων ή απώσεων ηλεκτρικά φορτισμένων σωμάτων. Ο στατικός ηλεκτρισμός είχε πλέον ένα δυνατό υπόβαθρο, πάνω στο οποίο πρόσθεσαν τις σημαντικές τους ανακαλύψεις οι Ιταλοί Galvani (1737-1798) και Volta (1745-1827). Στα 1786 ο Luigi Galvani καθηγητής χειρουργικής και ανατομίας στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνιας παρατήρησε ότι, ένα μυς από πόδι βατράχου σε χάλκινο στήριγμα και σιδερένιο γάντζο τινάζοταν, οπότε υπέθεσε ότι ο μυς περιέχει ηλεκτρισμό, τον **ζωικό ηλεκτρισμό** (animal electricity) όπως πρότεινε να τον ονομάσουν (65). Ο έτερος Ιταλός Alessadro Volta, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Παβίας στη Φυσική Φιλοσοφία, εκμεταλλεύτηκε το πείραμα του Galvani και με πολλαπλές δυαδικές ανόμοιες μεταλλικές επαφές σε διαλύματα ηλεκτρολυτών, δημιούργησε μία «πύλη» σταθερής πηγής παραγωγής ηλεκτρικού ρευστού, η οποία πήρε το όνομα «voltaic pile». Τα αποτελέσματα αυτά τα ανακοίνωσε στον πρόεδρο της Royal Society του Λονδίνου το 1800 Sir Joseph Banks, καταγώντας μία νίκη για τη μεγαλύτερη παραγωγή ροής ηλεκτρισμού.



Charles Augustin Coulomb (1736-1806).

Ο Μαρτίνος βαν Μάρουμ είναι ένας Ολλανδός σκαπανέας κι αυτός του ηλεκτρισμού. Ο Martinus van Marum γεννήθηκε στο Deft το 1750 και πέθανε στο Haarlem το 1837. Σπούδασε στο Χρόνιγκεν της Φρίσλαντ (Groningen, βόρειος σημερινή Ολλανδία), με γνωστό Πανεπιστήμιο στο οποίο διεξήχθη η 43η Διεθνής Ολυμπιάδα της Χημείας το 2002. Είναι γνωστός ο Marum για τις εργασίες του πάνω στις ηλεκτροστατικές μηχανές. Έχει μείνει στην ιστορία της χημείας, όταν με τη βοήθεια ηλεκτρικών σπινθήρων πρώτος παράγαγε όζον. Αρχικά ήταν υποστηρικτής της Φλογιστικής Θεωρίας, την οποίαν όμως βαθμιαία εγκατέλειψε. Η εγκατάλειψη αυτή έγινε με την ανακάλυψη της δράσης του οξυγόνου και την έντονη συγγένεια της ουσίας αυτής πάνω στα Μέταλλα, στα αμέταλλα και κυρίως υδρογόνο. Παρασκεύασε διακριτές ποσότητες νερού από την ανάφλεξη υδρογόνου με οξυγόνο με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.

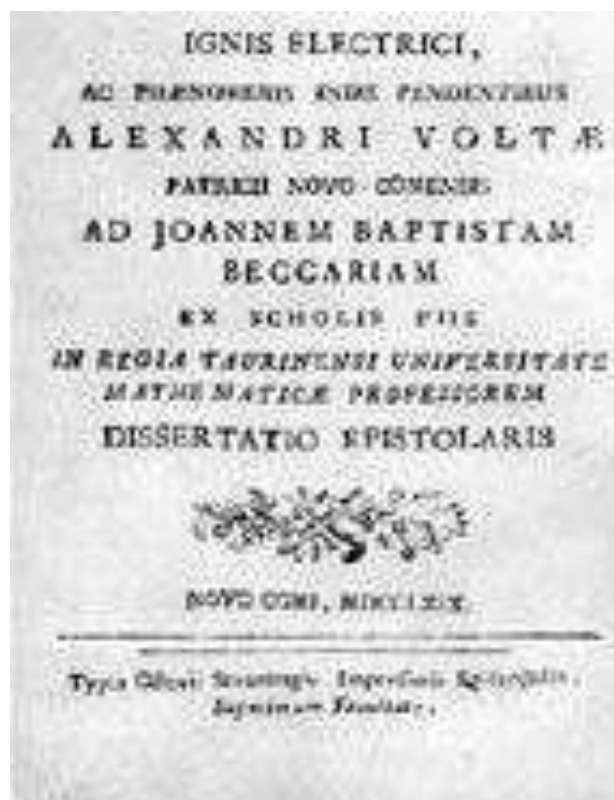


Ο Martinus van Marum στα 1826.

Ο Volta ασχολούμενος με μια σειρά από έρευνες στη σχέση που είχε ο ηλεκτρισμός στη διέγερση των αισθήσεών μας (γεύση, ακοή, όραση) με την τοποθέτηση δύο διαφορετικών μετάλλων σε επαφή με το όργανο της αίσθησης. Με το αποτέλεσμα αυτών των ερευνών πείστηκε ότι, τα μέταλλα ήταν φορείς του ηλεκτρισμού και μπρούσε να τα κατατάξει σε δυο ηλεκτροχημικές σειρές, στα θετικά και στα αρνητικά.



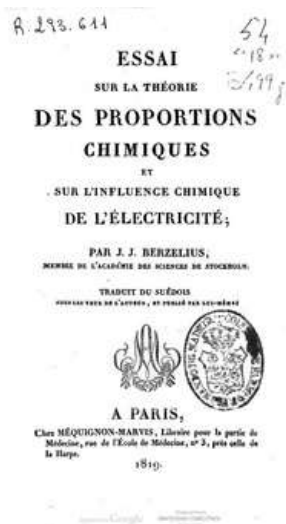
Επίδειξη του A. Volta στον Ναπολέοντα της μπαταρίας του.



Οι εργασίες του Davy, τα στοιχεία που ανακάλυψε με τις ηλεκτρολυτικές του μεθόδους και οι εύστοχες παρατηρήσεις του, δημιούργησαν το υπόβαθρο της Ηλεκτροχημικής Θεωρίας (ΗΘ) του Σουηδού βαρόνου Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), μιας θεωρίας η οποία ερμήνευε, το πώς συντίθενται οι διάφορες χημικές ενώσεις. Η ΗΘ ήταν μια θεωρία, που έμεινε στην ιστορία της Χημείας με το όνομα Διϊσμός (Dualism), η οποία προσπάθησε να συνδέσει τη χημική συγγένεια (έλξη) με τον ηλεκτρισμό. Αποτέλεσε η προσπάθεια αυτή ένα πρωταρχικό στάδιοδιερεύνησης της δομής των ατόμων. Προφανώς, ο Davy αντιλήφθηκε, ότι, οι δράσεις της ηλεκτρόλυσης και της βολταϊκής στήλης ήταν ίδιες. Με τις εργασίες του οδηγήθηκε στην πρόταση, ότι, τα στοιχεία στις χημικές ενώσεις κρατούνται με ηλεκτρικές ελκτικές δυνάμεις:

"In the present state of our knowledge, it would be useless to attempt to speculate on the cause of the electrical energy ... ; its relation to chemical affinity is, however, sufficiently evident. May it not identical with it, and an essential property of matter?"

"Στην παρούσα κατάσταση των γνώσεών μας, δεν θα ήταν άχρηστο να δοκιμάσουμε να συλλογιστούμε πάνω στη μακρινή αιτία της ηλεκτρικής επίδρασης ... αυτή η σχέση της χημικής συγγένειας είναι οπωσδήποτε επαρκέστατα προφανής. Δύνатаι να μη ταυτοποιείται με αυτή και να αποτελεί μία ουσιώδης ιδιότητα της ύλης;"

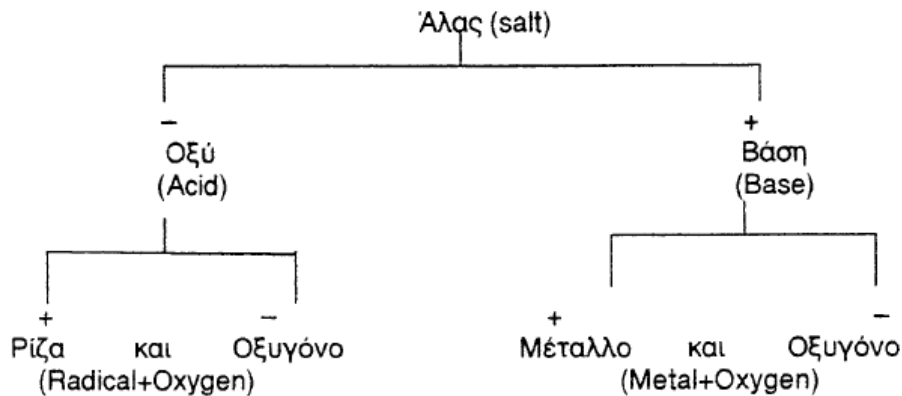


Πορτραίτο του Davy δεξιά η γαλλική έκδοση της Θεωρίας του Δυϊσμού του Berzelius.

Επηρεασμένος από τη θέση του Lavoisier, ότι το οξυγόνο ήταν κεντρικό στοιχείο στο σχηματισμό των οξέων και των βάσεων, υπέθεσε ότι το οξύ αποτελείται από μία ρίζα και οξυγόνο. Ο Davy επεξέτεινε την ιδέα αυτή, αποδεικνύοντας ότι η βάση είναι ένωση μετάλλου και οξυγόνου (58, σελ. 196). Στην περίπτωση του άλατος ο Berzelius, θεώρησε ότι το άλας, ήταν μία ένωση αποτελούμενη από ένα οξύ (στην πραγματικότητα ανυδρίτη οξέος) με μία βάση (στην πραγματικότητα ανυδρίτη βάσης). Ο Berzelius ολοκλήρωσε όλα αυτά, διατυπώνοντας μία θεωρία, που με αυτήν χαρακτηρίζει κάθε απλό ή σύνθετο σώμα (δηλαδή ουσία ή ένωση) με θετική ή αρνητική ηλεκτρική πολικότητα, η ένταση της οποίας ποικίλλει ανάλογα με τη φύση του σώματος. Η βολταϊκή μπαταρία παύει να είναι ένα απλό όργανο παραγωγής ηλεκτρισμού, όπως ήταν μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα. Η μπαταρία γίνεται μία αρχή κατανόησης, γιατί ο ηλεκτρισμός, θετικός και αρνητικός, γίνεται κυρίαρχη αιτία κάθε χημικής δράσης, της *“ηλεκτρικής εκπλήρωσης”* (electrical fulfillment) του Νευτώνειου ονείρου (43). Έτσι, το μυστήριο της *χημικής συγγένειας* (chemical affinity) αίρεται και ο ηλεκτρισμός αποτελεί το αίτιο του συνδυασμού των απλών σωμάτων, διαμορφώνοντας μία δυϊκή θεωρία ερμηνείας σχηματισμού ενώσεων και αντικατάστασης μερών τους από άλλα.

Ο Lavoisier είχε αφήσει κατά μέρος κάποια αναφορά περί της συγγένειας, αδυνατώντας να δώσει κάποιο αίτιο της φύσης της (43, σελ. 215). Είναι γνωστό ότι ο Davy είχε ασκήσει κριτική στην άποψη του Lavoisier, ότι τα οξέα περιέχουν οπωσδήποτε το στοιχείο οξυγόνο. Ο Davy το 1810 ανακάλυψε ότι, το μέχρι τότε «αλικό οξύ» ή μουριατικό οξύ (muriatic acid, από τη λατινική λέξη *muria* = σαλαμούρα, αλμύρα), το γνωστό μας σήμερα υδροχλωρικό (HCl), δεν περιέχει οξυγόνο. Άλλωστε η ονοματοδοσία του στοιχείου αυτού, το οποίον ανακάλυψε ο σουηδός χημικός Karl Scheele το 1772 και πιστοποίησε ο Priestley το 1774, έγινε από τον Lavoisier το 1777, ακριβώς γιατί θεώρησε ότι είναι καθολική αιτία γόνου οξέων, το στοιχείο που απαραίτητως παράγει οξέα, ενώ στην πραγματικότητα παράγει μόνον ανυδρίτες οξέων (45).

**Ηλεκτροχημική Θεωρία
του Berzelius**
(Berzlius's Electrochemical Theory)



Ann. chim., 1836, lxi, 146, 58, σελ. 196

Ο Berzelius υποστήριξε ότι, ένας παρόμοιος δυϊσμός υπάρχει και στον ηλεκτρισμό ή *ηλεκτρικό ρευστό* ("electric fluid"). Στην εργασία του με τον William Hisinger (1766-1852) έδειξε ότι, τα άλατα σε διαλύματα αποσυντίθενται από ηλεκτρικό ρεύμα σε βάσεις, οι οποίες οδεύουν στον αρνητικό πόλο και φαίνεται ότι φέρουν θετικό φορτίο, και σε οξέα, τα οποία οδεύουν στο θετικό πόλο και φαίνεται ότι φέρουν αρνητικό φορτίο (58 και 44). Οι βάσεις ήταν ηλεκτροθετικά οξειδία, τα οξέα ηλεκτραρνητικά οξειδία, καθόσον ο Berzelius προσπαθούσε να εκφράσει τις δύο αυτές βασικές κατηγορίες ουσιών ως ηλεκτροθετικές και ηλεκτραρνητικές αντίστοιχα από πλευράς πολικότητας (polarity). Μόνον αντιθέτως φορτισμένα και ως εκ τούτου **ανόμοια υλικά** σωματίδια έλκονται, ενώνονται και αλληλοσυγκατούνται, λόγω των ηλεκτρικών τους φορτίων. Στη θεωρία αυτή υποστηρίχθηκε από το

Σουηδό χημικό ότι, η *χημική συγγένεια* οφείλεται στα ηλεκτρικά φορτία των χημικών στοιχείων—**ηλεκτροχημική συγγένεια**—, με άλλα λόγια η φύση της είναι οπωσδήποτε ηλεκτροχημική.



Jöns Jacob Berzelius
(1779-1848)

Γενικεύοντας είπε, ότι όταν τα ετερόνυμα φορτία των ενουμένων συστατικών εξουδετερώνονται πλήρως, τότε προκύπτει μία ηλεκτρικά ουδέτερη και χημικά αδρανής ουσία· όταν δεν εξουδετερώνονται πλήρως, τότε η ουσία που προκύπτει, ούτε ηλεκτρικά ουδέτερη είναι, ούτε χημικά αδρανής, αλλά έχει την τάση να ενωθεί περαιτέρω με άλλα αντίθετα φορτισμένα υλικά σωματίδια προς συμπλήρωση της εξουδετέρωσης του ηλεκτρικού της φορτίου. Όσο τα ηλεκτρικά φορτία των σωμάτων (απλών ή συνθέτων) είναι μεγαλύτερα, τόσο μεγαλύτερη είναι η έλξη προς ένωση (δηλαδή η ηλεκτροχημική συγγένεια) και η σύνδεση με τη συγκράτησή τους ισχυρότερη. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι η διαφορετική **ένταση** του ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται για να χωρίσει τις διάφορες ενώσεις. Στοιχεία των οποίων οι ενώσεις εύκολα διασπώνται από το ηλεκτρικό ρεύμα, όπως ο χλωριούχος χρυσός, έχουν μικρή μεταξύ τους (ηλεκτροχημική) συγγένεια, ενώ στοιχεία των οποίων οι ενώσεις διασπώνται δύσκολα, όπως, λ.χ., το χλωριούχο νάτριο, έχουν μεγάλη (12).

Την πολικότητα αυτήν την επεξέτεινε και στα στοιχεία, τα οποία κατέταξε (1827) «ανάλογα των ηλεκτροχημικών ιδιοτήτων τους και των σταθερότερων οξειδίων τους» σε μία κλίμακα (12), θεωρώντας το οξυγόνο ως το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο στην αρχή της κλίμακας και το κάλιο (potassium) που μόλις είχε πρωταπομονωθεί σε μεταλλική κατάσταση από τον Davy το 1807 (118). Οι ενώσεις του καλίου ήταν φυσικά γνωστές από την αρχαιότητα. Το κάλιο ως γνωστόν είναι το έβδομο στοιχείο σε περιεκτικότητα στο στερεό φλοιό της γης (490).

Τα απλά σώματα, δηλαδή τα στοιχεία μπορούν να ταξινομηθούν όπως είδαμε και προηγουμένως σε μία κλίμακα από το πιο ηλεκτροθετικό στο πιο ηλεκτραρνητικό, από το κάλιο στο οξυγόνο. Το υδρογόνο βρισκόταν κατά τον Berzelius στο μεταίχμιο της κλίμακας των ηλεκτροθετικών και ηλεκτραρνητικών στοιχείων.

Τα οξέα και οι βάσεις τόσο για τον Berzelius όσο και για τον Lavoisier ήταν οξείδια αντίστοιχα αμετάλλων και μετάλλων. Ο Davy πολύ εύστοχα απέδειξε ότι οι βάσεις περιέχουν εκτός από οξυγόνο και υδρογόνο (υδροξείδια μετάλλων) και ότι σχηματίζονται από την επίδραση μετάλλων σε νερό με έκλυση υδρογόνου. Ο Davy παρατήρησε ότι, ένα μέταλλο όπως το νάτριο ή κάλιο, τα οποία απομόνωσε σε μεταλλική κατάσταση, υποκαθιστούν υδρογόνο του νερού, θεωρώντας το τελευταίο να αποτελείται από μία ρίζα (το υδροξείδιο) και από υδρογόνο. Όμως το κύρος του Berzelius ήταν μεγάλο στην Ευρώπη και αυτές οι μελέτες του Davy άργησαν να βρουν θέση στην επιστήμη της χημείας, που τότε άρχισε να αυτονομείται, όταν δημιουργήθηκαν εκατοντάδες θέσεις χημικού στα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα και να μην εξαρτώνται από επαγγέλματα, όπως του φαρμακοποιού και του ιατρού.

Τα άλατα γίνονται αντικείμενο συστηματικής μελέτης από την επιστημονική κοινότητα των ευρωπαϊών χημικών και η ηλεκτροχημική θεωρία του δούξμου του Berzelius επικρατούσε μέχρι το 1840. Η διδασκαλία τους ακολουθούσε έναν επαγωγικό τρόπο από το απλό προς το σύνθετο. Τα βασικά σημεία της αλατοχημείας αυτής είχαν ως εξής σύμφωνα με την τάξη της σύνθεσής τους:

- οι ενώσεις *πρώτης τάξης* που σχηματίζονται από την απ' ευθείας ένωση δύο απλών σωμάτων (simple bodies)—έτσι ο συνδυασμός οξυγόνου με ένα μέταλλο ή αμέταλλο σχηματίζει βασικά ή όξινα οξειδία.
- οι ενώσεις *δεύτερης τάξης* συνίστανται από την ένωση ενός βασικού οξειδίου και ενός όξινου οξειδίου προς σχηματισμό ενός ουδετέρου άλατος.
- οι ενώσεις *τρίτης τάξης* ήσαν διπλά άλατα, που συνίστανται από το συνδυασμό δύο ουδετέρων αλάτων.
- τελικά, οι ενώσεις που σχηματίζονται από την προσθήκη νερού σε ένα διπλό άλας. *τέταρτης τάξης*

Η θεωρία του Berzelius ερμήνευε με έναν ικανοποιητικό τρόπο τις δυνάμεις της συγγένειας, που συγκρατούσαν τα άλατα στα κρυσταλλικά τους πλέγματα, όμως παρέβλεπε πολλά πειραματικά δεδομένα της εποχής εκείνης. Για παράδειγμα οι ανυδρίτες του θειικού οξέος (H_2SO_4), το τριοξείδιο του θείου (SO_3) και του υδροξειδίου του καλίου (K_2O) δεν ήταν στην πραγματικότητα φορτισμένοι. Δεν μπορούσε να αποδεχθεί το σχηματισμό μοριακών συγκροτημάτων σε στοιχεία όπως το υδρογόνο, οξυγόνο, ή άζωτο μη δεχόμενος τη μοριακή υπόθεση Avogadro. Ήταν ως θεωρία όμως ικανοποιητική για τη μελέτη των οξέων, βάσεων και αλάτων.



Το εργαστήριο του M. Faraday.

Η ηλεκτροχημική θεωρία του δυϊσμού του Berzelius φαίνεται ότι, πρωτοδιατυπώθηκε στην *Journal de Physique* τον οκτώβριο του 1811 που εξέδιδε ο De la Méthérie. Αναφέρεται επίσης στο *System of Mineralogy* του Berzelius, (μετάφραση του John Black το 1814 στα αγγλικά), στην οποία εγκαινιάζονται τα νέα χημικά σύμβολα για την απεικόνιση των στοιχείων, η εισαγωγή των οποίων επεβλήθηκε στη χημεία. Η ηλεκτροχημική θεωρία επικουρούμενη από τις εργασίες των Davy και Faraday ενέταξε τη μελέτη του ηλεκτρισμού στο επιστημονικό πεδίο της χημείας, όπως αυτό της θερμότητας που είχε εντάξει προηγουμένως το σύνολο των εργασιών των Lavoisier και Black. Στα γεράματά του ο Berzelius έπεσε σε αρκετές διαμάχες, υποστηρίζοντας τις περισσότερες φορές τη χαμένη πλευρά και την ηλεκτροχημική του θεωρία, ανέφικτη στις ομοιοπολικές (συσθενείς) ενώσεις. Το αποτέλεσμα ήταν, να μη συμβάλλει στην πρόοδο της χημείας, παρ' όλο το αναμφισβήτητο μεγάλο κύρος του και σεβασμό που ασκούσε σε όλη την τότε επιστημονική κοινότητα. Προσπάθησε να διαβάλλει άλλους επιστήμονες, όπως ο Laurent και ο Gerhardt και το μισοκατάφερε. Ευτυχώς που οι εργασίες των τελευταίων δεν θάφτηκαν και άνοιξαν, όπως θα δούμε το παράθυρο της προόδου, ιδιαίτερα στην οργανική χημεία και γενικότερα στη δομική (συντακτική) χημεία.

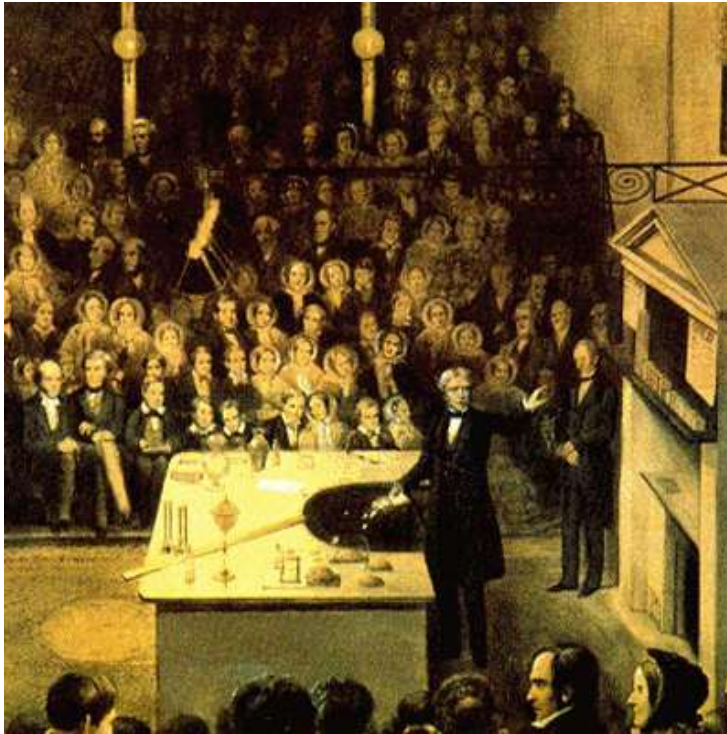
Μεταξύ του 1820 και 1835, που υπήρξαν τα πλέον παραγωγικά χρόνια του Michael Faraday (1791-1867), η ηλεκτροχημεία είχε μεγάλη πρόοδο και καλύφθηκε με νέους ευδόκιμους όρους. Στα 1832 είχαμε τις πρώτες δοκιμαστικές δηλώσεις του Faraday πάνω στους ηλεκτροχημικούς νόμους. Οι δηλώσεις αυτές έγιναν στο πλαίσιο παρατηρήσεων από το χρώμα του ιωδίου που σχηματιζόταν κατά την ηλεκτρόλυση αλάτων του στοιχείου αυτού (κάλιο ή νάτριο ιωδίδιο κλπ.), οι οποίες οδηγούσαν στο γενικό συμπέρασμα: «οι ποσότητες των σωμάτων είναι ανάλογες της ποσότητας ηλεκτρισμού». Το 1833 επανείλθε με ποσοτικό έργο πάνω στην ηλεκτροχημική αποσύνθεση. Χρησιμοποιώντας διάλυμα θειικού οξέος, υπολόγισε τον όγκο του εκλυόμενου υδρογόνου, που εξαρτάται από την ποσότητα ηλεκτρισμού, η οποία περνούσε από το διάλυμα. Με το πείραμα αυτό κατασκεύασε μία συσκευή μέτρησης της ποσότητας του ηλεκτρισμού από την ποσότητα του ελευθερούμενου υδρογόνου. Τη συσκευή αυτή την ονόμασε *volta electrometer*. Λίγα χρόνια αργότερα ονομάστηκε **voltmeter**, ενώ από το 1902 και μετά συχνά αναφέρεται και ως *coulometer*. (κουλόμετρο). Η επινοήση αυτή στην πραγματικότητα είναι ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο (electrolytic cell, ηλεκτρολυτικό κελλί θάπρεπε να ονομάζεται στα ελληνικά), σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε τα αέρια που ελευθερώνονται από την αποσύνθεση του νερού κατά τη λειτουργία του, να συλλέγονται χωριστά ή και τα δύο μαζί (μίγμα, κροτούν αέριον).

Κατ' αυτόν τον τρόπο η ποσότητα του ηλεκτρισμού, που απαιτούσε για να ελευθερωθεί ένα μέρος βάρους υδρογόνου, περνούσε σε ηλεκτρολυτικά στοιχεία με διαλύματα ή τήγματα άλλων ουσιών συνδεδεμένα στη σειρά κι ελευθερώνε κάποια προϊόντα αποσύνθεσης, τα βάρη των οποίων είχαν μια καθορισμένη σχέση με το ένα μέρος βάρος του υδρογόνου. Τα βάρη αυτά ήταν χημικά ισοδύναμα κι ο Faraday απέδειξε, ότι, ήταν ανεξάρτητα από τις διαστάσεις των ηλεκτροδίων, τις αποστάσεις μεταξύ τους και τον αριθμό τους. Χαρακτηριστικά το διατύπωνε ως εξής με τις δικές του λέξεις: «Έχω προτείνει να ονομάζονται οι αντιπροσωπευτικοί αριθμοί των μερών που ελευθερώνονται **ηλεκτροχημικά ισοδύναμα (electro-chemical equivalents)**. Έτσι το υδρογόνο, το χλώριο, το ιώδιο, ο μόλυβδος, ο κασσίτερος είναι ιόντα· τα τέσσερα από τα σχηματισμένα είναι ανιόντα, τα δύο μέταλλα είναι κατιόντα και 1, 8, 36, 125, 104, 58 είναι τα παραπλήσια ηλεκτροχημικά τους ισοδύναμα αντίστοιχα».

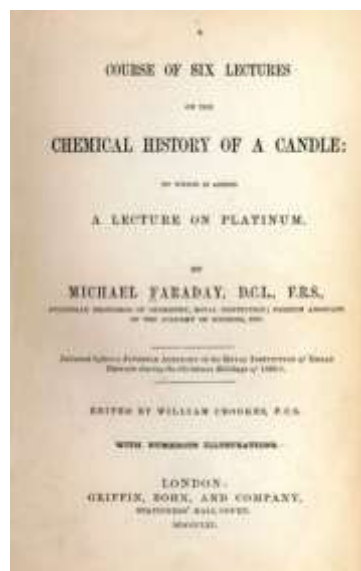
Την ίδια χρονιά γενικεύοντας διατύπωσε τους δύο ηλεκτροχημικούς του νόμους, ο **πρώτος** ήταν ποιοτικός («...η ποσότητα των σωμάτων που ελευθερώνονται στα δύο ηλεκτρόδια είναι ανάλογα της ποσότητας του ηλεκτρισμού που περνά από το διάλυμα») και ο **δεύτερος** ποσοτικός («...αν περάσει η ίδια ποσότητα ηλεκτρισμού μέσα από διαφορετικά διαλύματα, τότε τα βάρη των διαφόρων σωμάτων που ελευθερώνονται στα ηλεκτρόδια είναι ανάλογα των χημικών τους ισοδυνάμων»). Οι νόμοι του Faraday ξεπέρασαν κάθε προσδοκία, ακόμη και τα μη ικανοποιητικά αποτελέσματα που είχαν δώσει στη δημοσιότητα πάνω στα ίδια φαινόμενα οι Berzelius και Hisinger.

Προηγουμένως για να μπορέσει να κωδικοποιήσει τις πειραματικές του παρατηρήσεις ο Faraday, ζήτησε τη συνδρομή φιλολογικής βοήθειας με αίτημά του προς τον Υπουργό Παιδείας για να αναπτύξει σχετική ορολογία. Το αίτημά του ικανοποιήθηκε, με την υπουργική εντολή ο κλασικός φιλόλογος, φιλόσοφος, μαθηματικός, ιστορικός και εκπαιδευτικός Whilliam Whewell (1794-1866) να συνεργαστεί με το Faraday. Κάτω από μια θαυμάσια συνεργασία γεννήθηκαν οι όροι, που εφοδίαζαν με λύσεις τα προβλήματα των ηλεκτρολύσεων. Επινόησαν όρους, που έχτισαν από αρχαίες ελληνικές λέξεις, οι οποίες απέδιδαν με έναν έξοχο ορθολογισμό τα διαδραματιζόμενα ηλεκτροχημικά φαινόμενα, χωρίς κανένα ίχνος συμβατικότητας. Έτσι γεννήθηκαν το **ιόν** (μετοχή του ρήματος *είμι*, που σημαίνει *οδεύω προς*), η **ηλεκτρόλυση** (electrolysis, η *λύση*, δηλαδή η διάσπαση μιας ένωσης), ο **ηλεκτρολύτης** (electrolyte), τα **ηλεκτρόδια** (electrodes, το δέλτα από το ρήμα *οδεύω*, ηλεκτρόδιο) στη θέση των πόλων (poles) της πηγής του ηλεκτρικού ρεύματος, που ίσχυε μέχρι τότε. Τα δύο ηλεκτρόδια τα ονόμασαν **άνοδος** (anodos, το ηλεκτρόδιο που ανέρχονται αέρια συνήθως στοιχεία) και **κάθοδος** (cathode), γιατί προσκολλώνται συνήθως μέταλλα και έτσι γίνεται βαρύτερο. Τα δύο ιόντα, που οδεύουν στα δύο ηλεκτρόδια κάθοδο κι άνοδο, ονομάστηκαν **κατιόν** (cation) και **ανιόν** (anion) αντίστοιχα για τους λόγους που προαναφέραμε στα ηλεκτρόδια.

1. ἤλεκτρον, and ὁδός, a way.
2. ἄνω, upwards, and ὁδός, a way.
3. κατά, downwards, and ὁδός, a way.
4. ἤλεκτρον, and λύω, solve. Noun, electrolyte; verb, electrolyze.
5. ἀνιῶν, that which goes up. [Neuter participle.]
6. κατιῶν, that which goes down.

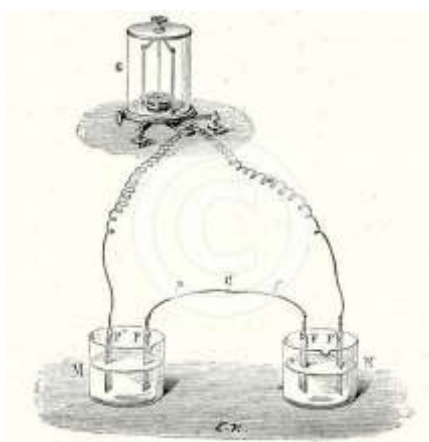


Από τις δημοφιλείς διαλέξεις των Χριστουγέννων στο Βασιλικό Ινστιτούτο του Faraday.



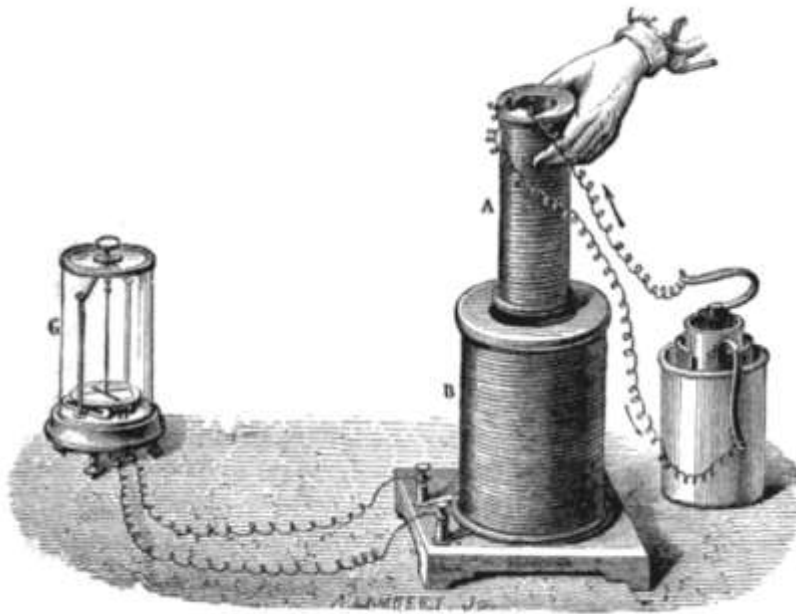
Το εξώφυλλο της έκδοσης Η Χημική Ιστορία ενός Κεριού ('The Chemical History of a Candle') του M. Faraday.

Λόγω της ταπεινής του καταγωγής ο Faraday, γιος σιδερά από το Newington Butts, δεν είχε γερό υπόβαθρο θεωρητικής σκέψης. Η παιδεία του ήταν σε επίπεδο δυνατότητας ανάγνωσης κειμένων. Οι φυσικοχημικές του γνώσεις ήταν αποτέλεσμα αυτομόρφωσης. Οι εργαστηριακές του δεξιότητες, οφείλονται στην τέχνη της βιβλιοδεσίας, που έμαθε, όταν εργαζόταν από 13 χρονών σε ένα βιβλιοδετείο του Λονδίνου. Το πως έγινε βοηθός του Davy, είναι μια συναρπαστική ιστορία και ίσως μοναδική. Οι ισχνές του θεωρητικές γνώσεις τον έκαναν να δυσπιστεί για την Ατομική Θεωρία του John Dalton και δεν μπόρεσε να αξιοποιήσει δεόντως τις ηλεκτροχημικές του μεθόδους για τον προσδιορισμό των ατομικών βαρών των στοιχείων, μέθοδο που αντιθέτως αξιοποίησε ο Berzelius. Το 1834 ο Faraday συζητώντας τις θεωρητικές του ανησυχίες για τις ηλεκτροχημικές του ανακαλύψεις είπε: «...τα ισοδύναμα βάρη των σωμάτων (*bodies*) είναι απλά εκείνες οι ποσότητες τους, οι οποίες περιέχουν ίσες ποσότητες ηλεκτρισμού ή έχουν φυσικά ίσες ηλεκτρικές δυνάμεις· αυτό μας δείχνει την ύπαρξη ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (*ELECTRICITY*), ο οποίος προσδιορίζει τον ισοδύναμο αριθμό, διότι αυτός προσδιορίζει στη συνέχεια τη συνδυαστική δύναμη. Αν εμείς υιοθετήσουμε την ατομική θεωρία και την αντίστοιχη φρασεολογία, τότε τα άτομα των σωμάτων, τα οποία είναι ισοδύναμα το ένα με το άλλο στην αρχική τους δράση, διαθέτουν την ίδια ποσότητα ηλεκτρισμού, ο οποίος είναι συνδυασμένος με αυτά. Αλλά πρέπει να ομολογήσω ότι, ζηλεύω τον όρο άτομο, παρ' όλο που είναι εύκολο να μιλάμε για άτομα, αλλά δύσκολο να σχηματίσουμε μια καθαρή εικόνα για τη φύση τους, ειδικά όταν οι γνώσεις των σωμάτων βρίσκονται υπό εξέταση». Βλέπουμε μια δυσπιστία για την ατομική θεώρηση της ύλης από την πλευρά του Faraday, εκφράζοντας κάποια αντιπάθεια για τη χρήση του όρου, όμως ήταν ο πρώτος, που διέβλεψε τη δυνατότητα των ενοποιημένων ή ενιαίων ηλεκτρικών φορτίων στα στοιχειώδη σωματίδια των ενώσεων. Προς το τέλος της ζωής του έγραψε: **“Η ανακάλυψη ενός νέου στοιχείου είναι μια πολύ ωραία υπόθεση, αλλά αν εσείς μπορείτε να αποσυνθέσετε ένα στοιχείο και μας πείτε από τι είναι κατασκευασμένο, τότε θα γινόταν μια πραγματικά αξιοσημείωτη ανακάλυψη”**, δείχνοντας ότι, οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να στραφούν στη διερεύνηση της δομής ενός ατόμου, κάτι που επακολούθησε στα επόμενα χρόνια στην Αγγλία.





Michael Faraday 1791 - 1867



Sir Humphrey Davy (1778 - 1829)

Οι πρώτες θεμελιώσεις της ηλεκτροχημικής θεωρίας τέθηκαν από το Sir Humphrey Davy, τον «ποιητή και φιλόσοφο»³⁴, γεννημένο στο Penzance στα 1778 της Κορνουάλης (Cornish), που ανήκει σε μια ταπεινή οικογένεια (ο πατέρας του ήταν ξυλουργός). Από μικρό παιδί έδειξε σπάνια χαρίσματα ευφυΐας κι αφηγηματικών ιδεξιοτήτων. Μάζευε τα συνομήλικα παιδιά του χωριού και τους καθήλωνε με τις διηγήσεις του. Μετά το θάνατο του πατέρα του στα 1795 έγινε μαθητευόμενος σε Φαρμακείο, στο παρασκευαστήριο του οποίου ασχολήθηκε με την παρασκευή φαρμακευτικών ουσιών και ταυτόχρονα ήρθε σε επαφή με το ιατρικό επάγγελμα από αυτή τη θέση. Στα 1797 έπεσε στα χέρια του μια μετάφραση των «*Elements of Chemistry*» του Lavoisier σε μετάφραση του Kerr. Η χημεία του μεγάλου Γάλλου χημικού τον κατέκτησε κυριολεκτικά κι επιδόθηκε σε πειράματα με τη χρήση απλών χειρουργικών εργαλείων. Η εργατικότητα του σύντομα τον έκανε γνωστό και προωθήθηκε στο Clifton, όπου ένας διάσημος τότε γιατρός ο Dr. Thomas Beddoes είχε μία κλινική χρήσης αερίων για τη θεραπεία της φυματίωσης με την επωνομασία *Medical Pneumatic Institution*. Χρησιμοποιώντας στην κλινική αυτή το νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3) παρασκεύασε το υποξείδιο του αζώτου (N_2O , laughing gas ή αέριο γέλιου ή ιλαρυντικό αέριο), που χρησιμοποιήθηκε αργότερα ως αναισθητικό αέριο στη χειρουργική. Πριν απ' αυτό είχαν γίνει δημόσιες επιδείξεις για να εκδηλωθούν οι παραισθησιογόνες επιδράσεις του.



Στα 1800 συγκέντρωσε τις μελέτες του σε ένα εγχειρίδιο με τίτλο: «*Researches Chemical and Philosophical chiefly concerning Nitrous Oxide or Dephlogisticated Nitrous Air and its Respiration*» [“Ερευνες Χημικές και Φιλοσοφικές που αφορούν το νίτρο οξείδιο (υποξείδιο του αζώτου ή αποφλογιστικός νίτρο αήρ) και την Αναπνοή’], με το οποίο έγινε γνωστός στον κόμη (Count) Rumford (κατά κόσμον Benjamin Thomson), που μόλις είχε ιδρύσει το Βασιλικό Ινστιτούτο στο Λονδίνο στα 1799 (Royal Institution in London). Διακρίνοντας το ταλέντο του στα γραπτά του ο Rumford και έχοντας ακούσει για τις ρητορικές του

³⁴ Thorpe, 1901, *Humphrey Davy*

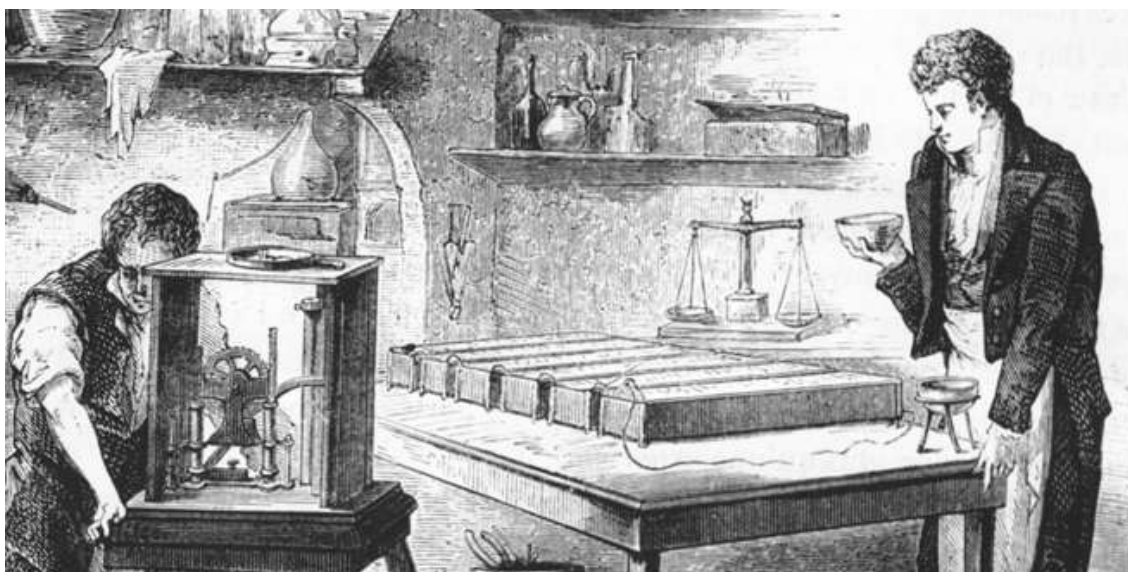
ικανότητες, κάλεσε το Davy στο Ινστιτούτο για να διδάξει. Οι διαλέξεις του Davy στο Βασιλικό Ινστιτούτο προσέλκυσαν πολύ κόσμο, έφερε οικονομικά έσοδα στην ήδη προβληματική λειτουργία του και το κατέστησε ως το πιο διάσημο επιστημονικό Ινστιτούτο σε όλον τον κόσμο.



Νεαρός ο Humphrey Davy με εμφανέστατη ευθυμία εργάζεται στο φουσερό σ' αυτή την καρικατούρα του Games Gillray στα πειράματα με το ιλαρυντικό αέριο στο Royal Institution. Η διάλεξη δίνεται από τον Thomas Garret, προκάτοχος καθηγητής της χημείας στο ινστιτούτο του Davy. Όρθιος δίπλα στην πόρτα στέκεται ιακνοποιημένος με το πείραμα ο κόμης Rumford (Benjamin Thompson), ιδρυτής του Royal Institution.

Χάρη στη μελέτη του «*On some Chemical Agencies of Electricity*» ('Επί ορισμένων Χημικών Επιδράσεων του Ηλεκτρισμού'), που ανακοίνωσε στο Βασιλικό Ινστιτούτο στα 1806 και έγινε γνωστή από την Ακαδημία Επιστημών της Γαλλίας, βραβεύτηκε από το Ναπολέοντα με 3000 φράγκα, ποσό τεράστιο την εποχή εκείνη, για την καλύτερη επιστημονική εργασία πάνω στον ηλεκτρισμό, σε μια περίοδο μάλιστα εμπόλεμη μεταξύ Γαλλίας και Αγγλίας κι επιβολής στην τελευταία ενός Ευρωπαϊκού Ηπειρωτικού αποκλεισμού. Η εργασία αυτή δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό «*Philosophical Transactions of the Royal Society*». Η βολταϊκή στήλη που κατασκεύασε αποτελούνταν από 250 στοιχεία (κελία).

Σύντομα απομόνωσε κι ανακοίνωσε την ανακάλυψη του καλίου και του νατρίου, δύο νέων στοιχείων στα 1807 στο «*On Some New Phenomena of Chemical Changes Produced by Electricity, Particularly the Decomposition of Fixed Alkalies, and the Exhibition of the New Substances which Constitute their Bases: and on the General Nature of Alkaline Bodies*», *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Humphrey Davy, 1808). Στα 1910, μελετώντας το *μουριατικό οξύ* (υδροχλωρικό ή αλικό οξύ, HCl), είδε με έκπληξη ότι αποτελείται μονον από υδρογόνο και ένα πράσινο αέριο, το οποίον αρχικά το θεώρησε σαν κάποια ένωση του οξυγόνου. Η επανάληψη των πειραμάτων και ο συνδυασμός τους με άλλα, τελικά τον έκαναν να ανακοινώσει ότι το πρασινωπό αέριο είναι ένα νέο στοιχείο, το οποίο ονόμασε *χλώριο*, από την ελληνική λέξη *χλωρός*. Αν και το χλώριο (chlorine) πρωταπομονώθηκε από το Σουηδό χημικό Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) στα 1774, δεν θεωρήθηκε τότε ότι αυτό το δριμύτατο σε οσμή αέριο είναι ένα νέο στοιχείο. Ο Scheele το είχε ονομάσει «*dephlogisticated marine acid*», δηλαδή «*αποφλογισμένο αλικό οξύ*». Ουσιαστικά για τον Scheele το στοιχείο υδρογόνο ήταν το *φλογιστόν*.



Πειραματική εργασία του Davy στο Medical Pneumatic Institution του Bristol.

Το *μουριατικό* οξύ³⁵ λοιπόν, όπως παρατήρησε ο Davy, δεν περιέχει καθόλου οξυγόνο, προκαλώντας έτσι ισχυρό κλονισμό στη θεωρία του Λαβουαζιέ για τα οξέα, μιας θεωρίας, η οποία το καθιστούσε απαραίτητο στοιχείο για το σχηματισμό των οξέων. Ήταν ένα πλήγμα σε όλη τη γαλλική σχολή των χημικών, οι οποίοι πρόσεχαν ώστε οι ανακαλύψεις και οι θεωρητικές ερμηνείες τους να έρχονται σε πλήρη συμφωνία με τις διδαχές του μεγάλου εκσυγχρονιστή της χημείας, παραβλέποντας τις εσφαλμένες θεωρήσεις του. Για πρώτη φορά λοιπόν τέθηκε το θέμα ότι η αναγκαιότητα της εκδήλωσης των όξινων ιδιοτήτων προερχόταν από το άλλο στοιχείο του νερού, το υδρογόνο.

Στη συνέχεια ο Davy ερμήνευσε τις λευκαντικές ιδιότητες του χλωρίου, το οποίον εκλύει οξυγόνο με οξειδωτικές ιδιότητες, όταν διαλυθεί στο νερό στη μελέτη του με τίτλο: «On a Combination of Oxymuriatic Gas and Oxygene Gas», *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 101, pp. 155-162, 1811. Με ηλεκτρόλυση στα 1808 ο Davy με επιτυχία ανακάλυψε τα στοιχεία μαγνήσιο (magnesium, όνομα που έδωσε από τη Μαγνησία, τον ομώνυμο νομό της Θεσσαλίας), ασβέστιο (το όνομα calcium από το calx, στα λατινικά lime, δηλαδή από το ασβέστη), στρόντιο (strontium) και βάριο (barium).

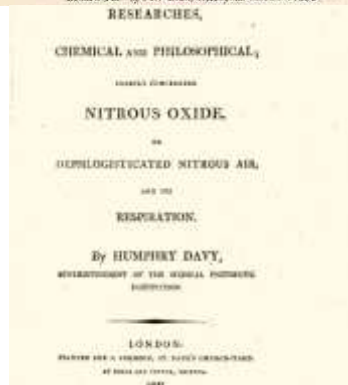
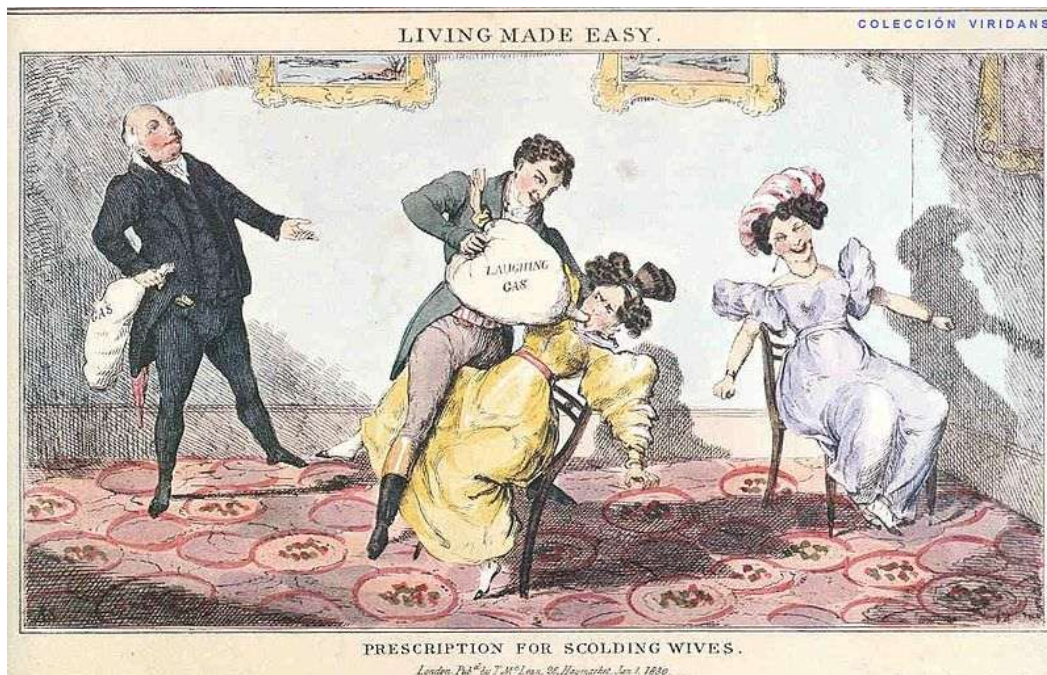
³⁵ muriatic acid, από το λατινογενές muria = αλμύρα, άλμη, λέξη που προέρχεται και η σαλαμούρα από το σαλ = αλς ή άλας και μούρα, δηλαδή το πυκνό γιάλυμα χλωριούχου νατρίου.



Η λάμπα των ανθρακορύχων του Davy.

Στα 1808 ανακάλυψε το *ηλεκτρικό τόξο* (electric arc), που αργότερα χρησιμοποίησε για τις συγκολλήσεις μεταλλικών επιφανειών. Συγκεκριμένα στα 1812, κατασκευάζοντας ένα τέτοιο ηλεκτρικό τόξο με ηλεκτρόδια από γραφίτη και μια μπαταρία από 2000 στοιχεία με μήκος 10 cm. Την ίδια χρονιά προσέλαβε ως βοηθό του το Faraday, χρίστηκε ιπότης, παντρεύτηκε την πλούσια σκωτσέζα χήρα Τζέιν Άπρις (Jan Apreece), κυκλοφόρησε το βιβλίο του «*Στοιχεία Χημικής Φιλοσοφίας*» και υπέστη ένα σοβαρό ατύχημα από έκρηξη τριχλωριδίου του αζώτου. Μετά από όλα αυτά έφυγε για μια μεγάλη περιοδεία στην Ευρώπη, στην οποία κυριαρχούσε ο Ναπολέοντας και η οποία βρισκόταν σε μεπόλεμη κατάσταση με την Αγγλία. Στο ταξίδι αυτό πήρε και το Faraday ως βοηθό. Στα 1815 επέστρεψε στην Αγγλία και την ίδια χρονιά απομόνωσε το στοιχείο βόριο από την ένωση βόρακα, που προμηθεύτηκε από το Θιβέτ. Ταυτόχρονα με ηλεκτρολυτικές εργασίες συνέλεξε τρι και πενταχλωρίδια του φωσφόρου, ως υπολείμματα προϊόντων ηλεκτρόλυσης. Στα 1815 έλυσε επίσης το πρόβλημα της εκρηκτικής ανάφλεξης του μεθανίου, του ελογενούς αυτού αερίου, που αποτελούσε το βασικότερο κίνδυνο της εργασίας των ανθρακωρύχων και της κατάρρευσης των στοών από τις επικείμενες εκρήξεις του με την ανάφλεξή του με τον αέρα. Κατασκεύασε μία λυχνία, η οποία σβήνει απότομα στις στοές των ορυχείων μόλις έρθει σε επαφή με το αέριο αυτό, προειδοποιώντας για τον επερχόμενο κίνδυνο. Από τις ασημένιες πλάκες, που του έστειλαν για την ευρεσιτεχνία αυτή οι ιδιοκτήτες των ορυχείων, χρηματοδότησε την απονομή του μεταλλείου Davy.

Στα 1802 χρίστηκε βαρόνος και στα 1820 έγινε πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου. Στα 1827 με κλονισμένη την υγεία του έκανε ένα τελευταίο ταξίδι στην Ευρώπη, παραδίνοντας την προεδρία της Εταιρείας στο φίλο του Davies Gilbert. Στα 1828 επέστρεψε πίσω στην Αγγλία, αλλά μετά από σύντομη παραμονή ξανάφυγε για την Ευρώπη, όπου πέθανε στη Γενεύη στα 1829.



Το μετάλλιο του Davy.

2.14 Ισοδύναμα κι ατομικά βάρη

Όπως έχουμε αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους ο Tobern Bergman και ο Kirwan (Κίργουαν) κατέγραψαν ισοδύναμες μάζες οξέων, που εξουδετερώνουν την ίδια ποσότητα βάσης, προσπαθώντας να μετρήσουν τη χημική συγγένεια των εν λόγω ουσιών. Λίγο πριν από αυτούς, ο Carl Wenzel (Βέντσελ) γερμανός χημικός εργαζόμενος σε εργοστάσιο πορσελάνης, προτείνει στα 1777 έναν άλλο τρόπον συσχετισμού αριθμητικών τιμών των **χημικών συγγενειών**, που προκύπτει από την απώλεια βάρους ισομεγέθων μεταλλικών κυλίνδρων του ίδιου μετάλλου, οι οποίοι εμβαπτίζονται για μία ώρα σε ποσότητες

διαφορετικών οξέων. Δηλαδή ο Κίργουαν συσχέτισε τις χημικές συγγένειες με την ταχύτητα αντίδρασης ενός μετάλλου με κάποιο οξύ. Οι μελέτες αυτές, όπως είδαμε, οδήγησαν το Richter στην αναζήτηση της σχετικής χημικής συγγένειας των σωμάτων, κατασκευάζοντας πίνακες ισοδυναμίας οξέων και βάσεων. Η *ισοδύναμη ποσότητα* (equivalent quantity) μιας βάσης είναι το βάρος το απαραίτητο για να εξουδετερωθεί η ποσότητα ενός οξέος και το αντίστροφο. Η στοιχειομετρία μετά το Lavoisier, πήρε ένα πιο σίγουρο σχήμα, όπως επίσης κι όνομα από το Richter, όμως ο δρόμος της απέκτησε μία διαφορετική σημασία, όταν ο Joseph Louis Proust στα 1802 διατυπώνει το γενικό νόμο: «*Οι λόγοι των μαζών με τις οποίες συνδυάζονται δύο ή περισσότερα στοιχεία, είναι σταθερές και δεν υπόκεινται σε συνεχείς μεταβολές*». Αυτός ο νόμος των **σταθερών αναλογιών** του Proust (φαρμακοποιός, χρωμένος στους βασιλικούς) επέκτεινε τη σημασία του ισοδύναμου (equivalent) και σε άλλους συνδυασμούς και δεν περιοριζόταν μόνο σε εξουδετερώσεις οξέων από βάσεις. Με τη διατύπωση του εμπειρικού αυτού νόμου ο Claude-Louis Berthollet (βοναπαρτιστής) άνοιξε μια μακρά περίοδο διαμάχης με τη θέση του Proust, όπως έχουμε δει στο 2.11, η οποία διαμάχη όμως εμπόδιζε τους ικανούς γάλλους χημικούς να εκμεταλλευτούν τη σπουδαία αυτή αφετηρία και να τη συνδέσουν με την ατομική θεώρηση της ύλης. Τη σπουδαία αυτή σύνδεση έτυχε να την κάνει ένας “ατμοσφαιρικός φυσικός” από την άλλη πλευρά της Μάγχης, ο John Dalton (1766-1844), δίνοντας νέα πνοή στην ατομική υπόθεση της ύλης.



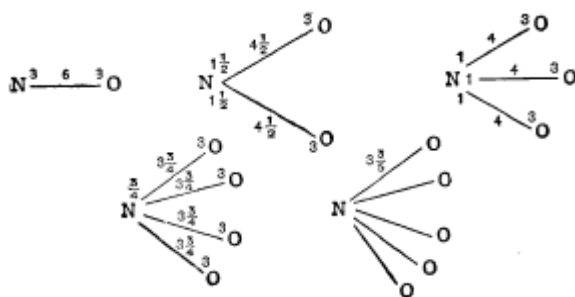
Joseph Louis Proust 1754-1826.

Η ατομική θεωρία όπως είχαμε δει και προηγουμένως αναζωογονήθηκε από τα γραπτά κείμενα του Pierre Gassendi (1592-1655) κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα σε ένα πολύ στενό *οικογενιακό* κύκλο. Η μικρή αυτή απήχηση επεκτάθηκε από τους Boyle και Lemery και η ατομική θεώρηση της ύλης έγινε σχεδόν απ’ όλους αποδεκτή. Οι Έλληνες φιλόσοφοι και φυσικοί επιστήμονες σε όλη αυτή την περίοδο του διαφωτισμού (1453-1821), δεν ξέχασαν τη σπουδαία αυτή παρακαταθήκη των Λεύκιππου, Δημόκριτου, Επίκουρου. Μετά από το Boyle, μια άλλη σπουδαία μορφή των φυσικών επιστημών, ο Νεύτωνας ήταν ένας από τους πιο ευσυνειδητούς ατομιστές. Στα *Οπτικά* του (*Optics*, 1730, Query 31, p. 364) σημειώνει ότι: «*τα σωματίδια έλκουν το ένα το άλλο εξ αιτίας κάποιας δύναμης, η οποία εκδηλώνεται με την επαφή και υπερβολικά ισχυρής στις μικρές αποστάσεις των χημικών διαδικασιών, όταν αυτά απλώνονται όχι σε μεγάλες αποστάσεις, πραγματοποιώντας κάποιο αντιληπτό σε μας φαινόμενο*». Με την αντίληψη αυτή, ότι ένα αέριο συνίσταται από σωματίδια, που απωθούν το ένα με το άλλο από μία ευμετάβλητη δύναμη αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης, ο Νεύτωνας ερμηνεύει το νόμο για τα αέρια του Boyle. Αυτές οι αντιλήψεις απορρίπτουν την ιδέα του Descartes, ότι, από τις ατέλειωτες συναντήσεις των

σωματιδίων αυτών στην αέρια φάση, αυτά υποφέρουν από τις τριβές και γίνονται όπως ένα παλιό φορεμένο ρούχο, «παλιά φορεμένα σωματίδια» τα χαρακτήριζε, διαφορετικά από τα αρχικά της ηρεμίας.

Στα 1789 ο William Higgins δημοσίευσε μία πολύ σημαντική εργασία, την «Μια Συγκριτική Άποψη των Φλογιστικών κι Αντιφλογιστικών Θεωριών» (A Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theories), δίνοντας ένα προβάδισμα στις δευτερες, στις οποίες έβαλε μπροστά πολύ ενδιαφέροντες συλλογισμούς πάνω στους συνδυασμούς των «σωματιδίων». Αυτές οι ιδέες του William Higgins βασίστηκαν σε άλλες δημοσιεύσεις του Bryan Higgins μεταξύ των χρόνων 1775 και 1786 και όπως θα δούμε περιληπτικά σκιαγραφούν το νόμο «των πολλαπλών αναλογιών» και του σθένους των χημικών δεσμών (valency bonds), αλλά δεν μπόρεσαν να αναγνωριστούν ως πρόδρομες για την ατομική θεωρία του Dalton. Ο Dalton δεν γνώριζε τίποτα από τις ιδέες του William Higgins, μέχρι να ολοκληρώσει τη δική του θεωρία.

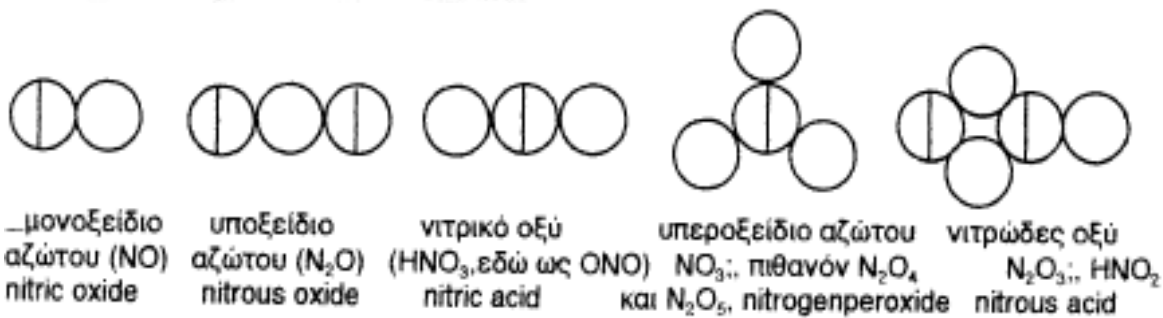
Ο William Higgins για τις ενώσεις του αζώτου και του οξυγόνου, χρησιμοποίησε το παρακάτω διάγραμμα, τοποθετώντας στη θέση του κάθε σωματιδίου αζώτου ή οξυγόνου τα σύμβολα N και O αντίστοιχα, σύμβολα τα οποία καθιέρωσε ο Berzelius αργότερα και που χρησιμοποιούμε μέχρι σήμερα.



Συνδυασμός των σωματιδίων των στοιχείων κατά τον Higgins. Οι αριθμοί στην παύλα μεταξύ αζώτου και οξυγόνου 3, 6, 3 απεικονίζουν τη δύναμη αζώτου, ολική και οξυγόνου. [58]

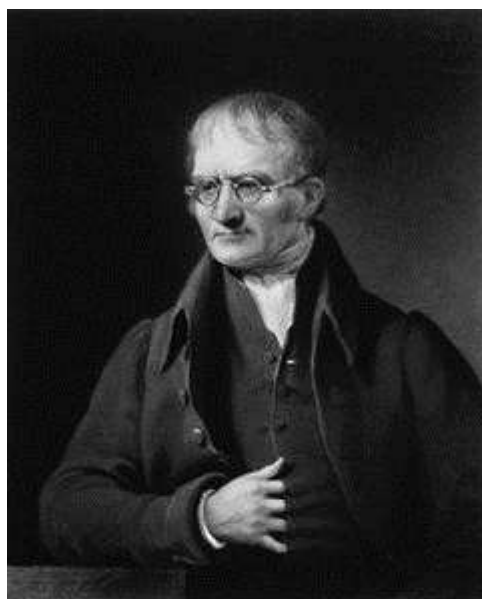
Ο William Higgins για τις ενώσεις του αζώτου και του οξυγόνου, χρησιμοποίησε το παρακάτω διάγραμμα, τοποθετώντας στη θέση του κάθε σωματιδίου αζώτου ή οξυγόνου τα σύμβολα N και O αντίστοιχα, σύμβολα τα οποία καθιέρωσε ο Berzelius αργότερα και που χρησιμοποιούμε μέχρι σήμερα. Στο παραπάνω σχήμα του William Higgins βλέπουμε ότι, η δύναμη μεταξύ του σωματιδίου (ατόμου) του αζώτου και του σωματιδίου (ατόμου) του οξυγόνου είναι 6, διαιρώντας εξίσου τη δύναμη από μέρους των δύο σωματιδίων. Αν το ένα σωματίδιο του αζώτου συνδυαστεί με δύο σωματίδια (άτομα) οξυγόνου, τότε διαιρεί την αναλογούσα δύναμη του οξυγόνου στα δύο. Αν το άτομο του αζώτου συνδυαστεί με τρία άτομα οξυγόνου, τότε διαιρεί τη δύναμη του οξυγόνου με το τρία και ούτω καθεξής. Σήμερα φυσικά γνωρίζουμε, ότι, ένωση NO₅ δεν υπάρχει. Ο Higgins δεν αποπειράθηκε να συνδέσει τα βάρη των στοιχείων αυτών με τα σωματιδια-άτομα και να βρει κάποια σχέση, γι' αυτό η εργασία του δεν εκτιμήθηκε πολύ από τους χημικούς της εποχής.

Ο Dalton αποδέχτηκε αμέσως την ατομική θεωρία, κι υπέθεσε ότι τα αδιαίρετα αυτά αόρατα σωματίδια ποικίλουν από στοιχείο σε στοιχείο. Τα άτομα γι' αυτόν ήταν συμπαγείς σφαίρες με διαφορετικές διαστάσεις από στοιχείο σε στοιχείο, ίδιας ακτίνας για τα άτομα κάθε στοιχείου. Κάθε άτομο περιβαλλόταν από μία ατμόσφαιρα θερμαντικού (θερμότητας, caloric), η οποία αποτελεί το μέσον άπωσης των ατόμων. Το μόνο στοιχείο μέτρησης ήταν το βάρος των ουσιών, οπότε σκέφτηκε να δημιουργήσει μία συγκριτική κλίμακα βαρών και να προσδιορίσει τις διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των βαρών των στοιχείων. Προχώρησε σε κάποιες αυθαίρετες επιλογές, υποθέτοντας ότι, μία ένωση δύο στοιχείων Α και Β απαρτίζεται από ένα άτομο του ενός στοιχείου και ένα άτομο του άλλου, δηλαδή ΑΒ. Το νερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Τις ενώσεις αυτές τις ονόμασε δυαδικές (binary). Όταν τρία στοιχεία Α, Β και Γ σχηματίζουν μία ένωση τότε αυτή είναι τριαδική (ternary) κι αποτελείται από τρία άτομα, ΑΒΓ. Για τις περισσότερες ενώσεις ο Dalton υπέθεσε ότι, ήταν δυαδικές. Αργότερα όταν είδε ότι, ένα στοιχείο σχηματίζει περισσότερες της μιας ενώσεις όπως το άζωτο με το οξυγόνο, τότε σχηματίζονται ενώσεις με περισσότερα άτομα του ενός από το ένα εκ των δύο στοιχείων. Τότε δεν είχε παγιωθεί η άποψη ότι, το υδρογόνο ήταν συστατικό στοιχείο για την ένωση του νιτρικού οξέος.



Τα χρησιμοποιούμενα ατομικά σύμβολα του Dalton είναι πιο βελτιωμένα από αυτά του Ζοφρουά στους πίνακες του τελευταίου των χημικών συγγενειών (raports). Ο Dalton ονόμασε άτομα και τα στοιχειώδη σωματίδια των ενώσεων, αυτά που αργότερα ονομάστηκαν μόρια (molecules) από τον Avogadro και καθιερώθηκαν με αυτό το όνομα από τον Cannizzaro. [58]

John Dalton (1766-1844)



Ο John Dalton (1766-1844) γεννήθηκε στο Eaglesfield σε ένα πολύ μικρό χωριό κοντά στο Cockermouth του Cumberland. Ο πατέρας του ένας φτωχός υφαντής ανήκε στην προτεσταντική αίρεση των κουακέρων (Quakers), που είχε κάποια μεγάλη επίδραση στις ΗΠΑ. Οι πρώτες του γνώσεις αποκτήθηκαν το 1776 σε σχολείο των κουακέρων, στο οποίο είχε την τύχη να έχει δάσκαλο έναν κατασκευαστή μετεωρολογικών οργάνων τον Elihu Robinson. Ο Ρόμπινσον του ενέπνευσε το ενδιαφέρον για τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις και την επίλυσή τους με αυτοσχέδιους μαθηματικούς συλλογισμούς. Σε ένα ημερολόγιο με ημερομηνία έναρξης το 1787, εποχής με έντονη παρουσία του Βόρειου Σέλαος, άρχισε να γράφει τις κλιματικές διαταραχές της Περιοχής των Λιμνών (Lake District). Διατήρησε αυτές τις μετεωρολογικές του παρατηρήσεις του ανελλιπώς μέχρι το θάνατό του, καταχωρώντας πάνω από 200000 καταγραφές.

Στα 1781 ο Dalton άρχισε να διδάσκει στο σχολείο του εξαδέλφου του στο Kendal, όπου είχε την τύχη να συναντήσει ένα τυφλό μαθηματικό, φιλόσοφο και φυσιοδίφη τον John Gough (Γκαφ), ο οποίος του έμαθε μαθηματικά, γλώσσες και γενικά τις φυσικές επιστήμες. Στα 1793 με τη μεσολάβηση του Γκαφ, ο Dalton προσλήφθηκε στο πρεσβυτεριανό Νέο Κολέγιο (New College) της Ακαδημίας του Manchester. Στο Μάτσενστερ παρέμεινε μέχρι το τέλος της ζωής και ανέπτυξε την περαιτέρω επιστημονική του δραστηριότητα. Όταν το κολέγιο μεταφέρθηκε στο Γιορκ το 1799, ο Dalton παραιτήθηκε για να έχει χρόνο να ασχοληθεί με τα επιστημονικά του πειράματα.

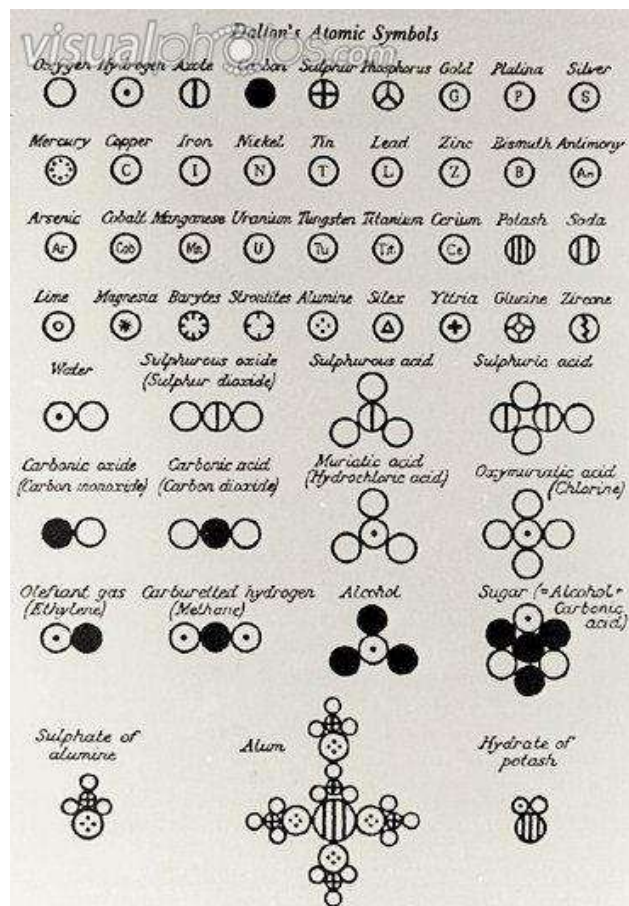
Ο Dalton ήταν ουσιαστικά αυτοδίδακτος και ως συστηματικός μετεωρολόγος έδωσε πολλές σχετικές μελέτες πάνω στα κλιματικά

φαινόμενα. Το Βόρειο Σέλας το απέδωσε στην επίδραση του μαγνητικού πεδίου της γης, που είχε ένα ρευστό με σιδηρομαγνητικές ιδιότητες. Τα πορίσματα αυτά τα εξέδωσε στην πρώτη του σημαντική επιστημονική εργασία με τίτλο "Meteorological Observations and Essays", (Μετεωρολογικές παρατηρήσεις και δοκίμια). Ο ίδιος γνώριζε τα προβλήματα της όρασής του, δεν αναγνώριζε το κόκκινο και το πράσινο χρώμα, ασθένεια της αχρωματοψίας, που σήμερα την ονομάζουμε και ως δαλτωνισμό, γι' αυτό ασχολήθηκε και με τα προβλήματα των χρωμάτων, δημοσιεύοντας την εργασία του με τίτλο: "Extraordinary Facts relating to the Vision of Colours", (Εξαιρετικά γεγονότα σχετιζόμενα με την Όραση των Χρωμάτων). Στα 1801 στη Φιλοσοφική εταιρεία διάβασε μια εργασία του "On the Constitution of Mixed Gases", (Περί της σύστασης των **μικτών αερίων**), με την οποία βεβαίωνε ότι, ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι μίγμα αερίων και κάθε συστατικό συμβάλλει στην ολική πίεση του μίγματος. Εισηγάγε τη μερική πίεση αερίου συστατικού μίγματος και το νόμο ότι, το άθροισμα των μερικών πιέσεων των αερίων συστατικών του μίγματος είναι ίσο με την ολική πίεση που ασκεί το μίγμα (Νόμος του Dalton για τα αέρια). Την ίδια χρονιά ανακοίνωσε δύο εργασίες, η πρώτη με τίτλο: "Force of Steam", (Δύναμη του Ατμού) και τη δεύτερη: "On Evaporation", (Επί της Εξάτμισης). Από την εποχή εκείνη η ατομική θεώρηση της ύλης ήταν το οπλοστάσιο του Dalton, για τις εξηγήσεις που έδινε στα αέρια, παριστάνοντας αυτά με κυκλικά σχήματα και με έναν ιδιαίτερο συμβολισμό που εισήγαγε για τα άτομα κάθε στοιχείου.

ELEMENTS			
	<u>Wt.</u>		<u>Wt.</u>
⊙ Hydrogen	1	⊙ Copper	56
Ⓛ Azote	5	Ⓛ Lead	90
● Carbon	6	Ⓢ Silver	190
○ Oxygen	7	Ⓢ Gold	190
Ⓜ Phosphorus	9	Ⓜ Platina	190
⊕ Sulfur	13	⊕ Mercury	167

Καθοδηγούμενος ο Dalton από τα ισοδύναμα του Richter προχώρησε σε μια συμβατική σύγκριση των βαρών των διαφόρων ουσιών ως προς ένα γραμμάριο υδρογόνου, οπότε προέκυψε η πρώτη κλίμακα σχετικών βαρών ατόμων στοιχείων και ουσιών (λογιζόμενου με τα σημερινά δεδομένα του ατόμου ένωσης ως το μόριο αυτής). Το πρωτότυπο αυτό εγχείρημα καθιστά τα δαλτονικά άτομα όχι πλέον ως ελάχιστες μονάδες σύνθεσης ουσιών, αλλά μονάδες συνδυασμού. Με την δαλτονική ατομική υπόθεση «Δεν πρόκειται πλέον να γίνει η εξήγηση του περίπλοκου ορατού κόσμου με έναν απλό αόρατο», όπως θα πει πολύ αργότερα ο Περέν (Perrin), αλλά να επιλυθούν τα χημικά γλωσσικά προβλήματα, οι τύποι και η ταξινόμηση των

ουσιών. Δεν απαιτούν για να ερμηνεύσουν τα χημικά φαινόμενα με την ύπαρξη του κενού και της έλξης (δηλαδή της χημικής συγγένειας), αλλά φιλοδοξούσαν να αποκαταστήσουν απλά μία σύνδεση μεταξύ των χημικών πειραματικών δεδομένων και της ερμηνείας των αλλαγών που συνοδεύουν αυτά. Ήταν αναμφισβήτητα μία επιτυχία χωρίς προηγούμενο.



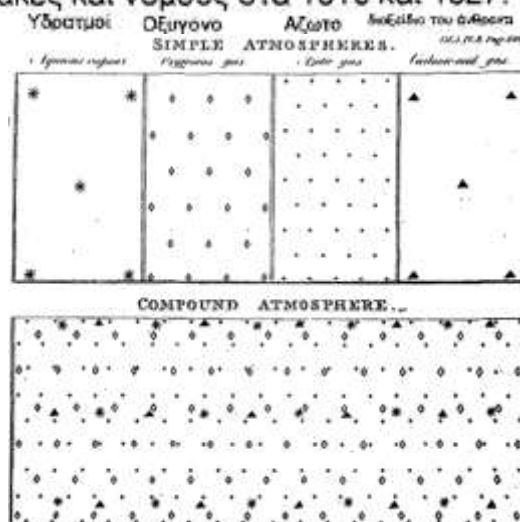
v600027 [RM] © www.visualphotos.com

Στην παραπάνω σελίδα από το "A New System of Chemical Philosophy" του Dalton βλέπουμε πως απεικονίζεται το άτομο του υδρογόνου ή του οξυγόνου. Την ένωση του νερού (σχήμα 21) την αποδίδει σε χημικό τύπο που θα το γράφαμε ως HO . Ανήκει στις δυαδικές ενώσεις. Άτομα ονομάζονται και οι ενώσεις που σχηματίζονται. Το άτομο αμμωνία επίσης χαρακτηρίζεται ως δυαδική ένωση αποτελούμενη από 1 άτομο αζώτου και 1 άτομο υδρογόνου (σχήμα 22). Το άτομο αιθυλένιο (olefiant gas) αποτελείται από 1 άτομο άνθρακα και 1 άτομο υδρογόνου (σχήμα 24). Το άτομο νιτρικό οξύ είναι τριαδική ένωση και αποτελείται από 1 άτομο αζώτου και 2 άτομα οξυγόνου (σχήμα 27). Το άτομο αλκοόλης, δηλαδή αιθανόλης, 3 άτομα άνθρακα + 1 άτομο υδρογόνου (σχήμα 33, με σχετικό βάρος 16).

Τα σχετικά ατομικά βάρη των στοιχείων αζώτου, άνθρακα, οξυγόνου, φωσφόρου, θείου, σιδήρου, χαλκού, μολύβδου, αργύρου, χρυσού και υδραργύρου ως προς το υδρογόνο είναι αντίστοιχα 5, 5, 7, 9, 13, 38, 56, 56, 95, 140 και 167. Όπως φαίνεται στον πίνακα της σελίδας 219 υπάρχουν και κάποια στοιχεία, τα οποία ήταν τότε οξειδία στην πραγματικότητα αυτών

των στοιχείων. Οι Πίνακες αυτοί είχαν όπως παρατηρούμε μεγάλες αποκλίσεις από τις σημερινές τιμές των ατομικών βαρών, όμως αυτές δεν εμπόδισαν τους κατοπινοίς χημικούς να εδραιώσουν την ατομική υπόθεση του Dalton, να κάνουν διάκριση μεταξύ ατόμου στοιχείου και ατόμου ένωσης με την εισαγωγή της έννοιας του μορίου και να αναπτύξουν αυτή τη χοντροκομμένη δομική (συντακτική) απεικόνιση των ουσιών, δίνοντας στη χημεία μια τεράστια ορμή στη σύνθεση νέων ενώσεων και ανακάλυψη νέων στοιχείων, αποσαφηνίζοντας πιο ορθολογικά το περιεχόμενο της έννοιας του στοιχείου. [58, 65, 43]

Στα 1802 ανακοίνωσε την πραγματεία του: "On the Expansion of Gases by Heat", (Επί της εκτόνωσης των αερίων από τη θερμότητα) και στα 1805 της: "On the Absorption of Gases by Water" (Επί της απορρόφησης των αερίων από το νερό). Σε αυτήν την τελευταία εργασία και στο τέλος της παρέθεσε πίνακα με τα *σχετικά βάρη* των διαφόρων στοιχείων, προσδιορισμένα ως προς το βάρος του υδρογόνου, που το θεωρούσε ίσο με 1 αυθαίρετα. Για τις μετρήσεις των σχετικών βαρών ο Dalton ακολούθησε το νόμο των σταθερών λόγων του Proust, σύμφωνα με τον οποίον για το σχηματισμό μιας ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία, ο λόγος των μαζών τους είναι πάντοτε σταθερός. Στην εργασία αυτή διατύπωσε και το νόμο των πολλαπλών αναλογιών, όταν είδε ότι το άζωτο σχηματίζει περισσότερες της μιας ενώσεις με το οξυγόνο ή ο άνθρακας με το οξυγόνο ή ο άνθρακας με το υδρογόνο. Διαπίστωσε πειραματικά ότι, σε αυτούς του συνδυασμούς (π.χ. άζωτο με οξυγόνο) προς σχηματισμό συγγενών ενώσεων, το ίδιο βάρος του ενός στοιχείου συνδέεται με βάρη του άλλου στοιχείου που είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης τιμής. Κατασκεύασε πρότυπα ατόμων και ενώσεων, που δημοσιεύθηκαν στο "A New System of Chemical Philosophy" (Ένα νέο σύστημα χημικής φιλοσοφίας) το 1808, το οποίο συμπλήρωσε με πίνακες και νόμους στα 1810 και 1827.



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΑΤΟΜΑ

Ο John Dalton σχεδίασε αυτά τα διαγράμματα το 1802. Ήταν δεινός μετεωρολόγος και γνώριζε ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας συνίσταται από πολλά διαφορετικά αέρια-υδατμοί, οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα-, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα,

αναπτύσσοντας την ατομική θεωρία των αερίων, ερμηνεύοντας γιατί αυτά τα αέρια δεν σχηματίζουν διακριτά στρώματα.



Συλλογή μεθανίου από τον John Dalton σε πίνακα του Ford Madox Brown.

Οι χημικές αντιλήψεις του Dalton βρήκαν έναν ένθερμο υποστηρικτή στην Αγγλία τον Σκώτο χημικό Thomas Thomson (1773-1852) από τη Γλασκόβη. Ο Thomson επισκέφθηκε το Dalton στα 1804 και εξέτασε όλες τις λεπτομέρειες της ατομικής θεωρίας ο οποίος με ενθουσιασμό δημοσίευσε για την ατομική θεώρηση του Dalton στο "System of Chemistry", ένα βιβλίο που αποτέλεσε το πρώτο μέρος στο "New System of Chemical Philosophy" του Dalton, που εκδόθηκε στα 1808. Στις σημειώσεις του Dalton δεν βρέθηκαν μνημονεύσεις των ισοδυνάμων του Richter, ενώ υπάρχουν από το Statique Chimique του Berthollet. Αλλά όπως μας λέει ο Thomson επιχειρήθηκαν ερμηνείες στο νόμο των ισοδυνάμων του Richter με βάση την ατομική θεωρία του Dalton.

441 6-1103

Characteristics of Elements

- Hydrogen
- Oxygen
- Azote
- Carbon ~~from charcoal~~
- ⊕ Sulphur
- Nitrogen oxide
- Nitrous gas
- Nitrous acid
- Nitric acid
- Water
- Ammonia
- Gaseous oxide of carbon
- Carbonic acid
- Sulphurous Acid
- Sulphuric Acid

Fig. 20.—Diagram from Dalton's *NEW SYSTEM OF CHEMICAL PHILOSOPHY*, showing his ORIGINAL SYSTEM, adapted to the ELEMENTS, and his METHOD OF COMBINING THEM TO FORM THE CLASSIFICATION OF COMPOUNDS.

Abbreviations
 ○ Oxide gas or steam acids
 ● Metallic substances generally
 ⊕ Metals with sulphure usually
 ○○○ Gaseous acids of carbon & nitrogen generally
 ⊕⊕⊕ Salts and other acids
 ⊕⊕⊕ Salts and other acids

A

NEW SYSTEM

OF

CHEMICAL PHILOSOPHY.

PART I.

BY

JOHN DALTON.

Manchester :

Printed by A. KERR, 105, DEANSGATE,

1808.

R. BICKERTON, WINDMILL, LONDON.

1808.

Ο Τόμσον και ο φίλος του γιατρός και χημικός Γουόλαστον (William Hyde Wollaston, 1766-1828) εδραίωσαν το νόμο των απλών πολλαπλασίων στα 1808 και ο δεύτερος εισάγει την έννοια του **ισοδυνάμου βάρους** (equivalent weight) με την οποίαν αντικαθιστά το ατομικό βάρος του Dalton και προσδιορίζει τα «ισοδύναμα βάρη» των ουσιών ως προς το οξυγόνο, που λαμβάνει αυθαίρετα ως 100. Η νέα αυτή σύμβαση μπερδεύει τις έννοιες του *ισοδυνάμου* και του ατομικού, κάνοντας την έννοια του ατόμου περιττή, εφόσον το ισοδύναμο επαρκεί στην εξυπηρέτηση των αναγκών της αναλυτικής χημείας. Με όλη αυτή την προκαλούμενη σύγχυση η έννοια του ατόμου γίνεται θεμελιώδης έννοια της χημείας με την οποίαν απλά χαρακτηρίζουν τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Στην ελληνική γλώσσα, στις προεπαναστατικές χημείες όπως είδαμε, αυτός ο σωματιδιακός χαρακτήρας των ουσιών αποδίδεται τότε με το άτομο τότε με το μόριο.

Τα ατομικά βάρη του Dalton βρήκαν τον κατάλληλο άνθρωπο για να τα επιβάλλει. Ήταν ο Berzelius, ο οποίος με βάση τους πίνακες του Dalton εισήγαγε τα σημερινά σύμβολα των στοιχείων από τα αρχικά γράμματα των λατινικών τους ονομασιών. Στο παρακάτω σχήμα από γαλλική έκδοση χημείας του Μπερζέλιους έχουμε τα σύμβολα των στοιχείων και τα σχετικά ατομικά βάρη του Dalton στην πρώτη στήλη (ως προς το υδρογόνο $H = 1$) και του Wollaston στη δεύτερη στήλη (τα ισοδύναμα βάρη όπως ονόμαζε τα ατομικά βάρη ο Wollaston, ως προς το οξυγόνο $O = 100$).

Noms des substances	Formules	« Poids de l'atome » (22)	
		O = 100	H = 1
Hydrogène	H	6,2398	0,50
	H	12,4796	1,00
Carbone	C	76,44	6,43
Eau	$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{H}}}$	112,48	9,01
Ac. sulfurique (24)	$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{S}}}$	301,16	10,16
Soude (25)	Na	390,90	31,32
Chlor. sodique (26)	NaCl	733,55	58,78
Alcool	C ₂ H ₅ O	290,31	23,26

Άγνωστος τότε της έννοιας του μορίου και του μοριακού τύπου, ο Μπερζέλιους έγραψε και τους πρώτους χημικούς τύπους, τοποθετώντας τον αριθμό των ατόμων που μετέχουν σε κάθε μόριο ένωσης (το ονόμαζε «άτομο ένωσης») ως εκθέτη. Για παράδειγμα τα οξειδία του σιδήρου το 1818 τα απεικόνισε ως FeO^2 (ferrous) και FeO^3 (ferric), τα οποία στα 1826 μετέβαλε σε FeO και Fe_2O_3 . Ο πίνακας αυτός δημοσιεύτηκε από τον Berzelius το 1818 και διαρκώς έκτοτε αναθεωρείται κι ανανεώνεται από τον ίδιο. Στα 1829 εκδίδει την *Πραγματεία του για τη χημεία*, η οποία μεταφράστηκε στα γαλλικά το 1838. Γι' αυτό το τελευταίο έργο του καυχιέται, ότι, όλες οι αριθμητικές τιμές, που παραθέτει, έχουν ελεγχθεί από τον ίδιο πειραματικά, άρα είναι αδιαμφισβήτητες. Οι νέοι αυτοί πίνακες αποτελούν μία εγγύηση για τους τότε χημικούς και ένα κριτήριο διεθνής αναφοράς μέχρι το 1840 περίπου.

Το γεγονός αυτό προκάλεσε και άλλους Γάλλους χημικούς, όπως ο Jean Baptiste Dumas, Jean Servais Stas (1813-1891) ή τον Ελβετό Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894, ο πρώτος που εντόπισε τα ισότοπα). Ο Stas εργαζόμενος αρχικά με το Dumas στην οργανική χημεία (αργότερα καθηγητής στο πανεπιστήμιο των Βρυξελλών), προσδιόρισε τα ατομικά βάρη του άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου στα 1840, επανερχόμενος με πολύ προχωρημένες μεθόδους επαναπροσδιόρισε αυτά και των άλλων όμως γνωστών στοιχείων μεταξύ των χρόνων 1860-1865. Οι τιμές αυτές θεωρούνταν οι καλύτερες για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο τρόπος αυτός γραφής των χημικών ενώσεων συνεχίστηκε από πολλούς εδραιωτές της οργανικής χημείας μέχρι τα 1860.

Κατά τη διάρκεια του 1830-1840 γεννήθηκαν τα φαινόμενα του **ισομορφισμού** (isomorphism, από τις ελληνικές λέξεις ίσος και μορφή) και του **ισομερισμού** (isomerism, από τις ελληνικές λέξεις ίσα μέρη). Οι πρώτες περιπτώσεις ισομορφισμού διερευνήθηκαν από τον Eihard Mitscherlich (Oldenburg 1794-Berlin 1863) σε ζεύγη αλάτων που έχουν τους χημικούς τύπους: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ και $\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, όπως στα $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ και

$\text{NaH}_2\text{AsO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, εξαγοντας το συμπέρασμα το 1819 ότι έχουν συνήθως αναλόγους τύπους, σημειώνοντας: «Κάθε αρσενικό έχει το αντίστοιχό του φωσφορικό,, που συντίθενται από τα ίδια μέρη, συνδυάζεται με την ίδια ποσότητα νερού και είναι προικισμένα με τις ίδιες φυσικές ιδιότητες». Ένα χρόνο μετά κατέληξε στο **νόμο του ισομορφισμού**: «ο ίδιος αριθμός ατόμων, συνδυάζεται με τον ίδιο τρόπο, παράγοντας τον ίδιο κρυσταλλικό σχηματισμό· ο κρυσταλλικός σχηματισμός είναι ανεξάρτητος της χημικής φύσης των ατόμων και προσδιορίζεται αποκλειστικά από τον αριθμό τους και τον τρόπο συνδυασμού». [58]



William Hyde Wollaston

(6 Αυγούστου 1766 – 22 Δεκεμβρίου 1828), Άγγλος χημικός.

Αξιζει να υπογραμμίσουμε με τη σπουδαία αυτή ανακάλυψη του Mitscherlich (μαθητής του Berzelius), ότι ο Berzelius σκέφτηκε να αναγάγει ισόμορφες ενώσεις με τον ίδιο χημικό τύπο και να επιτείνει στην καθιέρωση του σύγχρονου χημικού συμβολισμού. Για παράδειγμα το χρωμικό οξύ με το θειικό παριστάνονται με τους τύπους CrO^3 και SO^3 (πολύ αργότερα τους έγραφε σε μορφή υδριτών).

Στα 1823 ο Wohler ανέλυσε το κυανικό οξύ (HO-CN) και το 1824 ο Liebig το ισομερές του κυανικού, ασταθές κι εξόχως εκρηκτικό (H-N=C=O). Τα μετά αργύρου άλατα του φουλμινικού οξέος (fulminic acid, από τις λατινικές λέξεις fulmen, fulmin, που σημαίνει φωτισμός) είχαν απομονωθεί το 1798 από το L. G. Brugnatelli. Σήμερα το φουλμινικό οξύ ονομάζεται ισοκυανικό. Ο Berzelius έδειξε αργότερα, ότι, αυτές οι ενώσεις είχαν την ίδια σύσταση και στα 1827 αναγνώρισε την ύπαρξη του φαινομένου του ισομερισμού (isomerism από τις ελληνικές λέξεις ίσα μέρη) και έγινε νονός του φαινομένου. Σημείωσε μάλιστα: «φαινεται ότι μπορούν τα απλά άτομα των ουσιών να συντεθούν, ενοποιούμενα το ένα με το άλλο με διαφορετικούς τρόπους». Η έννοια του σθένους είχε αθέατα τεθεί γαι πρώτη φορά και οι συντακτικοί τύποι είχαν έστω αμυδρά διατυπωθεί με λέξεις, ενώ ο συμβολισμός με χημικούς τύπους είχε μian περιπέτεια, με τη δημιουργία μεγάλης σύγχυσης στους χημικούς. Η σύγχυση διαλύθηκε αργά και σταθερά με προταθέντες τύπους κάποιων χημικών, που διέθεταν μian απλότητα, οι οποίοι είχαν την τόλμη να έρθουν σε αντίθεση με το καθηγητικό κατεστημένο, που συντηρούσε τη σύγχυση. [58]

Το μεγάλο πρόβλημα της εποχής εκείνης ήταν η αναζήτηση μεθόδων προσδιορισμού ακριβών τιμών ατομικών βαρών. Ένας νόμος, που έδινε μία ικανοποιητική μέθοδο στο πρόβλημα αυτό, ήταν ο νόμος *συνδυασμού των*

αερίων ουσιών μεταξύ τους (*Memoir on the Combination of Gaseous Substances with Each Other*) του Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) που διατύπωσε στα 1808. Επαναλαμβάνοντας το πείραμα του Cavendish, παρατηρεί ο Gay-Lussac ότι, το υδρογόνο και το οξυγόνο ενώνονται με αναλογία όγκων 2:1 για να δώσουν νερό (εννοείται στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας). Συνεχίζει τα πειράματά του και με άλλα αέρια, διαπιστώνοντας ότι, ένας όγκος αζώτου αντιδρά με τριπλάσιο όγκο υδρογόνου για να δώσει αμμωνία, ή ένας όγκος αζώτου αντιδρά με μισό, ένα ή δύο όγκους οξυγόνου, προκειμένου να δώσει τα αντίστοιχα οξειδία. Το συμπέρασμα του νόμου ήταν τα αέρια στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους με αναλογία όγκων (μετρουμένων στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας) απλών ακεραίων αριθμών 1:1 ή 1:2 ή 1:3 κ.ο.κ. Ένα άλλο συμπέρασμα που εξήγαγε_ ήταν, ότι, αν το προϊόν ήταν αέριο, τότε ο όγκος του είναι διπλάσιος από τον μικρότερο όγκο αντιδρώντος στοιχείου. Π.χ. ο όγκος της αμμωνίας είναι διπλάσιος από τον όγκο του αντιδρώντος αζώτου κατά την παρασκευή αμμωνίας από άζωτο και υδρογόνο, ή ο όγκος του υδροχλωρίου_ που παράγεται από την αντίδραση υδρογόνου και χλωρίου είναι διπλάσιος από τον όγκο υδρογόνου ή τον όγκο χλωρίου.

Ο Dalton ουδέποτε αποδέχτηκε τις παρατηρήσεις του Gay-Lussac, ενώ ο Berzelius, που πηγαινοερχόταν στο Παρίσι, τις χρησιμοποιούσε, όπου αυτές ήταν δυνατόν, για να προσδιορίσει τα ατομικά βάρη των αερίων ουσιών. Παρ' όλα αυτά ο Berzelius ποτέ δεν επέκτεινε τα συμπεράσματά του από αυτόν τον εμπειρικό νόμο των αερίων του Gay-Lussac κι ο νόμος αυτός δεν μπορούσε να δεθεί με την ατομική υπόθεση του Dalton. Δεν μπορούσαν τότε οι χημικοί να διανοηθούν την ύπαρξη των σημερινών μορίων των στοιχείων. Τα σωματίδια άτομα ή μόρια, όπως και αν τα ονόμαζαν, ήταν ταυτόσημα από πλευράς περιεχομένου. Δεν μπορούσαν να φανταστούν ότι, δύο ίδια άτομα ενός στοιχείου με την ίδια χημική συγγένεια, την ίδια έλξη, μπορούσαν να δημιουργήσουν σταθερό μοριακό οικοδόμημα. Η δυαδική θεωρία συνδυασμού θετικού κι αρνητικού φορτίου για το σχηματισμό ένωσης του Berzelius εμπόδιζε τη σκέψη των τότε χημικών, να οδηγηθούν σε ένα τέτοιο συμπέρασμα, οπότε στο παρακάτω ερώτημα, ενώ υπήρχαν απαντήσεις, αυτές έμειναν στην αδράνεια. Ατομικά βάρη, ισοδύναμα βάρη, άτομα, μόρια, όλα βρισκόντουσαν σε μια αδιευκρίνιστη κατάσταση, με παλινδρομήσεις, διαμάχες, εισαγωγή νέων άσκοπων εννοιών, αυξάνοντας τη σύγχυση και την αταξία.



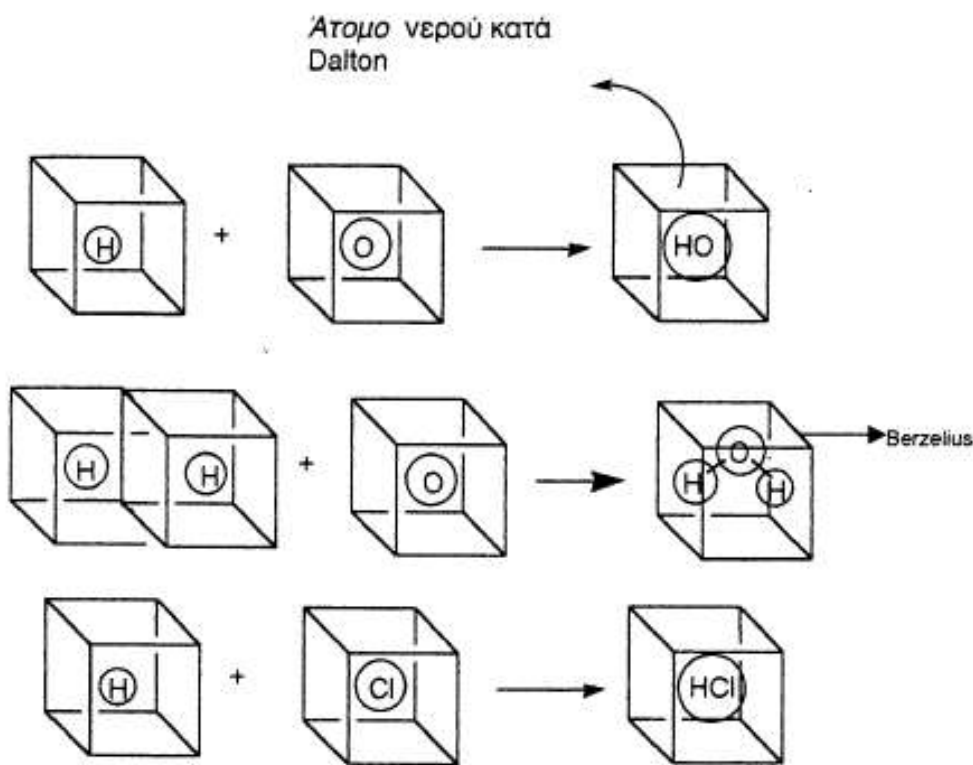
Κόμης Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregna e di Cerreto (1776-1856).

Το ερώτημα με το νόμο συνδυασμού των αερίων του Gay-Lussac, που προέκυψε, διαγράφεται ως εξής: Ποια ήταν η σχέση του όγκου των αερίων στοιχείων και των αντιδρώντων στοιχειωδών σωματιδίων τους; Στο ερώτημα αυτό δόθηκαν σπουδαίες απαντήσεις από τον Ιταλό αυτοδίδακτο φυσικό και χημικό Avogadro. Ο κόμης Amédeo Avogadro (1776-1856) ένας Ιταλός δικηγόρος, που πήρε την έδρα της μαθηματικής φυσικής στο Τορίνο εμφανίζει στα γαλλικά δύο σπουδαία υπομνήματα στα 1811 και το άλλο στα 1814 με αφορμή το νόμο των αερίων του Gay-Lussac. Αναφέρει στο Gay-Lussac τα αποτελέσματα των εργασιών του και γράφει συγκεκριμένα: «πρέπει να αποδεχτούμε ότι υπάρχουν πολύ απλές σχέσεις μεταξύ των όγκων των αερίων ουσιών και του αριθμού των απλών μορίων¹ ή των μορίων ενώσεων στις οποίες μετασχηματίζονται αυτά. Η πρώτη υπόθεση, που παρουσιάζω γι' αυτή τη σύνδεση κι η οποία είναι καταφανέστατα ως η μόνη αποδεκτή, είναι ότι ο αριθμός των ακεραίων μορίων σε όλα τα αέρια, είναι πάντοτε ο ίδιος για ίσους όγκους.... Οι λόγοι των μαζών των μορίων είναι τότε ίδιοι όπως εκείνες των πυκνοτήτων διαφορετικών αερίων στην ίδια θερμοκρασία και πίεση». Με βάση αυτήν την παραδοχή, «ίσοι όγκοι αερίων στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης περιέχουν τον ίδιο αριθμό στοιχειωδών κινούμενων σωματιδίων», μια παραδοχή που στέκει ως άλλος άτλαντας, στηρίζοντας το σύγχρονο οικοδόμημα της φυσικοχημείας, δημιουργούνται οι συνθήκες της ύπαρξης των μορίων στοιχείων, ως συνδυασμού δύο ή περισσότερων ατόμων τους. Με βάση αυτή την αρχή ο Dalton δεν είχε τύχη στην ερμηνεία του νόμου των συνδυασμού των αερίων όγκων του Gay-Lussac, όταν θεωρούσε ότι τα σωματίδια των αερίων στοιχείων που αντιδρούν, ήταν τα άτομα υδρογόνου-οξυγόνου και υδρογόνου-χλωρίου στη δεύτερη περίπτωση. Για το Dalton, αν ίσχυε η υπόθεση του Avogadro² (1811), η οποία διατυπώθηκε παράλληλα κι ανεξάρτητα από τον Ampère το 1814, οι ατομικές θεωρήσεις του δεν θα ίσχυαν και οι τιμές των ατομικών βαρών θάπρεπε να εξαφανιστούν. Ο Dalton επισημάνει προς στιγμήν τις δυσκολίες της ατομικής υπόθεσης, ότι δηλαδή τα άτομα των στοιχείων είναι αυτά που αντιδρούν και σχηματίζουν χημικές ενώσεις. Σημειώνει μετά την ανακοίνωση του Avogadro για τη μοριακή δομή των στοιχείων ότι, τα μικρότατα σωματίδια δεν είναι απαραίτητο να είναι τα απλά άτομα. Γράφει συγκεκριμένα: «...αλλά είναι κατασκευασμένα από ένα βεβαιωμένο αριθμό αυτών των ατόμων, που ενοποιούνται σε σχηματισμούς απλών μορίων (*molecules*)». Η τοποθέτηση αυτή ήταν στιγμιαία και δεν ενίσχυσε τελικά τη μοριακή υπόθεση της ύλης, γιατί τελικά θάφτηκε από τις τοποθετήσεις του «Νέου Συστήματος της Νέας Χημικής Φιλοσοφίας», που επιβλήθηκε στον τότε επιστημονικό κόσμο της χημείας. Αντίθετα η υπόθεση του Avogadro ξεχάστηκε για 40 περίπου χρόνια, μέχρι να την ανασύρει ένας συμπατριώτης του ο Cannizzaro.

¹ Με τη λέξη μόριο (*molecule*) ο Avogadro εννοούσε τη λέξη άτομο, όπως οι Έλληνες προεπαναστατικοί δάσκαλοι (Κούμας, Ηλιάδης, Γαζής) μόριο και άτομο ήταν η ελληνική απόδοση του στοιχειώδους σωματιδίου. Άλλωστε ο Berzelius και ο Dalton χρησιμοποιεί τους όρους **άτομο στοιχείου** και **άτομο ενώσης**. Ο Avogadro στη λέξη άτομο (*atom*) χρησιμοποιεί τη λέξη **στοιχειώδες μόριο** (*elementary molecule*) ή «μισό μόριο» (*half molecule*).

² Υπόθεση Avogadro-Ampère: «ίσοι όγκοι αερίων στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας περιέχουν το ίδιο αριθμό στοιχειωδών κινούμενων σωματιδίων».

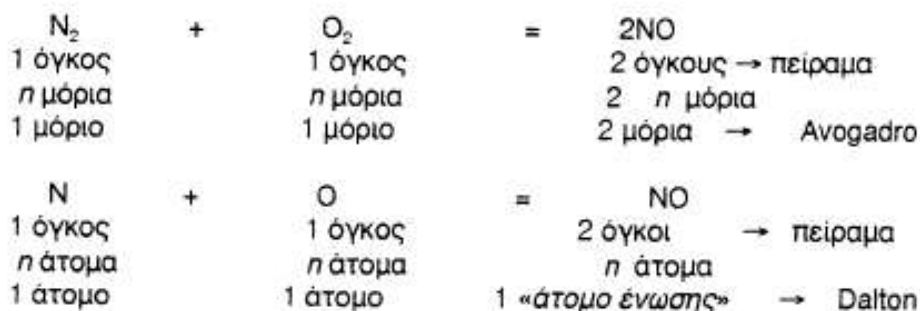
Στο παρακάτω σχήμα η αντίδραση του υδρογόνου με το οξυγόνο σύμφωνα με το Dalton, σχηματίζει νερό με χημικό τύπο HO (άτομο νερού), ενώ σύμφωνα με το Berzelius σχηματίζει νερό με τύπο H²O (άτομο νερού). Η διαφορά δείχνεται στο παρακάτω σχήμα.



Η Υπόθεση Dalton (τα άτομα αντιδρούν και σχηματίζουν άτομα ενώσεων). Η διαφοροποίηση του Berzelius στο μέσον.

Κατά Avogadro-Ampère υποστηρίζουν τη θέση «ίσοι όγκοι αερίων ... περιέχουν τον ίδιο αριθμό σωματιδίων». Τα σωματίδια είναι κατά τον Avogadro τα μόρια στοιχείων. Κάθε μόριο αποτελείται από δύο άτομα του ίδιου στοιχείου (απλού σώματος). Αν τα αντιδρώντα σωματίδια ήταν άτομα, όπως υποστήριζε ο Dalton και ίσχυε η παραδοχή των ...ίσων σωματιδίων στους ίσους όγκους αερίων..., τότε 2 άτομα υδρογόνου με 1 άτομο οξυγόνου σχηματίζει 1 άτομο ένωσης νερού, το πείραμα όμως δείχνει 2. Το ίδιο ισχύει και για την παρασκευή αερίου υδροχλωρίου από άτομα υδρογόνου και χλωρίου. 1 άτομο υδρογόνου (1 όγκος) και 1 άτομο χλωρίου (1 όγκος) δίνουν πειραματικά δύο άτομα μουριατικού οξέος (HCl, σημερινά μόρια υδροχλωρίου, 2 όγκους), ενώ με τη θεώρηση του Dalton 1 άτομο HCl (δηλ. 1 όγκο και όχι δύο). Η θεώρηση του Dalton εύκολα φαίνεται ότι είναι εσφαλμένη ως προς τη φύση των αντιδρώντων αερίων στοιχείων, γιατί δεν βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα.

Οι συνέπειες της υπόθεσης Avogadro εμφανίζονται στο παρακάτω παράδειγμα, όπου τα αντιδρώντα θεωρούνται διατομικά στοιχειώδη σωματίδια και τα οποία έρχονται σε πλήρη συμφωνία με τα δεδομένα του πειράματος:

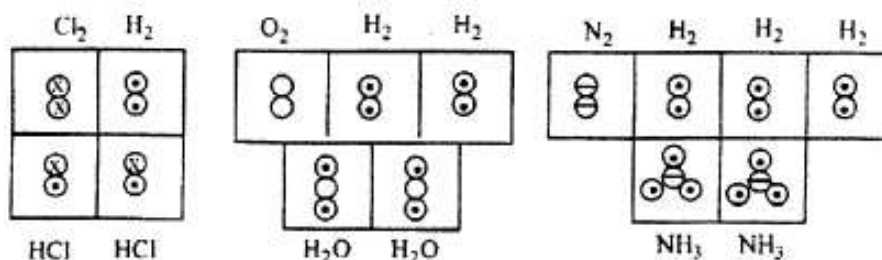


Ως γνωστόν τότε θεωρούσαν, ότι, ίσοι όγκοι αερίων μετρουμένων στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας περιέχουν τον ίδιο αριθμό κινουμένων σωματιδίων, μία αρχή θεμελιώδης που ισχύει μέχρι σήμερα. Αν τα στοιχειώδη σωματίδια, που αντιδρούσαν, ήταν τα άτομα, τότε θα παίρναμε έναν όγκο αερίου αζώτου(II) οξειδίου και όχι δύο, αποτέλεσμα του πειράματος. Η υπόθεση του Avogadro για τη μοριακή συγκρότηση των στοιχείων ταυτίστηκε πλήρως με τα δεδομένα, που οικοδόμησαν το νόμο συνδυασμού των αερίων όγκων του Gay-Lussac. Ο Berzelius σε υπομνήματά του αναφέρει τη θεωρία του Avogadro: «υπάρχει ένας τρόπος να αντιπροσωπεύσουμε τα άτομα από ομάδες (εννοεί τα μόρια), με την παραδοχή ότι, τα άτομα των μορίων (*molecules*) του απλού σώματος (εννοεί το στοιχείο) ανταλλάσσονται με τα άτομα των μορίων του άλλου, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να παρατηρούνται αέριες ενώσεις με τον ίδιο αριθμό μορίων να περιέχονται σε δεδομένο όγκο», (58). Στη συνέχεια απορρίπτει το νόμο του Avogadro, εισάγοντας τα πειραματικά αποτελέσματα του Dumas σχετικά με τις πυκνότητες ατμών υδραργύρου, θείου και φωσφόρου, που δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα από τα ατομικά βάρη των στοιχείων αυτών, τα οποία ο Berzelius ορθώς θεωρεί ακριβή, μη γνωρίζοντας ότι, οι αποκλίσεις οφείλονται στην ύπαρξη μορίων S_6 , P_4 , Hg.

Στα 1826 ο νεαρός τότε ανερχόμενος χημικός αστέρας ακούει στο όνομα Jean Baptiste Dumas (1800-1884) ανέλαβε να τοποθετηθεί με έναν ενδιάμεσο τρόπο, σημειώνοντας ότι: «τα αέρια περιστασιακά συνθέτουν μόρια ή άτομα τοποθετούμενα σε ίσες αποστάσεις από αυτό που λέμε ότι αυτά περιέχουν τον ίδιο αριθμό στον ίδιο όγκο», επιβεβαιώνοντας τις ανωμαλίες που παρουσιάζουν οι πυκνότητες των ατμών θείου, φωσφόρου, αρσενικού κι υδραργύρου (S_6 , P_4 , As_2 , Hg), απορρίπτοντας την υπόθεση του Avogadro.

Ο μόνος που αναγνώρισε αμέσως τη μεγάλη σημασία της υπόθεσης Avogadro ήταν ο Marc Antoine Augustin Gaudin³ (1804-1880), ο οποίος υπέδειξε το 1833, ότι, ο αριθμός των ατόμων σε ένα άτομο στοιχείου μπορεί να διαφοροποιηθεί από στοιχείο σε στοιχείο. Προχώρησε μάλιστα σε μια καθαρότατη εφαρμογή της υπόθεσης Avogadro, χρησιμοποιώντας τα παρακάτω διαγράμματα και έφθασε στο σημείο να επαναπροσδιορίσει τις τιμές των ατομικών βαρών των κυριότερων γνωστών τότε στοιχείων, αμφισβητώντας αυτές του Berzelius ή Dalton.

³ Ο Marc Antoine Augustin Gaudin στα 1844 έγραψε τη Νταγκεροτυπία (Daguerreotype)



Η αναφορά στη σωματιδιακή φύση της ύλης από τους χημικούς στις αρχές του 19ου αιώνα γίνεται αναγκαιότητα με την εισαγωγή του δαλτονικού ατόμου, αδιάφορο αν αυτά τα στοιχειώδη σωματίδια λέγονται άτομα ή μόρια. Ο Luis Jaques Thénard (1778-1850), ο οποίος μεταξύ των άλλων ανακάλυψε το υπεροξειδίο του υδρογόνου και τον αιθέρα (1807), σημείωνε ότι, αν γνωρίζαμε το βάρος των ατόμων, το μέγεθός τους, τη **δύναμη** που δεσπόζει στους συνδυασμούς τους, με άλλα λόγια τη **χημική συγγένεια**, θα μπορούσαμε με γεωμετρική ακρίβεια να συνάγουμε ακριβείς πληροφορίες για τη δομή των ενώσεων και για τις διαδικασίες των χημικών φαινομένων. [43, 52]

Το άτομο εισέρχεται σε όλες τις σημαντικές φιλοσοφικές συζητήσεις. Ο φιλόσοφος Καντ (Auguste Comte⁴), δηλώνει στα 1835 στο Cours de philosophie positive, ότι, ο ατομισμός βρίσκεται σε αρμονία με το σύνολο των επιστημονικών εννοιών όλων των ειδών, γενικεύει οικείες κι αυθόρμητες ιδέες και θεωρεί εξαιρετικά ευτυχή και θετική τη μετατροπή της ατομικής θεωρίας σε θεωρία των ισοδυνάμων. Γρήγορα όμως προσθέτει ότι περιορίζεται σε «ένα γλωσσικό τέχνασμα, ενώ η πραγματική σκέψη έχει ουσιαστικά παραμείνει πανομοιότυπη». [43]

Ο Thénard διαφωνούσε ριζικά με τον Avogadro, παραχωρώντας έμμεσα όμως μια δυνατότητα στους συνδυασμούς των ατόμων στα μόρια των στοιχείων, λέγοντας: «Αν η ατομική χημεία έπρεπε να περιοριστεί σε τέτοιου είδους θεωρήσει θα ήταν καθαρά μια επιστήμη εικασιών...». Ο μαθητής του Dumas στα 1836 κάπου πελάγωσε και επανέρχεται στη σιγουριά των χημικών ισοδυνάμων, όπως φαίνεται σε ένα εδάφιο από τα «Leçons de philosophie chimique» (Μαθήματα Χημικής Φιλοσοφίας): «Τι μας έχει απομείνει από τη φιλόδοξη εκδρομή στις περιοχές του ατόμου; Τίποτα, τουλάχιστον τίποτα αναγκαίο. Αυτό που μας έμεινε είναι η πεποίθηση ότι, εκεί η χημεία έχασε το δρόμο της, όπως κάθε φορά που, εγκαταλείποντας το πείραμα, θέλησε να προχωρήσει χωρίς οδηγό στα σκοτάδια. Με το πείραμα ανά χειράς, θα βρείτε τα **ισοδύναμα (equivalents) του Wenzel**, τα **ισοδύναμα του Mitscherlich**, μάταια όμως θα ψάχνετε για τα άτομα, έτσι όπως τα συνέβαλε η φαντασία σας...». [43]

⁴ Ο Καντ ταξινομήσε τις επιστήμες σε θεωρητικές και θετικές, αυτές που χαριτολογώντας μερικοί τις αποκαλούν θετικές κι αρνητικές (τις επιστήμες του εποικοδομηματος).

Jean Baptiste Dumas
(1800-1884)



Ο Jean Baptiste Dumas (Ντιμά) γεννήθηκε σε μια μικρή πόλη που βρίσκεται χαμηλά του ποταμού Ροδανού (Rhône) την Arles το 1800. Ήταν γιος ενός δημοτικού υπαλλήλου της πόλης και στα δεκαπέντε του βρήκε εργασία σε ένα τοπικό φαρμακείο. Ως μαθητευόμενος φαρμακοποιός βρήκε την εργασία μονότονη και πληκτική. Γρήγορα έφυγε και πήγε στη Γενεύη όπου είχε συγγενείς για να συνεχίσει τη μαθητεία του γύρω στα φαρμακευτικά. Στη Γενεύη παρακολούθησε διαλέξεις του Candolle στη βοτανική, του Pictet στη φυσική και του Gaspard de La Rive στη χημεία. Ανακατεύτηκε με τους επιστημονικούς κύκλους της πόλης και συνεργάστηκε με τους γιατρούς πελάτες του φαρμακείου. Γρήγορα αντελήφθηκε την αντισηπτική δράση του ιωδίου σε διάλυμα με ιωδιούχο (ή ιωδίδιο) κάλιο. Το παρασκεύασμα αυτό, εφεύρημα του νεαρού Δουμά (καμιά σχέση συγγενική δεν είχε με τους γνωστούς συγγραφείς Αλέξανδρους Δουμάδες) είχε τεράστια εμπορική επιτυχία για το φαρμακείο του, γνωστό ακόμα και σήμερα σε μας ως *βάμμα ιωδίου*. Μια άλλη χημική επιτυχία ήταν η απομόνωση το ιώδιο από σπόγγους και διερεύνησε τη σύσταση του αίματος, παρασκευάζοντας ένα είδος σύριγγας αφαιμαξης αίματος. Οι εργασίες αυτές κίνησαν την προσοχή ενός διάσημου επισκέπτη της Γενεύης, του γερμανού βοτανολόγου, φυσιοδίφη και πρεσβευτή της Πρωσίας στη Γαλλία Alexander von Humboldt, ο οποίος τον προσκάλεσε να πάει στο Παρίσι για να συνεχίσει τις σπουδές του. Το 1823 πήγε στο Παρίσι και αναδείχτηκε σε γρήγορα σε βοηθό του καθηγητή Thenard της Πολυτεχνικής σχολής (École Polytechnique) του Παρισιού. Το 1835 έγινε καθηγητής στην ίδια σχολή. Αναδείχτηκε ακαδημαϊκός και διετέλεσε υπουργός παιδείας το 1846 κι

αργότερα γεωργίας. Ως υπουργός έθεσε τις βάσεις της σύγχρονης εκπαίδευσης της Γαλλίας, βάσεις που κρατούν μέχρι και σήμερα. Από το 1848 και μετά η ενασχόλησή του με τη χημική έρευνα περιορίστηκε και δεν παρουσίασε κάτι νέο. Είχε σπουδαίους μαθητές, που άφησαν εποχή στη χημεία, όπως ο Wurtz, ο Gerhardt κ.ά. Πέθανε το 1884.

3^ο ΜΕΡΟΣ

Γεννιέται το σθένος (valency/e) και θριαμβεύει

Γεννιέται το σθένος, συνυπάρχει με τη χημική συγγένεια, που αντιστέκεται, στο τέλος όμως επιβάλλεται και διαμορφώνει τις σημερινές θεωρίες της Χημείας.

3.1 Από τη θεωρία των τύπων στο σθένος

Από το χώρο της οργανικής χημείας προετοιμάστηκε αργά και βασανιστικά το έδαφος για να εμφανιστεί η έννοια, που έμελλε να αντικαταστήσει τη χημική συγγένεια. Ήταν η έννοια του **σθένους** (valency/e) η οποία έκανε τα χημικά φαινόμενα να γίνονται καταληπτά σε μοριακό επίπεδο. Μέχρι τότε η ανόργανη χημεία με τους κρυσταλλογράφους της και την ατομική υπόθεση του Ντάλτον εφοδίαζε με έννοιες τη *φυτική* και *ζωϊκή* χημεία, αυτή που μετονομάστηκε σε *οργανική*³⁶ από το Μπερζέλιους, αν και με τον όρο αυτό υπονοούσε περισσότερο, αυτό που αποκαλούμε σήμερα βιοχημεία (**44**). Τώρα οι όροι αντιστράφηκαν και η οργανική χημεία είναι εκείνη, που προμηθεύει έννοιες για την κατανόηση και την ταξινόμηση του ανόργανου κόσμου. Μέσα σε 20 με 30 χρόνια η χημική θεωρία αναδιοργανώνεται και δημιουργεί νέα στοιχεία συνοχής, τα οποία ξεκινούν από τη διερεύνηση του ρόλου των δυνατοτήτων του άνθρακα στην πληθώρα των ενώσεων που ανακαλύπτονται. Η χημική ανάλυση θέτει ανοιχτά το ζήτημα της πολλαπλότητας και της εσωτερικής διευθέτησης των στοιχείων, όπως π.χ. αποδεικνύουν οι εργασίες του Michel Eugène Chevreul (1786-1889) για τα ζωϊκά λίπη, σύμφωνα με τις οποίες όλα αποτελούνται από μεταβλητές ποσότητες τριών λιπαρών οξέων, του στεατικού, «μαργαρικού»³⁷ και ελαϊκού. [*Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*, (δηλαδή Χημικές έρευνες για τα λιπαρά σώματα ζωικής προέλευσης), Παρίσι 1823]

Ο Berzelius με την ηλεκτροχημική θεωρία του δυϊσμού, όπως είδαμε (2.13), θεώρησε ότι οι οργανικές ενώσεις αποτελούνται μόνον από *ρίζες* άνθρακα και υδρογόνου, λογιζομένου του άνθρακα ως αρνητικού και του υδρογόνου ως θετικού, οι οποίες συνδέονται με άτομα οξυγόνου. Ταυτόχρονα θεωρούσε ότι, οι ρίζες αυτές ήταν δυνατό να απομονωθούν. Σε κάποια εργασία του μάλιστα υποστήριξε ότι η ρίζα του βενζοϋλίου³⁸ (C₇H₅O) δεν θα μπορούσε να περιέχει οξυγόνο. Το βενζοϋλιο στην ιστορία της χημείας έχει εξέχουσα θέση, γιατί ενίσχυσε τη θεωρία των οργανικών ριζών, δηλαδή μιας συγκεκριμένης ομάδας ατόμων, που εμφανίζεται αμετάβλητη σε πολλές οργανικές ενώσεις.

³⁶ Οργανική χημεία ήταν η χημεία που ασχολείται με ενώσεις, που απομονώνονται από ζωϊκούς και φυτικούς οργανισμούς. Μέχρι τότε πίστευαν ότι οι οργανικές ενώσεις δεν ήταν δυνατόν να συντεθούν από ανόργανα υλικά, αλλά παράγονται μόνον εντός των φυτικών και ζωϊκών οργανισμών, λόγω μιας δύναμης η οποία αναπτύσσεται σε αυτούς, της «ζωϊκής δύναμης» (vital force ή vis vitalis στα λατινικά).

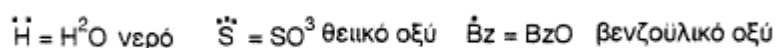
³⁷ Μαργαρικό οξύ (margaric acid) CH₃(CH₂)₁₅COOH, σήμερα χρησιμοποιείται με το ίδιο όνομα, ή ως δεκαεπτανοϊκό οξύ (heptadecanoic acid) με σημείο τήξης 60-62 °C.

³⁸ Το βενζοϋλιο είναι η ρίζα που προέρχεται από τη βενζαλδεΐδη με την απόσπαση ενός ατόμου υδρογόνου, C₆H₅-CO και H. Το βενζοϋλιο (benzoyl) μέχρις τα 1860 πίστευαν ότι έχει χημικό τύπο C₁₄H₅O₂. [271]



Το πρότυπο εργαστήριο του J. Liebig στο Γκίσεν, από το οποίο πέρασαν οι μεγαλύτεροι χημικοί τότε της Ευρώπης και εκπαιδεύτηκαν οι περισσότεροι νέοι επαγγελματίες χημικοί.

Τον εντοπισμό του βενζουλίου έκαναν οι Liebig και Wöhler επεξεργαζόμενοι έλαιον πικραμυγδάλων. Παρατήρησαν ότι η ρίζα του βενζουλίου παρέμενε αμετάβλητη σε μια σειρά από αντιδράσεις του ελαίου αυτού. Οι τύποι που έδωσε ο Liebig, ο οποίος δεν είχε κατανοήσει τα ατομικά βάρη, ήταν διπλοί σε σχέση με τους σημερινούς μοριακούς τύπους, π.χ. $C^4H^{10}O^2$. Ο συμβολισμός, που έδωσε στο βενζούλιο ο Berzelius, ήταν Bz. Έτσι, έγραψε το βενζουλικό (δηλ. βενζοϊκό) οξύ ως BzO, το έλαιο του πικραμυγδαλού ως BzH, το βενζαμίδιο $BzNH^2$ και το βενζουλοχλωρίδιο ως BzCl.



Αρχικός τρόπος απεικόνισης ενώσεων από το Berzelius και κατοπινός, καθώς τα άτομα οξυγόνου απεικονίζονται όχι πλέον με τελείες πάνω στο σύμβολο του στοιχείου, αλλά με το αρχικό γράμμα της ονομασίας του.

Ο Berzelius γράφει αρχικά το οξικό οξύ³⁹ με χημικό τύπο C^4H^6+3O , ως ένωση μιας υδρογονανθρακικής ρίζας και του οξυγόνου, οικοδομώντας την ένωση πάνω στο μοντέλο του οξειδίου. Από την άλλη πλευρά ήταν βέβαιος για την αντικατάσταση ενός ηλεκτραρνητικού στοιχείου από ένα ηλεκτροθετικό με ταυτόχρονη δραστική μεταβολή των ιδιοτήτων της ένωσης. Με άλλα λόγια ο Berzelius υποτάσσει τις οργανικές ενώσεις στο δυνισμό των ριζών του, δηλαδή σε μια λογική της ανόργανης χημείας. Αργότερα βελτιώνει τον τύπο του οξικού οξέος, θεωρώντας ότι το ισοδύναμό του συνδέεται με ένα ισοδύναμο ύδατος. Στο μεταξύ εγκαταλήφθηκε η ιδέα ότι οι όξινες ιδιότητες των οξέων οφείλονται στο οξυγόνο που φέρουν οι ενώσεις αυτές. Το *μουριατικό* οξύ (HCl, muriatic acid) αποδείχθηκε ότι δεν περιέχει οξυγόνο (διαπίστωση Davy). Οπότε οι όξινες ιδιότητες των οξέων αποδόθηκαν στο άλλο διακριτό πλέον στοιχείο που περιέχεται σ' αυτά, το υδρογόνο. Για να εισαγάγει το υδρογόνο στην ένωση του θειικού οξέος, ως απαραίτητου στοιχείου για τις όξινες ιδιότητες, το γράφει ως $[SO^3+H^2O]$. Ταυτόχρονα βελτιώνει τον τύπο του οξικού

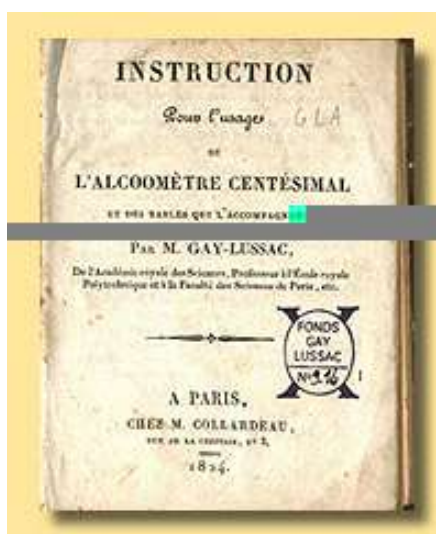
³⁹ Το όνομα του οξικού ή ακετικού οξέος (**acetic acid**, CH_3COOH) προέρχεται από την ελληνική λέξη **ακός**, δηλαδή οξύς, όπως υποστηρίζει ο Γεώργιος Ματθαίουπουλος στο Εγχειρίδιο Οργανικής Χημείας, τόμος πρώτος, Αθήνα 1917.

οξέος, γράφοντάς τον ως $(C^4H^6)O^3+H^2O$, δίνοντας μία παράλληλη γραφή προς αυτή του θεικού οξέος. Το υδροξείδιο του αμμωνίου γράφεται ως οξειδίο της αμμωνίας, που παράγεται από ένα *ισοδύναμο* (equivalent) αμμωνίας και ένα *ισοδύναμο* νερού. Το χλωριομένο οξικό οξύ (δηλαδή το τριχλωροξικό οξύ) απεικονίζεται ως προϊόν αντικατάστασης των υδρογόνων του οξικού από άτομα χλωρίου, δηλαδή ως $(C^4Cl^6)O^3+H^2O$. Ο *αριθμός αντικατάστασης* (μονάδες υποκατάστασης) ατόμων υδρογόνου από άτομα χλωρίου στις ρίζες ονομάστηκαν «**copulae**», δηλαδή *συνδετικοί κρίκοι*. Παρατηρούμε ότι η *θεωρία των ριζών* (Radical Theory) του Berzelius δεν αντιμετωπίζει μια ένωση ως ένα όλο, μια μονάδα, δηλαδή που μπορεί να αποτυπωθεί με ένα συγκεκριμένο τύπο, αλλά εμμένει στο χωρισμό της σε δύο μέρη, ένα ηλεκτροθετικό και ένα ηλεκτραρνητικό. Στα οργανικά οξέα πάλι η θεωρία αυτή δίνει έμφαση στην απόδοση των ιδιοτήτων τους στα οξείδια των ριζών και στη συνέχεια, όπως βλέπουμε από τα παραπάνω, στους υδρίτες των οξειδίων. [69]

Ο Berzelius, προκειμένου να περισώσει τη δυαδική θεωρία των ριζών του, στην τελευταία έκδοση της *Πραγματείας* του (Traité) στα 1845 στα γαλλικά κάνει απελπισμένες απόπειρες για να πείσει τους αναγνώστες του, υιοθετώντας περίπλοκους τύπους, με τους οποίους δεν πείθεται κανένας και ο δυϊσμός του πεθαίνει μαζί του στα 1848. Μέχρι να επέλθει ο βιολογικός θάνατος της θεωρίας αυτής, πολλοί αξιολόγοι χημικοί ταλαιπωρήθηκαν, ήρθαν σε αντιπαράθεση και δεν αξιολόγησαν σωστά τις πειραματικές τους ανακαλύψεις. Οι αντιπαραθέσεις άρχισαν με την παρασκευή του τριχλωροξικού οξέος με χλωρίωση του οξικού οξέος.



Joseph Louis Gay-Lussac (1778 - 1850)



Στο μεταξύ όμως είχαμε μια σειρά από ανακαλύψεις, όπως αυτή του Gay-Lussac, που δημοσιεύτηκε το 1815 στα *Annales de chimie* (xcv, p.136-230, 1815) για τη σύσταση του Πρωσσικού άλατος, η οποία ήταν ένα μυστήριο εκείνη την εποχή. Ο Gay-Lussac παρατήρησε ότι, το πρωσσικό άλας θερμαινόμενο έδινε ένα αέριο, εύφλεκτο, που αποτελείται από άνθρακα και άζωτο. Συγκεκριμένα σημείωσε: «*Ήταν ένα σώμα, που, αν και ένωση, δρα επί μέρους ως μια απλή ουσία, όταν συνδυάζεται με υδρογόνο και μέταλλα*». Η αντίληψη της ρίζας ως μιας ομάδας ατόμων διευκόλυνε το Gay-Lussac να παρατηρήσει ότι οι ρίζες έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρονται όπως τα στοιχεία από ένωση σε ένωση. Το αέριο αυτό ονόμασε *κυανογόνο* (cyanogen), το οποίο συνδυαζόμενο με μέταλλα, σχηματίζει άλατα, παρόμοια με αυτά του χλωρίου ή του ιωδίου, που ονομάζουμε σήμερα κυανίδια. Το υδροκυανικό ή πρωσσικό οξύ (HCN) όπως έδειξε δεν περιείχε οξυγόνο, ανατρέποντας έτσι μια για πάντα τη θέση του Lavoisier ότι τα οξέα, είναι πάντοτε φορείς του στοιχείου

οξυγόνου, ενώ το κυανογόνο (CN) του υδροκυανίου και των πρωσσικών αλάτων συμπεριφέρεται σε πολλές ενώσεις, ως μια ελεύθερη ρίζα παρόμοια με αυτή του χλωρίου, σημειώνει όπως ο Berzelius στα 1839, κατατάσσοντάς την στα ηλεκτραρνητικά στοιχεία:

Ρίζα κυανογόνου, CN ή Cy	άτομο χλωρίου, Cl
Κυανογόνο αέριο, C ₂ N ₂ ή Cy ₂	αέριο χλώριο, Cl ₂
Πρωσσικό οξύ, HCN ή HCy	μουριατικό οξύ, HCl
Κάλιο κυανίδιο, KCN ή KCy	κάλιο χλωρίδιο, KCl
Κυανογόνο ιωδίδιο, ICN ή ICy	ιώδιο χλωρίδιο, ICl

Η οργανική χημεία είχε γεννηθεί, αλλά τα πρώτα της βήματα ήταν δειλά κι αβέβαια. Ο Berzelius αντιμετωπίζει τις οργανικές ενώσεις ως παράρτημα μια καθαρά ανόργανης χημείας. Πριν από αυτόν οι οργανικές ενώσεις ήταν ανακατεμένες με τις ανόργανες και δεν υπήρχε ούτε ένα κεφάλαιο ξεχωριστό της εξέτασής τους στα τότε εγχειρίδια της Χημείας. Μέσα σ' αυτήν την αταξία και το αρχικά διαφαινόμενο χάος ο Dumas έφτασε κάποτε σε σημείο να απορρίψει τη διάκριση μεταξύ ανόργανης κι οργανικής χημείας και εξ αιτίας του κύρους του κατάφερε να επηρεάσει ακόμη και τη φιλοσοφία των φυσικών επιστημών. Ο μεγάλος φιλόσοφος Κοντ (Comte) στα *Μαθήματα της θετικής φιλοσοφίας* του καταγγέλλει την έλλειψη συνοχής και συνεκτικότητας της οργανικής χημείας.

Μέχρι το 1840 η οργανική χημεία δεν αντιμετωπίζεται ως χημεία του άνθρακα και οι ιδιαίτεροι συνδυασμοί του άνθρακα, υδρογόνου, αζώτου και οξυγόνου αντιμετωπίζονται άχρωμα και περιθωριακά από πλευράς θεωρητικής εξέτασης. Στην πρώτη Οργανική Χημεία από σύστασης του ελληνικού κράτους, η «ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ» του Ξαυερίου Λάνδερερ (En Αθήναις 1842, ο συγγραφέας ανήκε στη γερμανική σχολή), ένα εγχειρίδιο 444 σελίδων, παρέχεται ο σχετικός περιγραφικός ορισμός: «*Τα οργανικά σώματα διαφέρουν των ανοργάνων, καθότι εκείνα μεν έχουν επαίσθητην τινα αρχήν, αυξάνουν, φθείρονται και αποθνήσκουν, ενώ τα ανόργανα υπήρξαν πρότερον ημών, εξακολουθούν να υπάρχουν εις οποιανδήποτε προσβολήν και αν υπερβλήθησαν και τέλος η ουσία των δεν δύναται να φθαρή όλως διόλου· ομοίως τα ανόργανα στοιχεία των ανοργάνων σωμάτων δεν δύναται να φθαρῶσιν ολοτελῶς...Εἰς ὅλα τα οργανικά σώματα υπάρχει ἰδιαιτέρα τις δύναμις, ἣτις ονομάζεται ζωϊκὴ δύναμις· δια τῆς συνδρομῆς ταύτης προάγονται και αυξάνουν τα οργανικά σώματα, και διατηροῦνται ἐνόσω εὐρίσκεται ἐντός αὐτῶ. Μεταξύ τῶσων ανόργανων σωμάτων ὀλίγα μόνον ἔχουν τὸ ἰδίωμα τῆς ἐξομοιώσεως, τουτέστι δύναται να χρησιμεύωσιν ὡς ὕλη τῆς ζωϊκῆς δυνάμεως· τοιαῦτα εἶναι ὁ ἄνθραξ, τὸ υδρογόνον και τὸ οξυγόνον, εἰς δε τα σώματα των ζῶων και τὸ νιτρογόνον. Ἐκτός ὁμως τούτων εὐρίσκονται εἰς τα οργανικά σώματα και ἴχνη θείου, φωσφόρου, χλωρίου, μαγνησίας, τιτάνου (ασβεστίου), καλίου, νάτρου, σιδήρου, μαγγανησίου, χαλκού και νικελίου». Η σύνθεση της ουρίας του Wöhler δεν είχε ακόμη εκτιμηθεί δεόντως, με αποτέλεσμα η ζωϊκή δύναμη να μπει στο περιθώριο και το πεδίο της οργανικής να γίνει η χημεία του άνθρακα, όπως συνέβη την επόμενη δεκαετία. [142]*

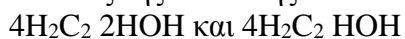
Όμως, συνεχίζει ο Λάνδερερ, «*η μεγάλη πρόοδος της επιστήμης και αι ανέλπιστα ανακαλύψεις επί της Οργανικής Χημείας κατά τα τελευταία ἔτη, δι ὧν τα προηγουμένως αξιώματα ανετράπησαν, πλήθος νέων υλών ανεκαλύφθησαν, και σώματα διαφορετικά νομιζόμενα απεδείχθησαν αλλοιώσεις μόνον ἄλλων σωμάτων...*». Όταν αναφέρεται σε αλλοιώσεις, υπονοεί τις αντιδράσεις υποκατάστασης των ηλεκτροθετικών υδρογόνων από τα ηλεκτραρνητικά άτομα του χλωρίου ή βρωμίου, όπως θα δούμε παρακάτω. Όταν αναφέρεται σε νέες ύλες, υπονοεί ενώσεις, όπου συναντάμε την ύπαρξη ριζών κυανίου, βενζουλίου, μεθυλίου ή αιθυλίου, οι οποίες συμπεριφέρονται σε πλειάδα ενώσεων όπως ένα

απλό μονατομικό στοιχείο. Ο Λάνδερερ αναφέρεται και σε μια άλλη **δύναμη** την **καταλυτική**, «δι' ης τα στοιχεία των οργανικών σωμάτων ενούνται προς προαγωγήν άλλων...». [142]

Στο μεταξύ διάστημα 1810 ως και 1840 πραγματικά είχαμε μία γοργή πρόοδο στην οργανική χημεία, ιδιαίτερα στο πεδίο της *σύνθεσης* και των παραγώγων των οργανικών ενώσεων, σημαίνουν μερίδιο της οποίας ανήκει στο Justus Liebig, με το πρότυπο εργαστήριο που έστησε στο Γκίσειν και τους εκατοντάδες φοιτητές και ερευνητές που φιλοξένησε. Ο Dumas όπως είδαμε βελτίωσε τη μέθοδο μέτρησης των ατμών υγρών, μέθοδο την οποία εισήγαγε ο Gay-Lussac, προσδιορίζοντας τις πυκνότητες των ατμών αλκοόλης (αιθανόλης) και αιθέρα (διαιθυλαιθέρα). Στα 1816 οι Roboquet και Colin έδειξαν ότι, όπως η αλκοόλη και ο αθέρας μπορούν να θεωρηθούν ενώσεις νερού και του **ολεφινικού αερίου (olefiant gas**, δηλαδή ελαιογόνου αερίου, του αιθυλενίου ή αιθενίου), έτσι και ο *μουριατικός αιθέρας* (muriatic ether, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$, αιθυλοχλωρίδιο) μπορεί να θεωρηθεί ως μία ένωση του *ελαιογενούς αερίου* (αιθενίου) και του *μουριατικού οξέος* (υδροχλωρικού, HCl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}=\text{C}_2\text{H}_4+\text{HCl}$). Αυτές οι προκαταρκτικές παρατηρήσεις επεκτάθηκαν από το Dumas και το Boullay στα 1827, όταν οι «αιθέρες» (εστέρες) συγκρίθηκαν με τα άλατα της αμμωνίας. Χρησιμοποιήθηκαν οι σύγχρονοι τύποι προς χάριν απλότητας. Τα αποδεκτά ατομικά βάρη των Dumas και Boullay ήταν $\underline{\text{C}} = 6$, $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$, γράφοντας το *ελαιογενές αέριο* (αιθένιο) με χημικό τύπο C^4H^4 ή $\underline{\text{C}}_2\text{H}_2$. [58, 55]

	Αμμωνία (ammonia)	Ελαιογενές αέριο (olefiant gas)
Υδροχλωρικό	NH_3 , HCl	C_2H_4 , HCl
Νιτρώδη (nitrite)	NH_3 , HNO_2	C_2H_4 , HNO_2
Θεικό οξύ	NH_3 , H_2SO_4	C_2H_4 , H_2SO_4

Ο τύπος της αλκοόλης και ο τύπος του αιθέρα είναι αντίστοιχα:



Οι τύποι αυτοί αποτελούσαν τον κορμό της *αιθέρινης θεωρίας (Etherin Theory, 1826)* και ο Berzelius, προκειμένου να στηρίξει τη θεωρία των ριζών του και την ύπαρξή τους σε ελεύθερη κατάσταση, ονόμασε το αιθένιο (*olefiant gas*) ρίζα της *αιθέρινης* (aetherin radical).



Auguste Laurent (1808-1853)

Ο Dumas προχώρησε σε έρευνες, απομονώνοντας το 1830 το οξαμίδιο (oxamide), ανακαλύπτει το 1832 το κουμένιο από τα *τερπένια* (terpene cymene), το *ανθρακένιο* (anthracene) στη *λιθανθρακόπισσα* (coal tar) το 1832, και το 1833 την *ουρεθάνη* (urethane). Στα 1834 ο Dumas και ο Eugène Péligot ανακαλύπτουν τη *μεθυλική αλκοόλη* (methyl alcohol ή methanol, CH₃OH) και ο Dumas αναγνωρίζει ότι διαφέρει από την αλκοόλη (αιθανόλη, ethyl alcohol, ethanol) κατά την ομάδα -CH₂. Για το ιστορικό, ο Boyle είχε αποστάξει ξύλα, είχε πάρει ένα οξύ και ένα *αδιάφορο* μέρος ('*adiaphorous*' part, **58**), που δεν ήταν άλλο από τη γνωστή μας μεθανόλη ή *μεθυλαλκοόλη*. Το *μεθ-* δόθηκε από τους Dumas και Péligot προερχόμενο από την ελληνική λέξη *μέθη* (προκαλεί δυνατή μέθη, όπως ο οίνος) και το *-υλ-* από την άλλη ελληνική λέξη *ύλη*, αρχικά που σήμαινε ξυλεία (π.χ. παράγωγες λέξεις υλικό, υλοτόμος κτλ.). Η μεταγενέστερη ανακάλυψη κι απομόνωση της "*αιθάλης*" ('*ethal*') από το Chevreur, η οποία ήταν η *κητυλική* αλκοόλη (από τη λέξη κήτος, η cetyl alcohol ή 1-δεκαεξανόλη) μαζί με τη *χοληστερίνη* στα 1836, οδήγησαν το Dumas να συλλάβει την ιδέα ότι, μια σειρά από χημικές ενώσεις εμφανίζουν τον ίδιο χημικό τύπο και τις οποίες ονόμασε *αναλόγους*. Η ιδέα αυτή οδήγησε λίγο μετά στο σχηματισμό των *ομολόγων σειρών* από τον Charles Gerhardt. [**58, 52, 43**]

Ο Dumas με το μεγάλο του κύρος ήταν ο βασικότερος υποστηρικτής έστω και έμμεσα των θεωρητικών απόψεων του Berzelius, ενώ το υστερότερο πειραματικό του έργο ήταν απ' ευθείας ενάντιο προς αυτές τις απόψεις. Η μεγάλη ανατροπή του ηλεκτροχημικού δυϊσμού των ριζών του Berzelius και της όλης σύγχυσης, που δημιουργούσαν ορισμένες παλιές τιμές των ατομικών του βαρών και ορισμένοι αρχικοί χημικοί του τύποι, ήρθε με τις αντιδράσεις αντικατάστασης του υδρογόνου (ηλεκτροθετικού) από το χλώριο (ηλεκτραρνητικό) σε διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως το οξικό οξύ και ορισμένες αρωματικές ενώσεις. Το φαινόμενο της υποκατάστασης έχει την ιστορία του, που δείχνει ότι ο δρόμος προς την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης δεν είναι στρωμένος με ρόδα. Το 1830 σε μια δεξίωση στα ανάκτορα η φλόγα των κεριών ανέδιδε ένα δριμύ καπνό και ο πεθερός του Dumas ο χημικός Brongniart τον παρεκάλεσε να εξετάσει το φαινόμενο. Μετά από μελέτη παρατήρησε ότι οι ενοχλητικοί ατμοί οφείλονται στο υδροχλώριο, που παράγεται με την καύση. Το υδροχλώριο προερχόταν από άτομα χλωρίου, που είχαν υποκαταστήσει άτομα υδρογόνου στο κερί κατά τη λεύκανσή του. Στα 1834 ο Dumas διατύπωσε μια θεωρία, τη *θεωρία της μεταληψίας* (metalepsy, ελληνική λέξη που σημαίνει μεταβολή, από το ελληνικό ρήμα μεταλαμβάνω⁴⁰) ή "*θεωρία ή εμπειρικό νόμο των υποκαταστάσεων*", η οποία συνοψίζεται στα εξής: *«όταν μια ουσία, που περιέχει υδρογόνο υποβληθεί σε αφυδρογόνωση από το χλώριο, βρώμιο, ιώδιο, οξυγόνο κτλ.. για κάθε άτομο υδρογόνου, που χάνει, κερδίζει ένα άτομο χλωρίου, βρωμίου, ιωδίου ή το μισό ενός ατόμου οξυγόνου»*. Άλλος ένας νόμος προστίθεται κοντά σε τόσους άλλους. Ο κάθε διάσημος χημικός της εποχής θέλει να συνδέσει το όνομά του με κάποιο νόμο ή θεωρία.

Ένας χημικός, που έκανε τη διατριβή του κοντά στο Dumas, ο Auguste Laurent, στα 1836 επιτίθεται ανοιχτά στον ηλεκτροχημικό δυϊσμό του Berzelius, τονίζοντας ότι, σύμφωνα με τη θεωρία αυτή θα ήταν αδύνατον ένα ηλεκτροθετικό στοιχείο, όπως το υδρογόνο, να μπορεί να αντικατασταθεί από ένα ηλεκτραρνητικό όπως το χλώριο σε μια σειρά από οργανικές ενώσεις, χωρίς να αλλάξει τη φύση της ουσίας, η οποία προκύπτει από αυτήν την αντικατάσταση. Το προϊόν χλωροπαράγωγο ή βρωμοπαράγωγο παρουσιάζει κάποια ομοιότητα ως προς τις ιδιότητες με αυτές του αντιδρώντος. Ο Laurent διείδε με μεγαλύτερη καθαρότητα, απ' ότι ο Dumas, το φαινόμενο της υποκατάστασης των υδρογόνων από

⁴⁰ Ο όρος συναντιέται στο *Περί γενέσεως και Φθοράς του Αριστοτέλη*: «γίνεσθαι κατά την *μετάληψιν* του είδους...». [**450**]

αλογόνα σε διάφορες οργανικές ενώσεις και υποστήριξε τη θέση αυτή στη διατριβή του, κάνοντας και την κριτική του, όπως προαναφέραμε στον ηλεκτροχημικό δυϊσμό του Berzelius. Η κριτική αυτή εξόργισε τον Berzelius και έκανε τον Dumas, αποδεχόμενο τις διαμαρτυρίες του, να υπαναχωρήσει στα πορίσματα των αντιδράσεων υποκατάστασης και να υποστηρίξει τις θεωρητικές άστοχες θέσεις του μεγάλου κατά τα άλλα Σουηδού χημικού. Μάλιστα στα 1838 ο Dumas, υποβαθμίζοντας τα αποτελέσματα των αντιδράσεων υποκατάστασης και μπροστά στο θυμό του Berzelius, έλεγε: «Δεν είμαι εγώ υπεύθυνος για τις χοντρές υπερβολές του Laurent, με τις οποίες έχει επενδύσει τη θεωρία του», συμπληρώνοντας ότι, «οι αντιδράσεις υποκατάστασης δεν είναι τίποτα άλλο παρά μία εμπειρική ανακάλυψη». Το δέος του προς τον Berzelius κάνουν τον Dumas να συμπληρώσει το 1838, αντιδρώντας στα λεγόμενα του Laurent κι αποδοκιμάζοντας τον: «Δεν είπα ποτέ ότι το νέο σώμα (χλωροξικό οξύ) που σχηματίζεται με υποκατάσταση θα είχε την ίδια ρίζα, τον ίδιο λογικό τύπο με τον πρώτο (οξικό οξύ). Σε εκατό περιπτώσεις, είπα ακριβώς το αντίθετο. Οποιος θέλει να διεκδικήσει αυτήν την άποψη, ας την υποστηρίξει. Προσωπικά δεν με αφορά». [“Lecons sur la philosophie chimique”, Brussels, 43]

Η αλήθεια είναι ότι τα αποτελέσματα των αντιδράσεων υποκατάστασης διαχώριζαν πλήρως την έννοια του μορίου από αυτήν του ατόμου κι οδηγούσαν σε μια θεωρία δομής των ενώσεων. Όλα αυτά στηριζόντουσαν περισσότερο στις θέσεις του Laurent παρά του Dumas, ο οποίος παλινδρομούσε. Την κριτική κατά του ηλεκτροχημικού δυϊσμού του Berzelius ο Laurent την πλήρωσε, όταν χωρίς εργαστήριο ανέλαβε την έδρα της Χημείας στο επαρχιακό τότε Μπορντό, όπου τον έστειλε εν είδη εξορίας ο προστάτης του Dumas, εξοργισμένος για την ανοιχτή επιστημονική κριτική κατά του Berzelius. Οι αντιδράσεις υποκατάστασης, που μελετούσε ο Laurent, ήταν αντικατάσταση υδρογόνου από χλώριο, βρώμιο και νιτρικό οξύ σε αρωματικές ενώσεις⁴¹, αντιδράσεις που δημιουργούσαν μία πειραματική πληρότητα για την αποκωδόμηση του δυϊσμού.

Ο Dumas είδε την υποκατάσταση μέσα από τη χλωρίωση του οξικού οξέος και δεν επεκτάθηκε και σε άλλες οργανικές ενώσεις. Ο Dumas περιέγραψε στα 1838 τη χλωρίωση του οξικού οξέος με μία χημική αντίδραση. Ο Dumas αυτήν την αντίδραση συμβολίζει:



Ο Dumas αποδέχεται οριστικά ότι ο τύπος του χλωροξικού οξέος είναι πανομοιότυπος με αυτόν του οξικού, εγκαταλείποντας για πάντα, διακριτικά όμως, όπως φαίνεται από τον τρόπο γραφής της αντίδρασης υποκατάστασης, το δυϊσμό του Berzelius, και διατυπώνει τη **θεωρία των τύπων** (Theory of Types) στα 1839, κατά την οποία υποστηρίζεται ότι: «στην οργανική χημεία υπάρχουν επιβεβαιωμένοι Τύποι, οι οποίοι παραμένουν αναλλοίωτοι όταν στη θέση του υδρογόνου εισάγονται ίσοι όγκοι χλωρίου, βρωμίου ή ιωδίου». Στα 1840 ο Dumas εισάγει μια διάκριση των τύπων σε **χημικούς** και **μηχανικούς**, ένα σχέδιο φανταστικό, που για να αποσυρθεί απαιτήθηκε να γίνει το πρώτο διεθνές επιστημονικό συνέδριο στον κόσμο, αυτό της χημείας στην Καρλσρούη το 1860. Οι **χημικοί τύποι** περιλαμβάνουν «ουσίες οι οποίες περιέχουν τον ίδιο αριθμό ισοδυνάμων (*equivalents*) ενωμένων με τον ίδιο τρόπο και που μας δείχνουν τις ίδιες θεμελιώδεις ιδιότητες». Οι **μηχανικοί τύποι** περιλαμβάνουν ουσίες που έχουν όμοιο χημικό τύπο, παράγονται με υποκατάσταση, αλλά ουσιαστικά διαφέρουν στις προεξάρχουσες χημικές τους ιδιότητες. Οι

⁴¹ Ο Laurent κατά την πορεία των εργασιών του απομόνωσε το ναφθαλίνιο, στο οποίο έδωσε το όνομα «φαινίο» (phene), από το ελληνικό ρήμα φαίνω, που σημαίνει φωτίζω. Το φαινύλιο και η ρίζα **φαιν-** στη χημεία (phenyl = C₆H₅- ή Φ-) οφείλεται στο Laurant, ο οποίος ανακάλυψε τη φαινόλη, αλκοόλη με όξινες ιδιότητες.

μηχανικοί τύποι χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα από τον Regnault, ο οποίος στη συνέχεια επηρέασε πολλούς χημικούς. Το μικρόβιο των χημικών τύπων είναι διάχυτο στις εργασίες του Laurent, του ικανού αυτού χημικού στη συνείδηση του οποίου υπήρχε καταφανέστατη η διάκριση μεταξύ του μορίου και του ατόμου στοιχείου. Σκεπτόμενος ως κρυσταλλογράφος, θεώρησε ότι μία ένωση δεν είναι μία απλή επαλληλία ατόμων στα μόρια, αλλά ένα ενιαίο οικοδόμημα, που έχει σχηματιστεί από διαδοχικές υποκαταστάσεις, ξεκινώντας από μία βασική πρωταρχική μορφή. Ο Laurent είχε τόσο πολύ σαφή διάκριση του μορίου και του ατόμου, ώστε πρότεινε το άτομο να αντιπροσωπεύει τη μικρότερη ποσότητα ενός απλού σώματος που μπορεί να λάβει μέρος σε συνδυασμό (ένωση), ενώ το μόριο να αντιπροσωπεύει τη μικρότερη ποσότητα ενός απλού σώματος, που μπορεί να λάβει μέρος για την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης.

Ένα παράδειγμα της διάκρισης των χημικών και των μηχανικών τύπων του Dumas σημειώνεται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Χημικοί Τύποι</i>	<i>Μηχανικοί Τύποι</i>	Σύγχρονοι τύποι
Οξικό οξύ $C^4H^8O^4$ ($C_2H_4O_2$ σύγχρ.)	Ελειογενές αέριο $C^2H^2H^6$	CH_4
Χλωροξικό οξύ $C^4H^2Cl^6O^4$ ($C_2HCl_3O_2$ σύγχρ.)	Μεθυλαιθέρας C^2OH^6	C_2H_6O
	Φορμικό οξύ $C^2H^2O^3$	CH_2O_2
	Χλωροφόρμιο $C^2H^2Cl^6$	$CHCl_3$
	Ανθρακοχλωρίδιο $C^2Cl^2Cl^6$	CCl_4

Οι τύποι του Dumas είχαν έναν μεταβατικό χαρακτήρα και ταυτόχρονα δέχτηκαν κριτική των Liebig και Wöhler. Ο Liebig, πιο επιθετικός, καταγγέλλει την υπεροχία του Dumas και των οπαδών του, λογοκρίνοντας τις εργασίες του στο επιστημονικό περιοδικό που εκδίδει από το 1832, το *Annalen der Pharmacie* (Χρονικά της Φαρμακευτικής) και μετονομάστηκε το 1836 σε *Annalen der Chemie* (και μετά το θάνατο του Liebig σε *Justus Liebig Annalen der Chemie*, τίτλος που παραμένει μέχρι σήμερα). Στους τύπους του Dumas ο Liebig προβάλλει τις ρίζες⁴² ως αμετάβλητα συστατικά σε μια σειρά από ενώσεις, που μπορούν να αντικατασταθούν από ένα απλό σώμα (στοιχείο) ή τα ισοδύναμά του. Η ουσία αυτών των διαμαχών είναι ότι όλοι έλεγαν τα ίδια με άλλες λέξεις. Δεν υπήρχε κοινή γλώσσα συνεννόησης, γιατί αυτά τα ίδια που έλεγαν, ήταν θολά και ατελή. Το ισοδύναμο ήταν ένα από αυτά και περίμενε το συνέδριο της Καρλσρούης για να δώσει τη θέση του στο ατομικό βάρος. Ακόμα και σήμερα το ισοδύναμο ενώ έχει καταργηθεί και στη θέση του υπάρχει το mole, υπάρχουν νοσταλγοί ιδιαίτερα από το χώρο της αναλυτικής χημείας.

Ένα χρόνο νωρίτερα ο Charles Adolphe Wurtz (1817-1884) είχε αναπτύξει τον «τύπο της αμμωνίας», παρασκευάζοντας μια σειρά από αμίνες και σ' αυτούς τους τύπους ο Gerhardt προσέθεσε και τους τύπους του υδρογόνου και του υδροχλωρίου (είναι η πρώτη ορθή μοριακή απεικόνιση), HH και HCl αντίστοιχα. Πάνω στη βάση αυτών των τεσσάρων τύπων των αμινών και από την υποκατάσταση των ατόμων ή ριζών, ο Gerhardt και ο Laurent διαμόρφωσαν την ταξινόμησή τους των οργανικών ενώσεων.

Ο August Laurent (1808-1853) ήταν από τους πρώτους που, επιχείρησε να ταξινομήσει τις οργανικές ενώσεις με βάση μιαν επιφανειακή ομοιότητα των χημικών τύπων τους κι ανεξάρτητα από τις πραγματικές τους ιδιότητες. Ταξινόμησε τις ενώσεις σύμφωνα με τους

⁴² Οι ρίζες ήταν του αιθυλίου CH^3 , μεθυλίου C^2H^3 , αμυλίου C^5H^{11} , και οι ομάδες του κυανογόνου CN , του ακετυλίου C^2H^3O , του βενζοϋλίου C^7H^5O , που μπορούν να υποκατασταθούν από υδρογόνο.

«μηχανικούς τύπους» (“mechanical types”), ακολουθώντας την ορολογία του καθηγητή του, οι ομοιότητες των οποίων δεν παραπέμπουν σε αντίστοιχες ομοιότητες στις φυσικοχημικές ιδιότητές τους. Έτσι σ’ ένα πίνακά του ο Laurent τοποθέτησε αρχικά στην πρώτη στήλη τον τύπο του νερού και από κάτω υποκαθιστώντας το ένα ή και τα δύο υδρογόνα, έγραψε τους τύπους πολλών ενώσεων. Η πρώτη στήλη περιελάμβανε λοιπόν τις ενώσεις: OHH, OHK, OKK, OEtH, OEtK, OEtEt (Et=αιθύλιο, C₂H₅, K = κάλιο)· σε άλλη στήλη ανάλογα έπραξε και για τις ενώσεις του θείου, SHH, SHK, SKK, κτλ. και σε μια τρίτη στήλη τοποθέτησε τις ενώσεις, που αντιστοιχούν στον τύπο του θεικού οξέος SO₄HH, SO₄HK, SO₄KK, SO₄EtH, SO₄EtK, SO₄EtEt· συνεχίζοντας κατά τον ίδιο τρόπο με τα ανθρακικά, θειώδη και οξαλικά παράγωγα πραγμάτωσε μία χρηστική τότε ταξινόμηση, η οποία άρχισε να αναδεικνύει πρωτογενώς την ανεξάρτητη δυνατότητα του οξυγόνου, έξω από τα μόρια, να συνδέεται δηλαδή με δύο τμήματα, ρίζες ή άτομα στοιχείων και δευτερογενώς ανεδείκνυε τη δυνατότητα σύνδεσης του υδρογόνου, των αλογόνων και των οργανικών ριζών. Ήταν ουσιαστικά το σπέρμα του **σθένους** (valency), που θα δούμε αναλυτικότερα στην ιστορία του όρου **valency**. Στα επόμενα εδάφια θα δούμε ποιες άλλες ονομασίες απόκτησε αυτό μέχρι να εμφανιστεί στα εγχειρίδια της χημείας και να καθιερωθεί ως ένας από τους πλέον δημοφιλής θεωρητικούς όρους.

Όλες οι ενώσεις του Laurent φαίνονται ότι ανήκουν στον ίδιο θεμελιώδη «**τύπο του νερού**» OHH, όπως υπογράμμισε στα σχόλιά του ο Thomas Sterry Hunt (1826-1892, *American Journal of Science*, [2], 6, p. 173, 1848). Η ανάλυση του Williamson, σύμφωνα με την οποία ορισμένες συγκεκριμένες ομάδες μπορούν να συγκρατούν τα δύο μέρη μαζί σε ένα μόριο, δεν αποτέλεσαν καινοτομία ως προς την προηγούμενη αρχή του Laurent. Ήταν, όμως, μια σαφής και κατηγορηματική έκθεση, που επιβεβαίωσε τους τύπους του Laurent και κατοχύρωνε τη δική του εργασία πάνω στο σχηματισμό των αιθέρων (Williamson A. W., *Philosophical Magazine and Journal of Science*, [3], 37, p. 350-356, 1850).

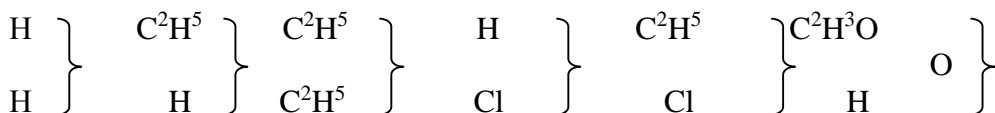
Η εργασία του νεαρού Laurent είχε μεγάλη απήχηση, βρίσκοντας ένα σύμμαχο το Γάλλο χημικό Charles Gerhardt⁴³ (1816-1856), ο οποίος πρέσβευε ότι οι χημικοί τύποι «δεν έχουν προορισμό να παριστάνουν τη διάταξη των ατόμων στα μόρια, αλλά να δείχνουν τις σχέσεις των ουσιών» στις αντιδράσεις. Ο Gerhardt προωθεί την ταξινόμηση των τύπων του Laurent, υιοθετώντας την έννοια του «τύπου», όπως διατυπώθηκε από τον Άγγλο Williamson (1824-1904), συμφοιτητή του κατά τη θητεία του στο Giessen στον Liebig. Οι τύποι του Williamson στηρίζονται στο γεγονός ότι όλες οι οργανικές ενώσεις προέρχονται από το νερό, με αντικατάσταση των υδρογόνων από ρίζες.

Τύπος νερού	Αλκοόλη	Αιθέρας
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \left. \vphantom{\text{H}} \right\} \text{O} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C}^2\text{H}^5 \\ \left. \vphantom{\text{C}^2\text{H}^5} \right\} \text{O} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C}^2\text{H}^5 \\ \left. \vphantom{\text{C}^2\text{H}^5} \right\} \text{O} \\ \text{C}^2\text{H}^5 \end{array}$

Ο τύπος των οξέων προέρχεται πάλι από τον τύπο του νερού με αντικατάσταση του υδρογόνου από ρίζες. Για τα λεγόμενα πολυβασικά οξέα, που μπορούν με μία βάση να

⁴³ Ο Charles Gerhardt γιος πλούσιου βιομηχάνου από το Στρασβούργο, μαθητή του Liebig, ήταν απογοητευμένος όμως από τη συνεργασία και θητεία του στο Γκίσεν (Giessen). Με τις συστάσεις του Liebig ο Gerhardt έγινε βοηθός στο εργαστήριο του Dumas (στο Παρίσι, και μετά καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Μονπελιέ.

σχηματίσουν πολλούς τύπους αλάτων, ο Williamson θεωρεί ότι ο τύπος του νερού είναι συμπυκνωμένος πολλές φορές. Ο Gerhardt επιλέγει τρεις αρχικούς τύπους, υιοθετώντας ανάμεσα σ' αυτούς και τον τύπο της αμμωνίας, που είχε παρουσιάσει στα 1849 ο W.A. Hoffmann, δείχνοντας τη σχέση της τελευταίας με τις αμίνες. Ο Hoffmann παρασκεύασε όλες τις τάξεις των αμινών (πρωτοταγείς, δευτεροταγείς, τριτοταγείς) και συνέχισε με την παρασκευή τεταρτοταγών αμμωνιακών αλάτων.



Υδρογόνο αιθάνιο βουτάνιο υδροχλώριο αιθυλοχλωρίδιο οξικό οξύ

Η γραφή του οξικού οξέος με αυτόν τον τρόπο έδινε την ευκαιρία να διερευνηθεί η ύπαρξη του οξικού ανυδρίτη, δηλαδή μιας ένωσης με τύπο:



Έτσι, με αυτόν τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία να διερευνηθεί η ύπαρξη μια σειράς από άλλες οργανικές ενώσεις από τους χημικούς της εποχής, οι οποίοι μπόρεσαν να προχωρήσουν σε προσχεδιασμένα πειράματα με αντίστοιχα αναμενόμενα αποτελέσματα. Ο Gerhardt αρνείται να δεχτεί ότι, οι ρίζες είναι απομονώσιμα, σταθερά σώματα, δίνοντας έναν ορισμό, που έχει ως εξής: «η ρίζα είναι...η σχέση, σύμφωνα με την οποία υποκαθίστανται ή μεταφέρονται από το ένα σώμα στο άλλο, κατά τη διπλή αποσύνθεση, κάποια στοιχεία ή κάποιες ομάδες στοιχείων», (Gerhardt, 1853, 4^{ος} τόμος, σ. 568-569). Με τους καθιερωμένους τότε τύπους και τα ατομικά βάρη του άνθρακα και του οξυγόνου 6 και 8 αντίστοιχα, παρατηρεί ότι οι ποσότητες που λαμβάνονται από τις αντιδράσεις διοξειδίου του άνθρακα και νερού αντιστοιχούν στους τύπους H^4O^2 και C^2O^4 , οι οποίοι όμως περιπλέκουν τη συμβολική γραφή των αντιδράσεων με έναν άχρηστο τρόπο, αφού υποδεικνύουν το διπλασιασμό των ατομικών βαρών του άνθρακα και του οξυγόνου αντίστοιχα από 6 σε 12 και από 8 σε 16. Έτσι, ο Gerhardt συμβάλλει στην αποσαφήνιση των λέξεων *μόριο*, *άτομο*, *ατομικό βάρος* και *ισοδύναμο*, ώστε η σύγκριση αυτών των εκφράσεων να απομακρύνεται με τη χρήση καταλληλότερων χημικών τύπων και τιμών ατομικών βαρών.



CHARLES FREDERIC GERHARDT

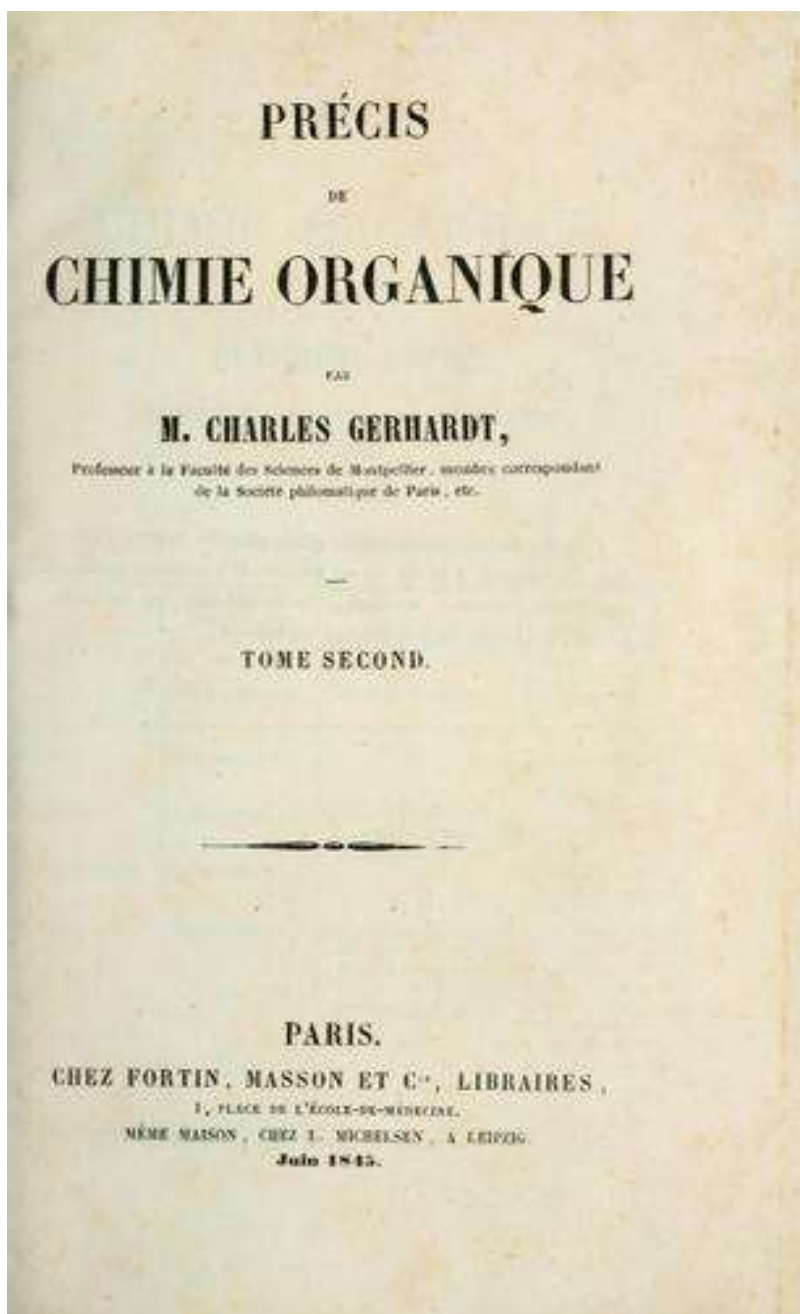
Γεννήθηκε στις 21 Αυγούστου του 1816 – Πέθανε στις 19 Αυγούστου του 1856.

CLASSIFICATION DES CORPS D'APRÈS LEURS FONCTIONS CHIMIQUES.

	TYPE EAU. n O H H	TYPE ACIDE n	CHLORHYDRIQUE. n CH	TYPE AMMONIAQUE. n N H H	TYPE HYDROGÈNE. n III.	
	OXYDES.	SULFURES. (Sélénures, tellurures.)	CHLORURES. (Bromures, iodures, fluorures.)	CYANURES.	AZOTURES. (Phosphures.)	MÉTAUX. (Métalloïdes.)
	Bases proprement dites. 1. <i>B. primaires</i> ou bases hydratées (hydrate de potasse, hydrate d'ammoniaque). 2. <i>B. secondaires</i> ou bases anhydres (oxyde de potassium).	Sulfures de bases. 1. <i>S. primaires</i> ou sulfhydrates (sulfhydrate de potasse, sulfhydrate d'ammoniaque). 2. <i>S. secondaires</i> ou sulfures métalliques (sulfure de potassium).	Chlorures de bases. 1. <i>C. primaires</i> ou chlorures métalliques (chlorure de potassium, chlorure d'ammoniaque).	Cyanures de bases. 1. <i>C. primaires</i> ou cyanures métalliques (cyanure de potassium, ferrocyanure de potassium).	Azotures de bases. 1. <i>A. primaires</i> (ammoniaque de potassium). 2. <i>A. secondaires</i> . 3. <i>A. tertiaires</i> (azoture de potassium).	Métaux de bases. 1. <i>M. primaires</i> ou hydrides métalliques (hydride de calcium). 2. <i>M. secondaires</i> ou mélanges proprement dits (potassium, stibéthyle).
DERIVÉS à radicaux positifs.	Alcools ou bases hydrocarbonées. 1. <i>A. primaires</i> ou alcools proprement dits (alcool de bois, hydrate de phényle, glycérine). 2. <i>A. secondaires</i> ou éthers simples (oxyde d'éthyle).	Sulfures d'alcools. 1. <i>S. primaires</i> ou mercaptanes (sulfhydrate d'éthyle). 2. <i>S. secondaires</i> ou éthers sulfhydriques (sulf. d'éthyle).	Chlorures d'alcools. 1. <i>C. primaires</i> ou chlorures d'éthyle.	Cyanures d'alcools. 1. <i>C. primaires</i> , éthers cyanhydriques ou nitriles (acétamide).	Azotures d'alcools. 1. <i>A. primaires</i> (éthylamine). 2. <i>A. secondaires</i> (diéthylamine). 3. <i>A. tertiaires</i> (triéthylamine).	Métaux d'alcools. 1. <i>M. primaires</i> ou hydrides d'alcools (gaz des marais, benzine). 2. <i>M. secondaires</i> , sol-dans radicaux alcooliques (éthyle, amyde).
	Aldéhydes. 1. <i>A. primaires</i> (aldéhyde acétique, essence d'amandes amères). 2. <i>A. secondaires</i> .	Sulfures d'aldéhydes. 1. <i>S. primaires</i> (sulfobenzol). 2. <i>S. secondaires</i> .	Chlorures d'aldéhydes. 1. <i>C. primaires</i> (aldéhyde d'aldéhyde).	Cyanures d'aldéhydes. 1. <i>C. primaires</i> .	Azotures d'aldéhydes. 1. <i>A. primaires</i> . 2. <i>A. secondaires</i> . 3. <i>A. tertiaires</i> .	Métaux d'aldéhydes. 1. <i>M. primaires</i> , hydrides d'aldéhydes (gaz oléant). 2. <i>M. secondaires</i> .
DERIVÉS à radicaux négatifs.	Acides. 1. <i>A. primaires</i> ou acides hydratés (ac. sulfurique, ac. benzoïque, ac. cyanique). 2. <i>A. secondaires</i> ou acides anhydres (ac. sulfurique anhydre, ac. benzoïque anhydre).	Sulfures d'acides. 1. <i>S. primaires</i> (acide sulfocyanhydrique). 2. <i>S. secondaires</i> (sulfure de benzoïle).	Chlorures d'acides. 1. <i>C. primaires</i> (chlorure de benzoïle, oxychlorure de phosphore, chlorure, chlorure de cyanogène).	Cyanures d'acides. 1. <i>C. primaires</i> (cyanure de benzoïle, cyanogène libre).	Azotures d'acides. 1. <i>A. primaires</i> (benzamide, succinamide, cyanamide). 2. <i>A. secondaires</i> (succinimide, benzil-sulfobenzylamide, acide hippurique). 3. <i>A. tertiaires</i> (dibenzylsuccinylam., boram., azote libre).	Métaux d'acides. 1. <i>M. primaires</i> , hydrides d'acides (hydride de benzoïle, acide chlorhydrique, acide cyanhydrique). 2. <i>M. secondaires</i> ou métalloïdes (benzoïle, chlore, cyanogène).
DERIVÉS intermédiaires ou à rad. positifs et négatifs.	Seis oxygénés. (Sulfates, nitrates, cyanures métalliques). Éthers composés. (Sulfate, cyanate, oxalate d'éthyle, de phényle, Glycérols, oléans, stéarins). Aldéhydes composés.	Seis sulfurés. (Sulfocyanures, sulfammoniates). Éthers comp. sulfurés. (Thioacétate d'éthyle, sulfocyanure d'éthyle).		Seis d'amides. (Benzamide de mercure). Alcalamides. (Oxamide, éthyl-acétamide).	ici viennent se placer beaucoup de corps qui figurent déjà dans les autres classes (par ex., les cyanures d'alcools, renfermant le radical de l'acide cyanique et un radical d'alcool).	

Από βιβλίο του Gerhardt πάνω στην ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων.

Οι Οργανικές χημείες τώρα ξαναγράφτηκαν, χρησιμοποιώντας τους τύπους αυτούς για την απεικόνιση των οργανικών ουσιών. Η δυνατότητα, που έχουν τα άτομα των στοιχείων να μπορούν να συνδέονται συγκεκριμένα με ορισμένο αριθμό άλλων ατόμων ή οργανικών ριζών, όπως του οξυγόνου να συνδέεται με δύο άτομα υδρογόνου, το άζωτο με τρία κ.ο.κ. δημιούργησε την ανάγκη αποτύπωσής της ως μίας ανεξάρτητης ιδιότητας του ατόμου από την ένωση που δημιουργεί, και επέβαλε η χημεία με τα πειραματικά της σχέδια να βασιστούν πάνω σε αυτή τη λογική.



Précis de chimie organique από τον M. Charles Gerhardt. Εκδόθηκε το **1844** από τους [Fortin, Masson](#) στο Paris, σε δύο τόμους.

Κατά τη διάρκεια του 1840 παρατηρούνται οι επίμονες προσπάθειες των Laurent και Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856), για τη διευκρίνιση των όρων “equivalent”, “atom” και

“molecule”, αντιλήψεις που έπρεπε να αποσαφηνιστούν. Για την αποσαφήνιση αυτή αναπτύχθηκε ένα σύνολο ατομικών βαρών στη βάση της μοριακής υπόθεσης του Avogadro. Οι οργανικοί μοριακοί τύποι ταχύτατα ήρθαν σε μία συμφωνία με αυτούς, που χρησιμοποιούμε σήμερα, και μόνον στην περίπτωση μερικών μετάλλων παρουσιάστικαν κάποια σφάλματα στα ατομικά τους βάρη. Αυτά ξεκαθαρίστηκαν με την εμμονή του Cannizzaro στο Συνέδριο της Karlsruhe στα 1860. [43, 44, 52, 55, 56, 58, 65, 68, 69, 78]

Friedrich Wöhler (1800 - 1882)



Ο Friedrich Wöhler (1800 - 1882) είναι Γερμανός χημικός που γεννήθηκε στο Eschenheim, μια μικρή πόλη κοντά στη Φρανκφούρτη (Frankfurt). Ήταν γιος ενός γιατρού της πόλης αυτής και ως μαθητής χαρακτηριζόταν μέτριος. Στα μαθηματικά ήταν τόσο αδύνατος, ώστε οι γονείς του χρειάστηκε να του κάνουν ιδιαίτερα φροντιστηριακά μαθήματα για να ανταπεξέλθει στο σχολείο. Η εξωσχολική του όμως δραστηριότητα ήταν σχεδόν ολοκληρωτικά αφοσιωμένη στην εκτέλεση χημικών πειραμάτων και τη συλλογή ορυκτών. Η αφορμή δόθηκε από την ανακάλυψη ενός βιβλίου πειραματικής χημείας στη βιβλιοθήκη του πατέρα του. Είχε ένα δωμάτιο γεμάτο όργανα χημείας, όπου επικρατούσε κυριολεκτικά το χάος. Τη θέρμανση των διαφόρων ουσιών έκανε στην κουζίνα του σπιτιού του, την οποία μερικώς είχε μετατρέψει σε ένα αυτοσχέδιο χημείο.

Ένα από τα μαθητικά του κατορθώματα ήταν η κατασκευή μιας ηλεκτρικής στήλης (μπαταρίας) από χάλκινα και τσίγκινα νομίσματα, την οποία χρησιμοποίησε για την ηλεκτρόλυση του νερού. Το γυμνάσιο τελείωσε δύσκολα σε ηλικία 20 χρονών. Σπούδασε ιατρική στο Marburg, επειδή δεν υπήρχαν σχολές χημείας εκείνη την εποχή. Όμως στόχος των σπουδών του ήταν η χημεία. Στο δεύτερο έτος σπουδών του πήγε στη Χαϊδελβέργη στο εργαστήριο του διάσημου χημικού καθηγητή Gmelin. Αποφάσισε να μη γίνει γιατρός αλλά χημικός. Συνεργάστηκε με τον Berzelius ως μεταπτυχιακός φοιτητής. Ανακάλυψε το

αλουμίνιο το 1827 από αλουμίνα (Al_2O_3) και κάλιο, δημιουργώντας ένα μίγμα το οποίο επεξεργάστηκε με νερό.

Σ' αυτόν οφείλεται επίσης η απομόνωση των στοιχείων ύτριο, βηρύλλιο και τιτάνιο, όπως και η παρατήρηση κρυστάλλων πυριτίου, το οποίο ονόμαζε "silicium". Επίσης ασχολήθηκε με τις αναλύσεις μετεωριτών, στους οποίους ανίχνευσε κάποιες οργανικές ουσίες. Κατείχε τη μεγαλύτερη ιδιωτική συλλογή μετεωριτών σύστασης από σίδηρο. Ανακάλυψε την κρυσταλλική δομή του βορίου και ασχολήθηκε με τη φιλολογία των μετεωριτών.



Στα 1811 παρασκεύασε ουρία από ανόργανες ενώσεις, από το αμμωνιακό άλας του κυανικού οξέος, δίνοντας το πρώτο χτύπημα στην θεωρία της ζωϊκής δύναμης. Το άλας αυτό το παρασκεύασε από διάλυμα αμμωνίας που επίδρασε σε κυανικό μόλυβδο:



Έγινε καθηγητής χημείας στη Σχολή Τεχνικών Επαγγελματιών του Βερολίνου και στη συνέχεια δίδαξε στο Cassel. Μετά το θάνατο του Stromeyer στα 1835, έγινε καθηγητής της χημείας στο Πανεπιστήμιο του Göttingen το 1836 και έμεινε σ' αυτή τη θέση μέχρι το θάνατό του το 1882. Αν και η συνεισφορά του στο πεδίο της οργανικής χημείας ήταν σημαντική, το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας του έγινε στο πεδίο της ανόργανης χημείας. Απομόνωσε από ορυκτά πολλά μέταλλα, όπως το βολφράμιο και το αργίλιο και παρασκεύασε εργαστηριακά πολλές οργανικές ενώσεις. Υπεραμύνθηκε της ατομικής θεωρίας, που διατύπωσε ο Dalton, επηρεασμένος από τον υπερασπιστή της Berzelius, ο οποίος κυριολεκτικά είχε αλλοτριώσει τις επιστημονικές σκέψεις των τότε μεγάλων χημικών. Ως γνωστόν η ατομική θεωρία την εποχή εκείνη είχε πολλούς πολέμιους και δεν είχε εύκολα γίνει αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα.

3.2 Η ιστορία της λέξης «valency/e»

Όταν οι αντιδράσεις κι οι αψιμαχίες του Berzelius, του Liebig και του Dumas έναντι των Laurent, Gerhardt και της νέας φουρνιάς χημικών ξεπεράστηκαν, ανοίχτηκαν νέοι ορίζοντες. Δύο προβλήματα, στα οποία επικεντρώθηκε η προσοχή των νέων τότε χημικών μετά το 1850 ήταν η εύρεση πιο αξιόπιστων τιμών ατομικών βαρών και ο τρόπος σύνδεσης των ατόμων στο μόριο ένωσης. Το δεύτερο πρόβλημα υπαγορεύτηκε από τις αντιδράσεις των υποκαταστάσεων στις οργανικές ενώσεις, αντιδράσεις που έδειχναν τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων των στοιχείων αυτών με τα άτομα των άλλων στοιχείων, που υπήρχαν στις ενώσεις αυτές (κυρίως άνθρακα σε οργανικές ενώσεις). Δειλά δειλά φάνηκαν στα εγχειρίδια της χημείας οι πρώτες χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων και άρχισαν να βελτιώνονται οι μέθοδοι ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού. Πλήθος νέων στοιχείων ανακαλύφθηκαν και οι ιδιότητες τους συγκρίθηκαν με τις ιδιότητες των γνωστών στοιχείων, οπότε οι σχετικές ομοιότητες επίδρασης των στοιχείων αυτών πάνω σε ορισμένες ενώσεις καθόριζαν και τις ομοιότητες της ικανότητας των ατόμων των στοιχείων αυτών να συνδέονται με τα άλλα στοιχεία. Αυτές τις ικανότητες απέδωσαν στην αρχή κάποια σταθερή ιδιότητα που έχει το άτομο ενός στοιχείου. Ο Kekulé ήταν ένας βασικός υποστηρικτής της. Αυτή τελικά η σταθερή ή η μεταβλητή ιδιότητα, που την ονόμασαν **σθένος (valency)**, τους οδήγησε στη στερεοχημεία, στη δομή του ατόμου και σε συνθέσεις μεγάλου αριθμού ενώσεων. Ο όρος αυτός επικράτησε για να εκφράσει την ενωτική ικανότητα των ατόμων. Η έννοια της **συγγένειας (affinity)** άρχισε να εγκαταλείπεται και να μη χρησιμοποιείται, γιατί συνδέθηκε με τα δεδομένα της παλιάς χημείας. Γύρω από το valency ή valence η θεωρητική χημεία συνδέθηκε ακράδαντα με κάθε θεωρία ερμηνείας της συνδετικής ικανότητας των ατόμων των διαφόρων στοιχείων, τόσο στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα όσο και κατά τη διάρκεια του 20^{ου}.

Η ιστορία της λέξης **Valency** (σήμερα γράφεται **valence**) είναι πολύ ενδιαφέρουσα και νομίζουμε ότι είναι σπουδαίο όχι μόνο να μελετηθεί και να εξεταστεί το ετυμολογικό περιεχόμενο του όρου αλλά ποιον όρο αντικατέστησε, ποιες συνθήκες επέβαλαν την εισαγωγή του, πώς καθιερώθηκε και ποιους νέους όρους δημιούργησε σε θεωρίες, που ερμηνεύουν τα χημικά δρώμενα. Ο G. I. Brown υποθέτει ότι, ο όρος **σθένος (valence)** εισήχθη στις αρχές του 19ου αιώνα από τον Berzelius το 1816 ως αντικατάσταση του όρου **συγγένεια (affinity)**, όμως αυτό δεν διακρίνεται σε κάποιο κείμενο. Μια αναψηλάφηση των ιστορικών δεδομένων επιβάλλεται και θεωρείται αναγκαία, γιατί οι απόψεις για την πρώτη εμφάνιση του σθένους σε επίσημα κείμενα δίστανται και υπάρχει μία διχογνωμία των ιστορικών της χημείας που έχουν εντυφίσει σε αυτό το πεδίο, αν έχει γεννηθεί η έννοια στην Αγγλία ή στη Γερμανία. Ο Brown τουλάχιστον δεν τεκμηριώνει την άποψη αυτή, αλλά δείχνει μία τάση την εποχή εκείνη, της αναθεώρησης όρων που ερμήνευαν τα χημικά φαινόμενα και την επινόηση νέων, των οποίων το περιεχόμενο είναι περισσότερο προσδιοριστικό.[111]

Ο όρος valence (valenz) εισήχθη όπως διατείνεται ο C. A. Russel (69) σε κάποια χημική συζήτηση από τον C. W. Wichelhaus στα 1868. Οι όροι **monovalent** ή **univalent** (μονοδεσμικός) είχαν προταθεί μερικά χρόνια νωρίτερα από τους Emil Erlenmeyer και Lothar Meyer. Ακριβώς με την έννοια του σθένους (Valency) ο Frankland στα 1852 ανακοίνωσε ότι κάθε άτομο έχει καθορισμένη **συνδυαστική ισχύ (combining power)**. Π.χ. το υδρογόνο κάτω από συνήθεις συνθήκες *συνδυάζεται* (δεν έλεγαν ενώνεται) πάντοτε μόνον με ένα άλλο άτομο, εκφράζοντας τη δυνατότητα αυτή με τον αριθμό 1 ή με μία κεραία, -. Την ίδια συνδυαστική ισχύ είχαν κατά το Frankland το νάτριο, το χλώριο, ο άργυρος, το βρώμιο και το κάλιο. Όταν το άτομο ενός στοιχείου, όπως το οξυγόνο μπορεί να συνδυαστεί

με δύο άτομα, π.χ. υδρογόνου, τότε εκφράζεται η *συνδυαστική ισχύς* με δύο κεραίες (π.χ. – O–) ή με τον αριθμό II, όπως έκανε κατόπιν ο Wurtz. Η *συνδυαστική ισχύς* δεν είναι καμία άλλη έννοια παρά το *σθένος* (**Valency**).

Είναι εξίσου ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι κατά πρώτον ο όρος **valency** χρησιμοποιήθηκε από τους χημικούς για να περιγράψουν ποσοτικά χαρακτηριστικά της συγγένειας των ατόμων και των ριζών τους. Τη δυνατότητα μιας ρίζας, όπως του *αιθυλίου* ή του *βενζοϋλίου* να συνδέεται με ένα άτομο υδρογόνου ή αλογόνου ή της ρίζας του κυανίου, ονόμασαν αρχικά **βασικότητα** («**basicity**», δεν την ονόμασαν συνδυαστική ισχύ, combining power, όπως ο Frankland ή δύναμη, όπως άλλοι χημικοί). Ο όρος *βασικότητα* είχε πρωτοεισαχθεί από τον Alexander Williamson⁴⁴ το 1852 στην προσπάθειά του να χαρακτηρίσει ρίζες ως **μονοβασικές** (monobasic), **διβασικές** (dibasic), **τριβασικές** (tribasic) κτλ. Στα 1854-1856 ο Kekulé επίσης χρησιμοποίησε εύστοχα αυτόν τον όρο, όπως εξίσου καλά και τον όρο **ατομικότητα** (atomicity), που εισήγαγε το 1857 για να χαρακτηρίσει ρίζες ως *μονατομικές, διατομικές* (**monatomic, diatomic** atoms and radicals) κτλ. Σε εργασία του ο Couper⁴⁵ το 1858 χρησιμοποίησε τον όρο «**βαθμό συγγένειας**» (degree of affinity) για να περιγράψει την ικανότητα ενός στοιχείου να σχηματίζει χημικές ενώσεις. Όμως ούτε οι όροι του Couper ούτε αυτοί του Frankland έγιναν αποδεκτοί στην περιγραφή των χημικών δεσμών από την τότε ευρωπαϊκή χημική κοινότητα.

Στα 1864 ο Άγγλος χημικός William Odling εισήγαγε τους όρους **monad** (μοναδικός), **diad** (δυναδικός) και **triad** (τριαδικός), όροι που αντιστοιχούσαν κατοπινά στους: **monovalent** (μονοσθενές), **divalent** (δισθενές), **tervalent** (τρισθενές). Τους ίδιους όρους χρησιμοποιούσε και ο Sir Edward Frankland, ειδικά για το χαρακτηρισμό των τριών διαφορετικών σθενών του αζώτου. Τους ίδιους όρους χρησιμοποίησε και ο Auguste Laurent (1808-1853), ερευνητικός φοιτητής του J. B. Dumas όπως είδαμε στο spin, το ο 2.15 στη *θεωρία των τύπων*, αλλά με διαφορετικό περιεχόμενο από αυτό του Odling. Η ορολογία του Odling ή του Laurent δεν υιοθετήθηκε από τους χημικούς.

Ακόμα μια λέξη σχετικά με το **valency** ή *valence* εμφανίστηκε στα μισά του 19ου αιώνα. Ήταν αυτή του «**equivalence**» (*ισοδύναμο* ή *ισοσθενές*) στα 1858. Ο όρος αυτός σχετίστηκε με την απομόνωση των ατόμων διαφόρων στοιχείων. Γι' αυτόν τον όρο ο Odling⁴⁶ γράφει ότι ένα άτομο υδρογόνου χαρακτηρίζεται ως μία *μονάδα ισοδυναμίας* (ή *ισοσθενούς*

⁴⁴ Williamson, A., *J. Chem. Soc.*, 1852, v. 4., page 353. Alexander Williamson (1824-1904).

⁴⁵ Frankland, E., *Proc. Roy. Soc.*, 1865, v. 16, p. 198-204).

⁴⁶ Odling, W., *Phyl. Mag.*, 1858, v. 16, p. 40. Ο Odling, William (1829 - 1921) ήταν βρετανός χημικός, γιος χειρουργού του Λονδίνου, σπούδασε ιατρική στο πανεπιστήμιο του Λονδίνου και μετά μετακινήθηκε προς τη χημεία. Μαθήτευσε στο Παρίσι υπό τον Charles Gerhardt και στα 1863 διορίστηκε καθηγητής της χημείας στο St. Bartholomew's Hospital (Νοσοκομείο) του Λονδίνου. Στα 1867 διαδέχτηκε με επιτυχία το Michael Faraday ως Fullerian Professor στο Royal Institution του Λονδίνου, και στα 1872 μετακινήθηκε στο Oxford University λαμβάνοντας την έδρα Waynflete της Χημείας, παραμένοντας εκεί μέχρι το 1912. Ο Odling ήταν ένας από τους σκαπανείς της Θεωρίας του Σθένους (valence theory), τις βάσεις της οποίας έθεσε ο Edward Frankland στα 1852 και πάνω σε αυτές πάτησαν οι άλλοι μεγάλοι της γενιάς αυτής χημικοί. Αν και ο όρος '**valence**' δεν εχρησιμοποιείτο στα 1854, όταν ο Odling πρωτόγραψε το σχετικό κείμενο, αυτός όμως είχε μια πολύ καθαρή ιδέα για το περιεχόμενο του όρου, ο οποίος στις αναφορές του έδινε ή τον αντικαθιστούσε με κάποια τιμή. Ο Odling, όπως και πολλοί σύγχρονοί του, ήταν δύσπιστος στην ύπαρξη των ατόμων, και παρέμενε έτσι μέχρι τα 1890, όταν οι ανησυχίες του ξεπεράστηκαν. Από τις εργασίες του πάνω στα ατομικά βίον σθένους, των *n* πρόταση το ατομικό βάρος του οξυγόνου είναι 16 και όχι 8. Στα 1861 είχε ξεκάθαρη άποψη για την τριατομικότητα του όζοντος, γεγονός που επίσης επιβεβαιώθηκε από τον J. Soret στα 1866. Ο Odling μελέτησε επίσης τις πυριτικές ενώσεις (silicates).

μονάδας, equivalent unit) και ένα άτομο βισμούθιου ως τρεις μονάδες ισοδυναμίας (συμβολίζονται ως τρεις *ισοσθενικές μονάδες*).

Σε εγχειρίδιο που δημοσίευσε ο Hofmann⁴⁷ το 1865, πρότεινε ότι η ατομικότητα θα μπορούσε να αντικατασταθεί από άλλον όρο, το οποίον ονόμασε *ποσοσθενές (quantivalence)* κι ότι τα στοιχεία θα μπορούσαν να περιγραφούν ως «*univalent*», «*bivalent*», «*trivalent*» και «*tetravalent*» σύμφωνα με τις ατομικές τους ικανότητες σύνδεσης. Ο όρος *quantivalence (ποσοσθενές)* έγινε αμέσως αποδεκτός από τους Άγγλους χημικούς και εμφανίστηκε σε αγγλικά εγχειρίδια χημείας της εποχής εκείνης, όπως επίσης και σε περιοδικά (Journals). Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε από τους συγγραφείς Roscoe (1871), Cooke (1874), Stalo (1882) και στο περιοδικό *Journal of Chemical Society* (London) όλη αυτή την περίοδο που έκλεινε ο 19^{ος} αιώνας. Μόνον ο Frankland από το 1866 συνέχιζε πεισματικά να χρησιμοποιεί μαζί με τον όρο *συνδυαστική ισχύ (combining power)* το *ισοδύναμο* ή *ισοσθενές (equivalency)*.

Στον τομέα της Ηλεκτροχημείας που ανέπτυξε ο M. Faraday, εμφανίστηκε ο σχετικός όρος που περιελάμβανε το *valence* (σθένος). Ήταν το *ηλεκτροχημικό ισοσθενές* ή *ισοδύναμο (electro-chemical equivalent)*. Ο Faraday έγραφε για τις ποσότητες στοιχείων που ελευθερώνονται κατά τις ηλεκτρολύσεις: «*Προτείνω να καλέσω τους αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τα μέρη (βάρους) στα οποία αναπτύσσονται τα ηλεκτροχημικά ισοδύναμα (electro-chemical-equivalent). Κατ' αυτόν τον τρόπο το υδρογόνο, οξυγόνο, χλώριο, ιώδιο, μολύβδος και κασσίτερος είναι ιόντα. Τα τέσσερα πρώτα είναι ανιόντα και τα δύο μέταλλα είναι κατιόντα με ηλεκτροχημικά ισοδύναμα μέρη 1, 8, 36, 125, 104, 58*».

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο όρος *valency* ή *valence* και τα παράγωγά του δε άρχισαν να καθιερώνονται μετά το 1860 και να βρίσκονται σε κοινή χρήση στη χημική βιβλιογραφία. Πρώτα εμφανίστηκε με συγκεκριμένο περιεχόμενο σε ένα από τα σύντομα γραπτά κείμενα του Kekulé στη Γερμανία στα 1867. «*Όταν έχω δώσει μια αληθινή ερμηνεία της άποψης μου για την ατομική κατασκευή των χημικών ενώσεων, έγραφε, έχω χρησιμοποιήσει για αρκετά χρόνια μια μέθοδο πάνω στην οποία άτομα με διαφορετικό σθένος (valency, valenz) αντιπροσωπεύονται από διαφορετικά μεγέθη*».

Ο ιστορικός της χημείας C. Russel στο βιβλίο του «*The history of valency*» (Oxford, 1971) υποστήριξε ότι ο Kekulé πριν από το 1867 στις κατ' ιδίαν συνομιλίες με φίλους και συνεργάτες χρησιμοποιούσε περισσότερο τον όρο *valency (valenz)* παρά τον κακόηχο *quantivalence*. Ο όρος *valency* συχνά χρησιμοποιήθηκε στα 1868 από το γνωστό χημικό C. W. Wichelhaus μαθητή του Kekulé. Τον συναντάμε τακτικά σε ένα άρθρο του Wichelhaus στο περιοδικό *Annalen* (διάσημο γερμανικό περιοδικό χημικής επικοινωνίας του Hermann Kopp). Ο Wichelhaus δίνει γι' αυτόν τον όρο την ακόλουθη ερμηνεία: «*valency (ή valenz στα γερμανικά, δηλαδή σθένος) είναι μια πιο σύντομη λέξη για το quantivalence (ποσοσθενές), όρο που εισήγαγε με την ίδια σημασία ο Hofmann*». (Wichelhaus, G., *Annalen, Suppl. Bd. VI, S. 214*).

Όπως ο Russel προσπαθεί να ανιχνεύσει ετυμολογικά τον όρο *valency* και εμμένει σε αυτήν την κατεύθυνση, έτσι και εμείς θα προσπαθήσουμε να ανακαλύψουμε τις ρίζες του όρου και να καλύψουμε με την πλέον δυνατή πληρότητα την προέλευση του όρου. Ο Russel πιστεύει ότι ο όρος έχει λατινική προέλευση αν και δεν υιοθετήθηκε απευθείας από τη λατινική

⁴⁷ Hofmann, A. W., *Introduction to Modern Chemistry*, London, 1865. August Wilhelm von Hofmann (1818-1892).

γλώσσα γι' αυτό και οι σημασίες που δίνονται στην ερμηνεία του όρου είναι ποικίλες. Έτσι ο όρος έχει σχηματιστεί από τις λέξεις:

valens: strong, powerful, energetic, able.

valere: πρωταρχικώς to be strong or well, με δευτεροταγή έννοια to be worth

valentia: ένας μεσαιωνικός όρος που σημαίνει value = τιμή, ποσότητα, ...

Οι διαφορετικοί τρόποι εισαγωγής του όρου valency στη χημεία μπορούν να διευθετηθούν κατά κάποιο τρόπο από το παρακάτω σχήμα που έχει ληφθεί από το βιβλίο του Russel.

Διάγραμμα ιστορίας του σθένους (ή δυνάμεως) των στοιχείων

VALENS, VALERE

λέξεις με λατινική ρίζα



VALENTIA μεσαιωνική λατινική λέξη → VALENCE σε τρέχουσα αμερικάνικη βιβλιογραφία



VALENCY

παλιά στην αγγλική

γλώσσα, όπως και στη τρέχουσα



EQUIVALENCE

σε χημική χρήση → EQUIVALENCY από τον Odling, 1864



QUANTIVALENCE

από τον Hofmann, 1865 → VALENZ από τον Kekulé, 1867

Όπως θα δούμε παρακάτω ο όρος valence, valens δεν είναι μεσαιωνικός, έχει καταγωγή πολύ πιο μακρινή, έχει ρίζες της αρχαίας ελληνικής γραμματείας, προερχόμενο από το «βαλλήν». Βαλλήν ή βαλήν σημαίνει βασιλικός, λέξη την οποίαν συναντάμε σε κείμενα (σώζονται λιγοστά αποσπάσματα) του Ευφορίωνα και στους Πέρσες του Αισχύλου (*Βάλης, Βαλήν, βαλήνικος*).

Η λέξη **valency** ήρθε στην Αγγλία προς χημική χρήση στα 1869. Πλήρη μετάφραση του όρου όμως συναντάμε στην Encyclopaedia Britannica το 1876. Στη Γαλλία ο όρος έφτασε από τη Γερμανία λίγα χρόνια νωρίτερα γύρω στα 1870, χωρίς ιδιαίτερη χρήση, με επικρατούσα ορολογία μέχρι τότε στη θέση του **valency** την *ατομικότητα* ή τις *μονάδες συγγένειας* (affinity units). Στη Ρώσικη επιστημονική και παιδαγωγική διδασκαλία της χημείας ο όρος εμφανίστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα. Ο Mendeleev σε όλες τις εκδόσεις του περίφημου βιβλίου του «*Principles of Chemistry*» (Αρχές της Χημείας) χρησιμοποιεί τους όρους *ατομικότητα* (atomicity) και *ισοδύναμο* ή *ισοσθενές* (equivalence). Απουσιάζει ο όρος σθένος (valence). Ο όρος valence λείπει κι από όλες τις επιστημονικές εργασίες που έγραψε ο μεγάλος ρώσος χημικός.

Ένας άλλος διάσημος ρώσος οργανικός χημικός ο N. A. Menshutkin χρησιμοποιεί αντί για τον όρο valency (σθένος) τον όρο «*units of affinity*» (**μονάδες συγγένειας**), όπως και τον όρο «*atomicity*» (**ατομικότητα**) στο βιβλίο του «*Lectures on Organic Chemistry*», στην τρίτη έκδοση που εξέδωσε στη Πετρούπολη το 1869. Επίσης ένα εγχειρίδιο *Ανόργανης Χημείας* του Holleman που εκδόθηκε στη Ρωσία το 1909 περιείχε τους όρους «ατομικότητα» (atomicity) και *ισοδύναμο* (equivalence, παράγωγος λέξη του σθένους). Μόνο μια μετάφραση του W. Ostwald στα ρωσικά το «*Principles of Chemistry*», (Αρχές της Χημείας), η οποία εκδόθηκε στη Μόσχα το 1910 περιείχε τον όρο valency στη σελίδα 223. Οι μεταφράσεις των Αγγλικών βιβλίων χημείας στα ρωσικά είχαν όλα και σε πολλά μέρη τους την ίδια εποχή τον όρο «**valency**».

Ο Aleksandrovich Chugaev (1873-1922) ένας ρώσος χημικός υψηλού κύρους στις πρώτες επιστημονικές του εργασίες σε συνθέσεις ανοργάνων ενώσεων χρησιμοποίησε τον όρο «**αριθμό μονάδων συγγένειας**» (**number of units of affinity**). Είχε όμως την τιμή, λόγω της ευρύτατης αναγνώρισης του από την επιστημονική κοινότητα των ρώσων χημικών, να εισαγάγει πρώτος τον όρο «valency» (σθένος) στο βιβλίο του «*New Ideas in Chemistry*», που εκδόθηκε στην Πετρούπολη το 1913 και να αναφερθεί εκτενώς σ' αυτόν το χρήσιμο όρο. Ακολούθησε το βιβλίο του γιού του Menshutkin το 1924 με τίτλο: «*Course in General (Inorganic) Chemistry*», που χρησιμοποίησε απλοϊκά τον όρο «valency». Έκτοτε ο όρος εισέρχεται για τα καλά στη ρώσικη βιβλιογραφία, εφόσον είχε συνδεθεί με το «*χημικό δεσμό*» (*Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους*, *Electronic Theory of Valence*). Η προσπάθεια του Frankland να καθιερώσει τον όρο «**combining power**» (**συνδυασμένη ισχύς**) απέβη άκαρπη, ενώ οι όροι «**ποσοσθενές**», «**αισοσθενές**», «**ατομικότητα**» και «**βασικότητα**» (δηλαδή quantivalence, equivalence, atomicity και basicity), όροι που συνδέθηκαν με τη «**Θεωρία των Τύπων**» ξεχάστηκαν σταδιακά μετά το 1870 κι αντικαταστάθηκαν από το «**valency**» (σθένος).

ΧΗΜΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ και περιοδικά με Χημικά άρθρα κατά το 19ο αιώνα

Philosophical Magazine = αγγλικό περιοδικό που δημοσίευε μεγάλο αριθμό χημικών εργασιών στην Αγγλία τόσο άγγλων χημικών όσο και γερμανών (μεταφράσεις). Το περιοδικό αυτό απορρόφησε δύο άλλα το 1814, το *Chemical Journal*, που ιδρύθηκε το 1798 από το Nicholson (η ονομασία μάλιστα του περιοδικού αυτού πριν την απορρόφηση είχε μετατρέψει σε *Nicholson's Journals of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*) και το *Philosophical Journal*. Μετά το 1840 το εξέδωσε ο Taylor.

Zeitschrift für Chemie = γερμανικό περιοδικό που εξέδωσαν οι Belstein, Fitting και Hübner και το οποίο λειτούργησε ως το 1871. Σε αυτό ο Kekulé το 1858 έγραψε ένα κριτικό άρθρο για τη χημική πρόοδο, που είχε ραγδαίους ρυθμούς την εποχή εκείνη. Στο περιοδικό αυτό συναντάμε άρθρα του Erlenmeyer.

Allgemeines Journal der Chemie = ένα άλλο γερμανικό περιοδικό, που ιδρύθηκε στα 1798 από τον Aelxander Nicolaus Scherer (1771-1824). Στα 1804 άλλαξε τίτλο και έγινε *Neues allgemeines Journal der Chemie* από τον εκδότη του τότε Gehlen. Ο Gehlen στα 1807 το άλλαξε σε έναν άλλο πιο ενδιαφέροντα τίτλο το *Journal für die Chemie, Physik, und Mineralogie*. Στα 1811 όταν έγινε εκδότης ο Johann S. C. Schweigger (1779-1857) αφαίρεσε το Mineralogie από τον τίτλο. Στα 1834 συνδυάστηκε με το *Journal für technische und ökonomische Chemie* και μετονομάστηκε σε *Journal für praktische Chemie* κάτω από τη διεύθυνση του Otto Linne Erdmann (1804-1869).

Annalen der Pharmacie άλλο γερμανικό περιοδικό χημικής ύλης, το πιο σπουδαίο από όλα, που ιδρύθηκε από το Liebig στα 1832. Λόγω της ταχύτατης ανάπτυξης της οργανικής χημείας και της αρθρογραφίας της σχετικής με αυτήν, το μετονόμασε στα 1839 σε *Annalen der Chemie und Pharmacie*. Στα 1838 είχαν γίνει συνεκδότες οι Dumas και Graham, αλλά τον έλεγχο του περιοδικού ασκούσε ουσιαστικά ο Liebig. Ο Wöhler έγινε συνεκδότης και περιστασιακός αρθρογράφος στα 1840. Το 1873 με το θάνατο του Liebig, το περιοδικό άλλαξε όνομα και έγινε *Justus Liebig's Annalen der Chemie*, το οποίο διατηρεί μέχρι σήμερα με ύλη γύρω από την οργανική χημεία.

Annalen de chimie γαλλικό περιοδικό, που ίδρυσε ο Lavoisier το 1789 και με βασικό εκδότη τον ίδιο. Το 1815 άλλαξε τίτλο και έγινε σε *Annalens de chimie et de physique* και έναν αιώνα μετά στα 1914 διασπάστηκε σε δύο περιοδικά το *Annales de chimie* και το *Annales de physique*.



Στο κέντρο καθιστός ο Kekulé και γύρω του φοιτητές του.

Sir Edward Frankland (1825-1899)

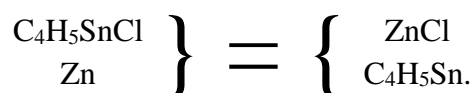
Ο Edward Frankland ήταν Άγγλος οργανικός χημικός, με μελέτες πάνω σε οργανομεταλλικές ενώσεις και από τους πρώτους εισηγητές της έννοιας του σθένους και του χημικού δεσμού. Γεννήθηκε στις 18 Ιανουαρίου του 1825 στο Catterall κοντά στο Churchtown του Λανκσάιρ. Από την περιοχή αυτή μετακινήθηκε νωρίς με την οικογένειά του στο Lancaster στα 1832. Από την ηλικία των επτά μέχρι 12 χρόνων παρακολούθησε το σχολείο του James Willasey, και μετά το Lancaster Royal Grammar School. Το 1839 έγινε μαθητευόμενος σε φαρμακείο, όπου άρχισε να κάνει από το 1840 τις πρώτες του χημικές αναλύσεις κοντά στο χημικό Stephen Ross του Cheapside στο Lancaster, διαβάζοντας επίσης πολλά σχετικά βιβλία για τη χημεία, που εφοδιάστηκε από την οικογένεια Johnson του Lancaster. Ο Christopher Johnson που καθοδηγούσε τις εργασίες του Frankland τον έστειλε να εργαστεί στο εργαστήριο του Dr Lyon Playfair στο London, όπου ο Frankland έμελε να συναντήσει το μελλοντικό του συνεργάτη, τον Adolph Wilhelm Hermann Kolbe, σπουδάζοντας ταυτόχρονα χημεία στο Βασιλικό Κολέγιο Μηχανικών του Λονδίνου. Στα 1847, ο Frankland έγινε καθηγητής της Χημείας στο Queenwood College του Hampshire. Τον ίδιο χρόνο ο Frankland και ο Kolbe πήγαν στο Marburg να εργαστούν για τρεις μήνες κάτω από τις οδηγίες του μεγάλου χημικού Robert Bunsen. Στη Γερμανία έμειναν πολύ περισσότερο και μετά από κοπιαστική πραγματική εργασία κέρδισε το Ph.D. στα 1849. Κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο Marburg, ανακάλυψε σειρά από οργανομεταλλικές ενώσεις που περιείχαν ψευδάργυρο, συμβάλλοντας στη σύνθεση τέτοιων ενώσεων μαζί με τον Κόλμπε. Όταν ο Frankland επέστρεψε στην Αγγλία, έγινε καθηγητής της χημείας το 1851 στο Owen College Manchester, που σήμερα δεν είναι άλλο από το Manchester University. Τη θέση του πάνω στις αντιλήψεις του σθένους, που όπως ο Couper ονόμαζε συνδυαστική ισχύ, δημοσίευσε στα 1852, σημειώνοντας ότι «η συνδυαστική ισχύς ενός προσελκόμενου στοιχείου ... είναι ικανοποιείται πάντοτε από τον ίδιο αριθμό ατόμων»⁴⁸. Από το 1857, μετακινήθηκε στο St. Bartholomew Hospital του Λονδίνου και στα 1865 έγινε Καθηγητής της Χημείας στο Royal College of Chemistry. Στα 1865, ο Frankland απαίτησε από την κυβέρνηση να αναλύεται το πόσιμο νερό του Λονδίνου και έδωσε οδηγίες γι' αυτό στο βιβλίο του *Water Analysis for Sanitary Purposes*, του 1880.

Ο πίνακας παρακάτω μας δείχνει τις οργανομεταλλικές ενώσεις που διερεύνησε ο Frankland. Παρατηρούμε ότι το μεθύλιο είχε το λαθεμένο τύπο τότε C_2H_3 και το αιθύλιο C_4H_5 . Για να έχουμε μία αίσθηση του συμβολισμού των εξισώσεων των αντιδράσεων της εποχής του 1850, βλέπουμε πώς παράγεται το κασσιτεροαιθύλιο (stanethylum)⁴⁹, από σχετική εργασία του Frankland. Παρατηρούμε ότι ο ψευδάργυρος είναι μονοσθενής.

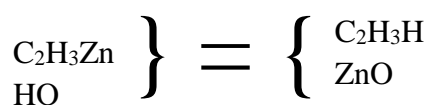
⁴⁸ Frankland's Paper II on Organo-Metallic Compounds, in *Philosophical Transactions* 1852, p.417.

⁴⁹ On a New Series of Organic Bodies Containing Metals, *Philosophical Transactions of the Royal Society* 142, 417-444 (1852). Received May 10, Read June 17, 1852.

Hydrogen series.	Methyl series.	Ethyl series.	Butyl series.	Valyl series	Amyl series.	Phenyl series.
ZnH	ZnC ₂ H ₃ *	ZnC ₄ H ₅ *	ZnC ₆ H ₇	ZnC ₈ H ₉	ZnC ₁₀ H ₁₁	ZnC ₁₂ H ₅
AsH ₂ *	As(C ₂ H ₃) ₂ *	As(C ₄ H ₅) ₂	As(C ₆ H ₇) ₂	As(C ₈ H ₉) ₂	As(C ₁₀ H ₁₁) ₂	As(C ₁₂ H ₅) ₂
SbH ₃ *	Sb(C ₂ H ₃) ₃	Sb(C ₄ H ₅) ₃	Sb(C ₆ H ₇) ₃	Sb(C ₈ H ₉) ₃	Sb(C ₁₀ H ₁₁) ₃	Sb(C ₁₂ H ₅) ₃
PH ₃ *	P(C ₂ H ₃) ₃ *	P(C ₄ H ₅) ₃	P(C ₆ H ₇) ₃	P(C ₈ H ₉) ₃	P(C ₁₀ H ₁₁) ₃	P(C ₁₂ H ₅) ₃



Η παρακάτω αντίδραση επίδρασης νερού σε ψευδαργυρομεθύλιο (zincmethylium), το οποίο αποσυντίθεται με σφοδρή έκλυση θερμότητας και φωτός, περιγράφεται στην ίδια εργασία ως εξής:



Τα προϊόντα της επίδρασης του νερού είναι οξείδιο του ψευδαργύρου (oxide of zinc) και μεθάνιο (hydride of methyl). Στις παρενθέσεις διατηρούνται οι ονομασίες των ενώσεων, όπως τις κατέγραψε στην αναφερόμενη εργασία του ο Frankland. Το νερό γράφεται με τύπο HO, επηρεαζόμενος εδώ ο Frankland από τον Dalton. Ο Frankland διακρίνει μία έκτακτη *συγγένεια του ψευδαργυρομεθυλίου για το οξυγόνο* (extraordinary affinity of zincmethylum for oxygen), φράση από την οποία εξάγεται ότι η χημική συγγένεια είναι ιδιότητα όχι μόνον των στοιχείων αλλά και των ενώσεων.



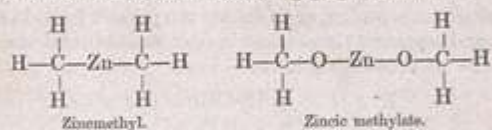
Το σπίτι του Hoffmann, όπου σήμερα είναι η έδρα της Γερμανικής Χημικής Εταιρείας (German Chemical Society).

CHAPTER V.

SYNTHETICAL RESEARCHES ON ORGANOMETALLIC BODIES.

INTRODUCTORY REMARKS.

I HAVE applied the name "organometallic" to a family of compounds resulting from this investigation, the members of which contain a positive organic radical united *directly* with a metal. It serves to distinguish them from other organic compounds containing metals, in which the metal and organic radical are *indirectly* united or linked to each other. Thus zincmethyl is an organometallic body, whilst zincic methylate is an organic body containing a metal; and the essential difference in their constitution will be at once seen from the following graphic formulæ:—



In zincmethyl the carbon of the compound radical is directly united with zinc, whilst in zincic methylate it is indirectly linked to that metal by dyad oxygen.

Zincmethyl and zincethyl were the first of these bodies with which I became acquainted: they were discovered on July 12, 1849, in the laboratory of Professor Bunsen at Marburg, during my work on the isolation of the organic radicals. After making the reaction for the isolation of methyl, by digesting methylic iodide with zinc, and after discharging the gases, I cut off the upper part of the tube in order to try the action of water upon the solid residue. On pouring a few drops of water upon this residue, a greenish-blue flame several feet long shot out of the tube, causing great excitement amongst those present. Professor Bunsen, who had suffered from arsenical poisoning during his researches on cacodyl, suggested that the spontaneously inflammable body, which diffused an abominable odour through the laboratory, was that terrible compound, which might have been formed by arsenic present as an impurity in the zinc used in the reaction, and that I might be already irrecoverably poisoned. These

Σελίδα του κεφαλαίου με την αναφορά στις οργανομεταλλικές ενώσεις ψευδαργύρου του Edward Frankland.

Το γερμανικό υπόβαθρο του σθένους

Στη γερμανική γλώσσα για το σθένος (valence) χρησιμοποιείται ο όρος **Wertigkeit**. Είναι ένας γερμανικός όρος που αντιστοιχεί στην τιμή (value) ή την αξία (worth) και εχρησιμοποιείτο κατά το 19ο αιώνα παράλληλα με τις έννοιες equivalence (ισοδύναμο) και quantivalence (ποσοσθενές). Η λέξη **wertigkeit** εμφανίστηκε κατά πρώτον σε τίτλο βιβλίου του J. A. Geuther το 1869, *Lehrbuch der Chemie gegründet auf die Werthigkeit der Elemente*, Jena. Στη συνέχεια εμφανίζεται σε ένα άρθρο του Kekule στο Handwörterbuch, που εξέδιδε ο Fehling το 1871. Συγκεκριμένα έγραφε: «*Die Acidität ist wie die Basidität, ein specieller Fall der Werthigkeit oder der Aequivalenz (ισοσθενές, εκ του aequus = ίσος)*». Με το wertigkeit αποδίδεται στη γερμανική γλώσσα το σθένος, σχεδόν με την επικράτηση του όρου στη χημική βιβλιογραφία από το 1870 και μετά. Σήμερα, όμως, εκτός του wertigkeit χρησιμοποιούν και τον όρο **valenz**.

Η ετυμολογική ερμηνεία του όρου VALENCE

Ως όρος, όπως είδαμε, θεωρείται απροσδιόριστης λατινικής προέλευσης. Αν παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της λατινικής γλώσσας, της οποίας το αλφάβητο προέρχεται από το χαλκιδικό ελληνικό, θα δούμε ότι ουσιαστικά άρχισε να δραστηριοποιείται ως γραπτή μετά από τον 1^ο αιώνα π.Χ. Οι Ρωμαίοι είχαν δεχτεί μεγάλη επίδραση της ελληνικής γραμματείας, που κυριαρχούσε καθ' όλην τη διάρκεια των ελληνοιστικών χρόνων. Οι Ρωμαίοι ως κατακτητές της Μεγάλης Ελλάδας, της Σικελίας, της Ελλάδας και των ελληνοιστικών βασιλείων της ανατολής κατά τον 3^ο (τέλη), 2^ο και τον 1^ο π.Χ. αιώνα, είχαν ευρύτατη ελληνική παιδεία. Όσοι γόνοι ανήκαν σε εύπορες τάξεις της αυτοκρατορίας, πρώτα μάθαιναν ελληνικά και μετά λατινικά, οπότε αναπτύχθηκε μία ισχυρή τάση από συγκλητικούς να μεταφραστεί στα λατινικά η γραμματεία αυτή, για να μην ελληνοποιηθεί πλήρως ο πολιτισμός τους. Είναι γεγονός ότι, η επιρροή που άσκησε η ελληνική γραμματεία και ποίηση στους Ρωμαίους ήταν τεράστια. Όταν οι Ρωμαίοι άρχισαν να αναπτύσσουν τη δική τους γραμματεία, η ελληνική είχε αποτελέσει ένα ισχυρό υπόβαθρο και παρακάτω θα δείξουμε πως αυτή πέρασε στη λατινική γραμματεία, η οποία με τη σειρά της άνησε κατά τον 1^ο αιώνα μ.Χ. Την περίοδο αυτή πέρασε από την ελληνική γραμματεία η λέξη βαλλήν στη λατινική ως valens.

Από μεταφρασμένα κείμενα του Ευφορίωνα στα λατινικά η λέξη VALENS, εμφανίστηκε ως όνομα αρκετών αυτοκρατόρων. Για παράδειγμα ο **Αυτοκράτωρ Καίσαρ Φλάβιος Ιούλιος Ουάλης** ή **Βάλης**, (στα λατ. IMPERATOR CAESAR FLAVIUS IULIUS **VALENS** AUGUSTUS), που έζησε από το 328 ως το 378 μ.Χ. Αρχικά ήταν ύπαρχος της Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, αυτής που ονομάζουμε Βυζαντινής, διορισμένος από τον αδελφό του Βαλεντιανό Α' (VALENTIAN I). Η ρίζα VALER- εισήλθε στα ονόματα των Ρωμαίων αυτοκρατόρων από τον Διοκλητιανό⁵⁰ ή Διοκλή, ο οποίος προσέθεσε το VALERIUS στη σειρά των ονομάτων τίτλων του, ως ένδειξη ισχύος του αυτοκράτορα. Οι ιστοριογράφοι της εποχής του 3^{ου} με 4^ο μ.Χ. αιώνα στην πλειοψηφία τους έγραφαν στα ελληνικά και το VALERIUS το απέδιδαν Ουαλέριο. Τον VALENTIAN ως Ουαλεντιανό κι όχι Βαλεντιανό, οπότε αυτό αποτελεί ένα πρώτο βήμα να μείνει σε απόκρυψη από τους πλέον σχολαστικούς μελετητές της ογκώδους ελληνικής γραμματείας η ρίζα του Βάλενς, συνώνυμου με την ισχύ, τη δύναμη, την εξουσία. Έκτοτε τον όρο-τίτλο τον συναντάμε ως ένα όνομα στη σειρά ονομάτων σε αρκετούς αυτοκράτορες, όπως ο Λέων Α' ο Θράξ ή Μακέλλος, που από απλός στρατιώτης επιλέχτηκε αυτοκράτορας από τον Αλανό μισθοφόρο στρατηγό Άσπαρ (457-474 μ.Χ.), είχε πλήρες όνομα FLAVIVS **VALERIVS** LEO. Άρα η ρίζα του Valence (Valen- ή valer-) δεν είναι μεσιαωνικής προέλευσης, αλλά προέρχεται από την εποχή εκείνη.

Η ρίζα αυτή του ονόματος Valen έχει καταγωγή ακόμα αρχαιότερη. Προέρχεται από την επίδραση των ελεγειακών ποιητών των ελληνοιστικών χρόνων στους Ρωμαίους και κυρίως από τον Ευφορίωνα κατά τον 3^ο αιώνα π.Χ., ο οποίος ήταν πολύ διάσημος εποποιός και πολύπλευρης μόρφωσης γραμματικός και πολυγραφέστατος. Ως προς το ύφος του ο Ευφορίωνας αναδεικνύει μία εξεζητημένη και πολύ φροντισμένη γραφή στα έπη του, αυξημένου κύρους, γιατί ήταν διευθυντής και οργανωτής της μεγάλης βιβλιοθήκης της Αντιόχειας κατά τη βασιλεία του Αντίοχου Γ' του Μέγα (βασίλευσε από το 222-187 π.Χ.).

⁵⁰ Του Διοκλητιανού που έκαψε πολλά συγγράμματα της μεταλλουργίας, για να πατάξει την παραγωγή κίβδηλων νομισμάτων που αθρόα κυκλοφορούσαν στην αυτοκρατία. Στον Διοκλητιανό που αρχικά καθιέρωσε το σύστημα της δυαρχίας, δίνοντας στον Μαξιμιανό το δυτικό μέρος της αυτοκρατορίας να διοικήσει και στο τέλος της τετραρχίας για να γίνει πιο αποτελεσματικός ο έλεγχος της τεράστιας ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Το πλήρες όνομά του ήταν *Gaius Aurelius Valerius Diocletianus*, δηλαδή Γάιος Αυρήλιος Βαλέριος Διοκλητιανός. Προσοχή στην ελληνική μετάφραση του VALERIUS.

Δυστυχώς από το έργο του σήμερα σώζονται αποσπάσματα σε αναφορές μεταγενέστερων συγγραφέων, τα οποία έχουν συλλεχθεί από τον AUGUSTUS MEINEKE, στο *Analecta Alexandrina*, «De Euphorionis Chalcidensis vita et scriptis», έκδοση Βερολίνου του 1843, απαρτιζόμενο από 463 σελίδες. Ανιχνεύουμε στο τιτλοφορούμενο έργο του: ΘΥΡΙΩΝ και ΦΡΥΓΙΩΝ, τη διασωζόμενη φράση «ἠὲ βαλλήν, ὁ βασιλεύς λέγεται· Εὐφορίων δὲ φησι Θουρίων εἶναι τὴν διάλεκτον, ἴθεν και βαλλιναῖον ὄρος, ὃ ἐστι βασιλικόν».

EUPHORIO CHALCIDENSIS.

143

Plutarcho de Flum. p. 1155 et Hesychio v. *Βαλλήν*.
Vix differunt ΘΥΡΙΩΝ et ΦΡΥΓΙΩΝ. Ceterum vide
Valesii Dissert. crit. ad Harpocr. p. 391, cuius notatis
adde Herod. solit. dict. p. 17, 5: βαλλήν, οὗτος (leg.
οὕτως) ὁ βασιλεύς.

Υπάρχουν μερικοί, που από τον τίτλο του έργου, κατά τον οποίον ανιχνεύτηκε η λέξη βαλλήν, να θεωρούν ότι είναι λέξη φρυγικής προέλευσης⁵¹, και πιθανόν να είναι, όμως αγνοούν ότι ως ὄρος πρωτομαθεύτηκε από τον τραγωδὸ Αἰσχύλο (525-456 π.Χ.), ο οποίος είχε πατέρα ἕναν γαιοκτήμονα και ιερέα της Αθήνας ονόματι Ευφορίωνα (σύμπτωση ονόματος με τον Χαλκιδέα που προαναφέραμε), να διδάσκει στην τραγωδία του ΠΕΡΣΑΙ⁵², 657: ΧΟΡΟΣ «ἠὲ βαλλήν, ἀρχαῖος βαλλήν, Βαλλήν ὁ βασιλεύς λέγεται». Και συνεχίζει σ.62:

Θεομήστωρ δ' ἐκικλήσκειτο Πέρσαις, θεομήστωρ δ'
ἔσκεν, ἐπεὶ στρατὸν εὖ ἐπωδῶκει· ἠέ. (655)
Βαλλήν ἀρχαῖος, στρ. γ'. 615
βαλλήν ἴθι ἴκου·
ἔλθ' ἐπ' ἄκρον κόρυμβον ὄχθου,
κροκόβαπτον ποδὸς εὐμαριν αἰείρων,

Οι σχολιαστές του Αἰσχύλου (περίοδος της ρωμαιοκρατίας) το βαλλήν το γράφουν με ἕνα λάμδα:

CXXVII.

Scholiasies Aeschyli Pers. 659: *βαλλήν ὁ βασιλεύς λέγεται. Εὐφορίων δὲ φησι Θουρίων εἶναι τὴν διάλεκτον. Pro Θουρίων, quod certissime corruptum, aut Τυρίων legendum cum Huschkio in Comment. de C. Annio p. 51 et O. Müllero in Museo Rhen. III, 1 p. 37, aut quod mihi aliquanto probabilius videtur Φρυγίων, quibus diserte usus nominis βαλλήν vel βαλλήν adscribitur a Sexto Empir. ed. Fabr. p. 286, Pseudo-*

Το ποιητικό έργο του Ευφορίωνα είχε πολλούς Ρωμαίους μεταφραστές, όπως ο Γάιος Κορνήλιος Γάλλος (Gaius Cornelius Gallus), πολιτικός και ποιητής του 1^{ου} π.Χ. αιώνα, φίλος του Οκτάβιου, αντίπαλος του Κικέρωνα, ο οποίος μετάφρασε τα *επύλλια* του Ευφορίωνα. Ο

⁵¹ J.B. Hofmann, «Ετυμολογικό λεξικό της αρχαίας ελληνικής», (ETYMOLOGISCHES WORTERBUCH DES GRIECHISCHEN, VERLAG VON R. OLDENBOURG, MUNCHEN, 1950), εξέλληνισθέν υπό Αντωνίου Παπανικολάου, εκδ. 1974.

⁵² Από τους Πέρσες του Αἰσχύλου, που εκδόθηκε από τον Rudolph Merkel σε εκδόσεις Λειψίας το 1848.

Βιργίλιος, ο οποίος εκτιμούσε πολύ τον Κορνήλιο Γάλλο και την ποίησή του, επηρεάστηκε από τον Ευφορίωνα και αυτό φαίνεται από το ποίημα *Ciris* (Appendix Vergiliana). Ο Οβίδιος τοποθετεί τον Γάλλο στην κορυφή των ελεγειακών και η επίδραση του Ευφορίωνα και σ' αυτόν είναι καταφανής. Ο αυτοκράτορας Τιβέριος μετάφρασε τα έργα του Ευφορίωνα. Ο Κικέρωνας ονόμαζε έναν κύκλο ποιητών που είχαν μιμηθεί τον Ευφορίωνα ως «cantores Euphorionis», όπως τον Κάτουλλο, τον Γάλλο, τον Νίκανδρο τον Κολοφώνιο, τον Παρθένιο τον Νικαέα, τον Διονύσιο Βασσαρικό, τον Νόννο κ.ά. Η επίδραση του Ευφορίωνα ήταν εκτεταμένη και η λέξη **βαλήν** και **Βαλής**⁵³ εισήλθε στο λεξιλόγιο των Ρωμαίων ως συνώνυμο της ισχύος.

Στο ΘΗΣΑΥΡΟ (Λεξικό, 80) του Ερρίκου Στεφάνου διαβάζουμε:

βαλήν, ἀρχαῖος βαλήν, ἴθι, ἰκοῦ (εμφανίσου βασιλιά, πανάρχαιε βασιλιά)

Σημειώνουμε την απόδοση στα ελληνικά του Valentianus και Valens από τον Πατριάρχη Νικηφόρο Α΄ Κωνσταντινουπόλεως (806-815), ιστορικό και χρονογράφο ως Ουελαντιανό και Ουάλη.

Chronographia brevis (e cod. Coislin. 193) C. de Boor, *Nicephori archiepiscopi Constantinopolitani opuscula historica*. Leipzig: Teubner, 1880 (repr. 1975): 218-226.

Χριστιανῶν (αυτοκρατόρων).

Κωνσταντῖνος ὁ μέγας ἔτη τριάκοντα δύο.

Κωνσταντῖος ἔτη εἴκοσι τέσσαρα.

Ἰουλιανὸς ἔτη δύο καὶ μῆνας ἕξ.

Ἰουβιανὸς μῆνας ὀκτώ.

Οὐαλεντιανὸς ἔτη ἑνδεκα.

Οὐάλης ἔτη τέσσαρα μῆνας τέσσαρας.

Γρατιανὸς καὶ Οὐαλεντιανὸς ὁ νέος καὶ Θεοδόσιος ὁ μέγας ἔτη δεκαῆξ.

Ο Ιωάννης Μαλάλας (6^{ος} αιώνας μ.Χ.), ιστορικός και χρονογράφος στην Χρονογραφία του σημειώνει: «Ὁ δὲ θειότατος **Βαλεντιανὸς** νόσω βληθεὶς μετὰ χρόνον ἔτελεύτα ἐν καστελλίῳ Βιργιτινῶν, ὧν ἐνιαυτῶν νε'. Μετὰ δὲ τὴν βασιλείαν Βαλεντιανοῦ τοῦ μεγάλου τοῦ ἀποτόμου ἐποίησεν ὁ στρατὸς βασιλέα αὐθεντήσας τὴν σύγκλητον Εὐγένιον ὀνόματι· καὶ ἐβασίλευσεν ἡμέρας εἴκοσι δύο καὶ ἐσφάγη εὐθέως. 342 Καὶ ἐβασίλευσεν ὁ θειότατος **Βάλης** ὁ ἀδελφὸς Βαλεντιανοῦ τοῦ ἀποτόμου, ὁ γενναῖος ἐν πολέμοις, ὑπὸ τῆς συγκλήτου Κωνσταντινουπόλεως ἀναγορευθεὶς, ἔτους τκς' κατὰ Ἀντιόχειαν. ὅτε γὰρ ἔτελεύτα Βαλεντιανὸς ὁ αὐτοῦ ἀδελφός, οὐκ ἦν ἐν Κωνσταντινουπόλει ὁ **Βάλης**, ἀλλ' ἦν πέμψας αὐτὸν ὁ ἀδελφὸς αὐτοῦ ἐν τῇ ζωῇ αὐτοῦ πολεμῆσαι εἰς τὸ Σίρμιον πρὸς τοὺς Γότθους. οὐστὶνας νικήσας κατὰ κράτος ὑπέστρεψε· καὶ στεφθεὶς ἐβασίλευσεν ἔτη ιγ'. ἦν δὲ τῷ δόγματι Ἐξακιονίτης, πολεμιστῆς, καὶ μεγαλόψυχος καὶ φιλοκτίστης.

⁵³ Με το όνομα **Βαλής**, πληθυντικός *Βαλήδες*, φέρονταν εξελληνισμένα διοικητικός τίτλος της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας. Αραβικά το Βαλήν προφέρεται Ουαλί (πιο ορθά Ουααλίν). Το διοικητικό τμήμα της Οθωμανικής αυτοκρατορίας Βιλαέτι (αραβικά βιλάγια) προέρχεται από το Βαλής, κάτι σήμερα όπως ο Νομάρχης ή Περιφερειάρχης, οι οποίοι διοριζόντουσαν κατ' ευθείαν από τον εκάστοτε Σουλτάνο. Ο Καραθεοδωρής πασάς, Χριστιανός διορίστηκε το 1895 Βαλής της Κρήτης.

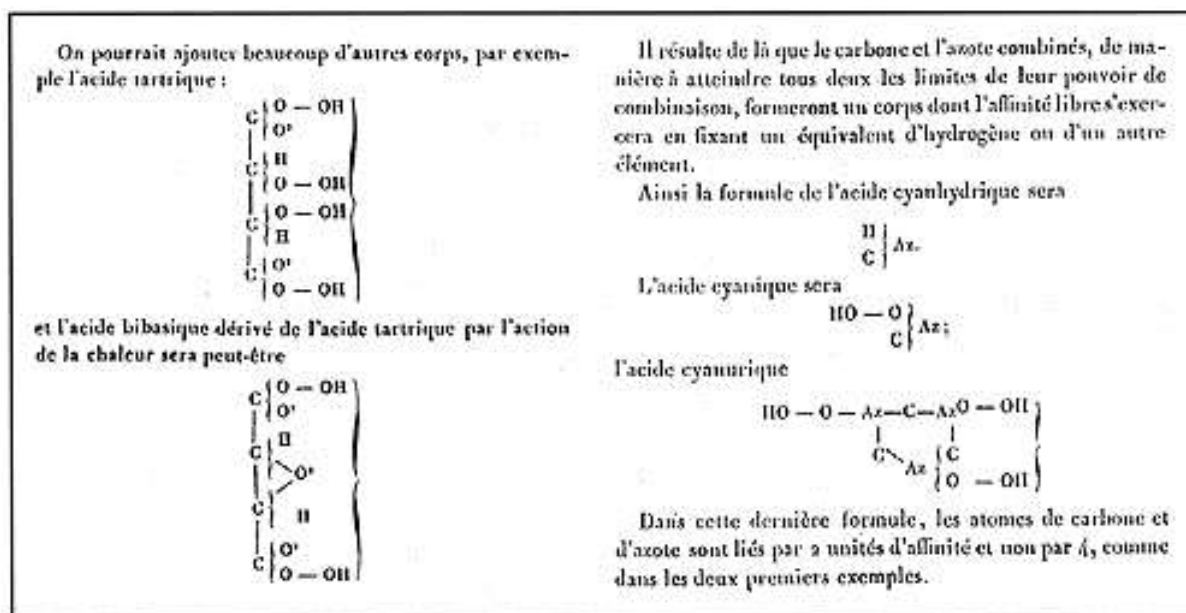
3.3 Η ιστορία του όρου χημικός δεσμός

Για πολλά χρόνια μετά τα γενέθλια της θεωρίας του σθένους πολλοί χημικοί μιλούσαν ακούσια για «*χημικούς δεσμούς*». Υπάρχει, όμως, μία μικρή αμφιβολία για την εκδοχή αυτή, κάποιο είδος δισταγμού, εφόσον δεν απέδιδαν στο άτομο ενός στοιχείου τις ελκτικές ικανότητες, που εμφάνιζε, προκειμένου να συνδυαστεί με κάποιο άλλο στοιχείο και δεν είχαν αποσαφηνίσει την έννοια του μορίου. Η χρήση της φράσης του «*χημικού δεσμού*» έδειχνε μια μεγαλύτερη εμπιστοσύνη του χρήστη της για κάποιες περισσότερες λεπτομέρειες, όσον αφορά τις πληροφορίες, που έδινε η αόριστη εικόνα του τότε μορίου, προετοιμάζοντας το χρόνο οριστικής αποδοχής της. Η αποδοχή αυτού του γεγονότος, αιτιολογεί τη συναίνεση των τότε χημικών και το χρόνο που κερδίστηκε για την κατάλληλη γραφική αναπαράσταση των μορίων. Η εφεύρεση ενός κατάλληλου όρου, στον οποίο να αποδίδεται ένας τρόπος σύνδεσης των ατόμων στο μόριο της ένωσης, είχε πολλές εστίες για να δημιουργηθεί, απλώς ήταν ζήτημα χρόνου για να καθιερωθεί η πιο πετυχημένη ή ελκυστική εκδοχή του και να γίνει αποδεκτή από την τότε επιστημονική κοινότητα. Μια κοινότητα η οποία είχε κυρίως διασυνδέσεις σε εθνικό μόνον επίπεδο, ή σε περιορισμένο επίπεδο δύο ή τριών κρατών. Η τάση διακρατικής επικοινωνίας όμως ήταν συνεχώς διογκούμενη και αυτό επιτάχυνε την εξέλιξη και τη συστηματοποίηση της χημείας. Άρχισε να καθιερώνεται μία ενιαία ταξινόμηση των ενώσεων, ένας ενιαίος συμβολισμός και γενικά διαμορφώθηκε ενιαία σημειογραφία. Στη θεωρητική βάση είχαμε μία ποικιλία όρων αρχικά αναγνωρίσιμη από την τότε πανευρωπαϊκή επιστημονική κοινότητα, η οποία τελικά αποκτούσε μία σύγκλιση στους όρους των *μονάδων συγγένειας* (**affinity units**) και του *σθένους*. Τον όρο “**μονάδες συγγένειας**” προτιμούσε αρχικά ο Kekulé, γιατί στη γερμανική γραμματεία η φράση αποδίδεται με μία λέξη τη *Verwandschafteinheiten*. [69]

Η ιστορία του όρου του χημικού δεσμού είναι ενδιαφέρουσα, αφού συνδέεται με την έννοια του *σθένους* ή της *συγγένειας*, αλλά υπάρχουν διστάμενες απόψεις ως προς την ακριβή καταγωγή της. Και οι δύο απόψεις, όμως, συμφωνούν ότι το πεδίο της χημείας και της θεωρητικής της εμπέδωσης ήταν τέτοιο, ώστε είχε δημιουργηθεί ένα κατάλληλο υπόβαθρο για την τελική συμφωνία και κατασκευή ενός τέτοιου όρου. Οι μοριακοί τύποι δεν επαρκούσαν για να απαντήσουν στα ερωτήματα των ελεγχόμενων αντιδράσεων και των μετρήσεων σε όλη τη διεκπεραίωσή τους και οι χημικοί ήθελαν κάτι περισσότερο, ώστε η πρόβλεψη και η ελεγχόμενη παρασκευή χημικών ενώσεων, με ιδιότητες που να υπολογίζονται με ακρίβεια, να είναι ο τελικός σκοπός. Η ακριβής καταγωγή του όρου **χημικός δεσμός** βασίζεται σε δύο απόψεις, οι οποίες ελέγχονται αν έχουν σωβινιστικές και όχι επιστημονικές ρίζες. Μία εκδοχή είναι αυτή που δίνεται από τους Ρώσους (56, *Evolution of the Theory of Valency*, V. I. Kuznetsov, 1980), η οποία αναφέρεται αναλυτικά και κριτικά στη δεύτερη, βρετανική εκδοχή του ιστορικού της χημείας C. A. Russel (69, *The history of valency*, 1971). Το πιθανότερο είναι ότι υπάρχει άγνοια από την πλευρά του Russel της τοποθέτησης του Butlerov, οπότε, όπως θα δούμε και παρακάτω, η ρώσικη εκδοχή είναι χρονικά πιο ορθή, απλώς δεν περπάτησε όσο αυτή του Frankland στην Ευρώπη (Russel, 69).

Η πρώτη, όχι εντελώς καθαρή περίμετρος των αντιλήψεων του χημικού δεσμού προτάθηκε από τον Kekulé στα 1857, αν και πολλοί δίνουν την προτεραιότητα αυτή στο Σκώτο Scott Archibald Couper. Στο σημείο αυτό έχουμε ακόμη μία επιστημονική διαμάχη πρωτιάς, η οποία ξεκίνησε από τον Couper, όταν έδωσε στο Γάλλο Wurtz, καθηγητή του στο Παρίσι να παρουσιάσει μία εργασία του με τίτλο «*Επί μιας Νέας Χημικής Θεωρίας*» (“On a New Chemical Theory”), υποστηρίζοντας τη δυνατότητα τα άτομα του άνθρακα να συνδέονται τόσο με τέσσερα μονοσθενή άτομα άλλων στοιχείων όσο και μεταξύ τους. Ο Wurtz, όμως καθυστέρησε περίπου δύο μήνες να κάνει την ανακοίνωση και ήρθε στο φως η αντίστοιχη

θεωρία του Kekulé. Όταν ο Dumas παρουσίασε την εργασία του Couper, ο Kekulé αρνήθηκε να παραδεχτεί την προτεραιότητα του Couper, ο οποίος απογοητεύτηκε τόσο, ώστε να πάθει νευρική κατάρπωση και να φύγει για την Αγγλία.



Ένα δείγμα σελίδας της σχετικής εργασίας του Couper από την εργασία του με τίτλο «*Επί μιας Νέας Χημικής Θεωρίας*» (“On a New Chemical Theory”). Διακρίνεται στους τύπους στο αριστερό μέρος της σελίδας η τετρασθενικότητα του άνθρακα, το δισθενές του οξυγόνου και το μονοσθενές του υδρογόνου.

Ο Couper στην εργασία του «*Επί μιας Νέας Χημικής Θεωρίας*» (“On a New Chemical Theory”, 55, 56) χρησιμοποιεί τον όρο “to unite” (να ενωθούν) για να περιγράψει το σχηματισμό των δεσμών μεταξύ των ατόμων των διαφόρων στοιχείων. Τις ενώσεις αυτές αρχικά τις απεικόνισε με διακεκομμένες με τελείες ή με στικτές γραμμές (π.χ. C·····O·····OH). Ο Couper είχε σπουδάσει και γλωσσολογία στη Γλασκώβη (Glasgow) και το Εδιμβούργο (Edinburgh), οπότε είχε μια ευχέρεια να εκφράζεται πιο αποτελεσματικά και να τροποποιεί εύκολα τους συνδυαστικούς του όρους.

Ο Kekulé έδειξε στη θεωρία του για το πώς συνδέονται τα διάφορα στοιχεία ότι ο «*αριθμός των ατόμων, που περιδέονται (bond, verbunden) με άτομα άλλου στοιχείου, εξαρτάται από τη βασικότητα (basicity) των συστατικών μερών*» (Kekulé, A., Annal., 1857, Bd. 104, S. 129-150). Στα 1858 ο Kekulé δίπλα στο verbunden άρχισε να χρησιμοποιεί τις λέξεις **anlagerung**, ή **lagern**, που έχουν τη σημασία των **συνάψεων**, για να εκφράσει το σχηματισμό των χημικών δεσμών, λέξεις τις οποίες τελικώς προτίμησε στα κείμενά του και στον προφορικό λόγο. [56]

Η υπόθεση της *τετρασθενικότητας* του άνθρακα παρουσιάζεται από τους Couper και Kekulé, που εργάστηκαν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, με μία διαφορετική φιλοσοφία δοσμένη από τον καθένα. Ο Kekulé ως πιστός μαθητής του Gerhardt (Ζεράρ) διατείνεται ότι τα σύμβολα των στοιχείων στις ενώσεις δεν αναπαριστούν άτομα αλλά μονάχα το μέγεθος του σθένους τους. Οι χημικοί τύποι του Kekulé μοιάζουν με λουκάνικα και εκφράζουν περισσότερο αντιδράσεις, παρά την πραγματική συγκρότηση των μορίων. Ο Kekulé στην ουσία υποπτεύεται μιαν ανυπαρξία ατόμων και στρέφεται περισσότερο σε αναλογίες μερών (πχ. βαρών, εκφραζομένων με τα γνωστά μας ισοδύναμα) παρά σε δομές συγκεκριμένες μορίων. Αντίθετα ο Couper ασκεί έντονη κριτική στο Ζεράρ, δηλώνοντας ότι έχει φτάσει

πλέον ο καιρός να μην σκεφτόμαστε με ιδεατούς τύπους, προτιθέμενος να δώσει έναν πιο ρεαλιστικό τρόπο με τον οποίον πραγματοποιούνται οι διάφοροι συνδυασμοί με συγκεκριμένες ανακατατάξεις ατόμων σε καθορισμένες δομές ενώσεων.

Το πρόβλημα του άνθρακα σε μια σειρά από ενώσεις, όπως αυτή του μονοξειδίου του άνθρακα, CO, ή του αιθυλενίου, C₂H₄, με τη διαφαινόμενη μεταβλητότητα του σθένους, ο Kekulé δεν μπορούσε να το δει, αλλά έμενε κυριολεκτικά κολλημένος σε τύπους, που φανέρωναν σταθερότητα του σθένους. Αντίθετα ο Couper έδειξε κάποια διορατικότητα, διακρίνοντας τη μεταβλητικότητα του σθένους σε δύο είδη *συγγένειας των ατόμων*, τη *συγγένεια βαθμού* (affinity degree) και την *εκλεκτική συγγένεια* (elective affinity). Ο Frankland προτείνει μια άλλη διάκριση, αυτήν μεταξύ της *λανθάνουσας* (residue) και της *δραστικής* (active atomicity) ατομικότητας, η οποία ονομάστηκε *ασθενής* (weak) και *ισχυρή* ατομικότητα (strong) αντίστοιχα. Ο Kekulé θεωρούσε σκανδαλώδη μια μεταβλητότητα του σθένους, με όποια ονομασία αυτή κι αν χρησιμοποιούταν. Απέδιδε στην ατομικότητα (δηλ. σθένος) σταθερότητα, όπως συμβαίνει και με τα ατομικά βάρη των στοιχείων.

Ο όρος **χημικός δεσμός** (“chemical bond”) χρησιμοποιείται για πρώτη φορά από τον Butlerov στα 1863 στην εργασία του «*Επί των Διαφόρων Ερμηνειών των Περιπτώσεων Ισομερισμού*» (“On Various Explanations of Isomerism Cases”), όπου αυτός γράφει για «*τη μέθοδο χημικού δεσμού μεταξύ ατόμων*», και «*χημικού δεσμού χωριστών ατόμων*» (Butlerov G. V., Collected Works, v.1, Academy of Sciences Press, Moscow, 1953, p. 101-124 στα ρώσικα). Στο ρώσικο κείμενο του Butlerov γράφεται το αυθεντικό «*khimicheskaya sviaz*», όπου η λέξη **sviaz** σημαίνει **χημικός δεσμός**. [56].



Ο Scott Archibald Couper(1831-1892) στο Παρίσι το 1857.

Ο Russel (69) όμως για άγνωστους λόγους γράφει ότι ήταν ο Frankland εκείνος που χρησιμοποίησε πρώτος τον όρο **δεσμός (bond)** σε κάποιο κείμενό του στα 1866, τρία χρόνια

αργότερα από τον Butlerov. Ο όρος για το Frankland ήταν προσωρινός, γιατί είχε εκδηλώσει τη διάθεση να τον υποκαταστήσει με κάποιον πιο επιθυμητό και πιο ορθολογικοποιημένο όρο. Ο Frankland έγραφε συγκεκριμένα, όπως μας πληροφορεί ο Russel: «Από τον όρο δεσμός (*bond*), προτείνω απλώς να δώσουμε μία περισσότερο συγκεκριμένη έκφραση, από αυτές που έχουμε λάβει, δίνοντας ποικίλα ονόματα από διάφορους χημικούς, τέτοιες όπως είναι η ατομικότητα (*atomicity*), η ατομική ισχύς (*atomic power*) και το ισοδύναμο (ή ισοσθενές, *equivalence*). Μία μονάδα (*monad*) αντιπροσωπεύει ένα στοιχείο που έχει ένα δεσμό, μία δυάδα (*dyad*) ένα στοιχείο που έχει αποκτήσει δύο δεσμούς, κ.τ.λ. Σπανίως είναι αναγκαίο να επισημάνουμε αυτόν τον όρο και δεν προτείνω να τροποποιήσουμε την ιδέα της δομής της συνοχής της ύλης μεταξύ των ατόμων των στοιχείων· οι δεσμοί κρατούν πραγματικά τα άτομα στις χημικές ενώσεις, καθώς αναφερόμαστε για στη φύση τους, πολύ περισσότερο συνδεδεμένα από τα μέλη του ηλιακού μας συστήματος». [56]

Έτσι ο Frankland πραγματικά ταυτίζει τον όρο **valency** (ή πιο σωστά τις **μονάδες συγγένειας**) με τον όρο **bond** (δεσμό), αλλά ο δεσμός του Frankland διαφέρει από το χημικό δεσμό του Butlerov. Αργότερα, στα εγχειρίδιά του ο Frankland αλλά και στις επιστημονικές του εργασίες (1866-1877) εμφανίζει ότι είναι αδύνατο να συλλάβουμε τη φύση του χημικού δεσμού. Ο Frankland σημειογραφικά παριστάνει το χημικό δεσμό, όπως έχουμε ήδη δει στην ιστορία του σθένους με μία *κεραία* (βλέπε σελίδα με τις οργανομεταλλικές ενώσεις του Frankland).



Alexander Mikhailovich Butlerov
1828-1886.

Η σύγχυση αυτή γύρω από τις αντιλήψεις του **σθένους** (*valency*) και του *χημικού δεσμού* στη Μεγάλη Βρετανία συνεχίστηκε για μια μεγάλη χρονική περίοδο. Ένα δείγμα αυτής της σύγχυσης είναι η διαφοροποίηση του **valency** από το **valence**, που επιχείρησε ο Fried. Ο Fried στα 1900 θεώρησε ότι είναι δύο διαφορετικοί όροι, δύο διαφορετικές αντιλήψεις. Συγκεκριμένα σ' αυτόν του *valency* απέδιδε το περιεχόμενο της *ισχύος* (*power*), που είναι συμφυής με το άτομο, και με την οποία αυτό επιτίθεται σε άλλα άτομα, εκφράζοντας τον αριθμό των *μονοσθενών ατόμων* (*univalent atoms*) ικανών να αποκτήσουν συνάψεις με τα άλλα άτομα. Για το *valence* θεωρούσε ότι, παρίστανε τους χημικούς δεσμούς μεταξύ των ατόμων σε μια ένωση, που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα της δράσης αυτής της *ισχύος* (**56**). Υπήρχαν αρκετοί Άγγλοι χημικοί που υποστήριζαν αυτήν την πρόταση και έκαναν τέτοιες ανώφελες διακρίσεις.

Το ζήτημα της ορολογικής αυτής σύγχυσης παρ' όλα αυτά συνδέθηκε και με άλλες αιτίες. Μια από αυτές, μάλιστα η πιο συγκεκριμένη, είναι η απουσία αυστηρών διαφοροποιήσεων μεταξύ του **σθένους** (*valency*) και του **χημικού δεσμού**. Σημειώνουμε ότι η ιδέα της ύπαρξης συγκεκριμένων αιτιών, υπεύθυνων για το συνδυασμό των ατόμων σε ένα *σύνθετο άτομο* (*composite atom*, έχει την έννοια του μορίου), υπάρχει από τη στιγμή που διατυπώθηκε η **ατομική θεωρία** (*atomistic*, την αποκαλούσαν τότε *ατομιστική*) και αναπτύχθηκε αργότερα στη θεωρία του Berzelius. Η *ενοποιημένη θεωρία* (ή **θεωρία των τύπων**) από τον Ζεράρ (Gerhardt), η οποία θεμελιώθηκε μετά την απόρριψη του *ηλεκτροχημικού διϊσμού* (*electrochemical dualism*) του Berzelius τόσο από τον ίδιο όσο και από το φίλο του Λωράν (Laurent), προώθησε την ιδέα του σθένους. Αυτή η νέα αντίληψη ίδρυσε τη σχέση μεταξύ των εμπειρικών δεδομένων για τη σύνθεση και μιας καθαρά υποθετικής αντίληψης για τη *χημική συγγένεια* (*chemical affinity*). Ο Kekulé ως πιστός μαθητής του Gerhardt συσχέτισε άμεσα την αντίληψη της *βασικότητας* (*basicity*) ή της *ατομικότητας* (*atomicity*) με την ιδέα του χημικού δεσμού. Έδωσε έμφαση στο γεγονός ότι η ατομικότητα είναι έκφραση του *βαθμού συγγένειας* (*degree of affinity*, *Verwandschaftsgrösse*), ο οποίος προσδιορίζεται επίσης από τον αριθμό των χημικών δεσμών ενός ατόμου. Αλλά όπως έχουμε ήδη πει, ο Kekulé δεν επινόησε κανέναν ειδικόν όρο για να προσδιορίσει το χημικό δεσμό. Χρησιμοποιούσε τη *μονάδα συγγένειας* (*unit affinity*, *Verwandschaftseinheit*), για να δηλώσει αμφοτερές τις *μονάδες σθένους* (*units of valency*) και τις *μονάδες του χημικού δεσμού*. Ο Kekulé δεν ακολούθησε με συνέπεια τις έννοιες «*φύση των στοιχείων*» και «*βασικότητα των ατόμων*», διαβλέποντας ένα κενό στις δυνατότητες των θεωρητικών εννοιών πρόβλεψης. Ειδικά έγραφε: «...εφ' όσον στην ακριβή έννοια αυτής της λέξης (*βασικότητα*), οι επιστημονικές αρχές απουσιάζουν, μπορούν να μας ικανοποιούν απόψεις που βασίζονται στη σκοπιμότητα και σε πιθανότητες». [**56, 69, 573**]

Υπήρχε μια ανεπάρκεια και σύγχυση στη διαφοροποίηση των όρων της *ατομικότητας* (*atomicity*) και του *χημικού δεσμού*. Αυτή η ανεπάρκεια τροφοδοτούσε την αδυναμία του Kekulé, ο οποίος δεν μπορούσε να φανταστεί ένα άτομο έξω από ένα μόριο, έχοντας καθορισμένη δυνατότητα σχηματισμού χημικών δεσμών. Από αυτό το σημείο προκύπτει η σκέψη του Kekulé να ταυτίζει την *ατομικότητα* με το *σθένος* και ότι αυτά τα δύο πάντοτε μας δείχνουν έναν επιβεβαιωμένο αριθμό χημικών δεσμών, τον οποίο εξέφραζε ως *μονάδες συγγένειας*, όπως είδαμε και στην εισαγωγική παράγραφο, (για παράδειγμα ο άνθρακας στις οργανικές ενώσεις έχει τέσσερις μονάδες συγγένειας, αλλά το οξυγόνο στο μόριό του πόσες έχει:).

Αντιθέτως ο Frankland, που πρώτος από το 1852 είχε χρησιμοποιήσει τους όρους *συνδυαστική ισχύς* (*combining power*) και *ικανοποιητική ενέργεια* (*satisfaction of affinity*), για να εκφράσει την ύπαρξη ισχύος ενός ελεύθερου ατόμου, επέστρεψε αργότερα στα 1866

στον όρο δεσμός (bond), για να δηλώσει αμφότερα την ατομικότητα ή μονάδες συγγένειας και το χημικό δεσμό. Η κλίση του Frankland στη λέξη δεσμός (bond) καθιστά περιττή τη χρήση του όρου valency, εφόσον κατά τη διάρκεια της εποχής εκείνης έννοια με μεγάλη χρήση ήταν αυτή του “**chemical linkage**”, που σημαίνει ακριβώς *χημικός σύνδεσμος ή σύναψη ή συνδετήρας*. Προτιμάται η υπογραμμισμένη μετάφραση, διότι το link έχει τη σημασία του κρίκου, προτίμηση που ακολουθούν πολλοί καθηγητές στα ελληνικά Πανεπιστήμια. Αυτό συνέβη, γιατί ο Frankland δεν μπορούσε να φανταστεί τη *μονάδα συγγένειας* (ή το σθένος) ενός ατόμου έξω από μια χημική ένωση. Στην καθομιλουμένη της Αγγλικής γλώσσας επετρέπετο η χρήση του όρου **valency** ως συνώνυμο της λέξης *δεσμός* (bond). Κάποιος στο *English Mechanic* το 1869 με το ψευδώνυμο **Ουρβανός** (Urban) χρησιμοποιεί το *σθένος* (valency) για να απεικονίσει την έννοια της σύναψης ή του δεσμού των ατόμων, όταν γράφει ότι *τα άτομα συνδέονται με τα σθένη τους* (valencies) και ικανοποιούν ένα σθένος (δηλ. το δεσμό που σχηματίζουν). Γνωρίζοντας αυτό ο Frankland χωρίς να το θέλει, καθυστέρησε να μιλά για το *σθένος* (valency), για να μην δημιουργήσει νέα σύγχυση. [69]

Μια γενικότερη δυσπιστία κατά της λέξης bond (δεσμός) ή link (σύναψη ή σύνδεση) εκδηλώθηκε γύρω από το 1870, σημειώνοντας ειδικότερα την αποδοκιμασία του Williamson προς το bond, ο οποίος ευτυχώς, όμως, υπαναχώρησε το 1870 κατόπιν προτροπών του Kolbe. Στις μέρες μας είναι μοναδική η επανάσταση στη διδακτική της χημείας με τη γνωστή παρουσία της ως CBA, αρχικά των λέξεων “Chemical Bond Approach” (“Προσέγγιση Χημικού Δεσμού”).

Ο Couper στο έργο του «*On a New Chemical Theory*⁵⁴», υποστηρίζοντας τη διάκριση της συγγένειας (affinity) σε δύο, α) την *affinity of kind* (συγγένεια είδους) και β) την *affinity of degree* (συγγένεια βαθμού ή βαθμό συγγένειας), χρησιμοποιεί τη λέξη **binding** για τη σύνδεση των υδρογόνων στις οργανικές ενώσεις, ονομάζοντάς τα *binding hydrogens*, δηλαδή *δεσμικά υδρογόνα*. Στις ενώσεις και στο ίδιο κείμενο χρησιμοποιεί εκτεταμένα το ρήμα *combine* (συνδέομαι) και για το οξυγόνο στις οργανικές ενώσεις υποστηρίζει ότι, τα άτομά του συνδέονται πάντοτε διπλά (double). [55]


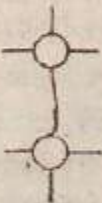

Ο Butleron πολύ πιο καθαρά διαφοροποίησε την ιδέα της ατομικότητας ή μονάδας χημικής συγγένειας ενός ελεύθερου ατόμου από την ιδέα του χημικού δεσμού. Πάλι όμως, όταν μιλούσε για το άτομο του άνθρακα στις διάφορες ενώσεις του κι ειδικότερα στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), αναφερόταν σε *μονάδες συγγένειας* ή *ελεύθερες μονάδες συγγένειας* και χρησιμοποιούσε τα ρήματα *συνδέομαι, σχηματίζω*. Την ιδέα αυτή θα την είχε εμφανίσει στο επιστημονικό στερέωμα γρηγορότερα, αν δεν είχαν αγνοηθεί τα τριδιάστατα μοντέλα των οργανικών ενώσεων του Laurent, κατασκευασμένα προς το τέλος της σύντομης φτωχικής και ταλαιπωρημένης του ζωής. Το κύρος του Berzelius μπροστά στις επαναστατικές ιδέες, που προέκυψαν από πειραματικά δεδομένα (όπως π.χ. της αντικατάστασης του ηλεκτροθετικού υδρογόνου από το ηλεκτραρνητικό χλώριο), έφερε ένα βήμα πίσω την προοπτική της χημείας, διαμορφώνοντας ταυτόχρονα ένα πεδίο δημιουργίας πολλών θεωρητικών όρων για να περιγραφούν τα νέα δεδομένα, η αποδοχή των οποίων δημιουργεί τις συνθήκες για να αποφευχθούν οι πιθανές διαμάχες και αντιπαλότητες στα μέλη της επιστημονικής χημικής κοινότητας.

⁵⁴ Αυτή η εργασία του Archibald Scott Couper δημοσιεύτηκε στα 1858 στο «*The Philosophical Magazine and Journal of Science*», [4], 16, 104-116.

Η λέξη **δεσμός** στις ελληνικές χημείες μετά τα μισά του 19ου αιώνα απουσιάζει. Στην Οργανική Χημεία έκδοσης του 1889, ο Α.Κ. Χρηστομάνος ομιλεί για τις τέσσερις μονάδες συγγένειας του άνθρακα, για την ιδιότητα του ατόμου ενός αμέταλλου στοιχείου να ενώνεται με άλλα, ανεξάρτητα του μορίου που βρίσκεται, γι' αυτό και χαρακτηρίζονται ως *ελεύθερες μονάδες συγγένειας* και τις παριστάνει με κεραιές (151). Τα άτομα του άνθρακα παριστάνονται με κύκλους (που είναι αφητηρίες των κεραιών), ένα συμβολισμό τον οποίο είχε εισαγάγει ο Cram Brown. Στο σχήμα, που ακολουθεί, αναγράφονται και οι *ατομικότητες* του άνθρακα, λογιζόμενες αυτές ως οι υπολειπόμενες *μονάδες συγγένειας*, μετά των *συνδεδυασμένων* ατόμων άνθρακα μεταξύ τους, μονάδες με τις οποίες «δι' υδρογόνου κορεσθείσαι, παράγουσι τον υδρογονάνθρακα...», (151, σ. 4).

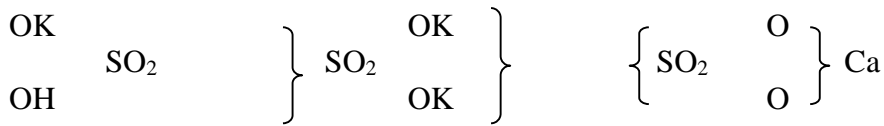
Από το ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΝ ΧΗΜΕΙΑΣ, κατά τας νεωτέρας της επιστήμης θεωρίας, προς χρήσιν των φοιτητών του Εθνικού Πανεπιστημίου, υπό Α. Κ. Χρηστομάνου, καθηγητού της Χημείας εν τω Πανεπιστημίω Αθηνών, ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ, μέρος τρίτον, **ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ, ΠΑΡΑ ΤΩ ΕΚΔΟΤΗ ΚΑΡΟΛΩ ΜΠΕΚ,** 1889.

Αἱ ἐπόμεναι γραφικαὶ παραστάσεις τῶν ἀτομικῶν τούτων μονάδων θέλουσι καταστήσει σαφέστερον τὸν τρόπον τοῦ σχηματισμοῦ αὐτῶν· ἔάν παρασταθῶσι τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακος διὰ μικρῶν κύκλων, αἱ δὲ τῆς συγγενείας μονάδες αὐτοῦ διὰ 4 κεραιῶν, παρίστανται ὡς ἐξῆς αἱ ὑπολειπόμεναι ἐλεύθεραι μονάδες συγγενείας τῶν συνδεδυασμένων 2 ἢ 3 ἀτόμων ἄνθρακος :

C τετρατομικόν,	C ₂ ἑξατομικόν,	C ₃ ὀκτατομικόν.
		
CH ₄ Μεθάνιον,	C ₂ H ₆ Λιθάνιον,	C ₃ H ₈ Προπάνιον.

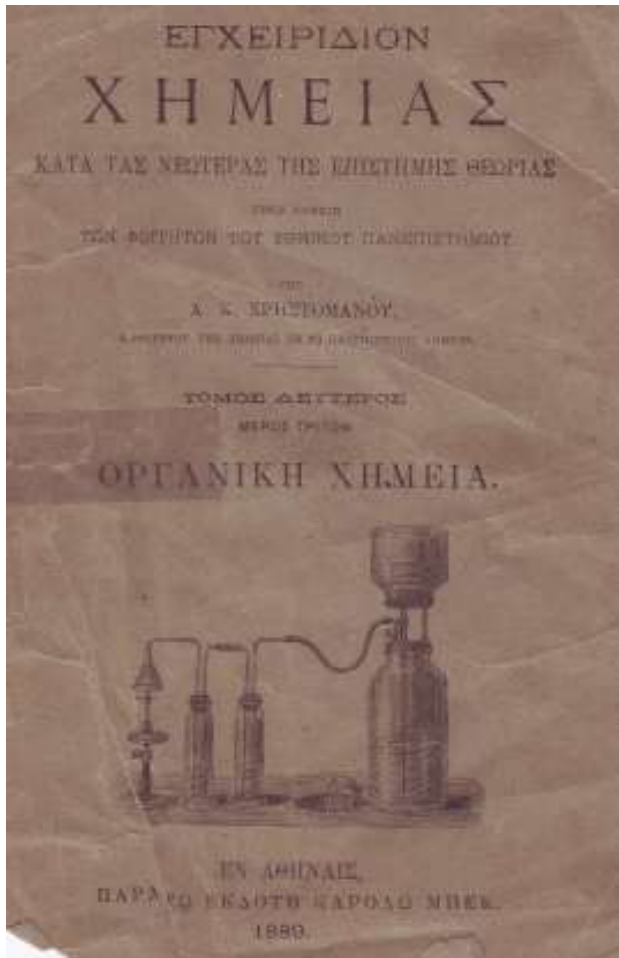
Ἐάν δὲ 4 ἄτομα ἄνθρακος συνδυασθῶσι μετ' ἀλλήλων, μένουσιν ἐξ αὐτῶν 10 μονάδες συγγενείας, αἵτινες, δι' ὑδρογόνου κορεσθεῖσαι, παράγουσι τὸν υδρογονάνθρακα C₄H₁₀ ἧτοι τὸ Βουτάνιον κ. οὐ. κ. Ἀπλῆ δὲ παραβολὴ τῶν ἀνωτέρω τύπων πείθει ὅτι ἕκαστος τῶν υδρογονανθράκων τούτων διακρίνεται τοῦ προηγουμένου κατὰ τὸ στοιχειακὸν συμπλέγμα CH₂, ὃ ἐνέχει ἐπὶ πλεόν· καὶ ὄντως δύναται τις, ἀρχόμενος ἐκ τοῦ κατωτέρου μέλους τῆς τοιαύτης σειρᾶς, νὰ ἀνοικοδομήσῃ συνθετικῶς, τουτέστι διὰ τεχνητῆς συνθέσεως, τὴν ὁμόλογον ταύτην σειράν διὰ προσθήκης ἀνά ἑνὸς στοιχειακοῦ συμπλέγματος CH₂, καὶ ἐπειδὴ τὸ κατώτατον τοῦτο μέλος συνιστᾶται, ὡς ἤδη ἐμάθομεν (τόμ. I. σ. 125), καὶ διὰ τῆς τέχνης ἐκ τῶν στοιχείων αὐτοῦ, συνάγομεν ὅτι ἐπιδέχονται ἅπαντα τὰ μᾶλλον ἄνθρακοῦχα ὀργανικὰ σώματα νὰ κατασκευασθῶσι τεχνητῶς ἐν τῷ χημείῳ τοῦ χημικοῦ ἐξ ἐνώσεων ἐνδεεστέρων ἄνθρακος.

Σε μερικά σημεία εμφανίζεται η έννοια του valency με μεταφορά στην ελληνική γλώσσα ως «δύναμις», για παράδειγμα, στον τόμο με τίτλο «ΜΕΤΑΛΛΑ» του Α. Χρηστομάνου (έκδοση 1887, σ. 353) και στην ταξινόμηση των αλάτων σε: α) κανονικά ή ουδέτερα και β) σε όξινα. Το «διβασικόν οξύ παρέχουσι μετά **μονοδυνάμου** (δηλ. μονοσθενούς, μετάφραση του monovalent) μετάλλου δύο άλατα, έν όξινον δηλαδή και εν κανονικόν, μετά **διδυνάμου** όμως μετάλλου εν μόνον κανονικόν άλας, οίον: [512]



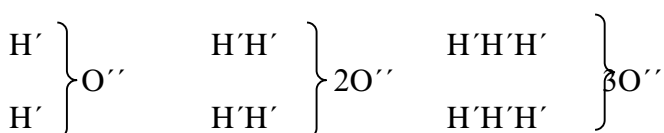
Όξινον θεικόν κάλιον ουδέτερον θεικόν κάλιον ουδέτερον θεικόν ασβέστιο».

Εδώ παρατηρούμε ότι το *σθένος* (η *δύναμις* του Χρηστομάνου) συγγέεται με την έννοια του δεσμού κι απεικονίζει εν μέρει το χημικό δεσμό, ο οποίος μάλιστα ενίοτε παρίσταται με κεραίες και όχι με τους τύπους του Gerhardt, όπως στην περίπτωση του *όξινου φωσφορικού μονασβεστίου*.

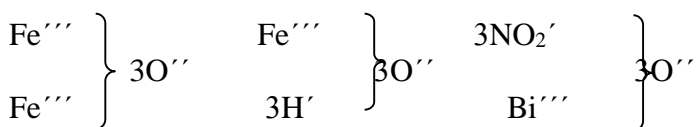


3.4 Η ιστορία της σημειογραφίας στη θεωρία του σθένους και του χημικού δεσμού

Το πρώτο σύμβολο για την απεικόνιση μιας μονάδας του σθένους προτάθηκε από τον Odling το 1854, που εισηγήθηκε να γράφεται ως τόνος στη δεξιά (πάνω) πλευρά του συμβόλου ενός στοιχείου ή μιας ρίζας, H', Sn', Sn'', Bi''', O'' κλπ. Δηλαδή το υδρογόνο ως μονοσθενές είχε έναν τόνο, το οξυγόνο ως δισθενές δύο τόνους κτλ. Με βάση τους τύπους των ενώσεων, που παρουσίασε σε μία εργασία του με τίτλο: «*On the Constitution of Acids and Salts*» («Επί της Σύνταξης των Οξέων και Αλάτων»), ο Άγγλος χημικός έδειξε ότι όλοι οι τύποι των αλάτων ανάγονται στον τύπο του νερού, το οποίο έχει τύπο, τον πρώτο που ακολουθεί παρακάτω. Τα άτομα υδρογόνου H'H'H' του νερού μπορούν να υποκατασταθούν από K'K'K' ή Sn''+K' ή Bi'''' ή 1/2Sn'' κλπ.



Οπότε λαμβάνουμε ενώσεις του τύπου



Ο Kekulé στα 1857⁵⁵ αξιοποίησε αυτή τη μέθοδο για να περιγράψει το θειικό οξύ και το χλωρο-παράγωγό του με κοινή ρίζα δισθενή, που έχει τύπο SO₂ και η οποία κρατάει τα μόρια μαζί, όταν το χλωρίδιο παρουσιάζει τη ρίζα με ένα μόριο χλωρίου.



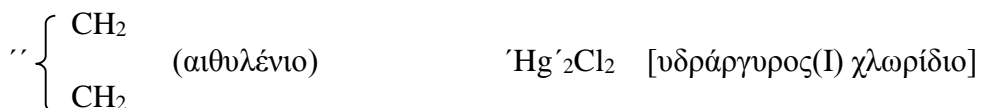
Θειικό οξύ χλωρίδιο θειικού οξέος

Μια επιπλέον καινοτομία του Kekulé ήταν ο διπλός τόνος πάνω από το σύμβολο του οξυγόνου της ομάδας SO₂, η οποία συνδέεται με δύο υδροξύλια. Ο Kekulé δεν ήταν ο πρώτος, που χρησιμοποίησε τα προσφύματα του Odling, αφού λίγους μήνες μετά ο Wurtz σε μια εργασία του⁵⁶ αναπαρέστησε το τριβασικό άζωτο ως Az'''. Λίγο μετά ο Frankland⁵⁷ πρότεινε την ονοματολογία και σημειογραφία των ολοκληρωμένων μερών που συναντάμε στις οργανικές ενώσεις και χαρακτηρίζονται ως οργανικές ρίζες, όπως του φορμυλίου (CH), Me'', μεθυλενίου (CH₂), Me'', αιθυλενίου (C₂H₄), Et'' και ούτω καθεξής. Γίνεται τώρα σαφές από τα παραλειπόμενα, ποια στοιχεία είναι μονοσθενή, αφού είναι γνωστό το δισθενές του οξυγόνου και το τετρασθενές του άνθρακα. Ο Frankland επεξέτεινε αυτή τη χρήση σημειογραφίας πολλαπλών δεσμών, τοποθετώντας τα προσφύματα πριν την αναγραφή των τύπων, για να εκδηλώσει τις «λανθάνουσες ατομικότητες» (latent atomicities) ή για να φανεί η διαφορά μεταξύ του μέγιστου σθένους και του πραγματικά χρησιμοποιούμενου από την ουσία:

⁵⁵ F. A. Kekulé, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1857, 104, 129.

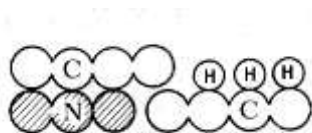
⁵⁶ A. Wurtz, *Annales de Chimie et de Physique*, 1855, [3], 44, 306.

⁵⁷ E. Frankland, *Journal of the Chemical Society*, 1866, 19, 372.



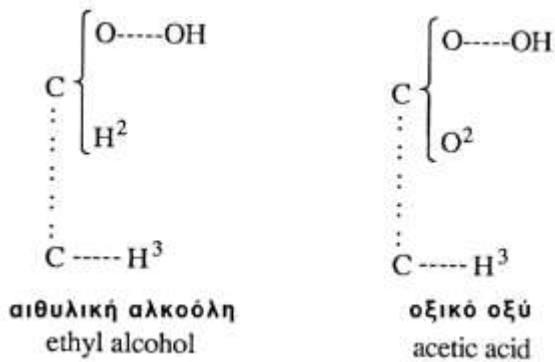
Όπου το σθένος ήταν μεγαλύτερο από τρία, υποτίθεται για λόγους ευκαιρίας ο Frankland χρησιμοποίησε ρωμαϊκούς αριθμούς (Roman) στη θέση των τόνων. Ένα χρόνο πριν φανεί αυτή η εργασία του Frankland, ο Hoffmann είχε καταφερθεί με ένταση στην εύνοια, που είχε αποδοθεί στη χρήση των ρωμαϊκ.ων αριθμών ως εκθετών ακόμη και για τα σθένη 1, 2 και 3. Είχε υποδείξει κάποια επίπεδα ομοιομορφίας και ευκολίας αναγραφής τους. [56]

Κατά την περίοδο του 1857-1858 ο Kekulé χρησιμοποίησε μοναδικά μοντέλα για να παρουσιάσει τα σθένη βασικών στοιχείων, όπως του άνθρακα, αζώτου, υδρογόνου και οξυγόνου. Ήταν οι αποκαλούμενοι «λουκανικοειδείς» (Sausage) τύποι του Kekulé, όπως για παράδειγμα ο τύπος του μεθυλοκυανιδίου που έχουμε παρακάτω:

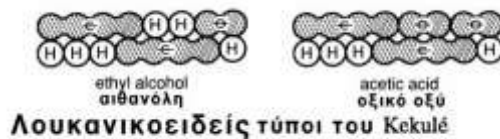


Το 1858 ο Archibald Scott Couper⁵⁸ με διορατικότητα διέκρινε το σθένος σε δύο κατηγορίες, τα δύο είδη συγγένειας, τα οποία ονόμασε **συγγένεια βαθμού** ή **βαθμό συγγένειας (affinity of degree)** και **εκλεκτική συγγένεια (elective affinity)**. Γράφει ο Couper: «*Με τη συγγένεια βαθμού, εγώ εννοώ ότι ένα στοιχείο αναπτύσσει πάνω σε άλλο ισχύ με το οποίο συνδυάζεται σε πολλές καθορισμένες αναλογίες. Ονομάζω εκλεκτική συγγένεια εκείνη την οποία διαφορετικά στοιχεία αναπτύσσουν διαφορετικές τάσεις πάνω σε κάποιο άλλο. Λαμβάνοντας για παράδειγμα τον άνθρακα, βρήκα ότι αναπτύσσει δύο συνδυαστικές ισχύς (combining power) σε δύο βαθμούς. Αυτή οι βαθμοί αντιπροσωπεύονται από το CO² και CO⁴, τα οποία ονομάζουμε οξείδιο του άνθρακα και ανθρακικό οξύ, υιοθετώντας για τα ισοδύναμα του άνθρακα και του οξυγόνου τους αριθμούς 12 και 8...*». Βλέπουμε για άλλη μια φορά τη σύγχυση μεταξύ ατομικών βαρών και χημικών ισοδυνάμων καθώς και κάποιες μακρινές επιδράσεις των ιδεών του Lavoisier για τα οξέα. Τις συνδέσεις ή δεσμεύσεις τις ονόμαζε, του άνθρακα με το υδρογόνο ή οξυγόνο, απεικόνισε με διακεκομμένες γραμμές, όπως στα παραδείγματα που ακολουθούν της αιθυλικής αλκοόλης (αιθανόλης) και του οξικού οξέος (αιθανοϊκού οξέος).

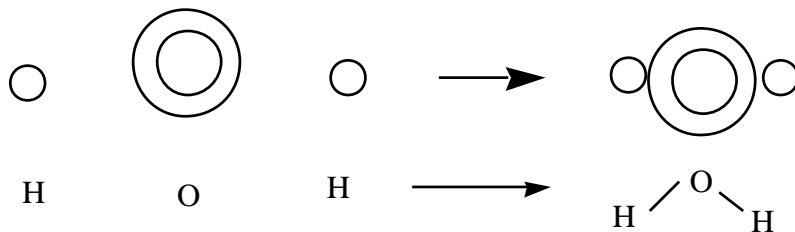
⁵⁸ Archibald Scott Couper, από το *On a New Chemical Theory and Researches on Salicylic Acid*, η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στη Γαλλική Ακαδημία από το Dumas το 1858 ως «Sur une Nouvelle Théorie Chimique» σε μετάφραση του Leonard Dobbin, *Comptes rendus de l' Académie des Sciences*, 46, 1157-1160, 1858.



Τη σημειογραφία αυτή της τετρασθενικότητας του άνθρακα του Couper, που έστω και καθυστερημένα ανακοινώθηκε από το Dumas στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, την είχε τροποποιήσει προηγουμένως ο Kekulé. Ο Kekulé στα 1861 μόλις δύο μήνες πριν από την ανακοίνωση αυτή, είχε προβάλει τη λουκανικοειδή μορφή στις ενώσεις αυτές στο Lehrbuch⁵⁹.

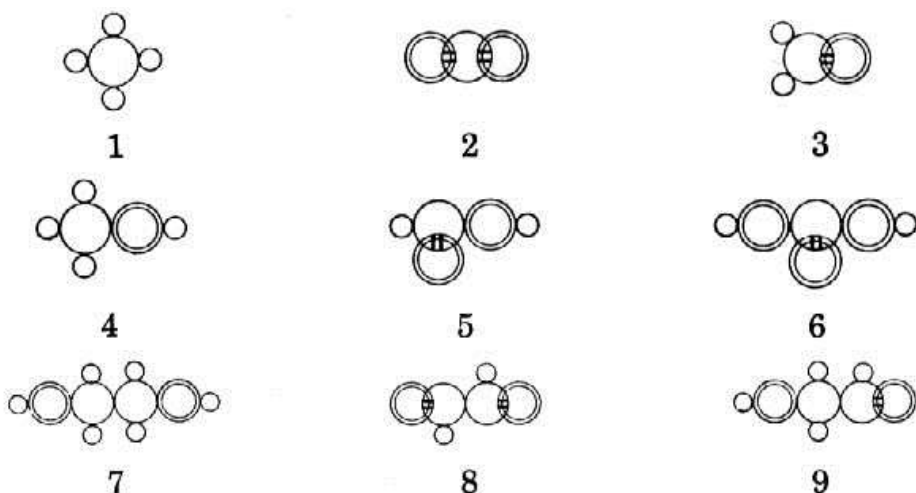


Το 1861 ο αυστριακός Joseph Loschmidt εξέδωσε στη Βιέννη ένα μνημόνιο με τίτλο «*Chemical Studies*», στο πρώτο μέρος του οποίου υπήρχαν 368 τύποι ενώσεων, αγκαλιάζοντας μια ευρύτατη περιοχή της οργανικής χημείας. Το χαρακτηριστικό των ενώσεων αυτών ήταν η παράσταση των ατόμων με κύκλους, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του νερού: τα άτομα υδρογόνου αναπαρίστανται με μικρούς κύκλους, του οξυγόνου με δύο μεγαλύτερους κύκλους, τον ένα μέσα στον άλλο. Από κάτω γράφουμε τους σύγχρονους συμβολισμούς για το μόριο του νερού.



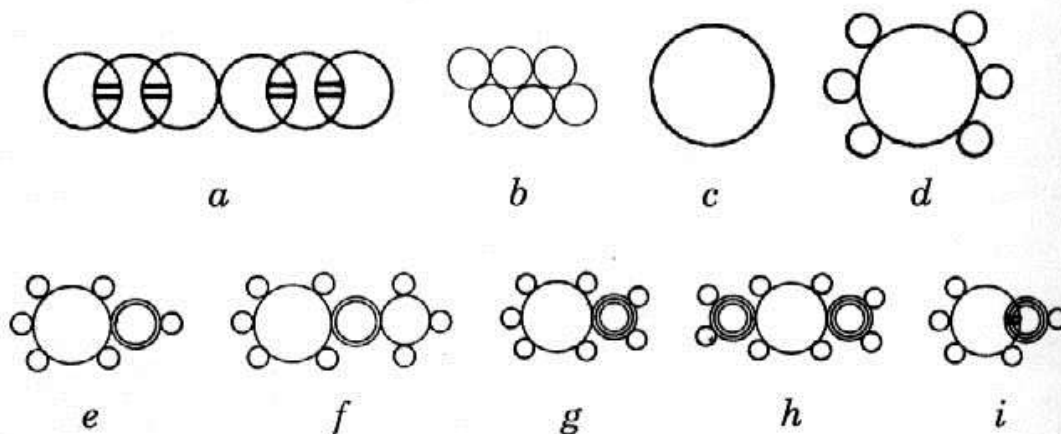
Στην εικόνα, που ακολουθεί, φαίνονται οι τύποι του Loschmidt για ορισμένες βασικές οργανικές ενώσεις, ο οποίος αποτελεί ένα πραγματικά πρωτοποριακό τρόπο αναπαράστασης των μορίων τους.

⁵⁹ August Kekulé, Lehrbuch der organischen Chemie, Erlangen, 1861, vol. I, pp 93-94.



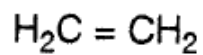
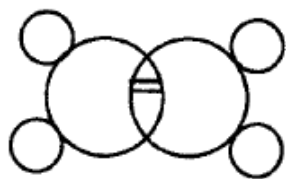
Τύποι του LOSCHMIDT 1 methane. 2 carbon dioxide.
 3 formaldehyde. 4 methyl alcohol. 5 formic acid. 6 carbonic acid
 7 ethylene glycol. 8 glyoxal. 9 glycolic aldehyde.
 Από το εγχειρίδιον του Loschmidt, *Chemische Studien I* [1861].

Το μεθάνιο περιγράφεται από τον τύπο 1, το διοξείδιο του άνθρακα από τον τύπο, η φορμαλδεΐδη από τον τύπο 3 κ.ο.κ. Εμφανίζει συμπτωματικά του διοξειδίου του άνθρακα ως γραμμικό, όπως πράγματι είναι, επειδή το περιγράφει κατ' αναλογία προς το μόριο του νερού. Το μόριο του νερού, όμως, δεν είναι στην πραγματικότητα γραμμικό, αφού τα τρία άτομα, από τα οποία αποτελείται, σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία περίπου 105° . Στον πίνακα που ακολουθεί, έχουμε μία πρώτη απεικόνιση του βενζολίου (βενζενίου) και ορισμένων αρωματικών ενώσεων. Οι εικόνες a, b, c, δείχνουν τον αρωματικό πυρήνα, ενώ στον τύπο d τοποθετεί και τα έξι υδρογόνα, δίνοντας μία από τις πρώτες παραστάσεις κυκλικής διάταξης των ατόμων άνθρακα.

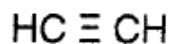
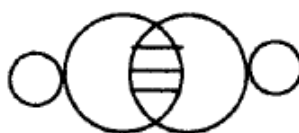


Τύποι αρωματικών ενώσεων του LOSCHMIDT
 a πυρήνας βενζολίου (trial). b πυρήνας βενζολίου (trial).
 c πυρήνας βενζολίου. d βενζόλιο. e φαινόλη, f μεθοξυβενζόλιο.
 g ανιλίνη. h διαμινοβενζόλιο. i α υποθετικό ιμίδιο.

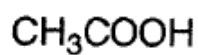
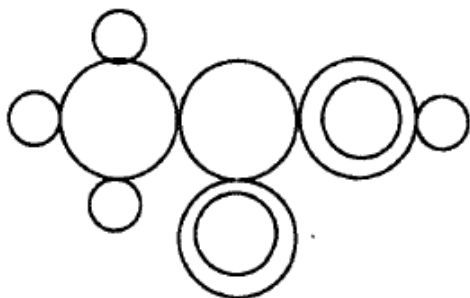
Στις εικόνες, που ακολουθούν, φαίνονται οι τύποι του Loschmidt, που έχουμε στη διάθεσή μας για μια σειρά οργανικών ενώσεων, οι οποίοι συνοδεύονται από το σύγχρονο συμβολισμό τους. δούμε την αποτύπωσή τους με το σύγχρονο συμβολισμό των ενώσεων αυτών.



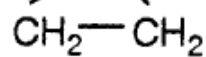
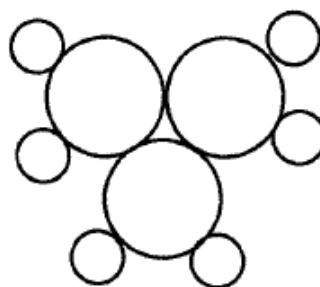
αιθυλένιο



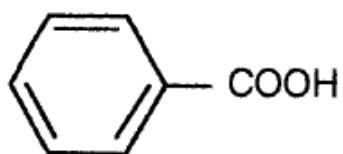
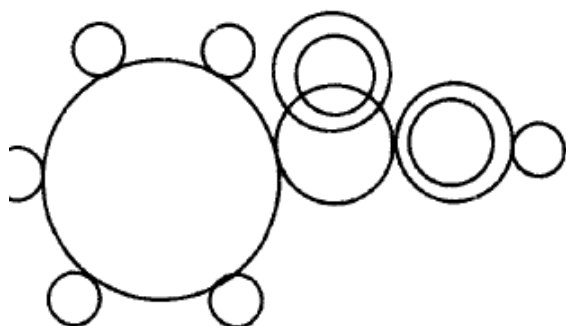
ακετυλένιο



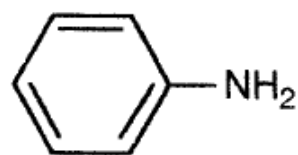
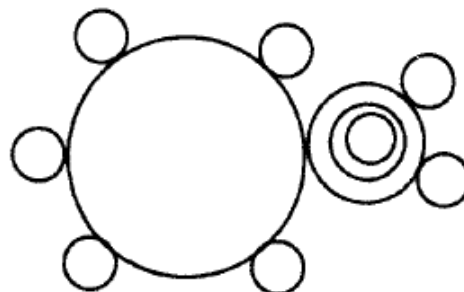
οξικό οξύ



κυκλοπροπάνιο



βενζοϊκό οξύ



ανιλίνη

Στα 1861 ο αυστριακός χημικός Loschmidt δημοσίευσε μια σύντομη εργασία με τίτλο: *Chemische Studien* (Chemical Studies), στην οποία υπήρχε ένας κατάλογος με τους τύπους 368 οργανικών ενώσεων. Κάτω από τους τύπους του Loschmidt είναι γραμμένοι και οι σύγχρονοι τύποι των οργανικών ενώσεων.

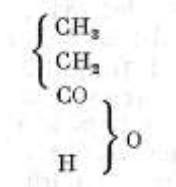
Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μόρια του αιθυλενίου, ακετυλενίου και κυκλοπροπανίου. Όλα πλησιάζουν σχηματικά τη σημερινή απεικόνιση των μορίων των ενώσεων αυτών.

Johann Josef Loschmidt, (1821 - 1895)



Ο Johann Josef Loschmidt, (1821 - 1895), γεννήθηκε από μία οικογένεια χωρικών στο Carlsbad της Bohemia (Βοημίας), αρχικά μορφώθηκε από κληρικούς και συνέχισε τις σπουδές του στο Γυμνάσιο της Πράγας της Αυστροουγγρικής τότε Αυτοκρατορίας. Στα 1843 ασχολήθηκε με επιχειρηματικές δραστηριότητες, μέχρι που χρεωκόπησε στα 1854. Επέστρεψε στην Ακαδημαϊκή ζωή στα 1856 με το διορισμό του στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης. Το 1868 εξελέγη καθηγητής της Φυσικοχημείας στο ίδιο Πανεπιστήμιο και έγινε γνωστός από τη περίφημη σταθερά, που φέρει το όνομά του και έγινε γνωστή σε μία εργασία του στα 1865 με τίτλο: *Zur Grosse der Luftmoleculen* (Επί του μεγέθους των μορίων του αέρα, On the Magnitude of Air Molecules), στην οποία υπολόγισε τη διάμετρο των μορίων.

Ο Butlerov στα 1861 έγραφε το προπιονικό οξύ ως

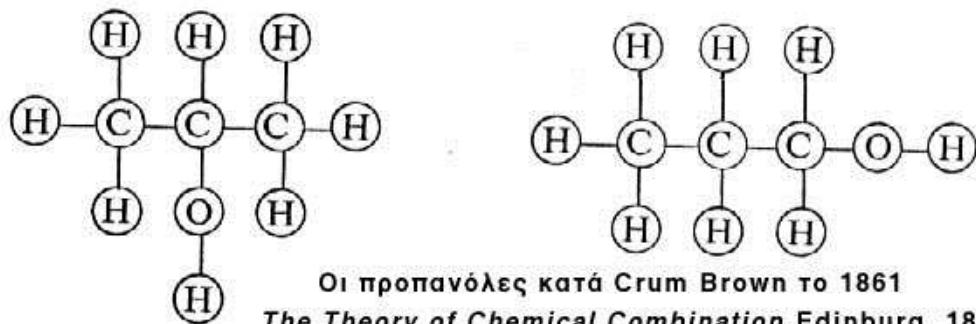


αποδίδοντας μία πρώτη άποψη της ανθρακικής αλυσίδας.

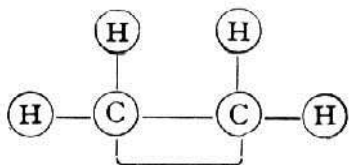
Η παράσταση του William Higgins το 1789 του χημικού δεσμού με μία παύλα (κεραία) μεταξύ των μερών που συνδέονται, έμεινε ξεχασμένη για πολλές δεκαετίες, αλλά επανήλθε με τον Crum Brown σταδιακά το 1861 και αργότερα το 1870. Υπενθυμίζουμε ότι ο Higgins απεικόνιζε το νερό και διοξείδιο του θείου ως εξής:

I – d και S — d με I να σημαίνει υδρογόνο (inflammable air, εύφλεκτος αήρ), d το οξυγόνο από το dephlogisticated air, δηλαδή αποφλογισμένος αέρας και τέλος S το θείο από το sulphur.

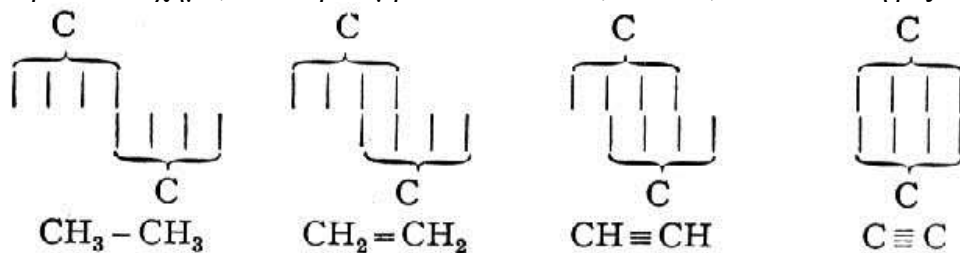
Η σύγχρονη μέθοδος της γραμμικής αναπαράστασης των χημικών δεσμών δόθηκε ολοκληρωμένα από τον Σκοτσέζο Crum Brown στα 1861, παριστάνοντας τα άτομα των στοιχείων με τα χημικά τους σύμβολα μέσα σε κύκλους, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με παύλες, όπως σήμερα γράφουμε τους συντακτικούς χημικούς τύπους.



Η διαφορά του Brown από αυτήν του συμπατριώτη του Couper ήταν ο τρόπος συμβολισμού του δεσμού: γραμμή (–) αντί τρεις τελείες (...) αντίστοιχα. Ο Crum Brown στα 1864 επανήλθε, παριστάνοντας το **διπλό δεσμό** του αιθυλενίου (αιθενίου) με το ακόλουθο σχήμα (58):

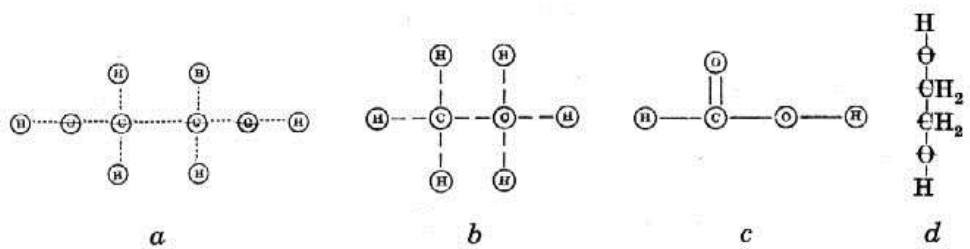


Στα 1862 ο Erlenmeyer αναγνώρισε την ύπαρξη **τριπλού δεσμού** μεταξύ των ατόμων άνθρακα του ακετυλενίου, τον οποίο απέδωσε ο Γερμανός χημικός J. Wilbrand με το παρακάτω σχήμα, που περιλαμβάνει το αιθάνιο, αιθένιο, αιθίνιο και τη ρίζα του ακετυλενίου:



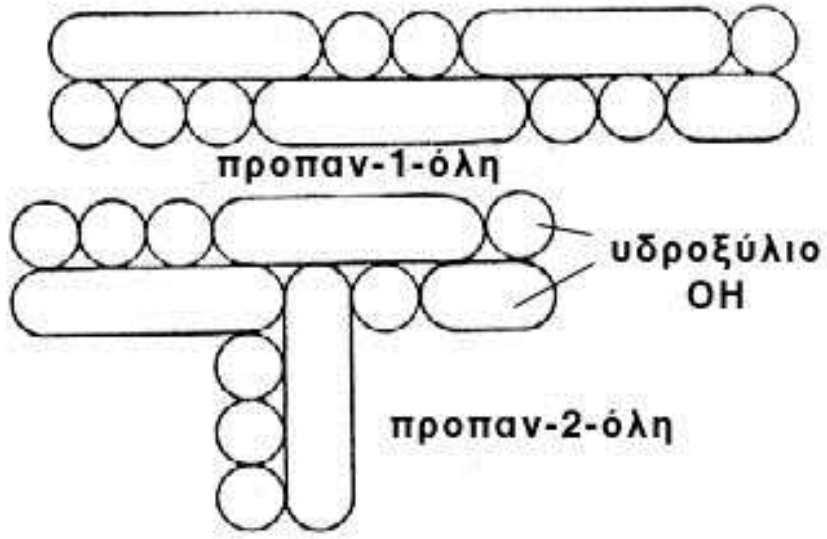
Τύποι του Wilbrand *Zeitsch. f. Chemie*, 1865, viii, 685.

Ο Crum Brown στα 1867 εξήγησε γιατί ο τριπλός δεσμός μεταξύ άνθρακα και αζώτου θα έπρεπε να ακολουθεί μία τετραεδρική διάταξη και μονοεπίπεδη C≡N. Ο Wurtz συγκλίνει προς τους τύπους του Brown, σε μια περίοδο που ασκήθηκε έντονη κριτική για τη σταθερότητα του σθένους του Kekulé. Το επόμενο σχήμα απεικονίζει μόρια του Brown και του Würtz.



Τύποι οργανικών ενώσεων του CRUM BROWN και WURTZ(το d).
 a Crum Brown τύπος της αιθυλενογλυκόλης (1861). b Crum Brown τύπος του αιθανίου (1864). c Crum Brown τύπος του φορμικού οξέος (1868). d Wurtz τύπος της αιθυλενογλυκόλης.
 (Από το J. Walker, *J. Chem. Soc.*, 123: 942 [1923])

Ο Kekulé στα 1865 επανήλθε με τους λουκανικοειδείς τύπους του και έδωσε την απεικόνιση των δύο ισομερών αλκοολών, της προπαν-1-όλης και της προπαν-2-όλης, της προπυλικής και της μεθυλ-αιθυλικής, όπως τις ονόμασε.

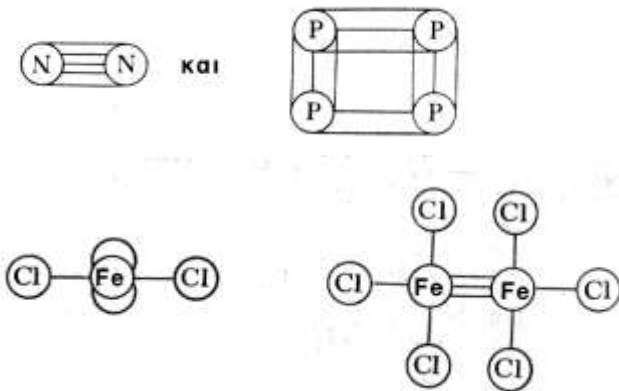


Ο Frankland αναγνωρίζει την ικανότητα των στοιχείων, που εμφανίζονται συχνά στις οργανικές ενώσεις, να σχηματίζουν δεσμούς ανεξάρτητα από την ένωση που βρίσκονται και δίνει τα πρώτα μοντέλα με τις ατομικότητες (δηλ. σθένη) αυτών των στοιχείων.

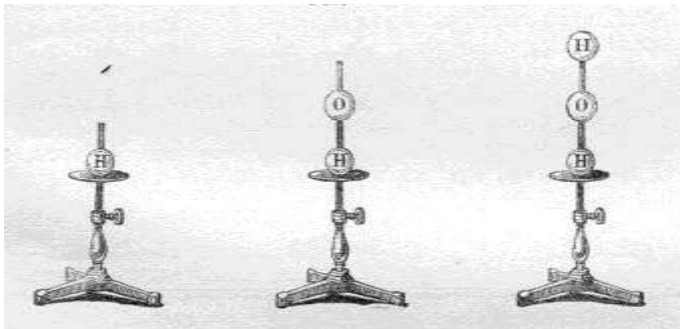


Η μεγάλη διαμάχη μεταξύ ομάδων επιστημόνων για τη σταθερότητα ή μεταβλητότητα του σθένους (των ατομικότητων ή συνδυαστικών ισχύων) είχε ως αποτέλεσμα, όπως θα δούμε στην § 2.20, τη νίκη των υποστηρικτών της δεύτερης. Ένας από τους πρωτεργάτες ήταν ο Crum Brown, ο οποίος απεικόνιζε τις **λανθάνουσες ατομικότητες** (*latent atomicities*), που μπορούσαν να εκδηλωθούν με κάποιο τρόπο σύνδεσης (δεσμούς), αλλά έμεναν αδρανείς, με ημικύκλια γύρω από τον κύκλο με το σύμβολο του στοιχείου. Όπως θα παρατηρήσουμε στο σχήμα που ακολουθεί, ο άνθρακας είναι τετρασθενής, το υδρογόνο μονοσθενές, το άζωτο

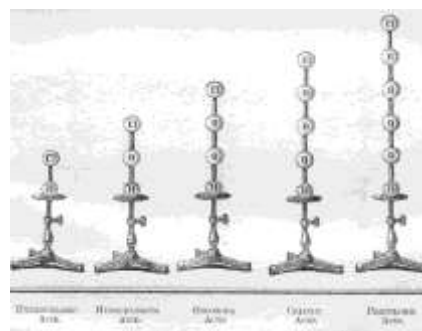
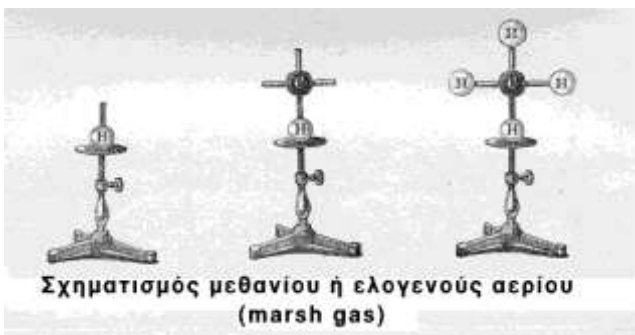
πεντασθενής, όπως και ο φωσφόρος στο τετρατομικό του μόριο. Ο σίδηρος εμφανίζεται αρχικά δισθενής: έχοντας όμως άλλες τέσσερις λανθάνουσες ατομικότητες, οι οποίες ανά ζεύγος παριστάνονται με δύο ημικύκλια, είναι τελικά εξασθενής.

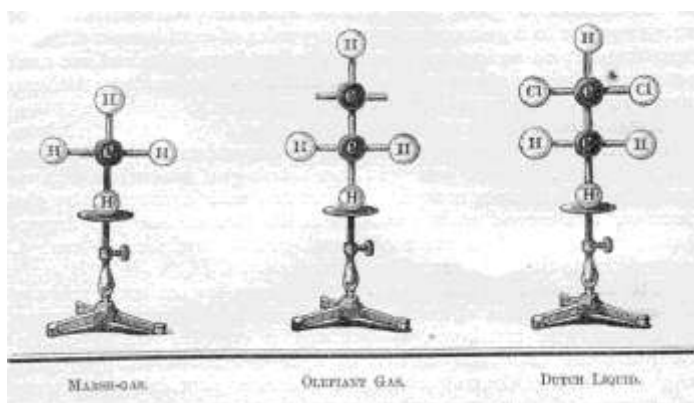


Στα 1865 ο Hofmann έδωσε μερικά μοντέλα μορίων οργανικών ενώσεων, βασιζόμενος στα μοριακά μοντέλα του Crum Brown και τα δικά του, τις μπάλες του παιχνιδιού croquet με ράβδους (croquet ball models), οι οποίες τις συνδέουν και έχουν το ρόλο του χημικού δεσμού.



Σχηματισμός νερού κατά Hofmann.





2422
61

THE
JOURNAL
OF
THE CHEMICAL SOCIETY
OF
LONDON.

Committee of Publication.

WARREN DE LA RUE, PH.D., F.R.S. THOMAS GRAHAM, F.R.S.	W. ODLING, M.B., F.R.S. J. STENHOUSE, LL.D., F.R.S.
---	--

Editor:
HENRY WATTS, B.A., F.C.S.

NEW SERIES, VOL. III. (Entire Series, Vol. XVIII.)

LONDON:
HIPPOLYTE BAILLIÈRE, 219, REGENT STREET.
1865.

3.5 Σχέσεις μεταξύ των Αντιλήψεων Χημικού Δεσμού και Σθένους

Ας συζητήσουμε τώρα τα αρχικά προβλήματα στην ιστορία της *θεωρίας του σθένους (theory of valency)* και του *χημικού δεσμού (chemical bond)*, ήτοι το πρόβλημα που ανακύπτει από την ανάπτυξη της ιδέας για την ικανότητα των ατόμων ενός στοιχείου να σχηματίζουν χημικούς δεσμούς μεταξύ τους ή με άτομα άλλων στοιχείων, χρησιμοποιώντας τις **μονάδες συγγένειας του (affinity of units)** ή **μονάδες σθένους του (valency units)**.

Φυσικά για να έχει ενδιαφέρον μια τέτοια συζήτηση, θάπρεπε να αρχίσει από τον Berzelius, ο οποίος ήταν ο πρώτος που υπέδειξε την ξεκάθαρη φύση της χημικής συγγένειας και την ερμήνευσε με τη δράση των ηλεκτροστατικών δυνάμεων. Αλλά στην περίπτωση μας όμως ενδιαφερόμαστε περισσότερο όχι για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δυνάμεων συγγένειας, πάνω στις οποίες επικεντρώνεται η θεωρία του ηλεκτροχημικού δυϊσμού του Berzelius, αλλά για το πώς ένα άτομο συνδέεται με κάποιο άλλο ή υποκαθιστά άλλο σε κάποια χημική του ένωση. Εννοούμε το σχηματισμό χημικών δεσμών ως ένα αποτέλεσμα αμοιβαίου κορεσμού συγγενειών, που είναι οι αιτίες κατάλληλης διαδραστικότητας (ή αμοιβαίας επίδρασης). Η ιδέα σχηματισμού χημικού δεσμού μεταξύ των ατόμων του ίδιου στοιχείου ήταν επαναστατική και αντιφατική ως προς τη θεωρία του Berzelius, η οποία επικρατούσε ως μοναδική για πολύ καιρό, δημιουργώντας τα γνωστά προβλήματα στον Ζεράρ (Gerhardt) και του Λοράν (Laurent).



Gerhardt Ch. (1816-1856)

Οι πρώτες ιδέες που αφορούν τις ικανότητες των ατόμων ενός στοιχείου να συνδυάζεται με κάθε άλλο άτομο, φαίνεται στις εργασίες του Ζεράρ (Gerhardt) και του Λοράν (Laurent). Ουσιαστικά ήταν η αναγέννηση των ιδεών του Avogadro, ο οποίος υπέδειξε ότι τα απλά αέρια (δηλ. τα αέρια στοιχεία) συνίστανται από δύο ή περισσότερα άτομα. Αυτές οι ιδέες χρησιμοποιήθηκαν αργότερα στην καθιέρωση της σύστασης των οργανικών ενώσεων, ιδιαίτερα των υδρογονανθράκων. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο **κανόνας της αρτιότητας ή ομοτιμίας ("rule of parity")**, εφαρμόζεται στον αριθμό ατόμων υδρογόνου στις ενώσεις του άνθρακα, ο οποίος διατυπώθηκε από τον Gerhardt και έδωσε

έδαφος σε αυτόν να αποκρούση την ύπαρξη των ριζών του CH_3 , C_2H_5 , C_5H_{11} , που οι Kolbe και Frankland απαιτούσαν να βρίσκονται σε ελεύθερη κατάσταση. Ο Gerhardt υπέδειξε ότι αυτοί οι τύποι πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί δύο. Αργότερα ο Gerhardt, αναπτύσσοντας τη θεωρία του, υπέδειξε (το 1852) ότι αυτές οι ενώσεις αντιστοιχούν στον τύπο του υδρογόνου H_2 , δηλαδή



αρκεί να αντικαταστήσουμε το ένα υδρογόνο με μία από τις ρίζες του CH_3 , C_2H_5 , C_5H_{11} . Μπορούν οι ρίζες αυτές να ενωθούν ανά δύο κατά τον Gerhardt, ο οποίος πιο ειδικά έγραφε: «Το αέριο υδρογόνο είναι υδρογόνο υδρίδιο (hydrogen hydride) και το αέριο χλώριο χλωρίδιο (chlorine chloride)». Ο Gerhardt αναφέρεται και στο μόριο του αζώτου, ότι παράγεται από την υποκατάσταση των τριών ατόμων υδρογόνου ενός μορίου αμμωνίας με ένα άτομο αζώτου. Γι' αυτό άλλωστε το ονόμασε το μόριο του αζώτου ή νιτρογόνο νιτρίδιο (nitrogen nitride).

TRAITE
de
CHIMIE ORGANIQUE,

PAR
M. CHARLES GERHARDT.

UNIVERSITE FRENCHISE.



PARIS.
CHEZ ERMIN DIDOT FRERES.

1852.

CLASSIFICATION DES MATIERES ORGANIQUES (D'APRES LE DOCTEUR GERHARDT)

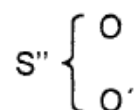
TYPE I.	TYPE II.	TYPE III.	TYPE IV.	TYPE V.
Hydrogène pur.	Hydrogène combiné.	Chlorure d'hydrogène.	Chlorure d'hydrogène combiné.	Chlorure d'hydrogène combiné.
...

Από το Εγχειρίδιο της Οργανικής Χημείας του Charles Gerhardt, στην οποία περιγράφεται η θεωρία των τύπων.

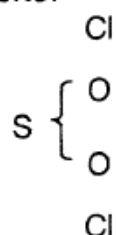
Ίσως αυτές οι ιδέες του Gerhardt να επηρέασαν τον Kekulé και να τον οδήγησαν στα 1858 στο συμπέρασμα, της ύπαρξης χημικών δεσμών μεταξύ των ατόμων του άνθρακα. Στο εγχειρίδιο της οργανικής του χημείας έκδοσης 1859 ο Kekulé έδωσε ένα γραφικό μοντέλο του μορίου του οξυγόνου, το οποίο συνίσταται από δύο άτομα οξυγόνου συνδεδεμένα με δύο χημικούς δεσμούς.

Ο Kekulé προχώρησε πιο πέρα από την ιδέα της ανάγκης χρήσης της «φύσης των στοιχείων», στο να τοποθετήσει στην πρωτοκαθεδρία «τη φύση των ενώσεων των στοιχείων». Ας εξετάσουμε όμως το ζήτημα, ποια μόρια μπορούν να σχηματιστούν από ένα άτομο θείου με δύο άτομα οξυγόνου, καθένα άτομο των οποίων έχει δύο μονάδες συγγένειας (units of affinity). Ο Kekulé πάνω στο ζήτημα αυτό γράφει: «Καθώς πιάνονται τα άτομα μεταξύ τους, κάθε μονάδα συγγένειας ενός ατόμου ενώνεται με τη μονάδα συγγένειας του άλλου

ατόμου. Τέσσερις ή έξι μονάδες συγγένειας χρησιμοποιούνται κατ' αυτόν τον τρόπο, για να κρατήσουν τρία άτομα μαζί...». Ο Kekulé για να δώσει έμφαση σε αυτήν του την ερμηνεία, χρησιμοποίησε τον παρακάτω διαγραμματικό τύπο:



Υπάρχουν όμως δύο ακόμα μονάδες συγγένειας του θείου αχρησιμοποίητες και «εδώ η ομάδα είναι διατομική· αυτή μπορεί να ενωθεί για παράδειγμα με δύο άτομα ενός μονατομικού στοιχείου». Και γι' αυτή την περίπτωση ο Kekulé δίνει έναν άλλο διαγραμματικό τύπο:



Αυτοί οι συλλογισμοί για τα άτομα του άνθρακα, που διαθέτουν τέσσερις μονάδες συγγένειας, οδήγησαν τον Kekulé στην ιδέα ότι, στην περίπτωση ενώσεων με δύο άνθρακες δύο από τις 2x4 μονάδες συγγένειας των δύο ατόμων άνθρακα χρησιμοποιούνται για αμοιβαίο κορεσμό και οι απομένουσες έξι για να συνδεθούν με μονατομικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα είναι το υδρογόνο σε υδρογονάνθρακες. Με αυτόν τον τρόπο κατέληξε στο γενικό τύπο C_nH_{2n+2} για την ομόλογη σειρά του μεθανίου. Κι αυτό μπορεί να εκτιμηθεί ως ένα πολύ σπουδαίο βήμα που έγινε προς τη θεωρία της χημικής δομής, μέσω επαγωγής, δηλαδή με την αφαίρεση της αιτίας η οποία στηρίζεται στο δόγμα: η φύση της ουσίας από τη φύση των συστατικών της στοιχείων. [56]

Ο Couper εξέτασε ένα επαγωγικό ενδεχόμενο του χαρακτήρα των ενώσεων από τις ιδιότητες των ελευθέρων ατόμων τους. Μας λέει: «Όταν όλες οι ιδιότητες και ικανότητες των ατομικών στοιχείων μας γίνουν γνωστές, θα μπορέσουμε να ξεκαθαρίσουμε τη σύνταξη των ενώσεων, που συντίθενται από τα στοιχεία». [56] Αυτός νομίζει ότι, «το σθένος (valency) ή η ποσοτική συγγένεια των στοιχείων (quantitative affinity of elements)» είναι η «θεμελιώδης ιδιότητα η σύμφυτη σε όλα τα στοιχεία χωρίς την οποία το στοιχείο είναι στερημένο αυτού του χαρακτήρα, που κατέχοντάς τον το στοιχείο αυτό, καταλαμβάνει ειδικό μέρος στη σύνθεση του σώματος». Ο Couper με βάση την αντίληψή του περί του «χημικού συνδυασμού του άνθρακα με τον εαυτό του», δηλαδή την υπόθεση σχηματισμού του δεσμού άνθρακα-άνθρακα από τον αμοιβαίο κορεσμό των μονάδων συγγένειας των ατόμων άνθρακα, οδηγείται από «τη συγγένεια και τις ανακαλυφθείσες ιδιότητες στα στοιχεία», στη θεωρία «της χημικής δομής». Ο Couper επίσης ακολουθεί το μονοπάτι της επαγωγής αλλά...μόνον ως αρχή. Από όσα γνωρίζουμε, ο Couper αστόχησε στο να δημιουργήσει μία εύχρηστη θεωρία χημικής δομής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.

ΥΠΟ

Σ. ΛΑΝΔΕΡΕΡ.

Ὡς παράρτημα τῶν δύο τόμων τῆς γενικῆς χημείας, μεθ' ἑνὸς λοθου-
ρημίου πίνακος.

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ,
ΕΚ ΤΗΣ ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ.

1842

Ἡ πρώτη τυπωθεῖσα Ὄργανικὴ Χημεία στο νεοσύστατο ἐλληνικὸ κράτος. Ἡ χημικὴ συγγένεια τῶν διαφόρων στοιχείων συναντάται μετὰ τὴ λέξη *επιρροή*. Ἡ χημικὴ δραστηριότητα τῶν ὀργανικῶν οξέων διατυπώνεται ὡς *ἐνέργεια τῶν οξέων*. Τὸ ἀζώτο ἀποκαλεῖται ὅπως καὶ σε ὅλες τὶς ἐυρωπαϊκὰς γλώσσας ὡς *νιτρογόνον*.

3.6 Η κριτική της θέσης για τη σταθερότητα του σθένους

Στα 1891 με 1893, ίσως και αργότερα η θεωρία του σθένους ήταν εμπλουτισμένη με τις νέες ιδέες από τη **θεωρία της σύνταξης** (coordination theory) του Werner και της εντόπισης του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου του ατόμου (αυτό του ηλεκτρονίου). Για να κατανοήσουμε καλύτερα τις προτάσεις, που θα εκτεθούν πιο κάτω, κρίνεται αναγκαίο να αποτυπώσουμε μερικές βασικές σκηνές στην ιστορία ανάπτυξης και σταδιακής καθιέρωσης της θεωρίας του σθένους. Αρχίζουμε από αυτόν, που θεωρούμε ότι ανεπίσημα την καθιέρωσε, τον Kekulé. Στα 1857 ο Kekulé υποστήριξε ότι όλα τα χημικά στοιχεία χαρακτηρίζονται από τη σταθερότητα των σθενών τους, τα οποία σθένη όμως αποκαλούσε τότε μονάδες χημικής συγγένειας ή ατομικότητες. Έγραφε ότι «ο αριθμός ατόμων ενός στοιχείου, που συνδυάζεται με ένα άτομο άλλου στοιχείου, εξαρτάται από τη **βασικότητα** (basicity) του στοιχείου ή της συσχέτισης με την πλευρά των συστατικών μερών του». Με τον όρο **βασικότητα**, αναφερόταν στις μονάδες συγγένειας ή ατομικότητες, συνώνυμες με τις μονάδες σθένους του στοιχείου. Ήταν η εποχή που, η ορολογία πάνω στη **συνδυαστική ικανότητα** του κάθε στοιχείου με το υδρογόνο ή με άλλο **ισοδύναμο** (equivalent) προς αυτό στοιχείο αποδιδόταν διαφορετικά από χημικό σε χημικό. Άλλωστε, αυτή η πολλαπλότητα απόδοσης του ίδιου γεγονότος από τους χημικούς της εποχής εκείνης δημιούργησε τις συνθήκες διοργάνωσης του πρώτου διεθνούς επιστημονικού συνεδρίου, αυτού που έγινε στην Καρλσρούη στα 1860. Πρέπει όμως να σημειώσουμε ότι το **σθένος** με την ονομασία της **ατομικότητας** δεν ήταν στο σημειωματάριο του συνεδρίου, ενώ αντιθέτως ήταν τα σύμβολα των στοιχείων, αυτά που θεωρήθηκαν κατόπιν εισήγησης του Cannizzaro βάρβαρα, όπως για παράδειγμα του άνθρακα και του οξυγόνου.

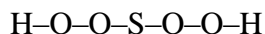
Ε Θ

Ο Kekulé, πάντως, κατέταξε τα στοιχεία σε τρεις σημαίνουσες ομάδες με κριτήριο το **σθένος** ή **ατομικότητα** των στοιχείων, τη **βασικότητα** ή **ατομικότητα** όπως το αποκαλούσε, ως ακολούθως:

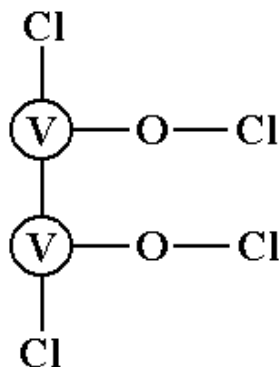
- τα **μονατομικά** (monatomic) ή **μονοβασικά** (monobasic) στοιχεία, όπως τα H, Cl, Br, K, (αυτά που χαρακτήρισαν αργότερα ως μονοσθενή, monovalent)
- τα **διατομικά** (diatomic) ή **διβασικά** (dibasic) στοιχεία, όπως τα O, S, (τα δισθενή, divalent) και
- τα **τριατομικά** (triatomic) ή **τριβασικά** (tribasic) στοιχεία, όπως τα N, P, As, τα μετονομαζόμενα τρισθενή (tervalent)

(*Annalen Chem. Pharm.*, 1857, Bd. 104, H. 2, S. 129-150). Η ατομικότητα του στοιχείου ήταν σε κοινή χρήση σε όλη τη δεκαετία του 1850-1860 και στην Ελλάδα επί πολλές δεκαετίες κατά τον εικοστό αιώνα. Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι δεν είχε προταθεί ακόμη ο περιοδικός πίνακας και διατυπωθεί ο περιοδικός νόμος των στοιχείων, αλλά πως η έννοια της **ομάδας** στοιχείων είχε χρησιμοποιηθεί από πολλούς διάσημους χημικούς της εποχής εκείνης.

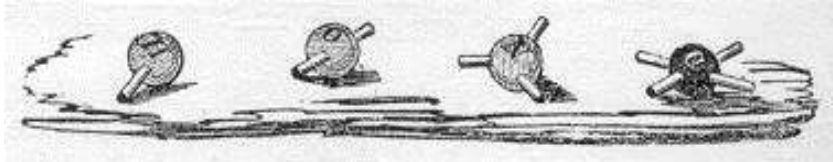
Στην εργασία του αυτή έκανε ειδική μνεία στον άνθρακα, λέγοντας: «Ο άνθρακας είναι πολύ εύκολο σε μένα να δείξω και αυτήν την ερμηνεία θα τη δώσω αργότερα, ότι είναι **τετραβασικός** (tetrabasic) ή **τετρατομικός** (tetraatomic, ..., ένα άτομο άνθρακα ($C = 12$) είναι **ισοδύναμο** (ή **ισοσθενές**, equivalent) όσο τέσσερα άτομα υδρογόνου. Η απλούστερη ένωση (του άνθρακα) με στοιχείο της πρώτης ομάδας (H ή Cl) θα μπορούσε να είναι το CH_4 ή ο CCl_4 ». Για να είμαστε πιο ακριβείς στο συμπέρασμα του τύπου CH_4 ο Kekulé κατέληξε πολύ πιο νωρίς αλλά την ίδια χρονιά (*Ann.*, 1857, Bd. 101, S. 200-213). Για το θεϊκό οξύ ο Kekulé, προσπαθώντας να διατηρήσει για το θείο τη διατομικότητά του, έγραψε τον τύπο:



Ο Thorpe στα 1870 ευρισκόμενος πολύ κοντά στην ανακάλυψη του VOCl_2 κι επηρεασμένος από τον Kekulé πρότεινε το βανάδιο ως τρισθενές και ένα διπλασιασμένο τύπο της ένωσης του βαναδίου, που είχε ως εξής:



Ο σκοτσέζος Archibald Scott Couper στα 1858, μαθητής του Würtz στην ιατρική σχολή του Παρισιού, δημοσίευσε μία εργασία του με θέμα «*Επί μιας Νέας Χημικής Θεωρίας*» (“On a New Chemical Theory”). Το κεντρικό θέμα της εργασίας του αναφερόταν στη δομή των οργανικών ενώσεων, όπου υποστήριξε ότι το σθένος είναι η πιο σπουδαία ιδιότητα ενός στοιχείου, που προσδιορίζει και το χαρακτήρα του. Ειδικότερα, αναγνωρίζοντας τη σπουδαιότητα του σθένους ή τις **διαβαθμίσεις συνδυασμού** (grades of combination), όπως αλλιώς ονόμαζε τους **«βαθμούς συγγένειας»** (degree of affinities) για να περιγράψει τη ικανότητα ενός στοιχείου να σχηματίζει χημικές ενώσεις, έγραφε: «*Αυτή (δηλ. η διαβάθμιση του συνδυασμού ή το κατοπινό σθένος) είναι μία ιδιότητα απαραίτητη για να δημιουργήσει τη βάση ενός συστήματος*». Επειδή όμως ο Couper, αντίθετα προς τον Kekulé, χρησιμοποιούσε τα ισοδύναμα (equivalents), υποστήριξε ότι ορισμένα στοιχεία όπως ο άνθρακας και το άζωτο μπορούν να εμπεριέχουν ποικίλες διαβαθμίσεις συνδυασμού (πολλές συνδυαστικές ικανότητες). Η συμβολή του Couper στη θεωρία του σθένους ήταν οριακή, γιατί δεν ανέπτυξε τις ιδέες αυτές. Πάντως υποστήριξε τη μεταβλητότητα των δυνατοτήτων συνδυασμού (του σθένους), διακρίνοντας *δύο είδη συγγένειας* των ατόμων, της συγγένειας βαθμού και της εκλεκτικής συγγένειας. Έτσι ο άνθρακας δεν είναι πάντοτε τετρατομικός, όπως στο αιθυλένιο, C_2H_4 και στο μονοξείδιο του άνθρακα, CO . Τη μελέτη αυτή, που δημοσιεύτηκε στα *Comptes rendus de l' Académie des sciences*, δεν υποστήριξε ο καθηγητής του, ο Adolphe Würtz, ο οποίος τάχθηκε αρχικά υπέρ της εργασίας του Kekulé.



Μοντέλα ατόμων του 19ου αιώνα με τις συγκεκριμένες συνδυαστικές δυνατότητες, οι οποίες ονομαζόντουσαν ατομικότητες ή βασικότητες ή συνδυαστικές ικανότητες.

Η χημεία της εποχής εκείνης είχε ένα πολυδιάστατο τρόπο παρουσίασης των χημικών ενώσεων και των ερμηνειών των συγγενειών ενός στοιχείου. Γενικά αυτός ο τρόπος παρουσίασης των φαινομένων και των ενώσεων ξενίζει στην εποχή μας, γι' αυτό για την κατανόησή του είναι απαραίτητα τα ιστορικά στοιχεία της περιόδου εκείνης με τα αβέβαια σύμβολα. Για παράδειγμα αναφέρεται ένα γεγονός. Την εποχή εκείνη δεν είχε καθιερωθεί

το σύμβολο του αζώτου ως N⁶⁰. Ο Würtz, όπως και άλλοι χημικοί, χρησιμοποιώντας το σύμβολο Az (από το γαλλικό azote, χωρίς ζωή). Οι γερμανοί το ονόμαζαν *Stickstoff* (176). Επιπλέον οι δείκτες στους χημικούς τύπους των ενώσεων που έδειχναν τον αριθμό ατόμων ενός στοιχείου στο «μόριο» της ένωσης, εγράφοντο από πολλούς ως εκθέτες. Π.χ. ο Würtz έγραφε την αμμωνία ως H³Az, την μεθυλαμμωνία ως C²H⁵Az και το μεθυλαμίδιο ως AzH²,C²H³ (541). Το άζωτο είχε τρεις μονάδες ή βαθμούς συγγένειας, αλλά δημιουργούσε διστάμενες απόψεις για τη συνδυαστική του ισχύ στο χλωριούχο αμμώνιο. Η συνενόηση μεταξύ των χημικών κατά τα μισά του 19ου αιώνα συναντούσε δυσκολίες, ιδιαίτερα για θέματα θεωρητικά, ερμηνείας ουσιών και ιδιοτήτων τους. Τις ίδιες δυσκολίες συναντά και ένας σημερινός χημικός, ο οποίος δεν έχει εγκλιματιστεί με τις ιδιαιτερότητες της εποχής εκείνης, μιας εποχής συναρπαστικής. Για να απεμπλακεί η χημεία από την επικοινωνία τύπου Βαβέλ, οδηγήθηκε στο πρώτο διεθνές επιστημονικό συνέδριο που συνέβη ποτέ, οργάνωσε στη συνέχεια και άλλα, δημιουργώντας επίσης την πρώτη διεθνή ένωση χημείας, τη γνωστή IUPAC (το 1919). Απ' όσα εκτίθενται μέχρι τώρα, αλλά και στα επόμενα εδάφια φαίνεται η μεγάλη συζήτηση κι αντιπαράθεση απόψεων μεταξύ των χημικών της εποχής του 1850, ενδεικτική του τρόπου με τον οποίον η χημεία προόδευσε, και οι τρόποι για να αποφευχθούν μελλοντικές διαμάχες με τη σύγκλιση των απόψεων σε διεθνή (ευρωπαϊκά στην ουσία) συνέδρια.

⁶⁰ Το N είναι το αρχικό της λέξης **νιτρογόνο**, nitrogen. Με αυτή την ονομασία αποδόθηκε ο αποφλογισμένος αέρας των Lavoisier και Priestley (dephlogisticated air⁶⁰) από τον Daniel Rutherford το 1772 (1749-1819), χρησιμοποιώντας τις ελληνικές λέξεις *νίτρον* και *γόνος* ή *γίγνομαι*. Δηλαδή στοιχείο το οποίον παράγει τη χημική ένωση νίτρο.

EXPERIMENTAL RESEARCHES

IN

PURE, APPLIED, AND PHYSICAL

CHEMISTRY.

BY

E. FRANKLAND, Ph.D. (Marburg), D.C.L., F.R.S.,

PRESIDENT OF THE INSTITUTE OF CHEMISTRY OF GREAT BRITAIN AND IRELAND; CORRESPONDING MEMBER OF THE INSTITUTE OF FRANCE, OF THE ACADEMIES OF SCIENCES OF BERLIN AND ST. PETERSBURG, AND OF THE SOCIETY FOR THE ENCOURAGEMENT OF NATIONAL INDUSTRY, PARIS; HONORARY MEMBER OF THE ROYAL ACADEMIES OF SCIENCES OF BAVARIA AND BOHEMIA, OF THE SOCIETIES OF NATURAL SCIENCES OF SWITZERLAND AND GÖTTINGEN, OF THE CHEMICAL SOCIETIES OF GERMANY, AMERICA, AND LEHIGH UNIVERSITY, U.S.A., OF THE SANITARIAN SOCIETY OF DRESDEN, OF THE LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER, AND OF THE PHARMACEUTICAL SOCIETY OF GREAT BRITAIN.

PROFESSOR OF CHEMISTRY IN THE ROYAL SCHOOL OF MINES.

LONDON:

JOHN VAN VOORST, PATERNOSTER ROW.

MDCCLXXVII.

Από το Experimental Researches in Pure, Applied, and Physical Chemistry, London 1877, του Sir Edward Frankland.

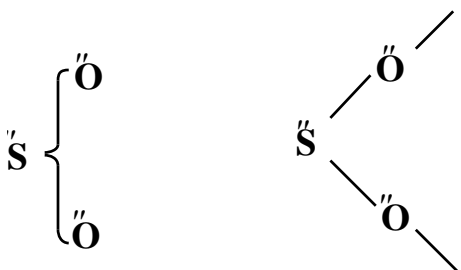
Ένας άλλος που υποστήριξε τη μεταβλητότητα του σθένους, ήταν ο Edward Frankland, Άγγλος χημικός με μεγάλη δραστηριότητα στην οργανομεταλλική και αναλυτική χημεία. Τις τεχνικές, που εφάρμοσε στη London Geological Survey (Γεωλογική Επιθεώρηση του Λονδίνου), έμαθε στο Giesen στο πλευρό του Liebig. Ο Liebig ήταν ικανότατος πειραματιστής, αλλά ελλειμματικός στις θεωρητικές του τοποθετήσεις. Ο Frankland, σε ένα πείραμα που επιχείρησε στα 1847 κατά τη διάρκεια ενός σεμιναρίου στο Marburg κάτω από την εποπτεία του Bunsen, με σκοπό να απομονώσει την αιθυλική ρίζα από το κυανικό αιθύλιο, χρησιμοποιώντας κάλιο, παρατήρησε πολλά αξιοπερίεργα. Προέκυψαν σ' αυτό το πείραμα πολλά και περίεργα σύμπλοκα προϊόντα. Συνεχίζοντας την προσπάθειά, για να πραγματοποιήσει το σκοπό του, δοκιμάζει το αιθύλιο ιωδίδιο (C_2H_5I) πάντοτε με τη συνοδεία καλίου, οπότε προέκυπτε μία ζωηρή αντίδραση με παράγωγα ένα μίγμα υδρογονανθράκων. Για να μετριάσει την αντίδραση χρησιμοποίησε, επαναναλαμβάνοντας το πείραμα, ένα λιγότερο δραστικό μέταλλο, όπως είναι ο ψευδάργυρος. Το αποτέλεσμα ήταν αντίθετο, θα λέγαμε «εκρηκτικό». Δημιουργήθηκε έκρηξη με πλούσια έκλυση αερίων υδρογονανθράκων με ταυτόχρονη παραγωγή του αιθυλοψευδαργυροϊωδιδίου, C_2H_5ZnI και του διαιθυλιούχου ψευδαργύρου, $(C_2H_5)_2Zn$. Οι ενώσεις αυτές δημιούργησαν πάγιες γέφυρες μεταξύ ανόργανης και οργανικής χημείας, διαμορφώνοντας μία νέα τάξη ουσιών τις *οργανομεταλλικές ενώσεις*. Η οργανομεταλλική χημεία γεννήθηκε και εκατό χρόνια μετά έχει τη δικιά της αυτοτέλεια ως κλάδος χημείας. Ήταν μια καλή αφετηρία για να διαμορφωθεί η θεωρία του σθένους. Ο Frankland διέκρινε δύο είδη *ατομικότητας* ή *συνδυαστικής ισχύος*, τη *λανθάνουσα* (latent combining power) και τη *δραστική* (active combining power, **43, 56**). Πρέπει να σημειώσουμε ότι μετά το 1863 άρχισε να χρησιμοποιεί και τον όρο *ατομικότητα* αντί της *συνδυαστικής ισχύος*.

Το πρόβλημα των *ισοδυνάμων* (equivalents) και της σχέσης τους με τα ατομικά βάρη δημιουργούσε πολλές φιλονικίες μεταξύ των χημικών της δεκαετίας του 1850, που εμπόδιζαν την καθιέρωση μιας *θεωρίας του σθένους*. Το πρώτο διεθνές συνέδριο Χημείας της Καρλσρούης (1860) διευκρίνισε τις διαφορές ισοδύναμου-ατομικού βάρους, έφερε σε επαφή τις αντιμαχόμενες σχολές και διαμόρφωσε από τότε ένα κλίμα τάσης ομοιογένειας ως προς τη διατύπωση όρων και εννοιών. Η υπόθεση του Kekulé για τη σταθερότητα του σθένους δεν βρήκε την υποστήριξη πολλών χημικών της εποχής εκείνης, ούτε αυτή του ρώσου χημικού Alexander Mikhailovich Butlerov⁶¹, ο οποίος στα 1863 υπέδειξε ότι το θείο πιθανόν να εμφανίζει δύο επιπλέον σθένη, να είναι δηλαδή εκτός από *δισθενές* (ή *διδύναμο*, *divalent*), *τετρασθενές* (*tetravalent*) και *εξασθενές* (*hexavalent*, **56**). Στο εγχειρίδιό του «*Εισαγωγή στην πλήρη μελέτη της Οργανικής Χημείας*» (“*Introduction to Complete Study of Organic Chemistry*”), που εξέδωσε στα 1864, ο Butlerov εμμένει στις απόψεις του, τις οποίες υπερασπίζεται λεπτομερώς, επί της θεωρίας του σθένους και εμφανίζει ότι τα στοιχεία

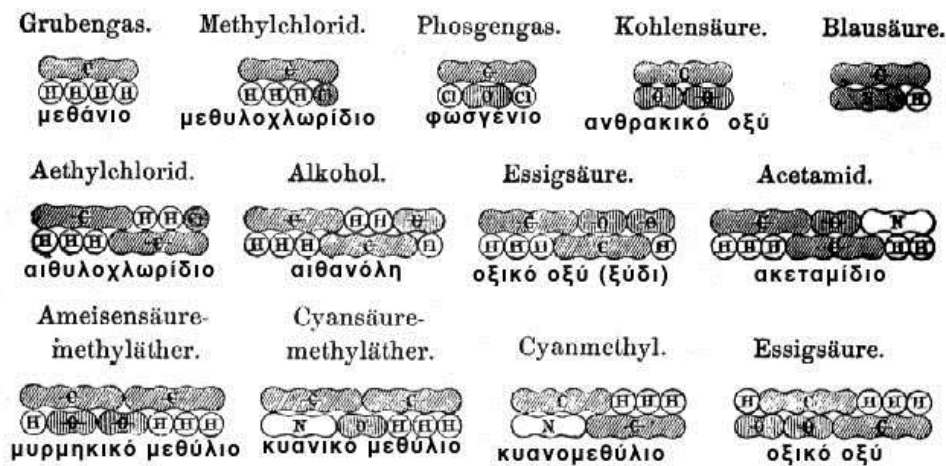
⁶¹ Alexander Mikhailovich Butlerov (1828-1886). Διάσημος Ρώσος χημικός από το Καζάν της μογγολικής Ρωσίας. Μαθητής του Zinin όταν ήρθε στην Αγία Πετρούπολη, και του Klaus στο Dorpat. Ο Klaus ήταν μαθητής του Berzelius. Στα 1854 του απενεμήθηκε το διδακτορικό του δίπλωμα και έγινε την ίδια χρονιά καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Καζάν. Στα 1857-58 έμεινε στο Παρίσι φιλοξενούμενος από τον Würtz κι εργαζόμενος στο εργαστήριό του κυρίως με το διωδομεθάνιο. Στο Παρίσι γνωρίστηκε με τον Couper, γνωρίζοντας τις πρωτοποριακές του ιδέες για τις οργανικές ενώσεις. Ο Butlerov τροποποίησε την ενοποιημένη θεωρία (unitary theory) των Laurent και Gerhardt, και στα 1861 σε ένα συνέδριο στο Speyer διάβασε μία εργασία με τίτλο: «*Η χημική δομή των ενώσεων*» (The Chemical Structure of Coumpounds), όπου έκανε εμφάνιση για πρώτη φορά η έννοια της *χημικής δομής* (chemical structure). Έγραψε μία *Οργανική Χημεία*, η οποία μεταφράστηκε στα γερμανικά το 1864. Οι αρχικές του εργασίες ήταν επί των αιθερίων ελαίων. Ο Butlerov είχε ανακαλύψει μια *τριτοταγή αλκοόλη* στα 1864, της οποίας ο σύγχρονος τύπος είναι $(CH_3)_3COH$ (tertiary butyl alcohol), χρησιμοποιώντας ψευδαργυροαλκύλια και χλωρίδια οξέων. Κατόπιν άρχισε να συνθέτει εξόξες. Στα 1877 διερεύνησε ισομερή διβουτυλένια, αναγνωρίζοντας την ύπαρξη κάποιου «*δυναμικού ισομερισμού*» (dynamic isomerism).

μπορούν να έχουν πολλά σθένη (πολλές ατομικότητες). Για παράδειγμα ο άνθρακας είναι τετρασθενής στο διοξείδιο του άνθρακα και δισθενής στο μονοξείδιο του άνθρακα. Ο Butleron ήταν στα 1858 στο Παρίσι και μάλλον πήρε θέση από τότε υπέρ του Couper στη διαμάχη του για τη μεταβλητότητα ή τη σταθερότητα του σθένους (*ατομικότητας*) με τον Kekulé, προβάλλοντας μία παρόμοια υπόθεση.

Στα 1864 ο Γάλλος Naquet δημοσίευσε μία εργασία, όπου χρησιμοποίησε τέτοιες ακριβώς ενώσεις, στις οποίες τα στοιχεία εμφάνιζαν πολλά σθένη, όπως SCl_4 , SeCl_4 , TeBr_4 , αποδεικνύοντας ότι το θείο, σελήνιο και τελλούριο μπορεί εκτός από δισθενή να είναι και τετρασθενή στοιχεία (Naquet A., *Comp. rend.*, 1864, v. 58, p. 381-383). Την ίδια χρονιά ο Kekulé δημοσίευσε μία εργασία με τίτλο: «*Ατομικότητα των στοιχείων*» (*Atomicity of elements*), στην οποία με πολύ άκομπο, απότομο θα λέγαμε ύφος, κριτικάρησε τον Naquet και επέμενε ότι «(το σθένος) η ατομικότητα είναι η θεμελιώδης ιδιότητα ενός ατόμου, που είναι σταθερή και αμετάβλητη όπως το ατομικό βάρος» και τα προαναφερόμενα στοιχεία δεν είναι τετρασθενή (Kekulé A., *Comp. rend.*, 1864, v. 58, p. 510-514). Η άμεση απάντηση του Kekulé στο Naquet περιελάμβανε και άλλα στοιχεία, όπως ότι το άζωτο και ο φωσφόρος ήταν τρισθενή (τριατομικά) στοιχεία και όχι πεντασθενή (πεντατομικά), το δε τελλούριο, σελήνιο και θείο διατομικά και όχι τετρατομικά. Και για να φανεί πειστικός, υπέθεσε ότι τα στοιχεία αυτά σχηματίζουν ενώσεις όπως ο άνθρακας στις αλυσίδες του. Για παράδειγμα στο νιτρικό οξύ το τριατομικό άζωτο συνδέεται ως εξής με το οξυγόνο και το υδρογόνο: $\text{O} = \text{N} - \text{O} - \text{H}$. Μια παρόμοια δομή έδωσε και στο θειικό οξύ, προκειμένου να διατηρήσει τη διατομικότητα του θείου. Έτσι κατ' αυτόν το μεγάλο χημικό το θειικό οξύ είναι συγκροτημένο «με ένα μεγάλο βαθμό βεβαιότητας» ως ένα γραμμικό μόριο του τύπου $\text{H} - \text{O} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{O} - \text{H}$ όπως και το θειονυλοχλωρίδιο (SOCl_2) $\text{Cl} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{Cl}$, χαρακτηρίζοντας το θείο ως διβασικό (*dibasic*) όπως είχαμε δει και προηγουμένως. Και οι δύο ενώσεις περιέχουν τη ρίζα SO_2 , που υπάρχει στο θειικό οξύ και περιλαμβάνει τρία άτομα, καθένα των οποίων είναι διατομικό (*diatomic*) και έχει δομή:



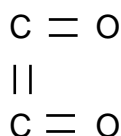
Οι ορθολογικοί δομικοί (συντακτικοί) τύποι του Kekulé μοιάζουν, όπως έχουμε ξαναπεί, με σειρά από λουκάνικα (*sausages*) και απέχουν από την απόδοση των πραγματικών μορίων. Η απεικόνιση αυτών των μορίων γνωστών ως “**sausage**” Kekulé’s formulas (τύποι λουκάνικων του Κεκουλέ), δημοσιευμένα στο βιβλίο του “*Lehrbuch der organischen Chemie*” (τόμος I, 1861), μας δείχνει μία απεικόνιση των χημικών δεσμών, τους οποίους στη δεύτερη έκδοση του βιβλίου του αυτού στα 1865 αντικατέστησε τα κυκλωειδή σχήματά του των δεσμών με γραμμές (*τασκεραίας*) και τα στοιχεία με σύμβολα. [52, σ. 305]



KEKULÉ "SAUSAGE" FORMULAS.

(Από του Kekulé, *Lehrbuch der organischen Chemie*, vol. i [1861].)

Η θέση αυτή του Kekulé, που ήταν μαθητής του Gerhardt, δημιούργησε πολλούς οπαδούς, οι οποίοι ανέπτυξαν αρκετές τεχνικές μεθόδους, για να υποστηρίξουν τη θέση της σταθερότητας του σθένους και να εναντιωθούν σε οποιεσδήποτε αντίθετες απόψεις. Ανάμεσα σε αυτούς ήταν κι ο Newlands, ο οποίος για να σώσει την τετρασθενικότητα του άνθρακα στο μονοξείδιο του άνθρακα, πρότεινε την ύπαρξη μιας διμερούς μορφής, του τύπου C_2O_2 . Στη δομή αυτή τα άτομα του άνθρακα είναι διασυνδεδεμένα με ένα διπλό δεσμό, όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα.



Η αντίληψη όμως της σταθερότητας του σθένους με πρωτεργάτη τον Kekulé δεν ερμήνευε την υπόσταση πολλών ανοργάνων ενώσεων, όπως του χλωριδίου της αμμωνίας NH_4Cl (χλωριούχου αμμωνίου), ή του πενταχλωριούχου φωσφόρου PCl_5 . Ο Kekulé βρήκε εκτός των άλλων έναν τρόπο για να τα ερμηνεύσει στα 1864, επινοώντας νέους όρους. Πρότεινε λοιπόν, ότι οι χημικές ενώσεις διαφοροποιούνται σε «ατομικές» (atomic) και «μοριακές» (molecular compounds, η έννοια του μορίου μιας ένωσης ή ενός στοιχείου δεν είχε διευκρινιστεί). Μόνον οι ατομικές ενώσεις κατά τον Kekulé αποτελούνται από αληθινά μόρια, στα οποία τα στοιχεία είναι διασυνδεδεμένα με πολλαπλές διακεκριμένες *συγγένειες* των ατόμων τους. Τέτοιες ατομικές ενώσεις είναι η αμμωνία NH_3 , ο τριχλωριούχος φωσφόρος PCl_3 , το βρωμίδιο του τελλουρίου $TeBr_2$ κτλ. Ο εξειδικευμένος χαρακτήρας των ατομικών ενώσεων είναι η σταθερότητά τους, γιατί μόνον αυτές μπορούν να περάσουν στην αέρια φάση χωρίς να αποσυντεθούν⁶². Στις μοριακές ενώσεις δεν υπήρχαν δεσμοί μεταξύ διακεκριμένων ατόμων, αλλά μεταξύ ολοκληρωμένων μορίων. Για παράδειγμα στον πενταχλωριούχο φωσφόρο (PCl_5) έχουμε δεσμό του τριχλωριούχου φωσφόρου (PCl_3) με το μοριακό χλώριο (Cl_2). Η δομή αυτών των ενώσεων, συνέχισε, δεν μπορεί να αποδοθεί με τύπους, στους οποίους να δείχνονται οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων. Η ερμηνεία, που έδινε

⁶² Για την αποσύνθεση χρησιμοποιούσαν το ρήμα decompose και τη λέξη decomposition και για τη σύνθεση το combine και combination (συνδυάζομαι και συνδυασμός). Και οι δύο αυτοί όροι (combination – decomposition) ονομαζόντουσαν *χημικές μεταμορφώσεις* (chemical metamorphosis). [69, σ. 66] Ο χημικός όρος *synthesis* (σύνθεσις) χρησιμοποιήθηκε κατά πρώτον από το Γάλλο χημικό Marchelin Berthelot (1827-1907), εφευρέτη των όρων *εξώθερμη* κι *ενδόθερμη* αντίδραση.

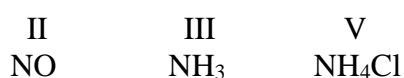
γι' αυτή την κατάσταση, ήταν, ότι, τα μόρια από τα οποία αποτελείτο η μοριακή ένωση, διεισδύουν το ένα στο άλλο, σχηματίζοντας μία ομάδα κάποιας σταθερότητας, μικρότερης από αυτήν που συναντάμε στα άτομα μιας ατομικής ένωσης. Έτσι σύρονται μαζί, πριν βρεθούν σε κατάσταση αποσύνθεσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο Kekulé ερμήνευε το γιατί ορισμένες μοριακές ενώσεις δεν μπορούν να περάσουν στην αέρια φάση χωρίς προηγουμένως να αποσυντεθούν, αλλά κατά την αντίθετη πορεία με την ψύξη πέφτουν στα "τσιμενταρισμένα" μόρια των μοριακών ενώσεων. Σύμφωνα με τον Kekulé, η εσωτερική διευθέτηση των ατόμων παραμένει αμετάβλητη στα τσιμενταρισμένα μόρια και η *βασικότητα* (ατομικότητα ή σθένος) των στοιχείων παραμένει σταθερή κι αμετάβλητη, όπως σταθερό είναι και το ατομικό βάρος ή το χημικό ισοδύναμο. Στο NH_4Cl έχουμε τσιμεντάρισμα NH_3 και HCl . Σε όλες τις επονομαζόμενες μοριακές ενώσεις ο Kekulé θεωρούσε, ότι, τα στοιχεία συγκρατούνται με σταθερό σθένος, εκφράζοντας αυτό από τη σχέση:

Βασικότητα (δηλ. σθένος) = ατομικό βάρος/ ισοδύναμο.

Είναι γεγονός ότι, η ταξινόμηση των ενώσεων σε ατομικές και μοριακές ανάλογα με την ικανότητά τους να περνούν στην αέρια κατάσταση χωρίς να αποσυντίθενται, αποτελεί σημαντικό στάδιο της ιστορίας της χημείας, το οποίο επιβάλλει «ένα τεχνητό τοίχο όριο», που «θα πρόσθετε μόνο σύγχυση στις αντιλήψεις και θα παρήγαγε πολλές άλλες αντιφάσεις» (Meyer E., *Geschichte der Chemie von den Ältesten Zeiten bis zur Gegenwart*. Auflage 3, Leipzig, 1905).

Ενδιαφέρον είχαν οι απόψεις του Wurtz για το σθένος και τη χημική συγγένεια (*chemical affinity*), που με μεγάλη πειστικότητα αποδείκνυαν την αφερεγγυότητα της υπόθεσης του Kekulé για τη σταθερότητα του σθένους. Είναι γνωστό ότι ο Wurtz εξέδωσε τα πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου της Καρλσρούης. Στα 1864 ο Wurtz δήλωσε τα ακόλουθα: «...από το νόμο των πολλαπλών αναλογιών γνωρίζουμε ότι η ικανότητα των στοιχείων να συνδυάζονται μεταξύ τους, εξαντλώντας βαθμιαία το ένα μέχρι να πετύχει το μέγιστο συνδυασμό με το άλλο, δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητο. Αυτός ο μέγιστος συνδυασμός ονομάζεται ατομικότητα (*atomicity*) από μερικούς συγγραφείς. Η ατομικότητα είναι αμετάβλητη για κάθε στοιχείο, διότι προσδιορίζεται από το όριο ενός τέτοιου συγκερασμού. Αλλά για μένα ο όρος "ατομικότητα" έχει μια ευρύτατη σημασία. Προσπαθώντας να προσδιορίσω το ρόλο που παίζει (η ατομικότητα) κάθε στοιχείου σε μία δεδομένη ένωση και αποδίδεται με αυτή η συνδυαστική ισχύ (*combining power*), η οποία δείχνεται ιδιαίτερα σε αυτή την ένωση και όχι τη συνδυαστική ισχύ που μπορεί να υποδειχθεί στις άλλες ενώσεις του. Μπορούμε να οριστικοποιήσουμε ότι το άζωτο είναι τριατομικό στοιχείο; Αν εμείς το κάναμε αυτό, τότε πώς θα εξηγούσαμε το ρόλο του στο χλωρίδιο του αμμωνίου (NH_4Cl), όπου το σύνολο των στοιχείων, που συνδέονται με το άζωτο, εκφράζεται με πέντε μονάδες χημικών δυνάμεων... Τώρα η αληθινή σημασία, που δίνω στην ιδέα της ατομικότητας, γίνεται ξεκάθαρη. Αυτή δεν εκφράζει μόνον τη δυναμική και απόλυτη συνδυαστική ισχύ ενός δεδομένου στοιχείου (ή μιας ομάδας) αλλά αναμφιβόλως την πραγματική συνδυαστική ισχύ του στοιχείου, την οποίαν επιδεικνύει σε μια δεδομένη ουσία και η οποία μπορεί να διαφέρει σε άλλες ουσίες». Ο Wurtz επίσης σημειώνει ότι ο όρος "συνδυαστική ισχύς" (*combining power*) δεν είναι εντελώς ακριβής διότι «αυτή προϋποθέτει την ιδέα μιας δυναμικής ισχύος». Κατά τη γνώμη του θα ήταν καλύτερο, να προσδιορίζουμε την ατομικότητα ενός στοιχείου ως ισοδύναμο των ατόμων του, και οι "τιμές" τους να αντιστοιχούν στην ικανότητα του στοιχείου να συνδυάζεται ή να υποκαθιστά άτομα άλλου στοιχείου.

Κατά τη γνώμη του Würtz η **ισχύς της συγγένειας (power of affinity)** είναι ένα είδος χημικής ενέργειας (με την έννοια της χημικής δράσης) και θα πρέπει να είναι περισσότερο σχετική από τη *συνδυαστική ισχύ*. Η συνδυαστική ισχύς θεωρεί ότι, εξαρτάται από τη φύση του στοιχείου, που αντιδρά με κάποιο δεδομένο στοιχείο. Για παράδειγμα, η *ισχύς συγγένειας* του χλωρίου, που αντιδρά με το υδρογόνο, είναι υψηλή, ενώ η ισχύς συγγένειας του οξυγόνου με το υδρογόνο μικρή. Το συμπέρασμα, που εξήγαγε από όλα αυτά ο Wurtz, είναι ότι η συγγένεια μερικές φορές αυξάνεται και άλλες φορές μειώνεται, όταν υπόκειται σε επιδράσεις φυσικών παραγόντων, όπως θέρμανσης, φωτός, ηλεκτρισμού κ.ά. Πάντως, δεν είναι απολύτως σταθερή όπως το ατομικό βάρος, διορθώνοντας τις θέσεις του, που αρχικά πήρε υπέρ του Kekulé, επηρεαζόμενος από την έντονη προσωπικότητα του Gerhardt και το βάρος των ανακαλύψεων σειράς από ενώσεις. Απέδιδε στο άζωτο τρία διαφορετικά σθένη, δισθενές (divalent) στο NO, τρισθενές (tervalent) στην αμμωνία και πεντασθενές (pentavalent) στο χλωριούχο αμμώνιο. [56]



Έγραφε ο Würtz: «*Το άζωτο μπορεί να συνδυαστεί με τρία άτομα υδρογόνου. Αν αντικαταστήσουμε τα τρία άτομα υδρογόνου έχουμε πολλές οργανικές ενώσεις. Αλλά τέτοιες οργανικές ενώσεις μπορούμε να σχηματίσουμε όταν υποκαταστήσουμε τα τέσσερα υδρογόνα του αζώτου και του χλωρίου (στο NH₄Cl)*» [Wurtz A., «*Lectures on Some Problems of Theoretical Chemistry*», St-Petersburg, 1865 p. 112, 56].

Ο Würtz κριτίκαρε έντονα τον Kekulé και τις υποθέσεις του, οι οποίες θεωρούσαν τις ενώσεις του τύπου NX₅ ως μοριακές ενώσεις, που σχηματίζονταν από δύο διακεκριμένα διασυνδεδεμένα σωματίδια NX₃+X₂. Χρησιμοποίησε φράσεις όπως: «*Αποτελεί αχαλίνωτη φαντασία, ... , που μία χημική ένωση ... σχηματίζεται από τη διευθέτηση αυτών των σωματιδίων τα οποία μπορούν να διατηρούν κάποιες από τις ιδιότητές τους, όταν ενοποιούνται σε μία τέτοια ένωση*», [Würtz, «*La theorie atomique*», Paris 1898, 56]. Με αυτόν τον τρόπο ο Wurtz επεσήμανε το άλτο αυτής της αντίληψης για τις ενώσεις δηλαδή του τύπου NX₅ και έπεισε ότι επρόκειτο «*για πραγματικές ενώσεις, οι οποίες διίστανται όταν θερμανθούν*», [Würtz, «*La theorie atomique*», Paris 1898, 56].

Τον ίδιο καιρό ο Würtz δεν μπορούσε να συμβιβαστεί με μερικούς επιστήμονες, οι οποίοι θεωρούσαν ότι το χλωριούχο αμμώνιο (NH₄Cl) είναι *ατομική ένωση* (atomic compound). Είχε την «προαίσθηση» ότι η δομή των ενώσεων των παρόμοιων με το χλωριούχο αμμώνιο ήταν περισσότερο πολύπλοκη από αυτό που θεωρούσαν και υποστήριζαν ορισμένοι συνάδελφοί του. Έγραφε στο «*La theorie atomique*», «*μερικοί συγγραφείς θεωρούν ότι το αμμώνιο χλωρίδιο NH₄Cl ανήκει σε σύνολο ενώσεων του τύπου NX₅ και συμπεριλαμβάνει τέσσερα άτομα υδρογόνου και ένα άτομο χλωρίου, τα οποία συνδέονται με το πεντασθενές (pentavalent nitrogen) άζωτο ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Αλλά μπορεί το χλώριο να ακυρώσει τη συγγένεια των υδρογόνων που συνδυάζονται με το άζωτο, έχοντας **ασθενή συγγένεια (weak affinity)** με το χλώριο. ... Αυτή η ανομοιότητα στην ερμηνεία της δομής του αμμώνιου χλωριδίου φαίνεται, αν αποδεχόμαστε ότι στο αμμώνιο χλωρίδο η συγγένεια του χλωρίου προς το υδρογόνο δεν είναι κορεσμένη με ένα εκ των υδρογόνων, αλλά εκδηλώνεται με την έλξη του ατόμου του χλωρίου επί όλων των υδρογόνων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε ένα είδος σφαίρας στην περίπτωση αυτή*», [Würtz, «*La theorie atomique*», Paris 1898, 56].

Προχωρώντας ο Würtz εξηγεί το μηχανισμό με τον οποίο η αμμωνία (NH₃) συνδυάζεται με το υδροχλώριο (HCl) σχηματίζοντας το χλωριούχο αμμώνιο (NH₄Cl). «*Η αμμωνία μπορεί*

να συνδυαστεί με το υδροχλωρικό οξύ, γιατί το άζωτο (νιτρογόνο) είναι κατά τέτοιο τρόπο κατασκευασμένο ή καλύτερα λέμε ότι υπάρχει σε αυτό μία δεδομένη κίνηση, η οποία μπορεί να δώσει τη δυνατότητα να συνδεθεί όχι μόνο τρία άτομα υδρογόνου αλλά επίσης με τέσσερα και με ένα ακόμη άτομο χλωρίου, καθώς οι κινήσεις των πέντε ατόμων τους επιτρέπουν να συνταχθούν με την κίνηση του ατόμου του αζώτου σε ένα νέο σύστημα γνωστού (χημικού) τύπου με γνωστές έλξεις στο χώρο... Η ικανότητα ενός ατόμου, που συμπεριλαμβάνεται στην αμμωνία, να συνδυάζεται με ένα σωματίδιο υδροχλωρικού οξέος, θεωρείται ως μία κοινή ουσιαστική ιδιότητα», [Wurtz, «*La theorie atomique*», Paris 1898, 56].

Ο Würtz σε σχόλιό του για τη φύση του αμμωνίου χλωριδίου (NH₄Cl), υπέδειξε ότι, όταν η αμμωνία συνδυάζεται με το υδροχλωρικό οξύ «μία νέα κατάσταση ισορροπίας μεταξύ όλων των στοιχείων αποκαθίσταται, όπου πολλαπλές έλξεις **ακτινοβολούνται** (*radiate*) μεταξύ των ατόμων αζώτου, χλωρίου και υδρογόνων. Έτσι παίζεται η **δύναμη συγγένειας** (*affinity force*), τουτέστιν η χημική ενέργεια σε αυτή την περίπτωση», [Würtz, «*La theorie atomique*», Paris 1898, 56].



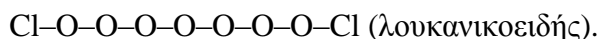
Charles Adolphe Wurtz (26 November 1817 – 10 May 1884).

Ο Adolphe Wurtz (δεν χρησιμοποίησε ποτέ το όνομα "Charles") είναι γεννήθηκε στο Wolfisheim, που βρίσκεται πλησίον του Στρασβούργου, όπου ο πατέρας του ήταν Λουθηρασνός πάστορας. Όταν τελείωσε το Γυμνάσιο των Προτεσταντών στο Στρασβούργο το 1834, ο πατέρας του επέτρεψε να σπουδάσει ιατρική, θεωρώντας ότι είναι οι καλύτερες σπουδές μετά τη θεολογία. Αφιερώθηκε ειδικά στη χημική πλευρά του επαγγέλματός του με τέτοια επιτυχία, απόδειξη ότι το 1839 διορίστηκε ως Chef des travaux chimiques στην Ιατρική Σχολή του Στρασβούργου. Για το θερινό εξάμηνο του 1842 βρέθηκε κάτω από την επίβλεψη του [Justus von Liebig](#) στο Πανεπιστήμιο του Γκίσεν. Μετά την αναβάθμισή του έφυγε από το Στρασβούργο ως M.D. το 1843, με μια διατριβή επάνω λευκοματίνη και φιβρίνη και πήγε στο Παρίσι, όπου εργάστηκε ως ιδιώτης στο εργαστήριο του Jean Baptiste Dumas. The École de Médecine, and four years later began to give lectures on organic chemistry in his place. Το 1845, έγινε βοηθός του Dumas στην École de Médecine, και τέσσερα χρόνια αργότερα άρχισε να δίνει διαλέξεις στην οργανική χημεία. Δεδομένου ότι δεν υπήρξε κανένα εργαστήριο στη διάθεσή στην École de Médecine, άνοιξε ένα ιδιωτικό το 1850 στη rue Garanciere. Όμως τρία έτη αργότερα το κτήριο πουλήθηκε, και το εργαστήριο έπρεπε να εγκαταλειφθεί. Το 1850, έλαβε την έδρα της χημείας στο νέο [Institut National Agronomique](#) στις [Versailles](#). Το Ινστιτούτο αυτό καταργήθηκε το 1852. Στο επόμενο έτος ο Wurtz κατέλαβε τη θέση καθηγητή Φαρμακευτικής και Οργανικής Χημείας στην Ιατρική Σχολή, μετά από την παραίτηση του Dumas. Στη συνέχεια πήρε τη θέση της ιατρικής χημείας μετά το θάνατο Mathieu Orfila. Αμφότερες οι έδρες καταργήθηκαν και ο Wurtz διορίστηκε στην πρόσφατα θέση της "οργανικής και ορυκτής χημείας" που είχε δημιουργηθεί. (Ταυτοχρόνως, μια νέα έδρα, αυτή της φαρμακευτικής που ιδρύθηκε απονεμήθηκε στον Eugene Soubeiran). Το 1866, Wurtz ανέλαβε τα καθήκοντα του κοσμήτορα της Ιατρικής Σχολής. Από αυτήν την θέση, έκανε τα πάντα για να εξασφαλίσει τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την αναδιοργάνωση και την αναδημιουργία των κατάλληλων κτηρίων των εργαστηρίων και τον εξοπλισμό τους, εκδίδοντας τις σχετικές επιστημονικές οδηγίες και υποστηρίζοντας ότι οι παροχές για τον κατάλληλο εξοπλισμένων εργαστηρίων διδασκαλίας η Γαλλία ήταν πολύ πίσω από τη Γερμανία (βλ. την

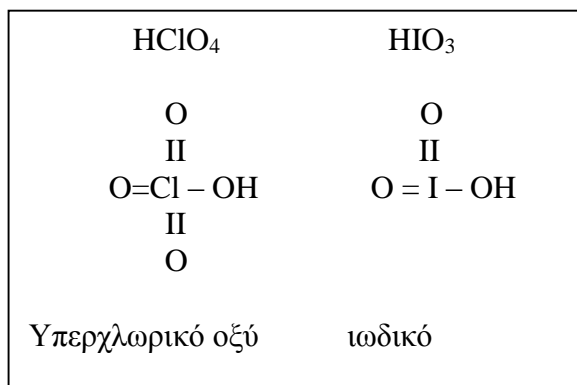
έκθεσή του *Les Hautes Etudes pratiques dans les universités allemandes*, 1870). Το 1875 τον βρίσκουμε στο γραφείο του κοσμήτορα, αλλά με τον τίτλο του επίτιμου κοσμήτορα. Στη συνέχεια έγινε ο πρώτος κάτοχος της έδρας της οργανικής χημείας στην Sorbonne, την οποία η κυβέρνηση είχε ιδρύσει λόγω του κύρους του Wurtz. Και εκεί ο Wurtz δυσκολεύτηκε στη δημιουργία ενός επαρκούς εργαστηρίου της οργανικής χημείας. Ο εξοπλισμός του νέου εργαστηρίου του στη Sorbonne σύμφωνα με τις προτροπές του δεν ολοκληρώθηκαν μέχρι το 1894, δέκα έτη μετά από το θάνατό του. Ο Wurtz ήταν επίτιμο μέλος κάθε επιστημονικής εταιρείας της Ευρώπης, και κύριος συντελεστής στην ίδρυση στο Παρίσι της Chemical Society (1858), πρώτος γραμματέας της κι αναπληρωτής πρόεδρος το 1880 και το 1881 πρόεδρος της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών. Ο Wurtz είναι ένα από τα 72 ονόματα που βρίσκονται γραμμένα στον Πύργο του Άιφελ. Το μνήμα του βρίσκεται στο Père Lachaise Cemetery.

Ο Würtz επεδίωκε να προτείνει τη δομή του αμμώνιου χλωριδίου αλλά, όπως θα δούμε παρακάτω, μόνον ο Werner, ο εισηγητής της *θεωρίας σύνταξης (coordination theory)*, θα πετύχει να κάνει αυτό με επιτυχία. Ο Würtz προσπάθησε να αποδείξει ως ανακριβή την πρόταση του Kekulé, ότι το σθένος είναι σταθερό. Αυτό το έκανε, δίνοντας πολλά παραδείγματα με πολύ περιγραφικότητα, αποδεικνύοντας την αναξιοπιστία μιας τέτοιας τοποθέτησης. Για παράδειγμα έδειξε ότι το ιώδιο είναι μονοσθενές (monovalent) στο ICl και τρισθενές (trivalent) στο ICl₃, ο άνθρακας δισθενής (divalent) στο CO και τετρασθενής (tetravalent) στο CO₂.

Στα 1864, ο Würtz έφθασε στο συμπέρασμα ότι, «η ατομικότητα ενός στοιχείου διαφοροποιείται και συγκεκριμένα εξαρτάται από την ένωση στην οποία είναι εισαγμένο». Το ίδιο καιρό όμως ο Wurtz πίστευε ότι το χλώριο έχει σταθερό σθένος, ότι είναι πάντοτε μονοσθενές και παραμένει μονοσθενές στις οξυγονούχες ενώσεις, όπως είναι ο υπερχλωρικός ανυδρίτης, Cl₂O₇, στον οποίο κάθε άτομο οξυγόνου συνδυάζεται με το γειτονικό του χάνοντας μια «μονάδα συγγένειας η οποία κορέννται με χλώριο», δίνοντας τον τύπο:



Η δομή των οξυγονούχων ενώσεων των αλογόνων μελετήθηκε επισταμένα από το Γερμανό χημικό H. Kaemmerer στα 1869. Αυτός έκανε κριτική στις οξυγονικές αλυσίδες του Würtz, υποδεικνύοντας ότι, «οι οξυγονούχες ενώσεις των αλογόνων είναι πολύ δύσκολο να περιγραφούν από τους ορθολογικούς τύπους, οι οποίοι προφανώς είναι τύποι του Würtz, εκτός αν επιτρέψουμε στα αλογόνα να είναι πολυατομικά», εννοώντας πολυσθενικά στοιχεία. Ο Kaemmerer εμφάνισε τους παρακάτω τύπους του υπερχλωρικού (HClO₄) και του ιωδικού οξέος (HIO₃), συντακτικοί τύποι οι οποίοι δεν διαφέρουν πολύ από τους σύγχρονους.

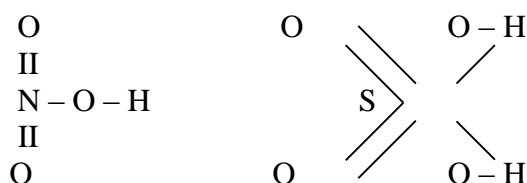


Ο Kaemmerer καταλήγοντας στους τύπους αυτούς, δεν ήταν σίγουρος ότι μπορούσαν να αναπαριστάνουν τη συντακτική πραγματικότητα των αντιστοιχών ενώσεων. Κάτω από τις πιέσεις επιστημόνων με αναγνωρισμένο κύρος ταλαντευόταν μεταξύ αυτών, που αποδεχόντουσαν ότι κάθε στοιχείο έχει σταθερό σθένος και εκείνων των οποίων η θέση ήταν η εμφάνιση ποικιλίας σθενών ενός στοιχείου. Γι' αυτό στο τέλος αυτού του άρθρου ο Kaemmerer γράφει: «νομίζω ότι η παραδοχή αυτή (του πολυσθενικού αλογόνου) είναι παράλογη αντικειμενικά και θεωρείται ως “αυθαίρετη”. Αλλά αυτό υποβάλεται από μένα ως γεγονός για να ολοκληρώσει τη θεωρία της ατομικότητας ως μόνης κι αδιαφιλονίκητης », δίνοντας την ευκαιρία μιας εναλλακτικής τοποθέτησης, μιας επιπλέον δυνατότητας, που μπορεί να προκύψει από τη θεωρία της ατομικότητας (δηλ. του σθένους). [56, Ann. Phys. Chem., 1869, (5), Bd. 138, p. 414]

Στα 1869 ο Σουηδός χημικός Christian Wilhelm Blomstrand (1826-1896) ενισχύει τους εμμένοντες στην ιδέα της μεταβλητότητας του σθένους. «Υπάρχουν πολλές συζητήσεις γύρω από το ερώτημα αν η ιδιότητα (σημ. του σθένους ή της ατομικότητας) στις κορεσμένες (ενώσεις) είναι σταθερή ή μεταβλητή και εξαρτάται μόνο κάτω από τις συνθήκες που λαμβάνει χώρα αυτός ο κορεσμός...Στην πρώτη αυτή άποψη μπορούμε εύκολα να πείσουμε ότι η ατομικότητα είναι σταθερή μόνον σε σπάνιες περιπτώσεις, πρώτα από όλες στο οξυγόνο, υδρογόνο και φθόριο. Από την εμπειρία μας φαίνεται ότι η ατομικότητα διαφοροποιείται μέσα σε αუსτηρότατα καθορισμένα και αναμφιβόλως στενά όρια». [56, σ. 90-91]

Ο Blomstrand υπέδειξε ότι το ανώτατο σθένος (valency) του χλωρίου είναι επτά, κι ότι σε μερικές ενώσεις του θείου το σθένος είναι έξι. Για το χλώριο θεωρούσε ότι στις οξυγονούχες ενώσεις του μπορεί να έχει σθένος ομαλό και περιττό, δηλαδή να είναι μονο- (mono-), τρι- (ter-), πεντα- (penta-) και επτασθενές (heptavalent), χωρίς όμως να προσδιορίζει μία ανώτατη τιμή, εφόσον για το θείο θεωρούσε ότι αυτό ήταν οκτασθενές (octavalent) στο SO_4 .

Ο Blomstrand ήταν ο πρώτος, που έδωσε τους συντακτικούς τύπους για το νιτρικό και το θειικό οξύ, οι οποίοι είχαν ως εξής:



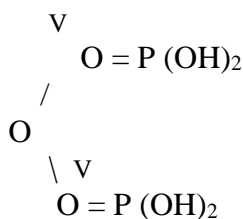
Ο Wurtz πίστευε αρχικά ότι οι οξυγονούχες ενώσεις του χλωρίου έχουν τη μορφή αλυσίδων, εκφράζοντας τους συντακτικούς τύπους του χλωρικού και υπερχλωρικού οξέος ως $\text{Cl}-\text{O}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ και $\text{Cl}-\text{O}-\text{O}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ αντίστοιχα. Αλλά αυτήν την πρόταση γρήγορα την ανασκεύασε, απορρίπτοντας την ιδέα αυτής της δομής των οξυγονούχων οξέων του χλωρίου. Αυξάνοντας την αλυσίδα, παρατήρησε ότι αυξάνεται η σταθερότητα αυτών των ενώσεων, οπότε κάτι δεν του πήγαινε καλά. Αλλάζοντας γνώμη, εμμένει ότι η ατομικότητα βαθμιαία αλλάζει κι ότι το χλώριο στο υπερχλωρικό οξύ είναι επτασθενές (heptavalent). Αυτή την αύξηση της ατομικότητας ο Wurtz δεν την έβλεπε να γίνεται απεριόριστα, αλλ' αντιθέτως έδινε μία ανώτατη τιμή στην ατομικότητα (δηλ. στο σθένος), ότι σε «ενώσεις με το οξυγόνο ενός στοιχείου, η ατομικότητά του μπορεί βαθμιαία να μεταβληθεί και να γίνει επτά φορές υψηλότερη από αυτήν του υδρογόνου». [56, σ. 92]

Σε μερικά υπεροξείδια, ασταθείς ενώσεις ο Wurtz έδωσε τους παρακάτω συντακτικούς τύπους:



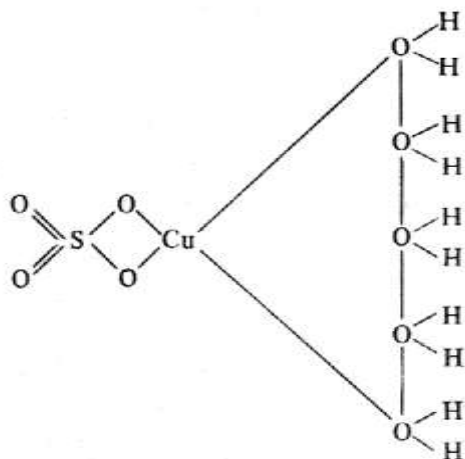
Μέχρι τότε, από αρκετούς χημικούς, υποστηρικτές της μεταβλητότητας της *ατομικότητας* (atomicity, δηλ. του σθένους) των στοιχείων, είχαν διατυπωθεί απόψεις ότι, ο σίδηρος στον πυρίτη του, FeS₂, ήταν *τετρασθενής* (tetravalent). Ο Würtz δεν θεώρησε αυτό αναγκαίο, υποδεικνύοντας στα 1864 ότι ο σίδηρος δεν ήταν τετρασθενής σ' αυτήν την ένωση, αλλά *δισθενής* (διατομικός). Αυτό συνέβαινε, γιατί τα δύο άτομα του θείου στον πυρίτη είναι «*κολλημένα μαζί*», όπως τα οξυγόνα στα υπεροξείδια. Δηλαδή, κάθε άτομο του θείου στην ένωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιήσει τη μία μονάδα σθένους για να συνδεθεί με το άλλο άτομο του θείου και ακολούθως με τα δύο σθένη που απομένουν στην ομάδα [S-S]" συνδέονται με το άτομο του σιδήρου.

Πεπεισμένος ο Würtz για τη διαβάθμιση της ατομικότητας περιγράφει τη δομή διαφόρων ανόργανων ενώσεων, μεταξύ των οποίων και του πυροφωσφορικού οξέος, στο οποίο δίνει την παρακάτω εικόνα:



Ο Würtz διάγινωσε τη μεγάλη σπουδαιότητα που είχαν οι συντακτικοί τύποι στη χημεία των ουσιών και με έμφαση είπε ότι, «*το αντικείμενο της χημείας είναι να ανακαλύψει τη δομή των σωμάτων, να προσδιορίσει τη διευθέτηση και τις πολλαπλές θέσεις των ατόμων και επιπλέον να προσδιορίσει την ακριβή θέση καθενός ατόμου προς το γειτονικό του... Οι ιδιότητες των σωμάτων (bodies) βρίσκονται σε συνάρτηση με τη δομή τους*». [Adolph Würtz, “*La theorie atomique*”, p. 172, Paris, 1898]

Ο Würtz, απορρίπτοντας την ιδέα του Kekulé για τις ατομικές και μοριακές ενώσεις, θεώρησε ότι τα διπλά άλατα και οι κρυσταλλικοί υδρίτες τους είναι συνηθισμένες ενώσεις, δείχνοντας με περίπλοκους τύπους τον τρόπο διασύνδεσης των ατόμων των διαφόρων στοιχείων σε αυτά. Ένα παράδειγμα αποτελεί η γαλαζόπετρα, CuSO₄·5H₂O, που έχει τον παρακάτω τύπο σύμφωνα με τον Wurtz:



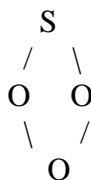
Σ' αυτόν τον τύπο του, ο Würtz αποδίδει στο χαλκό τετρασθενικότητα, ένα ασυνήθιστο σθένος, αποπειρόμενος να ερμηνεύσει με αυτόν τον τρόπο τα κρυσταλλικά ένυδρα και τα διπλά άλατα, αλλά η ερμηνεία αυτή οδηγήθηκε σε αποτυχία.

Ο Julius Lothar Meyer (1830-1895), καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Καρλσρούης και του Τύμπιγκεν στα 1870, συνέλαβε τη σπουδαιότητα του προβλήματος του σθένους και κριτίκαρα τον Kekulé. Στο βιβλίο του: *“Latest Theories in Chemistry and Their Importance for Chemical Statics”*, άσκησε έντονη κριτική στην εμμονή του Kekulé για τη σταθερότητα του σθένους σε όλα τα στοιχεία. Ο Meyer υπέδειξε ότι για παράδειγμα, το άζωτο, το οποίο ο Kekulé θεωρεί μονάχα τρισθενές, δημιουργεί ομόλογες ενώσεις, και μπορεί να σχηματίσει στην πράξη «εξ ολοκλήρου χαρακτηριστικά ενώσεων», δείχνοντας αυτές «τις **πέντε πτυχές ισχύος κορεσμού**». Αναφερόταν σε ενώσεις του τύπου αμμώνιου χλωριδίου (NH_4Cl , σχηματίζοντας σε αυτού του τύπου ενώσεις όπως PH_4Br , PH_4I και σε αλογονούχες ενώσεις του τύπου: PCl_5 , PBr_5 , SbCl_5 . [56, 58, 69, 52, 55]

Φυσικά ο Meyer δεν γνώριζε ότι, οι προαναφερόμενες ενώσεις του ‘πεντασθενούς’ αζώτου είναι ασταθείς κι αποσυντίθενται με θέρμανση και καταλόγοντας σε ενώσεις με σθένος (ισχύ) τρία. Όταν διέγνωσε αργότερα το γεγονός αυτό, κατέληξε στην παραδοχή των άνισων «μονάδων συγγένειας». Γι' αυτό έγραψε: «Είναι δυνατόν να παραδεχτούμε ότι το άζωτο μπορεί να σχηματίζει τις ομόλογες ενώσεις του με προσθήκη στις τρεις **ισχυρές συγγένειες** (strong affinities), αλλά και σε δύο **ασθενείς συγγένειες** (weak affinities), που επίσης διαθέτει. Αυτές συνολικά μπορούν να κρατήσουν ενωμένα τέσσερα ή πέντε άτομα ενός σωματιδίου στη στερεά κατάσταση και μερικές φορές ακόμη και στην υγρή κατάσταση. Όμως, οι δύο ασθενείς συγγένειες είναι ανεπαρκέστατα ισχυρές για να διατηρήσουν τα δύο άτομα, όταν τα σωματίδια της ουσίας αποκτούν δυνατές κινήσεις κατά τη θέρμανση, περνώντας στην αέρια κατάσταση. Έχουμε παραδεχτεί ότι με τη θέρμανση αυξάνεται η κίνηση με την οποία αποσπώνται όχι μόνον ολόκληρα σωματίδια αλλά μπορούν να διαχωριστούν ακόμη και άτομα (τα οποία συνδέονται λιγότερο ισχυρά) από ένα κορεσμένο σωματίδιο. Αλλά όπως άλλωστε παραδεχόμαστε την ύπαρξη για το άζωτο και τις ομόλογες (σειρές του) επιτρεπτών ασθενών συγγενειών (weak affinities), αποδεχόμαστε αυτό και για άλλα στοιχεία». Ο Meyer υποδεικνύει και μερικές άλλες ενώσεις των αλογόνων για την ύπαρξη ισχυρών κι ασθενών συγγενειών. Για παράδειγμα σημειώνει: «το **ιώδιο έχει τρεις συγγένειες στο τριχλωρίδιο του ιωδίου ICl_3** . Αλλά από τις τρεις μόνον η μία είναι ισχυρή συγγένεια, ενώ οι άλλες δύο είναι ασθενείς. Αυτό αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι το ICl_3 αποσυντίθεται με τη θέρμανση: δύο άτομα χλωρίου συνδεδεμένα με ασθενείς συγγένειες αποσπώνται σχηματίζοντας ICl , στο οποίο το **ιώδιο έχει ακόμη μία ισχυρή συγγένεια**». Συνεχίζει πιο κάτω, γράφοντας ότι: «ο

αριθμός τέτοιων παραδειγμάτων είναι μεγάλος. Αλλά ακόμη τα παραδείγματά μας παρουσιάζουν ενδιαφέρον, τα οποία επιβεβαιώνουν την ύπαρξη των ασθενών συγγενειών». [56, σ. 94]

Ο Meyer παρ' όλα αυτά για μερικά στοιχεία, όπως το θείο, είχε την άποψη ότι αυτό διαθέτει ένα σθένος (μονάδα συγγένειας) σε όλες του τις ενώσεις, συμπεριλαμβάνοντας και τις οξυγονούχες, δίνοντας τον ακόλουθο τύπο για το τριοξείδιο του θείου:



Στα 1870 ο Meyer εγκατέλειψε αυτούς τους παραπάνω σχηματισμούς, κηρύσσοντας ότι το θείο είναι δισθενές μόνο σε περιπτώσεις ενώσεων στις οποίες συνδέεται με ηλεκτροθετικά στοιχεία., ενώ στις ενώσεις με οξυγόνο έχει σθένος τέσσερα ή έξι. Μάλιστα ο Meyer για πρώτη φορά υποδεικνύει τον Butlerov ως τον πρώτο που, δήλωσε ότι το θείο μπορεί να γίνει εξασθενές. [Meyer L., “Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Static”, Breslau, 1864.]

Ο Meyer, όπως και ο Kekulé, αναγνώριζε την ύπαρξη μοριακών ανοργάνων ενώσεων, οι οποίες όμως μπορούσαν να δημιουργήσουν περίπλοκα συμπλέγματα, που συναντάμε σε κρυσταλλικούς υδρίτες, διπλά άλατα και διπλά χλωρίδια, όπως για παράδειγμα, $\text{K}_2\text{PtCl}_6 = 2\text{KCl} + \text{PtCl}_4$, σε διπλά κυανίδια, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 = 4\text{KCN} + \text{Fe}(\text{CN})_2$ ή στο $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 = 3\text{KCN} + \text{Fe}(\text{CN})_3$. Γράφει συγκεκριμένα για τα παραπάνω παραδείγματα ο Meyer: «Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις, στις οποίες νομίζουμε ότι τα σωματίδια δεν έχουν ελεύθερες συγγένειες, πόσον μάλιστα όταν συνδέονται μαζί». Με τα παραπάνω ο Meyer, δίνει μια περιγραφή σχηματισμού των μοριακών ενώσεων συναινώντας για την ανάγκη ύπαρξης των συγγενειών ως έννοιας για τη συγκράτηση των χωριστών ατόμων. Για τις κρυσταλλικές ενώσεις αποδέχεται την ύπαρξη έλξης μεταξύ μοριακών συγκροτημάτων, μιας έλξης πανομοιότυπης με αυτήν των ατόμων στα μόρια. Τα διπλά άλατα ή υδρίτες, κρυσταλλικές ενώσεις, σχηματίζονται «από μία του ίδιου είδους επίδραση».



Ο Julius Lothar Meyer (1830-1895), Γερμανός χημικός ο οποίος στα 1869 παρουσίασε τον Περιοδικό πίνακα και διατύπωσε τον περιοδικό νόμο, εργαζόμενος ανεξάρτητα από τον Dmitri Mendelejev (1834-1907).

3.7 Σχέσεις μεταξύ σθένους και ιδιοτήτων στοιχείων – Περιοδικός Νόμος

Από την εποχή της χυμευτικής περιόδου των ελληνιστικών χρόνων υπήρχαν ταξινομήσεις των ουσιών, όπως αυτή που διέκρινε τα σώματα στα *Γένη* και στα *Είδη*. Τα *γένη* είναι αρχικές ουσίες ή «*πρωτουργοί*», κάτι σαν τα σημερινά στοιχεία. Τέτοια γένη ήταν τα *χυτά*, δηλαδή τα επτά μέταλλα, τα επονομαζόμενα μυστικώς «*ψάμμοι*». Τα *είδη*, «*ίδια των γενών*», είναι παράγωγα των πρώτων, όπως *λίθοι*, *άλατα* (*αλΐαι*) κλπ. Τα *ίδια* του μολύβδου ήταν ο *λιθάργυρος*, το κίτρινο οξείδιο του μολύβδου [PbO, μόλυβδος(II) οξείδιο], η *καδμεία* (ή καλαμίτης, στην ουσία οξείδιο ψευδαργύρου, ZnO) και το *ψιμόθιον* [οξυχλωριούχο βισμούθιο, BiOCl]. Το ευμετάβλητο των τεσσάρων στοιχείων (αιτιών ή αρχών) δεν άφηνε κανένα ενδεχόμενο για κάποια άλλη ταξινόμηση. Απλά τα επτά μέταλλα, ονομαζόμενα από τους χυμευτές *μυστικώς ψάμμοι*, διακρίνονται σε *τέλεια* ή ευγενή (χρυσός, άργυρος) και *ατελή* ή αγενή, τα πέντε υπόλοιπα. [40]

Για να γίνει μια ταξινόμηση των στοιχείων, έπρεπε προηγουμένως αυτά, να πάρουν ένα τελειώς διαφορετικό περιεχόμενο ως έννοια από αυτό των τεσσάρων αρχών ή αιτιών. Το περιεχόμενο αυτό της έννοιας του στοιχείου βασανιστικά μέσα στο χρόνο άρχισε να αποκτά σάρκα και οστά μόλις το 18ο αιώνα με πολλά όπως είδαμε παραλειπόμενα. Τα παραλειπόμενα βρίσκονται στο σχετικό *πίνακα των απλών ουσιών* (Tableau des Substances Simples) του «*Traité elementaire de chimie*» του 1789, όπως τα στοιχεία του *φωτιστικού* (lumière) και του *θερμαντικού* (calorique ή στα αγγλικά *calorie*) ή τα στοιχεία των οξέων όπως το υδροχλωρικό οξύ (*muriatric acid*) ή και των οξειδίων, όπως αυτό της *μαγνησίας* και της *ασβέστου* (chaux). Ο Lavoisier ταξινόμησε τότε τα υλικά με κριτήριο τις συνθήκες θέρμανσης: α) σε *ελαστικά αερόσχημα ρευστά* (elastic aeroforms fluids ή gasses), β) σε *μέταλλα, αμέταλλα* (nonmetalls) και γ) σε *γαίες* (earths). [109]

192 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Matiere du feu & de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent aux trois régnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empirical. Air vital. Bâse de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Bâse de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Bâse du gaz inflammable.
	Soufre.....	Soufre.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.....	Inconnu.
	Radical fluorique.....	Inconnu.
	Radical boracique.....	Inconnu.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
Molybdène.....	Molybdène.	
Substances simples salifiables terreuses.	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épseur.	
Baryte.....	Barote, terre pesante.	
Alumine.....	Argille, terre de l'alun, base de l'alun.	
Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

Η απομόνωση των πρωταρχικών ουσιών της «έσχατης ανάλυσης» του Lavoisier καθιερώθηκε περισσότερο από μία πρακτική διαδικασία του πειραματιζόμενου, παρά από τις ιδιότητες που είχαν τα στοιχειώδη σωματίδια (άτομα) του στοιχείου. Ο Dalton με τα ατομικά βάρη δημιούργησε τα πρώτα δεδομένα του στοιχείου, τους πρώτους αριθμούς της ταυτότητάς τους. Τα βάρη των ατόμων εκείνη την εποχή δεν ήταν φυσικά μετρήσιμα, αλλά συγκρίσιμα, μία σύγκριση που γέννησε την έννοια του *ατομικού βάρους*. Ενός ατομικού βάρους με αμφίβολη ακρίβεια στις τιμές του, όταν τα συγκρίσιμα βάρη των στοιχείων ήταν αρχικά *ισοδύναμα βάρη* (equivalent weights), γι' αυτό οι πρώτες τιμές τους έδιναν λανθασμένους χημικούς τύπους, λανθασμένες αναλογίες ατόμων των στοιχείων στις ενώσεις. Θερμοχημεία, ηλεκτροχημεία, εξουδετερώσεις οξέων από βάσεις, διαλυτοποιήσεις μετάλλων από διάφορα οξέα, δημιούργησαν ποικιλία μεθόδων για την εύρεση των ατομικών βαρών και τα λάθη δεν άργησαν να εντοπιστούν. Στην πρώτη εικοσαετία του 19ου αιώνα, εξάλλου, από την εικόνα των στοιχείων απομακρύνθηκε από την άλλη πλευρά το νεφέλωμα των πλασματικών στοιχείων. Για παράδειγμα το *φως* (ή *φωτιστικό*) και η *θερμότητα* (ή *θερμαντικό*) κατέληξαν ως δραστηριότητες («ενέργειες») των διαφόρων ουσιών, δηλαδή στις διαδικασίες στις οποίες υποβάλλοντο. Η εικόνα συμπληρώθηκε με νέα πολλά στοιχεία, όπως το λίθιο⁶³, το νάτριο⁶⁴, το κάλιο, ασβέστιο, το μαγνήσιο, το χλώριο⁶⁵, το ιώδιο⁶⁶, όχι όμως το βρώμιο⁶⁷, το στρόντιο και το βάριο⁶⁸ (Davy, 1808).

Η προσπάθεια ανεύρεσης μιας γενεσιουργού αιτίας για τη σχέση των ιδιοτήτων των στοιχείων και του ατομικού βάρους, ιχνηλατείται στην υπόθεση του Prout. Ο Άγγλος γιατρός William Prout (1785-1850) στα 1815 και 1816 δημοσίευσε δύο εργασίες ανώνυμα, στις οποίες ισχυριζόταν ότι τα ατομικά βάρη των στοιχείων είναι ακέραια πολλαπλάσια του υδρογόνου, θεωρούμενου αυτού του τελευταίου ως μονάδας. Με άλλα λόγια κατέστησε το υδρογόνο ως θεμελιώδες στοιχείο, την *πρωτύλη* (protyle), από το οποίο με συμπύκνωση προέκυπταν τα άλλα στοιχεία. Διαμόρφωσε τη *θεωρία της σταθερότητας* της ουσίας, στην οποία απέδιδε μία μυστικιστική ερμηνεία: «πρέπει να δούμε το αόρατο χέρι, το οποίο διατηρεί την ισορροπία στο σχηματισμό των ενώσεων, η φύση ποτέ δεν δημιουργεί διαφορετικά, αλλά έχει πάντοτε τη ζυγαριά στο χέρι». Ο Thomas Thomson από τη Γλασκώβη, που είχε προπαγανδίσει την ατομική θεωρία του Dalton, δημοσιεύοντάς την στο *System of Chemistry* το 1807, βρήκε μεγαλοφυή την υπόθεση αυτή του Prout και τόσο πραγματική, ώστε κυριολεκτικά «μαγείρεψε» τις μετρήσεις αναλύσεών του, για να τις προσαρμόσει στη συνέχεια στην υπόθεση. Αυτό προκάλεσε τα καυστικά σχόλια του Berzelius, που σημείωσε:

⁶³ Το στοιχείο λίθιο ανακαλύφθηκε σε ορυκτές ενώσεις από τον August Arfvedson στα 1817. Απομονώθηκε ηλεκτρολυτικά από τον Davy το 1818 και επίσης από τον ανεξάρτητα εργαζόμενο Brandé στα 1818.

⁶⁴ Το νάτριο και το κάλιο απομονώθηκαν από τον Davy το 1807 με ηλεκτρόλυση του υδροξειδίου του νατρίου και του καλίου στο Λονδίνο. Το 1808 απομόνωσε το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Ως στοιχείο το μαγνήσιο χρεώνεται στον Joseph Black, όταν το ανακάλυψε στη Σκωτία το 1755.

⁶⁵ Το χλώριο πρωτοπαρατηρήθηκε σε μορφή νέφους από τον Davy στις 12 Ιουλίου του 1810, αλλά δεν πίστεψε ότι πρόκειται περί νέου στοιχείου, αλλά περί μιας ένωσης που περιείχε οξυγόνο, γι' αυτό το ονόμασε οξυμουριατικό οξύ (oxymuriatic acid).

⁶⁶ Ιώδεις ατμοί ιωδίου, παρατηρήθηκαν από τον Bernard Courtois το 1811, που ανεδύοντο από ένα λικέρ της μητέρας του, το οποίο έπαιρνε από φύκια οξινισμένα με θειικό οξύ. Το ιώδιο ως μία νέα ουσία αναφέρθηκε από τον Charles-Bernard Desormes και το Nicolas Clement το 1813, χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις του Courtois. Ο Gay-Lussac την ίδια χρονιά, ανεξάρτητα εργαζόμενος από τους δύο προαναφερθέντες, είπε ότι πρόκειται περί ενός νέου στοιχείου, το οποίο συνέκρινε με το χλώριο και το υδροϊωδικό οξύ (HI) με το υδροχλωρικό οξύ (HCl). Έβγαλε το συμπέρασμα αντιστοίχως για τα οξέα των δύο νέων στοιχείων, ότι περιέχουν το στοιχείο του οξυγόνου.

⁶⁷ Το βρώμιο ανακλύφθηκε αργότερα, στα 1826 από τον Antoine Jérôme Ballard (1802-1876).

⁶⁸ Το στρόντιο παρατηρήθηκε σε πολύ μικρές ποσότητες κατά τη θέρμανση αμαλγάματος, που ελήφθη από τον Davy κατά την ηλεκτρόλυση με ηλεκτρόδιο υδραργύρου στα 1808. Την ίδια χρονιά απομονώθηκε από τον Davy το στοιχείο βάριο.

«Η πιο μεγάλη αβροφροσύνη που μπορεί ένας σύγχρονος προς το συγγραφέα να δείξει είναι να μεταχειριστεί το βιβλίο σαν να μην υπήρχε ποτέ». [44, σελ. 159]

Ατομικά βάρη του Dalton (1808)

Υδρογόνο 1	Άσβεστος 24	Χαλκός 56
Άζωτο 7	Νάτριο 28	Μόλυβδος 90
Άνθρακας 6	Κάλιο 42	Άργυρος 190
Οξυγόνο 8	Στρόντιο 46	Χρυσός 190
Φώσφορος 9	Βαρύτης 68	Λευκόχρυσος 190
Θείο 13	Σίδηρος 50	Υδράργυρος 167
Μαγνησία 20	Ψευδάργυρος 56	

Οι αναζητήσεις των σχέσεων των στοιχείων μεταξύ των ιδιοτήτων τους, της μοναδικής γνωστής ιδιότητας των ατόμων τους, του ατομικού βάρους, δημιούργησε μία πρώτη απόπειρα ταξινόμηση των στοιχείων από τον καθηγητή της Χημείας στο πανεπιστήμιο της Γένας Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849). [287]



Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849)

Ο Döbereiner στα 1817 παρατήρησε ότι υπάρχει κάποια σχέση των τιμών που προκύπτουν από το γινόμενο του ειδικού βάρους επί το ατομικό βάρος των τριών οξειδίων (τη σημερινή σχετική μοριακή μάζα) του ασβεστίου, βαρίου και στροντίου, λαμβανομένου από τον Berzelius του ατομικού βάρους του οξυγόνου ως 100. Το μισό του αθροίσματος του CaO και BaO πλησιάζει την πραγματική τιμή του SrO, που είναι 647,285.

$$\frac{1}{2}[356,019 (= \text{CaO}) + 956,880 (= \text{BaO})] = 656,449 (= \text{SrO})$$

Ο Döbereiner στα 1817 δημιούργησε την πρώτη και τη δεύτερη *τριάδα (triad)*, από την ομάδα των αλκαλίων (τότε οξειδίων των μετάλλων) η πρώτη, και των γαιών η δεύτερη (επίσης οξείδα ασβεστίου, βαρίου, στροντίου). Για την πρώτη τριάδα, αυτή των αλκαλίων (οξειδίων), έλαβε υπόψη του την τιμή του ατομικού βάρους της *λιθίας* (οξείδιο του λιθίου, Li₂O), προσδιορισμένου από τον Gmelin σε 195,310 και της τιμής του καλίου (οξειδίου του, K₂O) σε 589,916. Η μέση τιμή αυτών των οξειδίων, $\frac{1}{2}(195.310 + 589.916) = 392.613$ δίνει ένα αποτέλεσμα, το οποίον συγκλίνει πολύ προς το ατομικό βάρος της σόδας (οξειδίου του νατρίου, Na₂O), που προσδιορίστηκε από τον Berzelius σε 390.897.

Στα 1829 δημοσίευσε μία πληρέστερη μελέτη με το ίδιο θέμα των τριάδων και με τίτλο: "An Attempt to Group Elementary Substances according to Their Analogies" ("Μία Απόπειρα σε Ομαδοποίηση Στοιχειωδών Ουσιών σύμφωνα με τις Αναλογίες τους"), στο *Annalen der Physik und Chemie* **15**: 301-307 (1829). Τα ατομικά βάρη ήταν αυτά του Berzelius με εκείνο του οξυγόνου = 100. Οι πίνακες, που ακολουθούν, θίγουν τις προαναφερθείσες ενώσεις τριάδων στοιχείων, περιέχοντας στην τρίτη τους στήλη την «ένταση της χημικής συγγένειας» (Intensity of chemical affinity) του κάθε στοιχείου, εκφραζόμενη με έναν ακέραιο αριθμό.

Αλκάλια και σχηματισμοί αλκαλίων

Αλκάλια	Σχηματισμοί αλκαλίων (οξειδία ή αλκαλικές γαίες)	Ένταση της χημικής συγγένειας (Intensity of chemical affinity)
95,310 = Li	195,310 = Li ₂ O	1
489,916 = K	589,916 = K ₂ O	3
½(585,226) = Na	½(785,226) = Na ₂ O	2

Αλκαλικές γαίες και σχηματισμοί αλκαλικών γαιών (Alkaline-earth-forming elements και alkaline earths)

Αλκαλικές γαίες	Σχηματισμοί αλκαλικών γαιών	Ένταση της χημικής συγγένειας (Intensity of chemical affinity)
256,019 = Ca.	356,019 = CaO	1
856,880 = Ba	956,880 = BaO	3
½(1112,899) = Sr	½(1312,899) = SrO	2

Η χρονική παρεμβολή των δώδεκα χρόνων μεταξύ των δύο δημοσιεύσεων έφερε νέα σημαντικά δεδομένα και σπουδαίες διασαφηνίσεις εννοιών. Είχαν γίνει γνωστά πολλά νέα στοιχεία, όπως για παράδειγμα το βρώμιο, και είχαν διακριθεί τα αλκάλια και οι αλκαλικές γαίες από τα οξειδιά τους. Ο Döbereiner επανήλθε και ολοκλήρωσε τις τριάδες του με τις νέες τιμές των ατομικών βαρών. Η ανακάλυψη της *ισομορφολογίας (isomorphology)* ή *ισομορφισμού* του Mitscherlich, μας δείχνει πως μπορούμε να βρούμε την ύπαρξη τέτοιων τριάδων στο θείο, σελήνιο και τελλούριο, που αποτελούν μία ομάδα. Δηλαδή το ατομικό βάρος του ενδιάμεσου στοιχείου, που βρίσκεται στην τριάδα αυτή, του σελήνιου, είναι ίσο με τη μέση αριθμητική τιμή των ατομικών βαρών των ακραίων στοιχείων:

$$\frac{1}{2}[32,239(= S) + 129,243(= Te)] = 80,741$$

Το προσδιορισμένο τότε ατομικό βάρος του σελήνιου είχε τιμή 79,263.

Στοιχεία που σχηματίζουν οξέα και οξειδία

			Ένταση της χημικής συγγένειας (Intensity of chemical affinity)
201.165 = S	213.644 = H ₂ S	501.165 = SO ₃	3
806.452 = Te	831.412 = H ₂ Te	1106.452 = TeO ₃	1
½(1007.617) = Se	½(1045.056) = H ₂ Se	½(1607.617) = SeO ₃	2

Οι τριάδες στοιχείων παρουσίαζαν παρόμοιες χημικές ιδιότητες, σχημάτιζαν τα ίδια χαρακτηριστικά υδρογονούχα οξέα και από τις τιμές των ακριανών στοιχείων της κάθε

τριάδας μπορούσε να υπολογίσει κανείς εμπειρικά το ατομικό βάρος του ενδιάμεσου. Με τις τριάδες τα στοιχεία με αυτή την ταξινόμηση άρχιζαν να παρουσιάζουν κάποια ομοιόμορφη αύξηση των ατομικών τους βαρών, πράγμα όμως που δεν επιβεβαιώθηκε από τα νέα δεδομένα των νέων στοιχείων.

Με την ανακάλυψη των αλογόνων (ονομασία που εισήχθη από τον Berzelius, 58) ο Döbereiner το 1829 παρουσίασε και άλλες τριάδες, όπως αυτή του χλωρίου, βρωμίου και ιωδίου. Η μέση τιμή των ατομικών βαρών του χλωρίου και του ιωδίου έδιναν ως αποτέλεσμα το ατομικό βάρος του βρωμίου. Δηλαδή:

$$\frac{1}{2}(35,470 + 126,470) = 80,470$$

Αν δούμε πώς παρουσίασε τα αλογόνα ο Döbereiner, θα παρατηρήσουμε ότι προσπάθησε να εισαγάγει την έννοια της έντασης **χημικής συγγένειας** σε τριάδες στοιχείων με παρόμοια χημική συμπεριφορά και ομαλή αύξηση στο ατομικό τους βάρος. Προσπάθησε να βρει μία σχέση μεταξύ των χημικών ιδιοτήτων των στοιχείων και της μοναδικής ιδιότητας των ατόμων τους, που ήταν η σχετική τους μάζα ως προς το οξυγόνο (και όχι ως προς το υδρογόνο), γιατί πολλοί ερευνητές της γαλλικής σχολής κυρίως, το θεωρούσαν ως το πιο σημαντικό στοιχείο για το σχηματισμό δυαδικών ενώσεων.

			Ένταση χημικής συγγένειας
221,325 = Cl.	455,129 = HCl	942,650 = Cl ₂ O ₅	3
789,145 = I.	1590,770 = HI	2078,290 = I ₂ O ₅	1
$\frac{1}{2}(1010,470) = \text{Br.}$	$\frac{1}{2}(2045,899) = \text{HBr}$	$\frac{1}{2}(3020,940) = \text{Br}_2\text{O}_5$	2

Οι πίνακες με τα ατομικά βάρη των παραπάνω στοιχείων αλογόνων, των οξέων τους και των οξειδίων τους δίνονται με βάση το οξυγόνο, που έχει αυθαιρέτως υποδειχθεί με την τιμή ατομικού βάρους 100. [287]

Στα 1843 όταν ο Leopold Gmelin δημοσίευσε την πρώτη έκδοση του διάσημου Handbuch der Chemie, υπήρχαν τρεις τετράδες και ακόμη μία πεντάδα, αυτή των στοιχείων της 15^{ης} ομάδας του αναπτυσσόμενου σύγχρονου περιοδικού πίνακα, δηλαδή του αζώτου, φωσφόρου, αρσενικού, αντιμονίου και βισμούθιου, στοιχεία του p-συγκροτήματος.

Στα 1845 ο Oliver Gibbs Rumford καθηγητής στο Harvard, ταξινομεί τα στοιχεία, στηριζόμενος στα *ισοδύναμα* (equivalents), στα φαινόμενα του *ισομορφισμού* κρυσταλλικών σχηματισμών (isomorphism crystalline form), στις συνδυαστικές σχέσεις τους και στους τύπους των ενώσεών τους.

Στα 1850 ο Max von Pettenkofer του Πανεπιστημίου του Μονάχου (Munich), αναθεωρεί την υπόθεση Prout για την πρωταρχική ύλη. Ο Prout, όπως είδαμε, πιστεύει ότι όλα τα ατομικά βάρη στοιχείων είναι ακέραια πολλαπλάσια του ατομικού βάρους του υδρογόνου και προκύπτουν τα στοιχεία από αυτό. Με άλλα λόγια ο Pettenkofer, δεχόταν ότι, τα στοιχεία δεν είναι αδιαίρετα αλλά έχουν μία μονάδα δομής, όχι αυτή του υδρογόνου, αλλά κάποιου άλλου στοιχείου πιθανόν του οξυγόνου, του οποίου το ισοδύναμο συγχεόμενο με το ατομικό βάρος είναι 8. Ο Pettenkofer επεκτείνει τις τριάδες του Döbereiner και σημειώνει ότι, όμοια

στοιχεία σχηματίζουν αριθμητικές σειρές και η διαφορά κάθε στοιχείου στη σειρά από το άλλο είναι 8 ή πολλαπλάσιο του 8. [474]

Ο Jean Baptiste Dumas αρχικά στη Sorbonne στα 1851 και κατόπιν στα 1859 τροποποίησε τις τριάδες του Döbereiner, εισάγοντας τις οικογένειες των τεσσάρων στοιχείων, ανακλύπτοντας αριθμητικές προόδους. Αν και τα ατομικά βάρη των στοιχείων κάθε οικογένειας δεν αυξάνονται ομοιόμορφα, θα μπορούσε να δει κάποιος, κάποια ομοιομορφία αν συγκρίνει τα στοιχεία στις οικογένειες, όπως για παράδειγμα:

Αριθμητικές σειρές	α	$\alpha + \beta$	$\alpha + 2\beta + \gamma$	$\alpha + 2\beta + 2\gamma + \delta$
Αλογόνα	Φθόριο	χλώριο	βρώμιο	ιώδιο
	19	$19 + 16.5$	$19 + 33 + 28$	$19 + 33 + 56 + 19$
Ατομικά βάρη	[19]	[35.5]	[80]	[127]

Για την τετράδα-οικογένεια των μετάλλων με τα αντίστοιχα ατομικά βάρη:

Μαγνήσιο = 24, ασβέστιο = 40, στρόντιο = 88, βάριο = 137:

Αριθμητική σειρά	α	$\alpha + \beta$	$\alpha + 3\beta$	$\alpha + 3\beta + \gamma$
Αλκαλικές γαίες	Mg	Ca	Sr	Ba
	24	$24 + 16$	$24 + 4 \times 16$	$24 + 4 \times 16 + 49$
Ατομικά βάρη	[24]	[40]	[88]	[137]

Ο Dumas προσπάθησε να βρει κάποιες σχέσεις μεταξύ των ατομικών βαρών των στοιχείων, που παρουσίαζαν παρόμοιες χημικές ιδιότητες. Ήταν η εποχή, κατά την οποία αναπτύχθηκε με τον Döbereiner ένας νεοπυθαγοριτισμός, μία τάση δηλαδή υποταγής των ομοιοτήτων των ιδιοτήτων των στοιχείων σε μία αρμονική διευθέτηση αριθμών, σε μια προσπάθεια να δοθεί μία μαθηματική λογική ή αρμονία στη φύση. Η τάση αυτή συνεχίστηκε, ζωντανεύοντας την υπόθεση του Prout, με τον Peter Kremers στα 1852 που πρόσθεσε τριάδες σε αυτές του Döbereiner. Ο Kremers φανταζόταν ότι τέσσερα ήταν τα βασικά ατομικά βάρη από τα οποία προέκυπτε χωριστά το ατομικό βάρος κάθε στοιχείου. Πολλαπλασιάζοντας με ένα περιττό αριθμό, προέκυπτε ένα μεταλλοειδές και με ένα σχετικό ακέραιο αριθμό ακόμη έπαιρνες ένα αμέταλλο στοιχείο. Στα 1853 ο John Gladstone ανακάλυπτε αναλογίες σε τρεις κατηγορίες στοιχείων με ταυτόσημα βάρη, που με κατάλληλους πολλαπλασιασμούς προέκυπταν τα βάρη των άλλων στοιχείων της τριάδας.

Στα 1854-55 ο Josiah Cooke από το Harvard, ανακάλυπτε μία παρόμοια σχέση, βασιζόμενος σε ένα σύστημα με περισσότερα δεδομένα από αυτό του ατομικού βάρους και χρησιμοποιώντας τον ισομορφισμό, ηλεκτραρνητικότητες, φυσικές ιδιότητες και χημικές αντιδράσεις. Στο σύστημά του υπήρχε μια συνέχεια, ενώ περιλαμβάνονταν στοιχεία με υπογράμμιση, υπό την έννοια ότι αυτά μπορούν να οικοδομηθούν από έναν απλούστερο σχηματισμό.

Στα 1857 ο Ernst Lessen από το Wiesbaden της Γερμανίας, πίστευε ότι όλα τα στοιχεία εκτός από το νιόβιο μπορούν να συνταχθούν σε τριάδες. Η απόπειρα ταξινόμησης ήταν ενθαρρυντική, αλλά το συνολικό αποτέλεσμα ήταν δύσκολο να αιτιολογηθεί. Την ίδια

χρονιά ο William Odling παρουσίασε μια ομαδοποίηση των τότε γνωστών στοιχείων. Βρήκε κάποιες σχέσεις σε τέσσερις από τις δεκατριες ομάδες του.

Οι ομάδες του William Odling στα 1857.

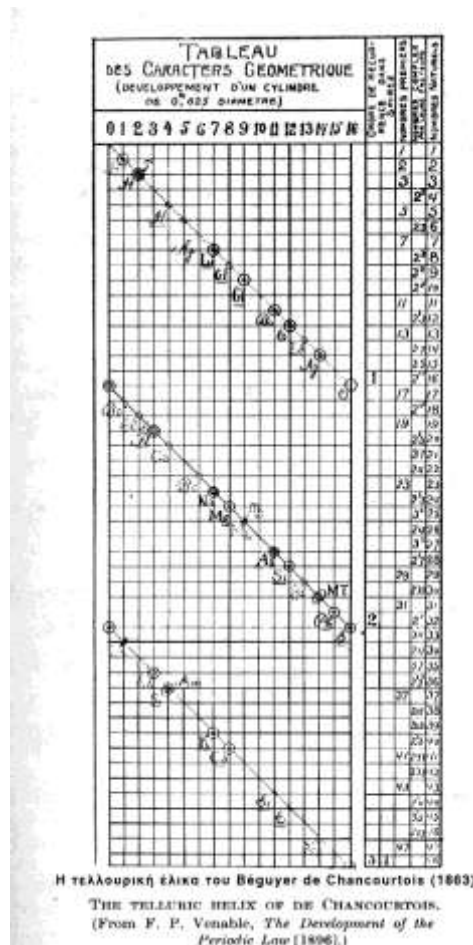
Ομάδα	Στοιχεία κάθε ομάδος
1	F, Cl, Br, I
2	O, S, Se, Te
3	N, P, As, Sb, Bi
4	B, Si, Ti, Sn
5	Li, Na, K
6	Ca, Sr, Ba
7	Mg, Zn, Cd
8	Gt*, Yt*, Th
9	Al, Zr, Ce, U
10	Cr, Mn, Co, Fe, Ni, Cu
11	Mo, V, W, Ta
12	Hg, Pb, Ag
13	Pd, Pt, Au

*Gt σημαίνει γλυκίνιο, αρχική ονομασία του στοιχείου βηρυλλίου, με σύμβολο Be,

*Yt σημαίνει ύτριο με σημερινό σύμβολο Y.

Στα 1860 ο Matthew Lea από τη Philadelphia ανακάλυψε νέες σχέσεις μεταξύ των ατομικών βαρών, θεωρώντας ακόμη και την ύπαρξη αρνητικών ατομικών βαρών. Έτσι, απέδειξε με αυτές του τις απόπειρες ότι υπάρχουν αθροίσματα και διαφορές μεταξύ των ατομικών βαρών των στοιχείων, που δίνουν τους αριθμούς 44 ή 45. Αποπειράθηκε να προσδιορίσει ατομικά βάρη στοιχείων, τα οποία ακόμη δεν είχαν ανακαλυφθεί.

Στα 1862 ο Γάλλος γεωλόγος Alexander Emile Béguyer de Chancourtois (1820-1886) σε ηλικία 44 ετών παρουσίασε στη Γαλλική Ακαδημία μία ταξινόμηση των 60 περίπου γνωστών τότε στοιχείων, στην οποία αποκαλυπτόταν η περιοδικότητα των ιδιοτήτων τους. Όμως αυτή η τριδιάστατη ταξινόμηση δεν βρήκε τους ανάλογους υποστηρικτές για να γίνει γνωστή και εύχρηστη στα διδακτικά εγχειρίδια της χημείας. Η κατάταξη αυτή ονομάστηκε «**τελλουρικός έλικας**» (telluric screw ή Vis Tellurique, δηλαδή **τελλουρικός κοχλίας**), διότι είχε σημείο εκκίνησης του έλικα τυλιγμένου σπειροειδώς στην επιφάνεια κυλίνδρου, το τελλούριο.



Αριστερά είναι το πρότυπο του έλικα του de Chancourtois και δεξιά απεικόνιση σε δημοσίευση σχετική με την ανάπτυξη του περιοδικού νόμου, του 1896.

Για την ταξινόμηση αυτή ο de Chancourtois είχε επηρεαστεί από τις τριάδες του Döbereiner και τις τετράδες του Dumas. Η βάση του κυλίνδρου ήταν διαιρεμένη σε 16 ίσα μέρη, που αντιστοιχούσαν στις 16 μονάδες του ατομικού βάρους του οξυγόνου, ενώ ο έλικας εκκινά υπό κλίση 45° από το τελλούριο. Τοποθέτησε τα σύμβολα των στοιχείων στο σπειροειδή αυτόν έλικα τον τυλιγμένο στον κύλινδρο (βλέπε το ανάπτυγμα του κυλίνδρου στην εικόνα παρακάτω), φροντίζοντας να πέφτουν στην ίδια κάθετη γραμμή τα στοιχεία με τις παρόμοιες χημικές ιδιότητες (βλέπε το δεξιό παραπάνω ανάπτυγμα). Το ατομικό βάρος του οξυγόνου ίσο με 16, ελήφθη ως πρότυπο βάρος, ενώ τα στοιχεία οξυγόνο, θείο, σελήνιο και τελλούριο έπεφταν μαζί στην ίδια γενέτειρα (κάθετη ευθεία) του έλικα, από όπου πήρε και το όνομά της αυτή η τριδιάστατη ταξινόμηση. Τα ατομικά τους βάρη 16, 32, 79 και 128 ήταν αντίστοιχα περίπου πολλαπλάσια του 16. Τα αλογόνα επίσης εμφανίζονταν πάλι σε «ευθεία» γραμμή. Η ομοιότητα των ιδιοτήτων ακολουθούσε πλέον έναν περιοδικό νόμο και η προσπάθεια ήταν πραγματικά ευφυής. Όπως φαίνεται κι από το ανάπτυγμα, το υδρογόνο καταλάμβανε πάνω-πάνω την πρώτη θέση, προοπτική που δεν έβλεπε σε άλλες ταξινομήσεις. Δεν υπήρχαν, όμως, οι απαιτούμενες διακοπές, που συναντάμε στις σειρές του περιοδικού πίνακα, αλλά υπήρχε μία συνεχής κατά κάποιον τρόπο ροή. Δυστυχώς ο πίνακας, που συνοδευόταν από τις προαναφερόμενες υποθέσεις, δημιούργησε έτσι συσκοτίσεις στην προσπάθεια αυτή, η οποία όμως δεν ήταν άσχημη για έναν γεωλόγο. Πέρασε όμως απαρατήρητη από τους χημικούς. [52, 65, 234]

Στα 1865 ο Odling δημοσιεύει ένα πίνακα ταξινόμησης 57 στοιχείων αναθεωρημένο από μία έκδοση του 1864 (στο *Quarterly Journal of Science*, 1864, I, 642), ο οποίος προσεγγίζει αυτόν του Mendeleev του 1869 (58). Στον πίνακα του Odling με τα 45 στοιχεία το βηρύλλιο συμβολίζεται ως G, από την αρχική του ονομασία γλυκίνιο και το λίθιο με L. Λείπει το στοιχείο του υδρογόνου και αυτό του σιδήρου, τα οποία υπήρχαν στην έκδοση του 1864.

Odling's Table of the Elements (1865)

			Mo 96 — Pd 106.5	W 184 Au 196.5 Pt 197
L 7	Na 23	—	Ag 108	—
G 9	Mg 24	Zn 65	Cd 112	Hg 200
B 11	Al 27	—	—	Tl 203
C 12	Si 28	—	Sn 118	Pb 207
N 14	P 31	As 75	Sb 122	Bi 210
O 16	S 32	Se 79.5	Te 129	—
F 19	Cl 35.5	Br 80	I 127	—
	K 39	Rb 85	Cs 133	
	Ca 40	Sr 87.5	Ba 137	
	Ti 48	Zr 89.5	—	Th 231
	Cr 52.5	—	V 138	
	Mn 55			

Ο περιοδικός νόμος ήταν στα πρόθυρα της ανακάλυψής του. Θα συνέβαινε, όπως θα περίμενε κανείς, αυτό όχι από το γνωστό σε όλους Ρώσο Mendeleev ή τον Γερμανό Lothar Meyer, αλλά από τον Άγγλο χημικό John A. R. Newlands (1837-1898), του οποίου η εργασία διευθέτησης ορισμένων στοιχείων από τα τότε γνωστά, κατέληγε στο νόμο των οκτάδων ή ογδόων, ουσιαστικά στην περιοδικότητα των στοιχείων. Η ειρωνία όπως θα δούμε ήταν η αδιαφορία του γραμματέα της Βασιλικής Εταιρείας Odling και η άρνηση της Ένωσης Χημικών της Αγγλίας να δημοσιεύσει την εργασία αυτή. Η μητέρα του ήταν Ιταλίδα, η Mary Reina. Ο Newlands είχε μουσική παιδεία, δημοκρατικές ιδέες και καλή επιστημονική χημική συγκρότηση. Στα 1860 συνόδευσε τη μητέρα του στην Ιταλία και κατατάχθηκε εθελοντής στον άτακτο στρατό του Giuseppe Garibaldi, όταν στη Σικελία κατήργησε το βασίλειο της Νάπολης, αποφασιστικό βήμα για την ενοποίηση των κρατιδίων της Ιταλίας. Στη Σικελία γνωρίστηκε με τον Cannizzaro, ένθερμο υποστηρικτή των δημοκρατικών ιδεών του Manchini και του κινήματος για την ενοποίηση της Ιταλίας. Αντελήφθηκε από αυτόν τη σημασία των νέων τιμών των ατομικών βαρών, τη διαφορά ατόμου⁶⁹ και μορίου (μοριακή

⁶⁹ Ο Berzelius στα 1814 είχε ταξινομήσει τα άτομα σε δύο τάξεις, σε:

1. **Στοιχειώδη άτομα** (Elementary atoms) και
2. σε **άτομα ενώσεων** (Compound atoms).

Τα άτομα ενώσεων είναι τριών διαφορετικών ειδών ονομαστικά:

1. Άτομα που σχηματίζονται από την ενοποίηση δύο στοιχειωδών ουσιών και εμείς θα τα αποκαλέσουμε **άτομα ενώσεων πρώτης τάξης** (*compound atoms of the first order*). 2. Άτομα που συντίθενται από περισσότερα των δύο άτομων στοιχειωδών ουσιών και τέτοια θα συναντήσουμε στα οργανικά σώματα ή σώματα που προέρχονται από την καταστροφή της οργανικής ύλης και έτσι εμείς θα τα αποκαλέσουμε αυτά **οργανικά άτομα** (*organic atoms*). 3. Άτομα που σχηματίζονται από την ένωση δύο ή περισσότερων ατόμων ενώσεων, όπως για παράδειγμα στα άλατα. Εμείς θα τα αποκαλέσουμε **άτομα ενώσεων δεύτερης τάξης** (*compound atoms of the second order*). Αυτή η ταξινόμηση ανέτρεπε τη μοριακή υπόθεση του Avogadro και έκανε δύσκολη τη διάκριση μεταξύ μορίου και ατόμου.

υπόθεση Avogadro) και εμπνεύστηκε με τις νέες ιδέες της χημείας. Ο Cannizzaro αντελήφθη ότι κάθε στοιχείο μπορούσε να εμφανίσει πολλά χημικά ισοδύναμα, εξαρτώμενα από τις οξειδωτικές του καταστάσεις κι ότι μόνον τα ατομικά βάρη ήταν σταθερά από πλευράς τιμών. Πολλά ατομικά βάρη συγγέονταν με τα ισοδύναμά τους και οι τιμές τους ποίκιλαν από εγχειρίδιο σε εγχειρίδιο χημείας. Αυτά ο Newlands τα είχε κατανοήσει καλά, αλλά οι δημοκρατικές του αντιλήψεις στη συντηρητική Αγγλία είχαν επιπτώσεις και στο επιστημονικό του έργο. Ήταν παρεξηγημένος από την χημική ακαδημαϊκή κοινότητα του Λονδίνου, λόγω της συμμετοχής του αυτή στο κίνημα για την επανανοποίηση της Ιταλίας. Στην Αγγλία δεν είχε κάποια σπουδαία ακαδημαϊκή θέση, αλλά ήταν βιομηχανικός (αναλυτικός) χημικός, υπεύθυνος για το ραφινάρισμα σε εργοστάσιο ζάχαρης του Λονδίνου. Στα 1863 ο Newlands⁷⁰ παρουσιάζει μία ταξινόμηση στοιχείων σε πίνακα κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού βάρους και προτείνει το *νόμο των οκτάδων* ή *οκταβών* ή *ογδών* (**law of octaves**), σύμφωνα τον οποίο κάθε όγδοο κατά σειρά στοιχείο έχει ομοιότητες με το πρώτο, όπως η όγδοη μουσική νότα στην κλίμακα σολ είναι ίδια με την πρώτη. «*Το όγδοο στοιχείο μετά από ένα τυχαίο σημείο εκκίνησης, είναι είδος επαναλήψεως του πρώτου στοιχείου, όπως ακριβώς συμβαίνει με τις νότες μιας μουσικής οκτάβας*». Η παρουσίαση αυτή πέρασε απαρατήρητη, γιατί τα στοιχεία υπό ταξινόμηση ήταν λίγα και όχι όλα. Ο Newlands στα 1863 ταξινόμησε 56 επιβεβαιωμένα τότε στοιχεία σε 11 ομάδες βασιζόμενος στην ομοιότητα των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων, δημοσιεύοντας στα 1864 αυτήν την εκδοχή του περιοδικού του πίνακα. [291,292, 293, 294, 295, 117, 58]

Κατά την ανακοίνωση του *νόμου των οκτάδων* στη Χημική Εταιρεία του Λονδίνου (1866) ο Newlands υπέστη άδικες επιθέσεις, οι οποίες είχαν δόσεις ειρωνίας και υποτίμησης. Για παράδειγμα ο καθηγητής G. C. Foster τον ρώτησε αν δοκίμασε να βρει σχέσεις μεταξύ των στοιχείων, κατατάσσοντας αυτά κατά αλφαβητική σειρά. Εν τούτοις η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου έστω και αργά τον βράβευσε μετά από είκοσι χρόνια για την ανακάλυψη αυτή, απονέμοντάς του το μετάλλιο Davy και σήμερα οι εργασίες του αποτελούν ένα σημαντικό ιστορικό ντοκουμέντο για την επιστήμη της Χημείας και του νέου πεδίου της του Φιλοσοφικού και της επιστημολογίας, το οποίο αποκτά μία εξαιρετική δυναμική.

⁷⁰ Ο John Alexander Reina Newlands γεννήθηκε στο Southwark της Αγγλίας στις 26 Νοεμβρίου του 1837 και πέθανε στι 29 Ιουλίου του 1898. Φοίτησε στο Royal College of Chemistry, είχε καθηγητή τον August von Hofmann και στη συνέχεια έγινε βοηθός εκεί στην αναλυτική χημεία. Στην αρχή ήταν καθηγητής και μετά υπεύθυνος παραγωγής και ραφινάρισματος ζάχαρης σε ένα εργοστάσιο στην περιοχή Victoria Docks του Λονδίνου από το 1868 ως το 1886. Στα 1863 παρουσίασε ουσιαστικά τον «περιοδικό νόμο», τον οποίο όμως επικαλέστηκε ως «**νόμο των οκτάδων**». [On Relations among the Equivalents, J. A. R. N., *Chemical News* 7, 70-72 (Feb. 7, 1863). Συγκέντρωσε πολλές εργασίες πάνω στην **ατομικότητα** (δηλ. Σθένος, atomicity) των στοιχείων σε ένα πολύ μικρό τομίδιο με τίτλο: «*on the Discovery of the Periodic Law*» που δημοσίευσε στο Λονδίνο στα 1884.

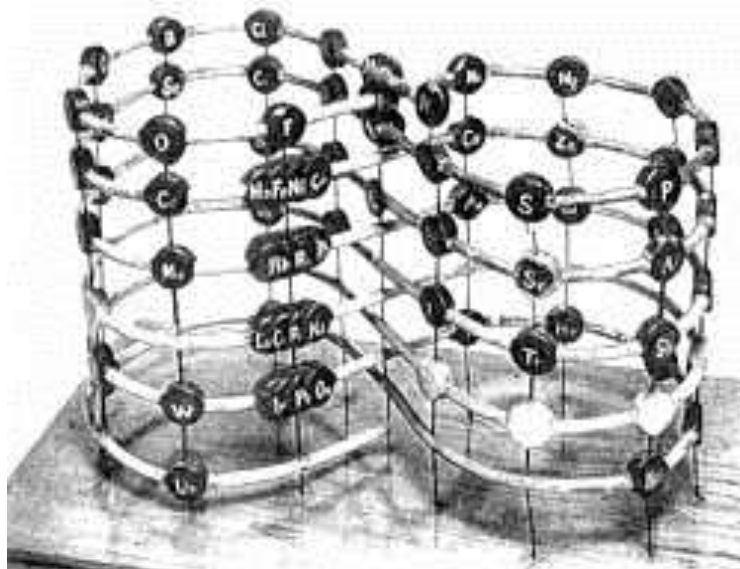
Στις 20 Αυγούστου του 1864 ο Newlands εξέδωσε στα **Chemical News** (vol. x. p. 94), γράφοντας:

Η διευθέτηση των οκταβών του Newlands (Octave Arrangement)
στα **Chemical News** [1866]

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

Μπορεί κάποιος να παρατηρήσει ότι, αν τα στοιχεία διευθετηθούν κατά μία τάξη σύμφωνα με τα ισοδύναμά τους (equivalents), δίνοντας στο υδρογόνο το 1, στο λίθιο το 2, στο γλυκίνιο (βηρύλιο) το 3, στο βόριο το 4 και ούτω καθεξής, δηλαδή έναν αριθμό που τα διακρίνει (όταν δύο στοιχεία συμβαίνει να έχουν το ίδιο ισοδύναμο, επισημαίνονται με τον ίδιο αριθμό), παρατηρούμε ότι τα στοιχεία εμφανίζουν μία συχνότητα ομοιοτήτων με στοιχεία της ίδιας θέσης στις άλλες ομάδες.

Στα 1867 ο Gustavus Hinrichs, από την πολιτεία της Iowa, ανακοινώνει ότι, οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων είναι συναρτήσεις των (ατομικών) βαρών τους. Πρότεινε έναν σπειροειδή χάρτη τους, ο οποίος είχε και κενούς χώρους μεταξύ των ομάδων των στοιχείων.



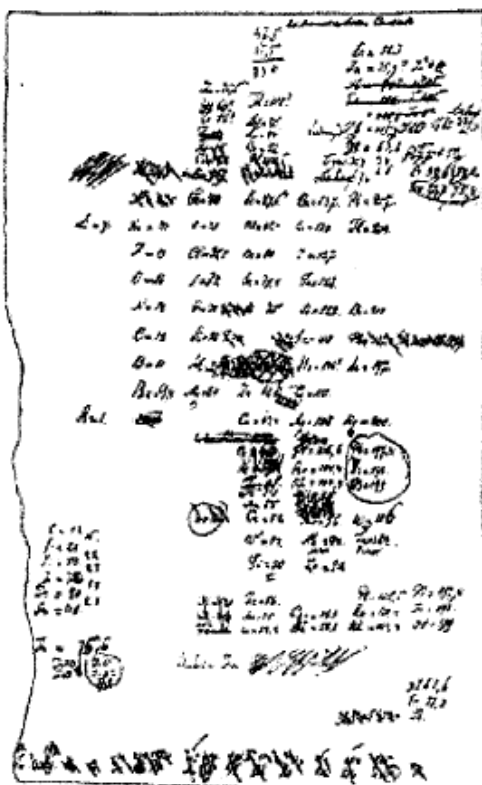
Ο Sir William Crookes φοίτησε στο Royal College of Chemistry, είχε καθηγητή τον August von Hofmann όπως και ο Newlands και είχε στα 1861 ασχοληθεί με μία ταξινόμηση στοιχείων, το μεντέλο του οποίου σώζεται και είναι αυτό της εικόνας. Ο Crookes ανακάλυψε το στοιχείο θάλλιο, ονομασία που έδωσε από την ελληνική λέξη θάλος ή θαλλός, που σημαίνει βλαστάρι, τρυφερό (σύμβολο Tl), όπως και τα ηλεκτρόνια στις καθοδικές ακτίνες, για τα οποία είπε ότι είναι σωματίδια-μόρια μιας τέταρτης κατάστασης της ύλης, ενός *υπεραερίου*, που την ονόμασε **ακτινοβόλο ύλη** (radiant matter).

Το συνέδριο της Καρλσρούης (Karlsruhe) το Σεπτέμβριο του 1860 αποτελεί μία αφετηρία για τους χημικούς, όταν ξεκαθάρισε το τοπίο πλεονασματικών εννοιών, οι οποίες έφεραν περισσότερο σύγχυση παρά διεκόλυναν την εμπέδωση των κατακτήσεων της χημείας. Ο Wurtz σε πρόσκληση προς τους συνέδρους τον Ιούνιο του 1860, αναφέρει ως κομισάριος του Διεθνούς Συνεδρίου τους λόγους για τη σύγκλισή του. «Έτσι δεν μπορούμε να προκαταβάλουμε μία συνδιάσκεψη με βάση το συμφέρον του καθενός, ούτε να επιβάλουμε αναλύσεις, στις οποίες κάποιος εμμένει, αλλά πρέπει να προβούμε σε μίαν ελεύθερη και λεπτομερή συζήτηση, σίγουροι ότι μπορούμε να αποχωριστούμε όποιες παρεξηγήσεις, και να διευκολυνθούμε σε μια κοινή σύμβαση στα επιμέρους ακόλουθα σημεία: τον ορισμό σπουδαιών χημικών αντιλήψεων, όπως αυτές που μπορούν να εκφράσουν τις λέξεις **άτομο** (*atom*), **μόριο** (*molecule*), **ισοδύναμο** (*equivalents*), **ατομικό** (*atomic*), **θασικό** (*basic*)· την εξέταση του ζητήματος των **ισοδυνάμων** (*equivalents*) και των **χημικών τύπων** (*chemical formulae*)· την καθιέρωση μιας αναγραφής και **ενιαίας ονοματολογίας**». Υπήρχαν οι έννοιες του φυσικού και του χημικού μορίου. Άλλος ήθελε να διατηρήσει την έννοια του ατόμου ένωσης στη θέση των φυσικών ή χημικών μορίων. Το ισοδύναμο του νερού ή της αμμωνίας συγγεόταν με το μοριακό βάρος των ενώσεων, αν και ως ονομασία το μοριακό βάρος ήταν άγνωστη την εποχή εκείνη. Ο Stanislaso Cannizzaro ήταν η έκπληξη του συνεδρίου, εκείνος που έβαλε σε μία τάξη τις έννοιες και καθιέρωσε το μόριο του Avogadro. Τα επιχειρήματα του Cannizzaro ενθουσίασαν δύο νεαρούς τότε χημικούς, το γερμανό Julius Lothar Meyer (1830-1895) από το Πανεπιστήμιο του Breslau και τον Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) από το Πανεπιστήμιο της Αγίας Πετρούπολης. Και οι δύο παρουσίασαν τον περιοδικό νόμο, ανεξάρτητα εργαζόμενοι ο ένας από τον άλλο, αν και αυτό ελέγχεται ακόμη ιστορικά, με μία διαφορά: ο μεν πρώτος, ο Meyer οδηγήθηκε στην ανακάλυψη της *περιοδικότητας των ιδιοτήτων των στοιχείων* από τη μελέτη των φυσικών ιδιοτήτων, ενώ ο Mendeleev από τη μελέτη των χημικών ιδιοτήτων. Στην ταξινόμηση των στοιχείων στον περιοδικό του πίνακα ο Mendeleev, σημείωσε τις τιμές των *σθενών των στοιχείων* στις ομάδες του, τις οποίες ονόμαζε *ατομικότητες*.

Ο Πίνακας του Mendeleev χρονικά δημοσιεύτηκε πρώτος την 1η Μαρτίου του 1869, ενώ του Meyer το Δεκέμβριο του ίδιου χρόνου. Και οι δύο εργαζόντουσαν κι ανέπτυξαν τις ιδέες τους, γράφοντας εγχειρίδια της χημείας για τους φοιτητές τους, τα οποία ήθελαν να είναι συστηματοποιημένα, εύληπτα και συνοπτικά με διασυνδέσεις των γνωστικών τους περιοχών. Ο Meyer είχε δημοσιεύσει μια πρώτη διευθέτηση 28 μόνον στοιχείων σε μια πραγματεία του το 1862 με τίτλο: «*Die Modernen Theorien der Chemie*». Ο Mendeleev στηρίχθηκε στη πραγματεία του Gerhardt την αφιερωμένη στην Οργανική Χημεία και πιθανόν να επηρεάστηκε από την πραγματεία του 1862 του Meyer, για να γράψει το περίφημο εγχειρίδιό του «*Αρχές Χημείας*», που μεταφράστηκε στα γερμανικά, γαλλικά και αγγλικά. Ο πίνακας του Mendeleev είχε τολμηρά σημεία, στην κενή θέση των οποίων προέβλεψε την ύπαρξη στοιχείων με συγκεκριμένες ιδιότητες, οι οποίες δεν απείχαν πολύ από τις πραγματικές, όταν αυτά άρχισαν να ανακαλύπτονται και να ταυτοποιούνται. [Η

ανακοίνωση του Mendeleev έχει τίτλο: «*The Dependence Between the Properties of the Atomic Weights of the Elements*» στα 1869]

Στις 17 Φεβρουαρίου του 1869 διασώζεται η πρώτη χειρόγραφη σημείωση με τον *περιοδικό πίνακα* του Mendeleev. Στον πίνακα αυτόν σημείωσε τα στοιχεία με ατομικό βάρος 20 και 36, τοποθετώντας δίπλα ένα ερωτηματικό. Τα στοιχεία αυτά δεν είχαν ανακαλυφθεί (πρόκειται για τα ευγενή αέρια νέο και αργό) τότε και συμπληρώνοντας τον πίνακα αυτόν, δεν άφησε μέρος ή κάποια ιδιαίτερη μνεία για αυτά τα στοιχεία και ποτέ δεν ασχολήθηκε με αυτά. Το πρόχειρο αυτό χαρτί με τους προπομπούς των ευγενών αυτών αερίων, που ταυτοποιήθηκαν το πρώτο το 1898 από τους Ramsay και Travers, και το δεύτερο το 1894 από τους Rayleigh και Ramsay, βρέθηκε στα αρχεία του Mendeleev.



Στην παρακάτω εικόνα έχουμε τη δημοσίευση του πίνακα του Mendeleev στο γερμανικό περιοδικό "*Zeitschrift für Chemie*", 12, p. 405, 1869, στην οποία κατατάσσονται 65 τότε γνωστά στοιχεία, με 3 ερωτηματικά σε θέσεις ανώνυμων στοιχείων, που έχουν ατομικά βάρη 68, 70 και 180. Ο πίνακας αυτός ήταν δύσχρηστος, είχε πολλές ελλείψεις και ανακρίβειες, δεν έπαυε όμως να είναι πρωτοποριακός, για τις κενές θέσεις με τα ερωτηματικά, θέσεις που καταλάμβαναν τα στοιχεία γάλλιο (Ga^1) με ατομικό βάρος 69,72, γερμάνιο (Ge^2) με 72,61 και άφνιο (Hf^3) με 178,49. Όπως παρατηρούμε τα στοιχεία είναι τοποθετημένα σε μια σειρά κατά αύξοντα

¹ Το γάλλιο με σύμβολο Ga ανακαλύφθηκε στα 1875 από το Γάλλο γεωλόγο Paul Emile Lecoq de Boisbaudran. Η ρίζα της ονομασίας του προέρχεται από το λατινικό όνομα της Γαλλίας, Gallia της οποίας το σύγχρονο είναι France. [579]

² Το γερμάνιο με σύμβολο Ge ανακαλύφθηκε στα 1886 από τον Clemens Winkler, γερμανό χημικό. Το όνομα του στοιχείου δόθηκε από τη λατινική ονομασία της Γερμανίας, Germania, στα αγγλικά Germany.

³ Το στοιχείο άφνιο με σύμβολο Hf ανακαλύφθηκε στα 1923 από το Δανό χημικό Dirk Coster. Το όνομα του στοιχείου δόθηκε από το λατινικό όνομα της Κοπεγχάγης Hafnia (Copenhagen).

ατομικό βάρος και συνοπτικά ο περιοδικός νόμος διατυπώνεται ως εξής: «Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους βάρους».

ОПЫТЪ СЪСТЕМЪ ЭЛЕМЕНТОВЪ.		
ОСНОВАΝΗΟΗ НА КЪСЪ АТОΜΚΟΜЪ ВЪСЪЗЪ И ΧΗΜΙΚΕΣΚΟΜЪ ΣΧΟΔΣΤΕΒ.		
	Ti = 50	Zr = 90 ? = 180.
	V = 51	Nb = 94 Ta = 182.
	Cr = 52	Mo = 96 W = 186.
	Mn = 55	Rh = 104,4 Pt = 197,1.
	Fe = 56	Rn = 104,4 Ir = 198.
	Ni = Co = 59	Pi = 106,8 O = 199.
H = 1	Cu = 63,4	Ag = 108 Hg = 200.
	Be = 9,4	Mg = 24 Zn = 65,2 Cd = 112

Στην έκδοση αυτή ο Mendeleev σημείωνε: «...όταν κατατάσσω τα στοιχεία κατά μέγεθος του ατομικού τους βάρους, αρχίζοντας από το μικρότερο, παρατηρώ ότι υφίσταται ένα είδος περιοδικότητας στις ιδιότητές τους. Την αμοιβαία σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων των στοιχείων αυτών και των ατομικών τους βαρών ονομάζω νόμο της περιοδικότητας των στοιχείων· οι σχέσεις αυτές ισχύουν για όλα τα στοιχεία και έχουν τη φύση μιας περιοδικής συνάρτησης...». Ο πίνακας αυτός υφίστατο διαρκώς διορθώσεις με δεύτερη βελτιωμένη μορφή την αμέσως επόμενη, που δημοσιεύθηκε στα 1871.

Υπάρχουν 8 ομάδες ή οικογένειες (κατακόρυφες στήλες) με λατινική αρίθμηση με 12 σειρές. Οι σειρές αργότερα συνοψίστηκαν σε 5, που ονομάστηκαν περίοδοι, μερικές των οποίων υποδιαιρέθηκαν σε άλλες σειρές, τις οποίες θα δούμε στην παρακάτω εικόνα.

Reihen	Gruppe I. — R ¹	Gruppe II. — R ²	Gruppe III. — R ³	Gruppe IV. — R ⁴	Gruppe V. — R ⁵	Gruppe VI. — R ⁶	Gruppe VII. — R ⁷	Gruppe VIII. — R ⁸
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 58, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 69	— = 73	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 86	Sr = 87	Y = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ko = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 121	Ta = 122	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	Tl = 138	Pb = 140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	Th = 178	Pa = 180	U = 182	W = 184	—	Os = 185, Ir = 197, Pt = 198, Au = 198.
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	—
12	—	—	—	Th = 231	—	—	—	—

Ο Περιοδικός Πίνακας του Mendeleev, που προτάθηκε στα 1871.

Η μεγάλη επιτυχία του Mendeleev οφείλεται στην πεποίθησή του για την εξάρτηση των ιδιοτήτων των στοιχείων από τα ατομικά τους βάρη με ένα περιοδικού τύπου ρυθμό. Έδειξε τέτοια εμπιστοσύνη στον πίνακά του, ώστε, όταν σε κάποιο στοιχείο της διευθέτησής του οι περιοδικές ιδιότητές του φαινόταν ότι χάνονται, διατύπωσε μια από τις πιο τολμηρές υποθέσεις

του, ότι η τιμή του ατομικού του βάρους ήταν εσφαλμένη κι έπρεπε να επαναπροσδιοριστεί, με αλλαγή ταυτόχρονα της θέσης του, μιας θέσης η οποία ανήκε σε κάποιο άλλο άγνωστο ακόμη στοιχείο. Με τις μετατοπίσεις αυτές που έκανε, ο Mendeleev δημιούργησε κάποιες κενές θέσεις, ένα ουσιαστικό μειονέκτημα για την ταξινόμησή του, σημείο για να αναπτυχθούν δυσπιστίες για τα αποτελέσματά του. Με μία προσεκτική μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των στοιχείων γύρω από την κενή θέση, είδε πώς αυτές μεταβάλλονται από στοιχείο σε στοιχείο και ποιες ομοιότητες εμφάνιζαν τα στοιχεία κάθε ομάδας. Με τέτοιες συγκριτικές μελέτες προβάλλει την πιο μεγάλη του πρόβλεψη, τι ιδιότητες θα εμφάνιζε ένα στοιχείο της κενής θέσης, καλύπτοντας, έτσι, τη μεγαλύτερη αδυναμία του περιοδικού του πίνακα και χαράσσοντας μία θριαμβευτική νίκη της θεώρησής του, η οποία τον καταξίωσε γρήγορα με τις πρώτες ανακαλύψεις των στοιχείων των κενών του θέσεων.

Ο Mendeleev είχε την υπομονή να δημιουργήσει κάρτες των υποτιθέμενων στοιχείων του στις κενές θέσεις με συνοπτικά τα βασικά στοιχεία των ιδιοτήτων τους, βαφτίζοντάς τα με ονόματα, τα οποία δεν διατηρήθηκαν, όταν ανακαλύφθηκαν τα στοιχεία αυτά. Κάτω τη θέση του βορίου και του αλουμινίου στην ομάδα III του πίνακά του υπάρχει μία κενή θέση, την οποίαν απέδωσε στο στοιχείο εκα-βόριο. Κάτω από το αλουμίνιο στην ίδια ομάδα η κενή θέση δόθηκε στο στοιχείο εκα-αλουμίνιο, κάτω από το πυρίτιο, στοιχείο της IV ομάδας το εκα-πυρίτιο, κάτω από το μαγγάνιο της VI ομάδας οι δύο διαδοχικά κενές θέσεις στο εκα-μαγγάνιο και δβι-μαγγάνιο (διμαγγάνιο) κ.ο.κ. Η ρίζα εκα- προέρχεται από τα σανσκριτικά και σημαίνει πρώτος, το δβι- δεύτερος. Με την ανακάλυψη του γαλλίου δηλαδή του εκα-αργιλίου από το Lecoz de Boisbaudran το 1875 οι προτάσεις του Mendeleev βρήκαν λαμπρή επιβεβαίωση.

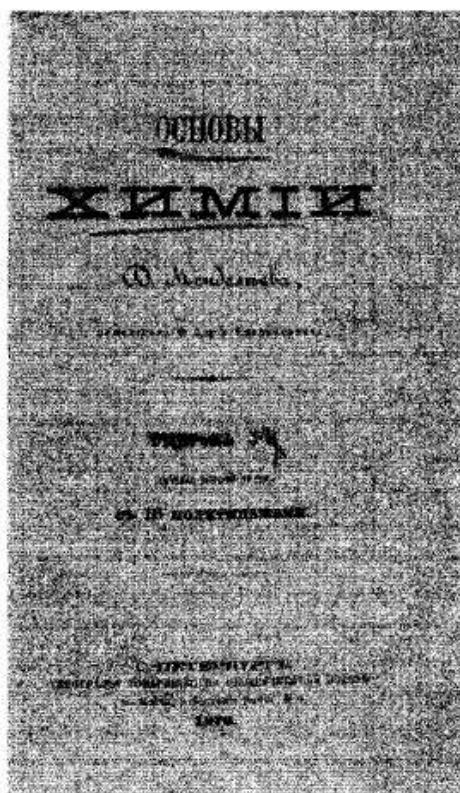
Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι προβλέψιμες τιμές του εκα-πυριτίου (Es) και του γερμανίου (Ge).

Ιδιότητες του εκα-πυριτίου (Es)	Ιδιότητες του γερμανίου (Ge)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Το ατομικό του βάρος πρέπει να είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων τριγύρω του αναλόγων στοιχείων (Si, Sn, Zn, Se), δηλαδή $\frac{1}{4}(28+117,8+65,1+79,0) = 72,47$ 2. Το ειδικό του βάρος 5,5 3. Ο ατομικός του όγκος μόλις ανώτερος του 13 4. Θα είναι τετρατομικό (EsO_2, $EsCl_4$) 5. Το ειδικό βάρος του EsO_2 είναι 4,7 6. Το $EsCl_4$ θα είναι υγρό, με σ.ζ. κάτω του 100° (μέσος όρος των $SiCl_4$ 57° και $SnCl_4$ 115°, δηλαδή 115°, δηλαδή $\frac{1}{2}(57+115)=86^\circ$ με ειδικό βάρος 1,9. 7. Το EsF_4 δεν θα είναι αέριο 8. Θα σχηματίζει οργανομεταλλική ένωση του τύπου $Es(C_2H_5)_4$ με σ.ζ. 160° και ειδ. Βάρος 0,96 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ατομικό βάρος 72,6 2. Ειδικό βάρος 5,47 3. Ατομικός όγκος 13,2 4. Είναι τετρατομικό [GeO_2, $GeCl_4$] 5. Το ειδ. βάρος του είναι 4,703 6. Το $GeCl_4$ είναι υγρό και έχει σ.ζ. 85° με ειδ. βάρος 1,887 7. Το GeF_4 είναι λευκοί κρύσταλλοι 8. Σχηματίζει ένωση $Ge(C_2H_5)_4$ με σ.ζ. 160° και ειδ. β. 1,00

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

СЪСТАВЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ СЪСЪДЪРЖАЮЩАЯСЯ ТАБЛИЦА.

		Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	186
		Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	187
		K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	188
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cu	Zn	189
		Cs	Ba	La	Ce	Pr	Sm	Eu	Gd	190
II-1										
	Be	Mg	Ca	Str	Ba					191
	B	Al	Ga	In	Tl					192
	C	Si	Ge	Sn	Pb					193
	N	P	As	Sb	Bi					194
	O	S	Se	Te						195
	F	Br	I							196
II-2 Na-25	K	Rb	Cs							197
	Ca	Sr	Ba							198
	Sc	Y	La							199
	Ti	Zr	Hf							200
	V	Nb	Ta							201
	Cr	Mo	W							202
	Mn	Tc	Rh							203
	Fe	Ru	Pd							204
	Co	Rh	Au							205
	Ni	Pt	Hg							206
	Cu	Ag	Cd							207
	Zn	Hg								208
	Al	Ga	In							209



Από τη Ρώσικη έκδοση των «Αρχών Χημείας» του Mendeleev στην Αγία Πετρούπολη το 1870.

Στον ΠΠ του Mendeleev δεν υπάρχει η στήλη με τα ευγενή αέρια, η οποία προστέθηκε αργότερα, διότι μέχρι εκείνη τη στιγμή παρέμεναν άγνωστα. Μερικά στοιχεία, π.χ. ο υδράργυρος, το όσμιο, ο χρυσός είναι τοποθετημένα σε μια εσφαλμένη θέση, όπως και οι σπάνιες γαίες. Άλλο αδύνατο σημείο του πίνακα του Mendeleev ήταν οι αναστροφές, οι οποίες αιτιολογήθηκαν με την εύρεση του νόμου Moseley, σύμφωνα με τον οποίο οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού, που αποτελεί και ένα είδος ταυτότητας του στοιχείου.

Η μεγαλοφυής ταξινόμηση του Mendeleev οφείλει την επιτυχία της στο γεγονός ότι έγινε με βάση τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, χρησιμοποιώντας το σθένος, το οποίο ο Mendeleev ονόμαζε ατομικότητα, τοποθετώντας επικεφαλίδα σε κάθε ομάδα του τους χαρακτηριστικούς τύπους των ενώσεων των στοιχείων της ομάδας με το υδρογόνο και το οξυγόνο. Π.χ. τα στοιχεία της IVης ομάδας σχηματίζουν οξειδία του τύπου RO_2 και με το υδρογόνο υδρίδια του τύπου RH_4 . Ο αριθμός της ομάδας συμπίπτει με την ατομικότητα (σθένος) τη μέγιστη ή την ελάχιστη των περιεχομένων σε αυτή στοιχείων. Τα στοιχεία της I ομάδας είναι μονατομικά (μονοσθενή), τα δε οξειδιά τους έχουν το γενικό τύπο R_2O (Na_2O , Ag_2O), τα στοιχεία της II ομάδας είναι διατομικά με οξειδία του γενικού τύπου RO , και με αυξανόμενη την ατομικότητα κατά ένα οδεύουμε στην ομάδα VII και VIII με αντίστοιχα οξειδία R_2O_7 και RO_4 . Η VIII ομάδα κατόπιν τροποποιήθηκε με κύριους τύπους οξειδίων του γενικού τύπου RO και RO_2 . Χαρακτηριστικό της κάθε ομάδας ήταν ότι διακρίνεται σε δύο υποομάδες, την κυρία με δείκτη άλφα στη λατινική αριθμησή της, π.χ. I_a , II_a

κλπ. και τη *δευτερεύουσα* με δείκτη β, π.χ. I_β, II_β, κ.ο.κ. Τα στοιχεία στην κύρια υποομάδα παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, όπως τα αλκάλια Li, Na, K της I_α, ενώ τα στοιχεία στις δευτερεύουσες υποομάδες μια μικρότερη ομοιότητα, όπως για παράδειγμα τα στοιχεία της II_β Cu, Ag, Au. Όσο πλησιάζουμε όμως προς τις μεγαλύτερες ομάδες, όπως για παράδειγμα την VII_α και την VII_β τόσο οι διαφορές των αντιστοιχών στοιχείων γίνονται πιο εμφανείς (χλώριο – μαγγάνιο). Η VIII ομάδα περιλαμβάνει τα μεταβατικά στοιχεία, ιδιότυπα στοιχεία τα οποία ο Mendeleev τα ταξινόμησε κατά τριάδες, δηλαδή σε μία θέση του ΠΠ τοποθετούσε τρία στοιχεία, με πρώτη τριάδα ή *πλειάδα* το Fe, Co, Ni, με δεύτερη το Ru, Rh, Pd, και με τρίτη το Os, Ir, Pt. Τα στοιχεία αυτά σε κάθε τριάδα έχουν ατομικά βάρη που διαφέρουν λίγο, οι ιδιότητές τους μοιάζουν πολύ και ως εκ τούτου θα ήταν αδύνατον να ενταχθούν στη γενική αρχή τοποθέτησης με βάση την περιοδικότητά τους στον πίνακα αυτόν. Έπρεπε πάλι να διατηρήσει την ομαλή (αυξανόμενη κατά μία μονάδα) αύξηση της *ατομικότητας* (ή *σθένους*) και να φανεί η περιοδική μεταβολή της ατομικότητας στον πίνακα, ως παράγοντας που εκφράζει τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων. Η VIII ομάδα αποτέλεσε την ομάδα με κάποια ιδιαιτερότητα, έχοντας ένα μεγαλύτερο εύρος για να υποδεχτεί τις πλειάδες. Τα στοιχεία αυτά τα ονόμασε μεταβατικά και κάθε τριάδα αποτελείται από στοιχεία μεγάλης ομοιότητας, ομοιότητα που έχουν όμως και τα εννέα στοιχεία των τριών τριάδων (πλειάδων). Έχουν χρώμα φαιό, είναι δύσπηκτα με σημείο τήξης να τα ταπεινώνεται από το πρώτο στοιχείο της τριάδας προς το τρίτο και αυτό να συμβαίνει και στις τρεις τριάδες στοιχείων. Και τα εννέα στοιχεία σχηματίζουν με το κυανιούχο κάλιο (KCN) σταθερά κρυσταλλούμενα σύμπλοκα άλατα. Τα στοιχεία σε κάθε στήλη των τριάδων, όπως ο σίδηρος, το ρουθίνιο και το όσμιο σχηματίζουν με το κυανιούχο κάλιο (KCN) σύμπλοκα του τύπου K₄R(CN)₆, το κοβάλτιο, το ρόδιο και το ιρίδιο του τύπου K₃R(CN)₆ και το νικέλιο, το παλλάδιο και ο λευκόχρυσος του τύπου K₂R(CN)₆.

Τα μειονεκτήματα του πίνακα του Mendeleev ήταν οι **κενές θέσεις**, με τα προβλέψιμα όμως στοιχεία από τον ίδιο, τα οποία όταν άρχισαν να ανακαλύπτονται, τον οδήγησαν στην καταξίωση και διεθνή επιστημονική αναγνώριση. Εκτός των κενών θέσεων, μειονεκτήματα ήταν τα **μεταβατικά στοιχεία** (ή στοιχεία *μετάπτωσης*), οι **μετατοπίσεις** ή **αναστροφές** (πρωθύστερα), η τοποθέτηση των σπανίων γαιών, η ένταξη του υδρογόνου, η επισήμανση ενός μόνου σθένους (φαίνεται ότι αρχικά υπέκυψε στο κύρος του Kekule για τη σταθερότητα του σθένους) και άλλα μικρότερα μειονεκτήματα, που δεν φαίνονται παρά σε λεπτομέρειες. Οι μετατοπίσεις ή αναστροφές είναι μερικές αυθαίρετες τοποθετήσεις στοιχείων σε θέσεις που παραβίαζαν το αύξον ατομικό βάρος των εν λόγω στοιχείων. Για παράδειγμα, αντί να τοποθετήσει το τελλούριο (με ατ. β. 127.61) κάτω από το βρώμιο και το ιώδιο (ατ. β. 126,92) κάτω από το σελήνιο, όπως τα τοποθετούσε στις περιόδους τα στοιχεία αυτά κατά αύξον ατομικό βάρος, έκανε το αντίστροφο. Η εσκεμμένη αυτή αυθαιρεσία έγινε, γιατί ήθελε να δώσει προτεραιότητα στην ομοιότητα των στοιχείων που περιέχονται στις στήλες, και του σθένους τους ή για την ακρίβεια ενός από τα σθένη τους. Δυσκολία συνάντησε στην τοποθέτηση των σπανίων γαιών, ελάχιστες των οποίων βρίσκουν θέση στον Περιοδικό Πίνακα και που σήμερα δεν

αναγνωρίζονται πλέον ως σπάνιες γαίες: το σκάνδιο και το ύτριο. Δεκαπέντε συνολικά σπάνιες γαίες δεν μπορούσαν να τοποθετηθούν πάνω στον αριθμημένο πίνακα, γι'αυτό ο Β. Brauner πρότεινε να τοποθετηθούν σε μία ξεχωριστή θέση, όπως οι αστεροειδείς στο πλανητικό σύστημα. Το ίδιο συνέβη όταν άρχισαν να ανακαλύπτονται και τα στοιχεία της ομάδας των ακτινιδών. Η ένταξη του υδρογόνου, επειδή είναι αυτό αέριο, δημιούργησε πολλές αντιγνώμιες. Ο Mendeleev το κατέταξε στα αλκάλια, ο J. Thomsen (Δανός) και ο Bohr το κατέταξαν στα αλογόνα.

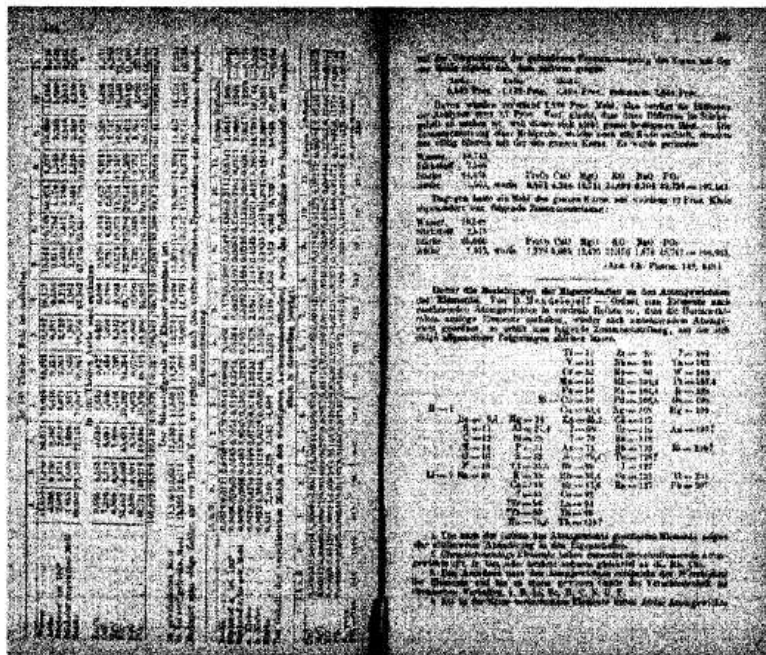
Group 0	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
	H 1														
He 2	Li 3		Be 4		B 5		C 6		N 7		O 8		F 9		
Ne 10	Ne 11		Mg 12		Al 13		Si 14		P 15		S 16		Cl 17		
Ar 18	K 19	Cu 29	Ce 20	Zn 30	Sc 21	Ga 31	Ti 22	Ge 32	V 23	As 33	Se 34	Br 35	Fe 26, Co 27, Ni 28		
Kr 36	Rb 37	Ag 47	Sr 38	Cd 48	Y 39	In 49	Zr 40	Sn 50	Nb 41	Mo 42			Ru 44, Rh 45, Pd 46		
Xe 54	Cs 55	Au 79	Ba 56	Hg 80	57-71*	Tl 81	Hf 72	Pb 82	Ta 73	W 74		Re 75	Os 76, Ir 77, Pt 78		
Rn 86	-		Ra 88		Ac 89		Th 90		Pa 91		U 92		-		

Βρετανικός Περιοδικός Πίνακας του 1930

Τόσο πολύ ο Mendeleev πίστευε στην κατάταξη αυτή, ιδιαίτερα των ομάδων στοιχείων με τις παρόμοιες χημικές ιδιότητες και την επισήμανση του κύριου σθένους τους, ώστε για πολλά στοιχεία με ατομικό βάρος τέτοιο που δεν δικαιολογούσε τη θέση τους (και σε αυτά έκανε αναστροφή ή μετατόπιση), υποστήριξε ότι έχει γίνει κάποιος λανθασμένος πειραματικός υπολογισμός στα ατομικά τους βάρη. Ορισμένα από αυτά πραγματικά επανεξετάστηκαν και βρέθηκε το λαθεμένο ατομικό τους βάρος, όπως του καισίου που από 123,4 έγινε 132,91 ή του ινδίου, μετάλλου που συναντάται μαζί με τον ψευδάργυρο, για το οποίο αρχικά πίστευαν ότι είναι δισθενές, οπότε: ατομικό βάρος = χημ. ισοδύναμο · σθένος, δηλαδή $37,8 \times 2 = 75,6$ και θάπρεπε να καταταγεί μεταξύ αρσενικού και σεληνίου· όμως ήταν τρισθενές με ατ. β. $37,8 \times 3 = 113,4$, που το κατέτασσε στην ομάδα του αργιλίου (αλουμινίου), πράγμα το οποίο επιβεβαιώθηκε από τους DuLong και Petit (μέτρησαν πειραματικά από την ειδική θερμότητα του ινδίου το ατ. β. και το βρήκαν ίσο με 112,3).



Ο Mendeleev στο γραφείο του.



Από τη γερμανική μετάφραση των «Αρχών Χημείας» του Mendeleev.

Ο Γερμανός Lothar Julius Meyer περιορίστηκε στη μελέτη των φυσικών ιδιοτήτων των στοιχείων, σε μια εποχή μεταβατική/ Στα 1860 τα στοιχεία που γνώριζαν οι χημικοί ήταν 57. Το 1864 ο Meyer, όπως προαναφέραμε, ταξινόμησε τα 28 από αυτά σε έναν πίνακα, ο οποίος υπήρχε στο βιβλίο του "Die modernen Theorien der Chemie", (Οι σύγχρονες Θεωρίες της Χημείας). Σε αυτήν την πρώτη ταξινόμηση παρατήρησε την περιοδικότητα που εμφάνιζε ο ατομικός τους όγκος με την αύξηση του ατομικού τους βάρους. Στα 1868 παρουσίασε έναν πληρέστερο πίνακα τοποθετώντας και τα υπόλοιπα στοιχεία., αφού προηγουμένως είχε καταγράψει και επεξεργαστεί τις φυσικές τους ιδιότητες, όπως το χρώμα, την πυκνότητα, το σημείο βρασμού, το σημείο τήξης, το ελατό ή το όλκιμο, το συντελεστή διαστολής, τη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, τον ατομικό όγκο⁴ κλπ. Μόνον η ειδική θερμότητα των στοιχείων δεν ακολουθεί το νόμο της περιοδικότητας.

Εικόνα με τη μεταβολή των ατομικών όγκων των στοιχείων που συνόδευε τον πίνακα του Meyer.

Ο Meyer έβγαλε κάποιες συμπληρωμένες εκδόσεις του πίνακά του, αλλά δεν μπόρεσε να ανταγωνιστεί τον πίνακα του Mendeleev, ο οποίος επικράτησε στα διδακτικά εγχειρίδια της χημείας και συνέδεσε το σθένος των στοιχείων με τη θέση τους στον πίνακα αυτό. Ο όξινος και βασικός χαρακτήρας των στοιχείων, όπως και ο ηλεκτροχημικός χαρακτήρας τους συνδέθηκε με τον πίνακα του Mendeleev, παρατηρώντας ότι όσο μεταβαίνουμε από την I ομάδα προς την VII μεταβαίνουμε από το βασικό χαρακτήρα (-) προς τον όξινο (+) ή από τον ηλεκτροθετικό χαρακτήρα των

⁴ Ατομικός όγκος είναι ο όγκος που καταλαμβάνει ποσότητα σε στερεά κατάσταση του στοιχείου ίση με το ατομικό του βάρος σε γραμμάρια.

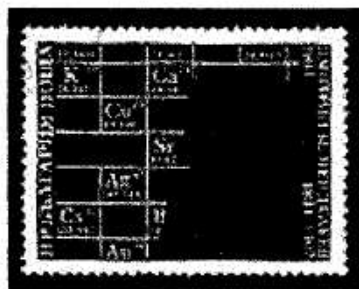
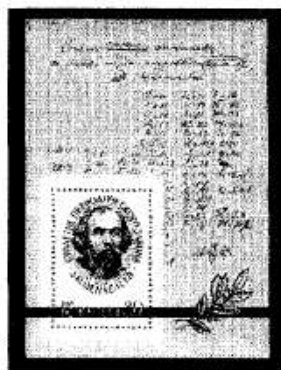
στοιχείων προς τον ηλεκτρωνητικό, εμπειρικές έννοιες πλέον οι τελευταίες. Έτσι, ο **περιοδικός ή φυσικός πίνακας** του Mendeleev έγινε απαραίτητο συστατικό στοιχείο σύνδεσης των χημικών γνώσεων σε όλα τα εγχειρίδια της Χημείας.

Julius Lothar Meyer (1830-1895 - Πίνακας από το *Annalen der Chemie, Supplementband 7*, 354 (1870).

Περιοδικός πίνακας σύμφωνα με το Lothar Meyer, 1870

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B=11,0	Al=27,3		--		?In=113,4	Tl=202,7	
			--		--			
	C=11,97	Si=28		--		Sn=117,8		Pb=206,4
			Ti=48		Zr=89,7			
	N=14,01	P=30,9		As=74,9		Sb=122,1		Bi=207,5
			V=51,2		Nb=93,7		Ta=182,2	
	O=15,96	31,98		Se=78		Te=128?		--
			Cr=52,4		Mo=95,6		W=183,5	
--	F=19,1	Cl=35,38		Br=79,75		J=126,5		--
			Mn=54,8		Ru=103,5		Os=198,6?	
			Fe=55,9		Rh=104,1		Ir=196,7	
			Co=Ni=58,6		Pd=106,2		Pt=196,7	
Li=7,01	Na=22,99	K=39,04		Rb=85,2		Cs=132,7		--
			Cu=63,3		Ag=107,66		Au=196,2	
?Be=9,3	Mg=23,9	Ca=39,9		Sr=87,0		Ba=136,8		--
			Zn=64,9		Cd=111,6		Hg=199,8	

Σύγχρονος περιοδικός πίνακας των στοιχείων με τις 18 πλέον ομάδες και τις 7 περιόδους, με διευθετημένα στοιχεία οριζόντια κατά αύξοντα ατομικό αριθμό.



Γραμματόσημα με το Mendeleev.

Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας

<u>Ομάδες</u>																		
πε π οδ οε	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA			IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	VIII
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIA	VIII			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	<u>1</u> <u>H</u>																	<u>2</u> <u>He</u>
2	<u>3</u> <u>Li</u>	<u>4</u> <u>Be</u>											<u>5</u> <u>B</u>	<u>6</u> <u>C</u>	<u>7</u> <u>N</u>	<u>8</u> <u>O</u>	<u>9</u> <u>F</u>	<u>10</u> <u>Ne</u>
3	<u>11</u> <u>Na</u>	<u>12</u> <u>Mg</u>											<u>13</u> <u>Al</u>	<u>14</u> <u>Si</u>	<u>15</u> <u>P</u>	<u>16</u> <u>S</u>	<u>17</u> <u>Cl</u>	<u>18</u> <u>Ar</u>
4	<u>19</u> <u>K</u>	<u>20</u> <u>Ca</u>	<u>21</u> <u>Sc</u>	<u>22</u> <u>Ti</u>	<u>23</u> <u>V</u>	<u>24</u> <u>Cr</u>	<u>25</u> <u>Mn</u>	<u>26</u> <u>Fe</u>	<u>27</u> <u>Co</u>	<u>28</u> <u>Ni</u>	<u>29</u> <u>Cu</u>	<u>30</u> <u>Zn</u>	<u>31</u> <u>Ga</u>	<u>32</u> <u>Ge</u>	<u>33</u> <u>As</u>	<u>34</u> <u>Se</u>	<u>35</u> <u>Br</u>	<u>36</u> <u>Kr</u>
5	<u>37</u> <u>Rb</u>	<u>38</u> <u>Sr</u>	<u>39</u> <u>Y</u>	<u>40</u> <u>Zr</u>	<u>41</u> <u>Nb</u>	<u>42</u> <u>Mo</u>	<u>43</u> <u>Tc</u>	<u>44</u> <u>Ru</u>	<u>45</u> <u>Rh</u>	<u>46</u> <u>Pd</u>	<u>47</u> <u>Ag</u>	<u>48</u> <u>Cd</u>	<u>49</u> <u>In</u>	<u>50</u> <u>Sn</u>	<u>51</u> <u>Sb</u>	<u>52</u> <u>Te</u>	<u>53</u> <u>I</u>	<u>54</u> <u>Xe</u>
6	<u>55</u> <u>Cs</u>	<u>56</u> <u>Ba</u>	<u>57</u> ¹ <u>La</u>	<u>72</u> <u>Hf</u>	<u>73</u> <u>Ta</u>	<u>74</u> <u>W</u>	<u>75</u> <u>Re</u>	<u>76</u> <u>Os</u>	<u>77</u> <u>Ir</u>	<u>78</u> <u>Pt</u>	<u>79</u> <u>Au</u>	<u>80</u> <u>Hg</u>	<u>81</u> <u>Tl</u>	<u>82</u> <u>Pb</u>	<u>83</u> <u>Bi</u>	<u>84</u> <u>Po</u>	<u>85</u> <u>At</u>	<u>86</u> <u>Rn</u>
7	<u>87</u> <u>Fr</u>	<u>88</u> <u>Ra</u>	<u>89</u> ² <u>Ac</u>	<u>104</u> <u>Rf</u>	<u>105</u> <u>Db</u>	<u>106</u> <u>Sg</u>	<u>107</u> <u>Bh</u>	<u>108</u> <u>Hs</u>	<u>109</u> <u>Mt</u>	Uuu	Uuu	Uub		Uuq		Uuh		Uuo
6				¹ <u>58</u> <u>Ce</u>	<u>59</u> <u>Pr</u>	<u>60</u> <u>Nd</u>	<u>61</u> <u>Pm</u>	<u>62</u> <u>Sm</u>	<u>63</u> <u>Eu</u>	<u>64</u> <u>Gd</u>	<u>65</u> <u>Tb</u>	<u>66</u> <u>Dy</u>	<u>67</u> <u>Ho</u>	<u>68</u> <u>Er</u>	<u>69</u> <u>Tm</u>	<u>70</u> <u>Yb</u>	<u>71</u> <u>Lu</u>	
7				² <u>90</u> <u>Th</u>	<u>91</u> <u>Pa</u>	<u>92</u> <u>U</u>	<u>93</u> <u>Np</u>	<u>94</u> <u>Pu</u>	<u>95</u> <u>Am</u>	<u>96</u> <u>Cm</u>	<u>97</u> <u>Bk</u>	<u>98</u> <u>Cf</u>	<u>99</u> <u>Es</u>	<u>100</u> <u>Fm</u>	<u>101</u> <u>Mt</u>	<u>102</u> <u>Nu</u>	<u>103</u> <u>Lr</u>	

Κλειδί

Φυσικές καταστάσεις κλπ.
Οι καταστάσεις είναι σε συνθήκες συνήθεις πίεσης και θερμοκρασίας.

Xx Αέρια	Xx Στερεά
Xx Υγρά	Συνθετική παρασκευή των στοιχείων

Ομάδες

Νέο σύστημα της **IUPAC**

Παλιό σύστημα της IUPAC (πρωταρχικά στην Ευρώπη)

Σύστημα **CAS** (πρωταρχικά στη Βόρεια Αμερική)

Σειρές

Μέταλλα					Αμέταλλα			
Αλκάλια	Μέταλλα αλκαλικών γαιών	Εσωτερικά-μεταβατικά Λανθανίδες	Μεταβατικά μέταλλα	Μέταλλα	Μεταλλοειδή	Αμέταλλα	Αλογόνα	Ιδανικά αέρια
		Ακτινίδες	Μεταβακτινίδες					

3.8 Το σθένος στις αρωματικές ενώσεις

Το συνέδριο της Καρλσρούης του 1860 όπως είδαμε και σε προηγούμενες παραγράφους, έλυσε λεπτά αλλά ουσιαστικά προβλήματα. Μέχρι τότε υπήρχε κάποια σύγχυση στη γραφή των τύπων, όπως για παράδειγμα το νερό HO , που για άλλους ήταν το μόριο (άτομο ένωσης) του νερού, για άλλους το υπεροξείδιο του υδρογόνου (ανακαλύφθηκε από τον Thénard το 1818) και για άλλους το ισοδύναμο του νερού (equivalent ή **aequivalent**), μιας εποχής που η λέξη σθένος (valency/e) δεν είχε ανακαλυφθεί και στη θέση της χρησιμοποιούσαν, ως μην το ξεχνάμε αυτό, τις μονάδες συγγένειας ή τις ατομικότητες (με άλλη έννοια η τελευταία από αυτήν που αποδίδουμε σήμερα στη χημεία). Ο τύπος C^2H^4 ή C^2H^4 για άλλους ήταν το μεθάνιο και για άλλους το αιθυλένιο (αιθένιο). Παραδειγματικά αναφέρεται μια φωτοτυπία από ιδιόχειρη σημείωση του Kekulé στα 1848 από τις παραδόσεις του Justus von Liebig, όταν ήταν φοιτητής του τελευταίου.

Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers ist die Nummer der Bestandtheile z. B. HO Wasser

$\text{H} = 1$

$\text{O} = 8$

$\therefore \text{Aeq HO} = 9$

Aequivalent des H₂O = 9

Απόσπασμα από τετράδιο του A. Kekulé το 1848, όταν ήταν φοιτητής του Liebig.

Το απόσπασμα αυτό γραμμένο σε γοτθική γραφή: Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers ist die Nummer der Bestandtheile z. B. HO Wasser, δηλαδή «το ισοδύναμο ενός συνθέτου σώματος είναι ο αριθμός των ισοδυνάμων των αποτελούντων αυτό μερών, π.χ. HO νερό..». [12]

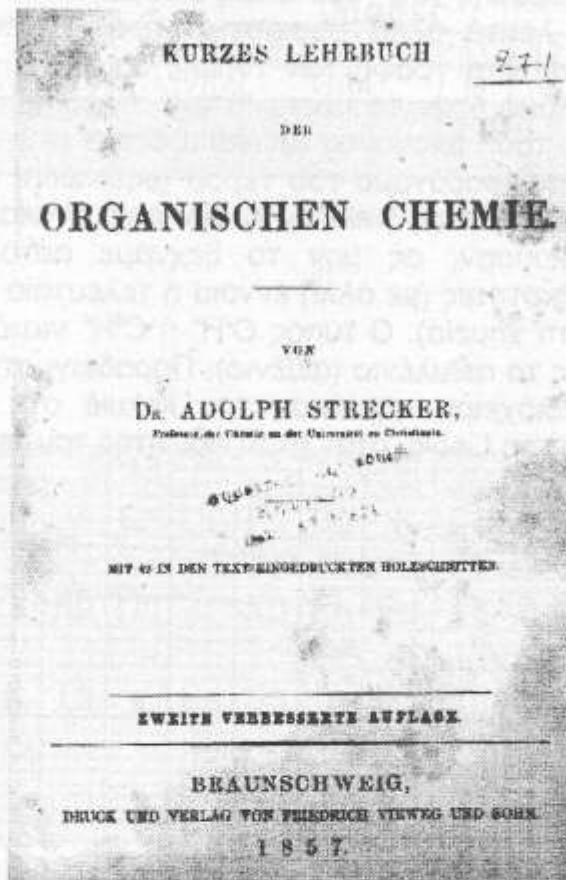
Και τη δεκαετία του 1850-60 η κατάσταση δεν είχε αλλάξει πολύ. Για παράδειγμα αναφέρεται το πως συμβολίζονται οι διάφορες ενώσεις του υδρογόνου, νερού, αμμωνίας και υδροχλωρικού οξέος από την Οργανική Χημεία του Adolph Strecker στα 1857.

- 1) $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}$, zwei Aeq. Wasserstoff zu einem Molekül vereinigt.
- 2) $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \text{O}$, { zwei Aeq. Wasser, oder zwei Aeq. Wasserstoff und zwei Aeq. Sauerstoff zu einem Molekül vereinigt.
- 3) $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix} \text{N}$, { ein Aeq. Ammoniak, oder drei Aeq. Wasserstoff und ein Aeq. Stickstoff zu einem Molekül vereinigt.

Hierzu fügt man zuweilen noch eine vierte Grundform, nämlich $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{Cl} \end{matrix}$, welche jedoch nicht wesentlich von der ersten ver

Η δομή των οργανικών χημειών της εποχής εκείνης διαφέρουν κατά πολύ αυτών της προηγούμενης δεκαετίας, στις οποίες έλειπαν τελείως οι χημικοί τύποι. Οι οργανικές χημείες της επόμενης δεκαετίας, ειδικότερα μετά το

1865, έχουν ουσιαστικές διαφορές με διορθώσεις των μοριακών τύπων και για πρώτη φορά εμφανίζονται οι συντακτικοί (δομικοί) τύποι των ενώσεων αυτών.



Το βενζόλιο (γερμανικά benzol ή Phenylwasserstoff) με χημικό τύπο $C_{12}H_6$ ήταν στην προαναφερόμενη χημεία του Strecker (λαμβάνεται ως αντιπροσωπευτικό δείγμα), ήταν δευτερεύουσας σημασίας ένωση, σημαντική όμως από πλευράς αντικατάστασης υδρογόνων της, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου τρία άτομα υδρογόνου μπορούν να υποκατασταθούν από άτομα χλωρίου ή ένα από νιτρομάδα στο νιτροβενζόλιο.

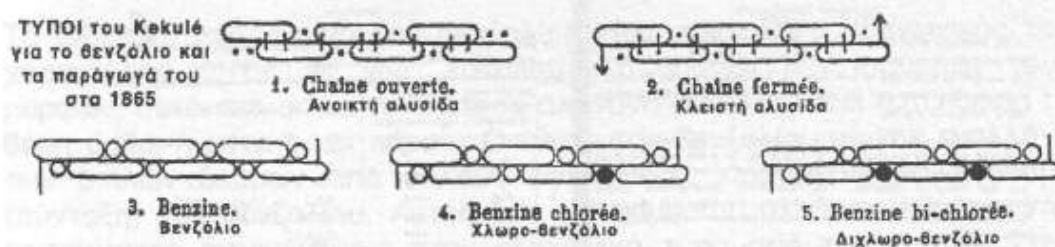
Benzol (Phenylwasserstoff): $C_{12}H_6$, oder $C_{12}H_6$
 $\begin{matrix} | \\ H \end{matrix}$

174. Erhitzt man Benzoesäure mit ihrem dreifachen Gewicht Kalkhydrat, so destillirt das Benzol (Benzin) als eine farblose Flüssigkeit über, welche bei 0°C. fest wird und bei 80°C. siedet. Ihr specif. Gewicht ist 0,85. Das Benzol findet sich auch unter den Producten der bei schwacher Glühhitze bewirkten Zersetzung der Fette und der Steinkohlen. Der Wasserstoff des Benzols lässt sich zum Theil durch andere Stoffe vertreten; bei der Behandlung mit Chlor werden 3 Aeq. Wasserstoff in dem Benzol durch 3 Aeq. Chlor vertreten, wobei die gebildete Chlorwasserstoffsäure sich zu Anfang mit dem Trichlorbenzol vereinigt, welche Verbindung, $C_{12}H_3Cl_3 + 3HCl$, in farblosen Krystallen anschießt. Bei dem Erhitzen zersetzt sich diese Verbindung in Chlorwasserstoffsäure und Trichlorbenzol, $C_{12}H_3Cl_3$, welches eine öartige Flüssigkeit darstellt, die bei 210°C. siedet.

Mit Salpetersäure erwärmt, verwandelt sich das Benzol unter lebhafter Wärmeentwicklung in Nitrobenzol, $C_{12}H_5NO_2$.

Μετά το διπλό δεσμό που υπέδειξε στο αιθένιο¹ (αιθυλένιο) ο Crum Brown στα 1864, τέθηκαν τα προβλήματα των όρων για τη δομή του άνθρακα στους ακόρεστους αλειφατικούς, προβλήματα τα οποία είχαν τεθεί με το Butlerov το 1861, όταν είχε προτείνει τη «θεωρία δομής» (structure theory, συντακτική θεωρία την ονομάζουμε στην Ελλάδα). Τα προβλήματα αυτά συνάντησαν γρήγορα ένα εμπόδιο, αυτό των αρωματικών ενώσεων και κυρίως τη σύνταξη του βενζολίου² (benzol, **θενζελαίου**, σύγχρονη ονομασία benzene, δηλαδή βενζενίου), που πρωταπομονώθηκε στα 1825 με συμπύκνωση ελαιώδους αερίου από τον Faraday. Η ειρωνία ήταν ότι, δεν ανήκε σε κάποιο αρωματικό είδος κάποιας ρητίνης αν και το βενζοϊκό οξύ όπως και η βενζοΐνη είχαν χαρακτηριστεί αρωματικές πριν από το 1820.

Στη διερεύνηση του βενζολίου υπήρξαν πολλές πειραματικές δυσκολίες ειδικότερα στην έρευνα των παραγώγων του. Το βενζόλιο ήταν μία εξόχως ακόρεστη ένωση με μία ιδιάζουσα σταθερότητα, η οποία την καθιστούσε ως ένωση τυπικά ακόρεστη. Με τη σταθεροποίηση του εμπειρικού του τύπου C_6H_6 , την καθιέρωση του διπλού δεσμού, η λύση για τη δομή του βενζολίου ανήκε στον πιο ευφάνταστο χημικό της εποχής εκείνης τον Kekulé στα 1866. Η πρώτη δομή του βενζολίου, που παρουσίασε, ήταν στο Παρίσι τον Ιανουάριο του 1865 στη *Société Chimiques de Paris*, και είχε τη γνωστή μορφή των λουκανοειδών τύπων του. Οι τύποι του βενζολίου και των παραγώγων, που παρουσίασε, ήταν μια συνέχεια αυτών των λουκανοειδών τύπων για άλλες πιο απλές οργανικές ενώσεις τις οποίες είδαμε στα 1861, αλλά είχαν το γνώρισμα του κλειστού ανθρακικού δακτυλίου.



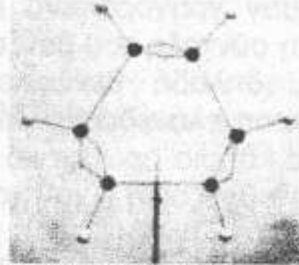
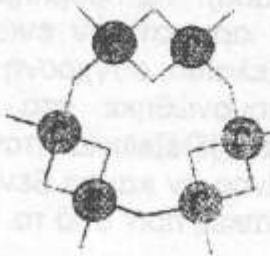
Στο 1 του παραπάνω σχήματος φαίνεται η αποτύπωση κατά Kekulé ενός ανοιχτού εξαμελούς ανθρακικού δακτυλίου, στο 2 η κλειστή εξαμελής ανθρακική αλυσίδα, στο 3 το βενζόλιο με τους μικρούς κυκλίσκους τα 6 άτομα υδρογόνου, στο 4 και 5 το χλωρο και διχλωροπαράγωγο του βενζολίου σε θέση του δεύτερου χλωρίου όρθο. Πρακτικά τότε είχαν παρατηρηθεί τρία υποκατεστημένα παράγωγα του βενζολίου (μονο-, δι-, τριχλωροπαράγωγα) με μόνο γνωστό το 1,2-υποκατεστημένο χλωροβενζόλιο. Έκτοτε άρχισε να βελτιώνει τον κυκλικό τύπο του βενζολίου και να συγκλίνει στο περίφημο εξαγωνικό του σχήμα του κλειστού συμμετρικού δακτυλίου με 6 *ακόρεστες μονάδες συγγένειας* (*unsaturated units of affinity*).

¹ Το αιθένιο $CH_2=CH_2$, ονομαζόταν *ελαιογενές αέριο* (olefiant gas ή ethylene, αιθυλένιο) και παρασκευάστηκε από τους Ολλανδούς χημικούς J.R. Deiman, A. Paets van Troostwyk, N. Bondt και A. Lauwengenbugrgh από την επίδραση πυκνού θειικού οξέος πάνω σε αιθυλική αλκοόλη. Στην Οργανική Χημεία του Α. Κ. Χρηστομάνου (1889), ονομαζόταν εκτός από αιθυλένιο και *μεθυλενομεθάνιο*.

² Το βενζόλιο C_6H_6 στην Οργανική Χημεία του Α. Κ. Χρηστομάνου (1889), ονομάστηκε **θενζέλαιον**.



**Κυκλική αναπαράσταση
του βενζολίου
(ή βενζενίου)
του Kekulé
το 1865 (πάνω)
το 1866 (κάτω)**



Από το «Lehrbuch der organischen Chemie», του Kekulé, vol. ii, 1866.

Το διδιάστατο σχήμα του βενζολίου υπέστη μια μικρή τροποποίηση το 1866 στη μορφή, που διατηρούμε μέχρι σήμερα και φαίνεται από την αριστερή σελίδα του βιβλίου του Kekulé του 1867 ή στο αποπάνω σχήμα το 1866. Στην αρχή ο Kekulé χρησιμοποίησε ένα απλό εξάγωνο και μετά πειραματική κριτική του Kolbe για τους λουκανοειδείς τύπους του, το μετέτρεψε σε εξάγωνο με διπλούς δεσμούς να εναλλάσσονται με απλούς (1866), για να διατηρήσει την τετρατομικότητα (τετρασθενικότητα) του άνθρακα. Στη δεξιά σελίδα αναγράφονται οι περιπτώσεις της ισομέρειας των τρι-υποκατεστημένων παραγώγων του βενζολίου.

22 Theoretische Betrachtungen.

... *(German text describing the transition from linear to cyclic structures)* ...

Wenn man die sechs Kohlenstoffatome des Kettes C_6H_6 (oder des Benzols) in der Weise zusammenzufügen gedenkt, wie dies früher betrachtet wurde (S. 11), so bilden sie eine geschlossene und sehr symmetrische Kette, deren jedes Glied ein Kohlenstoffatom enthält, welches vierwertig ist, und welches durch zwei Wasserstoffatome gesättigt ist. Die Kohlenstoffatome sind dann nicht nur in Bezug auf den Kohlenstoff völlig symmetrisch gestellt, sie verhalten sich in Abhängigkeit (Maloch) völlig analoge Oele etc. die sind also gleichwertig*).

Bei dieser Anordnung können nun drei Benzole durch ein Benzol dargestellt, dessen sechs Ecken durch Wasserstoffatome gebildet sind

Man sieht dann leicht ein, dass für die sechs sechs Kohlenstoffatome die Kohlenstoffatome des Kettes C_6H_6 die Kohlenstoffatome des Benzols sind, welche durch zwei Wasserstoffatome gesättigt sind, welche durch zwei Wasserstoffatome gesättigt sind, welche durch zwei Wasserstoffatome gesättigt sind.

* Diese Ansicht über die Constitution der geschlossenen Kette C_6H_6 hat nicht auf die Frage des Nennens einen Einfluss, weil die Frage bezüglich Nennens von vornherein nicht, welche der beiden Namen man für die beiden Kohlenstoffatome des Benzols wählen, so ist daher ohne (S. 11) eine nicht der symmetrischen Form zu entnehmen. Es ist nicht zu übersehen, dass die Kohlenstoffatome des Benzols durch ein Benzol, und bezüglich auch durch ein Kohlenstoffatom dargestellt werden können. Man kann sich dies aber nur durch die beiden folgenden Zeichnungen vorstellen, von welchen

23 Anzahl.

2) Die Wasserstoffatome werden nach und nach durch dieselbe Menge an anderen Atomen ersetzt. Man habe dann:

Die Zahl der ersetzenden H-Atome.	Anzahl der Modifikationen.	Gabe der verschiedenen H-Atome.
a. drei	eine	1
b. zwei	drei	1,2 — 1,3 — 1,4
c. eine	drei	1,2,3 — 1,2,4 — 1,2,5
d. vier	drei	1,2,3,4 — 1,2,4,5 — 1,2,4,6
e. fünf	eine	1,2,3,4,5
f. sechs	eine	—

3) Die Wasserstoffatome sind durch verschiedene Elemente oder Substanzen ersetzt.

Nimmt man anstatt des H, in welchem nur zwei Wasserstoffatome ersetzt sind, so wird die Anzahl der möglichen Modifikationen nicht größer, denn die Umkehr der Ordnung (AB oder BA) hat keinen Einfluss.

Es ist daher drei oder sechs Wasserstoffatome durch verschiedene Elemente oder Substanzen ersetzt, so wird die Anzahl der möglichen Modifikationen größer, denn jetzt muss die Reihenfolge der vorhandenen Elemente oder Substanzen auf die Natur der Verbindung von Einfluss sein. Für ein Benzolderivat von der allgemeinen Formel: $C_6H_6 - 6x$ hätte man z. B.:

a) einwertig: 1, 2, 3 (siehe a. oben): $C_6H_5, A A H$
 $C_6H_4, A H A$

b) " " " 1, 2, 4 (" " ") : $C_6H_4, A H A H$
 $C_6H_3, A H B A$
 $C_6H_2, H H A A$

c) " " " 1, 2, 3 (" " ") : $C_6H_3, H A H A H H$.

Einzelne Beispiele wurden das oben Gesagte veranschaulichen können.

Die Kohlenstoffatome des Benzols sind durch ein Benzol, und bezüglich auch durch ein Kohlenstoffatom dargestellt werden können. Man kann sich dies aber nur durch die beiden folgenden Zeichnungen vorstellen, von welchen



Από τη Χημεία των παραγώγων του βενζολίου και των αρωματικών ουσιών του Kekulé στα 1867.

Τα ισομερή διπαραγώγα του βενζολίου είναι τρία και ο εξαγωνικός του χαρακτήρας ευνοεί να γίνει καταληπτή η ύπαρξη των ισομερών τους μορφών, αυτά στα οποία το δεύτερο αλογόνο κατάλαμβάνει κατά σειρά τη θέση *όρθο*, ή *μέτα* ή και *πάρσα*³. Ο τύπος του βενζολίου με την εναλλαγή των διπλών δεσμών από απλούς έφερε νέες προτάσεις για τη δομή (σύνταξη) του βενζολίου. Αυτές δεν ευδοκίμησαν, αλλά συνέβαλαν στις απαραίτητες διευκρινήσεις στον εξαγωνικό τύπο από τον Kekulé. Στην παρακάτω εικόνα έχουμε μερικές προτάσεις για τη σύνταξη του βενζολίου την εποχή της δεκαετίας 1865-1875.



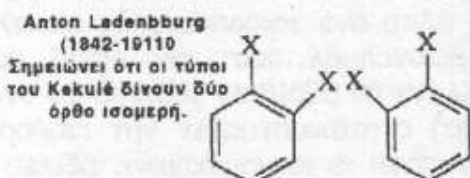
³ Τους χαρακτηρισμούς *όρθο*, *μέτα* και *πάρσα* τους υπέδειξε ο Ιταλός συνεργάτης του Ladenburg και βοηθός του Kekulé στα 1874 Wilhelm Guglielmo Körner (1839-1911), με τους οποίους επισήμανε τις τρεις διαφορετικές θέσεις του βενζολίου όταν υποκατασταθούν τα δύο από τα έξι ισοδύναμα υδρογόνα του και σχηματίσουν ενώσεις του τύπου $C_6H_4X_2$ ή C_6H_4XY .

Ο Γερμανός φοιτητής του Kekulé στα 1869 Albert Ladenburg (1842-1911), κατόπιν καθηγητής στη Heidelberg (Χαϊδελβέργη) πρότεινε έναν εναλλακτικό τύπο για το βενζόλιο, τον αποκαλούμενο *πρισματικό τύπο* (ο τύπος II του παρακάτω σχήματος) με δύο ακόμη εναλλαγές του (τύπος I και III).

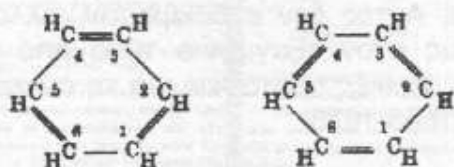


Τρεις εναλλακτικές δομές του βενζολίου από τον Albert Ladenburg (1842-1911).

Σ' αυτόν τον τύπο κατέληξε ο Ladenburg, γιατί θεώρησε ότι, ο εξαγωνικός τύπος του βενζολίου με τους απλούς-διπλούς δεσμούς θα έδινε δύο ισομερή στη θέση *όρθο*, ένα ισομερές με τους δύο υποκαταστάτες να συνδέονται με άνθρακες με διπλό δεσμό και ένα με άνθρακες που συνδέονται με απλό, όπως φαίνεται στο αποκάτω σχήμα.



Αυτή το πρόβλημα ο Kekulé το διόρθωσε 1872, προτείνοντας το μη εντοπισμό των διπλών στο βενζολικό πυρήνα, όπως μετονομάστηκε ο βενζολικός δακτύλιος. Η ιδέα του Kekulé ήταν να μην έρθει σε σύγκρουση με τις αντιλήψεις του σθένους, αλλά να εφαρμόσει μια ταλάντευση του διπλού δεσμού μέσα στον εξαμελή δακτύλιο του βενζολίου, ουσιαστικά να ρίξει μία ιδέα, που μπορεί να θεωρηθεί ως πρόδρομη της σύγχρονης αντίληψης του συντονισμού (resonance).

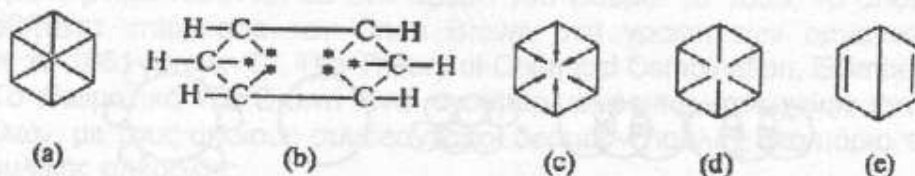


Η διόρθωση του εξαγωνικού δακτύλιου με την προσθήκη των διπλών δεσμών των μη εντοπισμένων από τον Kekulé το 1872 ως απάντηση στην κριτική του Ladenburg.

Παρουσιάζει ο Kekulé τους δακτύλιους με αριθμημένα τα ανθρακοάτομα και να έχει για παράδειγμα μεταξύ των ατόμων άνθρακα 1 και 2 διπλό δεσμό στον ένα τύπο και απλό στον άλλο, υποδεικνύοντας ότι οι δεσμοί ταλαντεύονται ή τρέχουν μέσα στο δακτύλιο χωρίς να βρισκόμαστε σε θέση να εντοπιστούν σε συγκεκριμένες θέσεις οι απλοί ή οι διπλοί δεσμοί.

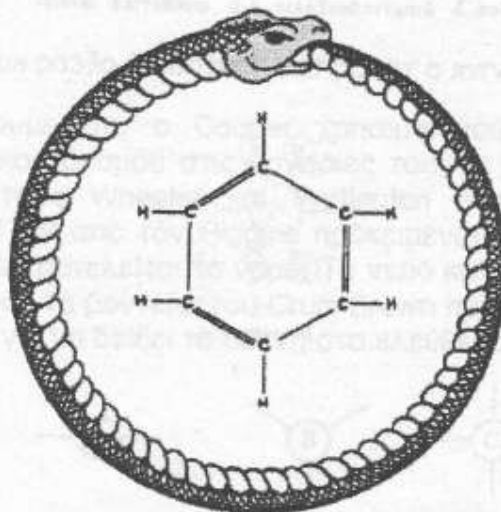
Με τη συμπλήρωση αυτή καθιερώνεται ο αρωματικός πυρήνας, παρ' όλο που την εποχή εκείνη εμφανίστηκαν και κάποιες άλλες προτάσεις, όπως του James Dewar (1842-1923) στα 1867, μαθητής του Kekulé και καθηγητής Χημείας στο Royal Institution στο σχήμα (e) όπου υπάρχει ένας μεγάλος διαγώνιος δεσμός. Άλλη είναι του Lothar Meyer στα 1872 στη δεύτερη

έκδοση του εγχειριδίου του «*Modernen Theorien der Chemie*», ο οποίος εισήγαγε την ιδέα το τέταρτο σθένος του άνθρακα να είναι ελεύθερο κάνοντας το δακτύλιο να εμφανίζει μια *ελεύθερη συγγένεια* (free affinity, βλέπε σχήμα b). Ο τύπος (a) είναι του Adolf Carl Ludwig Claus (1840-1900) με μακρείς δεσμοί διαγώνιους, ο τύπος (c) προτάθηκε από τον Henry Edward Armstrong (1848-1937) στα 1887 και ο τύπος (d) του Adolf von Bayer (1837-1917) στα 1890.



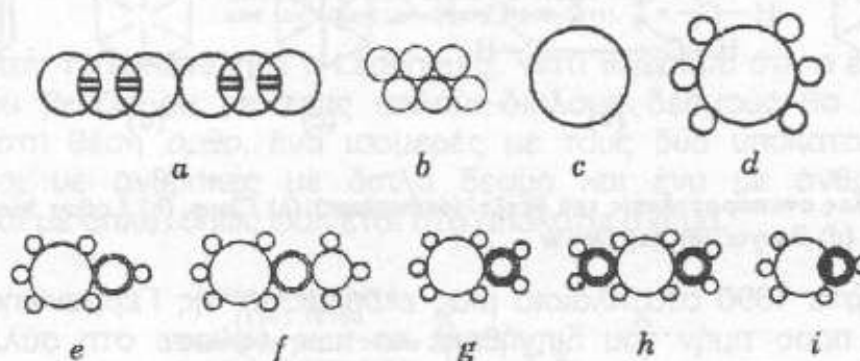
Ποικίλες αναπαραστάσεις του βενζολίου (benzene): (a) Claus, (b) Lothar Meyer, (c) Armstrong, (d) Bayer και (e) Dewar

Ο Kekulé στα 1890 στα πλαίσια μιας εκδήλωσης της Γερμανικής Χημικής Εταιρείας προς τιμήν του διηγήθηκε το πως έφθασε στη σύλληψη του εξαγωνικού του δακτυλίου. Λαγοκοιμόταν σε ένα λεωφορείο και είδε στον ύπνο του ένα φίδι να δαγκώνει την ουρά του.



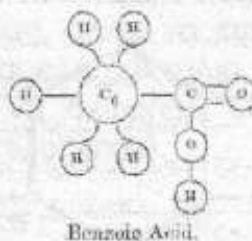
Φυσικά ήταν ένα προκάλυμμα για να αποκρύψει τις πραγματικές μελέτες, που τον οδήγησαν σε αυτό και όπως φαίνεται ήταν οι μελέτες του Crum Brown και του Josef Loschmidt του 1861. Το Loschmidt ο Kekulé τον γνώριζε, όσο και την εργασία του, που είχε εκδόσει στη Βιέννη με δικά του έξοδα, απευθυνόμενο σε φοιτητές για το μάθημα της Χημείας και στο οποίο οι τύποι των ενώσεων θα πρέπει να οδήγησαν τον Kekulé αρχικά στους λουκανοειδείς τύπους του και στη συνέχεια οι τύποι του Crum Brown τον οδήγησαν στα εξάγωνα. Από τον βιογράφο του Kekulé Richard Anschütz, ο οποίος με επιμονή εξονυχιστικά μάζεψε πολλά στοιχεία από την επιστημονική δράση του προσώπου, που σκιαγράφησε, ανακάλυψε ότι, στην αναφορά του Kekulé στη Γαλλική Ακαδημία του 1865, υπήρχε η υποσημείωση, η οποία έλεγε ότι, οι δικόι του τύποι ήταν προτιμότεροι από αυτούς του Crum Brown και Joseph Loschmidt. Άρα γνώριζε τις εργασίες

τους, ιδιαίτερα αυτή του Loschmidt, που πραγματικά γοητεύει για την ορθότητα των συντακτικών τύπων και θλίβει, γιατί αυτοί δεν έγιναν γνωστοί στην επιστημονική κοινότητα. Ο Couper γνώρισε τον αθέμιτο ανταγωνισμό από αυτόν το μεγάλο της Χημείας, οι άλλοι αποσιωπήθηκαν εντέχνως και αντικαταστάθηκαν από την έμπνευση ονείρων. Οι τύποι του Loschmidt, το πόσο επηρέασαν τον Kekulé, συνηγορεί και ένα γράμμα του, στο οποίο μαρτυρεί απαξιωτικά ότι, οι τύποι του Loschmidt είναι «τύποι σύγχυσης» (Confusion Formeln).



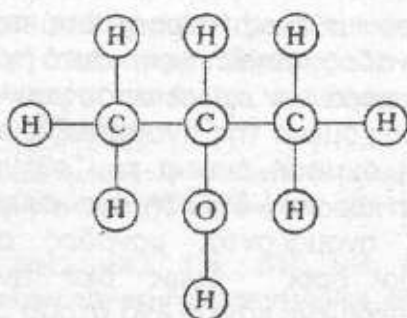
Τύποι αρωματικών ενώσεων του LOSCHMIDT
a πυρήνας βενζολίου (trial), *b* πυρήνας βενζολίου (trial),
c πυρήνας βενζολίου, *d* βενζόλιο, *e* φαινόλη, *f* μεθοξυβενζόλιο,
g ανιλίνη, *h* διαμινοβενζόλιο, *i* υποθετικό ιμίδιο.

Αμέσως μετά εκτίθενται ο τύπος του βενζοϊκού οξέος κατά Crum Brown στα 1865.

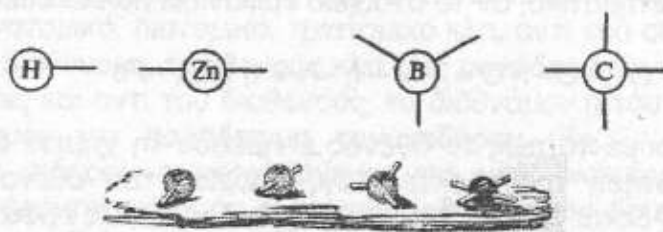


3.9 Η επιβολή του σθένους στις πρώτες ελληνικές χημείες

Οι τέσσερις μονάδες συγγένειας (four affinity units) του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις, αυτές που ονομάζουμε σθένος (valence) του άνθρακα και αυτές οι οποίες τον χαρακτηρίζουν ως τετρασθενικό (tetravalent), ερμήνευαν πολύ καλά τη δομή των κορεσμένων ενώσεων, αλλά υπήρχαν δυσκολίες για την ερμηνεία των ακορεστών. Η γραμμή ή παύλα (κεραία κατά Βαρούνη, 562), που αναπαριστούσε τους χημικούς δεσμούς μεταξύ δύο ατόμων, μνημονεύονται σε ένα άρθρο του Couper το 1858, το οποίο αναμφισβήτητα επηρέασε τον Crum Brown στη γραφή των οργανικών ενώσεων το 1861 (Brown C., *The Theory of Chemical Combination*, Edimburg, 1861). Το ιδιωτικό του Brown είναι ο συμβολισμός των στοιχείων εντός των κύκλων, με τους οποίους συνδέονται οι δεσμοί – παύλες στο μόριο της ισοπροπυλικής αλκοόλης.



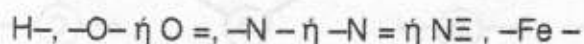
Πρέπει να σημειώσουμε ότι, ο Couper χρησιμοποιούσε δύο τρόπους απεικόνισης του χημικού δεσμού στις εργασίες του, με παύλα ή με τρεις τελείες (...). Κατά τους Wheeler και Partington η ιδέα της παύλας χρησιμοποιήθηκε το 1789 από τον Higgins προκειμένου να ενώσει τα δύο στοιχεία από τα οποία αποτελείται το νερό. Το νερό κατά τον Higgins είναι $\text{I} - \alpha$. Τις απόψεις και τα μοντέλα του Crum Brown προώθησε ο Frankland και τα χρησιμοποίησε για να δείξει τα σθένη στα ελεύθερα άτομα.



Ο διπλός δεσμός μεταξύ ατόμων άνθρακα άργησε να καθιερωθεί. Ο Kekulé πίστευε ότι το κάθε στοιχείο εμφάνιζε σταθερότητα ως προς τον αριθμό των μονάδων συγγένειας (δηλαδή του σθένους). Ο Kekulé πίστευε ότι οι δεσμοί αυτοί (ατομικότητες ή μονάδες συγγένειας) ανήκαν στο ίδιο επίπεδο, όπως βλέπουμε στα παραπάνω μοντέλα που χρησιμοποιούσε. Ο Erlemeyer πίστευε ότι, ένα στοιχείο μπορεί να εμφανίζει πολλούς αριθμούς μονάδων συγγένειας (πολλά σθένη) και το χαρακτηριστικό ήταν η μέγιστη τιμή αριθμού συγγενειών (valencies) που μπορούσε να αποκτήσει. Δηλαδή ένα άτομο στοιχείου μπορεί να δράσει μερικώς ή ολοκληρωμένα με το άτομο άλλου στοιχείου και από τον τρόπο αυτής της δράσης να

εκδηλωθούν οι ειδικές συγγένειες που παρατηρούμε στο εν λόγω στοιχείο. Για παράδειγμα ο άνθρακας είχε δύο μονάδες συγγένειας (στο CO) ή τέσσερις (στο CO₂); Αυτό οδήγησε τον Butleron το 1861 στις προτάσεις του για τη χημική δομή, ότι, η ύπαρξη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα μας οδηγεί στις 2 και 4 μονάδες συγγένειας του άνθρακα και από εκεί στο συμπέρασμα ότι οι δεσμοί C – H στο μεθάνιο δεν είναι της ίδιας ισχύος. Γρήγορα αυτή η υπόθεση υπέστη την κριτική από τον Erlenmeyer το 1862, ο οποίος σταμάτησε την εγκαθίδρυση της. Φυσικά, υπήρχαν σαφείς δυσκολίες να ερμηνευτούν οι ποικιλίες σθενών ενός ατόμου του ίδιου στοιχείου, καθώς και η ισοδυναμία των τεσσάρων δεσμών του άνθρακα, όταν ήταν άγνωστη η αιτία με την οποία συνδέοντα τα άτομα, δηλαδή τα ηλεκτρόνια, τα οποία διαφέρουν ως προς την ενέργειά τους (*s*, *p*, *d*, *f* ηλεκτρόνια) στις διάφορες υποστιβάδες και με την υβριδοποίηση των τροχιακών τους δίνουν άτομα με δεσμούς ίσης ισχύος.

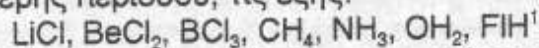
Με την καθιέρωση του όρου *σθένος* (valency) από τον Hofmann, αντί του όρου *ατομικότητα* ή *μονάδες συγγένειας*, αυτό γίνεται ένα εργαλείο πρόβλεψης για τη συμπεριφορά των ενώσεων σε μια αντίδραση. Το χημικό φαινόμενο αποκτά το περιεχόμενο της αναδιάταξης των χημικών δεσμών, που καθορίζονται από τη συμφυή έννοια του σθένους. Το σθένος των στοιχείων σημειώνεται με *κεραία*, δηλαδή ένα ευθύγραμμο τμήμα, ο δε αριθμός των τμημάτων ονομάζονται *μονάδες σθένους* ή *μονάδες συγγένειας*. Και οι δύο όροι όμως δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, διότι θα περίμενε κανείς ένα άτομο στοιχείου πολυσθενές όπως ο άνθρακας (quadrivalent κατά Kekulé, τετρασθενής) θα ήταν δραστικότερο από ένα μονοσθενές άτομο στοιχείου. Συμβαίνει όμως το αντίθετο, γι' αυτό η μονάδα σθένους εκφράζει πιο σωστά την *ενωτική ικανότητα* του ατόμου του στοιχείου. Οι κεραίες αυτές του σθένους εκκινούν από το σύμβολο του στοιχείου και στο άλλο άκρο καταλήγουν στο σύμβολο του άλλου στοιχείου, αποδίδοντας με αυτόν τον τρόπο το χημικό δεσμό των δύο στοιχείων στην περίπτωση αυτή. Η απεικόνιση του στοιχείου με τις κεραίες του, απλά απεικονίζουν την ενωτική του ικανότητα, η οποία όμως είναι σε ερωτηματικό, αν το στοιχείο εμφανίζει πολλά σθένη.



Για να αντιληφθούμε το πως το σθένος επηρέασε τη χημεία από το 1870 μέχρι τη συγκρότηση της ηλεκτρονικής θεωρίας του σθένους κατά τη δεύτερη και τρίτη δεκαετία του 20ου αιώνα, θα δούμε πως εμφανίστηκε στις ελληνικές χημείες, ένα γεγονός που συνδέεται με την ιστορία του Πανεπιστημίου της Αθήνας και μάλιστα του χημικού τμήματος.

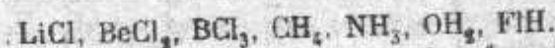
Η πρώτη εμφάνιση του σθένους εμφανίζεται στην ανόργανη χημεία του Α. Χρηστομάνου 1887. Η απόδοσή της ήταν δύναμις ή αξία, μετάφραση του valence στηριζόμενη στο value = τιμή ή αξία ή εκτίμηση. Στο δεύτερο μέρος ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ, του καθηγητή που ανέδειξε τη χημεία στο ελληνικό πανεπιστήμιο, συναντάμε το κεφάλαιο με το *Περιοδικόν Σύστημα των Στοιχείων* (σ. 657, 512) «ήτοι Φυσικόν Σύστημα των Στοιχείων», στο οποίο αναγράφονται όλες οι δυνατές αποδόσεις του σθένους. «Αι σχέσεις (θυμίζει Ζοφρούα) και συγγένειαι αύται έτι σαφέστερον παρίστανται, εάν εν

συνόλω παρατηρηθώσι και εάν καταστρωθώσι τα στοιχεία άπαντα εν τω λεγομένω **περιοδικώ**...» και πιο κάτω «...το περιοδικόν σύστημα βασίζεται επί της καθ' ομάδας κατατάξεως των στοιχείων αναλόγως του μεγέθους των ατομικών αυτών βαρών». Και «**τοιουτοτρόπως οι κάθετοι σειραί εμπεριέχουσι τας διαφόρους φυσικάς οικογενείας των στοιχείων, οίον τα μέταλλα των αλκαλίων, τα μέταλλα των αλκαλικών γαιών...Εν εκάστη των οικογενειών ήτοι ομάδων τούτων το ατομικόν βάρος των απαρτιζόντων αυτάς στοιχείων αυξάνεται ως έγγιστα κατά τον αυτόν αριθμόν, καθόσον εκ τινος οριζοντίου σειράς προβαίνομεν εις ετέραν, προσέτι δε, μεθ' ωρισμένα διαλλείμματα, επανέρχονται πάλιν εν τη σειρά ταύτη κατά περιόδους όμοια ή **συγγενή στοιχεία**...». Λαμβάνοντας **μονατομικά**, δηλαδή μονοσθενή στοιχεία, όπως το υδρογόνο και το χλώριο, σχηματίζει ενώσεις των στοιχείων της δεύτερης περιόδου, τις εξής:**

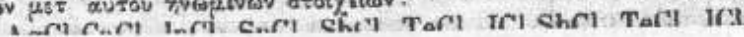


Σημειώνει στη συνέχεια: «ο αριθμός των ατόμων των μονατομικών στοιχείων, άτινα ενούνται μεθ' ενός ατόμου των στοιχείων των διαφόρων ομάδων, ήτοι η χημική ικανότης, **δύναμις ή αξία** αυτών, ως την απεκαλέσαμεν, είναι λοιπόν κατά τα ανωτέρω επίσης περιοδική τις συνάρτησις του ατομικού βάρους».

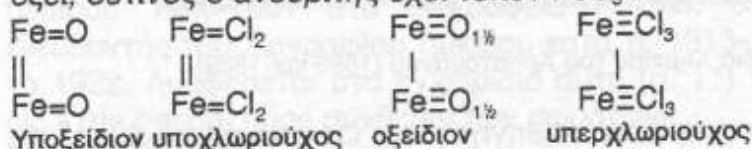
Ίδιαζουσαι σχέσις όμοιότητος προκύπτουσι προσέτι κατά την σύγκρισιν των μεθ' υδρογόνου και χλωρίου ενώσεων των στοιχείων διαφόρων ομάδων :



Ο αριθμός των ατόμων των μονατομικών στοιχείων, άτινα ενούνται μεθ' ενός ατόμου των στοιχείων των διαφόρων ομάδων, ήτοι η χημική ικανότης, **αυτών**, ως την απεκαλέσαμεν, είναι λοιπόν κατά τα ανωτέρω επίσης περιοδική τις συνάρτησις του ατομικού βάρους. Έάν ης νυν λάβωμεν άλλην τινά σειράν, περιέχουσαν στοιχεία κατά δύο διαφόρους ποσοτικούς λόγους μετά του χλωρίου ενούμενα, εύρισκομεν και ένταύθα ότι ο αριθμός των ατόμων του χλωρίου κατ' άρχάς μόν αυξάνεται, ύπερον όμως έλαττοῦται μετά του αύξοντος ατομικού βάρους των μετ' αυτού ήνωμένων στοιχείων :



Ο Χρηστομάνος χρησιμοποιεί εκτεταμένα τις έννοιες ατομικότητα και τα παράγωγα **μονατομικό, διατομικό, τριατομικό κλπ**, αντί του σθένους και του μονοσθενούς, δισθενούς, τρισθενούς κλπ., τις **μονάδες συγγένειας**, μία δύο τρεις ή τέσσερις και αντί του δισθενούς, το **διδύναμον** ή του τετρασθενούς το **τετραδύναμον** για παράδειγμα του σιδήρου (FeO), «...**δύο άτομα τετραδυνάμου σιδήρου συγκρατούμενα υπό μιας εκατέρωθεν μονάδος συγγένειας**, φέρονται ως ομάς **εξατομική, εξαδύναμος δε εν τω σιδηρικό οξει**, ούτινος ο ανυδρίτης έχει τύπον FeO₃».



Στην οργανική χημεία του Χρηστομάνου, ένα ογκώδες αριστουργηματικό έργο για την εποχή εκείνη, έκδοση του 1889, μιλάει για τις **τέσσαρες μονάδες συγγένειας** του άνθρακα, για τετρατομικό άνθρακα C, **εξατομικόν** C₂, όταν δύο ανθρακοάτομα συνδέονται μεταξύ τους με μία κεραϊαν,

¹ Το φθόριο γράφεται με σύμβολο τότε FI και όχι F, από το fluoro που σημαίνει ρευστικόν.

οκτατομικόν C₈ ... κ.ο.κ. Στη συνέχεια ένα φωτοτυπημένο απόσπασμα από την Οργανική Χημεία του Χρηστομάνου. [151]

Σύστασις τῶν ενώσεων τοῦ ἀνθρακος.

Ὁ ἀνθραξ εἶναι στοιχεῖον τετρατομικόν, ἡ δὲ ἀπλουστέρη ἔνωσις αὐτοῦ εἶναι τὸ ἐλαῶδες αἴριον ἢτοι μεθάνιον, CH₄. τὸ σῶμα τοῦτο εἶναι ὑδρογονάνθραξ, τὰ δὲ 4 ἄτομα ὑδρογόνου, ἃ ἐμπεριέχει, δύνανται ν' ἀντικαταθῶσι ὑπὸ ἄλλων στοιχείων· οὕτω προκύπτουσι δι' ἀντικαταστάσεως τοῦ ὑδρογόνου ὑπὸ μονατομικοῦ χλωρίου, τὰ ἐπόμενα νέα σώματα:



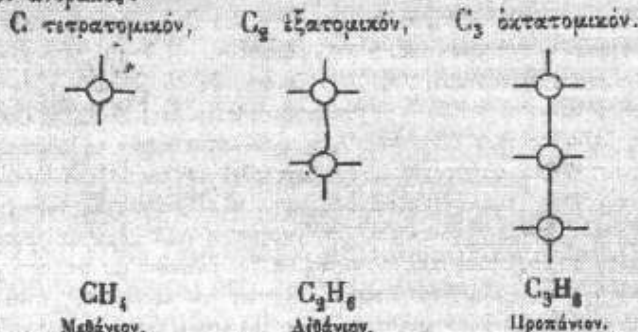
Ἄλλ' αἰ... τοῦ ἀτόμου τοῦ ἀνθρακος δύνανται καὶ ὑπὸ διατομικῶν στοιχείων νὰ καρεσθῶσιν, ὡς ἐν τῷ διαξειδίῳ τοῦ ἀνθρακος, CO₂, ἢ ἐν τῷ διθειούχῳ ἀνθρακι, CS₂, ἢ καὶ ὑφ' ἑ τριατομικοῦ καὶ ἑ μονατομικοῦ, ὡς ἐν τῷ ὑδροκυανικῷ ὄξει, CNH, κλπ.

Ὅταν δὲ ἐνωθῶσι μετ' ἀλλήλων 2 τετρατομικὰ ἄτομα ἀνθρακος, ἡ ἀπλουστέρη τῶν περιπτώσεων εἶναι νὰ κορέννται 1 μονὰς συγγενείας

Ἐρευνῶντες περὶ τῶν αἰτίων τῆς διὰ σχετικῶς ὀλίγων παραγόντων ἐπιτυγχανομένης ποσαύτης ποικιλίας, εὕρισκόμεν ὡς ἐξήγησιν τὴν ιδιότητα τῶν ἀτόμων τοῦ ἀνθρακος, ἦν ταῦτα κατέχουσιν ἐν ἀσυγκρίτως μείζονι βαθμῷ τῶν ἀτόμων οὐοῦδήποτε ἄλλου στοιχείου, νὰ ἐνδύνται μετ' ἑαυτῶν διὰ μέρους τῶν μονάδων τῆς συγγενείας αὐτῶν· εἶναι δηλαδὴ ἀναρτῆρητον ὅτι 2 ἢ 3 ἄτομα ἢ καὶ μείζων ἀριθμὸς ἀτόμων ἀνθρακος ἀποτελοῦσι διὰ χημικῆς μετ' ἀλλήλων ἐνώσεως μίαν τινα ἀμάδα, δυναμένην νὰ δράσῃ ὡς εἶν ἢτο ἐν χημικὸν σῶμα, εἰσερχόμενον εἰς τὰς χημικὰς ἐνώσεις καὶ ἐξερχόμενον ἐξ αὐτῶν διὰ τῆν ἀπλοῦ στοιχείου.

Ἄλλὰ καὶ ἰσίαν τοῦ ἀνθρακος νομοῖομεν ιδιότητα διακρίνουσαν

ατομῶν ἀνθρακος:



Ἐάν δὲ 4 ἄτομα ἀνθρακος συνδυασθῶσι μετ' ἀλλήλων, μένουσιν ἐξ αὐτῶν 10 μονάδες συγγενείας, αἵτινες, δι' ὑδρογόνου καρεσθίσαι, παράγουσι τὸν ὑδρογονάνθρακα C₄H₁₀, ἢτοι τὸ Βουτάνιον κ. οὐ. κ. Ἀπλῆ δὲ παραβολὴ τῶν ἀνωτέρω τύπων πείθει ὅτι ἕκαστος τῶν ὑδρογονανθράκων καὶ τῶν ἄλλων ἀντικαταστάσεων, κατὰ τὴν στοιχειομετρίαν...

Από τα εγχειρίδια Χημείας του Χρηστομάνου (1886 και 1889).

Στην Οργανική χημεία του πρώτου καθηγητή της Οργανικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας Γεωργίου Ματθαίοπουλου [«Εγχειρίδιον Οργανική Χημείας», τόμος I, ΛΙΠΑΡΑΙ ΕΝΩΣΕΙΣ, Εν Αθήναις 1917], παρόλο που αποτελούσε τον πρώτο τόμο, ήταν ένα ογκώδες έργο 900 σελίδων, θίγεται στο 2ο κεφάλαιο η θεωρία των ριζών του Berzelius και η θεωρία των τύπων του Gerhardt. Αναφέρεται ο Couper και ο Kekulé ως οι εδραιωτές της «νεώτερης» συντακτικής θεωρίας, και εισάγει τη χαρακτηριστική ιδιότητα ενός ατόμου, «τη δυνατότητα συναρμογῆς μετὰ ωρισμένου μικροῦ αριθμοῦ

άλλων ατόμων να ενωθή» και την ιδιότητα την αποκαλεί **δύναμις** ή **σθένος**, προτιμώντας στη συνέχεια να χρησιμοποιεί το σθένος. Ο άνθραξ είναι στοιχείον τετρασθενές κλπ.

Για το μονξείδιο του άνθρακα, C=O, σημειώνει ότι: «δεν χρησιμοποιεί όλον αυτού το σθένος...». Ομιλεί όμως και για τις τέσσαρες μονάδες συγγένειας των ατόμων του άνθρακος, οι οποίες είναι ισοδύναμοι. Επηρεαζόμενος από την ατομικότητα, γράφει πιο κάτω για διατομικό, δηλαδή δισθενές οξυγόνο.

Όταν η έδρα της φυσικοχημείας χωρίστηκε στα δύο, σε ανόργανη κι οργανική χημεία (βλέπε στο ιστορικό της χημείας στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας), την έδρα της ανόργανης κατέλαβε ο έταιρος διάδοχος του Χρηστομάνου, ο Κ. Ζέγγελης. Πριν γίνει γνωστή η ηλεκτρονική θεωρία του σθένους, από το «Εγχειρίδιον Ανοργάνου Χημείας», έκδοση του 1920 του Ζέγγελη, (513), αφιερώνει στη σελίδα 53 δυο σελίδες για το «**σθένος ή ατομικότητα**» των στοιχείων. Γράφει για παράδειγμα το υδρογόνο, «μετά την ένωσιν ενός ατόμου μεθ' ενός ατόμου Cl...λέγομεν ότι η χημική συγγένεια του ενός κορέννυται υπό της του άλλου ή ότι εν άτομον υδρογόνου επαρκεί ίνα κορέση εν άτομον χλωρίου, η δε ένωσις λέγεται τότε κορεσμένη· δεν συμβαίνει όμως αυτό μετά του οξυγόνου». Η χημική συγγένειά του υδρογόνου ως προς το χλώριο, μετά την ένωσή τους παύει να υφίσταται. [Οι υπογραμμίσεις είναι του συγγραφέα]

Συνεχίζει για τις μονάδες συγγένειας των διαφόρων στοιχείων και το συμβολισμό της ατομικότητας με γραμμάς, όπως π.χ. H-, K-, O=, NΞ ή -N= κλπ. Η μακρόχρονη διάρκεια της επιρροής του Ζέγγελη στα χημικά δρώμενα της πατρίδας μας είχε και μερικές παρενέργειες, να διατηρηθούν αναχρονιστικές έννοιες της χημείας και να διδάσκονται τα ίδια και το 1944, όταν στην όγδοη έκδοση του προαναφερόμενου διδακτικού εγχειριδίου για τους φοιτητές του χημικού τμήματος, γράφει τα ίδια, μόνον μερικές φτωχές προσθήκες έχουν γίνει για τη δομή του ατόμου με παντελή απουσία των χημικών δεσμών (ομοιοπολικού-ετεροπολικού κλπ.).

Ένα πολύ σπουδαίο και συγκροτημένο για τα δεδομένα τότε εγχειρίδιο χημείας είναι του Αθανάσιου Ιωάννου, δασκάλου Χημείας και των Φυσικών Επιστημών στο Ζωγράφιο Λύκειο της Πόλης, που έγραψε το 1910. Το διδακτικό αυτό εγχειρίδιο με 512 πυκνογραμμένες σελίδες, γράφτηκε απ' ότι διαβάσαμε στον πρόλογο, για να καλύψει τις δυσχέρειες που δοκίμασαν οι διδασκόντες του μαθήματος ανόργανης κι οργανικής χημείας κατά την περίοδο 1895-1901 στο Ζωγράφιο Λύκειο. Ο ίδιος διετέλεσε και Διευθυντής του Ζωγραφίου Λυκείου κατά το 1913-1914 και από το 1916 ως το 1922. Αναφέρεται στο εγχειρίδιο αυτό (σ. 11) για τη **χημική συγγένεια** ως «*την έφεσιν προς σύνθεσιν των σωμάτων*».

ΧΗΜΙΚΗ, ΣΥΓΓΕΝΕΙΑ. — Κατά τὰ προεκταθέντα, στοιχεία χημικά ἐνοῦνται μὲ ἄλλα πρὸς πυκρότησιν συνθέτων σωμάτων καὶ τὰνά-ταῖν, σύνθετα σώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μορφῆς τινὸς τῆς ἐνεργείας ἀποχωρίζονται εἰς τὰ συστατικὰ αὐτῶν στοιχεία. Πρὸς ἐξήγησιν τῆς μεγάλης ἐρίσεως καὶ ὁρμῆς τῶν στοιχείων πρὸς ἔνωσιν ὑπὸ ὀρισμένης συνθήκας, παρεδέχθησαν ἀνέκαθεν αἰτίαν τινὰ τῶν χημικῶν φαινομένων ἦν ἀπεκάλασαν [redacted] ἴσως ὅλος ἀναρμονικός, καθ' ὅσον, κατὰ κανόνα σχεδὸν γενικόν, κρεσσὶς πρὸς σύνθεσιν ὑφίσταται μεταξὺ τῶν σωμάτων ἐκείνων, ἄτερο οὐδὸς παρουσιάζουσι συγγενεῖ. ἰδιότητος. Διὰ τῆς λέξεως ταύτης πρέπει νὰ νοῶμεν ὅτι εἰκονίζεται ἡ τάσις, μεθ' ἧς τὰ σώματα ἤφρονται, κινούνται πρὸς ἄλληλα πρὸς ἔνωσιν ἢ τάσις, δὲ αὐτῶν προκίπται ὡς ἐκ τῆς ἀνισορροπίας κοσότητος τῆς [redacted] τῆς ἐγκλεισμένης εἰς τὰ σώματα ταῦτα ἀπαράλλακτα ὅπως γίνεται ἀκτινοβολία μεταξὺ δύο ἢ πλείονων σωμάτων ἀντιπυθρομαντικῆν ἐνεργείαν ἐγκλειόντων μέχρις οὗ ἐπέλθῃ [redacted] ἢ μεταφορὰ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μεταξὺ δύο αγωγῶν ἀνισῶν ηλεκτρικῆν ἐνεργείαν ἐγκλειόντων (διαφορὰ ηλεκτρικῆς τάσεως) ὥστε ἡ σημασία τῆς χημικῆς συγγενείας εἶναι διαφορὰ τῆς χημικῆς τάσεως μεταξὺ δύο σωμάτων.

Από τη Χημεία του κ. Ιωάννου, επανέκδοση στην Κωνσταντινούπολη το 1921.

Για το σθένος ο Ιωάννου αναφέρεται εκτεταμένα, χρησιμοποιώντας στην ορολογία αντί το εξαδύναμο ή τετραδύναμον του Χρηστομάνου το εξασθενές για τη ρίζα $\Xi\text{Fe}-\text{Fe}\Xi$ ή το τετρασθενές για τη ρίζα $=\text{C}=\text{C}=\text{}$. Παρακάτω φαίνεται και ο ορισμός του σθένους που δίνει. [143]

ὅπως καὶ τὸ σθένος τῶν στοιχείων διὰ κεραίας ἢ κεραίων τιθεμένων περὶ τοῦ συμβόλου τοῦ στοιχείου. Ὅπως :

$$\cdot \text{H} \cdot \quad \text{O} = \eta \cdot \text{O} \cdot \quad \text{N} \equiv \eta \cdot \dot{\text{N}} \cdot \quad \text{C} \equiv \eta \cdot \dot{\text{C}} \cdot$$

ἐκάστη κεραία συμβολίζει καὶ μίαν μονάδα συγγενείας. Ἐπομένως πρὸς σχηματισμὸν ἐνώσεως πρέπει ἀμοιβαίως νὰ κορεσθῶσιν (αἱ κεραῖαι νὰ συνεκωθῶσι) τὰ σθένη τῶν συνερχομένων στοιχείων Ὅπως: $\text{H} \cdot - \text{Cl} = \text{H} \cdot (\text{Cl}) = \text{HCl}$.
 $\text{H} \cdot - \text{O} \cdot - \text{H} = \text{H} \cdot \text{O} \cdot \text{H} = \text{H}_2\text{O}$,

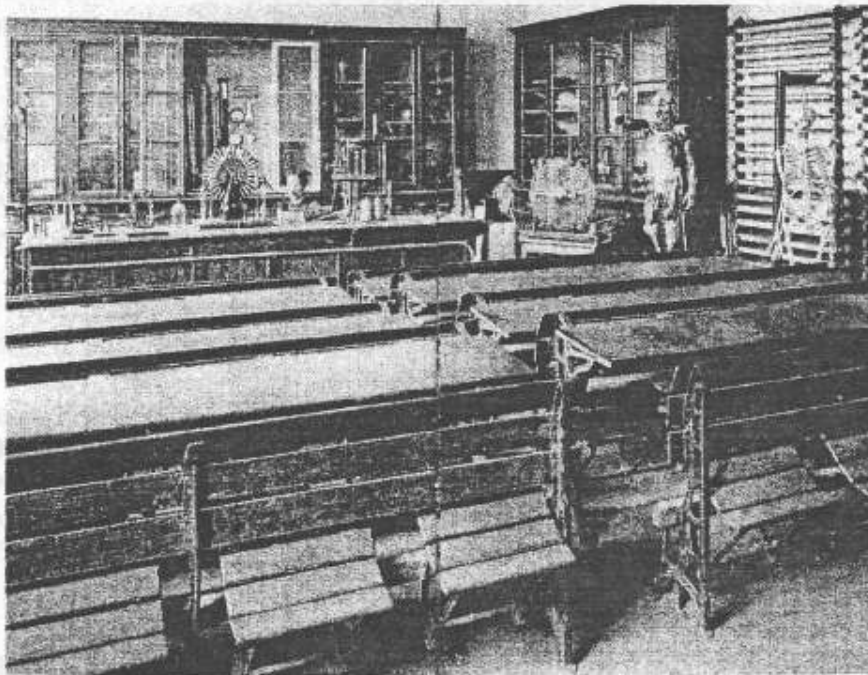
$$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{N} \\ \diagup \\ \text{H} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array} = \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{N} \\ \diagup \\ \text{H} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array} = \text{NH}_3$$

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} = \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} = \text{CH}_4 \text{ καὶ } \text{O} = \text{C} = \text{O} = \text{CO}_2$$

Ἐὰν ἐκ τῶν ἄνωθεν ἀναλελυμένων τύπων ἀφαιρέσωμεν ἐξ ἐκάστου [redacted] δὲν θεωρεῖται καὶ [redacted]



Από τη Χημεία του κ. Ιωάννου, επανέκδοση στην Κωνσταντινούπολη το 1921.



Αίθουσα διδασκαλίας θετικών επιστημών του Ζωγραφίου Λυκείου της Κωνσταντινούπολης στις αρχές του 20ου αιώνα.

Ένα άλλο προτελευταίο διδακτικό βιβλίο Χημείας είναι η «ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ» του Θ. Βαρούνη, καθηγητή του ΕΜΠ, έκδοση του 1944, τόμος Α', που αποτελεί ένα καλοδουλεμένο κι εμπειριστατομένο εγχειρίδιο χημείας με πολλά στοιχεία της προσωπικότητας του συγγραφέα, τα οποία το κάνουν ξεχωριστό. Στη σελίδα 113 έχει παράγραφο με τίτλο: «**Ενωτική τάσις ή Χημική Συγγένεια**» και στην 75η σελίδα υπάρχει άλλη παράγραφος με τίτλο: «**Σθένος ή και Δύναμις των Στοιχείων**». Το νέο στην τελευταία αναφερόμενη παράγραφο είναι ο ορθός συμβολισμός του σθένους με λατινικούς αριθμούς.

Τελευταίο βιβλίο με τίτλο: «ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ και ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ» αφήνεται για σχολιασμό και είναι του Κ. Καββασιάδη, καθηγητή ανόργανης χημείας στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, έκδοση του 1963. Πραγματικά εντυπωσιακό με γλωσσολογικούς νεωτερισμούς, δείχνει έναν επιστήμονα, που θέλει να μπολιάσει με τα σύγχρονα θεωρητικά δεδομένα της χημείας στο ελληνικό της παράρτημα. Το βιβλίο διδάσκει την ιστορική εξέλιξη και δόμηση των χημικών εννοιών, οπότε εμβολιάζει τον αναγνώστη με ψήγματα φιλοσοφίας. Προσπαθεί, όπου είναι δυνατόν, να συνδέσει τις σημερινές θεωρητικές γνώσεις της χημείας με την ιστορική μας κληρονομιά, τους στοχασμούς των φυσιοκρατών φιλοσόφων μας.

Μερικές καινοτομίες με άψογη χρήση της ελληνικής γλώσσας, όπως η απόδοση του spin σε στρομβοστροφία, της σύντηξης σε ατομική τήξιν ή συγχώνευσιν. Τον υβριδισμό τον αποκαλεί σε παρένθεση και μικτογένεια και τα τροχιακά μικτογενείς καταστάσεις ή υβρίδια. Και κάτι για το σθένος στη σελίδα 327. «Εκ των ηλεκτρονίων σθένους εκείνο που έχει την μεγίστην ενέργειαν ονομάζεται **ηλεκτρόνιο φωτοβολίας** και σχετίζεται με την παραγωγήν του φωτεινού φάσματος». Ο Καββασιάδης αναφέρεται στη χημική συγγένεια, ως της δύναμης που φέρει τις ουσίες προς ένωση, την καταγωγή της από τον Albertus Magnus το 13ο αιώνα, τον ορισμό του Berthollet το 1803 ως «*την ελκτικήν δύναμιν μεταξύ των ελαχίστων σωματιδίων της ύλης η οποία υπό ωρισμένους όρους προκαλεί την ένωσιν τούτων*». Σε υποσημείωση υποδηλώνει ότι ο όρος χημική συγγένεια είναι *συναισθηματικής αφετηρίας*, μάλλον ελλείψη γνώσεων για τη θεωρία της αφής του Αριστοτέλη, σημειώνει τις εκλεκτικές συγγένειες το έργο του J.W. Göthe, την ηλεκτροχημική συγγένεια του Berzelius, την εμπειρική μέτρηση της συγγένειας από την ταχύτητα διάλυσης των μετάλλων σε οξέα του Wenzel το 18ο αιώνα, τους πίνακες των σχέσεων (δηλ. συγγενειών του Ζοφρουά (Geoffroy, 1716) ή τους πιο ολοκληρωμένους το 1775 του Bergman, τη διάκριση της χημικής συγγένειας το 19ο αιώνα σε ατομιστική και ενεργειακή και την προσπάθεια μέτρησής της, την αυθαίρετη εισαγωγή της έννοιας του σθένους και γενικά το πως το σθένος εισήλθε στη χημεία. Το σθένος το αποκαλεί **μορφογόνο δύναμη του έσχατου συστατικού της ύλης**.

Στη σελίδα 139 αναφέρεται στο J. H. van't Hoff, που εισήγαγε ως μέτρο της χημικής συγγένειας την ελεύθερη ενέργεια (μέγιστο έργο), δηλαδή το συνολικό έργο που είναι ικανή να παράγει μια χημική αντίδραση (θερμότητα κι άλλες μορφές ενέργειας), το οποίο κακώς είχε ταυτίσει ο Berthelot με την εκλυόμενη θερμότητα της αντίδρασης.

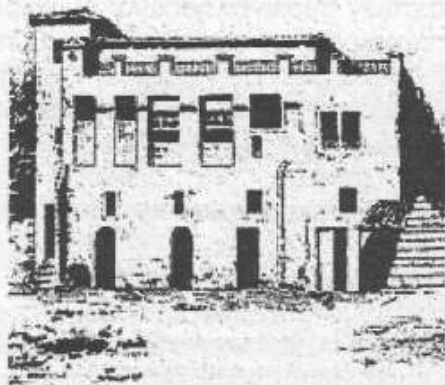
Έχει όμως και σημαντικές ελλείψεις, όπως το μεταλλαχθέν σθένος σε αριθμό οξειδωσης ή αριθμό φορτίου. Λείπουν δεδομένα φυσικοχημείας, αυτά που καθορίζουν το γνωστικό αντικείμενο του κλάδου τον οποίον ονομάζουμε Γενική Χημεία. Τα ιστορικά του στοιχεία πολλά, κατάλληλα σε έναν που γνωρίζει τη σύγχρονη χημεία και θέλει να κάνει μια βουτιά στο κοντινό παρελθόν της.

Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι παλιές γνώσεις ανακατεύονται με σύγχρονες ή γενικά οι χημείες μας μέχρι τη δεκαετία του 1960 δεν είχαν

εκσυγχρονιστεί καταλλήλως, κι από ένα παράδειγμα του γράφοντος. Το 1974 όταν δίδασκα χημεία για τις εισαγωγικές εξετάσεις στα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα, δίδασκα και τον κανόνα του Abegg, συστατικό της διδακτέας ύλης.



Ιστορικό της Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών και της ίδρυσης του Χημικού τμήματος



Το σπίτι του Κλεάνθη το πρώτο Πανεπιστήμιο στην Ελλάδα μετά το 1821.

- Το Ελληνικό Πανεπιστήμιο ιδρύθηκε με Βασιλικό Διάταγμα στις 31 Δεκεμβρίου του 1836 και εγκαταστάθηκε στο κτίριο Κλεάνθη. Μπορούσαν να γραφτούν μαθητές που είχαν κλείσει τα 16 και είχαν τελειώσει το σχολείο. Το νεοϊδρυθέν Πανεπιστήμιο είχε 4 σχολές, τη **θεολογική, νομική, φιλοσοφική** και **ιατρική**. Το 1837 ιδρύθηκε από τον Βαυαρό βασιλιά της Ελλάδας Όθωνα το Πανεπιστήμιο Αθηνών με την Φιλοσοφική Σχολή, στην οποίαν εδιδάσκοντο τα μαθήματα της Χημείας, Φυσικής και Μαθηματικών (φυσικά, φυσικοϊστορικά, μαθηματικά). Τη Χημεία την πρωτοεδίδαξε ο Ξαβ(ι)έριος Λάνδερερ. Ο Franz Xaver Landerer, γεννήθηκε σε χωριό κοντά στο Μόναχο, σπούδασε στη Φιλοσοφική σχολή του Μονάχου, της οποίας αναγορεύθηκε και διδάκτορας της χημείας. Απέκτησε πτυχίο της Φαρμακευτικής από το ίδιο Παν/μιο, και λόγω της δεύτερης ιδιότητάς του διορίστηκε αρχιφαρμακοποιός του Όθωνα, το οποίον συνόδευσε κατά την κάθοδό του στην Ελλάδα. Υπήρξε Βαυαρός που δεν γνώριζε ελληνικά, όμως έδωσε μεγάλη θέληση και τα έμαθε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, γράφοντας δεκάδες μελέτες και συγγράμματα στα ελληνικά. Εν πολλοίς σε αυτόν οφείλουμε τις βάσεις της πρώτης χημικής ονοματολογίας. Ο Λάνδερερ διορίστηκε έκτακτος καθηγητής της Γενικής Χημείας και της Πειραματικής Φυσικής στις 14 Απρίλη του 1837. Τακτικός καθηγητής έγινε στις 11 Ιούνη του 1837 και διατηρήθηκε στη θέση αυτή μέχρι στις 3 Σεπτέμβρη του 1843, οπότε και απελύθηκε ως αλδοδαπός (παραχώρηση Συντάγματος, κυβέρνηση Ανδρέα Μεταξά). Αυτός παρέμεινε στη χώρα μας, γιατί αισθανόταν Έλληνας. Τον αντικατέστησε τότε ο Α. Βενιζέλος, χημικός, ο οποίος εδίδασκε Αναλυτική Χημεία και Φαρμακευτική. Στην αρχή οι μαθητές-ακροατές κορόιδευαν τον Λάνδερερ κατά τη διδασκαλία του εξ αιτίας των γλωσσικών λαθών του έκανε και τις παραφθαρμένες λέξεις που χρησιμοποιούσε. Παντρεύτηκε Ελληνίδα και έγραψε στα Ελληνικά πολλά βιβλία. Η δεύτερη πατρίδα του τον είχε αφομοιώσει και γι' αυτό αισθανόταν Έλληνας. Με τον εκδιωγμό του Όθωνα δεν ήθελε να αποχωριστεί τη νέα του χώρα και να φύγει όπως ο βοηθός του Σαρτώριος. Παρέμεινε σε αυτήν, έπεισε για τα πραγματικά του φιλελληνικά αισθήματα και στις 12 του Σεπτεμβρίου του 1844 διορίστηκε

- εκ νέου στο Πανεπιστήμιο ως καθηγητής της Φαρμακευτικής και Συνταγολογίας. Σε αυτή τη θέση παρέμεινε ως τις 17 Ιανουαρίου του 1869, οπότε απεσύρθη. Στις 26 Ιουνίου του 1875 εξελέγη επίτιμος καθηγητής από το Πανεπιστήμιο. Πέθανε το 1885. Αξίζει να σημειώσουμε την άμισθη δράση του επί 24 έτη, όταν εδίδασκε χημική τεχνολογία στο σχολείο Τεχνών της οδού Πειραιώς, απέναντι από το Ωδείο Αθηνών. Επίσης, με την αναγόρευσή του ως επίτιμος διδάκτορας στην Ερλάγγη, αναγνωρίστηκε η πολυσχιδής επιστημονική του δράση και εκτός των ορίων της Ελλάδας. Στην όλη επιστημονική και διδακτική δραστηριότητα του Λάνδερερ αξίζει να σημειώσουμε τα «σκασιарχεία» από τα σχολεία τους των γυμνασιοπαίδων, για να πάνε να παρακολουθήσουν τα εντυπωσιακά πειράματα του Λάνδερερ στο αμφιθέατρο του Πανεπιστημίου. Κάθε Πάσχα και Χριστούγεννα κόσμος συνέρρεε για να απολαύσει τα βεγγαλικά, τους αυτοσχέδιους πυραύλους και το «υγρόν πυρ» του Λάνδερερ στην αυλή του Πανεπιστημίου και της Ακαδημίας.
- Στις 4 Απριλίου του 1840 διετέλεσε υφηγητής στην Αναλυτική Χημεία ο Αλέξανδρος Βενιζέλος, ο οποίος έγινε τακτικός καθηγητής της Γενικής Πειραματικής Χημείας στις 11 Σεπτεμβρίου του 1843. Πέθανε στο Μεσολόγγι το 1862.
 - Το 1863-1866 έγινε υφηγητής της Χημείας ο γερμανοσπούδαστος Αναστάσιος Χρηστομάνος. Έφερε τον αναγεννημένο αέρα της συμβολικής χημείας, που είχε πλέον εγκαταλείψει τα αλχημιστικά ονόματα και τα τελευταία οχυρά των αναχρονιστικών της θεωριών, όπως αυτόν της φλογιστικής θεωρίας και της ζωικής δύναμης. Σε αυτόν οφείλουμε τη σύγχρονη ανασυγκρότηση της χημείας, τις εφαρμογές της: σε κομβικές δημόσιες υπηρεσίες ελέγχου προϊόντων (τελωνία κτλ.), στη νομοθεσία και στην ανάπτυξη της πρώτης χημικής βιομηχανίας στη χώρα μας.
 - Το 1866-1905 ο Χρηστομάνος έγινε τακτικός καθηγητής. Ο Χρηστομάνος άφησε και όνομα στη Χημεία και στο Πανεπιστήμιο. Οργάνωσε το Χημείο του Κράτους και δημιούργησε σύγχρονη δομή στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας.
 - Το 1896 ως πρύτανης πήρε την απόφαση να χωρίσει τη Φιλοσοφική Σχολή και να δημιουργήσει τη **Σχολή των Θετικών Επιστημών**. Είναι ιδρυτής του Χημείου επί της οδού Σόλωνος και εκεί στέγασε τη νεοσύστατη Σχολή Θετικών Επιστημών. Η απόφαση αυτή καθυστέρησε να υλοποιηθεί, γιατί το 1897 είχαμε τον καταστροφικό για τη χώρα μας πόλεμο με την Τουρκία. Υλοποιήθηκε η σχολή των θετικών επιστημών με την ονομασία πλέον Φυσικομαθηματική Σχολή αργότερα, το 1903 με 1904. Το 1905 στη νέα αυτή σχολή προσαρτήθηκε και η Φαρμακευτική, αφού αποσπάστηκε από την Ιατρική. Το ιστορικό κτίριο του Χημείου επί της οδού Σόλωνος, Μαυρομιχάλη, Χαρ. Τρικούπη και Ναυαρίνου οικοδομήθηκε το 1890. Πυρκαγιά το κατέστρεψε το 1910 και επαναοικοδομήθηκε το 1913. Ο τελευταίος του όροφος που στέγασε το φαρμακευτικό χημείο, έγινε το 1928.
 - Το 1905 ο Κ. Ζέγγελης ανέλαβε την έδρα της Φυσικής και Χημείας.
 - Το 1912 η φυσική χημεία χωρίστηκε σε Οργανική και Ανόργανη. Την έδρα της Οργανικής Χημείας την ανέλαβε ο Γ. Ματθαιόπουλος (1912-1939) και της Ανόργανης ο Κ. Ζέγγελης (1912-1938).

- Το **1919** το Χημικό έγινε ανεξάρτητο τμήμα. Ταυτόχρονα έγινε επανίδρυση της έδρας Φυσικής Χημείας με καθηγητή τον Δημ. Τσακαλώτο.
- Το 1922 ιδρύθηκε έδρα Ιστορίας Φυσικών Επιστημών με καθηγητή τον Μιχαήλ Στεφανίδη από το 1924. Το 1939 επί δικτατορίας του Μεταξά καταργήθηκε, επειδή ο φιλοσοφικός στοχασμός εξήρε ανησυχίες στις τάξεις των φοιτητών της Φυσικομαθηματικής Σχολής.
- Το 1922 ιδρύθηκε επίσης η έδρα της Χημείας Τροφίμων με καθηγητή τον Σπύρο Γαλανό από το 1925 (πατέρα του σημερινού καθηγητή Δ. Γαλανού).
- Το 1949 ιδρύθηκε η έδρα της Βιομηχανικής Χημείας ως μάθημα με καθηγητή τον Ιωάννη Ζαγανιάρη.
- Το 1966 προστέθηκε η έδρα της Αναλυτικής Χημείας.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η Βιοχημεία διεξάγεται σήμερα ως μάθημα από καθηγητές της έδρας της Χημείας Τροφίμων στο Χημικό τμήμα. Έδρα Βιοχημείας υπάρχει μόνο στο νεοσύστατο τμήμα (1970) του Βιολογικού.

Ι. Ιωάννου, υφηγητής κατά το 1860 περίπου της γενικής χημείας, επεχείρησε να εξελληνίσει τα διεθνή χημικά σύμβολα, καθιστώντας δύσληπτα τα συγγράμματά του, τόσο τα δικά του, όσο και αυτά του Ζαβιτσάνου Γεωργίου (έκτακτου καθηγητή της Φαρμακευτικής Χημείας το 1869 και τακτικού από το 1875). Αργ = αργίλιο, Λ=λευκόχρυσος, Χρ = χρυσός, Υδ = υδρογόνο, Μ = μόλυβδος κτλ.

3.10 Από το σθένος στην Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους

Μόλις άρχισε να διερευνάται η δομή του ατόμου στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, το πρώτο δομικό συστατικό σωματίδιο, που επισημάνθηκε, ήταν το ηλεκτρόνιο. Με την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου όλες οι προσπάθειες των θεωρητικών χημικών ήταν να συνδέσουν το σθένος με αυτό το στοιχειώδες αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο, πριν ο Robert Andrews Millikan με σειρά πειραμάτων από το 1908 ως το 1917 προσδιορίσει το φορτίο του ηλεκτρονίου, δίνοντας κατά κάποιον τρόπο μια πολύ κλειστή τιμή ($e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$), που προσεγγίζει τη σημερινή πειραματική.

Οι δυνατότητες σύνδεσης των ατόμων στοιχείων με τις γνωστές κεραίες, τις γέφυρες σύνδεσης δύο ατόμων, από απλά σύμβολα κάποιας ανερμήνευτης υπόστασης των ελευθέρων ατόμων τους, απέκτησαν περιεχόμενο. Βρέθηκε η αιτία της έλξης, της *χημικής συγγένειας* των πρώτων χημικών. Επίκεντρο αυτής της έλξης ήταν το ηλεκτρόνιο, όλες οι επεξεργασίες ερμηνειών του σθένους στηρίχτηκαν στην ύπαρξή του και δεν είναι τυχαίο ότι η πρώτη θεωρία ερμηνείας των χημικών δεσμών ονομάστηκε Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους.

3.10.1 Οι πρώτες δεσμικές θεωρίες

Οι πρώτες δεσμικές θεωρίες ανάγονται στην ελληνική αρχαιότητα των φυσιοκρατών, όταν η *αφή* των απλών σωμάτων, των πρωταρχικών στοιχείων ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία πιο σύνθετων και πολύπλοκων σωμάτων. Η έλξη μεταξύ των πρωταρχικών στοιχείων, των *ριζωμάτων* του Εμπεδοκλή αναφέρεται ως *συμπάθεια*, ενώ η *άπωση* ως *αντιπάθεια*. Ως *πάθος* ή *πάθημα* οι αρχαίοι Έλληνες εννοούσαν τις τροποποιήσεις των σωμάτων. Η συμπάθεια ή η αφή μετεξελέγχθηκε στη *συγγένεια* των σωμάτων και με την οριστικοποίηση της έννοιας του στοιχείου, την απομόνωση και ταυτοποίηση αρκετών στοιχείων, άρχισαν να διατυπώνονται οι πρώτες ολοκληρωμένες θεωρίες για τους δεσμούς των ενώσεων των στοιχείων.

1. Με πρωτοβουλία του **Guyton de Morveau** μαζί με τον Lavoisier και άλλους Γάλλους διάσημους χημικούς του 18ου αιώνα διατυπώνεται η **θεωρία των ριζών (radical theory)** ομάδων στοιχείων στα 1782. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή μία απλή ρίζα ή σύνθετη στην περίπτωση των οργανικών ουσιών ενώνεται με το οξυγόνο προκειμένου να παρασκευαστούν οξέα. Η θεωρία των ριζών έγινε αποδεκτή με θέρμη από τον Gay Lussac, ο οποίος προώθησε παραπέρα την έννοια, θεωρώντας ότι την ιδιότητα της ρίζας την είχαν και τα απλά στοιχεία.

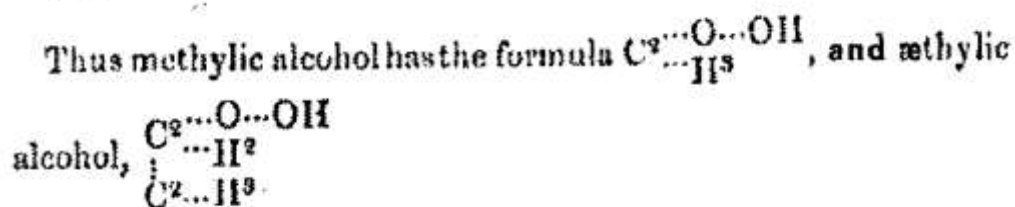
2. Στη συνέχεια είχαμε τη διατύπωση της θεωρίας του **ηλεκτροχημικού δυϊσμού** (ή ηλεκτροχημικής δυαλιστικής θεωρίας, **dualistic theory** ή **dualism theory**) από τον **Berzelius (43)** στα 1810. Επηρεασμένος από τη θέση του Lavoisier ότι το οξυγόνο ήταν κεντρικό στοιχείο στο σχηματισμό των οξέων και των βάσεων, υπέθεσε ότι το οξύ αποτελείται από μία ρίζα και οξυγόνο. Στην περίπτωση των αλάτων ο Berzelius, θεώρησε ότι ένα άλας ήταν μία ένωση, αποτελούμενη από ένα οξύ (στην πραγματικότητα ανυδρίτη οξέος) με μία βάση (στην πραγματικότητα ανυδρίτη βάσης). Ο Berzelius ολοκλήρωσε όλα αυτά, διατυπώνοντας μία θεωρία, σύμφωνα με την οποία χαρακτηρίζει κάθε απλό ή σύνθετο σώμα (δηλαδή ουσία ή ένωση) με θετική ή αρνητική ηλεκτρική πολικότητα, η ένταση της οποίας ποικίλλει ανάλογα με τη φύση του σώματος. Έτσι, το μυστήριο της *χημικής συγγένειας* (**chemical affinity**) αίρεται και ο ηλεκτρισμός αποτελεί το αίτιο του συνδυασμού των απλών σωμάτων, διαμορφώνοντας μία **δυϊκή** θεωρία ερμηνείας σχηματισμού ενώσεων και αντικατάστασης μερών τους από άλλα. Η θεωρία αυτή επικράτησε μέχρι το 1840, χαρίζοντας μία σειρά με ηλεκτροθετικά και ηλεκτραρνητικά στοιχεία, στο μεταίχμιο των

οποίων βρισκόταν το υδρογόνο. Η υπόθεση, όμως, ότι τα οξέα και οι βάσεις ήταν ηλεκτρικά φορτισμένες ενώσεις ήταν πειραματικά ασύστατη.

3. Τη θεωρία του Berzelius διαδέχθηκε η **θεωρία των τύπων** (type theory) των Gerhardt (Αλσατός) και Laurent (Γάλλος). Ήταν μια θεωρία, που γεννήθηκε από την αντίδραση υποκατάστασης υδρογόνου αρωματικών (πυρήνων) ενώσεων από χλώριο, βρώμιο ή νιτρικό οξύ (νιτρομάδα). Οι ενώσεις αυτές γράφονται με κάποιους πρώιμους συντακτικούς τύπους, στους οποίους έχουμε αναφερθεί, που επηρέασαν τη Χημεία μέχρι τα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Όπως είδαμε οι Laurent, Gerhardt και Couper, ιδίως ο Gerhardt θεώρησαν ότι οι ενώσεις μπορούσαν να σχηματιστούν από αντικατάσταση υδρογόνων από τους τύπους τεσσάρων ενώσεων, του παρακάτω πίνακα:

Νερό	H ² O
Υδρογόνο	H ²
Υδροχλωρικό οξύ	HCl
Αμμωνία	H ³ N

Με τη θεώρηση αυτή σχηματίστηκαν οι πρώτοι συντακτικοί τύποι από τον Couper, όπως για παράδειγμα της μεθυλικής και της αιθυλικής αλκοόλης (σημειωτέον τότε το μεθύλιο είχε γι' αυτούς τον τύπο C²H³ (αντί του ορθού CH₃) και το μεθυλένιο C²H² (αντί του ορθού CH₂):



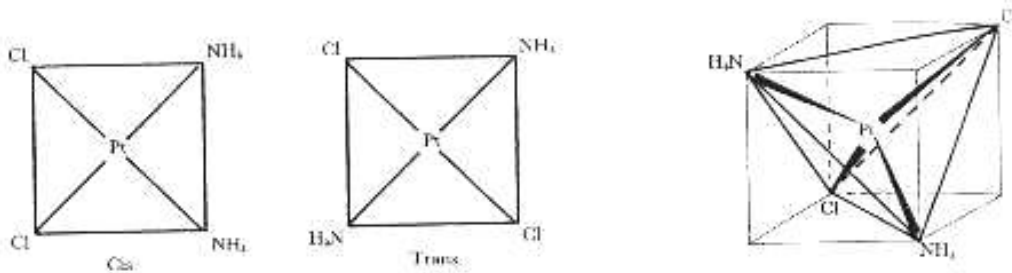
4. Ο Edward Frankland (1825-1899) μαθητής του Playfair⁷¹, που είχε βοηθή τον Adolf Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884), εισάγει τη **θεωρία των νέων τύπων** (new type theory) στα 1852, χρησιμοποιώντας τη **συνδυαστική ισχύ** (combining power, 1866) των ατόμων των στοιχείων, η οποία μετέπειτα ονομάστηκε **σθένος (valency/e)**. Η θεωρία αυτή ανοίγει το κεφάλαιο του **σθένους**, που σφράγισε τις θεωρητικές επεξηγήσεις της χημείας. Ο Frankland με αντίστοιχες μελέτες πάνω σε οργανομεταλλικές ενώσεις παρατήρησε ότι το άζωτο, ο φωσφόρος και το αντιμόνιο ενώνονται πάντοτε με τρεις ή πέντε οργανικές ρίζες. Το οξυγόνο ενώνεται με δύο, όπως το ίδιο κάνουν ο ψευδάργυρος και ο υδράργυρος. Η **συνδυαστική ισχύ**, καινοτομία του Frankland, μέχρι τότε ονομαζόταν από τους άλλους χημικούς **μονάδα ή βαθμός συγγένειας (unit or degree of affinity)** ή **ατομικότητα (atomicity)**.

5. Ο Friedrich August Kekulé (1829-1869) θεωρείται ως εισηγητής της **τετρασθενικότητας (τετρατομικότητας)** του άνθρακα και γενικά της **θεωρίας του σθένους (valency theory, 1860)**, αν και οι αγγλοσάξονες υποστηρίζουν ότι, αυτή προηγήθηκε με τις ερμηνείες του Frankland, ενώ σημερινοί ιστορικοί αποδίδουν τη χρήση και καθιέρωση του όρου **valency** στο Hoffmann. Ο όρος **valency** είχε μια καταπληκτική απήχηση σε όλους τους πανεπιστημιακούς κύκλους, γρήγορα εκτόπισε τους άλλους, καθιερώθηκε και έγινε ο πιο διάσημος όρος της χημείας (equivalent, chemical equivalent, quantivalence, univalent, bivalent, trivalent, tetravalent). Η λέξη σθένος επικράτησε σε ονομασίες όπως ατομικότητα ή μονάδες συγγένειας κι έγινε απαραίτητη σε κάθε θεωρία, που προσπαθεί να ερμηνεύσει τη δομή των χημικών ενώσεων και να προβλέψει την ύπαρξη ή δυνατότητα παρασκευής νέων.

⁷¹ Ο Playfair προέρχεται από τη γενιά των μεγάλων χημικών Wöhler, Bunsen, Kekule, Regnault, που δημιούργησε ο Justus von Liebig.

6. Ο Alfred Werner (1866-1919)⁷² στα 1893 εισάγει τη **συντακτική θεωρία** ή **θεωρία συναρμογής (coordination theory)** για την ερμηνεία των *συμπλόκων* ενώσεων, προτείνοντας ότι, τα μέταλλα έχουν **δύο τύπους σθενών**. Τον **πρώτο τύπο τον ονόμασε Haυρνvalenz, δηλαδή πρωτοταγές ή κύριο σθένος** (στα αγγλικά *primary valency* ή *principal valence*). Το πρωτοταγές ή κύριο σθένος είναι για το Werner ένα σθένος **ιον(τ)ογονικό (ionogenic)**, αποτέλεσμα της παραγωγής ιόντων κατά τη διάσταση ενός ηλεκτρολύτη στο διάλυμα. Το δεύτερο το ονόμασε **Nebenvalenz, δηλαδή δευτεροταγές ή δευτερεύον σθένος (secondary ή subsidiary valency)**, που είναι **μη ιον(τ)ογόνο (non ionogenic)** και είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση των μεταλλοϊόντων με ουδέτερα μόρια, όπως αυτά της αμμωνίας (NH₃) ή ανιόντα, όπως αυτά του κυανίου (CN⁻). Κάθε άτομο μετάλλου επονομαζόμενο *nucleus* (πυρήνας), με ένα *πρωτοταγές σθένος* π.χ. Co²⁺, συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αριθμό *δευτεροταγών σθενών*, τα οποία πρέπει να ικανοποιηθούν στην περίπτωση των συμπλόκων ιόντων με κάποιες *συντεταγμένες ομάδες*. Αυτόν τον αριθμό των *δευτεροταγών σθενών* ο Werner τον ονόμασε **αριθμό σύνταξης (coordination number)**. Τις συντεταγμένες ομάδες, που είναι μόρια ή ιόντα μονατομικά ή πολυατομικά, τις ονόμασε αργότερα στα 1916 ο Alfred Stock **ligands, συνάψεις ή συναρμοστές ή δεσμικές ομάδες**, όταν ασχολήθηκε με τη συστηματική ονοματολογία των ανοργάνων ενώσεων. Ο όρος ligand μεταφέρθηκε στην ελληνική γλώσσα ως *υποκαταστάτης*, προκαλώντας σύγχυση, εφόσον ligand και *substituent* αποδίδονται με την ίδια ερμηνεία (δηλ. υποκαταστάτης). [56, 65, 52]

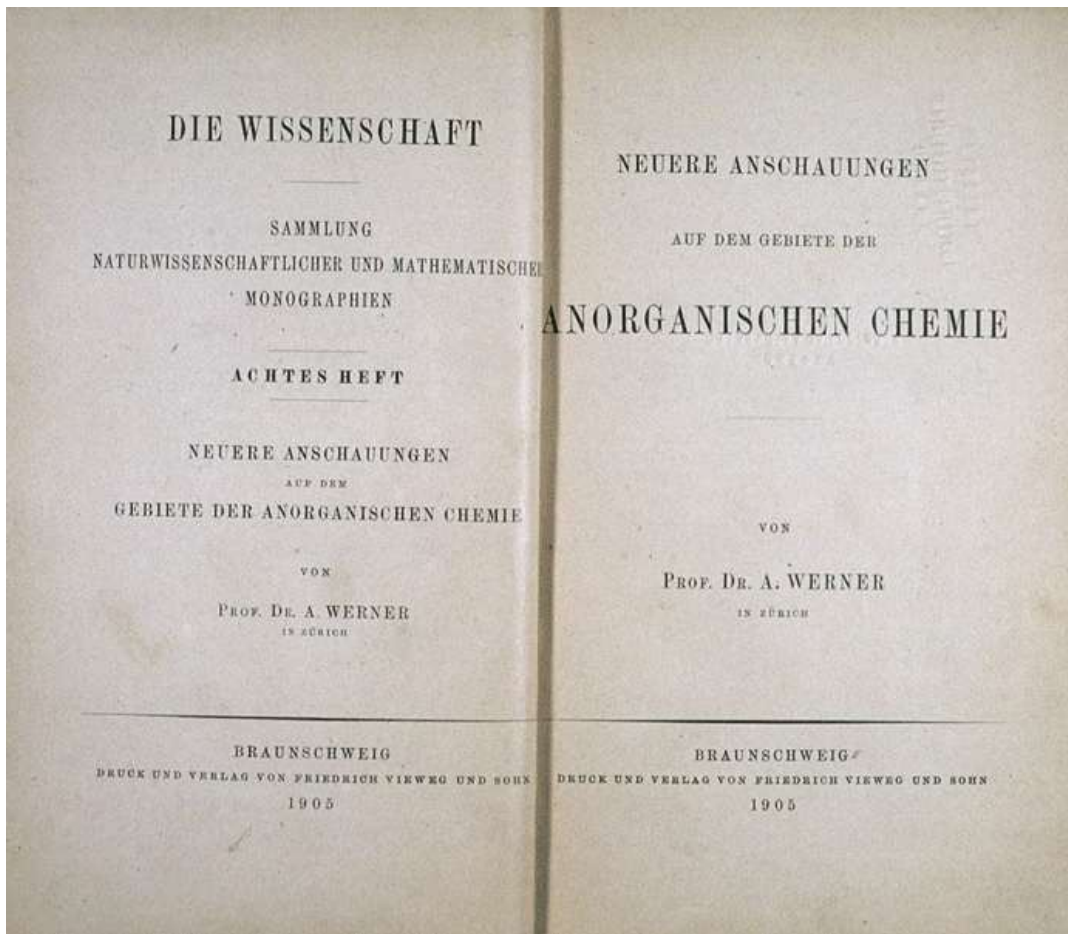
Η χημική οντότητα από αυτή τη σύνδεση των *συνάψεων* με τα μεταλλοϊόντα ονομάστηκε **σύμπλοκο (complex)** και υπάρχει ως ένα διακεκριμένο ιόν στο διάλυμα. Οι συνηθέστεροι *αριθμοί σύνταξης* είναι 6 και 4. Ο Werner εισηγήθηκε για την πρώτη περίπτωση (του 6), η διαμόρφωση του συμπλόκου είναι οκταεδρική και στη δεύτερη τετραγωνική ή τετραεδρική. Ένα παράδειγμα συμπλόκου με αριθμό σύνταξης 6 είναι το εξααμινοκοβάλτιο(III) χλωρίδιο, με τύπο [Co(NH₃)₆]Cl₃. Στο παρακάτω σχήμα έχουμε τα ισομερή επίπεδα μόρια του Pt(NH₃)₂Cl₂. Το *cis*-ισομερές (*Cisplatin* ή *Platinol*), σήμερα αποτελεί κλασικό αντικαρκινικό φάρμακο, ενώ το *trans*-ισομερές δεν χαρακτηρίζεται από κάποια αντικαρκινική δράση.



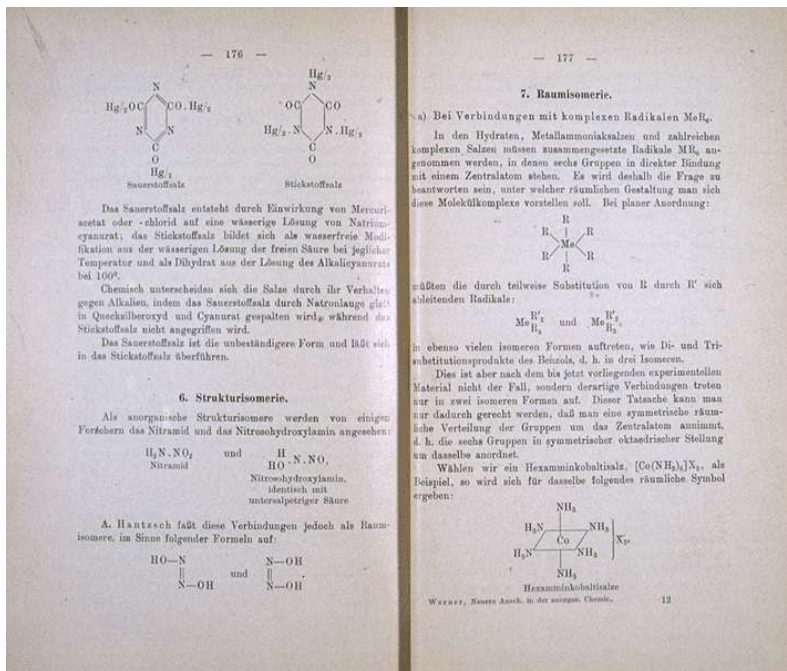
Η θεωρία του Werner συνάντησε τη σθεναρή αντιπαλότητα του Δανού Sophus Mads Jorgensen (1837-1914), καθηγητή χημείας στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης. Ο Jorgensen είχε τριάντα χρόνια ερευνών πάνω σε σύμπλοκες ενώσεις του κοβαλτίου, χρωμίου, ροδίου και λευκοχρύσου, άρα ήταν ένας κατατοπισμένος με πλούσια εμπειρία και επιχειρήματα αντίπαλος και είχε αναπτύξει τη θεωρία των αλυσίδων. Για να αντιμετωπίσει τις επιθέσεις του Jorgensen και του Blomstrand, ο Werner αναγκάστηκε να επιδοθεί στη στερεοχημική διαμόρφωση των

⁷² Ο Alfred Werner (1866-1919) γεννήθηκε στη Γαλλική πόλη Mulhouse, αλλά όταν ήταν πέντε χρόνων η γενέτειρά του πέρασε στη Γερμανία με το Γαλλο-Πρωσικό πόλεμο του 1871. Μετά τη στρατιωτική του θητεία σπούδασε στο Federal Institute of Technology της Ζυρίχης. Μετά τις σπουδές του και μια τριχρονή έρευνα με την οποία έγινε διάσημος από τη θεωρία του πάνω στα σύμπλοκα, μετακινήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης ως καθηγητής της Οργανικής Χημείας. Ο Werner για τη διατύπωση της «συντακτικής θεωρίας» του επηρεάστηκε από τον H. E. Armstrong, όταν στα 1885 διατύπωσε τη **θεωρία της λανθάνουσας συγγένειας** (Residual Affinities Theory).

συμπλόκων του, να εντοπίσει το 1911 τα οπτικά ισομερή του $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)(\text{en})_2]\text{Cl}_2$ με τον Αμερικανό φοιτητή Victor L. King και να πάρει το βραβείο Νόμπελ το 1913.



Από το εξώφυλλο της Ανόργανης Χημείας του A. Werner.

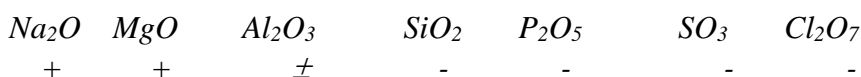


Εσωτερικές σελίδες της Ανόργανης Χημείας του Werner.

7. Ο Richard Abegg (1869-1911), που πέθανε κάπως πρόωρα σε ατύχημα αερόστατου στο Βερολίνο, ήταν ένας ηλεκτροχημικός εργαζόμενος στο εργαστήριο του Nerst στο Βερολίνο. Ο Abegg έθεσε τις βάσεις στα 1899 τις βάσεις μιας πρώιμης Θεωρίας του σθένους (μαζί με το Bodländer), η οποία στηριζόταν κάπως στην ηλεκτρονική δομή των ατόμων των διαφόρων στοιχείων. Στα 1906 έκανε για πρώτη φορά μια διάκριση της φύσης των δεσμών των ενώσεων, θεωρώντας ότι ανήκουν σε δύο κατηγορίες, τις **ομοιοπολικές (homopolar)** και τις **ετεροπολικές (heteropolar)** ενώσεις. Οι χαρακτηρισμοί αυτοί διατηρούνται «επίσημα» στη χημεία και στη διδακτική της Ελλάδας, θίγοντας έναν αναχρονισμό στην χρησιμοποιούμενη ορολογία στη χώρα μας. Ο Abegg αναγνώρισε τη σημασία του ηλεκτρονίου, που μόλις είχε ανακαλυφθεί, συσχετίζοντας την ηλεκτρονική διάταξη των ατόμων των διαφόρων στοιχείων με το σθένος τους και διατυπώνοντας τον **κανόνα της οκτάδος** (επωνομαζόταν Abegg octet rule). Ονομαζόταν κανόνας (της οκτάδος) του Abegg, ένας κανόνας που ανήκε στην εξεταστέα ύλη της Χημείας για την εισαγωγή στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα στη χώρα μας τη δεκαετία του 1970. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν ένα στοιχείο που εμφανίζει πολλά σθένη από τις κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα, το μεγαλύτερο σθένος του και το μικρότερο σε απόλυτη τιμή έχουν άθροισμα 8. Για παράδειγμα το θείο έχει σθένη +6 και -2, σύνολο 8. [68, σ. 469]

Ομάδα	1	2	3	4	5	6	7
Κανονικό ή πρωτοταγές σθένος (normal ή primary valency)	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Εναντιοσθένος (contra-valency)	(-7)	(-6)	(-5)	-4	-3	-2	-1

Τα αμέταλλα στοιχεία βρίσκονται στο δεξιό μέρος του πίνακα. Η αλλαγή του ηλεκτροχημικού χαρακτήρα των οξειδίων των στοιχείων φαίνεται από τη μεταβολή του κανονικού σθένους τους, βασικό (+), αμφοτερικό (\pm) και όξινο (-):



Ο φυσικοχημικός Richard Abegg (1869-1910), γεννήθηκε στο Danzing, σημερινό Gdansk της Πολωνίας. Σπούδασε χημεία στο Kiel, Tübingen, και Berlin. Μεταπτυχιακές σπουδές έκανε με τον Wilhelm Hofmann το 1891 και το 1894 μετακινήθηκε στο Göttingen, αναβαθμιζόμενος ως βοηθός του Hermann Walther Nernst (1864-1941). Εργάστηκε στην ηλεκτροχημεία με τον G. Bodländer, παράγοντας μια πολύ σπουδαία εργασία πάνω στο σθένος (valence) με τίτλο: *Die Elektronaffinität* (1899, δηλαδή Ηλεκτρονική Συγγένεια, Electron Affinity). Στα 1899 έγινε καθηγητής της φυσικοχημείας στο Breslau (Ροστόκ της Πολωνίας σήμερα).

Ο Πρώτος Παγκόσμιος Πόλεμος δημιούργησε πολλά δεινά μεταξύ των μελών της επιστημονικής κοινότητας, αποκόπτοντας τους Γερμανούς και Αυστριακούς επιστήμονες από τις άλλες εθνικές κοινότητες. Ανεστάλησαν όλα τα ταξίδια προ και από τη Γερμανία και η δυσκολία διακίνησης των επιστημονικών χημικών περιοδικών στη Γερμανία έλαβε διαστάσεις θα λέγαμε μηδαμινές. Η απομόνωση αυτή των Γερμανών χημικών βρήκε δυσκολίες στο να πληροφορηθούν για τις ιδέες των Lewis–Langmuir ακόμη και κατά το 1920. Οπότε αναγκαστικά επέστρεφαν στις θεωρητικές απόψεις που είχαν αναπτυχθεί από τους Abegg και Stark. Ο Johannes Stark ήταν ένας φιλόδοξος Νομπελίστας φυσικός, ο οποίος από το 1903 πρότεινε ότι η χημική ένωση των ατόμων είναι αποτέλεσμα του μοιράσματος ενός ηλεκτρονίου από ένα ζεύγος ατόμων σε κάποιο μόριο. Αργότερα υποστήριξε τις ακόμη περιέργες ιδέες του σε ένα βιβλίο του στα 1915, το «*Prinzipien der Atomdynamik*, προβάλλοντας περιέργες και ασαφείς εικόνες θετικών ατόμων, που συνδεόντουσαν με ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Τις απόψεις του αυτές προσπάθησε να τις επιβάλλει αργότερα, εφόσον έγινε περιβόητος από την υποστήριξή του στο Τρίτο Ράιχ.

Ένας άλλος Αυστριακός χημικός, ο Walther Kossel, στα 1916 είχε αναπτύξει μία ηλεκτροστατική δεσμική θεωρία, ερμηνεύοντας το δεσμό μεταξύ μετάλλου κι αμετάλλου στοιχείου. Ο δεσμός, που μνημονεύεται από τον Kossel στα 1916 (551), στηριζόταν στη μεταφορά ενός ηλεκτρονίου από το ένα άτομο στο άλλο και όχι στο μοίρασμα των ηλεκτρονίων του Lewis. Ο Kossel, όπως περιγράφει και ο ίδιος στη διατύπωση του δεσμού του KCl, στηριζόταν πολύ στις απόψεις του Stark και του Helmholtz (1881) για το χημικό δεσμό. Για το δεσμό του καλίου και του χλωρίου θεωρεί ότι το χλώριο έλκει ένα ηλεκτρόνιο, το οποίο ονομάζει *ηλεκτρόνιο σθένους* (*valence electron*), και ότι με τη νέα διευθέτηση το χλώριο αποκτά σταθερότερη δομή ως ανιόν (Cl^-), ενώ το κάλιο με θετικό φορτίο (K^+). Για το ενδοατομικό φορτίο την εποχή εκείνη στη Γερμανία κυριαρχούσαν οι μελέτες-εμπειρικές εκτιμήσεις του van den Broek (552, 27-11-1913).



Albrecht A. Kossel (1857-1927)

3.10.2 Ο ιοντικός δεσμός και μια πρώτη προσέγγιση του ομοιοπολικού δεσμού

Οι παλιές θεωρίες του σθένους δεν διέκριναν την ουσιώδη διαφορά μεταξύ ενώσεων, που συνιστώνται από ιόντα των *ιονιζομένων* ενώσεων, όπως τις ονόμαζαν, για παράδειγμα το χλωριούχο νάτριο και των *μη ιονιζομένων*, όπως το διοξείδιο του άνθρακα. Ο κανόνας της οκτάδος του Abegg διέκρινε τη σταδιακή μεταβολή της μη πολικής ένωσης σε πολωμένη και τελικά σε πολική στα στοιχεία μιας περιόδου του περιοδικού πίνακα και άνοιξε το δρόμο για την ερμηνεία του σχηματισμού των ενώσεων με βάση την ηλεκτρονιακή τους δομή.

Οι θεωρίες, που αρχικά προτάθηκαν, προέρχονταν από τους W. Kossel (Γερμανός) και G. Lewis (Αμερικανός). Ο Kossel, ένας χημικός μελετητής της ηλεκτροχημείας, ερμήνευσε τον ιοντικό χαρακτήρα των ενώσεων μετάλλου κι αμετάλλου στοιχείου. Ο Lewis ερμήνευσε το μη ιονιζόμενο χαρακτήρα των ενώσεων, ειδικά στην περίπτωση σχηματισμού μορίων. Οι δύο αυτές προσπάθειες συστηματοποιήθηκαν στα θεμέλια δομής μιας θεωρίας, που πήρε το όνομα “*Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους*” (Electronic Valence Theory). Η θεωρία αυτή στηρίχθηκε, στην εγνωσμένη σταθερότητα, που παρουσίαζαν τα μόλις ανακαλυφθέντα ευγενή ή ιδανικά αέρια, στοιχεία αδρανή. Η συστηματοποίηση της ΗΘΣ επιτεύχθηκε χάρη στις προσπάθειες ενός μεταλλειολόγου, του Irving Langmuir, και του Nevil Sidgwick στα 1923. Ο δεύτερος εισήγαγε ένα είδος συμπληρώματος ομοιοπολικού δεσμού του ημιπολικού, ο οποίος στη σημερινή σημειογραφία έχει πάψει να διακρίνεται από τους άλλους κλασικούς ομοιοπολικούς δεσμούς.

Ο ετεροπολικός δεσμός, όπως λεγόταν τότε, εισήχθη από το Walther Kossel σε μια εργασία του δημοσιευθείσα στο *Annalen der Physik* (551, 49, p. 229-362, 1916) με τίτλο “*Μοριακός Σχηματισμός ως ένα Ερώτημα Ατομικής Δομής*”. Ο Kossel χρησιμοποίησε τον κανόνα της οκτάδος του Abegg και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, «σε ένα άτομο οι δραστικές μονάδες σθένους είναι οκτώ (*eight valence units*)... Σύμφωνα με τη θεώρηση του Van der Broek, κάθε διαδοχικό στοιχείο (εννοεί στον περιοδικό πίνακα) θα περιέχει ένα περισσότερο ηλεκτρόνιο και μια στοιχειώδη ποσότητα θετικού φορτίου από το προηγούμενο. Αυτό αρχικά μας δείχνει το γεγονός των περιοδικών μεταβολών του αριθμού σθένους καθόσον το στοιχείο περνάει από το χαμηλότερο στο υψηλότερο βάρος... ». Σε αυτό το σημείο μιλάει για τα στοιχεία στο περιοδικό σύστημα, τα οποία ακόμη δεν είχαν αναπτυχθεί με βάση τον ατομικό τους αριθμό, όπως επίσης και το πρωτόνιο δεν είχε ακόμη επισημανθεί (Rutherford 1920). Είχε, όμως, γίνει γνωστό το πρότυπο του Bohr. Παρ’ όλα αυτά ο Kossel στην εν λόγω εργασία του συνέδεσε τα ηλεκτρόνια με τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα και τη σημασία της θέσης σε αυτόν των ευγενών αερίων και της σύνδεσης της αδράνειάς τους με την ηλεκτρονική τους σταθερότητα. Έτσι το κάλιο όπως και τα άλλα αλκάλια με ένα ηλεκτρόνιο στην εξωτερική τους στιβάδα, όπως το κάλιο αποδίδει το ηλεκτρόνιο αυτό στο χλώριο, το επωνομαζόμενο «*ηλεκτρόνιο σθένους*» (**valence electron**), μεταπίπτοντας σε ιόν K^+ , χάνοντας τη δραστικότητά του, ενώ το χλώριο γίνεται ιόν Cl^- . Το ιόν χλωρίου και το ιόν καλίου, έχοντας αποκτήσει τη σταθερότητα των πλησιέστερων σε αυτά ευγενών αερίων του περιοδικού πίνακα έλκονται με ηλεκτροστατικές δυνάμεις, δυνάμεις διασποράς, που τα συγκρατούν στο κρυσταλλικό τους πλέγμα. Στο κείμενο η περιγραφή γίνεται με υπότιτλο: «*Μοριακός Σχηματισμός*» (*Molecule Formation*).

Αποκαλύπτεται με αυτόν τον τρόπο η βαθύτερη αιτία του σθένους ως μία ιδιαίτερη ηλεκτρονική κατάσταση του ατόμου κάθε στοιχείου. Ιδιαίτερα αυτών των στοιχείων που δομούν την εξώτατη στιβάδα των ατόμων, οπότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι, η φύση του σθένους είναι συνυφασμένη με τα ηλεκτρόνια της εξώτατης στιβάδας του ατόμου. Οι προσπάθειες σύνδεσης της ηλεκτρονικής πλέον φύσης του σθένους με τον Περιοδικό

Πίνακα, εντατικοποιούνται και με αυτήν την αφετηρία ξεκινούν διάφοροι πειραματισμοί. Μια τέτοια προσπάθεια δίνεται από τον Kossel, ο οποίος παρουσίασε τον ακόλουθο πίνακα, για να θεμελιώσει την παραπάνω αρχή.

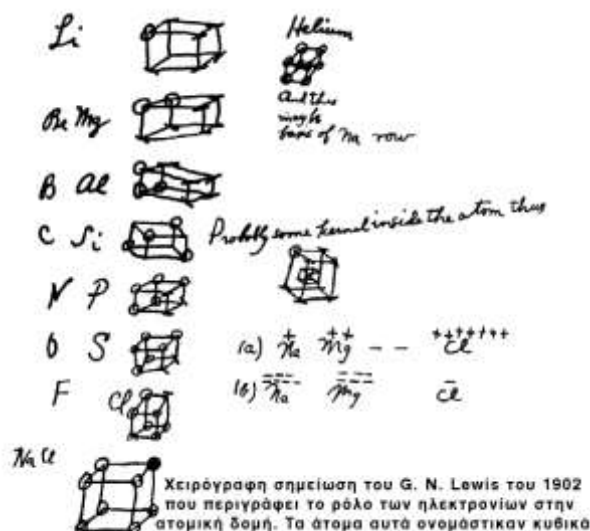
ΠΙΝΑΚΑΣ KOSSEL

Κανονικά Σθένη	+4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
—						₁ H		
—				₁ H	₂ He	₃ Li	₄ Be	₅ B
—	₆ C	₇ N	₈ O	₉ F	₁₀ Ne	₁₁ Na	₁₂ Mg	₁₃ Al
—	₁₄ Si	₁₅ P	₁₆ S	₁₇ Cl	₁₈ A	₁₉ K	₂₀ Ca	₂₁ Sc
—	₂₂ Ge	₂₃ As	₂₄ Se	₂₅ Br	₂₆ Kr	₂₇ Rb	₂₈ Sr	₂₉ Y
—	₃₀ Sn	₃₁ Sb	₃₂ Te	₃₃ I	₃₄ Xe	₃₅ Cs	₃₆ Ba	₃₇ La
—	₃₈ Pb	₃₉ Bi	₄₀ Po	₄₁ At	₄₂ Rn		₄₃ Ra	
Κύριες ομάδες	IV A	V A	VI A	VII A	0	I A	II A	III A

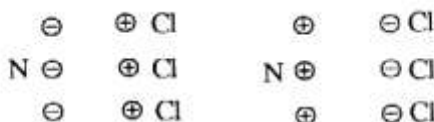
Στον πίνακα φαίνονται οι κενές θέσεις του φράγγιου και του ακτίνιου, στοιχείων που δεν είχαν ανακαλυφθεί τότε. Η στήλη των ευγενών αερίων είναι αριθμημένη με το μηδέν. Αριστερά της ομάδας των ευγενών αερίων βρίσκονται τα ηλεκτραρνητικά στοιχεία ενώ δεξιά τα ηλεκτροθετικά κατά αύξοντα κύριο σθένος. Τα ηλεκτροθετικά στοιχεία με αποβολή ηλεκτρονίων μεταπίπτουν στη δομή των προηγούμενων τους ευγενών αερίων, μετατρέπόμενα σε κατιόντα. Η τάση αποβολής ηλεκτρονίου της εξώτατης στιβάδας των ηλεκτροθετικών στοιχείων είναι ισχυρή για τα αλκάλια, βαίνει, όμως, ελαττούμενη όσο πιο πολύ απομακρυνόμαστε από τα ευγενή αέρια.

Τα ηλεκτραρνητικά στοιχεία, προσλαμβάνοντας τα ηλεκτρόνια των ηλεκτροθετικών, μεταπίπτουν σε ανιόντα με τη δομή του επόμενου ευγενούς αερίου. Η τάση αυτή είναι ισχυρή για τα αλογόνα, αλλά ελαττώνεται, όσο πιο πολύ απομακρυνόμαστε από τη στήλη των ευγενών αερίων.

Από την άλλη πλευρά του Ατλαντικού Ωκεανού και πλησίον των ακτών του Ειρηνικού ο Αμερικανός φυσικοχημικός Gilbert Newton Lewis (1875-1946), δυο χρόνια πριν ο J. J. Thomson (1904) προτείνει στην πραγματεία του για τη δομή του ατόμου τη δυνατότητα μεταφοράς των ηλεκτρονίων από το ένα άτομο στο άλλο για το σχηματισμό των χημικών ενώσεων, στις ιδιόχειρες σημειώσεις του είχε συλλάβει την ηλεκτρονική δομή των ατόμων των διαφόρων στοιχείων, παρουσιάζοντας αυτά σε δομική μορφή κύβου. Τα άτομα αυτά έχουν μείνει στην ιστορία της επιστήμης ως τα *κυβικά άτομα* του Lewis.



Ο Lewis ποτέ δε δημοσίευσε τις σημειώσεις του, παρ' όλο που έκανε προσπάθειες να τις επιβάλει κατά τη διδασκαλία του. Επιστρέφοντας από τη Μανίλα στο MIT (Massachusetts Institute of Technology), όπου επικρατούσε μία ενωτική ατμόσφαιρα χημείας, συνάντησε και συνεργάστηκε με έναν άλλον μαθητή του Ostwald τον Arthur Noyes, ο οποίος αγωνιζόταν να λύσει το πρόβλημα των ισχυρών ηλεκτρολυτών. Την εποχή εκείνη επικρατούσε η ερμηνεία της διάχυσης της διαλυμένης ουσίας ως αερίου εντός της μάζας του διαλύτη που δόθηκε από το van't Hoff και το μοντέλο της πούτιγκας του ατόμου (1904) του Thomson (αρνητικά ηλεκτρόνια φυτεμένα μέσα στο θετικά φορτισμένο πυρήνα, όπως οι σταφίδες στο σταφιδόψωμο). Σε εφαρμογή της πρότασής του ο Thomson δημοσίευσε μία εργασία στα 1907 με τίτλο: "The Corpuscular Theory of Matter", στην οποία εισήγαγε την έννοια του **ηλεκτρονικού ισομερούς** ή **ηλεκτρομερούς** (Electronic isomers ή electromers). Το τελικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε ήταν ότι, οι ηλεκτρονικά ισομερείς ενώσεις μπορούν να υπάρχουν, αλλά δεν μπορούν να απομονωθούν. Στο παρακάτω σχήμα δίνει μία πρόταση των ηλεκτρομερών μορφών του αζώτου τριχλωριδίου. Παρόμοια μορφή έδωσε και για το μεθάνιο. [65]

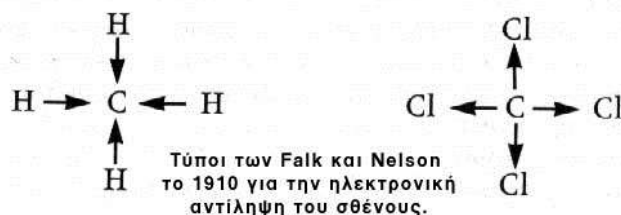


Πρόταση του J.J. Thomson για τα ηλεκτρομερή το 1907.

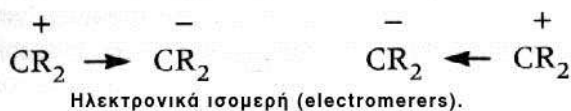
Όπως υποστηρίζει ο John Servos (102) οι φυσικοχημικοί του MIT συνέχισαν την εξέταση του προβλήματος της θεωρίας ιον(τ)ισμού του Arrhenius και με ενθουσιασμό επιδόθηκαν στην ανάπτυξη μιας ικανοποιητικής θεωρίας χημικού δεσμού. Η θερμοδυναμική από την άλλη πλευρά με φτωχά αποτελέσματα ερμηνείας, ήταν το πεδίο με το πιο βαθύ ενδιαφέρον για τον Lewis. Καμία δεσμική θεωρία δεν είχε τη δυνατότητα να ερμηνεύσει γιατί μερικές ουσίες ιονίζονται μέσα στα διαλύματά τους και υπακούουν στο νόμο δράσης των μαζών, ενώ άλλες όχι.

Την ίδια σκέψη κατά σύμπτωση είχε και ο William Ramsay στην Αγγλία το 1908, όταν απεικόνισε ηλεκτρόνια σαν τις αμοιβάδες που συντάσσονται γύρω από τα άτομα σχηματίζοντας ένα κάλυμμα, όπως ο φλοιός ενός πορτοκαλιού. Με συνδυασμό των ατόμων σε μόριο, το φλοιώμα σκεπάζει τα άτομα, ενώ στο διάλυμα το φλοιώμα υπάρχει στο ένα άτομο και όχι στο άλλο.

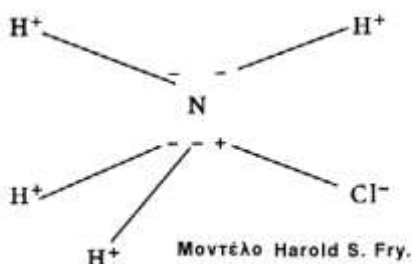
Στο MIT ο Lewis μπροστά στο κλίμα των προσδοκιών των υπολοίπων ερευνητών, παράλληλα με τη θερμοδυναμική, τον βασικό τομέα ενασχόλησής του, άρχισε να ενεργοποιεί το περιεχόμενο των παλιών του σημειώσεων. Στα 1910 ένας από τους συνεργάτες του Lewis, ο K. George Falk, ο οποίος συνεργαζόταν με τον John M. Nelson του Πανεπιστημίου Columbia, παρουσίασε μία εργασία με τίτλο: “*The electron conception of valence*”, (*Η ηλεκτρονιακή αντίληψη του σθένους*) αντιμετωπίζοντας με ενθουσιασμό την πρόκληση του Thomson και προτείνοντας το συμβολισμό των δεσμών με βέλη και με κατεύθυνση από το θετικό μέρος, όταν μεταφέρονται τα εξωτερικά ηλεκτρόνια από το ένα μέρος στο άλλο, προς το αρνητικό. Ένα παράδειγμα δίνεται στο παρακάτω σχήμα του μεθανίου και του τετραχλωράνθρακα.



Στην περίπτωση του διπλού δεσμού η ένωση παρουσιάζεται κάτω από τη μορφή δύο ηλεκτρονικών ισομερών (ηλεκτρομερών), που μπορούν να υπάρχουν ως εξής:

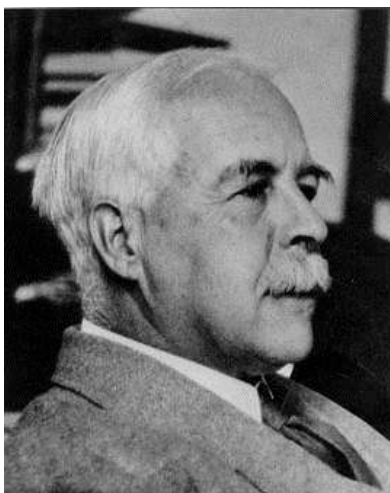


Αυτή η θεωρία πολικότητας δεν μπορεί να ερμηνεύσει τους δεσμούς σε μη ιονιζόμενα μόρια, αν και η χημεία της στερεάς φάσης φαίνεται υποστηρίζεται από αυτήν. Τον ίδιο χρόνο ένας οργανικός χημικός από το Πανεπιστήμιο του Cincinnati, ο Harold S. Fry (1878-1949) προσπαθώντας να ερμηνεύσει το μηχανισμό κάποιων οργανικών αντιδράσεων, εμφάνισε κάποιους διαβόητους τύπους, επισημαίνοντας με θετικό ή αρνητικό πρόσημο τα σύμβολα των στοιχείων σε μια ένωση, όπως στο παρακάτω παράδειγμα του NH_4Cl .



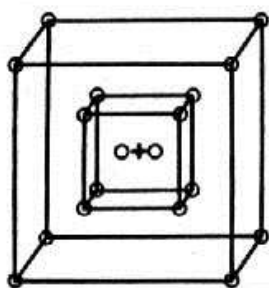
Στη Ρωσία ο A.M. Berkenheim υιοθέτησε τη πολική θεωρία για την απεικόνιση των δεσμών στις αντίστοιχες πολικές ενώσεις, χρησιμοποιώντας διακεκομμένες γραμμές και αποστροφές, αλλά δεν βοηθήθηκε από τους τυπογράφους της εποχής του.

Στα 1912 ο Lewis, μετακινούμενος στο Berkeley της Καλιφόρνια από το MIT, ίδρυσε ένα πρότυπο ερευνητικό σχολείο, που διατηρήθηκε και προήγαγε την Αμερικάνικη χημεία μέχρι το θάνατό του το 1946. Στο ερευνητικό του σχολείο σημείωνε ο J. H. Hildebrand τα μέλη του τμήματος χημείας συνεδρίαζαν όπως οι αρχαίοι *Αθηναίοι*.

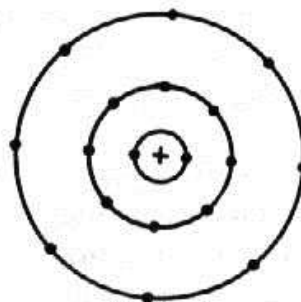


Ο Gilbert Newton Lewis (1875-1946) γεννήθηκε στο Weymouth της Μασαχουσέτης Μετά την απονομή του Ph. D. στο Harvard στα 1899, ταξίδευσε στην Ευρώπη, παραμένοντας για αρκετό χρονικό διάστημα στη Λειψία (Leipzig) και στο Göttingen. Εργάστηκε μαζί με τη φουρνιά των μεγάλων Ευρωπαίων χημικών τον Ostwald και το Nerst. Μετά την επιστροφή του στις ΗΠΑ για μια σύντομη περίοδο δίδαξε στο Harvard και κατόπιν πήγε στη Μανίλα των Φιλιππίνων για να εργαστεί στο Γραφείο Επιστημών (Bureau of Science). Επιστρέφοντας στις ΗΠΑ το 1905 εργάστηκε μέχρι το 1912 στο MIT (Massachusetts Institute of Technology). Το 1912 έγινε πρόεδρος του Τμήματος Χημείας στο Πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνιας, όπου παρέμεινε μέχρι το θάνατό του. Μνημονεύεται σήμερα όχι μόνον από τις εργασίες πάνω στο χημικό δεσμό αλλά κι από τις εργασίες του πάνω στη θερμοδυναμική, προβάλλοντας καλά σχεδιασμένα πειράματα, τα οποία αποδείκνυαν την ορθότητα του τρίτου θερμοδυναμικού αξιώματος, σύμφωνα με το οποίο στο απόλυτο μηδέν η εντροπία των καταστάσεων γίνεται μηδέν για όλα τα τέλεια κρυσταλλικά πλέγματα. Επίσης διεύρυνε στα 1923 τον ορισμό των οξέων και των βάσεων.

Ο Lewis επανήλθε στο περιεχόμενο των σημειώσεών του, όταν ο Bohr εισήγαγε την ιδέα της διευθέτησης των ηλεκτρονίων στις στιβάδες ενός ατόμου και ο Moseley τη διάταξη των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα με βάση το πυρηνικό τους φορτίο, το οποίο μέτρησε και εξέφρασε με την εισαγωγή του ατομικού αριθμού, και εισήγαγε τους κύβους του, στη δημοσιευμένη πραγματεία του, «το Άτομο και το Μόριο», (The atom and the Molecule) στα 1916. Αντιθέτως προς τον Lewis, ο Kossel, εισήγαγε μία κυκλική κατανομή των ηλεκτρονίων στο άτομο ενός στοιχείου. Παρακάτω παρατίθενται τα άτομα του αργού κατά Lewis και Kossel.



Lewis, 1916



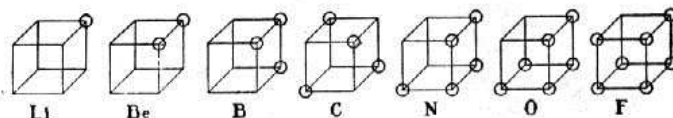
Kossel, 1916

Δύο προσομοιώσεις ατόμων του 1916.

G. N Lewis, *Valence and the Structure of Atoms and Molecules* [1923].

Ο Lewis σε σχέση με τον Kossel, προχώρησε σε μία παρουσίαση χημικού δεσμού σε χαρακτηριστικά μόρια αμετάλλων στοιχείων, αποδίδοντας την έλξη των ατόμων των στοιχείων σε αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων προς σχηματισμό ζευγών και συμπλήρωσης της εξώτατης στιβάδας ηλεκτρονίων με οκτώ ηλεκτρόνια, όπως αυτής των

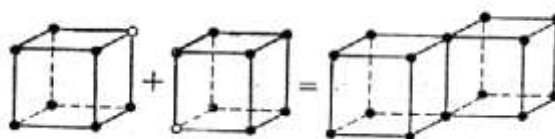
ευγενών αερίων. Τα κυβικά άτομα των στοιχείων της δεύτερης περιόδου έχουν τα ηλεκτρόνια στις κορυφές των κύβων, όπως για παράδειγμα ο άνθρακας έχει 4 ηλεκτρόνια, από ένα στις τέσσερις κορυφές, ενώ άλλες τέσσερις μένουν κενές.



Ηλεκτρνική δομή των στοιχείων της δεύτερης περιόδου κατά G. Lewis.

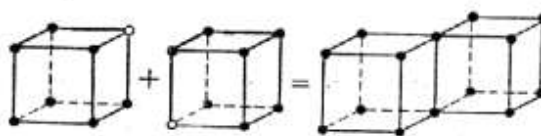
G. N. Lewis, *J. Am. Chem. Soc.* [1916]

Η ιδέα του Lewis τώρα είχε έναν πολύ ικανό σύμμαχο, που θα την επεξεργαστεί σταδιακά, θα την εμπλουτίσει με ευδόκιμους όρους και στο τέλος θα την τροποποιήσει, ώστε να γίνει σημειογραφικά εύχρηστη, με διδακτικές προσδοκίες και προοπτικές. Ήταν ο Irving Langmuir, ερευνητής κι αυτός αρχικά στο MIT και κατόπιν ερευνητής στη General Electric για 37 ολόκληρα χρόνια, μεγαλουργώντας σε ποικίλα πεδία έρευνας, εξασφαλίζοντας προσόδους, που του επέτρεπαν να ζει με άνεση. Ο Langmuir μαζί με το Lewis ανέπτυξαν την ιδέα των κυβικών ατόμων από το 1916 μέχρι το 1919 και μετά τη πήρε σκυτάλη ο Langmuir, που την προήγαγε και την ολοκλήρωσε στην «Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους» (*Electronic Theory of Valency*). Τώρα θα δούμε πώς ο Lewis και ο Langmuir παριστάνουν τη σύνδεση των ατόμων σε ένα μόριο στοιχείου, για παράδειγμα μονοσθενούς, όπως το μόριο του χλωρίου. Τα συνδεόμενα άτομα συνεισφέρουν από ένα ηλεκτρόνιο και σχηματίζουν κοινά ζεύγη, όπως στο παρακάτω σχήμα.



Σχηματισμός μορίου αλογόνου κατά Lewis.

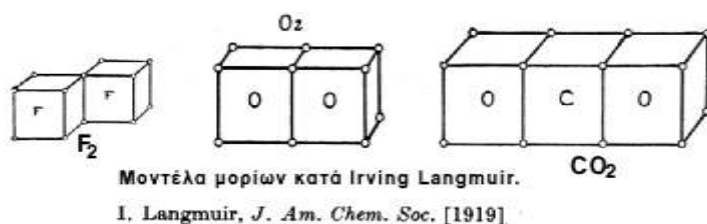
Για το σχηματισμό του μορίου του οξυγόνου, ενός δισθενούς στοιχείου, οι Lewis-Langmuir πρότειναν το παρακάτω σχήμα.



Σχηματισμός μορίου αλογόνου κατά Lewis.

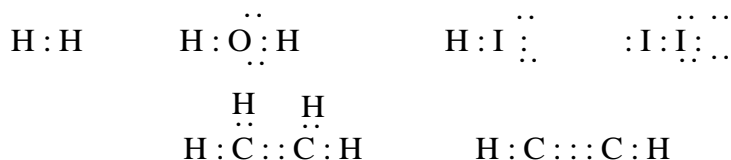
Ο Irving Langmuir ήταν μεταλλειολόγος, που είχε κάνει μεταπτυχιακές σπουδές στη Γερμανία στο H. W. Nerst, από όπου πήρε και το διδακτορικό του δίπλωμα στα 1906. Ο Langmuir γνώριζε καλά τη γερμανική πραγματικότητα και είχε αφομοιώσει πολύ καλά όλες τις εξελίξεις πάνω στη δομή του ατόμου, οι οποίες είχαν επιτευχθεί στην Ευρώπη και ήταν ο καταλληλότερος για να προωθήσει τις ιδέες του Lewis, που είχε θητεύσει κι αυτός στη Γερμανική πραγματικότητα της Χημείας. Κατά το χρονικό διάστημα από το 1919 ως και το 1923 δημοσίευσε γύρω στις 20 μελέτες θεωρητικού περιεχομένου για το χημικό δεσμό, θεσμοθετώντας όρους, που χρησιμοποιούμε μέχρι σήμερα. Διέκρινε τις ενώσεις, άρα και τους δεσμούς, σε δύο κατηγορίες, α) τον **ετεροπολικό δεσμό** (heteropolar bond) του Abegg

αντικατέστησε με τον **ionic bond**⁷³, δηλαδή **ιον(τ)ικό δεσμό**, ο οποίος πλέον καθιερώθηκε στη χώρα μας και β) το **covalent bond**, το **συσθενή δεσμό**. Αντί του *ομοιοπολικού (homopolar)* δεσμού με άλλα λόγια συνέστησε το **συσθενής** (ή *ομοιοσθενής, covalensy* ή **covalent**), που χρησιμοποιεί η διεθνής επιστημονική χημική κοινότητα πλην αυτή της χώρας μας. Εισήγαγε τον «**κανόνα της οκτάδος**» (**octet rule**), τον κανόνα που ακολουθούν τα άτομα των στοιχείων, όταν ενώνονται, για να αποκτήσουν τη σταθερότητα δομής των ευγενών αερίων, δηλαδή οκτώ ηλεκτρονίων στην εξώτατη στιβάδα τους, με εξαίρεση φυσικά αυτά που έχουν ή μένουν με μία στιβάδα την K, οπότε θεωρείται ότι την έχουν συμπληρωμένη με δύο ηλεκτρόνια. Το **co-valent** ο Langmuir μάλλον το δημιούργησε από το contra-valency του Abegg, για να αντικαταστήσει τα στατικά ηλεκτρόνια του Lewis με τα δυναμικά ηλεκτρόνια, που απορρέουν από τη θεωρία του Bohr.



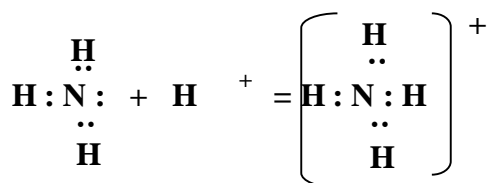
Ο συμβολισμός των συνδεομένων ατόμων και των ηλεκτρονίων με τελείες είτε για το σχηματισμό ιοντικού δεσμού μετάλλου κι αμετάλλου στοιχείου με αποβολή ηλεκτρονίων από το άτομο του μετάλλου και πρόσληψη αυτών από το άτομο του αμετάλλου (**ιοντικός δεσμός**), είτε με αμοιβαία συνεισφορά μονήρων ηλεκτρονίων προς σχηματισμό κοινών ζευγών ηλεκτρονίων μεταξύ ατόμων αμετάλλων στοιχείων (**συσθενής δεσμός**) προτάθηκε από το Lewis στην εργασία του με τίτλο: ‘*The Atom and the Molecule*’. [Gilbert N. Lewis *Journal of the American Chemical Society*, Volume 38,1916, pages 762-786, January 26, 1916].

Για μη πολικά συσθενή μόρια στοιχείων το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων στην παραπάνω πραγματεία αναγράφεται μεταξύ των συμβόλων των ατόμων, δηλαδή Cl : Cl. Άλλο παράδειγμα αποτελεί το μόριο του υδρογόνου: H : H. Σε πολικές συσθενείς ενώσεις το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων, που προήλθε με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων, γράφεται πλησιέστερα προς το σύμβολο του πιο ηλεκτραρνητικού στοιχείου, όπως στο υδροχλώριο H :Cl. Σε άλλα σημεία της εργασίας αυτής τοποθέτησε με μορφή ζευγών όλα τα ηλεκτρόνια σθένους, καθιερώνοντας πλέον τον όρο και το σημερινό τρόπο γραφής κατά Lewis των ηλεκτρονικών τύπων των ενώσεων (**Lewis Dot Structure**).



⁷³ Ο Langmuir ονόμασε τον ετεροπολικό δεσμό αρχικά “**ηλεκτροσθενή**” (**electrovalent**), αλλά ο όρος δεν περπάτησε και καθιερώθηκε η δεύτερη πρόταση ο **ιονικός**.

Ο σχηματισμός του αμμωνίου κατά την αντίδραση $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$ αποδόθηκε από τον Lewis (58) ως εξής:



Παρατίθεται η σύγχρονη ηλεκτρονική απεικόνιση του μορίου οξυγόνου κατά Lewis, η οποία όμως θεωρείται ότι δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, γι' αυτό έχει αναθεωρηθεί.



Το διοξυγόνο (dioxygen) είναι με άλλα λόγια μία **δίριζα (biradical)**. Αν δώσουμε περισσότερες θεωρητικές επεξηγήσεις, θα πρέπει να υποθέσουμε ότι το μοριακό οξυγόνο πρέπει να έχει δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια για να αιτιολογούνται οι μαγνητικές ιδιότητες που παρουσιάζει, το μπλε χρώμα του υγρού ή στερεού οξυγόνου, το υψηλό κατά κάποιο τρόπο σημείο βρασμού και η μοναδικότητά τους για τον ζώντα κόσμο. [176, 230]



Πριν να καταλήξουμε σε μια τελική σημειογραφία του χημικού δεσμού με βάση την ηλεκτρονική δομή των ατόμων αναπτύχθηκαν πολλές γνώμες, όπως μια διαμάχη μεταξύ των ερευνητών του MIT τη δεκαετία του 1910, αν ο πολικός δεσμός των ανοργάνων ενώσεων έπρεπε να διακρίνεται από τους μη πολικούς δεσμούς των οργανικών. Η λογομαχία αυτή περιστράφηκε κυρίως γύρω από το φαινόμενο του ταυτομερισμού, τις χαμηλές διηλεκτρικές σταθερές και τις φτωχές αγωγιμότητες των οργανικών ενώσεων. Οι δύο συνεργάτες του Lewis, ο William C. Bray, που έφερε στο Μπέρκλεϊ από το MIT, και ο Άγγλος από το Λίβερπουλ χημικός Gerard E. K. Branch (1886-1954) πρότειναν ότι ο μη πολικός δεσμός πρέπει να διακρίνεται από τον πολικό. Παραμερίζοντας μια γνώμη του Werner για το **ολικό σθένος (total valence)** ή **πολικό αριθμό (polar number)**, που αργότερα ορίστηκε ως ο **αριθμός οξείδωσης** από τον Wendell Latimer, υπέδειξαν στα 1913 τρόπους διάκρισης από εκείνο του ολικού αριθμού των πολικών και μη πολικών δεσμών στο χημικό τύπο της ουσίας. Για παράδειγμα αποπειράθηκαν να αποδώσουν τα δοτικά ηλεκτρόνια με ένα βέλος αντί με τη συνηθισμένη παύλα (Na-Cl, κεραία), δηλαδή $\text{Na} \rightarrow \text{Cl}$. Όλες αυτές οι προσπάθειες δεν ευδοκίμησαν και επικράτησε η θέση του Lewis, όπως διατυπώθηκε στην πραγματεία του: “*Valence and the Structure of Atoms and Molecules*”, Chemical Catalog Co., New York, 1923.

Η Ηλεκτρονική θεωρία του σθένους είναι διατυπωμένη μέσα από ξεχωριστές εργασίες, του Kossel αφενός και των Lewis-Langmuir αφετέρου, οι οποίες ωστόσο δεν παρουσίαζαν ουσιαστικές διαφορές. Κατέληγαν όλες στην ίδια σημειογραφία, όπως περιγράφεται στο παράδειγμα μιας ιοντικής ένωσης, του NaCl και μιας συσθενοϋς (ομοιοπολικής), του μοριακού χλωρίου:



NEVIL VINCENT SIDGWICK.
(Courtesy of *J. Chemical Education*.)

3.10.3 Ομοιοπολικός δεσμός (covalent bond)

Οι ιδέες του δεσμού αυτού ο οποίος ερμηνεύει το πως τα άτομα των αμετάλλων στοιχείων συγκρατούνται στα μόρια των στοιχείων ή των ενώσεων που σχηματίζουν τέθηκαν αρχικά από τον Gilbert Lewis το 1916. Οι ιδέες του Lewis στηρίζονται στον **κανόνα της οκτάδος** (octet rule), είχαν όμως μια ατέλεια στην διατύπωσή τους και περιορισμό στον αριθμό των ουσιών που ερμήνευαν. Οι ιδέες αυτές αναπτύχθηκαν και επεκτάθηκαν το 1919 από τον ευφυή μεταλλειολόγο μηχανικό τον Irving Langmuir από το Brooklyn της New York, ο οποίος εισήγαγε όπως είδαμε τους όρους *covalent* (**ομοιοπολικός**, ορθότερα **συσθενής**), *electrovalency* (**ετεροπολικός** στη γλώσσα μας, αλλά η σωστή μετάφραση είναι **ηλεκτροσθενής**) και *octet theory* (**θεωρία της οκτάδος**). Οι έλξεις μεταξύ των ατόμων στα μόρια ή σε πολυατομικά κρυσταλλικά πλέγματα των αμετάλλων στοιχείων είναι έλξεις ηλεκτροστατικής φύσης, που ασκούν οι θετικά φορτισμένοι πυρήνες των ατόμων πάνω σε αρνητικά φορτισμένα ζεύγη ηλεκτρονίων, τα οποία έχουν δημιουργηθεί με αμοιβαία συνεισφορά μονήρων (ή ασύζευκτων ηλεκτρονίων) ηλεκτρονίων από μέρους των συνδυασμένων ατόμων. [111, 178, 11, 65]

Ο ομοιοπολικός δεσμός συμπληρώθηκε όπως είδαμε από τον N. V. Sidgwick το 1927 με τη διατύπωση του ημιπολικού δεσμού. Αυτό συνέβη στην προσπάθειά του Sidgwick η *ηλεκτρονική θεωρία του σθένους* να επεκτείνει το χώρο ερμηνείας της, για να εξηγήσει πιο πολύπλοκα μόρια ανοργάνων ενώσεων, τα οποία δε μπορούσαν να ερμηνευτούν με τις ήδη διατυπωθείσες απόψεις των Lewis-Langmuir. Ο όρος ημιπολικός δεσμός είναι μετάφραση του **semipolar** ή **coordinate bond**, **συντεταγμένου δεσμού**, θέμα το οποίο συζητήθηκε. Σύμφωνα λοιπόν με την *Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους*, ο ομοιοπολικός δεσμός, δεσμός αμετάλλων στοιχείων, διακρίνεται στο:

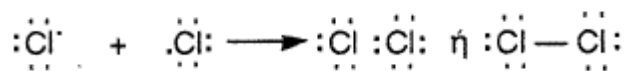
- **μη πολικό**
- **πολικό** και
- **ημιπολικό δεσμό.**

Μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός

Ο μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός ερμηνεύει το σχηματισμό των μορίων των αμετάλλων στοιχείων, όπως του υδρογόνου (H₂), των αλογόνων (X₂), του οξυγόνου (O₂), του αζώτου (N₂), του φωσφόρου και του θείου. Η καταλληλότερη περιγραφή του μη πολικού δεσμού είναι αυτή του σχηματισμού του πιο απλού μορίου του στοιχείου υδρογόνου. Το μόριο του υδρογόνου έχει σχηματιστεί από δύο άτομα υδρογόνου τα οποία έχουν από ένα ηλεκτρόνιο στη μοναδική στιβάδα τους. Τα δύο αυτά ηλεκτρόνια συνεισφέρουν για το σχηματισμό ενός **κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων**, το οποίο έλκεται από τους δύο πυρήνες (πρωτόνια στην προκείμενη περίπτωση) των ατόμων υδρογόνου. Η σταθερότητα του μορίου του υδρογόνου οφείλεται στη διάταξη των ηλεκτρονίων στην εξώτατη στιβάδα, η οποία είναι ίδια με αυτή του ηλίου (He), ευγενούς αερίου, που δεν σχηματίζει χημικές ενώσεις και μόρια.



Το μόριο του χλωρίου δημιουργείται με την αμοιβαία συνεισφορά των ασύζευκτων ηλεκτρονίων των εξωτερικών στιβάδων των ατόμων χλωρίου. Το κάθε **ασύζευκτο** ή **μονήρες** ηλεκτρόνιο συνδυάζεται με το μονήρες ή ασύζευκτο ηλεκτρόνιο του άλλου ατόμου χλωρίου, σχηματίζοντας ένα **κοινό ζεύγος** ηλεκτρονίων, το οποίο έλκει ισότιμα τους δύο θετικά φορτισμένους πυρήνες των ατόμων χλωρίου. Η έλξη των ασύζευκτων ηλεκτρονίων οφείλεται στα αντίθετα spin των ηλεκτρονίων (ηλεκτρομαγνητικής φύσης).



Και τα δύο άτομα χλωρίου στο μόριο έχουν τη δομή ευγενούς αερίου, συγκεκριμένα του αργού, δομή στην οποία αποδίδουμε τη σταθερότητά του και που ικανοποιεί τον **κανόνα της οκτάδος**.

Τα ζεύγη ηλεκτρονίων που διαθέτει κάθε άτομο χλωρίου και τα οποία δε μετέχουν στη συγκρότηση κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων ονομάζονται **ασύζευκτα** ή **μονήρη** ή **μη δεσμικά** ζεύγη. Στα ζεύγη ηλεκτρονίων τα ηλεκτρόνια έχουν αντιπαράλληλο spin, το οποίον

συμβολίζεται ως $\uparrow\downarrow$ ή $\boxed{\uparrow\downarrow}$. Ο δεσμός μεταξύ των ατόμων υδρογόνου ή χλωρίου ονομάζεται **απλός** ομοιοπολικός δεσμός.

Για να απεικονίσουμε τα μόρια των υπόλοιπων στοιχείων είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τη διάταξη των **ηλεκτρονίων σθένους**, των ηλεκτρονίων δηλαδή της εξώτατης στιβάδας (ή φλοιού) των στοιχείων.

Πίνακας με τα ηλεκτρόνια σθένους των αμετάλλων στοιχείων

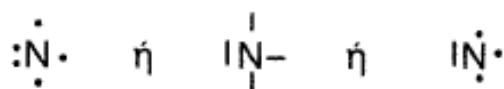
1η ή IA	2η ή IIA	13η ή IIIB	14η ή IVB	15η ή VB	16η ή VIB	17η ή VIIB
H-	-Be-	-B-	-C-	-N-	·Ö-	·F-
1 ομοιοπ. δεσμός	2 ομοιοπ. δεσμοί	3 ομοιοπ. δεσμοί	4 ομοιοπ. δεσμοί	3 ομοιοπ. δεσμοί	2 ομοιοπ. δεσμοί	1 ομοιοπ. δεσμός

1, 2,..., 13, 14, 15, 16, 17, 18 **αρίθμηση IUPAC 1988**

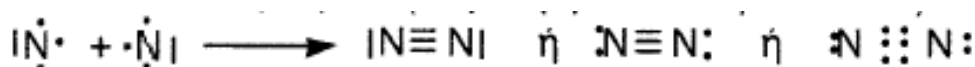
IA, IIA,..., IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB » **IUPAC 1970**

IA, IIA, ..., IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA » **Deming 1923**

Η παύλα σε κάθε σύμβολο στοιχείου, π.χ. H- , απεικονίζει το μονήρες ή ασύζευκτο ηλεκτρόνιο του υδρογόνου (H•). Το άζωτο για παράδειγμα έχει τρία ασύζευκτα ηλεκτρόνια, που απωθούνται αμοιβαία και ένα ζεύγος ηλεκτρονίων με αντιπαράλληλο spin. Μπορεί να απεικονιστεί και ως εξής:

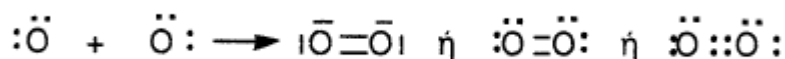


Το μόριο του αζώτου (N₂) δημιουργείται από την αμοιβαία συνεισφορά των τριών ασύζευκτων ηλεκτρονίων του ενός ατόμου και των τριών του άλλου, οπότε σχηματίζονται τρία κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων με την ταυτόχρονη απόκτηση δομής ευγενούς αερίου (συγκεκριμένα αυτή του νέου).

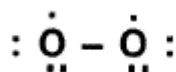


Ο δεσμός μεταξύ των δύο ατόμων αζώτου είναι **τριπλός** ομοιοπολικός δεσμός, ερμηνεύοντας έτσι και τη μεγάλη σταθερότητα του μορίου, λόγω της αδράνειάς του.

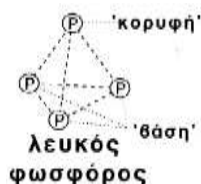
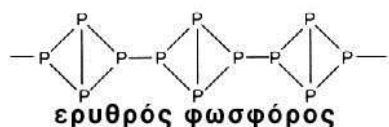
Στο μόριο του οξυγόνου αναπτύσσεται ένας **διπλός** ομοιοπολικός δεσμός. Τα δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια του ενός ατόμου με τα δύο ασύζευκτα του άλλου έλκονται, όταν έχουν αντιπαράλληλο spin και σχηματίζουν δύο κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων, δημιουργώντας τη δομή του νέου, οκτώ ηλεκτρονίων στην εξωτερική στιβάδα των δύο ατόμων. Τέσσερα κοινά από τα δύο κοινά ζεύγη και 4 ηλεκτρόνια στο καθένα από τα δύο ασύζευκτα ζεύγη που διαθέτει το καθένα άτομο.



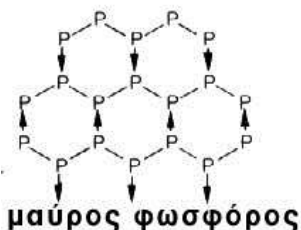
Και όμως το οξυγόνο είναι παραμαγνητικό στοιχείο, δηλαδή το μόριό του συμπεριφέρεται ως ένας μαγνήτης, με ένα μαγνητικό πεδίο που προκαλεί έλξεις. Αυτό αποδίδεται σε δύο μη ασύζευκτα ηλεκτρόνια, ένα από το κάθε άτομο του μορίου, τα οποία αιτιολογούν το μπλε χρώμα του υγρού και του στερεού οξυγόνου, το σχετικά υψηλό σημείο βρασμού του (90,188 K, ενώ του αζώτου το σ.β. είναι 77,4 K) και τη μοναδικότητά του στο ζώντα κόσμος. Η σημερινή δομή του οξυγόνου είναι αυτό της *δίριζας* (biradical) ως εξής:



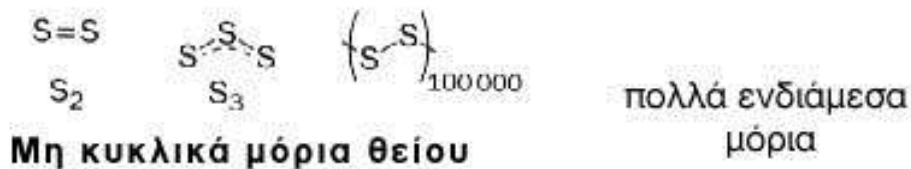
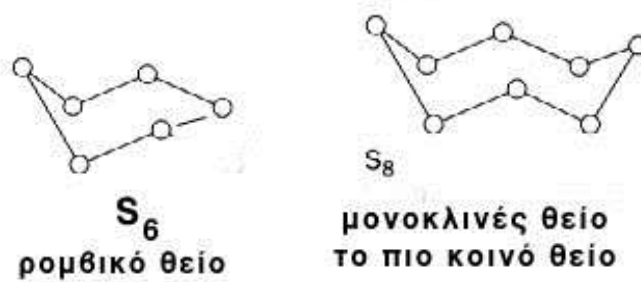
Ο φωσφόρος έχει τρεις αλλοτροπικές μορφές. Η μία είναι ο λευκός φωσφόρος ή τετρατομικός (P₄), ο ερυθρός (αδρανής) ή πολυατομικός φωσφόρος και ο «μέλας» ή μεταλλικός. Στις δύο πρώτες του μορφές το κάθε άτομο φωσφόρου σχηματίζει τρεις ομοιοπολικούς δεσμούς.



Η τρίτη μορφή παρουσιάζει κάποια ιδιομορφία, που μοιάζει με αυτήν του γραφίτη. Το κάθε άτομο φωσφόρου σχηματίζει δύο ομοιοπολικούς δεσμούς, έναν ημιπολικό με το ασύζευκτο ζεύγος ηλεκτρονίων του και ένα μονήρες ηλεκτρόνιο είναι «ελεύθερο». Στα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια οφείλεται η αγωγιμότητα του μεταλλικού μαύρου φωσφόρου.

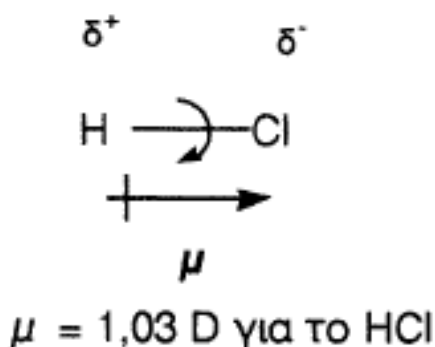


Το θείο έχει πολλές αλλοτροπικές μορφές, ανάμεσα στις οποίες είναι το ρομβικό ή εξατομικό θείο (S₆), το μονοκλινές ή οκτατομικό θείο, η πιο συνηθισμένη μορφή θείου (S₈) και το πλαστικό πολυατομικό θείο από μη κυκλικά, μόρια.

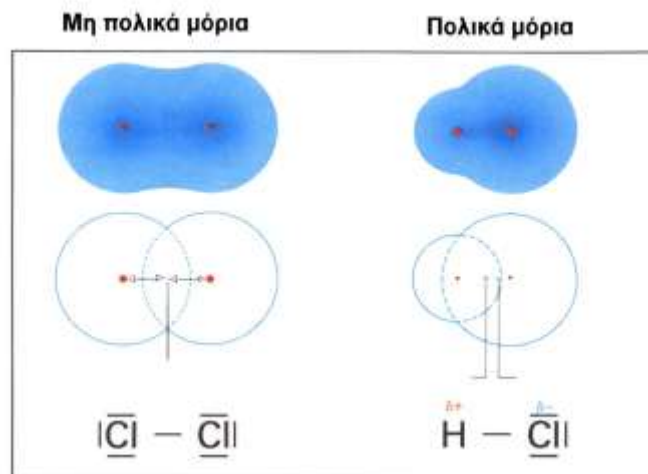


Πολικός ομοιοπολικός δεσμός

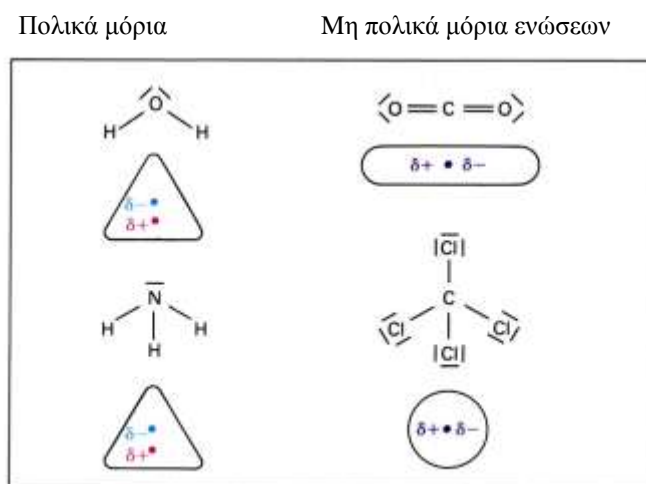
Ο πολικός ομοιοπολικός δεσμός αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων στο μόριο μιας ένωσης διαφορετικών αμετάλλων στοιχείων. Κλασικό παράδειγμα είναι το μόριο του υδροχλωρίου (HCl). Ο συμβολισμός του υδροχλωρίου είναι H :Cl ή H—Cl. Το σχηματιζόμενο κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων, προερχόμενο από την αμοιβαία συνεισφορά των μονήρων ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο ατόμων, έλκεται περισσότερο από το χλώριο, ως πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο και λιγότερο από το υδρογόνο. Το αποτέλεσμα είναι να αποκτήσουν και τα δύο άτομα τη δομή του πλησιέστερου προς αυτά ευγενούς αερίου και να αναπτυχθούν δύο πόλοι στο μόριό τους, ενός θετικού (σύμβολο δ⁺) κι ενός αρνητικού (σύμβολο δ⁻). Εξ αιτίας των πόλων το μόριο εμφανίζει μία μόνιμη διπολική ροπή από την περιστροφή του μορίου γύρω από τον άξονα του πολικού ομοιοπολικού δεσμού. Το ανυσματικό μέγεθος της διπολικής ροπής (σύμβολο μ) έχει κατεύθυνση από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό. Το μέτρο της διπολικής ροπής μ είναι ίσο με το γινόμενο του φορτίου επί την απόσταση των δύο πυρήνων των ατόμων (μήκος δεσμού). Το μόριο του HCl συμπεριφέρεται ως ένα μαγνητικό δίπολο.



Θεωρητική επεξεργασία των διπόλων (dipoles) έγινε από τον Peter Debye (1884-1966), ο οποίος το 1924 ανέπτυξε μία τεχνική μέτρησης των διπολικών ροπών πριν από την πλήρη κατανόηση της μοριακής δομής. [116]



Τα μόρια ενώσεων με πολικούς ομοιοπολικούς δεσμούς είναι *πολικά*, αν το άθροισμα των διπολικών ροπών είναι διάφορο του μηδενός και *μη πολικά*, όπως του διοξειδίου του άνθρακα, αν το ανυσματικό άθροισμα των διπολικών ροπών των δεσμών του είναι μηδέν.

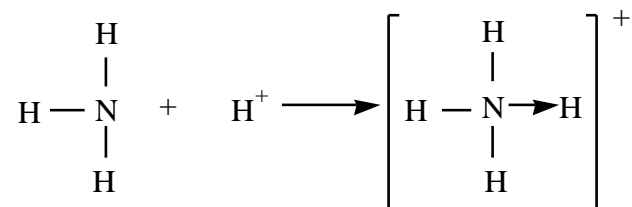


Ημιπολικός δεσμός (coordinate bond)

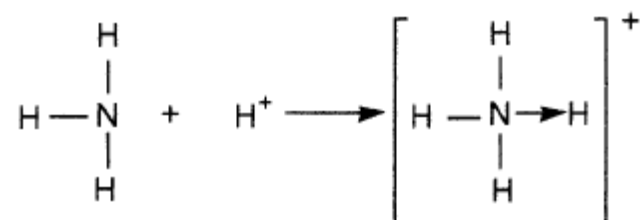
Το κοινό ζευγάρι ηλεκτρονίων ως μέσο σύνδεσης των ατόμων στα μόρια έδωσε ένα χρηστικό μοντέλο για την κατανόηση της αιτίας σχηματισμού τους. Πολλές ενώσεις ή πολυατομικά ιόντα δεν ήταν όμως δυνατόν να ερμηνευτούν με την αμοιβαία συνεισφορά μονήρων ηλεκτρονίων (lonar electrones) των Lewis-Langmuir, όπως για παράδειγμα ο σχηματισμός του αμμωνίου και μερικών συμπλόκων, τα οποία είχαν μια χαρακτηριστική σταθερότητα (σύμπλοκα καρβονυλίων, νιτροσυλίων και αμμωνίας). Για την κάλυψη αυτών των ενώσεων προτάθηκε από τον N. V. Sidgwick το 1923 στη Faraday Society του Λονδίνου ο **ημιπολικός δεσμός (coordinate link)**, ο οποίος συμπληρώνει κατά κάποιον τρόπο τον ομοιοπολικό δεσμό των Lewis-Langmuir, γι' αυτό θεωρείται ως ένα είδος ομοιοπολικού δεσμού.

Στο δεσμό αυτό το κοινό ζευγάρι ηλεκτρονίων προσφέρεται από το ένα άτομο και δεν προέρχεται με αμοιβαία συνεισφορά μονήρων ηλεκτρονίων, όπως στον ομοιοπολικό δεσμό. Παράδειγμα ο σχηματισμός του κατιόντος αμμωνίου κατά την εξουδετέρωση της αμμωνίας από το υδροχλώριο (ή υδροχλωρικό οξύ). Τα κατιόντα υδρογόνου από τη διάσταση των

οξέων δεσμεύονται από το άζωτο του μορίου αμμωνίας μέσω του ασύζευκτου ζεύγους ηλεκτρονίων που προσφέρεται για κοινή χρήση στο κατιόν υδρογόνου, το οποίο θέλει δύο ηλεκτρόνια για να αποκτήσει δομή του ηλίου. Με αυτόν τον τρόπο η αμμωνία μετατρέπεται στο πολυατομικό ιόν του αμμωνίου, NH_4^+ . Ο ημιπολικός δεσμός για να διακρίνεται από τον κλασικό ημιπολικό δεσμό συμβολίζεται με ένα βέλος (\rightarrow) προς το μέρος που δίνεται το ζεύγος ηλεκτρονίων για κοινή χρήση.



Αργότερα διαπιστώθηκε ότι τα κατιόντα υδρογόνου δεν είναι ελεύθερα στο νερό κατά τη διάσταση των οξέων στα υδατικά τους διαλύματα, αλλά ενυδατωμένα σχηματίζοντας κατιόντα οξωνίου (ή υδρονίου). Το μόριο του νερού με το κατιόν του υδρογόνου συνδέονται με ημιπολικό δεσμό.



Ημιπολικούς δεσμούς μπορούν να σχηματίσουν τα στοιχεία της 15ης, 16ης και 17ης ομάδας, από έναν, δύο και τρεις αντίστοιχα. Εξαίρεση αποτελεί το φθόριο που ενώ έχει τρία ζεύγη ηλεκτρονίων στη στιβάδα σθένους δεν τα μοιράζεται με κανένα άλλο στοιχείο γιατί είναι το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο του Περιοδικού Πίνακα. Με ημιπολικούς δεσμούς ερμηνεύουμε τη δομή των οξυγονούχων οξέων των αμετάλλων στοιχείων των ομάδων αυτών.

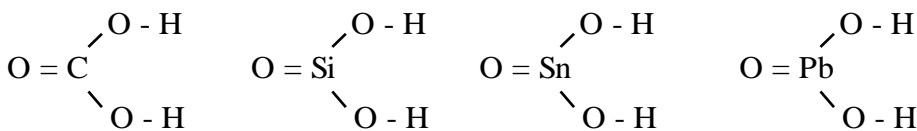
ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΟΞΥΓΟΝΟΥΧΩΝ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΟΞΕΩΝ

Τα στοιχεία της **14ης** ομάδας του Περιοδικού πίνακα (πρώην **IVA**) σχηματίζουν τα παρακάτω διβασικά οξυγούχα οξέα:

ανθρακικό	H_2CO_3
(μετα)πυριτικό	H_2SiO_3
(μετα)κασσιτερικό	H_2SnO_3
(μετα)μολυβδικό	H_2PbO_3

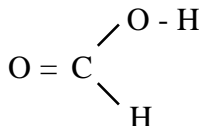


Τα όξινα υδρογόνα στο μόριο κάθε οξυγονούχου οξέος είναι σε μορφή υδροξυλίων συνδεδεμένων με το κεντρικό άτομο του οξέος.



Το ανθρακικό οξύ μπορούμε να θεωρήσουμε ότι είναι ένα καρβοξύλιο που συνδέεται με ένα υδροξύλιο, HO-COOH.

Το μυρμηκικό οξύ, HCOOH είναι μονοβασικό οξύ, δηλαδή μόνο ένα εκ των δύο υδρογόνων του είναι όξινο, $\text{HCOOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$, άρα ένα μόνο υδρογόνο είναι συνδεδεμένο με το άτομο άνθρακα.



Περιοδικός Πίνακας αμετάλλων στοιχείων και γημικών δεσμών που σχηματίζουν

1η ή IA	2η ή IIA ¹	3η ή IIIA	14η ή IVA	15η ή VA	16η ή VIA	17η ή VIIA
H-	-Be-	-B- 	-C- 	-N- 	-O- 	-F-
1 ομοιοπ. δ.	2 ομοιοπ. δ.	3 ομοιοπ. δ.	4 ομοιοπ. δ.	3 ομοιοπ. δ.	2 ομ. δ.	1 ομ. δ.
				1 ημπ. δ.	2 ημπ. δ.	3 ημπ. δ. πλην φθορίου

Πρέπει να σημειώσουμε ότι το φθόριο το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο του ΠΠ δεν μοιράζεται τα ζεύγη ηλεκτρονίων της στιβάδας σθένους του με λιγότερο από αυτό ηλεκτραρνητικά στοιχεία, δηλαδή δεν σχηματίζει ημιπολικούς δεσμούς. Τα υπόλοιπα αλογόνα μπορούν να σχηματίσουν 3 ημιπολικούς δεσμούς, όσα και τα ζεύγη της στιβάδας σθένους.

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τα στοιχεία με ελεύθερα ζεύγη ηλεκτρονίων στη στιβάδα σθένους μπορούν ενίοτε να σχηματίζουν ημιπολικούς δεσμούς με άλλα αμέταλλα στοιχεία, αφού καλύψουν προηγουμένως με τα μονήρη τους ηλεκτρόνια όλους τους ομοιοπολικούς δεσμούς.

Αμέταλλα στοιχεία της **15ης** ομάδας (ή **VA** σύμφωνα με την παλιά αρίθμηση).

Οξυγονούχα οξέα

νιτρώδες οξύ HNO_2 (ασθενές) $\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$ (μονοβασικό)

νιτρικό οξύ HNO_3 (ισχυρό) $\rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$ (μονοβασικό)

φωσφορικό οξύ H_3PO_4 $\rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ (πολυβασικό, τριβασικό οξύ)

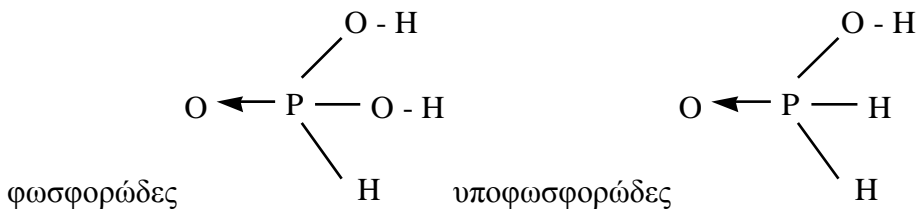
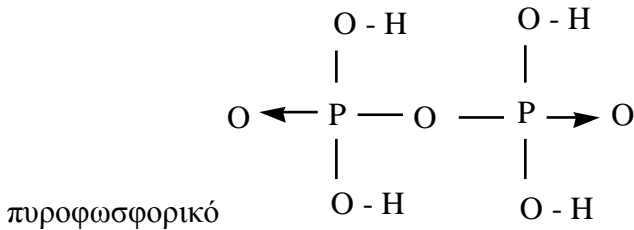
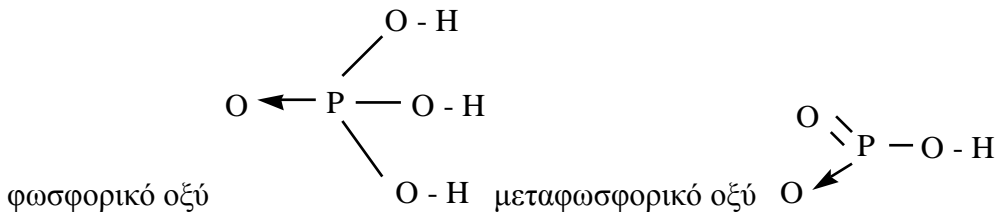
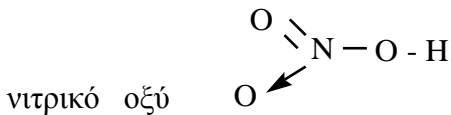
μεταφωσφορικό HPO_3 $\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_3^-$ (μονοβασικό)

πυροφωσφορικό $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

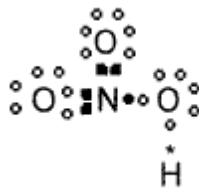
φωσφορώδες H_3PO_3 $\rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{PHO}_3^{2-}$ (διβασικό οξύ)

υποφωσφορώδες H_3PO_2 $\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_2^-$ (μονοβασικό οξύ)

νιτρώδες οξύ $\text{O} = \text{N} - \text{O} - \text{H}$

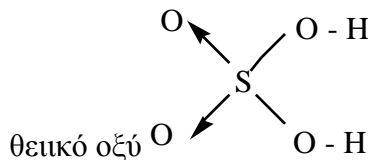
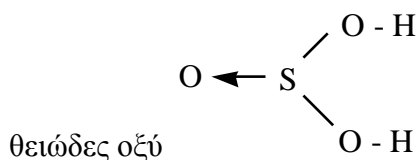
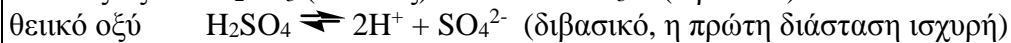


Όταν το οξυγόνο συνδέεται με ημιπολικό δεσμό θεωρούμε τα 6 ηλεκτρόνιά του ότι βρίσκονται σε μορφή τριών ζευγών. Ο ηλεκτρονικός τύπος του νιτρικού οξέος είναι:



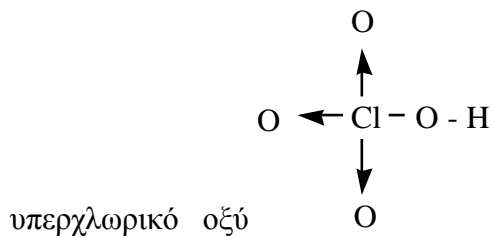
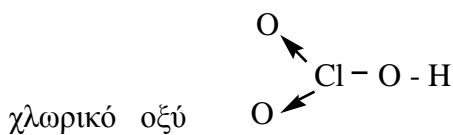
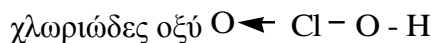
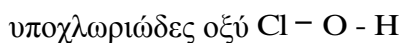
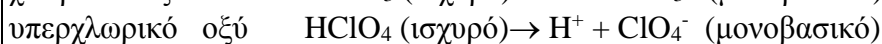
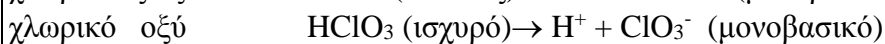
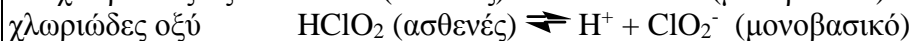
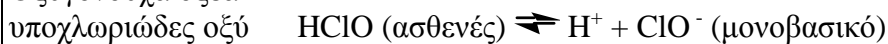
Αμέταλλα στοιχεία της **16ης** ομάδας (ή **VIA** σύμφωνα με την παλιά αρίθμηση).

Οξυγονούχα οξέα



Αμέταλλα στοιχεία της **17ης** ομάδας (ή **VIIA** με την παλιά αρίθμηση).

Οξυγονούχα οξέα



ονομασία οξέος	μοριακός τύπος	ηλεκτρονικοί τύποι
Υποχλωριώδες	HClO	
Χλωριώδες	HClO ₂	
Χλωρικό	HClO ₃	
Υπερχλωρικό	HClO ₄	

Εύκολα παρατηρούμε στους ηλεκτρονικούς τύπους ότι κάθε άτομο στοιχείου έχει αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου.

ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ ΟΥΣΙΩΝ

Οι ουσίες, χημικές ενώσεις ή στοιχεία σε καθαρή κατάσταση αποτελούνται από δομικούς λίθους άτομα, μόρια ή ιόντα. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει μερικούς αντιπροσώπους αυτών των ουσιών με καθένα είδος δομικού λίθου.

ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ	ΑΤΟΜΑ	ΜΟΡΙΑ	ΙΟΝΤΑ
	διαμάντι γραφίτης γυαλί ερυθρός φωσφόρος ευγενή αέρια	<ul style="list-style-type: none"> νερό (ατμός, υγρό, πάγος), οι περισσότερες οργανικές ενώσεις, ανόργανες όπως οξείδια αμετάλλων στοιχείων (CO, CO₂, N₂O, NO, N₂O₃, N₂O₄, NO₂, N₂O₅, SO₂, SO₃, Cl₂O, Cl₂O₇, I₂O₅, P₂O₅ (ή πιο σωστά P₄O₁₀) και οξείδια μετάλλων με αριθμό οξείδωσης μεγαλύτερο του 3 (MnO₂, Mn₂O₇, SnO₂, PbO₂, CrO₃) αλογονίδια του τύπου PCl₃, PCl₅, SnCl₄, SF₆ κτλ. μόρια στοιχείων, όπως H₂, F₂, Cl₂, Br₂, I₂, N₂, O₂, O₃ (όζον), P₄ (λευκός φωσφόρος), S₆ (ρομβικό θείο), S₈ (μονοκλινές θείο). 	<p>υδροξείδια μετάλλων [βάσεις, όπως NaOH, KOH, Ca(OH)₂, Sn(OH)₂, Fe(OH)₃, Cu(OH)₂, Mn(OH)₂, Mg(OH)₂, Cr(OH)₃],</p> <p>οξείδια μετάλλων με ΑΟ μικρότερο του 4, πχ. PbO, SnO, FeO, Fe₂O₃, Ag₂O, CuO, Cu₂O, HgO, CaO, Na₂O, K₂O, MgO, BaO, MnO, Cr₂O₃ κτλ</p> <p>αμμωνιακά άλατα, τεταρτοταγείς αμίνες και άλατα τεταρτοταγών αμινών .</p> <p>Ιόντα είναι και οι δομικοί λίθοι των μεταλλικών κρυσταλλικών πλεγμάτων.</p>

Μερικές διευκρινίσεις που δίνονται είναι:

α) Όταν οι ουσίες έχουν δομικούς λίθους τα ιόντα, τότε αυτές είναι στερεές κρυσταλλικές. Εξαιρέση αποτελεί ο υδράργυρος.

Όταν οι ουσίες αποτελούνται από μόρια, τότε σε πρότυπη κατάσταση (25 °C, 1 atm, καθιερωμένες συνθήκες ενός εργαστηρίου) υφίστανται σε μια από τις τρεις φυσικές καταστάσεις (αέρια, υγρή, στερεά), όπως το νερό, το θειικό οξύ, το νιτρικό οξύ, ο διθειάνθρακας, η αιθανόλη, είναι υγρά, η αμμωνία, το υδρόθειο, το υδροχλώριο, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο, αέρια, το θείο, το ιώδιο, το κίτρικο οξύ, το οξαλικό, στερεά κτλ.

Διαφορές ιοντικών κι ομοιοπολικών ενώσεων

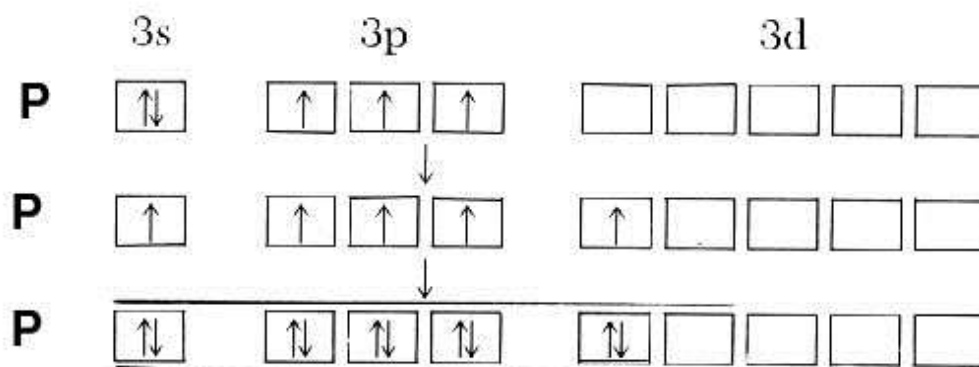
Γενικά χαρακτηριστικά ιον(τ)ικών ενώσεων	Γενικά χαρακτηριστικά ομοιοπολικών ενώσεων
(α) Ιοντικές ενώσεις είναι τα άλατα και τα υδροξείδια ή οξείδια των μετάλλων στα οποία ο αριθμός οξείδωσης είναι μικρότερος ή ίσος του 3+.	(α) Ομοιοπολικές ενώσεις είναι τα οξέα και οι ασθενείς κυρίως βάσεις αμετάλλων στοιχείων (αμμωνία, αμίνες) και τα υδροξύλια ή οξείδια των μετάλλων με αριθμό οξείδωσης 3+ και μεγαλύτερο.
(β) Οι ιοντικές ενώσεις είναι στερεές και συνήθως δύστηκτες. Τα τήγματά τους άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. [Το NaCl έχει σ.τ. 801 °C, το K ₂ S 840 °C, ο μαγνητίτης Fe ₃ O ₄ (Fe ₂ O ₃ ·FeO) 1594 °C και το NaOH 318 °C).	(β) Οι ομοιοπολικές ενώσεις είναι αέριες ή υγρές πτητικές ή στερεές εύτηκτες. Συνήθως ως ενώσεις είναι μονωτές.
(γ) Δομικός λίθος των ιοντικών ενώσεων στα κρυσταλλικά τους πλέγματα (lattice) είναι το ión . Οι ισχυρές ηλεκτροστατικές δυνάμεις (ή δυνάμεις Coulomb), οι οποίες κατευθύνονται με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις κατευθύνσεις του χώρου του πλέγματος, δεν αιτιολογούν δεσμό, αλλά μάλλον ένα είδος <i>σύνδεσης</i> των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα.	(γ) Δομικός λίθος των ομοιοπολικών ενώσεων είναι το μόριο . [Υπάρχει η περίπτωση αμόρφων υλικών, όπως το γυαλί (SiO ₂), ένα ομοιοπολικό πλέγμα τετρασθενούς πυριτίου με γέφυρες δισθενούς οξυγόνου, το οποίον οξυγόνο σε άκρες μπορεί να συνδέεται με <i>ιονογόνο</i> δεσμό με κατιόντα διαφόρων μετάλλων]

Ο πίνακας αυτός συνοψίζει τις δύο μεγάλες διακριτές κατηγορίες χημικού δεσμού, που επικρατούν στις χημικές ενώσεις κι αποτελεί ένα γενικό κριτήριο θεωρητικής εξέτασης των ουσιών. Υπάρχουν περιπτώσεις, που κινούνται στα όρια των δύο κατηγοριών ή που δεν ερμηνεύονται από αυτές, αλλά αυτές θα πρέπει να εξετάζονται ως εξαιρέσεις. Για παράδειγμα καρβίδια όπως το SiC, αζίδια όπως το BN κι αρσενίδια όπως το GaAs, δεν σχηματίζουν μόρια αλλά πολυατομικά πλέγματα. [10, 11, 12, 13, 56, 65, 173, 178, 187, 217, 226, 227, 228, 234, 235, 241, 244, 246, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 266, 268, 346, 347, 364, 367, 582]

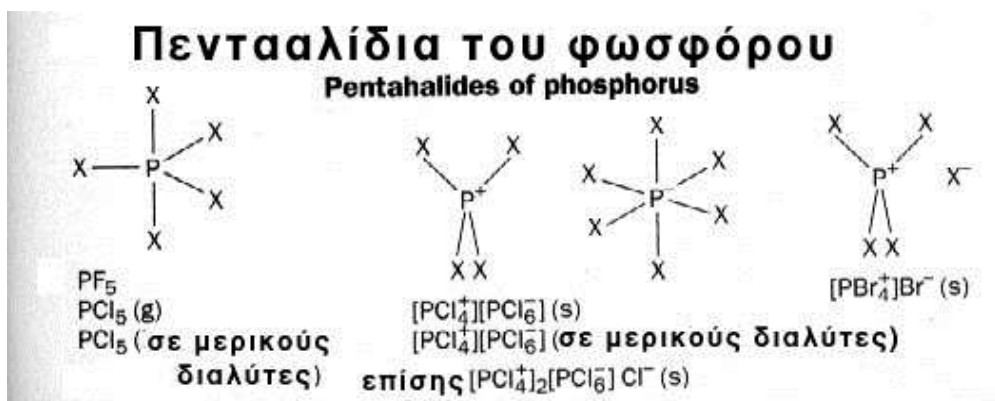
3.10.4 Από την Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους σε άλλες θεωρήσεις του δεσμού – Πεντααλίδια του φωσφόρου

Η δομή ορισμένων ενώσεων δεν μπορούσε να ερμηνευτεί με βάση τον κανόνα της οκτάδος των Kossel-Lewis-Langmuir, ούτε οι συμπληρώσεις των Lowry-Sindgwick στάθηκαν ικανές να επιλύσουν τα δομικά προβλήματα των ενώσεων αυτών. Ενώσεις για τις οποίες η Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους (ΗΘΣ) είχε δυσκολίες στην ερμηνεία δομής των μορίων τους, είναι: π.χ. PCl_5 , SF_6 , ClI_3 , BF_3 , BeF_2 , NO , XeF_4 , XeO_4 , AsF_5 , XeOF_4 , XeO_2F_2 , ClF_3 , XeO_3 , XeF_2 . Η κβαντομηχανική θεώρηση του ατόμου με την επίλυση της εξίσωσης Schrodinger, ανέπτυξε θεωρήσεις μιας πληρέστερης κατανόησης του ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ ατόμων σε μόρια, στα οποία αδυνατούσε να ερμηνεύσει η ΗΘΣ. Οι θεωρήσεις αυτές επεκτάθηκαν και σε ερμηνείες δομής ιόντων, όπως το H_2^+ , PF_6^- , O_2^- , O_2^+ κτλ. Η θεώρηση αρχικά του *συντονισμού* και στη συνέχεια του *υβριδισμού* των τροχιακών, ήταν προσπάθειες ερμηνείας των μορίων όπως των NO , PCl_5 , SF_6 , του τριπλού και του διπλού δεσμού μεταξύ των ατόμων άνθρακα στις οργανικές ενώσεις. [449, 176]

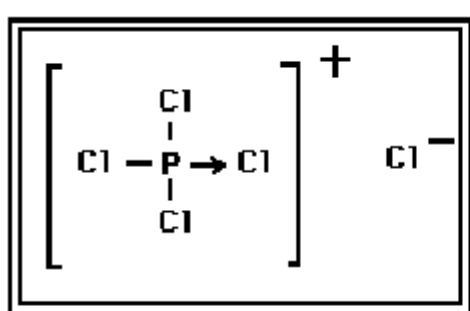
Οι δυσκολίες της κβαντομηχανικής θεώρησης του χημικού δεσμού στη διδασκαλία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ειδικότερα στο Λύκειο, μπορούν να ξεπεραστούν σε μερικά μόρια από αυτά. Για παράδειγμα τα πεντααλίδια του φωσφόρου, από τις φυσικές τους ιδιότητες, εύκολα προκύπτει ότι πρόκειται για ενώσεις ομοιοπολικού δεσμού, οι οποίες, όμως, δεν φαίνεται ότι ικανοποιούν τον κανόνα της οκτάδος. Πράγματι γύρω από το φωσφόρο διατάσσονται 5 ζεύγη ηλεκτρονίων, 5 ηλεκτρόνια προερχόμενα από το φωσφόρο και 5 μονήρη ηλεκτρόνια, προερχόμενα από τα 5 άτομα αλογόνου. Το μόριο PX_5 ερμηνεύεται με το φαινόμενο του υβριδισμού sp^3d του φωσφόρου. Ο Φωσφόρος, στοιχείο της $15^{\text{ης}}$ ομάδας του σύγχρονου περιοδικού πίνακα, έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα. Τα ηλεκτρόνια αυτά είναι διατεταγμένα στα τροχιακά s , p , δύο στο πρώτο και τρία στο δεύτερο. Για να αιτιολογήσουμε τον ομοιοπολικό χαρακτήρα της ένωσης του PX_5 , θεωρούμε ότι, συνδυάζονται τα τροχιακά s , p_x , p_y , p_z , d_{z^2} , οπότε παράγονται πέντε μη ισοδύναμα sp^3d -υβριδικά τροχιακά, τα οποία κατευθύνονται προς τις κορυφές μιας *τριγωνικής διπυραμίδας* ή *αμφιπυραμίδας* (trigonal bipyramid). Τα τρία ισημερινά από τα πέντε υβριδικά τροχιακά είναι ισοδύναμα μεταξύ τους, όπως και τα δύο αξονικά μεταξύ τους υβριδικά τροχιακά. Ο συνδυασμός γίνεται με διέγερση της θεμελιώδους κατάστασης, η οποία απαιτεί κάποιο ποσό ενέργειας και στη συνέχεια απαιτείται ένα επιπλέον ποσό ενέργειας, η *ενέργεια προώθησης* (promotion energy), για να μεταβούμε στην τελική *κατάσταση σθένους* (valence state).



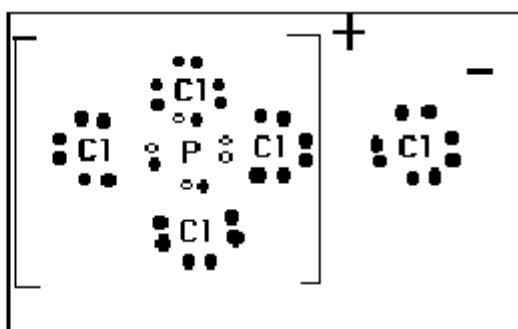
Τα γνωστά πεντααλίδια, PX_5 , όπου X άτομο αλογόνου, είναι το PF_5 , το PCl_5 και το PBr_5 . Πρόσφατα όπως μας πληροφορεί ο Hazel Rossotti από το κολέγιο St. Anne της Οξφόρδης (1998, **176**, σ.163) έχει παρασκευαστεί και το PI_5 , το οποίο πρέπει να έχει την παρακάτω δομή του PBr_5 .



Το στερεό πενταχλωρίδιο του φωσφόρου (πενταχλωριούχος φωσφόρος) είναι ιοντικής μορφής και η δομή του μπορεί να αποδοθεί από ένα κατιόν του τύπου $[PCl_4]^+$, στο οποίον ισχύει ο κανόνας της οκτάδος, αν δεχτούμε τους παρακάτω ηλεκτρονικούς ή συντακτικούς τύπους.



ΕΙΚΟΝΑ 1



ΕΙΚΟΝΑ 2

Σήμερα, πάντως είναι γνωστό ότι οι επικρατέστεροι τύποι για την περιγραφή της δομής του στερεού PCl_5 είναι $[PCl_4]^+[PCl_6]^-$, με το ανιόν $[PCl_6]^-$ να έχει έξι άτομα χλωρίου γύρω από το φωσφόρο και να μην ακολουθεί τον κανόνα της οκτάδος. Τα παραπάνω σχήματα όμως ακολουθεί το στερεό πενταβρωμίδιο του φωσφόρου, PBr_5 , η δομή του οποίου μπορεί να περιγραφεί από τον τύπο $[PBr_4]^+ Br^-$ όπου τόσο το κατιόν, όσο και το ανιόν του βρωμίου ακολουθούν τον κανόνα της οκτάδος. Το PI_5 είναι παρόμοιο με το PBr_5 . [176]

Οι ιδιότητες των γνωστών πεντααλιδίων είναι:

	M_r	χρώμα	φυσική κατάσταση	$\rho/g\ cm^{-3}$	$\theta_m/^{\circ}C$	$\theta_b/^{\circ}C$
PF_5	126	κανένα	αέριο		-83	-75
PCl_5	208,3	λευκό	αέριο	2,1	d167	s160
PBr_5	430,5	κίτρινο	στερεό	3,5	s160	d106

ίδια συνδέονται με ημιπολικούς δεσμούς με το άτομο θείου, δεχόμενα τα δύο μη δεσμικά ζεύγη ηλεκτρονίων του.

Ο κανόνας της οκτάδος μπορεί να διατηρηθεί στη στερεά κατάσταση των ενώσεων αυτών, εφόσον οι τελευταίες εμφανίζουν τις ιδιότητες των ιοντικών ενώσεων. Ο κανόνας της οκτάδος έχει το πλεονέκτημα να αφομοιώνεται περισσότερο από τους μαθητές των λυκείων, οι οποίοι ανακαλύπτουν κάποιες κανονικοποιήσεις, που ακολουθούν τα μόρια στις φυσικές τους καταστάσεις.

Σε γενικές γραμμές η Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους καταλήγει στο δόγμα, ότι: ο χημικός δεσμός είναι η αιτία, που συγκρατεί

- τα άτομα στα μόρια και
- τα ιόντα στο κρυσταλλικό τους πλέγμα (ή τα άτομα σε κρυσταλλικά πλέγματα όπως αυτά του διαμαντιού και του γυαλιού).

Οι οριακές περιπτώσεις, πολυπληθείς στη σύγχρονη χημεία, δεν πρέπει να θίγονται αναλυτικά, γιατί διασαλεύουν ένα εκπαιδευτικό οικοδόμημα και δημιουργούν ατέρμονες συνθήκες επεξηγήσεων κι αντικρουόμενων απόψεων, χωρίς να υπάρχουν κάποιες αφετηρίες και γενικά λειτουργικό υπόβαθρο γνώσεων, που να δίνει τη δυνατότητα της περαιτέρω διερεύνησης των μυστικών της χημείας. Όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο η Θεωρία Δεσμού Σθένους και η Θεωρία των Μοριακών Τροχιακών είναι θαυμάσιες μαθηματικές θεωρίες με φτωχά αποτελέσματα προς το παρόν πρόβλεψης ή ερμηνείας των πειραματικών δεδομένων. Αυτές οι θεωρίες απαιτούν μεγάλη εξειδίκευση και γνώση μαθηματικών κι αφορούν ένα πολύ εξειδικευμένο πεδίο της χημείας, οι οποίες, όμως, χωρίς τα προηγούμενα της ΗΘΣ, δεν μπορούν να λειτουργήσουν ούτε και σε φοιτητή Χημικού Τμήματος. Την επισήμανση αυτή έκανε κάπως αργά ο Καναδός Ronald Gillespie, ιδρυτής της VSEPR (βέσπερ), ανακοινώνοντας σε πανηγυρική ομιλία του στη 210η συνεδρίαση της American Chemical Society, στο Chicago τον Αύγουστο του 1995, ότι: *«Όλοι οι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται από ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ θετικών φορτίων πυρήνων και αρνητικών φορτίων ηλεκτρονίων σθένους (negatively charged valence electrons). Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι οι μόνες σπουδαίες δυνάμεις στη χημεία. Οι δεσμοί δεν σχηματίζονται από την αλληλοεπικάλυψη τροχιακών, όπως διαβάζουμε συχνά. Αυτό είναι ακριβώς ένα μοντέλο—αποδοχής πολύ χρήσιμο και ουσιώδες για την πλειονότητα της χημείας, αλλά δεν νομίζω ότι είναι ουσιώδες για ένα εισαγωγικό επίπεδο μαθητών. Μπορούμε να αποκτήσουμε μια πολύ καλή κατανόηση της χημείας χωρίς αυτό».*

Επειδή είναι ενδιαφέρον από διδακτικής πλευράς να ακουστούν κάποιες ισχυρές «γνώμες» για τη χημεία στο Λύκειο και ιδιαίτερα στις τελευταίες τάξεις της, γράφονται από την ομιλία του Gillespie, εκτεταμένα αποσπάσματα, τα οποία αφορούν στο χημικό δεσμό και τη σύνδεση της χημείας με την καθημερινή ζωή.

Οι μεγάλες Ιδέες της Χημείας του Ronald J. Gillespie

Department of Chemistry, McMaster University, Hamilton, ON, L8S 4M1, Canada

Για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα «Τι πρέπει να γίνει στη γενική χημεία;», χρειάζεται να αναζητήσουμε ποιες από τις θεμελιώδεις έννοιες της χημείας είναι ουσιώδεις για την κατανόηση και τους υπολογισμούς της σύγχρονης χημείας. Πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας ότι η πορεία της σύγχρονης χημείας δεν είναι σχεδιασμένη ως ένα πρωταρχικό στάδιο εκγύμνασης μελλοντικών επαγγελματιών χημικών. Οι βιολόγοι, οι φυσικοί, οι γεωλόγοι, οι μηχανικοί, οι ιατροί, οι περιβαλλοντολόγοι, και πραγματικά κάθε επιμορφούμενος πολίτης είναι αναγκαίο να κατανοεί τη χημεία. Η διαδικασία (της κατανόησης της χημείας) θα μπορούσε να οριοθετηθεί στις ανάγκες αυτών των επιστημών, όπως των μηχανικών, των σπουδαστών της ιατρικής, έτσι ώστε αυτοί όλοι να γνωρίζουν πώς σκέφτονται οι χημικοί για τον υλικό κόσμο, τι κάνουν οι χημικοί σήμερα, και ποιες ερωτήσεις της χημείας μπορούν να απαντηθούν. Εμείς (οι χημικοί) χρειάζεται να δείξουμε τη σπουδαιότητα της χημείας στα εκλεκτά της πεδία, που είναι γνωστά από την καθημερινή ζωή.

Κατονομάζω τις θεμελιώδεις ιδέες της χημείας ως «μεγάλες ιδέες της χημείας». Στον κατάλόγό μου έξι τέτοιες αντιλήψεις σχηματίζουν τη βάση της χημείας. Πιστεύω ότι κάθε λύκειο (high school) και κολλέγιο (college) θα πρέπει να τις περιλαμβάνει και το όλο οικοδόμημα της χημείας να χτίζεται γύρω από αυτές. Σε ποιο βάθος αυτές θα διδάσκονται, εξαρτάται από το επίπεδο και τις λεπτομέρειες της σειράς μαθημάτων, που θα γίνουν σε κάποια τάξη, της οποίας έχουμε σχεδιάσει τους ελάχιστους σκοπούς. Μέρος του προβλήματος παρουσιάζεται από τους διδάσκοντες, που έχουν μεγάλη διάθεση και υπερφορτώνουν με πολλές λεπτομέρειες το περιεχόμενο των έξι αυτών ιδεών, περισσότερο απ' αυτές που είναι οι πραγματικά αναγκαίες για την κατανόησή τους, ώστε να γίνουν κατάλληλα εφόδια στους μαθητές.

Άτομα, Μόρια και Ιόντα

Η σύγχρονη χημεία αρχίζει με τον Dalton και τις αντιλήψεις του για τα άτομα και τα μόρια. Στοιχεία είναι κατ' αυτόν ένα είδος ύλης, στο οποίο υπάρχουν άτομα ενός είδους. Στις ενώσεις υπάρχουν δύο ή περισσότερα είδη ατόμων, που κρατούνται σε αυτές υπό ορισμένες αναλογίες. Για να αντιληφθούμε, πώς τα άτομα κρατούνται ενωμένα κατά το σχηματισμό των μορίων, μπορούμε να καταφύγουμε στον Rutherford και στις αντιλήψεις του, σύμφωνα με τις οποίες ένα άτομο αποτελείται από έναν κεντρικό πυρήνα που τον περιτριγυρίζουν ηλεκτρόνια. Η διευθέτηση των ηλεκτρονίων αυτών σε ενεργειακά επίπεδα ή φλοιούς μπορεί αμέσως να αποδειχτεί από τα γνωστά πειραματικά δεδομένα, όπως αυτά των ενεργειών ιοντισμού και των φωτοηλεκτρικών φασμάτων. Με αυτόν τον τρόπο οδηγούμεθα στην αντίληψη του θετικού φορτίου του πυρήνα, που περιτριγυρίζεται από μια στιβάδα σθένους (valence shell).

Ο Χημικός Δεσμός: Τι κρατά τα άτομα στα Μόρια και στους Κρυστάλλους

Όλοι οι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται από ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ θετικά φορτισμένων πυρήνων και αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων σθένους (negatively charged valence electrons). Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι οι μόνες σπουδαίες δυνάμεις στη χημεία. Οι δεσμοί δεν σχηματίζονται από την αλληλοεπικάλυψη τροχιακών, όπως διαβάζουμε συχνά. Αυτό είναι ακριβώς ένα μοντέλο—αποδοχής πολύ χρήσιμο και ουσιώδες για την πλειονότητα της χημείας, αλλά δεν νομίζω ότι είναι σημαντικό για ένα εισαγωγικό επίπεδο μαθητών. Μπορούμε να αποκτήσουμε μια πολύ καλή κατανόηση της χημείας χωρίς

αυτό. Πράγματι πολλοί χημικοί κάνουν μικρή του χρήση. Αυτό το μοντέλο αποσπά την προσοχή από τον πραγματικό λόγο σχηματισμού του δεσμού: τις ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ των ηλεκτρονίων και του πυρήνα. Υπάρχουν πολύ πιο σπουδαία και σχετικά θέματα για να χρησιμοποιήσουμε σε εισαγωγικό επίπεδο. Επιπλέον το τροχιακό μοντέλο δίνει στους μαθητές μια ανακριβή εντύπωση ότι η χημεία παρουσιάζει δυσκολίες να συνοψιστεί, έχει μάλιστα ένα μαθηματικό υπόβαθρο, που βασίζεται σε μια μυστήρια άποψη, η οποία δεν είναι και δεν μπορεί να γίνει ικανοποιητικά ερμηνευτική σε εισαγωγικό επίπεδο. Εμείς μπορούμε να περιγράψουμε τους ιοντικούς δεσμούς ως αποτέλεσμα ηλεκτροστατικών έλξεων μεταξύ των ιόντων και τους ομοιοπολικούς δεσμούς ως αποτέλεσμα των έλξεων από τους δύο πυρήνες του ζεύγους των συνεισφερομένων ηλεκτρονίων. Οι αντίστοιχες δομές κατά Lewis μας δείχνουν πόσους δεσμούς μπορεί να σχηματίσει κάθε άτομο. Κατά τη γνώμη μου αυτές είναι οι απαραίτητες αντιλήψεις, που μπορούν να συζητηθούν για το δεσμό σε ένα εισαγωγικό επίπεδο χημείας.

Μοριακό Σχήμα και Γεωμετρία: Χημεία Τριών-Διαστάσεων

Η αντίληψη του μοριακού σχήματος και της γεωμετρίας έχει τη σπουδαιότητά της στη χημεία από τις μέρες των Le Bel και van't Hoff. Έχει κερδίσει σε αυξανόμενη σπουδαιότητα με τον ερχομό της κρυσταλλογραφίας ακτίνων-X. Η κατανόηση του σχήματος είναι ζωτική για την κατανόηση σε ευρύτατο πεδίο των θεμάτων της σύγχρονης χημείας: όπως είναι για παράδειγμα, τα βιομόρια και οι λειτουργίες τους, οι βιομηχανικοί καταλύτες όπως οι ζεόλιθοι και οι στερεές επιφάνειες, και τα συνθετικά πολυμερή. Στην κατανόηση των σχημάτων και της ικανότητας ελέγχου τους έγκειται το να μπορούμε να συνθέσουμε κάποιο απαιτούμενο σχήμα μορίου, που να επιτελεί έναν συγκεκριμένο σκοπό: κλωβούς για την παγίδευση ιόντων ενός ιδιαίτερου μεγέθους· μόρια που να έχουν ένα σχήμα αναγκαίο για να δεσμεύσουν άλλα μόρια ενός συγκεκριμένου τύπου (μόρια που «αναγνωρίζει» το ένα το άλλο)· μακρο-αλυσωτά μόρια που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και συμπεριφέρονται ως μοριακά σύρματα κ.τ.λ. Η ποικιλία και η πολυπλοκότητα των μορίων που μπορούν οι χημικοί να δημιουργήσουν είναι καταπληκτικά μία σπουδαία όψη της χημείας, με άλλα λόγια μία δημιουργική επιστήμη στην έννοια (παρασκευής) των υλικών. Οι χημικοί φτιάχνουν νέες δομές (μορίων) που δεν υπήρχαν προηγουμένως. Σ' αυτή την άποψη μπορεί επίσης να δοθεί μικρή έμφαση στα εισαγωγικά μαθήματα (της χημείας), καθώς αυτή είναι μία από αυτές που μπορούν να διεγείρουν και να ερεθίσουν τους μαθητές, δείχνοντας, ότι η χημεία είναι πρακτική (θετική επιστήμη), χρήσιμη και προκλητική, όχι μονότονη, θεωρητική, μαθηματική και αφηρημένη (αφαιρετική).

Είναι επίσης διαθέσιμο ένα πολύ απλό πρότυπο (μοντέλο), το μοντέλο VSEPR, το οποίο παρέχει μία βάση για συζήτηση του σχήματος απλών μορίων και εικόνων αλλά ακόμη και πολύ μεγάλων μορίων. Δεν χρειάζεται να πάμε μακρύτερα σε αυτό το εισαγωγικό επίπεδο (των μαθημάτων). Τα υβριδικά τροχιακά, που συχνά συζητιούνται σε αυτό το μέρος των μαθημάτων, είναι ακριβώς μία άποψη του τροχιακού μοντέλου. Η κατανόηση της ιδέας των υβριδοποιημένων τροχιακών είναι ουσιώδης για την προχωρημένη χημεία αλλά όχι για τη γενική χημεία των μαθητών (του λυκείου και κολεγίου). Τα προγράμματα των μοριακών μοντέλων γίνονται τώρα ακόμη ευκολότερα για τους μαθητές στο να καταλάβουν και να κάνουν πιο οικεία τα σχήματα των μορίων.

Κινητική θεωρία (των αερίων)

Από την κινητική θεωρία δε σημαίνει, ότι, παράγεται η $pV = 1/3 n m c^2 = nRT$, δεν αποτελεί ουσιώδες θέμα στη σειρά μαθημάτων για το λύκειο, αλλά μάλλον η ιδέα ότι πάνω από το απόλυτο μηδέν τα άτομα και τα μόρια βρίσκονται σε διαρκή τυχαία κίνηση και ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας κάνει τις κινήσεις των μορίων ταχύτερες. Συνδυάζοντας αυτήν την ιδέα με την έννοια των ενδομοριακών δυνάμεων—ηλεκτροστατικών δυνάμεων μεταξύ πυρήνων και ηλεκτρονίων— αποκτούμε ορισμένες αντιλήψεις για τη φύση της αέριας, της υγρής και της στερεάς κατάστασης (της ύλης). Η αέναη κίνηση των ατόμων συνεπάγεται ότι τα μόρια όχι μόνο κινούνται στο χώρο αλλά ότι αυτά δεν είναι στατικά αντικείμενα—περιστρέφονται, ζυγοσταθμίζονται και δονούνται. Μπορούμε να κάνουμε χρήση αυτών των αντιλήψεων για να εισαγάγουμε την υπέρυθη φασματοσκοπία και τη χρήση της, π.χ. στην ταυτοποίηση οργανικών μορίων.

Η Χημική Αντίδραση

Μεταφερόμαστε στις ιδέες της χημικής αντίδρασης. Οι αντιδράσεις συμβαίνουν, διότι τα μόρια βρίσκονται σε κίνηση και όταν αυτά κτυπούν το ένα στο άλλο με επαρκή σφοδρότητα, σπάζουν οι δεσμοί, τα άτομα ανταλλάσσονται, δίνοντας νέα μόρια. Ή επίσης όταν ένα μόριο δονείται επαρκώς σφοδρά, διασπάται σε άτομα, τα οποία μετά τη θραύση (του μορίου) σχηματίζουν μικρότερα μόρια. Αυτές οι επεξηγήσεις συνιστούν μια απλή αλλά θεμελιώδη ερμηνεία μιας χημικής αντίδρασης. Για να πάμε παραπέρα μπορούμε να εισαγάγουμε την ιδέα της ενέργειας ενεργοποίησης, έτσι ώστε να μπορούμε να ερμηνεύσουμε, γιατί μερικές αντιδράσεις γίνονται πολύ γρήγορα και άλλες, χωρίς κανένα μέτρο, αργά σε συνήθη θερμοκρασία. Αυτό αποτελεί ελάχιστη γνώση για τους μαθητές που χρειάζεται να κατανοήσουν στο περίπου πως παίρνουν μέρος οι χημικές αντιδράσεις. Όλες οι λεπτομέρειες που συνήθως παρουσιάζονται—τα απαιτούμενα διαγράμματα για το ρυθμό (ή ταχύτητα) της αντίδρασης, για την τάξη της αντίδρασης, οι νόμοι για την ολοκληρωμένη ταχύτητα και τα συν αυτά, είναι δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τις θεμελιώδεις ιδέες (αυτές που αφορούν την ταχύτητα). Αυτές οι τελευταίες λεπτομέρειες είναι περισσότερο ουσιώδεις για την προχωρημένη χημεία, αλλά αμφιβάλλω ότι είναι αναγκαίες για τους μαθητές στα πλαίσια μίας εισαγωγής μάθησης.

Υπάρχουν, όμως, πολύ περισσότερα να αναφερθούν για μια χημική αντίδραση— ίσως περισσότερα από τις έξι σπουδαίες ιδέες—γιατί οι αντιδράσεις είναι η καρδιά της χημείας. Η κατανόηση των χημικών αντιδράσεων είναι ο πρωταρχικός σκοπός των χημικών από τις ημέρες των αλχημιστών. Τώρα εμείς γνωρίζουμε πολλούς διαφορετικούς τύπους αντιδράσεων, αλλά δύο ξεχωρίζουν: των οξέων–βάσεων και της οξειδοαναγωγής, που βρίσκονται σε όλη την έκταση της ανόργανης, οργανικής και βιοχημείας, και πιστεύω ότι πρέπει να έχουν σημαίνουσα θέση στα εισαγωγικά μαθήματα (της Χημείας). Όμως, η φύση των αντιδράσεων αυτών δεν μπορεί να γίνει πλήρως κατανοητή από μόνους τους ορισμούς τους, ως μεταφοράς πρωτονίων και ηλεκτρονίων αντίστοιχα. Θα εισαγάγουμε και θα συζητήσουμε τους όρους αυτούς με βάση τις παρατηρήσεις, που θα γίνουν επί πραγματικών αντιδράσεων, οι οποίες θα λάβουν χώρα στο εργαστήριο ή κατά δεύτερο και καλύτερο τρόπο σε διαλέξεις με ζωντανές επιδείξεις ή με τη χρήση βίντεο. Οι δύο αυτοί τύποι αντιδράσεων, καθώς και μερικοί άλλοι όπως οι αντιδράσεις καθίζησης, και στην οργανική χημεία οι αντιδράσεις προσθήκης και υποκατάστασης, μας διευκολύνουν να αποκτήσουμε σαφή αντίληψη για πολλές χιλιάδες αντιδράσεων, που χρησιμοποιούμε και μελετούμε στη χημεία. Η σπουδή των αντιδράσεων έχει εν μέρει παραμεληθεί στο εισαγωγικό μέρος των μαθημάτων της χημείας, γιατί είναι γνωστή ως περιγραφική χημεία και θεωρείται ως άνευ

σημασίας (μονότονη, αχρειαστη). Φυσικά μια απλούστερη περιγραφή δεν θα είχε νόημα. Αλλά η χημεία έχει εξελιχθεί μακρύτερα, πέρα από την απλή περιγραφή: η κατανόηση των αντιδράσεων και η χρήση τους για ειδικούς σκοπούς είναι, τι οι χημικοί προσπαθούν να κάνουν. Ιδιαίτερα οι βιομηχανικοί χημικοί και οι ακαδημαϊκοί δάσκαλοι και ερευνητές που επιχειρούν τη σύνθεση των νέων ουσιών—υλικών, πλαστικών, φαρμάκων— και παρασκευές γνωστών ουσιών με καλύτερες μεθόδους—φθηνότερες, περισσότερο φιλικές με το περιβάλλον. Ποιες αιτίες είναι οι περισσότερο ερεθιστικές στο χημικό κόσμο; Η παρασκευή νέων μορίων όπως αυτά των ιδανικών αερίων και των μπακμινστερφυλερανίων (buckminsterfullerene). Χρειάζεται να δώσουμε περισσότερη έμφαση σε φανταστικά πράγματα, που οραματίζονται οι χημικοί, οι οποίοι συνεχίζουν την παρασκευή νέων μορίων, για να δείξουμε ότι η χημεία προσφέρει ατελείωτες ευκαιρίες για την υλοποίηση και των πιο ευφάνταστων προσδοκιών.

Ο περιοδικός πίνακας είναι μεγάλος βοηθός στην ταξινόμηση και κατανόηση των αντιδράσεων. Αυτός έχει γίνει τόσο σπουδαίος στην ανάπτυξη της χημείας, που μπορεί να συμπεριληφθεί στις μεγάλες ιδέες της χημείας. Είναι σπουδαίο να δώσουμε έμφαση στο γεγονός ότι ανακαλύφθηκε από τον Mendeleef πολύ παλιά, πολύ πριν γίνουν γνωστές οι λεπτομέρειες για τη δομή του ατόμου, ως μέσου για την ταξινόμηση και την κατανόηση των ιδιοτήτων των στοιχείων και των ενώσεων τους. Παραμένει ένα χρήσιμο εργαλείο του χημικού για το σκοπό αυτό. Στην κατανόηση των αντιδράσεων πρέπει να κάνουμε εκτεταμένη χρήση τόσο της ηλεκτραρνητικότητας, του ατομικού μεγέθους, και του πυρηνικού ή του δραστικού πυρηνικού φορτίου, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί κατ' ευθείαν από ένα απλό μοντέλο ατομικής δομής, στήριξη της πρωταρχικής πορείας των μαθημάτων των μεγάλων ιδεών, που έχει περιγραφεί νωρίτερα.

Αυτές οι μεγάλες ιδέες είναι οι απόψεις νομίζω που πρέπει να κυριαρχήσουν στην πρωταρχική πορεία της σειράς των μαθημάτων και οι οποίες θα δώσουν μία βασική κατανόηση της χημείας. Για τους προχωρημένους δασκάλους της χημείας αυτά θα επεκταθούν και θα εφαρμοστούν μέσω μιας άλλης σειράς μαθημάτων. Οι μαθητές στις άλλες επιστήμες, στους μηχανικούς, και στην ιατρική θα τα συναντήσουν ξανά. Έχω προσδιορίσει την ελάχιστη διαδικασία, που χρειάζεται για να γίνουν κατανοητές αυτές οι αντιλήψεις σε ένα πρωταρχικό επίπεδο. Δε νομίζω ότι χρειάζεται να πάρουν κι άλλες γνώσεις, αν και μερικοί εκπαιδευτικοί θα επιθυμήσουν να το κάνουν. Σε κάποια περίπτωση χρειάζεται να δαπανηθεί αρκετός χρόνος, ώστε να κάνει βέβαιο ότι οι μεγάλες ιδέες έχουν αληθινά κατανοηθεί. Χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε στους μαθητές ένα μεγάλο αριθμό ερωτήσεων ποικίλων και ποιοτικών σε πραγματικά δοκίμια (τεστ) για την κατανόηση αυτών των αντιλήψεων. Για την κατανόηση από τους μαθητές χρησιμοποιούνται σε μικρότερη κλίμακα ποσοτικά αριθμητικά προβλήματα με απομνημονευόμενες εξισώσεις. Η χρησιμοποίηση αυτών των απόψεων στο περιγραφόμενο επίπεδο θα δώσουν στους μαθητές τις απαιτούμενες κατανοήσεις, αλλά δεν μπορούν να γίνουν όλα επωφελή. Μια τέτοια χρήση που οδεύει προς ένα μακρύ δρόμο επίλυσης προχωρημένων προβλημάτων στις παρούσες σειρές μαθημάτων, απομακρύνει: τα πολλά υλικά, τη μεγάλη έμφαση στις περιλήψεις θεωρίας και την όχι επαρκή χημεία των αντιδράσεων, για την οποία: δεν υπάρχει χρόνος αναβάθμισης των μαθημάτων με τα νέα υλικά που προκαλούν αίσθηση, όπως αυτά της περιβαλλοντικής χημείας, επιστημονικά υλικά, μακρομόρια και πολυμερή, και βιοχημικά—μερικά των οποίων μπορούν να εισαχθούν στη γενική χημεία, όταν είναι να παρουσιάσουμε μία εισαγωγή στη σύγχρονη χημεία.

Πώς μπορούμε να παρουσιάζουμε τις βασικές ιδέες; Δεν θα ήταν ικανο-ποιητικό να χειριζόμαστε μία από αυτές πλήρως και με συνέπεια, γιατί οι περισσότερες

χρησιμοποιούνται πρόωρα. Πόσο μάλλον να εισαγάγουμε τις ιδέες αυτές νωρίτερα, αλλά χωρίς να τις αναπτύξουμε επαρκώς και τότε μετά να δείξουμε, πώς αυτές χρησιμοποιούνται στην κατανόηση των ιδιοτήτων των ουσιών και των αντιδράσεών τους, αναπτύσσοντας αυτές αν χρειάζεται. Με άλλα λόγια θα χρησιμοποιήσουμε αυτές τις ιδέες για να οριοθετήσουμε ορθολογικά τον αριθμό των ιδιοτήτων και των αντιδράσεων των ανόργανων κι οργανικών ουσιών, επιλέγοντας όσον το δυνατό απλές, σχετικά πολύ γνωστές ουσίες και μερικές που προκαλούν αίσθηση από την καθημερινή ζωή. Τότε μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι αυτές εφοδιάζουν με το απαιτούμενο υπόβαθρο για την κατανόηση των περιοχών, όπου συμβαίνουν πολλές τρέχουσες διαδικασίες της χημείας, όπως της περιβαλλοντικής χημείας, της επιστήμης των υλικών, και της βιοχημείας. Μόνο με την πλοκή των εφαρμογών μπορούν οι μαθητές να εκτιμήσουν πλήρως τη σπουδαιότητα και χρησιμότητα των μεγάλων ιδεών της χημείας. [587]

3.11 Σύγκριση των μη εμπειρικών μεθόδων MO (LCAO) και VB

Ο ομοιοπολικός δεσμός είχε τη δυνατότητα να επαναδιατυπωθεί, στηριζόμενος στις αρχές της κβαντομηχανικής, καλύπτοντας ορισμένες αδυναμίες που εμφανίστηκαν στην πορεία της προκβαντικής Ηλεκτρονιακής Δεσμικής Θεωρίας (Electron Valence Theory) των Lewis-Langmuir και του πλανητικού προτύπου του Bohr. Αρωγός ήταν η εξέλιξη της φασματοσκοπίας και η κυματομηχανική θεώρηση του ατόμου. Αρχικά οι αδυναμίες της Ηλεκτρονιακής Δεσμικής Θεωρίας επιχειρήθηκε να επιλυθούν, με διάφορες προκβαντικές θεωρίες που διατυπώθηκαν και οι οποίες σήμερα διατηρούνται, ενώ σε φιλοσοφικό επίπεδο της χημείας υφίστανται κριτική για την αναγκαιότητα ύπαρξής τους. Τέτοιες ήταν η ερμηνεία των καθαρά ιοντικών ενώσεων που σχηματίζουν τα μεταβατικά μέταλλα, καθόσον δεν ακολουθείται ο κανόνας της οκτάδος. Δεν ερμηνεύονται τα βοράνια (B_2H_6), το φώσφορο πενταχλωρίδιο (ή πενταχλωριούχος φώσφορος, PCl_5), το θείο εξαφθορίδιο (ή εξαφθοριούχο θείο, SF_6) κ.ά., εφόσον αποκλίνουν, υπερβαίνοντας τον κανόνα της οκτάδος (octet rule), περιορίζοντας την εμβέλεια του τελευταίου. Η κβαντομηχανική δημιούργησε αληθινή επανάσταση για τη θεωρητική χημεία, γιατί το οπλοστάσιό της διέθετε τα κατάλληλα μαθηματικά εργαλεία, για να προσεγγίσει ακριβώς τους σχηματισμούς της ύλης. Εργαλεία για να κάνει προβλέψεις για τη δομή της και να δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να συνθέτουν δομές και μόρια κατά το δοκούν. Η εφαρμογή της κβαντομηχανικής θεωρίας στη δομική χημεία συναντά δυστυχώς δυσκολίες επίλυσης, οπότε για το ξεπέρασμά τους δοκιμάζονται προσεγγιστικά μοντέλα, των οποίων τα αποτελέσματα πλησιάζουν ή σχεδόν ταυτίζονται με αυτά των πειραματικών μετρήσεων.

Η εξίσωση του Schrödinger (1923) άνοιξε το δρόμο για την εξέταση της αλληλεπίδρασης στοιχειωδών οντοτήτων σε συστήματα όπως είναι τα μόρια. Το πρόβλημα, που παρουσιάστηκε, είναι ο περιορισμός της πιθανότητας ακριβούς λύσης σε σύστημα με πολλά σωματίδια. Ο σκόπελος του προβλήματος απεφύχθηκε με την παραδοχή μιας απλοποιημένης υπόθεσης, που έμεινε γνωστή από τους εισηγητές της ως προσέγγιση Born-Oppenheimer, η οποία μας λέει ότι η πυρηνική κίνηση είναι τόσο αργή, ώστε να μπορεί να αγνοηθεί, σε σχέση με την πολύ γρήγορη κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα άτομο. Η εξίσωση του Schrödinger για να εφαρμοστεί στα μόρια και για να εξαχθούν οι κατάλληλες λύσεις, θα πρέπει προηγουμένως να ακολουθηθούν προσεγγιστικές διαδικασίες, στις οποίες ο καθένας μπορεί να κρίνει αν είναι υποκειμενικές ή αντικειμενικές, από το αποτέλεσμά τους, το οποίον συγκρίνεται με αυτό των πειραματικών μετρήσεων. Η κβαντομηχανικές προσεγγίσεις εν πάση περιπτώσει έχουν επιτυχία για συστήματα τριών σωματιδίων, τα οποία και προέβλεψε,

για παράδειγμα των H_2^+ και HeH^+ . Για πολυηλεκτρονικά συστήματα η θεωρητική επεξεργασία κυματικών συναρτήσεων καταλήγει σε φτωχά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα ότι υπάρχει εξαμελής δακτύλιος αζώτου, η εξαζίνη, της ίδιας δομής με το βενζόλιο, γεγονός που έχει προκαλέσει διχογνωμία μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών χημικών.

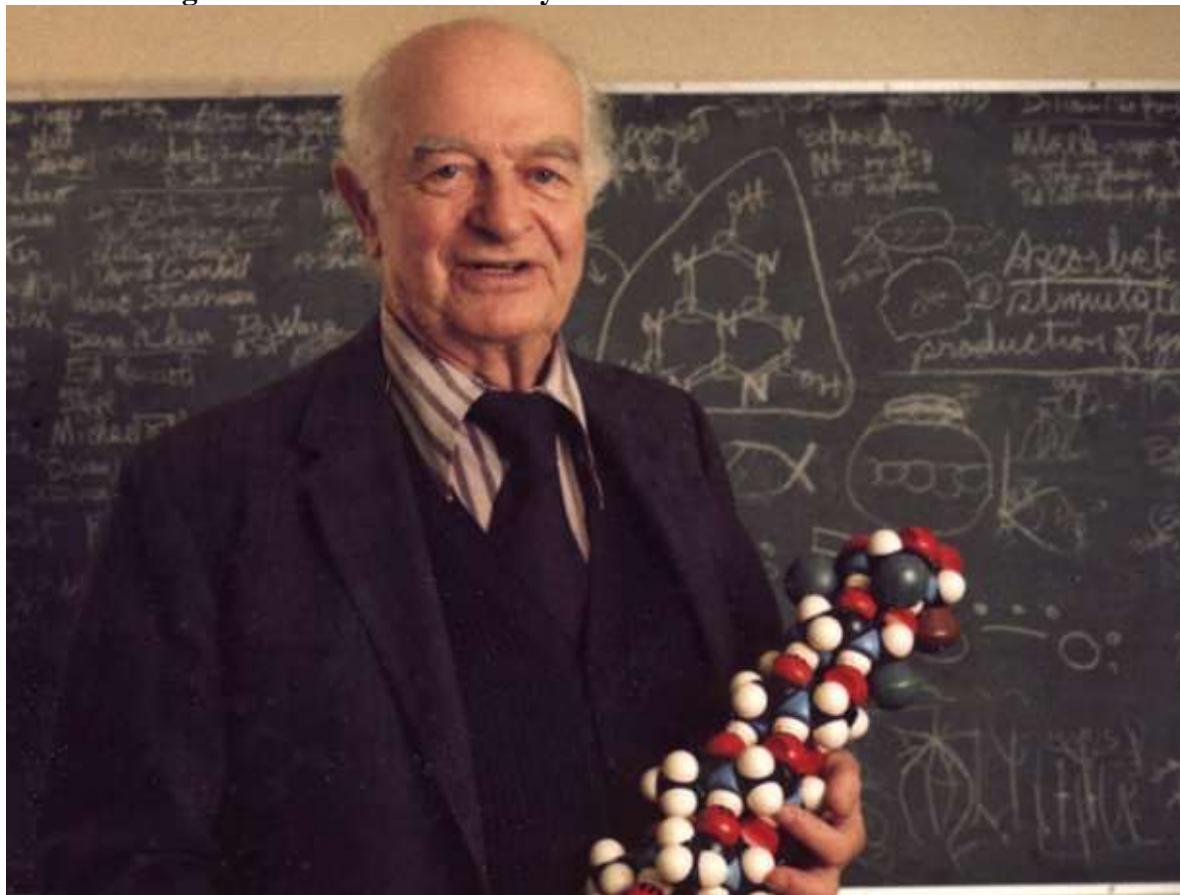
Η κβαντομηχανική θεώρηση του χημικού δεσμού παρά τις μεγάλες δυσκολίες κι απροσδιοριστίες σε πολυηλεκτρονικά συστήματα μορίων ή πολυατομικών ιόντων, έχει βελτιωθεί με την επινόηση νέων κυματοσυναρτήσεων με τις οποίες προσθέτουν ή πολλαπλασιάζουν την αρχική, προάγοντας την ακρίβεια της εικόνας των συστημάτων αυτών με τη συστηματοποίηση των ιδιοτήτων τους και την τροποποίηση αυτών με την είσοδο νέων σωματιδίων στα μόρια αυτά. Για την κατανόηση του χημικού δεσμού αναπτύχθηκαν δύο μέθοδοι, που αν και έχουν διαφορετικές αφετηρίες, συγκλίνουν ως προς τα μαθηματικά εργαλεία τους και τα αποτελέσματα. Κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Η επιλογή κάθε μιας μεθόδου γίνεται ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

Οι κβαντομηχανικές θεωρήσεις λοιπόν για το χημικό δεσμό βασικά είναι δύο:

- **Η Θεωρία Δεσμού Σθένους** (Valence-Bond Theory) και
- **Η Θεωρία των Μοριακών Τροχιακών** (Molecular Orbital Theory).

Η Θεωρία Δεσμού Σθένους εισήχθη από τους Fritz Wolfgang London (1900-1954, Γερμανός) και Walter Heitler (1904-1981), όταν στα 1927 στη Ζυρίχη, όπου έφθασαν για να εργαστούν με το Schrödinger, έγραψαν μια μνημειώδη εργασία πάνω στη φύση του χημικού δεσμού στο μόριο του υδρογόνου. Το πρόβλημά τους ήταν να υπολογίσουν την ενέργεια ενός μορίου υδρογόνου, στο οποίο δύο ηλεκτρόνια κρατούνται από την έλξη δύο πυρήνων και δεν μπορεί πλέον να καθοριστεί σε ποιον από τους δύο ανήκουν. Η μέθοδος των Heitler-London ενισχύθηκε από το φαινόμενο της μεσομέρειας ή συντονισμού και υβριδισμού του Pauling, τους κανόνες του J. S. Slater και επεκτάθηκε σε πολλές περιπτώσεις.

Linus Pauling και Valence Bond Theory

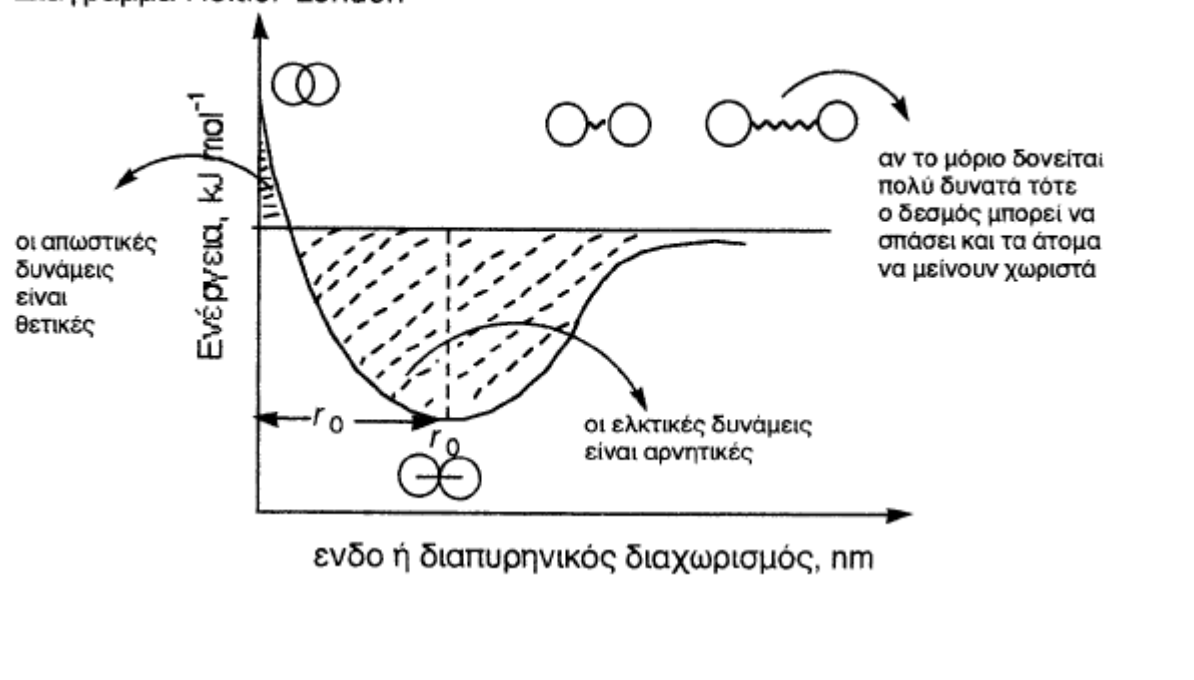


Το πρότυπο του ατόμου του Bohr, οι βελτιώσεις του Sommerfeld στα άτομα με μεγαλύτερους ατομικούς αριθμούς και η θεωρία της κβαντομηχανικής που θεμελιώθηκε με τον Schrödinger, είχαν οπλίσει τον νεαρό τότε Linus Pauling, ο οποίος επιστρέφοντας από ένα μακρύ ταξίδι στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στις χώρες όπου διατυπώθηκαν οι παραπάνω θεωρίες εισήγαγε την έννοια του **συντονισμού (resonance)** λίγο νωρίτερα από το 1930. Η έννοια αυτή αποτέλεσε ένα κβαντομηχανικό αντίτυπο της **μεσομέρειας (mesomerism, C. Ingold, 1934)**, της ταλάντευσης της φύσης των ενώσεων μεταξύ διαφόρων καταστάσεων. Δεν υπάρχουν σαφείς διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των ενώσεων που είναι καθαρά ιον(τ)ικής φύσης και εκείνων που είναι καθαρά ομοιοπολικής. Όλοι οι δεσμοί μπορούν να θεωρηθούν ως μίγμα ομοιοπολικού δεσμού (δηλαδή αμοιβαίας συνεισφοράς ηλεκτρονίων) και ιον(τ)ικού (δηλαδή πρόσληψης και αποβολής ηλεκτρονίων) μεταξύ των προς ένωση ατόμων.

Το μόριο του υδρογόνου σύμφωνα με την Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους (Electron Valence Theory) ερμηνεύεται με την αμοιβαία συνεισφορά των ηλεκτρονίων των δύο ατόμων του μορίου προς σχηματισμό κοινού ζεύγους, που μοιράζονται εξ ίσου οι δύο πυρήνες τους. Ο Pauling θεώρησε ότι το μόριο του υδρογόνου μπορεί να συγκροτηθεί, όταν το ένα άτομο προσφέρει το ηλεκτρόνιό του στο άλλο, οπότε σχηματίζεται ένα μόριο της μορφής H^+H^- , ενώ αν η ανταλλαγή των ηλεκτρονίων γινόταν αντίστροφα θα σχηματιζόταν ένα μόριο της μορφής H^-H^+ . Δηλαδή εκτός από την αμοιβαία συνεισφορά των ηλεκτρονίων των δύο ατόμων για το σχηματισμό του ομοιοπολικού δεσμού, τέθηκε η θεώρηση της ταχύτατης μετάπτωσης από τη μια ιοντική κατάσταση στην άλλη, περνώντας από την κατάσταση της αμοιβαίας συνεισφοράς. Έλαβε υπόψη του εκτός από την αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων και τις ασθενικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις των ιοντικών ακραίων μορφών του μορίου.

Εισήγαγε εκτός από τη θεωρία του συντονισμού και τη **θεωρία της υβριδοποίησης** (Hybridization theory) των τροχιακών του άνθρακα για να ερμηνεύσει τους ισότιμους δεσμούς του ανθρακοατόμου. Την ίδια εποχή ο Pauling έκανε ένα τρίτο κατόρθωμα (τα δύο ήταν ο συντονισμός και η υβριδοποίηση των τροχιακών του άνθρακα), όταν βρήκε έναν εμπειρικό τρόπο μέτρησης των ηλεκτραρνητικότητας (electronegativity) των στοιχείων στον Περιοδικό Πίνακα. Οι Heitler και London μελέτησαν θεωρητικά το μόριο του υδρογόνου παρουσιάζοντας το παρακάτω διάγραμμα, οι θέσεις των οποίων με αυτές του Pauling αποτέλεσαν τις βάσεις της Valence Bond Theory. Οι Heitler και London πάντως θεωρούνται ως οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν την κβαντομηχανική σε ένα χημικό σύστημα όπως αυτό του υδρογόνου. Ο Pauling απλώς οδηγήθηκε από αυτούς στη διατύπωση της υβριδοποίησης και του σχήματος, των δεσμών, που μπορούσαν να δημιουργήσουν τα άτομα του άνθρακα.

Διάγραμμα Heitler-London



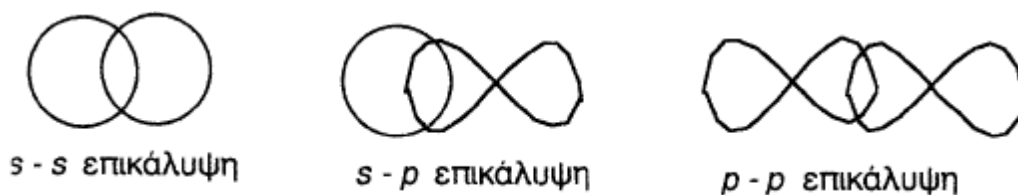
Ομοιοπολικός δεσμός (COVALENT BOND)

Ένας ομοιοπολικός δεσμός δεσμός, όπως είδαμε, σχηματίζεται από την αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των συνδυαζομένων ατόμων του ίδιου ή διαφορετικών στοιχείων. Σύμφωνα όμως, με την ιδέα του τροχιακού, ένας ομοιοπολικός δεσμός σχηματίζεται μεταξύ δύο ατόμων, όταν ένα μισογεμάτο τροχιακό σθένους (half-filled valence orbital) ενός ατόμου αλληλο-επικαλύπτεται με ένα μισογεμάτο τροχιακό σθένους του άλλου.

Εξαρτώμενοι από τον τύπο της αλληλοεπικάλυψης, οι ομοιοπολικοί δεσμοί μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους.

Σίγμα (σ) δεσμοί (Sigma (σ) Bond)

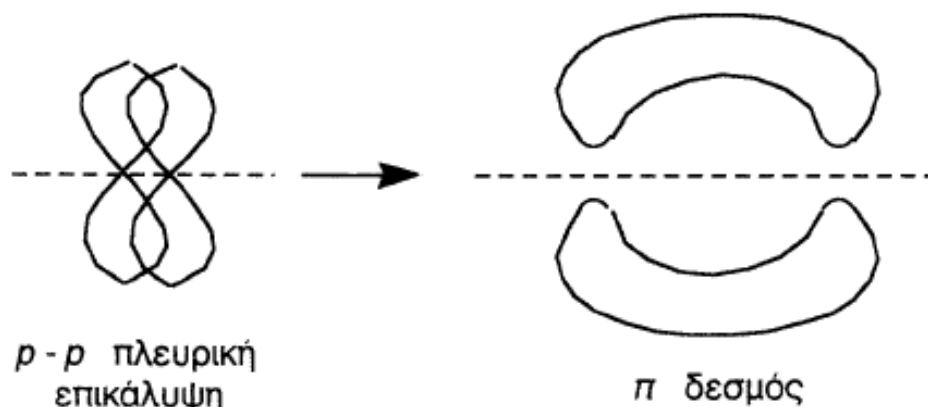
Αυτός ο τύπος δεσμού σχηματίζεται από την αξονική επικάλυψη, κατά μήκος των ενδοπυρηνικών αξόνων, των ατομικών τροχιακών των παρακείμενων ατόμων. Αυτοί μπορούν να γίνουν από την επικάλυψη $s - s$, $s - p$, ή $p - p$, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Σχηματισμός σ δεσμών από την αξονική αλληλοεπικάλυψη

Πι (π) δεσμός (Pi (π) Bond)

Αυτός ο τύπος δεσμού σχηματίζεται από τη λοξωτή ή την πλευρική επικάλυψη των ημιπληρωμένων ατομικών τροχιακών. Αυτός ο τύπος δείχνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχηματισμός π (πι) δεσμού

Οι σ δεσμοί είναι ισχυρότεροι από τους π δεσμούς, οι οποίοι π -δεσμοί επιτρέπουν την ανόρθωσή τους στις οργανικές ενώσεις, όταν τεθούν κάτω από την επίδραση κατάλληλων αντιδραστηρίων. Και οι δύο δεσμοί, οι σίγμα και πι, οφείλονται στη μέγιστη αλληλοεπικάλυψη των ατομικών τους τροχιακών.

Κυματομηχανικές αναπαραστάσεις του Ομοιοπολικού Δεσμού (Wave Mechanical Interpretation of Covalent Bonding)

Η θεωρητική επεξεργασία των δεσμών στα μόρια τοποθετείται στις λύσεις της κυματικής εξίσωσης του Schrödinger. Παρ' όλα αυτά είναι δύσκολο να την επιλύσουμε, όταν πρόκειται να αναφερθούμε σε μεγάλα μόρια. Για να παρακάμψουμε βέβαια αυτές τις δυσκολίες, ανατρέχουμε σε σχεδιασμούς προσεγγίσεων. Οι δυο πιο σημαντικές προσεγγίσεις είναι:

1. Η Θεωρία Δεσμού Σθένους (The Valence Bond Theory, VB)
2. Η Θεωρία Μοριακών Τροχιακών (The Molecular Orbital Theory, MO)

Αμφότερες οι προσεγγίσεις στηρίζονται πάνω στην **αρχή της μεταβολής** (variation principle). Κάθε μια από τις παραπάνω προσεγγίσεις έχει πολλές διαβαθμίσεις, όσον αφορά τους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην κάθε προσέγγιση.

Αρχή της Μεταβολής (Variation Principle)

Η βασική ιδέα της αρχής της μεταβολής είναι ότι, αν ψ_0 είναι η κυματική συνάρτηση για τη θεμελιώδη κατάσταση (ground state) του συστήματος, η ενέργεια, που αντιστοιχεί σε αυτήν E_0 είναι πάντοτε μικρότερη από τη συνδυαζόμενη με κάθε άλλη κυματική συνάρτηση, η οποία μπορεί να προβλεφτεί. Μία άριστη κυματική συνάρτηση δίνει μία ενέργεια καθοριστική για τον υπολογισμό της ενέργειας στη θεμελιώδη κατάσταση.

3.11.1 Θεωρία Δεσμού Σθένους (VALENCE BOND THEORY, VB)

Το θεμέλιο λίθο της θεωρίας αυτής έβαλαν οι W. Heitler και F. London (1927). Αργότερα η θεωρία βελτιώθηκε και επεξετάθηκε από τους Linus Pauling και J. C. Slater (1931). Αυτή βασίστηκε πάνω σε δύο θεωρήματα:

1. Αν ψ_a και ψ_b είναι οι κυματικές συναρτήσεις για κάθε δύο μεμονωμένα ανεξάρτητα άτομα με ενέργειες E_a και E_b αντίστοιχα, τότε η συνολική κυματική συνάρτηση του συστήματος είναι

$$\psi = \psi_a \cdot \psi_b \quad (1)$$

και η ενέργεια του συστήματος E είναι

$$E = E_a + E_b \quad (2)$$

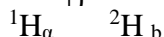
2. Αν ένα σύστημα μπορεί να αντιπροσωπευτεί από έναν αριθμό κυματικών συναρτήσεων $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots$, τότε αυτό είναι προτιμότερο να αντιπροσωπευτεί από ένα γραμμικό συνδυασμό των κυματικών συναρτήσεων της μορφής:

$$\psi = N [C_1\psi_1 + C_2\psi_2 + C_3\psi_3 + \dots] \quad (3)$$

όπου $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots$ είναι οι κυματικές συναρτήσεις του τύπου που αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση (1), N είναι μια σταθερά κανονικοποίησης και C_1, C_2, C_3, \dots είναι συντελεστές που εκφράζουν τη συμβολή κάθε κυματικής συνάρτησης. Το τετράγωνο της C_1 μπορεί να ληφθεί ως ένα μέτρο της συμβολής της κάθε κυματικής συνάρτησης στην ολική συνάρτηση.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ VB ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΤΟ ΜΟΡΙΟ H_2 (APPLICATION OF VB THEORY TO H_2 MOLECULE)

Θεωρούμε ένα μόριο υδρογόνου να σχηματίζεται από δύο άτομα υδρογόνου H_a και H_b που έχουν (1) και (2) ηλεκτρόνια αντιστοίχως. Όταν δύο άτομα υδρογόνου πλησιάζουν για να σχηματίσουν ένα μόριο, τότε θα πρέπει μεταξύ τους να ασκούνται έλξεις. Το σύστημα μπορεί να εκφραστεί ως:



και η κυματική συνάρτηση ψ_I (ως μια πρώτη προσέγγιση) θα γίνει:

$$\psi_I = \psi_a(1) \psi_b(2) \quad \text{Κατάσταση I}$$

όπου ψ_a και ψ_b αναπαριστούν τις κυματικές συναρτήσεις των δύο ατόμων υδρογόνου H_a και H_b αντιστοίχως.

Η δεσμική ενέργεια του παραπάνω συστήματος υπολογιζόμενη ως μία συνάρτηση της διαπυρηνικής απόστασης, είναι μόνον $25,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ (η ολική ενέργεια των δύο μεμονωμένων ατόμων υποτίθεται ότι έχει μηδενιστεί). Αυτή η τιμή είναι πολύ μικρότερη από την πειραματική τιμή της δεσμικής ενέργειας για το σχηματισμό του μορίου H_2 , που είναι ίση με $431,7 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Πρώτη βελτίωση-Ανταλλαγή ενέργειας (Heitler-London, 1927) (First Improvement-Exchange Energy)

Όταν ένα μόριο σχηματιστεί, τα ατομικά τροχιακά αλληλοεπικαλύπτονται και δεν είναι ενδεδειγμένο να χαρακτηρίζουν τα ηλεκτρόνια, καθόσον αυτά είναι δυσδιάκριτα. Συνεπώς, μια κατάσταση στην οποία το ηλεκτρόνιο (1) να βρίσκεται πλησίον του πυρήνα H_b , είναι εξίσου πιθανή με το ηλεκτρόνιο (2) να βρίσκεται πλησίον στον πυρήνα H_a . Εδώ, το σύστημα μπορεί επίσης να παρασταθεί ως:

$${}^2H_a \quad {}^1H_b \quad \text{και} \quad \psi_{II} = \psi_a(2) \psi_b(1) \quad \text{Κατάσταση II}$$

Τώρα αν το σύστημα μπορεί να αντιπροσωπευτεί από τις κυματικές συναρτήσεις ψ_I και ψ_{II} , η ολική συνάρτηση ψ είναι

$$\psi = C_1 \psi_I + C_2 \psi_{II} = C_1[\psi_a(1) \psi_b(2)] + C_2[\psi_a(2) \psi_b(1)]$$

Καθ' όσον οι καταστάσεις I και II είναι εξίσου πιθανές, η συμβολή της κάθε μιας θα πρέπει να είναι ίση με την άλλη, ως εκ τούτου:

$$C_1^2 = C_2^2 \quad \text{ή} \quad C_1 = \pm C_2$$

και αν $C_1 = 1$, $C_2 = \pm 1$ (για απλότητα)

$$\psi_+ = \psi_a(1) \psi_b(2) + \psi_a(2) \psi_b(1) \quad (C_1 = 1, C_2 = 1)$$

$$\psi_- = \psi_a(1) \psi_b(2) - \psi_a(2) \psi_b(1) \quad (C_1 = 1, C_2 = -1)$$

Η ψ_+ είναι ένας συμμετρικός συνδυασμός και αντιπροσωπεύει μία δεσμική κατάσταση. Η δεσμική ενέργεια είναι ίση με $320,8 \text{ kJ mol}^{-1}$. Η προσθετική μείωση της ενέργειας (ίση με $320,8 - 25,1 \text{ kJ mol}^{-1}$) ονομάζεται *ενέργεια ανταλλαγής* (exchange energy). Η ψ_- ονομάζεται *δισυμμετρικός συνδυασμός* και αντιπροσωπεύει την *απωστική κατάσταση* (repulsive state). Η ψ_+ ονομάζεται επίσης *ομοιοπολική κυματική συνάρτηση* (covalent wave function).

Δεύτερη βελτίωση-Χρήση του Δραστικού Πυρηνικού Φορτίου, S.C. Wang, 1928 (Second Improvement-Use Effective Nuclear Charge)

Η κυματική συνάρτηση βελτιώθηκε από τη μελέτη του *φαινομένου προάσπισης* των ηλεκτρονίων (screening ή shielding effect of electrons). Με αυτή τη βελτίωση της κυματικής συνάρτησης πήραμε μία δεσμική ενέργεια (bonding energy) 338 kJ mol^{-1} .

Τρίτη βελτίωση- Ιον(τ)ικός χαρακτήρας, S. Weinbaum, 1933 (Third Improvement-Ionic Character)

Η κυματική συνάρτηση βελτιώθηκε, λαμβάνοντας υπ' όψη τη μελέτη του *ιον(τ)ικού χαρακτήρα*, τον οποίον μπορούσαν να δώσουν τα δύο ηλεκτρόνια, όταν βρίσκονται είτε στον πυρήνα H_a είτε στον πυρήνα H_b .

$$\text{Κατάσταση III} \quad H_a^{1,2} \quad H_b \quad \psi_{III} = \psi_a(1) \psi_a(2)$$

$$\text{Κατάσταση IV} \quad H_a \quad H_b^{1,2} \quad \psi_{IV} = \psi_b(1) \psi_b(2)$$

Έτσι η συνολική κυματική συνάρτηση του ιον(τ)ικού χαρακτήρα

$$\psi_{\text{ιονική}} = \psi_{\alpha(1)} \psi_{\alpha(2)} + \psi_{\beta(1)} \psi_{\beta(2)}$$

Τώρα, όταν πάρουμε τις ιον(τ)ικές και τις ομοιοπολικές κυματικές συναρτήσεις μαζί, θα προκύψει η ολική κυματική συνάρτηση ψ

$$\psi = C_3 \psi_{\text{ομοιοπολική}} + C_4 \psi_{\text{ιονική}}$$

$$\text{ή } \psi = C_3[\psi_{\alpha(1)} \psi_{\beta(2)} + \psi_{\alpha(2)} \psi_{\beta(1)}] + C_4[\psi_{\alpha(1)} \psi_{\alpha(2)} + \psi_{\beta(1)} \psi_{\beta(2)}]$$

όπου C_3 και C_4 δίνουν τη συμβολή στον ομοιοπολικό και ιον(τ)ικό χαρακτήρα αντίστοιχα. Για το μόριο του H_2 , ο λόγος C_3 / C_4 βρέθηκε ίσος με 6/1 και η δεσμική ενέργεια ίση με $361,7 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Άλλες βελτιώσεις

Πολλές άλλες διορθώσεις εφαρμόστηκαν στην κυματική συνάρτηση που μας έδινε τη δεσμική ενέργεια να συγκλίνει προς την πειραματική τιμή. Για παράδειγμα:

- Οι James και Coolidge βρήκαν (χρησιμοποίησαν 13 όρους): $E_b = 430 \text{ kJ mol}^{-1}$
- Οι Kolos και Roothan βρήκαν (χρησιμοποίησαν 50 όρους): $E_b = 431,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ όσο είναι και η πειραματική τιμή (431,7, είχαν απόκλιση κατά 0,05 από αυτήν, η οποία μπορεί και να οφείλεται σε σφάλματα πειραματικής μέτρησης).

Η Ιδέα του Συντονισμού

Η ιδέα (ή αντίληψη) του συντονισμού εισάγεται από τον L. Pauling το 1930 ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης της VBT στη χρησιμοποίηση των δεσμών στα μόρια. Η ιδέα του **συντονισμού** μπορεί να συνοψιστεί με τις παρακάτω εκδοχές:

- Όταν ένα μόριο δεν μπορεί να παρασταθεί από μίαν απλή δομή και τα ποικίλα χαρακτηριστικά του μπορούν να περιγραφούν από δύο ή περισσότερες διαφορετικές δομές, η αληθινή δομή, λέμε τότε, ότι είναι ένα *υβρίδιο* (διασταύρωμα) **συντονισμού** (resonance hybrid) αυτών των δομών (όπου δομή εννοούμε το συντακτικό ή ηλεκτρονικό τύπο, structural type).
- Οι ατομικές (ξεχωριστές) δομές ονομάζονται **συντονιστικές δομές** (resonating structures, συντονιστικοί συντακτικοί ή ηλεκτρονικοί τύποι) ή **κανονικές δομές** (canonical structures). Το υβρίδιο συντονισμού (resonance hybrid) είναι το περισσότερο σταθερό από κάθε μία των συμβαλλομένων δομών. Η επί πλέον σταθερότητα του υβριδίου συντονισμού, όπως έχει συγκριθεί με την περισσότερο σταθερή από τις συμβάλουσες δομές (που έχει τη χαμηλότερη ενέργεια), εκφραζόμενη ως διαφορά ενέργειας, καλείται **ενέργεια συντονισμού** (resonance energy).

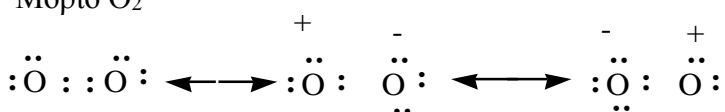
Κανόνες για τη γραφή των δομών συντονισμού (Rules for Writing Resonating Structures)

- Οι περιγράφουσες δομές (οι συντακτικοί ή ηλεκτρονικοί τύποι) θα έχουν την ίδια σχετική διάταξη των ατόμων. Αυτές θα διαφέρουν μόνον κατά τη τοποθέτηση των ηλεκτρονίων.
- Οι περιγράφουσες δομές θα έχουν τον ίδιο αριθμό ασύζευκτων ηλεκτρονίων.

- Οι περιγράφουσες δομές δε θα διαφέρουν πολύ στην ενέργεια.
- Οι περιγράφουσες δομές οι οποίες στη μια πλευρά του ηλεκτραρνητικού ατόμου έχουν αρνητικό φορτίο και στην άλλη πλευρά του ηλεκτροθετικού ατόμου έχουν θετικό φορτίο, συγκλίνουν προς την αληθινή δομή (αληθή τύπο).
- Οι περιγράφουσες δομές θα γράφονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε τα ανόμοια φορτία να διανέμονται σε παρακείμενα άτομα.
- Οι περιγράφουσες δομές με το μεγαλύτερο αριθμό ομοιοπολικών δεσμών συνεισφέρουν περισσότερο προς την πραγματική δομή.
- Το σύμβολο \leftrightarrow , που εισάγεται στους ηλεκτρονικούς τύπους του συντονισμού, δεν σημαίνει κάποιο είδος κίνησης ηλεκτρονίων, η οποία να οδηγεί από τη μια οριακή δομή στην άλλη.

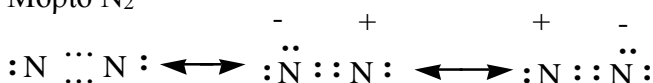
Μερικά κοινά παραδείγματα

Μόριο O_2

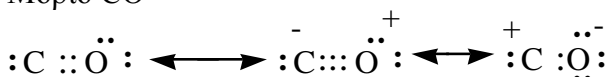


Καλύτερη αναπαράσταση από τη δομή $:\overset{+}{O}::\overset{-}{O}:$
 (Ένας απλός ομοιοπολικός δεσμός και δύο δεσμοί τριών ηλεκτρονίων. Κάθε δεσμός τριών ηλεκτρονίων έχει την ισχύ ενός μισού και ενός κανονικού ομοιοπολικού δεσμού).

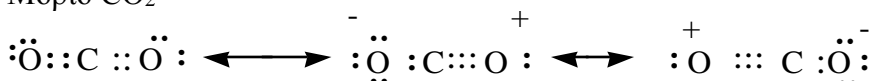
Μόριο N_2



Μόριο CO



Μόριο CO_2



3.11.2 Θεωρία Μοριακών Τροχιακών (MOLECULAR ORBITAL THEORY)

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία που αναπτύχθηκε από τους Hunds και Mulliken στα 1928 και διευρύνθηκε από τους Huckel, Lennard-Jones, Coulson και άλλους, τα ηλεκτρόνια στα μόρια θεωρούνται ότι κινούνται σε τροχιακά, τα οποία συνδυάζονται γραμμικά με όλους τους πυρήνες (δηλαδή συνδυάζονται όλα τα τροχιακά σθένους των δύο ατόμων και όχι ένα από το καθένα όπως στη VB). Αυτά τα συνδυαζόμενα τροχιακά ονομάζονται **μοριακά τροχιακά** (*molecular orbitals*, MO). Στην κατασκευή των MO η απλούστερη προσέγγιση μας είναι γνωστή ως **γραμμικός συνδυασμός ατομικών τροχιακών** (*linear combination of atomic orbitals*, LCAO προσέγγιση).

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, οποτεδήποτε δύο ατομικά τροχιακά συγκλίνουν, αυτά συνδυάζονται προς σχηματισμό μοριακών τροχιακών. Η κυματική συνάρτηση του μοριακού

τροχιακού μπορεί να γραφεί ως ένας κατάλληλος συνδυασμός ατομικών τροχιακών (ψ_A και ψ_B) ως

$$\psi^{MO} = a\psi_A + b\psi_B$$

οι a και b ονομάζονται συντελεστές βαρύτητας. Για δύο ταυτόσημα άτομα (ομοπυρηνικά μόρια), ισχύει ότι:

$$a^2 = b^2 \quad \text{ή} \quad a = \pm b$$

Έτσι εμείς μπορούμε να έχουμε δύο μοριακά τροχιακά όπως

$$\psi = \psi_A + \psi_B \quad (\text{δεσμικό MO})$$

$$\psi = \psi_A - \psi_B \quad (\text{αντιδεσμικό MO})$$

Κάθε ηλεκτρόνιο σε ένα δεσμικό MO συμβάλλει στην έλξη. Το δεσμικό MO κατέχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό,τι τα ατομικά τροχιακά από τα οποία σχηματίστηκε. Από την άλλη πλευρά, ένα αντιδεσμικό MO συμβάλλει στην άπωση μεταξύ δύο ατόμων και έχει υψηλότερη ενέργεια απ' ό,τι τα ατομικά τροχιακά από τα οποία σχηματίστηκε. Για παράδειγμα τα $1s$ τροχιακά δύο ατόμων που συνδυάζονται για να σχηματίσουν αντίστοιχα τα δύο μοριακά τροχιακά (δεσμικό και αντιδεσμικό), επιγράφονται ως σ_{1s} (δεσμικό, bonding) και σ_{1s}^* (αντιδεσμικό, antibonding) μοριακά τροχιακά (δηλαδή MO). Ομοίως, τα $2s$ ατομικά τροχιακά συνδυάζονται σε σχηματισμό σ_{2s} και σ_{2s}^* . Από τα $2p$ τροχιακά, μόνο το $2p_z$ σχηματίζει σίγμα τροχιακά, (όταν μάλιστα συνδυάζεται κατά το μοριακό άξονα z), δηλ. τα σ_{2p_z} και $\sigma_{2p_z}^*$, ενώ τα p_x και p_y σχηματίζουν π τροχιακά, δηλ. τα π_{2p_x} , π_{2p_y} (δεσμικά MO) και $\pi_{2p_x}^*$, $\pi_{2p_y}^*$ (αντιδεσμικά MO).

Διάγραμμα ενεργειακής στάθμης για Μοριακά Τροχιακά (Energy-Level for Molecular Orbitals)

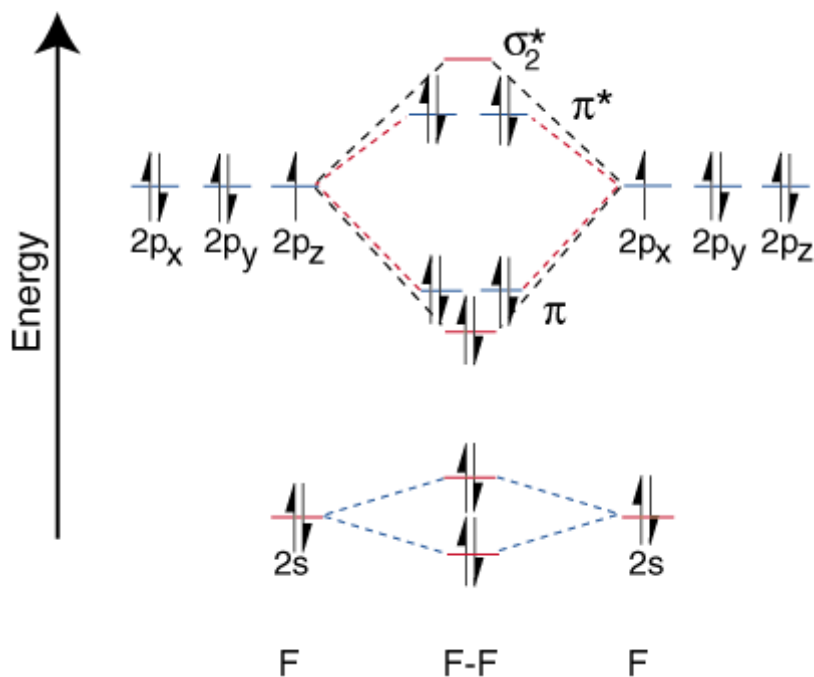
Υπάρχουν δύο τύποι διαγραμμάτων ενεργειακών σταθμών:

- Για μόρια μέχρι το N_2 (όπου η διαφορά ενεργειών των $2s$ και $2p$ τροχιακών είναι μικρή):

$$\sigma_{1s}, \sigma_{1s}^*, \sigma_{2s}, \sigma_{2s}^*, \pi_{2p_x} = \pi_{2p_y}, \sigma_{2p_z}, \pi_{2p_x}^* = \pi_{2p_y}^*, \sigma_{2p_z}^*$$

- Για μόρια μετά το N_2 ,

$$\sigma_{1s}, \sigma_{1s}^*, \sigma_{2s}, \sigma_{2s}^*, \sigma_{2p_z}, \pi_{2p_x} = \pi_{2p_y}, \pi_{2p_x}^* = \pi_{2p_y}^*, \sigma_{2p_z}^*$$



Πληροφορίες που αποκτούνται από τα διαγράμματα των MO (Information Obtained from MO Diagrams)

(α) **Τάξη δεσμού** (bond order).

Αυτή μπορεί να εκφραστεί ως:

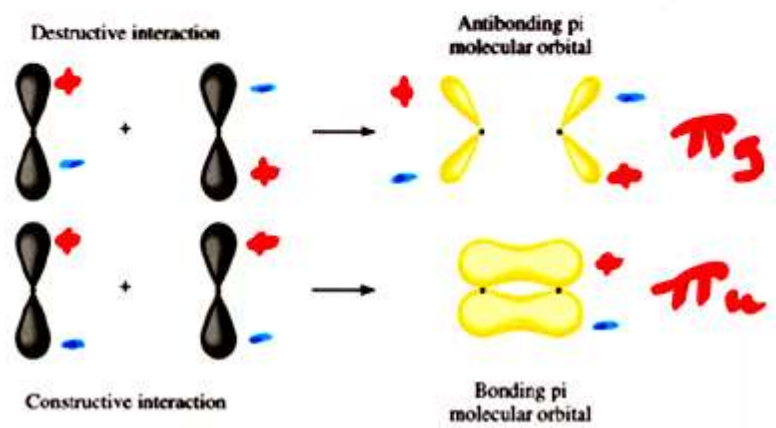
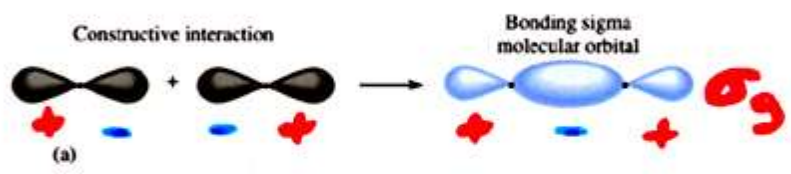
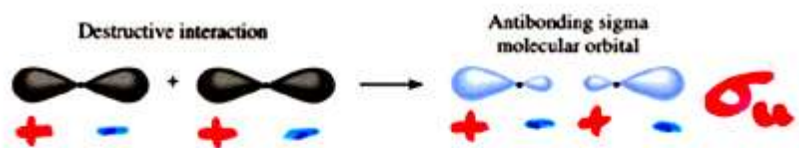
$\frac{1}{2}$ [Σημειώνουμε τα ηλεκτρόνια των δεσμικών MO-Σημειώνουμε τα ηλεκτρόνια των αντιδεσμικών τροχιακών]

Η τάξη δεσμού βοηθάει να προβλέψουμε το μήκος δεσμού και την ισχύ του. Πιο συγκεκριμένα, με την αύξηση της τάξης δεσμού, το μήκος δεσμού ελαττώνεται, ενώ αντιθέτως η ισχύς του αυξάνεται.

(β) **Μαγνητικές ιδιότητες**

Τα μοριακά τροχιακά διαγράμματα μπορούν επίσης να προβλέψουν αν το μόριο είναι **διαμαγνητικό** (diamagnetic, όλα τα ηλεκτρόνια είναι συνεξευγμένα) ή **παραμαγνητικό** (paramagnetic, ασύζευκτα ηλεκτρόνια).

Οι διαμορφώσεις των μοριακών τροχιακών, ο μαγνητικός χαρακτήρας και η τάξη δεσμού μερικών κοινών μορίων συμπεριλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα. [13, 108, 173, 244, 217]



ΠΙΝΑΚΑΣ διαμόρφωσης μοριακών τροχιακών, τάξης δεσμού και μαγνητικών χαρακτηριστικών μερικών μορίων

Είδη	Μοριακή τροχιακή διαμόρφωση	Τάξη δεσμού	Μαγνητικά χαρακτηριστικά
H ₂	(σ _{1s}) ²	1	Διαμαγνητικό
H ₂ ⁺	(σ _{1s}) ¹	½	Παραμαγνητικό
He ₂ ⁺	(σ _{1s}) ² (σ _{1s} [*]) ¹	½	Παραμαγνητικό
He ₂	(σ _{1s}) ² (σ _{1s} [*]) ²	Δεν υπάρχει	—
Li ₂	KK (σ _{2s}) ²	1	Διαμαγνητικό
Be ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ²	Δεν υπάρχει	—
B ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ¹ (π _{2p_y}) ¹	1	Παραμαγνητικό
C ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ²	2	Διαμαγνητικό
N ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ²	3	Διαμαγνητικό
N ₂ ⁺	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ¹	2½	Παραμαγνητικό
O ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_x}) ¹ (π _{2p_y}) ¹	2	Παραμαγνητικό
O ₂ ⁺	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_x}) ¹	2½	Παραμαγνητικό
O ₂ ⁻	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ¹	1½	Παραμαγνητικό
F ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ²	1	Διαμαγνητικό
Ne ₂	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ²	Δεν υπάρχει	—
CN	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ¹	2½	Παραμαγνητικό
CN ⁻	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ²	3	Διαμαγνητικό
NO	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ² (π _{2p_x}) ¹	2½	Παραμαγνητικό
NO ⁺	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ²	3	Διαμαγνητικό
CO	KK (σ _{2s}) ² (σ _{2s} [*]) ² (π _{2p_x}) ² (π _{2p_y}) ² (σ _{2p_z}) ²	3	Διαμαγνητικό

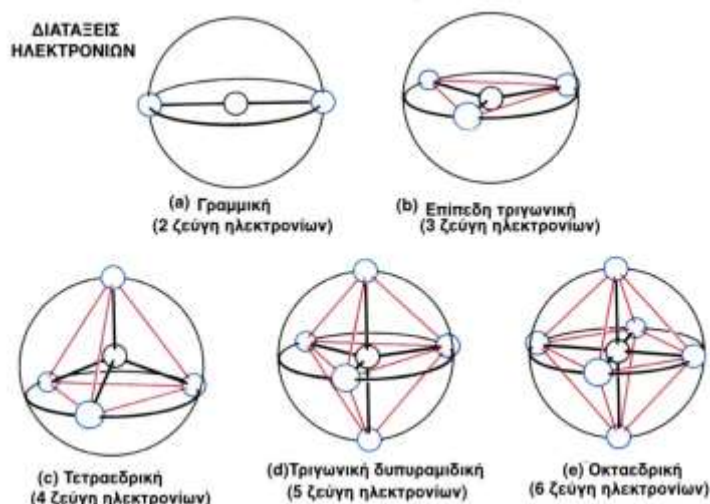
KK αντιπροσωπεύει μοριακά τροχιακά 1s ατομ. τροχιακών, KK=(σ_{1s})² (σ_{1s}^{})²

3.12 VSEPR-Θεωρία Απώσεων Ζευγών Ηλεκτρονίων της Στιβάδας Σθένους

Η **VSEPR**, αρχικά των λέξεων Valence-Shell Electron-Pair Repulsion theory, δηλαδή Θεωρία Απώσεων Ζευγών Ηλεκτρονίων της Στιβάδας Σθένους, ακρωνύμιο «βέσπερ» (John Russel, **569**), διατυπώθηκε από τους Ronald James Gillespie, Καναδός, (γεννήθηκε το 1924) και Ronald Sidney Nyholm, Βρετανός (1917-1971). Η αρχική ιδέα της VSEPR θεωρίας διερευνήθηκε από τους Nevil Sidwick και Herbert Powell, αλλά η τελική μορφή της δόθηκε από τους προαναφερθέντες. Η θεωρία αυτή εμπλουτίζει τους ορίζοντες της διδακτικής της χημείας, δεν επιβαρύνει με μαθηματικά πρότυπα τη γεωμετρία των διαφόρων ουσιών, αλλά αντίθετα διευρύνει το γνωστικό πεδίο των μαθητών και συστηματοποιεί τις γνώσεις τους. Τις πολύ σημαίνουσες απόψεις του Gillespie για τη χημεία, τις φιλοξενήσαμε σε άλλες σελίδες. [**228, 230, 257, 258, 569**]

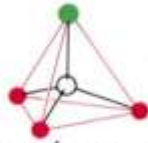
Με τη θεωρία «βέσπερ» (VSEPR) επιτρέπεται η πρόβλεψη της γεωμετρίας πολλών μορίων, συμπλόκων ιόντων ή ενώσεων σύνταξης (συναρμογής), αρκεί να ακολουθήσουμε κάποιους κανόνες, που στηρίζονται στους κανόνες του Lewis. Η θεωρία βέσπερ αναφέρεται σε ενώσεις του τύπου AX_nE_m , όπου A είναι το **κεντρικό άτομο** της ένωσης ή του συμπλόκου ιόντος και X είναι τα άτομα, τα ιόντα ή τα μόρια που συνδέονται με το κεντρικό άτομο και τα οποία ονομάζονται **συναρμοστές (συνδέσμους ή συνάψεις, ligands)**. Το A δύναται να διαθέτει εκτός από **δεσμικά ζεύγη ηλεκτρονίων** (bonding electron pairs) και **μη δεσμικά ζεύγη** (nonbonding electron pairs), τα οποία ονομάζονται και **μονήρη ζεύγη** (lone electron pair). Τα ζεύγη ηλεκτρονίων συμβολίζονται με το γράμμα E και ο αριθμός τους με το γράμμα μ. Ο αριθμός των συναρμοστών ή συνάψεων (ή συνδέσμων, ligands) με το δείκτη ν, που παίρνει τις τιμές 2, 3, 4... και ο με τις τιμές 1, 2, 3 κ.ο.κ.

Η θεωρία βέσπερ βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε ζεύγος ηλεκτρονίων αποτελεί και ένα σημείο, οπότε τα σημεία λόγω ομόνυμου φορτίου απωθούνται όσον το δυνατόν περισσότερο και διευθετούνται στην επιφάνεια μιας σφαίρας. Ανάλογα με τον αριθμό των ζευγών ηλεκτρονίων ή σημείων μέσα στη σφαίρα έχουμε και το κατάλληλο σχήμα.



Τα σχήματα, που αποκτούν τα μόρια ή σύμπλοκα ιόντα AX_n είναι γραμμικά με δύο δεσμικά ζεύγη, τριγωνικά με τρία δεσμικά ζεύγη, τετραεδρικά με τέσσερα, τριγωνικό διπυραμιδικό με πέντε ζεύγη και οκταεδρικό με έξι, τετραγωνικά επίπεδα, σχήμα T κλπ. Παρακάτω δίνονται τα σχήματα και οι γεωμετρικές πολλών ενώσεων ή συμπλόκων ιόντων.

AX₃E



τριγωνική πυραμίδα
trigonal pyramidal

NH₃, PF₃,
AsCl₃, ClO₃⁻,
H₃O⁺, XeO₃

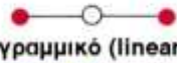
AX₄



τετράεδρο (tetrahedral)

SiH₄, CH₄,
SO₄²⁻, ClO₄⁻,
PO₄³⁻, XeO₄

AX₂



γραμμικό (linear)

CO₂, HCN, BeCl₂

AX₃



επίπεδο τριγωνικό
(trigonal planar)

SO₃, BF₃,
NO₃⁻, CO₃²⁻

AX₄E₂

sp²d



τετραγωνικό επίπεδο
square planar

XeF₄, ICl₄⁻,
Ni(CN)₄²⁻,
Cu(NH₃)₄²⁺

AX₆

sp³d²



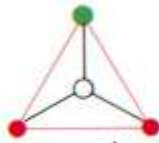
οκτάεδρο
octahedral

SF₆, IOF₅,
SeF₆, UF₆,
Cu(NH₃)₆⁺, FeF₆³⁻

d²sp³

Fe(CN)₆³⁻, Fe(CN)₆⁴⁻,
Cr(NH₃)₆³⁺

AX₂E



γωνιακό
ή κυρτό (bent)

SO₂, O₃, PbX₂, SnX₂

4^ο ΜΕΡΟΣ

Το σθένος (valence) η χημική συγγένεια στη σύγχρονη χημεία

Ο ρόλος του σθένους στην ονοματολογία IUPAC, η σχέση του με τον αριθμό οξείδωσης και πως αντιμετωπίζονται οι αντιδράσεις υποκατάστασης, προσθήκης και οξειδοαναγωγής με τον αριθμό οξείδωσης. Μνημόνευση της συγγένειας στη σύγχρονη χημεία.

Ατομo	Ηλεκτρονική διαμόρφωση	Ηλεκτρονική διαμόρφωση κατά Pauling	Τύπος Lewis	Συντακτικοί τύποι μορίων	Γωνίες δεσμών
a) O	$2s^2 2p^4$	$s^2 \quad p^4$	$\cdot \ddot{O} \cdot$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$	104°
b) S	$3s^2 3p^4$	$s^2 \quad p^4$	$\cdot \ddot{S} \cdot$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{H} \end{array}$	92°
c) N	$2s^2 2p^3$	$s^2 \quad p^3$	$\cdot \ddot{N} \cdot$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{N} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$	107°
d) P	$3s^2 3p^3$	$s^2 \quad p^3$	$\cdot \ddot{P} \cdot$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{P} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$	91°

4.1 Το σθένος και η σύγχρονη ονοματολογία της IUPAC

Υπάρχει μία διάχυτη αντίληψη, ότι η έννοια του σθένους τείνει να εγκαταληφθεί στη σύγχρονη ανόργανη χημεία, ή έχει εξαφανιστεί τελείως. Η θέση αυτή είναι ορθή, όταν στο εγχειρίδιο της Α΄ Λυκείου του 1998 (των Μαυρόπουλου Μ., Καπετάνου Ε.), υπάρχουν τα ηλεκτρόνια σθένους (σελ.59), χωρίς όμως επεξηγήσεις για το σθένος. Η αντίληψη της εγκατάλειψης είναι εν μέρει ορθή, αλλά αυτή της πλήρους εξαφάνισης όχι. Διατηρείται σε ελάχιστα θα λέγαμε σημεία, αυτούσιο ή ως συνθετικό όρων και αξίζει να εντοπίσουμε σε ποια σημεία στα χαρακτηριστικά με το χρώμα τους βιβλία της IUPAC. Αυτά είναι το κόκκινο βιβλίο της Ονοματολογίας της Ανόργανης Χημείας (κανόνες 1990), το πράσινο βιβλίο των Ποσοτήτων, Μονάδων και Συμβόλων στη Φυσική Χημεία (έκδοση 1996,), το μπλε βιβλίο της Ονοματολογίας της Οργανικής Χημείας και το μωβ βιβλίο (έκδοση 1998) των Αρχών της Χημικής Ονοματολογίας (Principles of Chemical Nomenclature, με υπότιτλο A Guide to IUPAC Recommendations, των G. J. Leigh, H. A. Favre και W. V. Metanomski, edited by G. J. Leigh). Θα χρησιμοποιούμε το χρώμα του κάθε βιβλίου ως σημείο αναφοράς, για να παραθέσουμε τις αναφορές στην έννοια του **σθένους (valence/y)**.

Υπάρχει μία επίσημη ελληνική μετάφραση του κόκκινου βιβλίου της IUPAC, (καθοριστικοί κανόνες 1970), το οποίο μεταφράστηκε στα ελληνικά τη δεκαετία του 1980, δόθηκε σε δημόσια κρίση από τα «ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ» τη διετία 1983-1984 και εκδόθηκε με τις τελικές διορθώσεις και παρατηρήσεις από την ΕΕΧ το 1989, σε μία πολύ καλαίσθητη έκδοση με σκληρά εξώφυλλα. Η προσαρμογή στα Ελληνικά έγινε από τους πανεπιστημιακούς καθηγητές Δ. Κατάκη, Γ. Πνευματικάκη, Μ. Περέτση και Μ. Παναγιώτου (**200**). Η έκδοση ήταν εξαιρετική και προσπάθησε να ομαλοποιήσει την ονοματολογία που χρησιμοποιεί ο Έλληνας χημικός, γιατί μέχρι τότε η ονοματολογία αυτή εξαρτόταν από τις ιδιομορφίες των καθηγητών του στο εκάστοτε Πανεπιστήμιο που σπούδασε ή από τα βιβλία αναφοράς που χρησιμοποιούσε στο χώρο εργασίας του. Η μικρή Βαβέλ της πολυποικιλής απόδοσης ορισμένων όρων της χημικής γλώσσας θα μπορούσε να μπει σε μία τάξη και να αυξήσει την ενδοεπικοινωνία μεταξύ των χημικών, ώστε στο μέλλον να αποφευχθεί οποιαδήποτε σύγχυση. Όπως όμως θα δούμε στη συνέχεια η Βαβέλ των προηγούμενων δέκα χρόνων έχει ενταθεί και καθιστά δύσκολο τον επικοινωνιακό μας ειρμό.

Η σημασία της ενιαίας ονοματολογίας στη Χημεία

Η ενιαία ονοματολογία ήταν αυτή, που έδωσε ώθηση στη χημεία κατά το 19ο αιώνα και βοήθησε να ναπτυχθεί με γοργούς ρυθμούς, οι οποίοι τροποποίησαν και βελτίωσαν τη ζωή της ανθρώπινης κοινωνίας, συντονίζοντας και καθοδηγώντας όλους τους εφαρμοσμένους τομείς της βασικής αυτής επιστήμης.

Για να συμβεί αυτό, χρειάστηκε, όπως είδαμε και προηγουμένως, να διεξαχθεί το πρώτο διεθνές επιστημονικό συνέδριο, που έγινε ποτέ, το συνέδριο της Καρλσρούης (1860). Στη συνέχεια να ακολουθήσει το συνέδριο των οργανικών χημικών της Γενεύης το 1892, για να αρθούν οι ατέλειες της εμπειρικής ονοματολογίας του με μεγάλο ρυθμό αυξανόμενο αριθμού των οργανικών ενώσεων, που τότε αριθμούσαν περί τις 12 000 και να καθιερώσει τους πρώτους κανόνες ονοματολογίας της οργανικής χημείας.

Στις εργασίες του συνεδρίου αυτού έλαβαν μέρος περί τους 30 χημικούς, που συγκεντρώθηκαν από 12 χώρες. Το αποτέλεσμα των εργασιών ήταν η συμφωνία και διατύπωση των πρώτων κανόνων μιας συστηματικής ονοματολογίας της οργανικής χημείας, μόλις 62 στον αριθμό σε σχέση με τον πολύ μεγάλο αριθμό οργανικών ενώσεων, γραμμένοι μόλις σε 10 σελίδες. Το λιτό κωδικοποιημένο αυτό κείμενο είχε μεγάλη απήχηση και γρήγορα καθιερώθηκε σε όλη την επιστημονική κοινότητα και προσαρμόστηκε εξαιρετικά στην εκπαιδευτική διαδικασία της μέσης βαθμίδας. Για την τεράστια σημασία των κανόνων αυτών δεν έχει κανείς παρά να ανατρέξει στη δυναμική της νέας ονοματολογίας, μια δυναμική που είχαμε να συναντήσουμε από την εποχή των Μορβό και Λαβουαζιέ. Με τη νέα ονοματολογία μπορούσαν να αποκτούσαμε πληροφορίες για τη δομή των οργανικών ενώσεων, δηλαδή το μέγεθος της ανθρακικής αλυσίδας, την ακριβή θέση των υποκαταστατών, δεσμών και *χαρακτηριστικών ομάδων* (characteristic groups). Όλα αυτά τα δεδομένα συνδέονται με τις ιδιότητες των οργανικών ουσιών και ένας μεγάλος αριθμός ενώσεων γίνεται εύχρηστος.

Αρχικά οι κανόνες αυτοί λειτούργησαν για την ονοματοδοσία σε πάνω από 300.000 οργανικών ενώσεων. Ο αριθμός όμως των ενώσεων αυτών διαρκώς αυξάνετο και νέες χαρακτηριστικές ομάδες έκαναν την εμφάνισή τους, ώστε να δημιουργηθεί η ανάγκη να συμπληρωθούν. Η εργασία αυτή τελικά επιτεύχθηκε από την IUPAC στο συνέδριο της Λιέγης το 1930. Προστέθηκαν τότε δύο ακόμη σελίδες και 8 νέοι κανόνες για να καλύψουν τις περίπλοκες αναγνωρισμένες δομές νέων οργανικών ενώσεων. Οι κανόνες αυτοί λειτουργούν και σήμερα σε τόμο εκατοντάδων σελίδων για να καλύψουν τις ονομασίες εκατομμυρίων οργανικών ενώσεων. [339, 376]

Μετά τη Γενεύη ακολούθησε η ίδρυση της πρώτης διεθνούς επιστημονικής ένωσης στον κόσμο, της IUPAC στα 1919. Πριν την ίδρυσή της είχε από τα 1911 πραγματοποιηθεί μία συνάντηση από πολλούς επιστήμονες στο Παρίσι, για να προετοιμασθεί ένα τέτοιο εγχείρημα και να τεθούν οι κανόνες και οι τομείς ενασχόλησης. Οι εργασίες κατά τη συνάντηση αυτή με την προσωνομία IACS (International Association of Chemical Societies, Διεθνής Συνεταιρισμός Χημικών Κοινωνιών) αποσκοπούσαν στη διατύπωση προτάσεων, που συμπεριλαμβάνουν τους παρακάτω τομείς:

- Ονοματολογία ανόργανης κι οργανικής χημείας·
- Προτυποποίηση των ατομικών βαρών·
- Προτυποποίηση των φυσικών σταθερών·
- Έκδοση πινάκων με τις ιδιότητες των υλικών·
- Ίδρυση και λειτουργία μιας επιτροπής για την επιθεώρηση των εργασιών·

- Ίδρυση και λειτουργία μιας επιτροπής για μια παγκόσμια γλώσσα·
- Προτυποποίηση των σχημάτων των εκδόσεων·
- Μετρήσεις που απαιτούνται για να προληφθούν επαναλήψεις σε παρόμοιες εργασίες.



IACS, Brussels, 1913(πίσω σειρά) Crossley, Casares, Wauters, Crismer, Auerbach, Hoogewerff, Petersen, Bjerrum, Billmann, Mourelo, Kurnakow, Oglaloro (μεσαία) Fichter, Cohen, Lowry, Walden, Jacobson, Menozzi, Behal, Witt, Hauser, Marie· (μπροστά) Tschugaeff, van Laer, Werner, Guye, Haller, Ramsey, Ostwald, Paterno, Hanriot, Frankland.

Οι εργασίες της επιτροπής αυτής διακόπηκαν εξ αιτίας του Πρώτου Παγκόσμιου Πολέμου και οι εργασίες μεταξύ της διεθνούς κοινότητας των χημικών επιστημόνων σταμάτησαν στα 1914. Κατά τη διάρκεια του πολέμου εμφανίστηκαν πολλοί, που αμφισβητούσαν το κύρος της επιτροπής αυτής, ιδιαίτερα, αυτοί οι οποίοι ανακίνησαν το θέμα, ήταν οι Αγγλο-αμερικανοί στην καθιέρωση της γλώσσας. Αντιδρούσαν σε μια **lingua franca** (γαλλική γλώσσα) της επιστήμης και μάλλον το πέτυχαν. Αμέσως όμως μετά τη λήξη του πολέμου στο τέλος του 1918, οι εργασίες της IACS δεν πήγαν ολότελα χαμένες. Η ίδια μεν διαλύθηκε και αφομοιώθηκε από τη νέα, τη γνωστή μας IUPAC, η οποία δημιουργήθηκε στα 1919, όμως πολλές προπαρασκευαστικές εργασίες της IACS είχαν βρει τόπο στη δημιουργία της IUPAC. [331]

Ακολούθησε έτσι η ίδρυση της πρώτης διεθνούς επιστημονικής ένωσης στον κόσμο, της IUPAC. Η IUPAC με την IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics, Διεθνής Ένωση Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Φυσικής) αποτελούν τους βασικούς φορείς της ομοσπονδίας διεθνών και εθνικών επιστημονικών ενώσεων του γνωστού ISO (International Organization for standardization, Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης) που εδρεύει στη Γενεύη και ο οποίος προσπαθεί να καθιερώσει κοινή γλώσσα (ονοματολογία) και πρότυπα στις φυσικές επιστήμες και σταθερές προδιαγραφές προϊόντων ή λειτουργίας παραγωγικών διαδικασιών. Οι προτάσεις του ISO θεσπίζονται στην Ενωμένη Ευρώπη, μεταφερόμενες στη χώρα μας με προεδρικά διατάγματα.



Η ονοματολογία, όπως αντιλαμβανόμαστε, είναι η καρδιά κάθε επιστημονικής γλώσσας, και έχει οριστεί ως «ένα σύστημα ή ένα σύνολο ονομάτων και (προσδι)ορισμών που χρησιμοποιούνται σε μια συγκεκριμένη επιστήμη, ή πειθαρχία, ή επίσημη τέχνη η οποία έχει υιοθετηθεί ή επικυρωθεί με τη χρήση από τους ασκούντες αυτήν». (*Webster's Third New International Dictionary of the English Language*, unabridged; Gove, P. B., Ed. in Chief; G. & C. Merriam: Springfield, MA, 1961). Για τις παρούσες προθέσεις, ένας προσεγγιστικός ορισμός της χημικής ονοματολογίας είναι: «ένα σύνολο χημικών ονομάτων που μπορεί να γίνει συστηματικό ... ή όχι και έχει εκείνο το στόχο, ο οποίος μας λέει για τη σύσταση και

συχνά τη δομή μιας δεδομένης ένωσης που προκύπτει από την ονομασία των στοιχείων, ομάδων, ριζών, ή ιόντων, τα οποία είναι παρόντα και εμπλέκονται ως προσφύματα, δηλώνοντας δραστικότητα (ή λειτουργία) ... , προθέματα που δηλώνουν σύσταση ... , προθέματα διαμόρφωσης ... , λειτουργία (επιχειρησιακά) προθέματα ... , αραβικοί αριθμοί ή Ελληνικά γράμματα για την υπόδειξη δομής ... , ή Ρωμαϊκή (Romans) αρίθμηση για την υπόδειξη οξειδωτικών καταστάσεων», (*Webster's Third New International Dictionary of the English Language*, unabridged; Gove, P. B., Ed. in Chief; G. & C. Merriam: Springfield, MA, 1961).

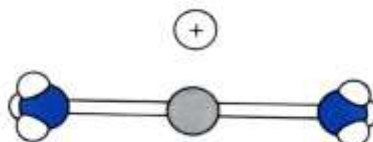
Παρατηρείται ότι άλλη ονοματολογία χρησιμοποιείται σε προεδρικά διατάγματα, οδηγίες της Εν. Ευρώπης, υποχρεωτικής προσαρμογής του κόσμου του εμπορίου και της βιομηχανίας και άλλη τα διδακτικά εγχειρίδια. Παράδειγμα το **molality (of a solute)** αποδίδεται στα διδακτικά εγχειρίδια ως (γραμμο)μοριακή κατά βάρος συγκέντρωση, στον ΕΛΟΤ (100, 20/9/1985) ως **μολαλικότητα του σε διάλυση συστατικού Β** (ή μολαλικότητα μιας διαλυμένης ουσίας). Κατά IUPAC και κατά ISO ο **διαλύτης** συμβολίζεται με Α και η διαλυμένη ουσία πάντοτε με Β.

Όσον αφορά στην τύχη της μετάφρασης του κόκκινου βιβλίου, είναι γνωστό ότι την προμηθεύθηκαν όλα τα Λύκεια της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι Πανεπιστημιακές Σχολές των χημικών τμημάτων όλης της χώρας. Το εγχειρίδιο αυτό θάπρεπε να κοσμή τη βιβλιοθήκη κάθε χημικού και κάθε καθηγητή, που διδάσκει χημεία (στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι φυσικοί, φυσιογνώστες, βιολόγοι, γεωλόγοι και συναφείς κλάδοι). Κάθε εκπαιδευτικός της χημείας να μπορεί, έχοντας κοινή αφετηρία, να συμβουλευεται τους χημικούς όρους και τους κανόνες της ονοματολογίας. Αποτελεί πρότυπο στην ενημέρωση και ενισχύει ουσιαστικά τη διδακτική μεθοδολογία, ώστε οι επερχόμενες γενιές μαθητών και φοιτητών να μην οδηγούνται στον πύργο της Βαβέλ, καθιστώντας τη χημεία δυσνόητη, αποκρουστική και δύσχρηστη. Όμως η απήχηση του θαυμάσιου αυτού εγχειριδίου ήταν μικρή έως ανύπαρκτη. Αυτό αποδεικνύεται από την άγνοια της ύπαρξης του από πολλούς καθηγητές ιδίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως επίσης και από συγγραφείς ελληνικών εκδόσεων χημείας με αντικείμενο τη χημεία στο Λύκειο. Παρατηρεί κανείς σε εκδόσεις διδακτικών βιβλίων χημείας, ανύπαρκτη ή απλή αναφορά της μετάφρασης του κόκκινου βιβλίου. Σε όσες μάλιστα εκδόσεις είχαμε κάποια αναφορά, δεν τηρήθηκαν από τους συγγραφείς τα συμπεφωνημένα της ελληνικής απόδοσης των όρων του κόκκινου βιβλίου (**428, 425, 427, 438, 439**), με αποτέλεσμα να μην προωθείται μία ενιαία σημειογραφία ή ονοματολογία της χημείας. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και σε πανεπιστημιακές ελληνικές εκδόσεις χημείας.

Ας περιοριστούμε προς το παρόν στην έννοια του σθένους στη σύγχρονη βιβλιογραφία και στη μετάφραση του κόκκινου βιβλίου. Η λέξη valence/y (σθένος) στο κόκκινο βιβλίο (**200**) της ονοματολογίας της ανοργάνου χημείας, περιέχεται στο κεφάλαιο 7 στις *ενώσεις σύνταξης* (coordination compounds), σύμπλοκες ενώσεις που οι τελευταίες μεταφορές στην ελληνική γλώσσα είναι *ενώσεις ένταξης* ή *ενώσεις συναρμογής*. Όσοι έχουν πρόσβαση στο βιβλίο αυτό από τους καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δεν θα πρέπει να έχουν χρησιμοποιήσει το κεφάλαιο 7, γιατί σε εκδόσεις βιβλίων από τον ΟΕΔΒ χημείας για το Λύκειο η λέξη σθένος λείπει τελείως και διδάσκεται, αν διδάσκεται, τελείως παρενθετικά ή περιστασιακά (**391, 439, 438, 382, 413, 405, 522, 523**). Αντιθέτως έχουμε αναφορά της έννοιας *στιβάδα σθένους* (**525**) σε διδακτικό βιβλίο της Α' Λυκείου (έκδοση 2000), χωρίς κάποια αναφορά στην νεοεισαγόμενη για τους σημερινούς μαθητές του Λυκείου της έννοιας του *σθένους*.

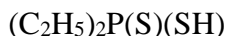
Διαβάζουμε στην πραγματικά προσεγμένη ελληνική απόδοση του κόκκινου βιβλίου για το σθένος στο κεφάλαιο 7, με την υποσημείωση ότι οι λέξεις με έντονα γράμματα έχουν γίνει από τον υποφαινόμενο: «Με την παλαιότερη έννοια, ο όρος συγκρότημα σύνταξης γενικά αναφέρεται σε μόρια ή ιόντα όπου υπάρχει ένα άτομο (A), με το οποίο βρίσκονται συνδεδεμένα άλλα άτομα (B) ή άλλες ομάδες (C) σ' αριθμό μεγαλύτερο από εκείνον που αντιστοιχεί στο **κλασσικό** ή **στοιχειομετρικό σθένος**, που έχει το άτομο (A). Ωστόσο το σύστημα της ονοματολογίας που στην αρχή αναπτύχθηκε γι' αυτές τις ενώσεις, στο πλαίσιο αυτού του στενού ορισμού, φάνηκε χρήσιμο για μια πολύ πλατύτερη τάξη ενώσεων κι' έτσι για τους σκοπούς της ονοματολογίας, ο περιορισμένος «σε μεγαλύτερο αριθμό από εκείνο, που αντιστοιχεί στο **στοιχειομετρικό σθένος**», πρέπει να παραλείπεται».

Η παράλειψη αυτή συμβαίνει, γιατί το κεφάλαιο 7 του μεταφρασμένου κόκκινου βιβλίου πραγματεύεται τις ενώσεις σύνταξης, ενώσεις που ποτέ δεν αποτελούσαν γνωστικό αντικείμενο ύλης χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στο σύστημα με τις δέσμες στο Λύκειο με διδακτικά βιβλία του Π. Σακελλαρίδη (246), τα οποία εχρησιμοποιούντο για μεγάλο χρονικό διάστημα στις εισαγωγικές εξετάσεις στα τριτοβάθμια ιδρύματα (από το 1984 ως και το 1999 και δύο ακόμα χρονιές για περιορισμένο αριθμό υποψηφίων), υπήρχαν ενώσεις σύνταξης εντός της εξετασθείσας ύλης, χωρίς να εντάσσονται στην κατηγορία αυτή. Επρόκειτο για το σιδηροκυανιούχο κάλιο ή κάλιο εξακυανοσιδηρικό(4—), $K_4[Fe(CN)_6]$ και σιδηροκυανιούχο σίδηρο ή σίδηρο(3+) εξακυανοσιδηρικό, $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, ενώσεις που περιέχονται στο δεύτερο κεφάλαιο της οργανικής, στην ποιοτική στοιχειακή ανάλυση των οργανικών ενώσεων. Στο ίδιο διδακτικό βιβλίο, δεν αναφερόταν επίσης το γραμμικό σύμπλοκο ευδιάλυτο ιόν $[Ag(NH_3)_2]^+$, ένα ιόν γραμμικό με το οποίον ερμηνεύεται η διαλυτοποίηση του ιζήματος $AgCl$ με διάλυμα αμμωνίας. Ένα ιόν σύνταξης το οποίον χρησιμοποιείται ως αντιδραστήριο Tollen για την οξείδωση των αλδευδών προς οξέα ή την καταβύθιση των αλκινίων του τύπου $R-C\equiv C-H$ σε μορφή αλκυλακετυλενιδίων του αργύρου, $R-C\equiv C^+Ag^+(s)$.



Δομή του ευδιάλυτου ιόντος $[Ag(NH_3)_2]^+$

Στο νεότερο κόκκινο βιβλίο (193) του 1990 ο όρος **valence** επαναλαμβάνεται με μεγαλύτερη συχνότητα απ' ό τι σ' αυτό του 1970, που δείχνει, ότι, η πλήρη εξάλειψή του έρχεται σε αντίθεση με την έντονη εκατονταπενηντάχρονη παρουσία του. Στη σελίδα 139 και στη υποπαράγραφο 10.2 του κεφαλαίου I-9 επιγράφεται: **Oxoacids of pentavalent phosphorus (or arsenic) containing carbon directly linked to phosphorus** [Οξοοξέα του πεντασθενούς φωσφόρου (ή αρσενικού) που περιέχουν άνθρακα απ' ευθείας συνδεδεμένο με το φωσφόρο]. Υπογραμμίζεται η δεύτερη ρίζα του ονόματος μετά από το αριθμητικό πρόθεμα πέντε, το penta-valent, ο πεντασθενής φωσφόρος για να φανεί η αδυναμία της αποφυγής της λέξης σθένος (valence). Στο ίδιο κείμενο της υποπαραγράφου φυσικά χρησιμοποιείται και ο όρος ομάδες *ισοδύναμης* ή *ισοσθενούς κατάστασης* (groups **equivalent status**, σελ. 140), όπως και η λέξη **polyvalent group** (193, πολυσθενής ομάδα, σελ. 139) για στοιχεία όπως ο **πεντασθενής (pentavalent)** φωσφόρος ή το πεντασθενές αρσενικό. Οι ομάδες *ισοδύναμης* ή *ισοσθενούς κατάστασης* αναφέρονται με αλφαβητική σειρά, χωρίς όμως να λαμβάνονται υπ' όψη τα πολλαπλασιαστικά προθέματα, που μπαίνουν για το σκοπό αυτό. Παραδείγματα με την a, b, c αρίθμηση αναφέρονται με διαφορετικές μεθόδους ονοματολογίας:



- a. διαιθυλ(ο)(υδρογονοσουλφιδο)θειοφωσφόρος(V)
diethyl(hydrogensulfido)thiophosphorus(V)
- b. διαιθυλ(ο)διθειοφωσφινικό οξύ
diethyldithiophosphinic acid
- c. διαιθυλ(ο)φωσφινοδιθειϊκό οξύ
diethylphosphinodithioic acid

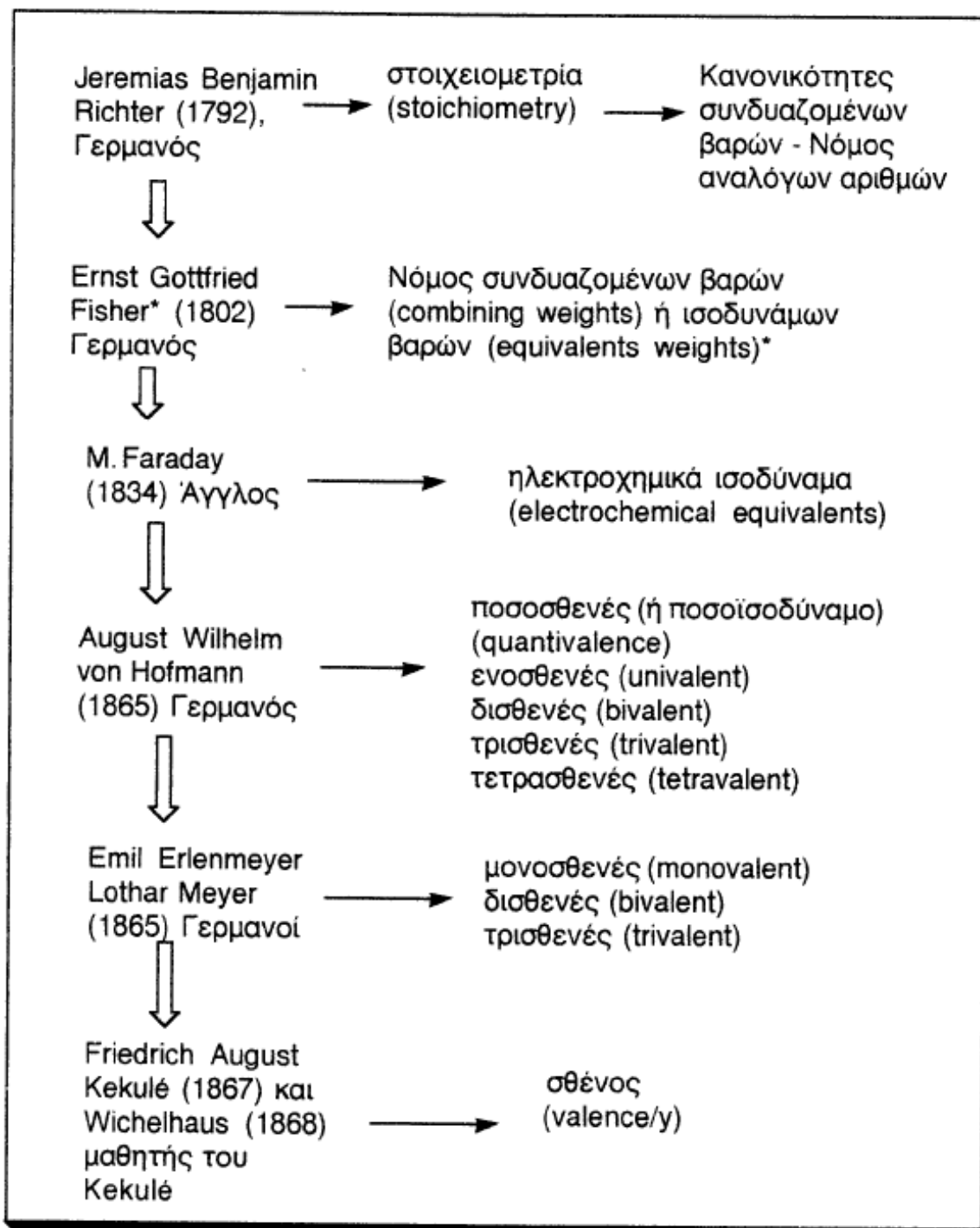


- a. οξυδροξοφαινυλ(ο)χλωρο φωσφόρος(V)
chlorohydroxophenyl phosphorus(V)
ή υδρογόνο διοξοφαινυλ(ο)χλωροφωσφορικό(V)
hydrogen chlorodioxophenylphosphate(V)
- b. φαινυλ(ο)(χλωρο)φωσφονικό οξύ
phenyl(chloro)phosphonic acid
- c. φαινυλ(ο)φωσφονοχλωριδικό οξύ
phenylphosphonochloridic acid

Στην υποπαράγραφο I-7.2.3.1, που πραγματεύεται τα υποκατεστημένα παράγωγα των υδριδίων (σελ. 86-87), ιδιαίτερα αυτά στα οποία διακρίνουμε και *λειτουργικές* ή *δραστικές* ή *χαρακτηριστικές ομάδες*⁷⁴, (**characteristic** or **functional groups**), αναγράφονται στη σημείωση 7m οι όροι monovalent και divalent (μονοσθενής, δισθενής) για τη δυνατότητα των παραγώγων αυτών. Οι όροι *monovalent* και *divalent*, όπως φαίνεται από το σύντομο ιστορικό διάγραμμα του πίνακα 3, εισήχθησαν το 1867 από τον Eilmeyer και Meyer, όροι που διατηρούνται μέχρι σήμερα. Την εποχή όμως εκείνη υπήρχε μεγάλη ανομοιομορφία τέτοιων νευραλγικών χημικών όρων. Ο Kekulé αντί του monovalent χρησιμοποιεί το *univalent*, και οι δύο όροι όμως μεταφέρθηκαν στην ελληνική γλώσσα πολύ αργότερα ως *μονοσθενής* (**143, 192**). Στον πίνακα διατηρείται μία απόδοση διαφορετική στα ελληνικά, ως *μοναδιαίο-ασθενής*, για να τονιστεί ο επίπονος αγώνας, που διεξήχθη σε συνέδρια και επιτροπές από τη διεθνή κοινότητα της χημείας στην καθιέρωση μιας ενιαίας γλώσσας, ώστε να ευνοηθεί η διδασκαλία και διάδοση της βασικής επιστήμης σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη. Η απεραντότητα του πεδίου ερεύνης και οι πολυάριθμες εφαρμογές της απαιτούν ένα τέτοιο σχεδιασμό και καθιέρωση, όχι μόνον σε διεθνές επίπεδο, αλλά και της επιτυχούς μεταφοράς στο εθνικό επίπεδο. Η προσπάθεια αυτή δεν μπορεί να περιοριστεί στις δυνατότητες ενός χημικού μεταφραστή.

Πίνακας 1. Διάγραμμα από το equivalent (ισοδύναμο) στο valence (σθένος)

⁷⁴Ο όρος characteristic group (χαρακτηριστική ομάδα) έχει επιστρέψει στην οργανική χημεία και αποτελεί σήμερα μαζί με το functional μία εναλλακτική αποδοχή ονομασίας. Μάλιστα φαίνεται ότι το characteristic group προτιμάται έναντι του functional group.



Η IUPAC, εκτός από τα προαναφερόμενα έγγραφα βιβλία της με τα σύμβολα και τους κανόνες ονοματολογίας, έχει δημοσιεύσει και κανόνες με ορισμούς χημικής κινητικής, ειδικών κεφαλαίων οργανικής χημείας κτλ. Στις δημοσιεύσεις αυτές συναντάμε την έννοια του σθένους (valence), τόσο αυτοτελώς όσο και ως συνθετικό ή ρίζα όρων. Μία τέτοια εκτεταμένη αναφορά γίνεται στο Γλωσσάρι των όρων της θεωρητικής οργανικής χημείας με αρχικό γράμμα το ν (IUPAC 1999) (183).

Κατ' αυτόν τον τρόπο στο «*Glossary of terms used in theoretical organic chemistry (IUPAC Recommendations 1999)*» (Γλωσσάρι όρων που χρησιμοποιούνται στη θεωρητική οργανική χημεία, Αναγνωρίσεις IUPAC 1999) συναντάμε τους ορισμούς:

Covalent bond (συσθενής ή ομοιοπολικός δεσμός) η Είναι ένας τύπος δεσμού, που σχετίζεται με τη συνεισφορά δύο ηλεκτρονίων συνήθως μεταξύ των δύο ατομικών κέντρων μιας μοριακής οντότητας. Ο μηχανισμός του συσθενούς (ή ομοιοπολικού) δεσμού συνίσταται στο ότι, προκαλεί μείωση στη συνολική δυναμική ενέργεια ενός μορίου, καθώς τα συστατικά άτομα κινούνται το ένα προς το άλλο, επιφέροντας τροχιακή συστολή, η οποία αυξάνει τον εντοπισμό των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα και μειώνει τη συσσώρευση φορτίου στη/ς δεσμική/ές περιοχή/ές (p. 1932, **183**).

Free valence (ελεύθερο σθένος) η Είναι ένας δείκτης που εφαρμόζεται συχνά σε αντιδράσεις ριζών διαμορφωμένων συστημάτων. Ένα τέτοιο άτομο συστήματος μπορεί να επισυνάψει ένα βεβαιομένο αριθμό π-δεσμικής ισχύος π-δεσμών από ένα σύνολό τους, τάξης P_{AB} σχηματιζόμενων δεσμών. Στη θεωρία μοριακών τροχιακών του Hückel, η μέγιστη π-δεσμικής ισχύος για ένα ανθρακοάτομο είναι $\sqrt{3}$: έτσι το ελεύθερο **σθένος** ενός ατόμου άνθρακα ορίζεται από τη σχέση:

$$F_A = \sqrt{3} - \sum_B P_{AB}$$

(p. 1940, **183**) Από την τάξη του π-δεσμού εκτιμούμε το μέγεθος δεσμού, δηλαδή αυτή μας βοηθάει να προβλέψουμε το μήκος δεσμού και την ισχύ του. Πιο συγκεκριμένα, με την αύξηση της τάξης δεσμού, το μήκος δεσμού ελαττώνεται, ενώ αντιθέτως η ισχύς του αυξάνει. Διαφορετική είναι η τάξη του π-δεσμού στο αιθένιο, στο 1,3-βουταδιένιο ή στο βενζόλιο (βενζένιο όπως ονομάζεται κατά IUPAC).

Hypervalency (Υπερσθένος) η Είναι η ικανότητα ενός ατόμου σε μια μοριακή οντότητα που εκτείνεται και πέραν του φλοιού σθένους (valence shell) των ορίων του κανόνα της οκτάδος του Lewis (*Lewis octet rule*). Οι **υπερσθενικές ενώσεις (hypervalent compounds)** είναι κοινότερες για τις οριζόντιες σειρές των στοιχείων των ομάδων 15-18 του περιοδικού πίνακα. Μια περιγραφή των υπερσθενικών δεσμών σχετίζεται με τη μεταφορά των ηλεκτρονίων από το υπερσθενικό κεντρικό άτομο προς το μη δεσμικά μοριακά τροχιακά με τα οποία σχηματίζουν (συνήθως περισσότερο ηλεκτραρνητικά) συνδέσμους* (ligands). Ένα τυπικό παράδειγμα **υπερσθενικού δεσμού** (hypervalent bond) είναι δεσμός *τριών κέντρων* τεσσάρων ηλεκτρονίων (*three-center, four-electron bond*), π.χ. $F_{as}-P-F_{as}$ κλάσμα του PF_5 (p.1946, **183**).

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι ο όρος **ligand** έχει αποδοθεί στην ελληνική γλώσσα ως *υποκαταστάτης*. Με την ίδια απόδοση μεταφέρεται και το **substituent**, που του ταιριάζει περισσότερο αυτή η ερμηνεία. Όπως παρατηρούμε λοιπόν, η ελληνική απόδοση δεν κάνει εξαίρεση του ligand από το substituent και θα πρέπει να είμαστε μάλλον μοναδικοί στον κόσμο γι' αυτή την πρωτοτυπία. Στην πραγματικότητα υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ αυτών των δύο εννοιών από την IUPAC, στους οποίους αποδίδεται διαφορετικό περιεχόμενο ερμηνείας (σελ. 7, **196**). Στην εδώ μεταφορά από το Γλωσσάρι της IUPAC, το *ligand* αποδόθηκε ως *σύνδεσμος* ή *σύναψη* ή *συναρμοστής*, για να αποφευχθεί η ταύτιση με τον *υποκαταστάτη* (substituent) και για να δειχθεί η εννοιολογική διαφορά των όρων. Η τελική απόδοση του **ligand** πιθανόν να οριστικοποιηθεί κάποτε στο μέλλον με διαφορετική απόδοση, λόγω των τεράστιων δυνατοτήτων που διαθέτει η ελληνική γλώσσα. Ιστορικά ο όρος ligand εισήχθη από τον γερμανό χημικό Alfred Stock (**68**, σελ. 586) στα 1916, όταν

πρότεινε μία συστηματική ονοματολογία της ανόργανης χημείας, και ειδικότερα στις ενώσεις σύνταξης του Werner. Η ονοματολογία των ενώσεων της IUPAC και ο συμβολισμός του αριθμού οξείδωσης σήμερα ακολουθούν το σύστημα του Stock.

Valence bond configuration mixing (VBCM) model (Μοντέλο μίξης διαμόρφωσης δεσμού σθένους) η Είναι ένα μοντέλο, που εφοδιάζει τους ερευνητές με ένα εργαλείο, για να αντιληφθούν την τάση, με την οποία οικοδομείται το σύνολο των χαρακτηριστικών μιας αντίδρασης από συστατικά σημεία των διαμορφώσεων της VB (Valence Bond theory, θεωρίας δεσμού σθένους). Κλειδί των διαμορφώσεων είναι οι αμετάβλητες εφαρμογές, που γίνονται στα αντιδρώντα (reactants) ψ_R και στα προϊόντα (products) ψ_P (183, σε 1967).

Valence bond (VB) theory (Θεωρία δεσμού σθένους) η Είναι μια προσεγγιστική μέθοδος ολικής κυματοσυνάρτησης ενός μορίου σε ένα σχετικό γραμμικό συνδυασμό των σπιν ζευγών ηλεκτρονίων. Κάθε τέτοια κυματοσυνάρτηση προκύπτει από τα ατομικά τροχιακά των διακριτών ατόμων. Ως μία πρώτη προσέγγιση που εφαρμόζεται για την περιγραφή του σχήματος του ομοιοπολικού ζευγαρώματος, είναι τα ζεύγη ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων να έχουν τα σπιν τους σε σχήμα ζευγών με τη μεγαλύτερη αλληλοεπικάλυψη. Για τον υπολογισμό των φαινομένων των συσχετισμών των ηλεκτρονίων (electron correlation) εφαρμόζουμε τις αναμειγνύμενες συναρτήσεις, που αντιπροσωπεύουν τα ιοντικά συνεζευγμένα σχήματα, με τα οποία τα διακριτά άτομα έχουν αντικατασταθεί από θετικά και αρνητικά ιόντα. Η VB (valence bond) και η MO (molecular orbital) μέθοδοι μας οδηγούν στα ίδια βασικά σύνολα τροχιακών, που είναι ισοδύναμα για όλες τις ιον(τ)ικές δομές που περιλαμβάνει η VB και για όλες τις δυνατές διαμορφώσεις της MO (183, σε 1967).

Valence state electron affinity (Κατάσταση σθένους ηλεκτρονιακής συγγένειας) η Είναι η ηλεκτρονιακή συγγένεια (electron affinity) ενός ατόμου σε μία μερική ηλεκτρονιακή διαμόρφωση (ή δόμηση) [particular electron configuration, (183, σε 1967)].

Valence state ionization potential (VSIP, Κατάσταση σθένους δυναμικού ιονισμού) η Είναι το *δυναμικό ιονισμού* (ionization potential) ενός ατόμου σε μία μερική ηλεκτρονιακή διαμόρφωση [particular electron configuration, (183, σε 1967)].

Valence-Shell-electron-pair repulsion [VSEPR) theory, (βέσπερ), θεωρία απώσεων ζευγών ηλεκτρονίων στιβάδας σθένους] Είναι μία ημιποσοτική προσέγγιση στην πρόβλεψη των γεωμετρικών σχημάτων των ενώσεων κυρίων ομάδων στοιχείων. Η βασική ιδέα της θεωρίας είναι ότι η γεωμετρική διευθέτηση των δεσμών γύρω από ένα κεντρικό άτομο εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονικών ζευγών στη στιβάδα σθένους (valence shell). Παραδεχόμαστε ότι ένας δεδομένος αριθμός ηλεκτρονικών ζευγών διευθετείται κατά τρόπο τέτοιο, ώστε τα ζεύγη να απωθούνται όσο το δυνατόν μακρύτερα, ως επακόλουθο συμβάν της απαγορευτικής αρχής του Pauli (*Pauli exclusion principle*). Οι διευθετήσεις των ηλεκτρονικών ζευγών διατηρούνται ουσιαδώς, ανεξάρτητα αν αυτά είναι μη συνεζευγμένα, ή σχηματίζουν απλό, διπλό ή τριπλό δεσμό. Η θεωρία αυτή αφορά την επικρατούσα διευθέτηση των ομοιοπολικών δεσμών γύρω από ένα κεντρικό άτομο. Δεν εφαρμόζεται σε ενώσεις με ιον(τ)ικούς δεσμούς και σε μόρια με *πολυκεντρικούς δεσμούς* [multicenter bonds, (183, σε 1967)].

Τα ακρωνύμια όρων που χρησιμοποιούνται στη θεωρητική οργανική χημεία με τη λέξη **valence** (σθένος) είναι πάρα πολλά. Παρακάτω υπάρχει ένα πίνακας με αυτά και με τις μεταφράσεις τους.

Πίνακας 2

Ακρωνύμια	Φράσεις	Μεταφράσεις
GVB	Generalized Valence Bond <i>method</i>	Γενικευμένη μέθοδος Δεσμού Σθένους
GVB-CI	» - Configuration Interaction	» - Αλληλεπιδράσεις Διατάξεων
MIDI-N	MIDdle size <i>split-valence type contracted GTO basis set</i> (N=1- 4)	Μεσαίου τύπου διαίρεση σθένους που συστέλλεται σε βασικό σύνολο GTO (N=1- 4)
MOVb	MO VB theory	θεωρία MO VB
OFGF	Outer Valence Green's <i>Fucntion method</i>	μέθοδος Εξωτερικού Σθένους Συνάρτηση του Green
VB	Valence Bond theory	θεωρία Δεσμού Σθένους
VBCM	Valence Bond Configuration <i>Mixing model</i>	μοντέλο Αναμιγνυομένων Διατάξεων Δεσμών Σθένους
VSEPR	Valence Shell Electron-Pair <i>Repulsion method</i>	μέθοδος Άπωσης Ζεύγους Ηλεκτρονίων Σθένους
VSIP	Valence State Ionization <i>Potential</i>	Δυναμικό Ιονισμού Κατάστασης Σθένους
VSIPGVB	Valence State Ionization Potential	Δυναμικό Ιονισμού Κατάστασης Σθένους

Τα αρχικά GTO προέρχονται από τους όρους Gaussian-Type Orbitals. Υπάρχει προφανώς μία δυσκολία στη μετα να βελτιώνονται οι ποσοτικές μέθοδοι, όπως και οι μέθοδοι προσδιορισμού. Πλήθος νέων στοιχείων ανακαλύφθηκαν και οι ιδιότητες τους συγκρίθηκαν με τις ιδιότητες των γνωστών στοιχείων, οπότε οι σχετικές ομοιότητες επίδρασης των στοιχείων αυτών πάνω σε ορισμχή απόδοση των όρων αυτών στην ελληνική γλώσσα. Όπως εξελίσσονται τα περιεχόμενα της θεωρητικής χημείας με απώτερο σκοπό την εξεύρεση ενός εργαλείου σχεδιασμού μορίων με επιθυμητές προς εμάς ιδιότητες, οι μέθοδοι που αναπτύσσονται, γίνονται όλο και πιο σύνθετες, υποβοηθούμενες από τους ταχύτερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οπότε διαρκώς ξεφυτρώνουν νέοι όροι, οι οποίοι γίνονται πολλές φορές ασύμβατοι με τον πυρήνα κατευθύνσεων της IUPAC. Έτσι, καθυστερεί η οριστική και τελική καθιέρωσή των όρων αυτών. Άλλωστε υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις των κατευθύνσεων ονοματολογίας από μέρους της IUPAC τόσο στην Ανόργανη όσο και στην Οργανική χημεία. Το ίδιο συμβαίνει και με τη Φυσικοχημεία, όταν εφαρμόζεται στους δύο αυτούς επί μέρους κλάδους. Ο συντονισμός είναι πολύ δύσκολος και όπως φαίνεται υπάρχει ένα χάσμα αγεφύρωτο μεταξύ των δύο μεγάλων τομέων της Χημείας.

Ένας άλλος όρος που συναντιέται στο γλωσσάρι της ορολογίας της οργανικής στερεοχημείας είναι το **valence isomerism** (σθενικός ισομερισμός, περισσότερα στο *Pure Appl. Chem.* **66**, 1077-1184, 1994).

Από τις ηλεκτρονικές σελίδες της IUPAC και το λεξικό των ακρωνυμικών όρων της, στο γράμμα V συνελέγησαν τα παρακάτω ακρωνύμια με περιεχόμενο τη λέξη **valence**. Η συχνότητα εμφάνισης του όρου είναι πολύ μεγάλη, ένδειξη της επιρροής του όρου.

VALMOP valence (electron only) model potential

VAP valence alternation pair (bonding configuration model)

VB valence bond

VBCI valence bond configuration interaction

VBHL valence bond Heitler-London (wave function)

VBM valence-band model (in electronic structure calcns.)

VBSCF valence bond self-consistent field VCI (1) valence configuration interaction (wave function) (2) variational configuration interaction (quantum calcn. method)

VDZ valence double-zeta basis set

VDZP valence double-zeta plus polarization basis set

VEH valence effective hamiltonian method (for electronic structure)

VEO valence electron only

VEOMP valence-electron-only model potential (for mol. SCF calcns.)

VF valence force (model in bond properties calcns. in solids)

VFF valence force field (in electronic-structure calcns.)

VIF valency-point interaction formula (in graph theory with at. and mol. orbitals)

VO (1) valence orbital (2) virtual orbital

VOFF valence orbital force field

VOIE valence orbital ionization energy

VOIP valence orbital ionization potential

VSEPR valence shell electron pair repulsion (model)

VSIE valence-state ionization energy

VSIP valence-state ionization potential

VU-CC valence universal-coupled cluster

VU-CCSD/R valence universal-coupled cluster (with) single (and) double

(excitations) (r = radial components of the cluster amplitudes)

VU-LCC valence-universal-linear coupled cluster

Στατιστικά τα ακρωνύμια με περιεχόμενο τη λέξη valence αποτελούν το 31 % των συνολικών όρων των ευρισκόμενων στο γράμμα V στη θεωρητική οργανική χημεία.

Ο πίνακας 3, που ακολουθεί, περιέχει τα ακρωνύμια τα οποία περιλαμβάνουν τον όρο valence από τους πίνακες της IUPAC [Θεωρητική Χημεία (422)].

Πίνακας 3

VAP→valence alternation pair (bonding configuration model)

VB→valence bond

VBCI→valence bond configuration interaction

VBHL→valence bond Heitler-London (wave function)

VBM→valence-band model (in electronic structure calcns.)

VCI→ (1) valence configuration interaction (wave function)

(2)variational configuration interaction (quantum calcn. method)

VDZ→valence double-zeta basis set

VDZP→valence double-zeta plus polarization basis set

VEH→valence effective hamiltonian method (for electronic structure)

VEO→valence electron only

VEOMP→valence-electron-only model potential (for mol. SCF calcns.)

VF→valence force (model in bond properties calcns. in solids)

VFF→valence force field (in electronic-structure calcns.)

VIF→valency-point interaction formula (in graph theory with at. and mol. orbitals)

VO→ (1) valence orbital (2) virtual orbital

VOFF→valence orbital force field

VOIE→valence orbital ionization energy

VOIP→valence orbital ionization potential

VSEPR→valence shell electron pair repulsion (model)

VSIE→valence-state ionization energy

VSIP→valence-state ionization potential

VU-CC→valence universal-coupled cluster

VU-CCSD/R→valence universal-coupled cluster (with) single (and) double

(excitations) (r = radial components of the cluster amplitudes)

VU-LCC→valence-universal-linear coupled cluster

Η γοητεία του όρου valence συνεχίζεται στη θεωρητική προσέγγιση των πειραματικών διαδικασιών. Το περίεργο είναι ότι ο όρος *valence* λείπει παντελώς από το λεξιλόγιο των όρων στο πράσινο βιβλίο της IUPAC με τα «Μεγέθη, Μονάδες και Σύμβολα στη Φυσικοχημεία» (197). Μόνο σε δύο σημεία, στα περιεχόμενα του γράμματος V και στο χώρο των συντμήσεων και των ακρωνυμίων έχουμε έμμεση αναφορά στο VB (valence bond) και στο VSEPR (valence shell electron pair repulsion).

Η σημασία της ενιαίας ονοματολογίας στη χημεία

Η ενιαία ονοματολογία ήταν αυτή, που έδωσε ώθηση στη χημεία κατά το 19ο αιώνα και βοήθησε να ναπτυχθεί με γοργούς ρυθμούς, οι οποίοι τροποποίησαν και βελτίωσαν τη ζωή της ανθρώπινης κοινωνίας, συντονίζοντας και καθοδηγώντας όλους τους εφαρμοσμένους τομείς της βασικής αυτής επιστήμης.

Για να συμβεί αυτό, χρειάστηκε, όπως είδαμε και προηγουμένως, να διεξαχθεί το πρώτο διεθνές επιστημονικό συνέδριο, που έγινε ποτέ, το συνέδριο της Καρλσρούης (1860). Στη συνέχεια να ακολουθήσει το συνέδριο των οργανικών χημικών της Γενεύης το 1892, για να αρθούν οι ατέλειες της εμπειρικής ονοματολογίας του με μεγάλο ρυθμό αυξανόμενο αριθμού των οργανικών ενώσεων, που τότε αριθμούσαν περί τις 12 000 και να καθιερώσει τους πρώτους κανόνες ονοματολογίας της οργανικής χημείας.



International Union of Pure and Applied Chemistry
Organic Chemistry Division
Commission on Nomenclature of Organic Chemistry (IUPAC)

A Guide to IUPAC
**Nomenclature
of Organic
Compounds**

Recommendations 1993

Prepared for publication by
R. Panico, W.H. Powell and
Jean-Claude Richer (*Senior Editor*)

b
Blackwell
Science

4.2 Αριθμός δεσμού ή δεσμικός αριθμός (bonding number)

Στο ίδιο κόκκινο βιβλίο του 1990 στο I-7.2.2 με τίτλο Hydrides names (ονόματα Υδριδίων) η αναφορά στο σθένος είναι σημαντική, αλλά αποφεύγεται να δίνεται ένας ορισμός ή έστω κάποια στοιχεία του περιεχόμενου του και σε κάποιο σημεία υποκαθίσταται από άλλους όρους. Πιο συγκεκριμένα στην υποπαράγραφο I-7.2.2.1 με τίτλο «Names of mononuclear hydrides» (Ονόματα μονοπυρηνικών υδριδίων) αντί για *μονάδες σθένους* ή *σθένος* προτιμάται ο όρος *αριθμός δεσμού* ή *δεσμικός αριθμός (bonding number)*. Τα υδρίδια των στοιχείων: B, C, Si, Ge, Sn, Pb, N, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, τα οποία απεικονίζονται στην εγκλεισμένη ζώνη πάνω σε ένα τμήμα του Περιοδικού Πίνακα (πίνακας 1) έχουν την κατάληξη -άνιο στην ονομασία τους (πίνακας 2), όταν τα στοιχεία αυτά επιδεικνύουν τον καθιερωμένο τους *δεσμικό αριθμό*, όπως 3 για το βόριο, 4 για τον άνθρακα και των στοιχείων της 14ης ομάδας, 3 για τη 15η ομάδα των στοιχείων και 2 για τη 16η ομάδα.

Πίνακας 1

Ομάδα 13	Ομάδα 14	Ομάδα 15	Ομάδα 16	Ομάδα 17	Ομάδα 18
B	C	N	O	F	Ne
Al	Si	P	S	Cl	Ar
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Tl	Pb	Bi	Po	Te	Rn

Πίνακας 2 Μονοπυρηνικά μητρικά υδρίδια¹

BH ₃	βοράνιο	NH ₃	αζάνιο	OH ₂	οξειδάνιο ^{α,β}
SiH ₄	σιλάνιο	PH ₃	φωσφάνιο	SH ₂	σουλφάνιο ^α
GeH ₄	γερμάνιο ^β	AsH ₃	αρσάνιο	SeH ₂	σελάνιο ^β
SnH ₄	στανάνιο	SbH ₃	στιμπάνιο	TeH ₂	τελάνιο ^β
PbH ₄	πλουμπάνιο	BiH ₃	βισμούθάνιο	PoH ₂	πολάνιο

Στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες εμφανίζονται *δεσμικοί αριθμοί* διαφορετικοί από αυτούς που αναφέραμε, αυτοί τότε πρέπει να δείχνονται στο όνομα του υδριδίου ως εκθέτης του ελληνικού πεζού γράμματος λ (λάμβδα). Για παράδειγμα:

1. PH₅ λ⁵-Φωσφάνιο (λ⁵-Phosphane)
2. SH₆ λ⁶-Σουλφάνιο

Η ονοματοδοσία αυτή, όπως αναφέρεται στη σελίδα 84 του κόκκινου βιβλίου περιγράφεται πλήρως στη λεγόμενη Σύμβαση λάμδα ή Συστάσεις Μεταχείρισης του Μεταβλητού Σθένους στις Οργανικές Ενώσεις [The Treatment of Variable Valence (Lambda Convention) in Organic Compounds Recommendations 1983, Lm-1.1. Bonding Number], στο *Pure Appl. Chem.* **56**, 769 (1984). Είναι φανερή η αποστασιοποίηση από την έννοια του σθένους της επιτροπής της ονοματολογίας της ανόργανης χημείας και η αναζήτηση άλλων

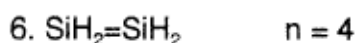
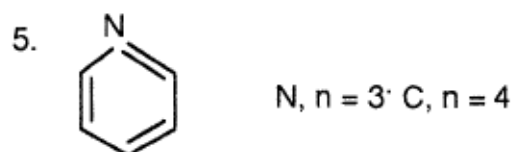
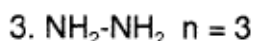
¹ Σημειώσεις: ^α Τα ονόματα φωσφίνη, αρσίνη και στιμπίνη (ή κατά το ελληνικότατον αντιμονίνη) μπορούν να διατηρούνται για τα μη υποκατεστημένα μονοπυρηνικά υδρίδια και για τη χρήση σε παράγωγους υποκαταστάτες, όπως και για το σχηματισμό ορισμένων παράγωγων ομάδων, αλλά δεν συνιστώνται για ονομασία υποκατεστημένων παραγώγων. Τα συστηματικά ονόματα στην ονοματολογία υποκατάστασης για την αμμωνία (NH₃) και το νερό (H₂O) είναι αντίστοιχα αζάνιο (azane) και οξ(ε)ιδάνιο (oxidane). Τα ονόματα αυτά δεν χρησιμοποιούνται συνήθως, αλλά είναι διαθέσιμα όταν ζητηθούν. Το σουλφάνιο (sulfane) όταν είναι υποκατεστημένο, ονομάζεται συνήθως υδρογόνο σουλφίδιο (hydrogen sulfide). Οι κανονικοί τύποι H₂O, H₂S, H₂Se, H₂Te και H₂Po στον πίνακα 2 έχουν αντιστραφεί για να σκοπούς σύγκρισης.

^β Ονόματα που βασίζονται πάνω σε άλλα σχήματα όπως οξάνιο (oxane), γερμανάνιο (germanane), σεληνάνιο (selenane), τελλουράνιο (tellurane) και βισμάνιο (bismane) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επειδή χρησιμοποιούνται ως ονόματα για κορεσμένους εξαμελείς ετερομονοκυκλικούς δακτυλίους που βασίζονται στο σύστημα Hantzsch-Widman [Pure Appl. Chem. **55**, 409 (1983)]. Το γερμάνιο^β αποτελεί απόδοση του germane^β.

πλέον ευδόκιμων υποκατάστατων όρων. Αυτό όμως δεν το καταφέρνουν αμέσως στις επόμενες υποπαραγράφους.

Στην υποπαραγράφο I-7.2.2.3 με επωνομασία *Names of oligonuclear hydrides with elements exhibiting non-standard bonding numbers* (Ονόματα ολιγοπυρηνικών υδριδίων με στοιχεία που εμφανίζουν μη καθιερωμένους δεσμικούς αριθμούς, σελ. 85), ο όρος **δεσμικός αριθμός** καθιερώνεται στη θέση του σθένους ως πιο δόκιμος. Δεν μπορεί, όμως, να τον υποκαταστήσει πλήρως, γιατί πολλά από τα στοιχεία του πίνακα 1, όταν είναι άτομα σκελετού, τα υδριδιά τους, όπως αυτά του άνθρακα στους κορεσμένους υδρογονάνθρακες, εμφανίζουν μεταβλητούς δεσμικούς αριθμούς ή **μη-καθιερωμένες καταστάσεις σθένους** (non-standard valence-states).

Εκτός των άλλων στις Οδηγίες της Ονοματολογίας της Οργανικής Χημείας του 1983, συναντάμε το *δεσμικό αριθμό* (ή *αριθμό δεσμού*), που είχαμε συναντήσει στην ονοματολογία της ανόργανης χημείας (στα υδρίδια ορισμένων στοιχείων). Ο *δεσμικός αριθμός* υποκαθιστά τις *μονάδες συγγένειας*, ή τις *μονάδες σθένους* ή την *ατομικότητα*, γιατί όπως είδαμε στα προηγούμενα μέρη αυτής της μελέτης, η έννοια μιας σταθερής κατάστασης του σθένους ενός στοιχείου είναι βασική στο πεδίο της οργανικής ονοματολογίας. Οι όροι της κλασικής θεωρίας δεσμού σθένους χαρακτηρίζουν τους κανόνες της οργανικής ονοματολογίας, χωρίς να υπαινίσσονται οποιαδήποτε απεικόνιση των ηλεκτρονίων. Ο αριθμός δεσμού "n" ενός σκελετικού ατόμου πατρικού (ή μητρικού, parent) υδριδίου είναι ο συνολικός αριθμός των δεσμών σθένους (total number of valence bonds) του ατόμου αυτού με παρακείμενα άτομα του σκελετού, ή τον αριθμό των συνδεδεμένων ατόμων υδρογόνου. Μερικά παραδείγματα:



4.2.1 Καθιερωμένος Δεσμικός Αριθμός (Standard Bonding Number)

Ο δεσμικός αριθμός ενός ουδέτερου ατόμου σε ένα μητρικό υδρίδιο είναι καθιερωμένος, όταν έχει σ' αυτό δοθεί τιμή που ακολουθεί τον πίνακα των στοιχείων, η οποία τιμή είναι η περισσότερο ή λιγότερο συχνή στις οργανικές ενώσεις. Αυτή χαρακτηρίζεται ως μη-καθιερωμένη, όταν η τιμή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη.

Δεσμικός αριθμός	3	4	3	2	1
	B	C	N	O	F
		Si	P	S	Cl
		Ge	As	Se	Br
		Sn	Sb	Te	I
		Pb	Bi	Po	At

4.2.2 Μη καθιερωμένοι Δεσμικοί Αριθμοί (Nonstandard Bonding Numbers)

Ένας μη καθιερωμένος δεσμικός αριθμός ενός ουδέτερου σκελετικού ατόμου σε ένα μητρικό υδρίδιο απεικονίζεται από το σύμβολο λ^n , όπου n είναι ο δεσμικός αριθμός, όπως τον ορίσαμε προηγουμένως. Το σύμβολο λ^n τοποθετείται μπροστά από την κανονική ονομασία του υδριδίου, εκτός εάν υπάρχουν ετεροάτομα στην αλυσίδα.

1. $\text{HS}-\text{SH}_2-\text{SH}$ 2 λ^6 -Τρισουλφάνιο (2 λ^6 -Trisulfane)
1 2 3
2. SH_4 λ^4 - Σουλφάνιο
3. IH_5 λ^5 -Ιωδάνιο (λ^5 -Iodane)

4.3 Ο αριθμός οξείδωσης κατά Stock

Οι χημικοί επινόησαν πολλές μεθόδους, για να μπορούν να προσδιορίζουν τους χημικούς τύπους των διαφόρων ενώσεων. Με τους τύπους, δημιουργούσαν σταθερούς συνδυασμούς, οι οποίοι αποτύπωναν αυτή τη σταθερή ικανότητα των ατόμων ενός στοιχείου να ενώνεται με ορισμένο αριθμό άλλων ατόμων σε μια σειρά ενώσεων. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιήσαν κατά καιρούς ποικίλα ονόματα, για να προσδιορίσουν αυτή την ικανότητα, όπως η *συνδυαστική ισχύς* (combining power, Frankland), ο *βαθμός συγγένειας* (degree of affinity, Couper), η *ατομικότητα* (atomicity, Kekulé), οι *μονάδες συγγένειας* (affinity units, Meyer), οι *ατομικότητες* και *παρτομικότητες* του Werner, το *wertigkeit* (σθένος στα γερμανικά), το *valency* ή *valence* (σθένος), το *τυπικό σθένος* (formal valency), τον *αριθμό σθένους* (valence number, Demming, **544**) και τέλος το *total valence* (ολικό σθένος). Το **total valence (ολικό σθένος)** ή **polar number (πολικός αριθμός)** ήταν η τελευταία ονομασία του oxidation number και αναφερόταν σε ενώσεις, που περιείχαν *πολικούς δεσμούς* (polar bonds). Προτάθηκε από τους William C. Bray (επιστήμονα τον οποίον έφερε από το MIT ο Gilbert Lewis στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας) και Gerard E. K. Branch (τον έφερε επίσης ο Lewis από το Λίβερπουλ, 1886-1954). Το **total valence** αντικαταστάθηκε από τον Wendell Latimer με τον όρο **Αριθμός Οξείδωσης** (Oxidation number), εκφράζοντας έτσι το πραγματικό ή σχετικό φορτίο ενός στοιχείου σε κάποια ένωση του, ένα φορτίο ταυτιζόμενο με την οξειδωτική κατάσταση του στοιχείου.

Όλοι αυτοί οι όροι είχαν όπως φαίνεται όχι μεγάλη απήχηση, γιατί αργά ή γρήγορα εγκαταλείφθηκαν και υποκαταστάθηκαν από άλλους πιο δημοφιλείς. Ένας από αυτούς ήταν το total valence, που αποδείχθηκε πολύ βραχύβιο κι αντικαταστάθηκε ονομαστικά από τον *αριθμό οξείδωσης* (oxidation number) και την *οξειδωτική κατάσταση* (oxidation state), όροι που χρησιμοποιούνται σήμερα σε όλα τα διδακτικά εγχειρίδια της χημείας (**219, 56**). Ανάμεσα στον αριθμό οξείδωσης και την οξειδωτική κατάσταση, αυτός που υπερτερεί στα σημεία είναι ο **αριθμός οξείδωσης**. Ο αριθμός οξείδωσης αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη γραφή των ενώσεων, γιατί εκφράζει την ακριβή αναλογία των συστατικών της ατόμων. Ο αριθμός οξείδωσης (ΑΟ) εξυπηρετεί στην εύρεση στοιχειομετρικών συντελεστών σε διάφορες χημικές αντιδράσεις. Μπορεί επίσης ο ΑΟ, να αποτελέσει εργαλείο για την πρόβλεψη προϊόντων σε μηχανισμούς πολλών χαρακτηριστικών χημικών αντιδράσεων που συναντάμε στο πεδίο της Οργανικής χημείας.

Σε μερικές ενώσεις και πιο ειδικά σε εκείνες στις οποίες ο αριθμός οξείδωσης ενός ή περισσοτέρων ατόμων που την αποτελούν, δεν είναι εμφανής, είναι αναγκαίο αυτός να δηλωθεί, για να εμφανιστεί η ακριβής αναλογία των συστατικών της. Για να δοθεί αυτή η πληροφορία, χρησιμοποιούμε ένα δύο τεχνάσματα, του *αριθμού οξείδωσης* (ή σύστημα Stock) και του *αριθμού φορτίου* (ή αριθμού Ewens-Basset ή σύστημα Ewens-Basset).

«Ο αριθμός οξείδωσης ενός κεντρικού στοιχείου σε μια χημική οντότητα ορίζεται ως το φορτίο που θα παρέμενε σε ένα δεδομένο άτομο, αν τα ζεύγη των ηλεκτρονίων του κάθε δεσμού αυτού του ατόμου αποδιδόταν στο περισσότερο ηλεκτραρνητικό μέλος του δεσμικού ζεύγους. Ουδέτεροι σύνδεσμοι (ή συναρμοστές, ligands) τυπικά μετακινούνται με τις διαμορφώσεις κλειστής στιβάδας» (193). Όπως διαπιστώνουμε, είναι απαραίτητη η γνώση των (εμπειρικών) τιμών ηλεκτραρνητικότητας των αμετάλλων στοιχείων, προκειμένου να προσδιοριστεί ο αριθμός οξείδωσης ενός αμετάλλου στοιχείου. Τα μέταλλα είναι ηλεκτροθετικά στοιχεία σε σχέση με τα αμέταλλα, και συνήθως σχηματίζουν με αυτά ιον(τ)ικούς δεσμούς. Για τις ιον(τ)ικές ενώσεις τα κατιόντα τοποθετούνται στους χημικούς τύπους πάντοτε πριν από τα ανιόντα, όπως συμβαίνει για το μαγειρικόν άλας, του νάτριου χλωριδίου (NaCl). Αν

γενικεύσουμε, τότε σε μία δυαδική ένωση, πρώτα γράφουμε το λιγότερο ηλεκτραρνητικό στοιχείο (περισσότερο ηλεκτροθετικό) και στη συνέχεια το περισσότερο ηλεκτραρνητικό. Η εκλογή όμως με κριτήριο την ηλεκτραρνητικότητα των δύο στοιχείων δεν είναι πάντοτε εύκολη.

Το σύστημα του Γερμανού Alfred Stock (1876-1946) δημοσιεύθηκε κατά πρώτον στα 1919, προσπαθώντας να δώσει μία μέθοδο ονοματολογίας δυαδικών ενώσεων διαφορετικών στοιχείων. Στα 1924 υιοθετήθηκε η μέθοδος από τη Γερμανική επιτροπή και αναγνωρίστηκε με την ονομασία ως *σύστημα Stock*. Γρήγορα με μικρές τροποποιήσεις, όπως η αντικατάσταση στα 1934 των αραβικών αριθμών από Ρωμαϊκούς αριθμούς, καθιερώθηκε από την IUPAC. Η τροποποίηση φαίνεται από το παρακάτω παράδειγμα: σύμφωνα με τις αρχικές ιδέες του Stock ο FeCl_2 ονομάζεται σίδηρος(2)-χλωρίδιο, [iron(2)-chloride] μετατράπηκε σε σίδηρο(II) χλωρίδιο, [iron(II) chloride]. Διαγράφηκε η παύλα, στη θέση της οποίας τέθηκε ένα διάστημα.



Alfred Eduard Stock

Γεννήθηκε στο Danzing (Gdansk) της Γερμανίας το 1876 και πέθανε στο Aken κοντά στο Dessau στη Γερμανία το 1946. Ο Stock σπούδασε κάτω από την επίβλεψη του Emil Fischer και του Henry Moissan. Στα 1906 έγινε καθηγητής στο Βερολίνο και στα 1907 στο Breslau (Wroslaw). Αργότερα στα 1916 επέστρεψε στο Βερολίνο και από το 1921 έγινε διευθυντής στο Max-Planck Institute (KWI) στον τομέα της Χημείας. Το 1926 μετακινήθηκε στην Karlsruhe, όπου δίδαξε στο εκεί Πανεπιστήμιο.

Οι πρώτες εργασίες ήταν σε ενώσεις του υδρογόνου με το φωσφόρο, αρσενικό και αντιμόνιο. Αργότερα όμως άρχισε να σχολείται με υδρίτες πυριτίου και βορίου. Εισηγήθηκε νέες συσκευές και μεθόδους στην ανόργανη χημεία, καθώς και προτάσεις ονοματολογίας ανοργάνων ενώσεων.

Ο αριθμός οξειδωσης πριν την καθιέρωσή του από τον Latimer.

Μία πρόδρομη μέθοδος, που μοιάζει με τη σημερινή του αριθμού οξειδωσης (ΑΟ), εισήχθη από τον O.C. Johnson στα 1880. Ήταν μία προσπάθεια ανάπτυξης της άποψης ότι το φαινόμενο της οξειδωσης και της αναγωγής μπορεί να παρασταθεί από τις μεταβολές του σθένους (valency). Η θεμελιώδης σύλληψη της ιδέας αυτής στηρίχθηκε στην οξειδωτική κατάσταση των στοιχείων σε μια σειρά από συγκεκριμένες χημικές τους ενώσεις. Προηγουμένως είχε πλέον διαπιστωθεί ότι το σθένος των διαφόρων στοιχείων δεν είναι σταθερό και ότι ορισμένα στοιχεία εμφανίζουν διαφορετικά σθένη σε χημικές ενώσεις τους, όπως ο σίδηρος στα οξ(ε)ίδιά του. Ο Johnson εκφράστηκε γι' αυτό με τον όρο **θετικοί ή αρνητικοί δεσμοί** (*positive or negative bonds*). Πολλοί τότε συγγραφείς χρησιμοποίησαν παρεμφερείς όρους, όπως:

- *σθένος* (valency/e)
- *φορτία σθένους* (changes of valence)
- *αριθμός σθένους* (valence number)
- *αριθμός οξ(ε)ίδωσης* (oxidation number).

Ο συγγραφέας αναλυτικών χημειών Vogel (411), από όπου και αντλούνται αυτές οι πληροφορίες, χρησιμοποιεί τον αριθμό οξείδωσης ως τον όρο που θα προξενούσε τη μικρότερη σύγχυση. Ο αριθμός οξείδωσης, σημειώνει ο Vogel, εκφράζει μία ποσότητα, η οποία δεν προσδιορίζεται από την αναφορά κάποιας θεωρίας μοριακής ή ατομικής δομής, και πρέπει αυτή να την εκτιμήσουμε ως μία μαθηματική οντότητα, που συμπαιρεύουμε από μία επαλήθευση των αρχικών και τελικών προϊόντων σε κάποια χημική αντίδραση. Ο ΑΟ ενός στοιχείου είναι ένας συμβατικός αριθμός, που εφαρμόζεται στο στοιχείο μιας συγκεκριμένης ένωσης, ιχνηθετώντας την ποσότητα οξείδωσης ή αναγωγής, η οποία απαιτείται για να μεταφερθεί ένα άτομο του εν λόγω στοιχείου από την ελεύθερη κατάσταση του σε αυτήν της ένωσης. Αν το φαινόμενο της μεταβολής είναι οξείδωση, τότε ο ΑΟ είναι θετικός και αν είναι αναγωγή, ο ΑΟ είναι αρνητικός.

Στο σύστημα STOCK ο αριθμός οξείδωσης ενός στοιχείου υποδεικνύεται με ένα ρωμαϊκό αριθμό, που τοποθετείται αμέσως μετά το όνομα του στοιχείου στο οποίον αναφέρεται (και τροποποιείται αυτός αν κριθεί αναγκαίο με την κατάλληλη κατάληξη). Ο αριθμός οξείδωσης μπορεί να γίνει *θετικός, αρνητικός ή μηδέν*. Το μηδέν δεν είναι ρωμαϊκός αριθμός, όμως χρησιμοποιείται και παρίσταται με το σύμβολό του, δηλαδή ένα συνηθισμένο μηδενικό, 0. Το θετικό πρόσημο δεν χρησιμοποιείται ποτέ. Ένας αριθμός οξείδωσης είναι πάντοτε θετικός, εκτός αν χρησιμοποιείται σαφώς το αρνητικό πρόσημο. Σημειώνεται ότι δεν μπορεί να γίνει μη ακέραιος. Μη ακέραιοι αριθμοί πρέπει να φαίνονται κατάλληλοι σε μερικές περιπτώσεις, όπου ένα φορτίο απλώνεται πάνω από περισσότερα του ενός άτομων, αλλά μια τέτοια χρήση δεν ενθαρρύνεται (193, σελ. 65-66). Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά παραδείγματα με τις ονοματολογίες κατά STOCK.

CO	carbon(II) oxide	άνθρακας(II) οξ(ε)ίδιο
UO ₂ ²⁺	uranyl(VI)	ουρανύλιο(VI)
PCl ₅	phosphorus(V) chloride	φωσφόρος(V) χλωρίδιο
PO ₄ ³⁻	phosphate(V)	φωσφορικό(V)
Na ⁻	natride(-I)	νατρίδιο(-I) *
[Fe(CO) ₅]	pentacarbonyliron(0)	πεντακαρβονύλοσίδηρος(0)

(Σημειώνουμε ότι αν τα γράμματα είναι μεγέθους 12, οι ρωμαϊκοί αριθμοί και οι παρενθέσεις είναι μεγέθους 10).

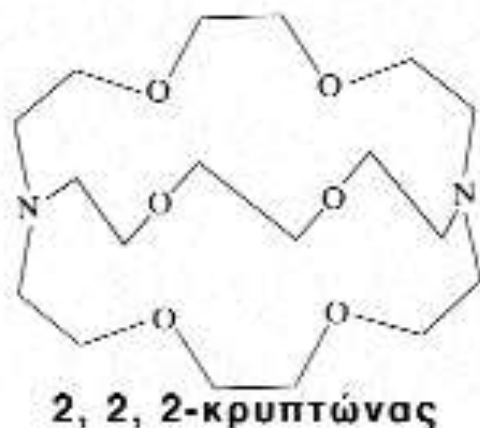
Περί του νατρίδιου (-I)

Το ανιόν νατρίου (Na⁻) σχηματίζεται με πλήρωση του 3s τροχιακού ([Ne] 3s²). Το ανιόν Na⁻ πρωτοανιχνεύτηκε σε σύμπλοκα *κρυπτόνες ή κρυπτίδια* (cryptands ή cryptates) ή *στέμματα* του τύπου NaL⁺Na⁻. Τα *στέμματα* (ή *κορώνες*, crown) είναι μακροκυκλικά μόρια αιθέρων, που δρουν ως σύνδεσμοι (ή συναρμοστές, ligands), παγιδεύοντας σε κοιλότητες, οι οποίες μοιάζουν με κλουβιά, κατιόντα αλκαλίων. Αυτοί οι μακροκυκλικοί αιθέρες, παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα προς τους πορφυρινικούς δακτυλίους της αιμογλοβίνης ή άλλων σπουδαίων βιολογικών συστημάτων και διαθέτουν περισσότερα του ενός κέντρα συναρμογής (ή σύνδεσης), που οφείλονται σε άτομα O, N, S ή P. Τα στέμματα διαθέτουν οπή, η οποία μπορεί να ταιριάζει στο μέγεθος ενός κατιόντος, ακόμα και αυτών των αλκαλίων (1η ομάδα του ΠΠ), αν αυτά έχουν “σχεδιαστεί” καταλλήλως, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του κατιόντος του μετάλλου που θα εγκλωβίσουν, παράγοντας ένα ιόν

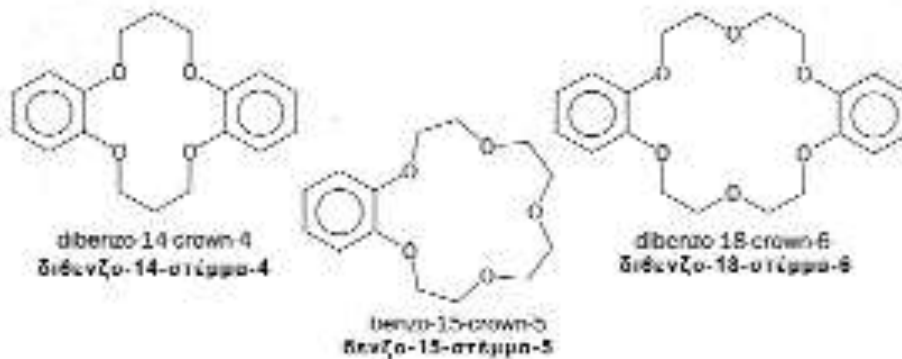
σύνταξης. Η μεταβλητή οπή που μπορεί να έχουν, είναι ικανή να εγκλωβίσει και μέταλλα, και αυτό είναι το εντυπωσιακό, όπως τα αλκάλια Na ή K, σχηματίζοντας σύμπλοκα. Υπάρχει η δυνατότητα να παρασκευάσουμε στέμματα επιθυμητών προς εμάς μεγέθους πλευράς της οπής τους, ώστε να ταιριάζει ακόμα και το Li^+ .

Εδώ πρέπει να αναφερθούμε στην ονοματολογία των στεμμάτων και στους κωδικούς αριθμούς που υπεισέρχονται στην ονομασία τους. Ένας μονοκυκλικός αιθέρας στέμμα είναι ο διβένζο- $\{18\}$ -στέμμα-6, με 6 άτομα οξυγόνου δυνατά να δράσουν ως κέντρα σύνταξης (συναρμογής). Το 18 υποδηλώνει τα άτομα του άνθρακα της ένωσης αυτής. Το στέμμα αυτό μπορεί να «κρύψει» στην οπή του πλευράς 310 pm, το K^+ διαμέτρου περίπου 305 pm.

Η επέκταση των στεμμάτων διαμορφώνει μία ολόκληρη κατηγορία ενώσεων που ονομάζονται κρυπ(ψ)ώνες ή κρυπτίδια, από την ελληνική λέξη «κρύβομαι» (hidden στα αγγλικά). Ένας κρυπτόνας που έχει παρασκευαστεί, για να υποδεχθεί στην τριδιάστατη οπή του κατιόντα νατρίου, είναι ο παρακάτω:



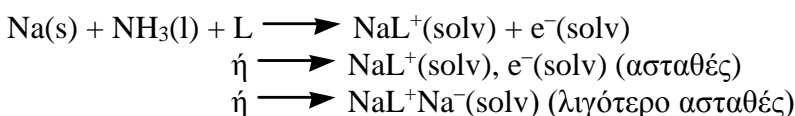
Ο κρυπτόνας αυτός είναι τριδιάστατος, έχει σχήμα κλωβού και χωρητικότητα υποδοχής ακριβώς του κατιόντος νατρίου, το οποίο προσδέεται συμπλοκοειδώς. Η μεγάλη έκπληξη, που δημιούργησε ο κρυπτόνας $[(2,2,2\text{-crypt})\text{Na}^+]$ στην ερευνητική κοινότητα των χημικών, είναι ότι, σταθεροποιεί το σχηματισμό λαμπερών κρυστάλλων χρυσού, οι οποίοι περιέχουν το ανιόν Na^- . Η παρουσία του ανιόντος νατρίου επιβεβαιώθηκε με περίθλαση ακτίνων X και φασματοσκοπία $^{23}\text{Na-NMR}$ (189). Φυσικά δεν είναι ο μόνος κρυπτόνας ή στέμμα, που στην οπή του μπορεί να εγκλωβίσει κατιόντα νατρίου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αλκάλια με ποια από τα τρία στέμματα της εικόνας σχηματίζουν σύμπλοκες ενώσεις.



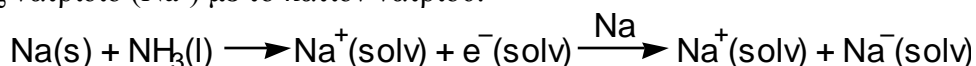
Σύγκριση ιον(τ)ικών διαμέτρων και “πλευρά οπής”

Κατιόντα	Ιον(τ)ική διάμετρος/pm	Πολυαιθερικός δακτύλιος	Πλευρά οπής/pm
Li ⁺	152	14-στέμμα-4	120-150
Na ⁺	204	15-στέμμα-5	170-220
K ⁺	276	18-στέμμα-6	260-320
Rb ⁺	304	21-στέμμα-7	340-430
Cs ⁺	334	—	—

Τα στάδια σχηματισμού του ανιόντος νατρίου με σχηματισμό συμπλόκου του κατιόντος του με κάποιο στέμμα ως εξής:



Τέτοιου είδους ανιόντα σχηματίζονται επίσης, όταν έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου σε υγρή αμμωνία, Na⁻(NH₃)_x. Στην αρχή, το νάτριο διαλυόμενο στην αμμωνία σχηματίζει Na⁺(NH₃)_x και στη συνέχεια e⁻(NH₃)_x (χρώματος μπλε, **176**). Στη συνέχεια σχηματίζεται το ασταθές νατρίδιο (Na⁻) με το κατιόν νατρίου.



Το σύστημα Stock και τα διδακτικά βιβλία

Ο συμβολισμός STOCK του αριθμού οξειδωσης δεν διδάσκεται στη χημεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα (βλέπε και τις τέσσερις χημείες της Α΄ Λυκείου, σύμφωνα με το θεσμό του πολλαπλού βιβλίου κατά το σχολικό έτος 2000-2001). Αντί αυτού, χρησιμοποιείται μία ονοματολογία και ένας συμβολισμός ορισμένων ανοργάνων ενώσεων, που αποτελεί όμως μία μικρή προσέγγιση στα διεθνή καθιερωμένα με πολλά παραλειπόμενα, ατέλειες και συγχύσεις. Και όλα αυτά χωρίς εξηγήσεις, χωρίς αναφορά στο σύστημα Stock (σύστημα IUPAC, CAS κτλ.) και κυριότερα χωρίς διευκρινήσεις. Αν κάποιος διαβάσει από όλα τα επίσημα διδακτικά βιβλία της χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, θα διαπιστώσει μία μικρή σύγχυση μεταξύ του αριθμού φορτίου και του αριθμού οξειδωσης. Την ίδια σύγχυση παρατηρούμε και σε ξενόγλωσσα διδακτικά εγχειρίδια. Συγχέουν τον **αριθμό φορτίου** και τον **αριθμό οξειδωσης** (ΑΟ). Το δεύτερο αποδίδουν με τον πρώτο και ως δια μαγείας εμφανίζεται στην ονομασία ο δεύτερος (δηλαδή ο ΑΟ), χωρίς πολλές διευκρινήσεις, γιατί απλώς δεν αναγνωρίζεται η διαφορά, η οποία φυσικά είναι ανεπαίσθητη. Στον πίνακα που ακολουθεί, έχουν επιλεγεί από ένα-δύο παραδείγματα χημικών ενώσεων από δέκα διδακτικά βιβλία χημείας με τις αντίστοιχες ονομασίες τους, όπως αποδίδονται σε αυτά, αντιπαραθέτοντας την ονομασία της IUPAC, με δύο διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς στην ελληνική γλώσσα. Η μεταφορά με έντονα γράμματα είναι αυτή, που συγκλίνει με την ονομασία της IUPAC, η οποία γίνεται και πιο κατανοητή για έναν μαθητή, αφού ονοματίζει πρώτα το θετικό τμήμα της ένωσης, γιατί αρχικά αυτό βλέπει και κατόπιν το αρνητικό.

Ιστορικά η ονοματολογία αυτή δεν είναι νέα για τα ελληνικά δεδομένα, αλλά απαντάται σε ίχνη στους πίνακες του ογκώδους έργου του καθηγητή της Αναλυτικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας Τηλέμαχο Κομνηνό «ΦΑΡΜΑΚΟΓΡΑΦΙΑ», ΧΗΜΙΚΑ

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΦΑΡΜΑΚΑ, έκδοσης 1908 (191), ο οποίος χρησιμοποιεί και τις δύο ονομασίες. Διαβάζουμε εκεί το NaJ ως νάτριον ιωδιούχον, το NH₄J αμμώνιον ιωδιούχον, το HgJ₂ υδράργυρος διιωδιούχος, το Na₂SO₄ νάτριον θεικόν, το KNO₃ κάλιον νιτρικόν (ή νίτρον), το AgNO₃ και το CaCO₃ ασβέστιον ανθρακικόν. Το ιώδιο γραφόταν τότε με J και όχι I. Η ρίζα των αλογονιδίων με κατάληξη -ούχο και όχι με -ίδιο είναι μία δεύτερη παρατήρηση που πρέπει να γίνει και η οποία αργότερα στο βιβλίο του καθηγητή του ΕΜΠ Βαρούνη, «ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΕΙΑ», έκδοση 1944, έχει αντικατασταθεί. Διαβάζουμε για τα υδροπολυθειίδια, τα θειίδια των ελαφρών μετάλλων, τα χλωρίδια, το τετραχλωρίδιο του σεληνίου, τα βρωμίδια και τα οξειδία. Σήμερα την ένωση CH₃MgCl (αντιδραστήριο Grignard) τη διαβάζουμε μεθυλ(ο)μαγνησιοιωδίδιο.

Διδακτικό εγχειρίδιο Α' Λυκείου εκδ. 2000. Συγγραφείς	Χημικός τύπος	Ονομασία βιβλίου	Ονομασία IUPAC	Μεταφορά της ονομασίας IUPAC στην ελλην. γλώσσα
Λιοδάκης, Γάκης, Θεοδωρόπουλοι, Κάλλης*	Fe ₂ O ₃	οξείδιο σιδήρου (III) το μειονέκτημα είναι στο διάστημα	iron oxide(III)	οξείδιο σιδήρου(III) ή σίδηρος(III) οξ(ε)ίδιο
Μανουσάκης, Κεφαλλονίτης, Χρηστίδης	Fe ₂ (SO ₄) ₃	θεικός σίδηρος(III)	iron(III) sulfate	θεικός σίδηρος(III) ή σίδηρος(III) θεικός
Τσίπης, Βάρβογλης, Γιούρη, Δερπάνης, Παλαμιτζόγλου, Παπαγεωργίου	Fe ₂ (SO ₄) ₃	θεικός σίδηρος (III) το μειονέκτημα είναι στο διάστημα	iron(III) sulfate	θεικός σίδηρος(III) ή σίδηρος(III) θεικός
Μαυρόπουλος, Καπετάνου (1998)	MnO ₂	μαγγάνιο(IV) οξείδιο πιο συμβατή με αυτήν της IUPAC.	manganese(IV) oxide	οξ(ε)ίδιο μαγγανίου(IV) ή μαγγάνιο(IV) οξείδιο
Μπάσιος, Κούρτης (1999, TEE)	PbO ₂	οξείδιο του μολύβδου (IV) μειονεκτήματα το άρθρο και το διάστημα	lead(IV) oxide	οξ(ε)ίδιο μολύβδου(IV) ή μόλυβδος(IV) οξείδιο

Τα συμπεράσματα αν ανατρέξει κανείς σε όλα αυτά τα βιβλία (522, 523, 524, 195, 540) είναι ότι ο αριθμός φορτίου συγγέεται με τον αριθμό οξείδωσης, δεν δίνονται οι ονομασίες των ενώσεων με βάση τον αριθμό φορτίου και ανακατεύουν και άλλες αποδεκτές από την IUPAC ονομασίες στη συστηματική ονοματολογία με βάση τα συστήματα Stock και Ewens-Basset.

Οι κανόνες που στηρίζουν αυτό το σύστημα και οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα στην ονοματολογία των ενώσεων της ανόργανης χημείας σχεδόν από όλες τις σύγχρονες εκπαιδευτικές χημείες της Ευρώπης, Αυστραλίας και Αμερικής, αποτελούν ταυτόχρονα και έναν τρόπο απεικόνισης των οξειδωτικών καταστάσεων ενός στοιχείου, όπως αναφέρεται στην περίπτωση του ιωδίου στο παρακάτω παράδειγμα.

		Πρότυπα δυναμικά αναγωγής E^*/V			
Οξειδωτικές καταστάσεις ιωδίου	VII	V	I	0	-I
Όξινο διάλυμα	H_5IO_6	IO_3^-	HIO ICl_2	I_2	I^-
	1.60	1.20	1.14	1.44	0.535
		1.21	1.07		
Αλκαλικό διάλυμα	$H_3IO_6^{2-}$	IO_3^-	IO^-	I_2	I^-
	0.62	0.78	0.42	0.225	
			0.48		

Βλέπουμε τις οξειδωτικές καταστάσεις (σελ. 92, **159**) του ιωδίου σε όξινα και σε αλκαλικά διαλύματα με τα αντίστοιχα πρότυπα δυναμικά αναγωγής. Τα πρότυπα δυναμικά αναγωγής χρησιμεύουν, για να αντιληφθούμε την ευκολία ή δυσκολία μετάβασης από τη μια οξειδωτική κατάσταση στην άλλη.

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε τις οξειδωτικές καταστάσεις του ιωδίου και σε ποια μόρια ή ιόντα εμφανίζεται η κάθε μία.

Οξειδωτικές καταστάσεις (oxidation states) ιωδίου

I^{-I}	$I(aq), HI, KI$, κτλ.
I^0	I_2, I_3^-, I_5^- , κτλ.
I^I	I_n^+, ICl_2^- , κτλ.
I^{III}	$I_4O_9 \{ =I^{3+}(IO_3^-)_3 \}$ ICl_3
I^V	$I_2O_5, HIO_3, IO_3^-(aq)$ IF_5, IF_6^-
I^{VII}	$H_5IO_6, H_4IO_6^-(aq)$ κτλ. $HIO_4, IO_4^-(aq), IF_7$

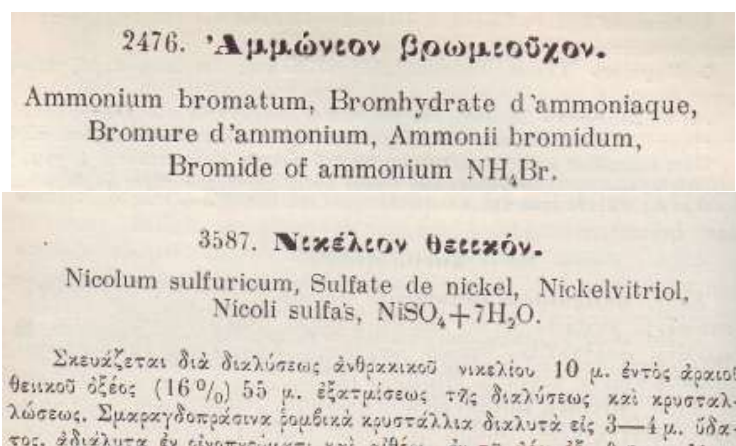
Υπάρχουν πολλές συμβάσεις, που έχουν προταθεί στην αναγραφή των αριθμών οξείδωσης, ιδιαίτερα εκείνων που χρησιμοποιούνται από κοινού σε ενώσεις των μεταβατικών στοιχείων (ή στοιχείων μετάπτωσης). Το υδρογόνο θεωρείται θετικό (αριθμός οξείδωσης I), όταν συνδυάζεται με αμέταλλα στοιχεία (ή μη μεταλλικά, non-metallic) και αρνητικό (αριθμός οξείδωσης -I) όταν συνδυάζεται με μεταλλικά στοιχεία. Οι οργανικές ρίζες, όταν συνδυάζονται με άτομα μετάλλων, συμπεριφέρονται ως ανιόντα. Για παράδειγμα, ένα μεθύλιο συναρμοστής (ligand) θεωρείται ως ένα ιόν μεθανιδίου (methanide), CH_3^- και μία ομάδα νιτροσουλίου (NO) θεωρείται πάντοτε ως ουδέτερη. Δεσμοί μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου δεν συνεισφέρουν στον αριθμό οξείδωσης.

Παραδείγματα:

Ενώσεις	Ονομασία IUPAC	Ελληνική προτεινόμενη
N_2O	nitrogen(I) oxide	άζωτο(I) οξείδιο
NO_2	nitrogen(IV) oxide	άζωτο(IV) οξείδιο
Fe_3O_4	iron(II) diiron(III) oxide	σίδηρος(II) δισίδηρος(III) οξείδιο

MnO ₂	manganese(IV) oxide	μαγγάνιο(IV) οξ(ε)ίδιο
FeSO ₄	iron(II) sulfate	σίδηρος(II) θεικός
Fe ₂ (SO ₄) ₃	iron(III) sulfate	σίδηρος(III) θεικός
SF ₆	sulfur(VI) fluoride	θείο(VI) φθορίδιο
Hg ₂ Cl ₂	dimercury(I) chloride	διυδράργυρος(I) χλωρίδιο
K ₄ [Fe(CN) ₆]	potassium hexacyanoferrate(II)	κάλιο εξακυανοσιδηρικό(II)
Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃	iron(III) hexacyanoferrate(II)	σίδηρος(III) εξακυανοσιδηρικό(II)
K ₄ [Ni(CN) ₄]	potassium tetracyanonichelate(0)	κάλιο τετρακυανονικελικό(0)
Na ₂ [Fe(CO) ₄]	sodium tetracarbonylferrate(-II)	νάτριο τετρακαρβονυλ(ο)σιδηρικό(-II)
[Co(NH ₃) ₆]ClSO ₄	hexaamminecobalt(III) chloride sulfate	εξααμμινοκοβάλτιο(III) χλωρίδιο θεικό

Από τη ΦΑΡΜΑΚΟΓΡΑΦΙΑ των Αναστασίου Δαμβέργη και Τηλέμαχου Κομνηνού, τα ΧΗΜΙΚΑ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΦΑΡΜΑΚΑ, έκδοσης 1908, μερικές μονογραφίες ανοργάνων ενώσεων με την ονοματολογία ίδια ή συμβαδίζουσα με αυτή της IUPAC. Στο κείμενο χρησιμοποιεί την τρέχουσα ονοματολογία. Ακολουθεί το εξώφυλλο της.



3588. **Μαγγάνιον θεικόν.**

Manganesium sulphuricum, Manganum sulfuricum, Vitriolus manganosus, Sulfate de manganése, Sulfate manganoux, Manganous sulphate, Manganvitriol, $MnSO_4 + 4H_2O$.

Παράσκευή. Παράγεται τὸ θεικόν μαγγάνιον δι' ἀποσυνθέσεως τοῦ θεικοῦ ὑποξειδίου τοῦ σιδήρου ὑπὸ διοξειδίου τοῦ μαγγανίου. Πρὸς τοῦτο μίγνυνται 200 γρμ. κόνεως θεικοῦ σιδήρου κρυσταλλικοῦ μετὰ 200 γρμ. διοξειδίου τοῦ μαγγανίου ἐν κωνίᾳ καὶ μαννόροισας.

2551. **Κάλιον ἰωδοῦχον.**

Kalium iodatum, Kalium hydrojodicum, Jodure de potassium, Jodide of potassium K.J.

Κατὰ τὸ ἔτος 1811 ἀνευρέθη καὶ κατὰ τὸ ἔτος 1820 ὑπὸ τοῦ ἱεροῦ Coindet εἰσῆχθη ἐν τῇ θεραπευτικῇ. Πικρασκευάζεται διὰ διαλύ-

4675. **Κάλιον ὑπερμαγγανικόν.**

Kalium hypermanganicum s. permanganicum s. supermanganicum, s. oxymanganicum, Permanganate de potasse, Cameleon violet, Permanganate of potash, $KMnO_4$.

Παράσκευή. Παράγεται τὸ ὑπερμαγγανικόν κάλιον δι' ἐρυθροπυρρῶσεως μίγματος 35 μ. χλωρικοῦ καλίου 40 μ. διοξειδίου τοῦ μαγγανίου καὶ 50 μ. καυστικοῦ κάλιως. Κονιοποιεῖται κατ' ἀρχὰς τὸ διοξείδιον τοῦ μαγγανίου, εἶτα κατ' ἴδιον τὸ χλωρικόν κάλιον καὶ μίγνυνται ταῦτα. Κατόπιν διαλύονται ἐν κωνίᾳ καὶ μαννόροισας.

4441. **Νάτριον δισανθρακικόν.**

Natrium bicarbonicum, Natrium carbonicum acidulum, Natrium hydrocarbonicum, Carbonate acide de sodium, Bicarbonate de soude, Sel de Vichy, Sodii bicarbonas, Bicarbonate of sodium, Ὄξινον ἀνθρακικόν νάτριον, $NaHCO_3$.

Παράσκευή. Παράγεται τὸ δισανθρακικόν νάτριον κορεννοσμένον διὰ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος διῶργανθέντων κρυστάλλων τοῦ οὐδέτερου ἀνθρακικοῦ νατρίου. Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται δοχείον ὑέλινον ὑψηλόν καὶ εὐρύ (σχ. 26), ἐνέχον εἰς τὸ κατώτερον αὐτοῦ μέρος διάτρητον διάφραγμα ὀλίγον ἀπέχον τοῦ πυθμένος. Τὸ δοχεῖον τοῦτο φέρει στόμιν τὸ μὲν ἐν πλάτῃ τοῦ διαφράγματος καὶ δι' ἑξῆς ἀνοίξιον ἔχει ἐν τῇ κορυφῇ.

4190. Ἀσβέστιον ὑποφωσφορώδες.

Calcium hypophosphorosum, Calcium subphosphorosum, Calci hypophosphis, Hypophosphite de calcium, Hypophosphite da chaux, $\text{Ca}(\text{PO}_2\text{H}_2)_2$.

Παρασκευή. Παράγεται τὸ ἄλας διὰ βρασμοῦ ασβεστίου γάλακτος μετὰ φωσφόρου. Τὸ ἐξατμιζόμενον ὕδωρ ἀντικαθίσταται ὁ δὲ βρασμός καταπαύει ἕκαστος ὁ ληφθεὶς φωσφόρος διαλυθῆ. Ἀφίεται νὰ ψυχθῆ τὸ ὑγρὸν, εἶτα διηθεῖται καὶ διοχετεύεται ἐν αὐτῷ ῥεῦμα ἀνθρακικοῦ ὀξέος πρὸς καθίζησιν τῆς πλεοναζούσης ασβέστου, διηθεῖται τὸ μίγμα ἐκ νέου καὶ συμπυκνοῦται ἐν θερμ. 60° , εἶτα δ' ἀφίεται πρὸς κρυστάλλωσιν.

Ἰδιότητες. Τὸ ὑποφωσφορώδες ασβέστιον κρυσταλλοῦται εἰς πρίσματα στιλπνὰ καὶ εὐκαμπτα, εἶνε ἀναλλοίωτον ἐν τῷ ἀέρι, διαλυτὸν ἐν ὕδατι, ἀδιάλυτον ἐν τῷ οἰνοπνεύματι· διὰ θερμάνσεως αἱ κρύσταλλοι αὐτοῦ κατακεραματίζονται καὶ διαχέουσι φωσφορῶδες ὑδρογόνον.

Χοῆσις. Ἀνεγράφη κατὰ τῆς φθίσεως, χλορώσεως, χοιράδων, καχεξίας καὶ βραχίτιδος τῶν παιδῶν· χορηγεῖται εἰς ἐνήλικας 0,25 — 1,0 δι' ἡμέρας, εἰς παιδία 0,01—0,20 δι' ἡμέρας. Ἐν Ἀμερικῇ καὶ Ἀγγλίᾳ ἀναγράφεται συνήθως εἰς δόσιν 0,2 — 0,5 τρίς ἢ τετράκις τῆς

4191. Σίδηρος ὑποφωσφορώδης.

Ferrum hypophosphorosum, Hypophosphite de fer, $\text{Fe}(\text{PO}_2\text{H}_2)_2$.

Παρασκευή. Παράγεται ὁ ὑποφωσφορώδης σίδηρος διαλυομένων ῥινημάτων τοῦ σιδήρου ἐντὸς τοῦ φωσφορώδους ὀξέος. Ἡ πρὸς κρυστάλλωσιν συμπύκνωσις τοῦ ὕδατος τελεῖται ἐν τῷ κενῷ.

Ἰδιότητες. Ὁ ὑποφωσφορώδης σίδηρος εἶνε κρυσταλλικός, ὑπο-

197

ΦΑΡΜΑΚΟΓΡΑΦΙΑ

ΧΗΜΙΚΑ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΦΑΡΜΑΚΑ

ΥΠΟ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ. ΔΑΜΒΕΡΓΗ

*Καθηγητὸς ἐν τῷ Ἐθνικῷ Πανεπιστημίῳ, Μέλος τοῦ Ἱατροσοιηθρίου
καὶ Διευθυντὸς τοῦ Φαρμακευτικοῦ Χημείου.*

ΚΑΙ

ΤΗΛΕΜΑΧΟΥ ΚΟΜΝΗΝΟΥ

*Ἐπιμελητὸς ἐν τῷ Ἐθνικῷ Πανεπιστημίῳ καὶ Ἐπιμελητὸς
τοῦ Φαρμακευτικοῦ Λημείου.*

«Ἄγει θεσιῶν οὐδὲν ἀγὰρ καταρθεῖται.»



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΕΚ ΤΟΥ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑ ΛΕΩΝΗ

16 — Ὀδὸς Περικλέους — 16

1908

4.4 Ο αριθμός φορτίου (charge number) κατά Ewens-Basset

Μία απεικόνιση του αριθμού οξείδωσης μετονομάστηκε σε **αριθμό φορτίου (193)** από την IUPAC ή σε **αριθμούς Ewens - Basset (219)** όπως τους αναφέρει η ACS (American Chemical Society, 1990). Ο αριθμός φορτίου αποδίδεται κακώς σήμερα από την πλειονότητα των χημικών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και από όλους τους χημικούς της δευτεροβάθμιας ως αριθμός οξείδωσης. Η IUPAC με τα χρωματιστά της βιβλία τον εκφέρει ως *αριθμό φορτίου* και είναι ένας αριθμός, που σημειώνεται εντός παρενθέσεων στην ονομασία ενός ιόντος, το οποίο βρίσκεται εκτός παρένθεσης. Με το σύστημα αυτό απεικονίζεται μόνον το φορτίο ενός ιόντος, κατιόντος ή ανιόντος ακόμα και στην περίπτωση που αυτό είναι σύμπλοκο. Το σύστημα αυτό έχει μεγαλύτερη χρήση για ενώσεις στοιχείων, στις οποίες αυτά παρουσιάζουν διαφορετικές οξειδωτικές καταστάσεις.

Ο συμβολισμός των EWENS-BASSET διδάσκεται με πολλά λάθη και ανακρίβειες κατά τη χρήση του, αφού εμπλέκεται με αυτόν του Stock. Η ταχύτατη εξέλιξη της χημείας, τόσο ως εποικοδόμημα (δηλαδή στη διδακτική της χημείας), όσο και ως βασική ή εφαρμοσμένη επιστήμη, στηρίχθηκε στη σημειολογία της και την καθιέρωση της τελευταίας σε διεθνές επίπεδο. Η «γλώσσα» της μπορεί να είναι εκτεταμένη, αλλά οριοθετείται αυστηρά, για να μπορεί να γίνεται ακριβής. Όσοι όροι δεν έχουν προσδιοριστεί επακριβώς, αυτοί χρησιμοποιούνται πλέον λίγο και με το χρόνο χάνονται, κοσμώντας κάποιες σελίδες της πλούσιας ιστορίας της επιστήμης αυτής.

Παραδείγματα ονομασίας ενώσεων θεμελιωμένης με τον αριθμό φορτίου:

Ενώσεις	Ονομασία IUPAC	Ελληνική προτεινόμενη
NaTl(NO ₃) ₂	sodium thalium(1+) nitrate	νάτριο θάλιο(1+) νιτρικό
FeSO ₄	iron(2+) sulfate	σίδηρος(2+) θεικός
Fe ₂ (SO ₄) ₃	iron(3+) sulfate	σίδηρος(3+) θεικός
K ₄ [Fe(CN) ₆]	potassium hexacyanoferrate(4-)	κάλιο εξακυανοσιδηρικό(4-)
Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃	iron(3+) hexacyanoferrate(4-)	σίδηρος(3+) εξακυανοσιδηρικό(4-)
K ₄ [Ni(CN) ₄]	potassium tetracyanonichelate(4-)	κάλιο τετρακυανονικελικό(4-)
Na ₂ [Fe(CO) ₄]	sodium tetracarbonylferrate(2-)	νάτριο τετρακαρβονυλ(ο)σιδηρικό(2-)
[Co(NH ₃) ₆]ClSO ₄	hexaamminecobalt(3+) chloride sulfate	εξααμμινοκοβάλτιο(3+) χλωρίδιο θεικό
NaTl(NO ₃) ₂	sodium thallium(1+) nitrate	Νάτριο θάλλιο(1+) νιτρικό

Ο *αριθμός φορτίου* είναι η μετεξέλιξη του **αριθμού σθένους** (valence number), ο οποίος γραφόταν παλαιότερα ως εξής στα παρακάτω παραδείγματα (544):

- Για το κατιόν μαγνησίου, Mg⁺⁺ ο αριθμός σθένους είναι +2.
- Για το θεικό ανιόν, SO₄⁻ ο αριθμός σθένους είναι -2.

Και οι δύο συμβολισμοί της IUPAC μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση μιας ιοντικής ένωσης. Με το συμβολισμό STOCK εκφράζεται η οξειδωτική κατάσταση ενός ατόμου, η οποία παριστάνεται με λατινική αριθμηση ή το μηδέν. Με το συμβολισμό EWENS-BASSET, το φορτίο ενός ιόντος δείχνεται με αραβικό αριθμό, που ακολουθείται από το σημείο του στοιχειώδους φορτίου.

Στοιχεία σε ενώσεις ή ιόντα	κατά Ewens-Basset	κατά Stock
HCl	H ⁺ και Cl ⁻	H = I , Cl = -I
H ₂ O	2H ⁺ και O ²⁻	H = I , O = -II
CO ₂	C ⁴⁺ και O ²⁻	C = IV , O = -II
Hg	Hg	Hg = 0
S ₈ (μονοκλινές θείο)	S	S = 0
NH ₄ ⁺ (αμμώνιο)	N ₃ ⁻ και H ⁺	N = -III , H = I
FeCl ₂	Fe ²⁺ και Cl ⁻	Fe = II , Cl = -I
FeCl ₃	Fe ³⁺ και Cl ⁻	Fe = III , Cl = -I
MnO ₂	Mn ⁴⁺ και O ²⁻	Mn = IV , O = -II
MnO ₄ ⁻	Mn ⁷⁺ και O ²⁻	Mn = VII , O = -II

Το ιόν Fe³⁺ διαβάζεται σίδηρος με τρία θετικά φορτία και το O²⁻ οξυγόνο με δύο αρνητικά φορτία. Ο αριθμός οξείδωσης, όπως έχουμε γνωρίσει, βοηθάει στη συστηματική ονομασία (ονομασία IUPAC) των ανοργάνων χημικών ενώσεων. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα:

Ενώσεις και ιόντα	Ονομασία IUPAC
FeCl ₂	σίδηρος (II) χλωρίδιο
FeCl ₃	σίδηρος (III) χλωρίδιο
MnO ₂	μαγγάνιο (IV) οξείδιο
MnO	μαγγάνιο (II) οξείδιο
CuSO ₄	χαλκός (II) θεικός
Hg	υδράργυρος
Hg ₂ ²⁺	διυδράργυρος (2+) ή διυδράργυρος (I)
Hg ²⁺	υδράργυρος (2+) ή υδράργυρος (II)
H ₃ O ⁺	οξόνιο

Η πρώτη ένωση διαβάζεται ως **σίδηρος δύο χλωρίδιο**.

4.5 Το σημερινό περιεχόμενο της συγγένειας

Τα έγχρωμα βιβλία της IUPAC (κόκκινο, μωβ, πράσινο), περιγράφουν με ακρίβεια τα φυσικοχημικά μεγέθη, τα σύμβολά τους, τον ορισμό τους και πολλές υποδείξεις σημειογραφίας για την ορθή τους χρήση. Αυτά περιέχουν επίσης τους κανόνες ονοματολογίας των ενώσεων, τους όρους που χρησιμοποιεί η σύγχρονη χημεία και γενικά κάθε επίσημη άποψη. Τα βιβλία αυτά είναι οδηγός για κάθε νέο συγγραφέα και η μέγιστη προσφορά τους στην ελληνική γλώσσα θα είναι η συμπεφωνημένη μετάφραση των όρων, μετά από το φως μιας κριτικής επί του ελληνικού και αγγλικού κειμένου (η τελευταία είναι η επίσημη γλώσσα της IUPAC). Ένα από αυτά τα βιβλία είναι το πράσινο, (197), με τα Μεγέθη, Μονάδες και Σύμβολα στη Φυσική Χημεία. Σ' αυτό το υποχρεωτικό εγχειρίδιο για κάθε συγγραφέα βιβλίων χημείας, υπάρχει η αναφορά με τους ορισμούς της λέξης *συγγένεια* (affinity), ως *ηλεκτρονιακή συγγένεια* (electron affinity) και *συγγένεια αντίδρασης* (affinity of reaction). Ο όρος *ηλεκτρο-συγγένεια* (**electro-affinity**) εισήχθη από τον Bodlander (Z. anorg. Chem., **20**, 453, 1899), όταν τον υπέδειξε σε συζήτηση σχηματισμού συμπλόκων ιόντων σε διαλύματα ότι οφείλεται σε μεγάλο ή μικρό βαθμό στον ηλεκτροθετικό και ηλεκτραρνητικό χαρακτήρα των εμπλεκόμενων στοιχείων ή ριζών.

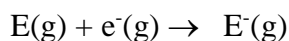
Όνομα	Σύμβολο	Ορισμός	SI μονάδες
electron affinity	E_{ea}		J
affinity of reaction	$A, (\mathcal{A})$	$A = -(\partial G / \partial \xi)_{p,T}$ $= -\sum_B \nu_B \mu_B$	$J \text{ mol}^{-1}$

Η αντίδραση, για την οποία αυτό το μέγεθος εφαρμόζεται, θα πρέπει να καθοριστεί. [197]

Η **συγγένεια** (affinity) συναντάται και στην ενζυματική κατάλυση στον τομέα της Βιοχημείας, μέτρο της οποίας είναι η σταθερά Michaelis – Menten, που έχει σύμβολο K_m και με μονάδες συγκέντρωσης του υποστρώματος.

4.5.1 Ηλεκτρονιακή συγγένεια

Όπως μπορούμε με κατάλληλα ποσά ενέργειας να αποσπάσουμε ηλεκτρόνια από το άτομο ενός στοιχείου σε θεμελιώδη αέρια κατάσταση, έτσι μπορούμε προσθέσουμε ηλεκτρόνια στα άτομα αέριου στοιχείου και να τα μετατρέψουμε σε ανιόντα. Με την προσθήκη αυτή αποδεσμεύεται συνήθως ενέργεια το ποσόν της οποίας ονομάζουμε **ηλεκτρονιακή συγγένεια** (E_{ea} , ea αρχικά του electron affinity = ηλεκτρονίου συγγένεια ή ηλεκτρονι(α)κή ή ηλεκτροσυγγένεια).



		Ομάδες						18	
		1	2	13	14	15	16	17	He -48
Περίοδοι	2	Li +60	Be -48	B +27	C +122	N -7	O +141 -844	F +328	Ne -116
	3	Na +53	Mg -39	Al +43	Si +134	P +72	S +200 -532	Cl +349	Ar -96
	4	K +48	Ca -29	Ga +29	Ge +116	As +78	Se +195	Br +325	Kr -96
	5	Rh +47	Sr -29	In +29	Sn +116	Sb +103	Te +190	I +295	Xe -77
	6	Cs +46	Ba -29	Tl +19	Pb +35	Bi +91	Po +174	At +270	Rn -68

οι τιμές είναι σε kJ/mol

Οπότε ορίζεται ότι: «ηλεκτρονιακή συγγένεια ενός ατόμου είναι το ποσό της ενέργειας, που αποδεσμεύεται ή δεσμεύεται, όταν ένα ηλεκτρόνιο προσληφθεί από το άτομο, το οποίο βρίσκεται στην αέρια και τη θεμελιώδη του κατάσταση». Όταν η τιμή της ηλεκτρονιακής συγγένειας είναι θετική σημαίνει αποδέσμευση (έκλυση) ενέργειας, και όταν είναι αρνητική, σημαίνει δέσμευση (απορρόφηση) ενέργειας από το άτομο του στοιχείου που μετατρέπεται σε ανιόν. [125, 230]

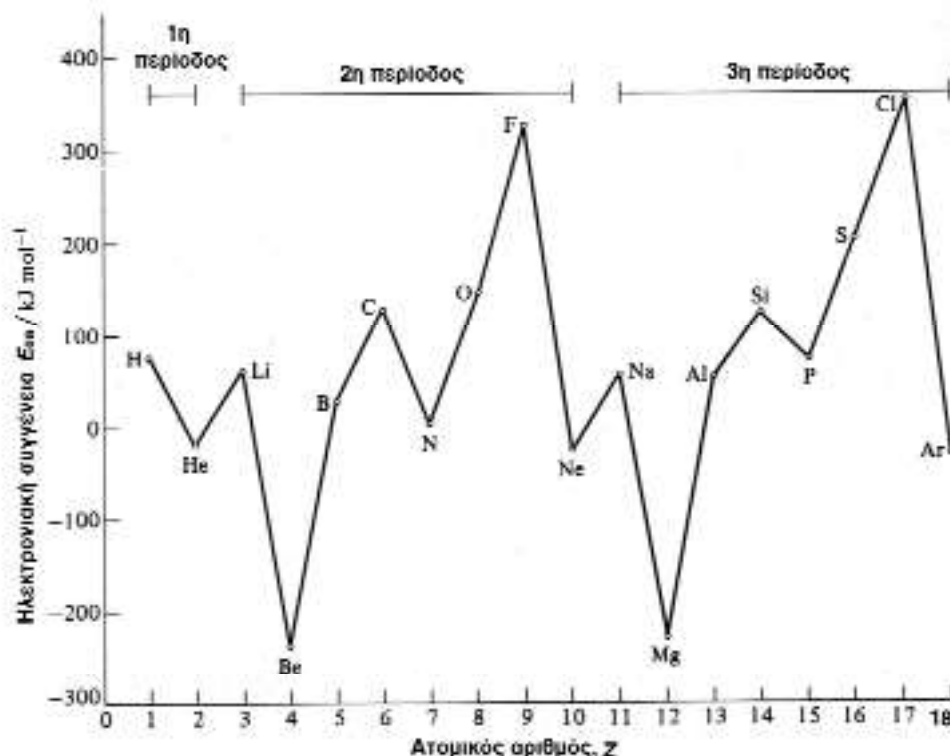
Το διπλό πρόσημο που παρατηρούμε στις τιμές της ηλεκτρονιακής συγγένειας μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής: Το ηλεκτρόνιο όπως προσεγγίζει το μεμονωμένο άτομο δέχεται δύο διαφορετικές επιδράσεις. Μία έλξη από το πυρηνικό φορτίο του ατόμου και μία άπωση από τα ηλεκτρόνια που το περιβάλλουν. Αν η έλξη είναι μεγαλύτερη από την άπωση, τότε αποδεσμεύεται ενέργεια με την πρόσληψη του ηλεκτρονίου. Αν η άπωση είναι μεγαλύτερη από την έλξη, τότε απαιτείται ένα ποσό ενέργειας για να προσληφθεί το ηλεκτρόνιο και να γίνει δυνατός ο σχηματισμός του ανιόντος $E^-(g)$. Μια πρώτη παρατήρηση, που έχουμε να κάνουμε, είναι ότι, όταν η ενέργεια του $E^-(g)$ είναι μικρότερη του $E(g)$, το ανιόν είναι σταθερότερο από πλευράς δομής από το άτομο.

Οι ηλεκτρονιακές συγγένειες είναι πολύ δύσκολο να μετρηθούν και οι ακριβείς τιμές τους δεν μας είναι γνωστές για όλα τα στοιχεία⁷⁵. Η ακρίβεια στις τιμές της ηλεκτρονιακής

⁷⁵ Παρατηρείται ότι σε πολλά βιβλία της ξενόγλωσσας βιβλιογραφίας, που διαθέτουν πίνακες με τιμές της ηλεκτρονιακής συγγένειας, οι τιμές, που αναγράφονται, είναι διαφορετικές εκείνων του παρόντος πίνακα, με αποκλίσεις όμως πολύ μικρές. Σε πολλά από αυτά τα βιβλία, όπως θα παρατηρήσουμε, τα πρόσημα των τιμών διαφέρουν. Λαμβάνονται με αντίθετο πρόσημο από αυτές του παρόντος πίνακα. Με θετικό πρόσημο για τα ιόντα που δεν είναι σταθερά και αρνητικό για τα σταθερά. Αυτό γίνεται, γιατί αποδίδονται τα ποσά των

συγγένειας είναι μικρότερη από αυτή των τιμών της ενέργειας ιον(τ)ισμού. Ενώ οι ενέργειες ιον(τ)ισμού υπολογίζονται άμεσα με φασματοσκοπικές μεθόδους (όπως ήδη προαναφέραμε), οι ηλεκτρονιακές συγγένειες έμμεσα από θερμοδυναμικά δεδομένα (π.χ. με τον κύκλο Born-Haber). Ορισμένες τιμές εξάγονται από κβαντομηχανικά μοντέλα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι σε ελάχιστα στοιχεία έχουν εξαχθεί οι δεύτερες ηλεκτρονιακές συγγένειες.

Η περιοδικότητα της ηλεκτρονιακής συγγένειας γίνεται εμφανής στο παρακάτω διάγραμμα του σχήματος 14 για τα στοιχεία της 1ης, 2ης και 3ης περιόδου.



[Russel B. John, «GENERAL CHEMISTRY», McGRAWHILL, 1981]

Τα αλκάλια έχουν μικρές θετικές ηλεκτρονιακές συγγένειες, ενώ οι αλκαλικές γαίες (μέταλλα στοιχεία της 2ης ομάδας του ΠΠ) έχουν αρνητικές τιμές. Αυτό ερμηνεύεται αντίστοιχα από το γεγονός ότι στα μεν αλκάλια το ηλεκτρόνιο δεσμεύεται από το *s* τροχιακό, ενώ στις αλκαλικές γαίες από το *p* τροχιακό. Το ηλεκτρόνιο στο *p* τροχιακό λόγω θωράκισης σχηματίζει ασταθές ανιόν, γιατί απαιτεί ενέργεια, για να μπορεί να το σχηματίσει. Δεν αποδεσμεύει ενέργεια, όπως θα αναμενόταν.

Σε κάθε περίοδο του ΠΠ η ηλεκτρονιακή συγγένεια γενικά αυξάνεται με κάποιες αποκλίσεις, όπως αυξάνεται και από κάτω προς τα πάνω σε κάθε ομάδα του. Στο σχήμα 15 με τον πίνακα των αλογόνων φαίνεται η μεταβολή της ηλεκτρονιακής συγγένειας να ελαττώνεται από πάνω προς τα κάτω. Όπως παρατηρούμε, υπάρχει και σε αυτό το σημείο μία απόκλιση. Το φθόριο έχει μικρότερη τιμή ηλεκτρονιακής συγγένειας από το χλώριο. Μία ερμηνεία που δίνουμε γι' αυτήν την απόκλιση είναι ότι το νεοεισερχόμενο ηλεκτρόνιο προς σχηματισμό του F⁻(g) δέχεται μεγαλύτερη άπωση από τις στιβάδες K και L, επειδή έχουμε

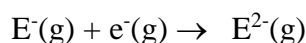
ενεργειών της ηλεκτρονιακής συγγένειας με μεταβολή της ενθαλπίας $\Delta H_{298}/\text{kJ mol}^{-1}$, οπότε η εξώθερμη (με αποδέσμευση ενέργειας) μεταβολή είναι αρνητική και η ενδόθερμη θετική. [569]

μεγαλύτερη θωράκιση του πυρήνα. Η μεγάλη ηλεκτρονιακή πυκνότητα και το μικρό μέγεθος του ατόμου του φθορίου δυσχεραίνουν την πρόσληψη απ' αυτό του ηλεκτρονίου απ' ότι από το μεγαλύτερου μεγέθους άτομο χλωρίου.

Άτομο	Πυρηνικό φορτίο	Ηλεκτρονική διαμόρφωση	$E_{ea}/\text{kJ mol}^{-1}$
F	9+	[He]2s ² 2p ⁵	+328
Cl	17+	[Ne]3s ² 3p ⁵	+349
Br	35+	[Ar]4s ² 4p ⁵	+325
I	53+	[Kr]5s ² 5p ⁵	+295
At	85+	[Xe]6s ² 6p ⁵	+270

[Russel B. John, «GENERAL CHEMISTRY», McGRAWHILL, 1981]

Σε πολύ λίγα στοιχεία έχει προσδιοριστεί η **δεύτερη ηλεκτρονιακή συγγένεια**, επειδή τα ανιόντα E²⁻ είναι ασταθή στην αέρια φάση. Αυτά μπορούν να συναντηθούν μόνο σε περιβάλλον κρυσταλλικής μορφής ιον(τ)ικής τους ένωσης. Η αστάθεια ερμηνεύεται από τις απώσεις του ηλεκτρονίου από το E⁻(g), οπότε προσφέρεται ενέργεια για να υπερνικηθεί η άπωση αυτή. Οι δεύτερες ηλεκτρονιακές συγγένειες υπολογίζονται συνήθως με έμμεσο τρόπο από τα θερμοδυναμικά δεδομένα του κύκλου Born-Haber.



Για τα στοιχεία της 16ης ομάδας οι δεύτερες ηλεκτρονιακές ενέργειες είναι:

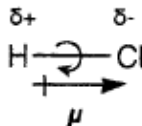
$E^-(g)+e^-(g)\rightarrow E^{2-}(g)$	$O^-(g)+e^-(g)\rightarrow O^{2-}(g)$	$S^-(g)+e^-(g)\rightarrow S^{2-}(g)$	$Se^-(g)+e^-(g)\rightarrow Se^{2-}(g)$
$E_{ea,2}/\text{kJ mol}^{-1}$	753	545	550

Στον πίνακα αυτόν παρατηρείται μία απόκλιση μεταξύ θείου και σεληνίου, η οποία οφείλεται στη θωράκιση του πυρήνα των ατόμων των δύο στοιχείων.

Πολικά μόρια και διπολική ροπή

Ο **ομοιοπολικός δεσμός** στηρίζεται στην έλξη κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων μεταξύ δύο ατόμων τα οποία συνδέονται με απλό ομοιοπολικό δεσμό. Στα μόρια στοιχείων, π.χ. H_2 ($H:H$ ή $H-H$) το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων ελκεται με την ίδια δύναμη τους φορτισμένους με το ίδιο φορτίο πυρήνες. Το μόριο του στοιχείου χαρακτηρίζεται ως μη πολικό. Στην περίπτωση διατομικού μορίου, όπως του υδροχλωρίου $H:Cl$ ή $H-Cl$, το χλώριο έλκει περισσότερο το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα το χλώριο να εμφανίζεται με αρνητικό φορτίο (σύμβολο δ^-) και το υδρογόνο με θετικό (δ^+). Το μόριο χαρακτηρίζεται ως **πολικό** και εμφανίζει μία μόνιμη **διπολική ροπή μ** (ανυσματικό μέγεθος, το οποίον οφείλεται στην περιστροφή του μορίου με κατεύθυνση από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό). Το μέτρο της διπολικής ροπής μ είναι ίσο με το γινόμενο του φορτίου επί την απόσταση των πυρήνων των δύο ατόμων (μήκος δεσμού). Ο όρος **polar** (πολικός) χρησιμοποιήθηκε από τους Bray και Branch στα 1913, (*Journal of the American Chemical Society*, **35**, 1440, 1913).

Η διπολική ροπή μετριέται σε $C \cdot m$ (κουλόμπ επί μέτρο) ή σε μονάδες ντιμπάι (debye, σύμβολο D , όνομα της μονάδας που δόθηκε προς τιμήν του ολλανδού φυσικοχημικού Peter Debye, 1884-1966, που έζησε για μεγάλο διάστημα στην Αμερική). Η διπολική ροπή εκδηλώνεται σε έναν **πολικό ομοιοπολικό δεσμό**, λόγω άνισης κατανομής του ηλεκτρονιακού φορτίου στο δεσμό με άνυσμα που έχει κατεύθυνση από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό, προσδίδοντας στο μόριο μια περιστροφική κίνηση.



$$\mu = 1.03 D \text{ για το HCl}$$

Η ουσιαστική ελκτική επίδραση του πυρηνικού φορτίου πάνω στα ηλεκτρόνια σθένους επηρεάζεται από τις απώσεις, που δέχονται τα ηλεκτρόνια αυτά από τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών τροχιακών. Επηρεάζονται αυτές οι έλξεις και από το σχήμα που έχουν αυτά τα τελευταία. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αυτά δεδομένα η επίδραση του πυρήνα στα ηλεκτρόνια σθένους εκφράζεται από την εμπειρική έννοια του **δραστικού πυρηνικού φορτίου** (effective nuclear charge, $\Delta\Gamma\Phi^*$). Το $\Delta\Gamma\Phi$ είναι το πραγματικό φορτίο που αισθάνονται τα ηλεκτρόνια των τροχιακών. Αυτό έχει καθοριστικό ρόλο πάνω στα ηλεκτρόνια τα υπεύθυνα για το σχηματισμό χημικών δεσμών (ηλεκτρόνια σθένους), και τα οποία τελικά καθορίζουν το πραγματικό μέγεθος του ατόμου. Το $\Delta\Gamma\Phi$ είναι διαφορετικό από το φορτίο που θα αναμέναμε. Θα αναμέναμε ένα φορτίο που προκύπτει, όταν αφαιρέσουμε από το πυρηνικό φορτίο, το φορτίο των ηλεκτρονίων όλων των εσωτερικών στιβάδων. Για παράδειγμα το νάτριο ($_{11}Na$) που έχει ένα ηλεκτρόνιο στο $3s$ τροχιακό, θα αναμέναμε να δεχόταν αυτό την έλξη $11-10 = 1$ ηλεκτρονίου. Όμως το $\Delta\Gamma\Phi$ (Z^*) είναι 2,2. Η τιμή αυτή προκύπτει όταν ακολουθήσουμε κάποιους εμπειρικούς κανόνες που έχουν προκύψει από πειραματικά δεδομένα και επινοήθηκαν από τον Slater (1932).

- Το **δραστικό πυρηνικό φορτίο** (effective nuclear charge) αποδίδεται στην ελληνική γλώσσα και ως **αποτελεσματικό ή ενεργό ή δρων πυρηνικό φορτίο**.

4.5.2 Συγγένεια αντίδρασης (affinity of reaction)

Τη *συγγένεια της αντίδρασης* είναι όρος που επέβαλλε ο DeDonder στα 1928 και υιοθέτησε η IUPAC στα φυσικοχημικά της μεγέθη. Ο Théophil De Donder (1872-1957) ήταν αυτοδίδακτος στη μαθηματική φυσική και αντάλλαξε τις απόψεις του επί της γενικής θεωρίας της σχετικότητας με τον A. Einstein. Θεωρείται ο σκαπανέας της θερμοδυναμικής των συστημάτων, που βρίσκονται μακριά από την χημική ισορροπία. Στα 1911 ανέλαβε τη διδασκαλία της θερμοδυναμικής για μηχανικούς στο Ελεύθερο Πανεπιστήμιο των Βρυξελλών, προσπαθώντας ταυτόχρονα να ξεκαθαρίσει τα σημεία αυτής της νέας τότε σχετικά επιστήμης, για την οποία δεν γνώριζε τίποτα. Επινοητικός όπως ήταν, παρατήρησε ότι, το πρόβλημα που έκανε τη θερμοδυναμική ιδιαίτερα μοναδική είναι η μη αντιστρεψιμότητά της. Εκείνη την εποχή η θερμοδυναμική είχε μικρή ή ανύπαρκτη συμμετοχή στη διδακτική της χημείας, ο DeDonder όμως την προσέγγισε αντιακαδημαϊκά, τη διάβασε ανάποδα και επικέντρωσε την προσοχή του όχι στη στερεότυπη εξέταση της κατάστασης της χημικής ισορροπίας, κατά την οποίαν οι δύο ταχύτητες των αντιθέτων κατευθύνσεων εκμηδενίζονται, αλλά στις καταστάσεις πριν την αποκατάσταση της ισορροπίας. Αυτές τις καταστάσεις πριν τη θέση ισορροπίας τις μελέτησε ως παραγωγούς εντροπίας. Εισήγαγε προς τούτο μία νέα θερμοδυναμική έννοια, η οποία μας πληροφορεί για τη συνεισφορά της αντίδρασης στην παραγωγή της εντροπίας. Ήταν η προαναφερόμενη συγγένεια της αντίδρασης, η οποία ορίζεται ως το γινόμενο της συγγένειας της αντίδρασης επί την ταχύτητα της αντίδρασης. Ο DeDonder ήταν δάσκαλος του θεμελιωτή της θερμοδυναμικής των συστημάτων πριν την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας, νομπελίστα (Nobel 1977) Ilya Prigogine (43).

Με τον όρο συγγένεια της αντίδρασης πιο συγκεκριμένα προσδιορίζουμε αν μία χημική αντίδραση έχει την τάση να πηγαίνει προς τα εμπρός, οπότε σημαίνει ότι έχει *θετική συγγένεια*. Κατά κάποιο τρόπο η αντίληψη της συγγένειας εκφράζει την “καθοδηγούσα δύναμη” (‘driving force’) για τη διεξαγωγή μιας αντίδρασης, η οποία αποκολλάται από το σημείο ισορροπίας. Στην κατάσταση της ισορροπίας οι συγγένειες και οι ταχύτητες μιας αμφίδρομης αντίδρασης είναι μηδενικές, οπότε η έννοια τη συγγένειας της αντίδρασης δεν έχουν σημασία.

Στο σημείο ισορροπίας μιας αντίδρασης το dG/dn είναι μηδέν. Το πηλίκον αυτό μπορούμε να το εκφράσουμε σε μιαν αντίδραση σε συνάρτηση των χημικών δυναμικών του συστήματος και τις ποσότητες του κάθε συστατικού που μετέχει σε αυτό. Επίσης το πηλίκον dG/dn εκφράζει τη μεταβολή που πραγματοποιήθηκε στη G από την αντίδραση μιας ποσότητας dn ενός εκ των αντιδρώντων (μαζί φυσικά με την κατανάλωση χημικά ισοδύναμων ποσοτήτων των άλλων αντιδρώντων), προς την παραγωγή ενός εκάστου εκ των προϊόντων (365).

Κατά την επιλογή του αντιδρώντος με την εκτίμηση ότι το dn είναι καθορισμένο, έχουμε, όπως θα δούμε, πάρει την περίπτωση κατά την οποίαν πάντοτε ο στοιχειομετρικός συντελεστής στην εξίσωση της αντίδρασης είναι ενοποιημένος.

Θεωρούμε προς τούτο την αντίδραση



για την οποία μπορούμε να γράψουμε σχηματικά ότι ισχύει

$$0 = \nu_C C + \nu_D D - \nu_A A - \nu_B B$$

Αν η αντίδραση προχωράει με μικρά βήματα από τα αριστερά προς τα δεξιά, τότε οι ποσότητες των A και B που θα χρησιμοποιηθούν με την ίδια αναλογία των ν_A και ν_B , θα παράγουν τις ποσότητες C και D στην ίδια αναλογία με τους ν_C και ν_D .

Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ορίσουμε μία ποσότητα, που εκφράζει την πορεία της αντίδρασης

$$-\frac{dn_A}{\nu_A} = -\frac{dn_B}{\nu_B} = \frac{dn_C}{\nu_C} = \frac{dn_D}{\nu_D} = \text{σταθερό}$$

Η σταθερά των παραπάνω αναλογιών είναι ένα μέτρο της έκτασης με την οποίαν η αντίδραση εξελίσσεται και ισούται με dn για κάθε συστατικό για το οποίο $\nu = 1$. Σε αυτό το σημείο είναι κατάλληλο να εισαχθεί ένα ειδικό σύμβολο που αντιπροσωπεύει την έκταση της αντίδρασης (*extent of reaction*) και για το οποίο ο DeDonder επέλεξε το ελληνικό γράμμα ξ , ξ . Άρα:

$$-\frac{dn_A}{\nu_A} = -\frac{dn_B}{\nu_B} = \frac{dn_C}{\nu_C} = \frac{dn_D}{\nu_D} = d\xi$$

ή

$$\left. \begin{aligned} dn_A &= -\nu_A d\xi \\ dn_B &= -\nu_B d\xi \\ dn_C &= +\nu_C d\xi \\ dn_D &= +\nu_D d\xi \end{aligned} \right\}$$

Για τα παραπάνω ν_A mol του A και ν_B mol του B που χρησιμοποιούνται κατά αντίδραση, παράγουν ν_C mol του C και ν_D mol του D .

Ας θεωρήσουμε ένα σύστημα που περιέχει τις ποσότητες n_A του A , n_B του B , n_C του C και n_D του D . Η ελεύθερη ενέργεια είναι:

$$G = n_A \mu_A + n_B \mu_B + n_C \mu_C + n_D \mu_D$$

Ο στοιχειομετρικός συντελεστής (ν) ορίζεται δια μέσου της εξίσωσης της αντίδρασης. Αυτός είναι αρνητικός για τα αντιδρώντα και θετικός για τα προϊόντα. Οι τιμές των στοιχειομετρικών συντελεστών εξαρτώνται από το πώς είναι γραμμένη η εξίσωση της αντίδρασης.

Παράδειγμα $(1/2)\text{N}_2 + (3/2)\text{H}_2 = \text{NH}_3$; $\nu(\text{N}_2) = -1/2$,

$\nu(\text{H}_2) = -3/2$,

$\nu(\text{NH}_3) = +1$

Όνομα	Σύμβολο	Ορισμός	Μονάδες SI
έκταση της αντίδρασης, προαγωγή (extent of reaction, advancement)	ξ	$n_B = n_{B,0} + \nu_B \xi$	mol
βαθμός της αντίδρασης (degree of reaction)*	α		1

* Για ειδικές αντιδράσεις χρησιμοποιούνται συχνά όροι όπως «βαθμός διάστασης» ή «βαθμός ιονισμού». [197]

Το $n_{B,0}$ είναι η ποσότητα του B όταν $\xi = 0$. Ένας περισσότερο γενικός ορισμός είναι

$$\Delta \xi = \Delta n_B / \nu_B.$$

Η έκταση της αντίδρασης επίσης εξαρτάται από το πώς είναι γραμμένη η εξίσωση της αντίδρασης, αλλά είναι ανεξάρτητη σε οποιαδήποτε οντότητα στην εξίσωση της αντίδρασης που χρησιμοποιείται στον ορισμό.

Παράδειγμα

Για την προηγούμενη αντίδραση, όταν $\Delta \xi = 2$ mol, $\Delta n(\text{N}_2) = -1$ mol,

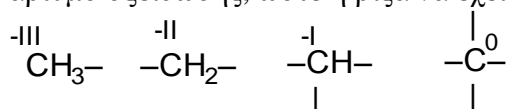
$\Delta n(\text{H}_2) = -3$ mol, $\Delta n(\text{NH}_3) = +2$ mol

Αυτό το μέγεθος είχε εισαχθεί πρωταρχικά από τον de Donder.

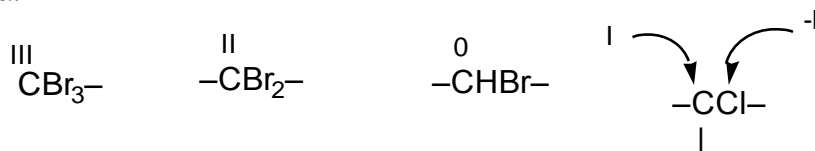
4.6 Αντιδράσεις αλογόνωσης αλκανίων και αριθμός οξείδωσης

Ο αριθμός οξείδωσης ενός ατόμου άνθρακα σε έναν άκυκλο κορεσμένο υδρογονάνθρακα είναι -III για άνθρακα μεθυλίου, -II για άνθρακα μεθενίου (ή μεθυλενίου), -I για άνθρακα μεθινίου και 0 για τεταρτοταγή άνθρακα. Υπολογίζεται ως εξής:

- απομονώνεται κάθε άνθρακας από τους γειτονικούς με τους οποίους συνδέεται και η ρίζα αυτή έχει συνολικό αριθμό οξείδωσης μηδέν.
- κάθε υδρογόνο έχει θετικό αριθμό οξείδωσης I (H^I).
- ο άνθρακας έχει τέτοιο αριθμό οξείδωσης, ώστε η ρίζα να έχει αριθμό οξείδωσης μηδέν.



Στην περίπτωση που ένα ηλεκτροθετικό υδρογόνο υποκατασταθεί από κάποιο ηλεκτραρνητικό αλογόνο, τότε ο άνθρακας υπολογίζεται, λαμβάνοντας υπόψη ως AO (αριθμό οξείδωσης) του αλογόνου με -I του υδρογόνου με I και της ρίζας με μηδέν. Παραδείγματα:



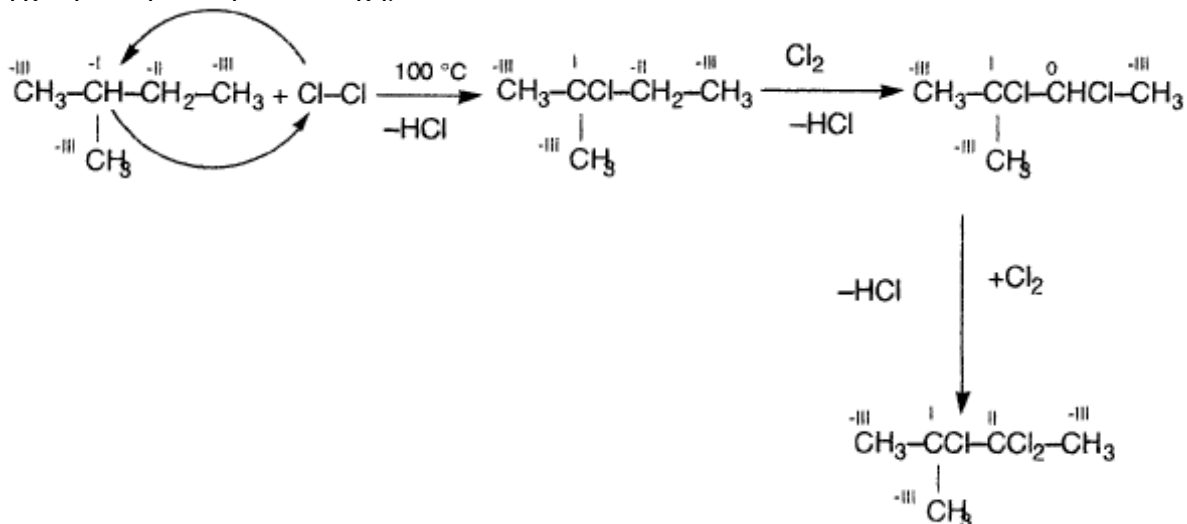
Οι αντιδράσεις υποκατάστασης των υδρογόνων των αλκανίων από αλογόνα, γίνεται σταδιακά κατά τη χλωρίωση ή βρωμίωση, με φως ή θέρμανση στους 100 °C στην πρώτη περίπτωση, ή θέρμανση στους 127 °C στη δεύτερη. Η φθορίωση δρα πολύ έντονα με ταυτόχρονη αλλοίωση ή και καταστροφή των οργανικών μορίων. Η ιωδίωση είναι ανίκανη να λάβει χώρα, γι' αυτό περιοριζόμαστε στη χλωρίωση ή βρωμίωση, δύο αλογονώσεις με ενδιαφέρον.

Παρουσιάζεται ένα πρόβλημα, να προβλεφθεί, ποιο υδρογόνο υποκαθίσταται πιο εύκολα σε ένα αλκάνιο, που διαθέτει πρωτοταγή, δευτεροταγή και τριτοταγή άτομα άνθρακα. Οι ρώσοι επεκτείνουν τον κανόνα του V. V. Markovnikov (1838-1904) στην περίπτωση αυτή και αναφέρουν ότι υποκαθίσταται το τριτοταγές υδρογόνο, στη συνέχεια το δευτεροταγές και τέλος το πρωτοταγές. Με άλλα λόγια το φτωχότερο σε υδρογόνα ανθρακοάτομο. Την εποχή που ο Markovnikov διετύπωσε τον περίφημο κανόνα του (1869) για τις αντιδράσεις προσθήκης (addition reactions), η δομή του ατόμου ήταν άγνωστη, τα ιόντα ήταν γνωστά, η ηλεκτροθετικότητα και ηλεκτραρνητικότητα των στοιχείων γνωστή και υπήρχε η εκτίμηση της συνύπαρξης αντιθέτων και αλληλοαναιρουμένων φορτίων στα μόρια των ενώσεων. Τα αποτελέσματα των εργασιών του Markovnikov (γύρω στα 1870) κατέληξαν στο εξής σχήμα: «όταν ένα υδραλογόνο προστίθεται σε ασύμμετρη ολεφίνη, το υδρογόνο επιτίθεται στο άτομο του άνθρακα του διπλού δεσμού που φέρει το μεγαλύτερο αριθμό ατόμων υδρογόνου, ενώ το αλογόνο στο άλλο που συνδέεται με το πρωτοαναφερόμενο, το οποίον φέρει το μικρότερο αριθμό ατόμων υδρογόνου». Θα παρατηρήσουμε ότι ο κανόνας του Markovnikov υπερκαλύπτεται από την έννοια του αριθμού οξείδωσης και της σειράς ηλεκτροθετικότητας ή ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων τόσο στις αντιδράσεις προσθήκης, όσον και στις αντιδράσεις υποκατάστασης υδρογόνου στα αλκάνια.

Οι αντιδράσεις υποκατάστασης των υδρογόνων των αλκανίων από αλογόνα, είναι αντιδράσεις υποκατάστασης (μονοσθενών) ηλεκτροθετικών στοιχείων (με I AO) από (μονοσθενή) ηλεκτραρνητικά (με -I AO). Η ιδέα είναι απλή και περισσότερο συμβατή με τα τεκταινόμενα της σύγχρονης χημείας.

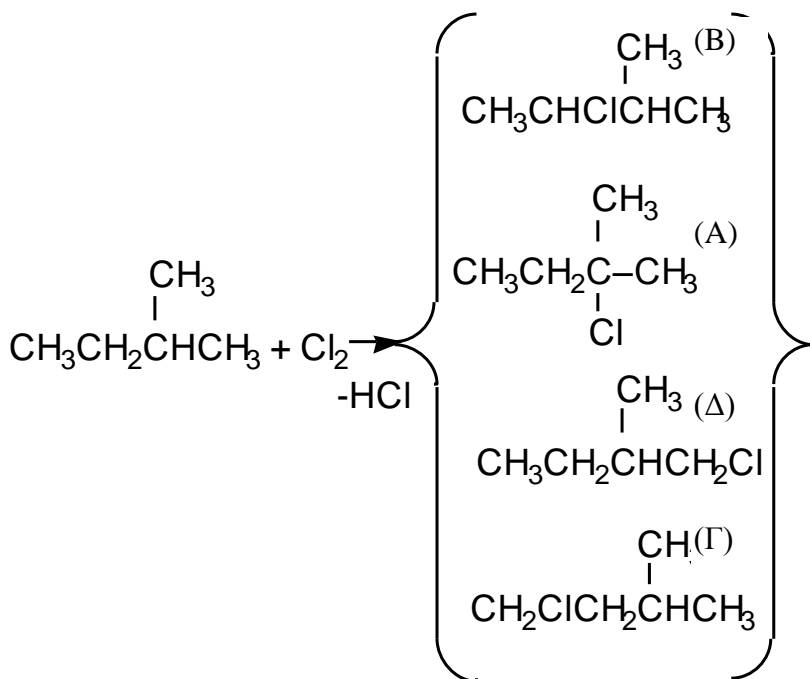
Ένα ηλεκτροθετικό υδρογόνο αλκανίου υποκαθίσταται με μεγαλύτερο ρυθμό (ή ταχύτητα) από ένα αλογόνο, όταν συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα και τέτοιος είναι κατά σειρά ο τριτοταγής, κατόπιν ο δευτεροταγής και τέλος ο πρωτοταγής.

Οπότε κατά την αντίδραση αλογόνου (χλωρίου ή βρωμίου) στο 2-Μεθυλοβουτάνιο, το υδρογόνο του τριτοταγούς άνθρακα με ΑΟ -I, αποσπάται ευκολότερα από αυτό του δευτεροταγούς (με ΑΟ -II) ή εκείνο των πρωτοταγών (με ΑΟ -III). Δηλαδή θα είχαμε κατά τη χλωρίωση το παρακάτω σχήμα υποκαταστάσεων:



Αυτή η διαδοχή αλογόνωσης (συγκεκριμένα χλωρίωσης) πράγματι συμβαίνει πειραματικά από πλευράς ευκολίας ή πιο σωστά ρυθμού (rate) υποκατάστασης, η οποία ερμηνεύεται και από τις ενέργειες δεσμού του υδρογόνου με πρωτοταγή, δευτεροταγή και τριτοταγή άνθρακα, που είναι αντίστοιχα 415, 390 και 376 kJ/mol. Όπως παρατηρούμε σ' αυτές τις διαδοχικές χλωρίώσεις, μεγαλύτερο ρυθμό υποκατάστασης έχουν εκείνα τα υδρογόνα, που συνδέονται με τα λιγότερο ηλεκτραρνητικά ανθρακόατομα. Όλα αυτά θα συνέβαιναν αν είχαμε ένα 2-Μεθυλοβουτάνιο και μόρια χλωρίου. Στις οργανικές αντιδράσεις αυτό που μας ενδιαφέρει από διδακτικής πλευράς είναι περισσότερο το κύριο προϊόν. Τα παραπάνω δεδομένα δεν αρκούν για να προσδιορίσουν το κύριο προϊόν, αν δεν έχουμε ταυτόχρονα ένα συσχετισμό ευκολίας υποκατάστασης και των τριών τύπων υδρογόνου (δηλαδή πρωτοταγών, δευτεροταγών και τριτοταγών) κατά τη παραπάνω χλωρίωση, εφόσον έχουμε και διαφορετικό αριθμό αυτών των υδρογόνων (9, 2 και 1 αντίστοιχα). Στην προκείμενη υποκατάσταση η ευκολία υποκατάστασης των πρωτοταγών, δευτεροταγών και τριτοταγών υδρογόνων του 2-Μεθυλοβουτανίου (ισοπεντανίου) εκφράζεται από την αναλογία αντίστοιχα 1: 4,3:7 αντίστοιχα. Οπότε κατά τη θέρμανση του 2-Μεθυλοβουτανίου με χλώριο στους 100 °C, λαμβάνεται μίγμα με χλώριο μονοϋποκαταστημένων υδρογονανθράκων.

β)



Η περιεκτικότητα κάθε μονοϋποκατεστημένου υδρογονάνθρακα εξαρτάται και από το ρυθμό υποκατάστασης και από τον αριθμό των υδρογόνων των συνδεδεμένων με διαφόρου τάξης άνθρακα.

1° 2° 3° τάξης άνθρακα
 9 2 1 άτομα υδρογόνου σε αναλογία
 1 : 4,3 : 7 ρυθμός απόσπασης (αναλογία)

 ↓ ↓ ↓
 9 8,6 7 = 24,6
 ↓

6+3 (δηλαδή τα 6 είναι σε ισότιμα ανθρακοάτομα συνδεδεμένα με τριτοταγή άνθρακα και τα 3 με δευτεροταγή)

Η περιεκτικότητα στα εκατό των προϊόντων υποκατάστασης είναι

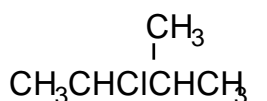
(Δ) → $6 \cdot 100 / 24,6 = \mathbf{24,390\%}$ (το υποκατεστημένο στο μεθύλιο το συνδεδεμένο με το τριτοταγές άτομο άνθρακα)

(Γ) → $3 \cdot 100 / 24,6 = \mathbf{12,195\%}$ (το υποκατεστημένο στο μεθύλιο το συνδεδεμένο με το δευτεροταγές άτομο άνθρακα)

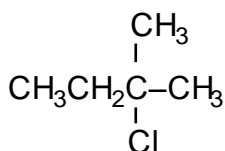
(Α) → $7 \cdot 100 / 24,6 = \mathbf{28,455\%}$ (το υποκατεστημένο στον τριτοταγή άνθρακα)

(Β) → $8,6 \cdot 100 / 24,6 = \mathbf{34,995\%}$ (το υποκατεστημένο στο δευτεροταγή άνθρακα).

Όπως παρατηρούμε, το κύριο προϊόν με περιεκτικότητα 34,995 % είναι το Β, δηλαδή το 2-Μεθυλ(ο)-3-χλωροβουτάνιο



Δεύτερο έρχεται το Α, το 2-Μεθυλ(ο)-2-χλωροβουτάνιο



με περιεκτικότητα 28,455 % και αυτό συμβαίνει, γιατί διαθέτει ένα μόνο υδρογόνο συνδεδεμένο με το τριτοταγή άνθρακα, ενώ το Β έχει δύο. Η ευκολία αντικατάστασης υδρογόνου από το χλώριο στην αέρια φάση στο 2-Μεθυλ(ο)βουτάνιο και στις ομάδες CH₃, CH₂, CH από 1:4,3:7 στους 100 °C, γίνεται στους 300 °C 1:3,3:4,4 (336). Βλέπουμε ότι η ευκολία υποκατάστασης του τριτοταγούς υδρογόνου από το χλώριο ελαττώνεται.

Η αμερικάνικη βιβλιογραφία αναφέρεται σε χλωρίωσεις αλκανίων κάτω από την επίδραση φωτός, οπότε η ευκολία υποκατάστασης υδρογόνου στις ομάδες CH₃, CH₂ και CH είναι 1 : 3,8: 5.

Επιλεκτικά, όμως, αν αντί για χλωρίωση κάνουμε βρωμίωση στο ισοπεντάνιο, η ευκολία υποκατάστασης του τριτοταγούς υδρογόνου αυξάνεται υπερβολικά, έτσι ώστε στους 127 °C για τις ομάδες CH₃, CH₂ και CH είναι 1 : 82 : 1600. Το τριτοταγές υποκατεστημένο βρωμοπαράγωγο γίνεται το κύριο προϊόν, με αναλογία πολύ μεγαλύτερη των άλλων.

Υποκατεστημένο τριτοταγές υδρογόνο	Υποκατεστημένο δευτεροταγές υδρογόνο	Υποκατεστημένο πρωτοταγές υδρογόνο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2\text{Br} \\ \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3 \end{array}$
↓	↓	↓
90,25 %	9,25 %	0,05 %

Γενικά στην αλογόνωση με βάση τους αριθμούς οξείδωσης μπορούμε να έχουμε πρόβλεψη σίγουρη μόνο ως προς την ευκολία υποκατάστασης. Οπότε με κριτήριο τον αριθμό οξείδωσης προκύπτει ο κανόνας:

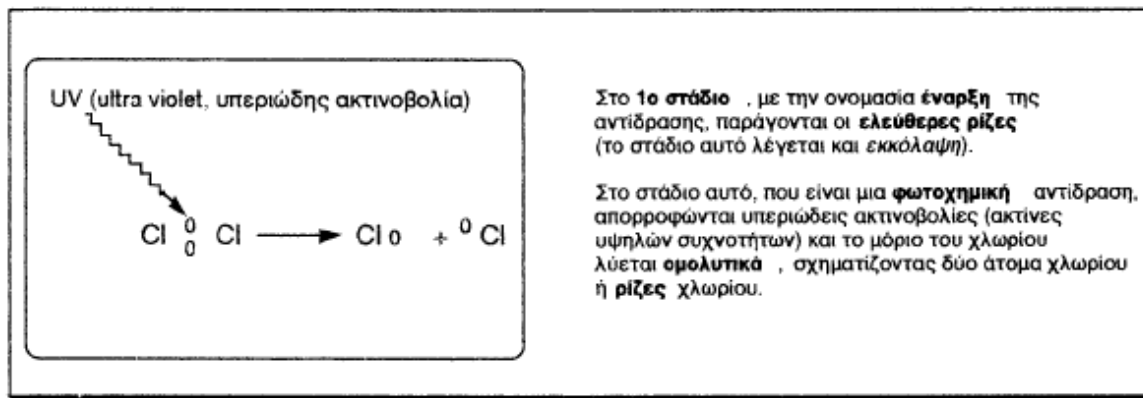
«στις αντιδράσεις αλογόνωσης το υδρογόνο που υποκαθίσταται πιο εύκολα είναι αυτό που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα (ή τον άνθρακα με το μεγαλύτερο αριθμό οξείδωσης, το -I είναι μεγαλύτερο από το -II ή το -III)».

Ως προς το κύριο προϊόν μόνο για τη βρωμίωση μπορούμε να αποφανθούμε ότι είναι αυτό που προκύπτει από την υποκατάσταση του υδρογόνου που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα.

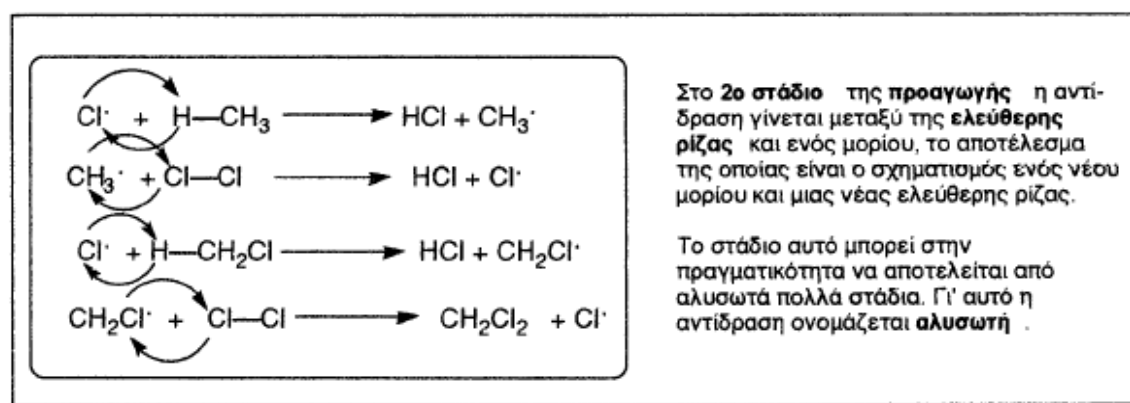
Είναι γεγονός ότι οι αντιδράσεις υποκατάστασης των υδρογόνων στους άκυκλους κορεσμένους υδρογονάνθρακες από πλευράς μηχανισμού είναι **ομολυτικές** σε αντίθεση των

αντιδράσεων προσθήκης σε ακόρεστους υδρογονάνθρακες που γίνονται χωρίς την παρουσία υπεροξείων ή υπεροξειδίων. Οι ομολυτικές αντιδράσεις οδεύουν με το μηχανισμό σχηματισμού ελευθέρων ριζών, διακρίνοντας τα τρία στάδια, αυτό της *έναρξης*, της *προαγωγής* και του *τερματισμού*. Σχηματικά τα τρία αυτά στάδια έχουν ως εξής:

Στάδιο έναρξης

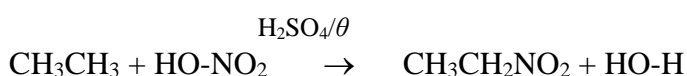


Στάδιο προαγωγής



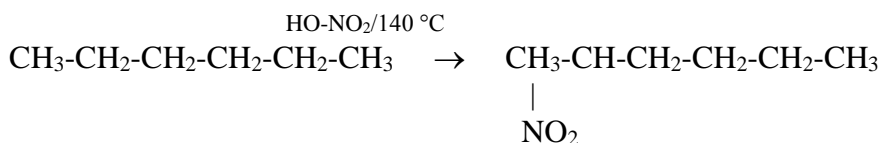
Στάδιο τερματισμού

Με αυτό το είδος μηχανισμού προχωρούν όχι μόνον οι αντιδράσεις αλογόνωσης (χλωριώσεις ή βρωμιώσεις) των παραφινών, αλλά και οι νιτρώσεις ή οι σουλφουρώσεις αυτής της ομόλογης σειράς ενώσεων. Για παράδειγμα η νίτρωση του αιθανίου.



Κατά τη νίτρωση των παραφινών πάλι παρατηρούμε ότι υποκαθίσταται το υδρογόνο που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άτομο άνθρακα. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί στη

νίτρωση του εξανίου κατά τη μέθοδο του Μ. Ι. Κονοβαλον (1888) υπό πίεση και με 10 % περιεκτικότητα σε νιτρικό οξύ:



Υποκαθίσταται το δευτεροταγές υδρογόνο με ΑΟ -II και όχι το πρωτοταγές με ΑΟ -III. Υποκαθίσταται το υδρογόνο, που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα, από τη νιτρομάδα. Στην αντίδραση αυτή συνδυάζεται και το επαγωγικό φαινόμενο που εμφανίζεται σε σίγμα δεσμούς. Στο εξάνιο έχουμε τέσσερις δευτεροταγείς άνθρακες αλλά ο άνθρακας που συνδέεται με τη μεθυλομάδα, η οποία είναι πιο ηλεκτραρνητική από αυτόν, αυξάνει κατά τι, έλκοντας το ηλεκτρονικό ζεύγος του σ – δεσμού, το ηλεκτροθετικό φορτίο του δευτεροταγούς ανθρακοατόμου, κάνοντας ακόμα χαλαρότερους τους δεσμούς με τα υδρογόνα του.

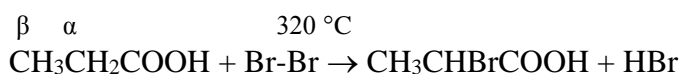
Η σταθερότητα των ελευθέρων ριζών, που σχηματίζονται από την απόσπαση ενός υδρογόνου από το μόριο ενός αλκανίου, εξαρτάται από την ευκολία σχηματισμού της ρίζας, δηλαδή την ενέργεια η οποία απαιτείται για να αποσπαστεί το υδρογόνο. Οι παρακάτω τιμές μας δείχνουν, ποια ρίζα είναι σταθερότερη και συνηγορούν στη θέση, η οποία αναφέρθηκε πιο πάνω ότι υποκαθίσταται το υδρογόνο, που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα. [336]



Η απαραίτητη ενέργεια για το σχηματισμό μιας ρίζας ακολουθεί τον κανόνα της υποκατάστασης $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \text{CH}_4$, δείχνοντας ότι ο τριτοταγής άνθρακας υποκαθίσταται ευκολότερα, γιατί απαιτεί μικρότερο ποσό ενέργειας απόσπασης του υδρογόνου της.

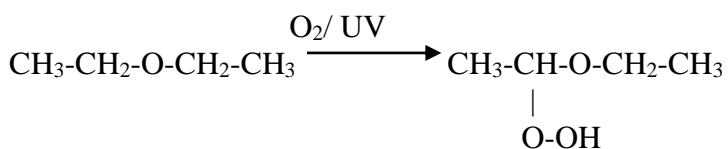
Αλογόνωση κορεσμένων μονοκαρβονικών ακύκλων οξέων

Η αλογόνωση των κορεσμένων μονοκαρβονικών οξέων (**α-υποκατάσταση**), συνήθως βρωμίωση, επιβεβαιώνει τον κανόνα της υποκατάστασης, σύμφωνα με τον οποίο αντικαθίσταται το υδρογόνο το συνδεδεμένο με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα. Για παράδειγμα:



Σχηματισμός ριζών αιθέρων κατά τη μετουσίωσή τους

Η μετουσίωση των αιθέρων από το οξυγόνο του αέρα με τη βοήθεια υγρασίας και φωτός προς σχηματισμό υπεροξειδίων (R-O-O-R, αυτοξείδωση αιθέρων), οδεύει με ομολυτική διάσπαση και σε αυτήν την περίπτωση, όπως φαίνεται παρακάτω επιβεβαιώνεται ο κανόνας.



4.7 Αντιδράσεις προσθήκης σε ακόρεστους υδρογονάνθρακες

Οι διπλοί και τριπλοί δεσμοί εισήχθησαν όχι νωρίτερα από το 1860 από τους Erlenmeyer και Kekulé (68) στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τα ελαιογενή αέρια (olefines) και το ακετυλένιο με τα παράγωγά του. Ο Erlenmeyer εγκαινίασε τον όρο *ακόρεστες* (unsaturated) ενώσεις, σημειώνοντας ότι οι ενώσεις αυτές δίνουν αντιδράσεις προσθήκης, ενώ οι κορεσμένες υποκατάστασης. [68, 56]

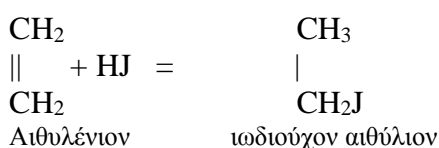
Η πρώτη περιγραφή των αντιδράσεων προσθήκης ή ανόρθωσης διπλού ή τριπλού δεσμού σε ακόρεστους υδρογονάνθρακες παρατηρήθηκε γύρω στο 1870, όταν ήταν τότε γνωστό ότι, το προπυλένιο με υδροϊώδιο έδινε ισοπροπυλοϊωδίδιο. Στα 1889 στην Οργανική Χημεία του Χρηστομάνου διαβάζουμε για τις ακόρεστες ενώσεις των υδρογονανθράκων, που είναι «**αι αλκυλέναι**» και «**αι αλκίναι**», δηλαδή τα αλκένια και τα αλκίνια. Τα αλκένια τότε ανήκαν σε μια κατηγορία ενώσεων, που ονομαζόντουσαν «**διατομικές ρίζες**» του τύπου C_nH_{2n} , γι' αυτό θεωρούσαν ότι αυτές οι ενώσεις, αποφεύγοντας τον τελευταίο όρο, προκύπτουν «*δι' αντικαταστάσεως δύο ατόμων υδρογόνου εν τοις κορεσμένοις υδρογονάνθραξι της σειράς του μεθανίου C_nH_{2n+2} , το υπόλοιπον των υδρογονανθράκων τούτων, C_nH_{2n} , αποτελεί ρίζας διατομικής... Οι υδρογονάνθρακες του τύπου C_nH_{2n} εισί γνωστοί εν ελευθέρα κατάστασιν...*» σε αντίθεση τις μονατομικές **αλκύλες**, δηλαδή τα αλκύλια, τα οποία «*δεν είναι δυνατόν να απομονωθώσιν*» εις ελευθέραν κατάστασιν».

Πώς τώρα ερμηνεύονταν ή μάλλον περιγράφονταν οι αντιδράσεις προσθήκης σε αυτήν την εποχή, στην οποία η ορολογία διέφερε από τη δική μας; Το ακόλουθο απόσπασμα είναι χαρακτηριστικό. «*Ως ενώσεις ακόρεστοι δύνανται να ενωθώσιν απευθείας μετά δύο μονοδυνάμων ατόμων ή ριζών, ότε ο διπλούς δια δύο μονάδων συγγενείας συνδυασμός των ατόμων του άνθρακος γίνεται πάλιν απλούς, ούτω δε σχηματίζονται εκ του αιθυλενίου, C_2H_4 , δι' αμέσου ενώσεως μεθ' υδρογόνου, χλωρίου, βρωμίου, ιωδίου, αι εξής ενώσεις:*

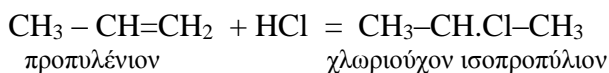
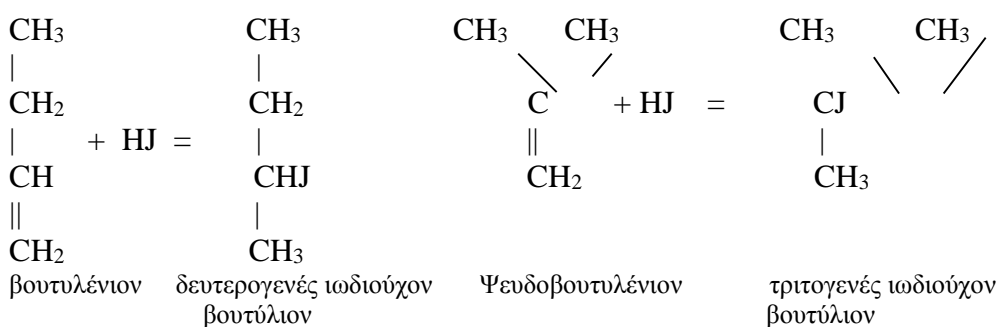


Αιθυλένιον αιθάνιον αιθυλένιο βρωμιούχον αιθυλένιον

ούτω δε παρασκευάζονται δι' αμέσου προσθήκης ενώσεις μονατομικών πνευματορριζών εξ ενώσεων διατομικών». Δεν αναφέρεται η λέξη **δεσμός**, αλλά και ο σημερινός **διπλός δεσμός** αποκαλείται **διπλός συνδυασμός**. Το μόριο του υδρογόνου ή βρωμίου λείπει και στη θέση τους υπάρχουν τα άτομα. Η μοριακή υπόθεση του Avogadro δεν είχε υιοθετηθεί σε όλο το φάσμα της χημείας. Και στην ανόργανη χημεία του Χρηστομάνου λείπουν τα μόρια των αμετάλλων στοιχείων. Το υδρογόνο ή βρώμιο βρίσκονται σε ατομική μορφή και κάθε άτομο από αυτά τα στοιχεία συνδέεται με κάθε άτομο άνθρακα με μία μονάδα συγγένειας. Η ικανότητα του άνθρακα να σχηματίζει δεσμούς μετρίεται με τις μονάδες συγγένειας. «*Αλλά και μετά των υδρογονικών οξέων ενούνται αι **διδύναμοι** (μετάφραση του bivalent) πνευματόρριζαι αύται, μεταπίπτουσαι εις πνευματορρίζας μονατομικής της σειράς του μεθανίου:*



Και συνεχίζει: «ακολουθούσαι τον κανόνα ότι συνδυάζονται τα άτομα των αλατογόνων στοιχείων σχεδόν πάντοτε μετά του ατόμου του άνθρακος εκείνου, όπερ εν τω τύπω παρίσταται ως το **ενδεέστερον υδρογόνου**, διο παράγονται ενώσεις μονατομικών πνευματορριζών δευτερογενείς και τριτογενείς». Τα αλκύλια ονομάζονται μονατομικές, δηλαδή μονοσθενείς, ρίζες πνεύματος (πνευματόρριζες), γιατί σχηματίζουν συνήθως πτητικές ενώσεις με χαμηλά σημεία ζέσης. Το σύμβολο του ιωδίου μέχρι και το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο έγραφαν με J και όχι με I. Οι δευτεροταγείς ρίζες και οι τριτοταγείς λέγονται *δευτερογενείς* και *τριτογενείς*. Στο σημείο αυτό της προσθήκης αναγράφεται χωρίς υπογραμμίσεις ο κανόνας του Markovnikov (1869) και χωρίς να αναφέρεται το όνομα του Ρώσου χημικού από το Καζάν. Γράφονται οι σχετικές αντιδράσεις:



Για τις αντιδράσεις προσθήκης τα αναγραφόμενα στο Χρηστομάνο είναι λιγοστά και μάλλον ασυστηματοποίητα, σε μια εποχή που οι βάσεις της ονοματολογίας της Γενεύης ανήκουν στο εγγύς μέλλον. [151]

Με τον πρώτο καθηγητή της Οργανικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας, το Γεώργιο Ματθαίοπουλο, έχουμε μια πιο συστηματική και σύγχρονη τοποθέτηση της Οργανικής Χημείας. Στο Εγχειρίδιο της Οργανικής Χημείας του 1917, έχουμε ξεκάθαρη αναφορά στο χημικό δεσμό, με απλούς, διπλούς και τριπλούς δεσμούς, αφήνοντας στο παρελθόν τους συνδυασμούς των δύο ατόμων του άνθρακα εκατέρωθεν με μία, δύο ή τρεις αντίστοιχα μονάδες συγγένειας του Χρηστομάνου. Οι μονάδες συγγένειας παρέμειναν και με το Ματθαίοπουλο, αλλά έχουμε και την εμφάνιση όπως έχουμε ήδη αναφέρει και του *σθένους* ή της *δύναμης* των στοιχείων. Τα μόρια των στοιχείων, π.χ. του βρωμίου Br₂ ανακαλύφθηκαν, ενώ τα **συζυγιακά συστήματα** διπλού απλού δεσμού του τύπου:

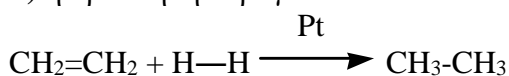
$\begin{array}{c} | \quad | \\ > \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} < \end{array}$, έγιναν γνωστά, μετά από την αντίστοιχη πρόταση του Thiele, ο οποίος χωρίς κανένα δεδομένο ηλεκτρονικής δομής ατόμου, έδωσε κάποιες εκπληκτικές ερμηνείες, μάλλον περιγραφικές, πολύ προωθημένες για τα δεδομένα του 19ου αιώνα. Αυτά θα γίνουν γνωστά στις 1,4 προσθήκες στα συζυγιακά συστήματα υδρογονανθράκων. Υπάρχουν σπέρματα της ονοματολογίας της Γενεύης, αλλά τα παραδείγματα προσθήκης παραμένουν φτωχά.

Οι αντιδράσεις προσθήκης ή ανόρθωσης του διπλού ή τριπλού δεσμού περιλαμβάνουν τις αντιδράσεις, στις οποίες προστίθενται άτομα στοιχείων ή ρίζες σε οργανικές ενώσεις, που περιέχουν διπλούς ή τριπλούς δεσμούς, μετατρέποντας τους αντιστοίχως σε απλούς ή διπλούς. Οι πλέον χαρακτηριστικοί δεσμοί είναι της μορφής:

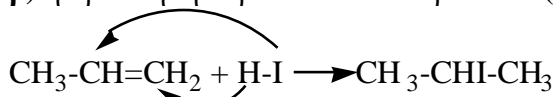


Μερικά παραδείγματα προσθήκης είναι:

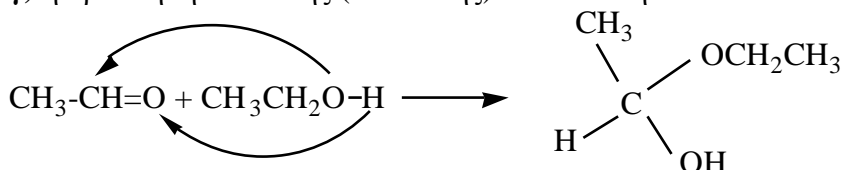
α) η προσθήκη υδρογόνου στο αιθένιο (αιθυλένιο)



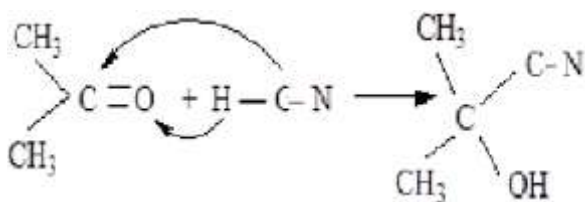
β) η προσθήκη υδροϊωδίου στο προπένιο (προπυλένιο).



γ) η προσθήκη αλκοόλης (αιθανόλης) σε αλδεΐδη.

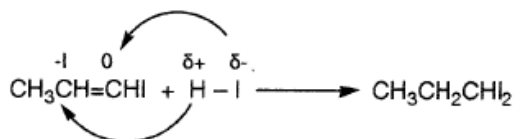


δ) η προσθήκη υδροκυανίου σε κετόνη (π.χ. στη προπανόνη ή ακετόνη).



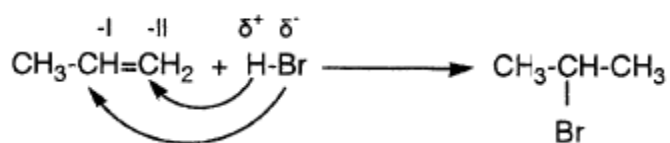
Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα παρατηρούμε ότι η προσθήκη λαμβάνει χώρα με τον ίδιο τρόπο. Το ηλεκτροθετικό τμήμα του αντιδραστηρίου που προστίθεται στην οργανική ένωση με το διπλό δεσμό, οδεύει προς το πιο ηλεκτραρνητικό τμήμα, το οποίο συνδέεται με το διπλό δεσμό, ενώ το πιο ηλεκτραρνητικό του προστιθέμενου αντιδραστηρίου οδεύει προς το πιο ηλεκτροθετικό τμήμα του διπλού δεσμού. Τα αντίθετου φορτίου μέρη με άλλα λόγια έλκονται. Οπότε και ο κανόνας του Markovnikov (1869) παραμένει στην ιστορία, ενώ ο συμβατικός αριθμός οξειδωσης μας δίνει μια σχετική δυνατότητα να διακρίνουμε τα ηλεκτροθετικά κι ηλεκτραρνητικά τμήματα των ενώσεων, που αντιδρούν, δίνοντας λύση και σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες ο κανόνας Markovnikov δεν μπορεί να λειτουργήσει, όπως για παράδειγμα στην προσθήκη HI στο $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHI}$.

Ο κανόνας του Markovnikov καθορίζει ότι, το πιο ηλεκτραρνητικό τμήμα του αντιδραστηρίου που προστίθεται, οδεύει στο φτωχότερο σε υδρογόνα ανθρακόατομο του διπλού δεσμού. Σε αυτήν την περίπτωση και τα δύο άτομα άνθρακα τα συνδεόμενα με διπλό δεσμό, συνδέονται με ένα υδρογόνο το καθένα. Με τον κανόνα αυτόν δεν μπορούμε να προβλέψουμε το κύριο προϊόν της προσθήκης. Με τους αριθμούς οξειδωσης όμως, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, έχουμε πρόβλεψη και από διδακτικής πλευράς ο μαθητής μπορεί να αντιμετωπίσει ακόμη και πιο πολύπλοκα φαινόμενα, χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις.

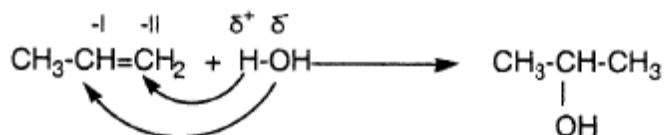


Μερικά ακόμη παραδείγματα:

1) Το βρώμιο στο υδροβρώμιο οδεύει στον πιο ηλεκτροθετικό άνθρακα με $\text{AO} -\text{I}$, ενώ το υδρογόνο στον πιο ηλεκτραρνητικό, αυτόν με $\text{AO} -\text{II}$.



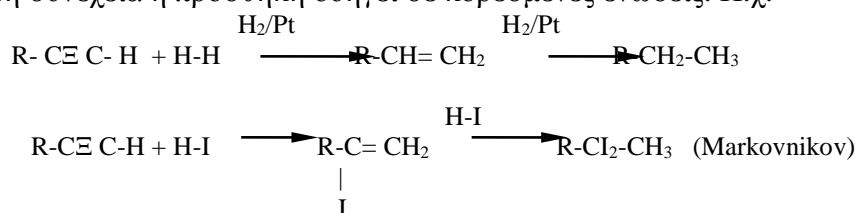
2) Προσθήκη νερού σε αλκένιο



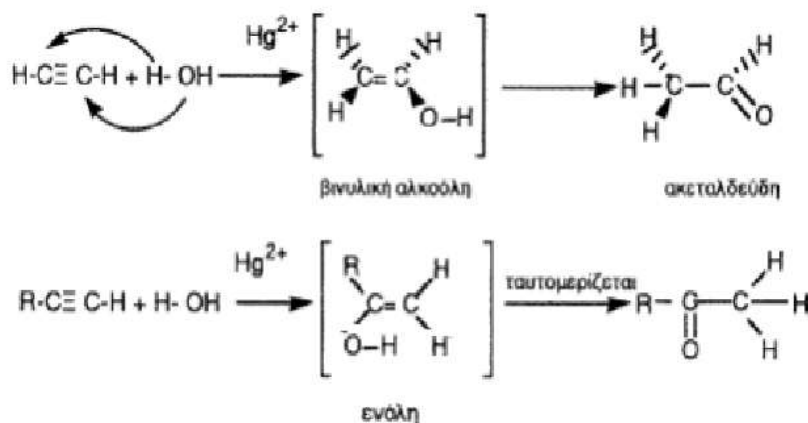
3) Προσθήκη υδροϊωδίου στο ακετυλένιο

Αντιδράσεις προσθήκης σε αλκίνια

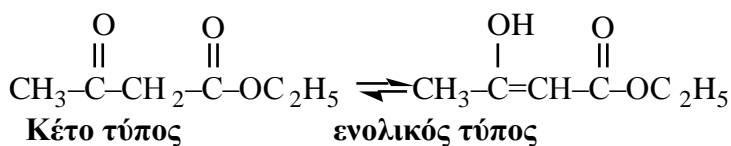
Τα αλκίνια ως ακόρεστες ενώσεις δίνουν όπως και τα αλκένια αντιδράσεις **προσθήκης** στον τριπλό δεσμό άνθρακα - άνθρακα. Στην αρχή προκύπτουν ακόρεστες ενώσεις με ένα διπλό και στη συνέχεια η προσθήκη οδηγεί σε κορεσμένες ενώσεις. Π.χ.



Ιδιαίτερη σημασία έχει η προσθήκη νερού στα αλκίνια που οδηγεί σε καρβονυλικές ενώσεις και μάλιστα σε κετόνες (ή την ακεταλδεύδη όταν έχουμε ακετυλένιο). Η αντίδραση ανακαλύφθηκε τυχαία όταν έσπασε ένα θερμόμετρο σε ένα δοχείο πολυμερισμού ακετυλενίου. Ο υδράργυρος με το θειικό οξύ (καταλύτης πολυμερισμών) σχημάτισε ιόντα Hg^{2+} τα οποία δρουν ως καταλύτης στην προσθήκη νερού. Η ενόλη που σχηματίζεται αρχικά είναι ασταθής (διπλός δεσμός και υδροξύλιο στο ίδιο άτομο άνθρακα δεν σταθεροποιούνται) και **ταυτομερίζεται** σε καρβονυλική ένωση.



Το φαινόμενο του ταυτομερισμού (tautomerism) εισήχθη από τον Conrad Laar στα 1885, όρος που προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις ταύτο (το ίδιο) και μέρος. Είναι φαινόμενο, που παρατηρήθηκε με το σχηματισμό του ακετοοξικού εστέρα, ο οποίος, ανακαλύφθηκε από τους Geuther, Frankland και Durra στα 1863, οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον. Οι Frankland και Durra τον ονόμασαν ακετόνη καρβοξυλικό εστέρα, ενώ ο Geuther, μελετητής των αλάτων και των εστέρων ως σκέτο εστέρα. Η σύγκυση άρθηκε, όταν ο Laar πρότεινε την εισαγωγή του *ταυτομερισμού*, τον οποίον ο Paul Jacobson (1859-1923), καθηγητής στο Βερολίνο, πρότεινε το όνομα δεσμοτροπία (desmotropy) από τις ελληνικές λέξεις *δεσμός* και *τρέπομαι*, δηλαδή μετατροπή. Στο φαινόμενο αυτό έχουμε μεταφορά υδρογόνου μέσα στο μόριο της ένωσης, που στην περίπτωση του ακετοοξικού εστέρα, έχουμε με τη μεταφορά αυτή εμφάνιση κετονικού και ενολικού χαρακτήρα.



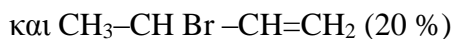
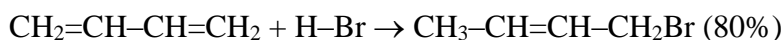
Το φαινόμενο του ταυτομερισμού επεκτάθηκε αργότερα, αιτιολογώντας κάθε μορφή δυναμικής πολικότητας, ανταγωνιστικής προς το επαγωγικό φαινόμενο (inductive effect), I και με σύμβολο \rightarrow , που εισήγαγε ο C. Ingold⁷⁶ στα 1926, αν και προηγουμένως είχε επισημανθεί από το Howard Lucas στα 1924. Το επαγωγικό φαινόμενο συμβολίζεται με $[\rightarrow]$, ενώ το φαινόμενο του ταυτομερισμού, το οποίον ονομάζεται πλέον ταυτομερικό φαινόμενο (tautomeric effect), με



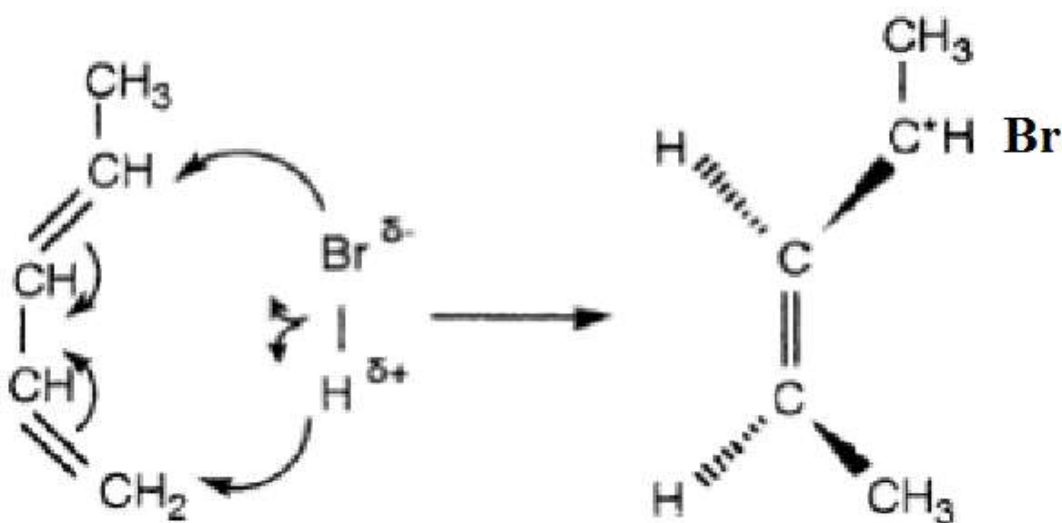
⁷⁶ Ο Ingold εισήγαγε τους όρους **νουκλεόφιλο** (nucleophilic) και **ηλεκτρόφιλο** (electrophilic) αντιδραστήριο στη θέση του **ανιοειδούς** (anionoid) και **κατιοειδούς** (cationoid) αντιδραστήριου του Lapworth. Επίσης εισήγαγε το **ηλεκτρομερικό** φαινόμενο.

Προσθήκη σε συζυγή αλκαδιένια

Στα συζυγή αλκαδιένια οι προσθήκες δεν προχωρούν με 1,2 αλλά κυρίως με 1,4 προσθήκη. Παράδειγμα:



Ο αριθμός οξείδωσης σε 1,4-προσθήκες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εργαλείο πρόβλεψης για την κατεύθυνση που θα πάρουν τα δύο τμήματα του αντιδραστηρίου, το οποίο θα προστεθεί στις θέσεις 1 και 4, όπως για παράδειγμα στην προσθήκη HBr στο 1,3-πενταδιένιο.



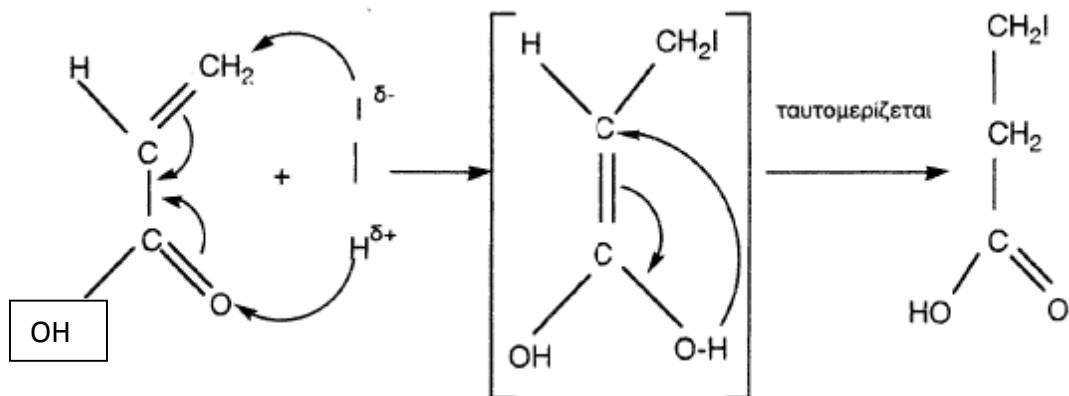
Το ηλεκτραρνητικό βρώμιο οδεύει προς τον πιο ηλεκτροθετικό άνθρακα, ο οποίος βρίσκεται στη θέση 4 και είναι ο άνθρακας του μεθινίου CH, που έχει Αρ. Οξείδωσης -I, ενώ ο άνθρακας στη θέση 1 του μεθενίου (ή μεθυλενίου), CH₂, έχει Αρ. Οξ. -II, είναι δηλαδή πιο ηλεκτραρνητικός και εκεί οδεύει το ηλεκτροθετικό υδρογόνο του υδροβρωμίου. Το προϊόν που σχηματίζεται μετά από αυτή την προσθήκη, το *cis* 1,4-διβρωμο-2-μεθυλ(ο)βουτέν-2-ιο, έχει ασύμμετρο πλέον άτομο άνθρακα και δύο οπτικά *cis* ισομερή.

Άλλες αντιδράσεις προσθήκης

1. Η προσθήκη σε ακόρεστα οργανικά οξέα προχωράει αντίθετα από τον κανόνα Markovnikov. Για παράδειγμα η προσθήκη υδροϊωδίου στο ακρυλικό οξύ:

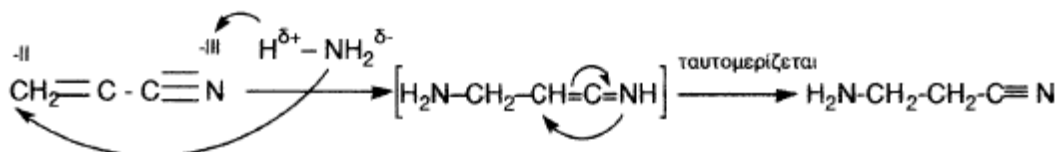


Στην αντίδραση αυτή ουσιαστικά έχουμε προσθήκη σε ένα συζυγιακό σύστημα διπλού-απλού δεσμού και η προσθήκη ακολουθεί σύμφωνα με τον κανόνα των αριθμών οξείδωσης, δηλαδή τα αντίθετα φορτία να έλκονται, και τέλος με ταυτομερισμό προκύπτει το προϊόν.

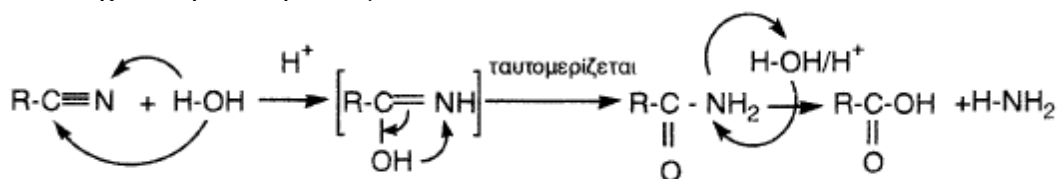


Το παραπάνω προϊόν προσθήκης δημιουργείται με την προσθήκη του ηλεκτραρνητικού ιωδίου του υδροϊωδίου στον ηλεκτροθετικό άνθρακα του μεθινίου (CH_2) του ακρυλικού οξέος, ενώ το υδρογόνιο του υδροϊωδίου ως ηλεκτροθετικό προσανατολίζεται προς το ηλεκτραρνητικό οξυγόνο της καρβονυλομάδας. Το προϊόν είναι ασταθές ως έχουν δύο υδροξύλια ενωμένα στο ίδιο άτομο άνθρακα και ταυτομερίζεται με τη μετατόπιση του υδρογόνου του υδροξυλίου προς τον άνθρακα του μεθινίου, (CH), ο διπλός δεσμός σταθεροποιείται με τη μετατόπιση του ενός ζεύγους ηλεκτρονίων του άνθρακα των υδροξυλίων στο οξύγονο (πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο).

- Η προσθήκη αμμωνίας στο ακρυλονιτρίλιο, ακολουθεί το συζυγιακό δρόμο και το στάδιο του ταυτομερισμού. Παράδειγμα, χωρίς λόγια, προσθήκης αμμωνίας στο ακρυλονιτρίλιο.



- Η υδρόλυση των νιτριλίων σε όξινο περιβάλλον προς σχηματισμό οργανικών οξέων είναι ουσιαστικά μία αντίδραση προσθήκης, ταυτομερισμός του προϊόντος και στη συνέχεια υδρόλυση του αμιδίου.



Ο αριθμός οξείδωσης ή η οξειδωτική κατάσταση ενός στοιχείου είναι μια πολύ καλή πληροφορία, η οποία αν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα, μπορεί να υποκαταστήσει τους εμπειρικούς κανόνες της προσθήκης ή της απόσπασης, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο και να γίνει δυνατή η αντιμετώπιση πολλών αντιδράσεων προσθήκης, όπως είδαμε στις παραπάνω περιπτώσεις. Ο μαθητής λειτουργεί πάνω σε απλούς κανόνες, οι οποίοι δεν φαίνονται να αλλάξαν από την εποχή του Berzelius. Απλά κάνουν τη χημεία πιο ελκυστική και δίνουν πιο ενιαίο περιεχόμενο στο πελαγός της οργανικής χημείας.

4.8 Αντιδράσεις απόσπασης

Σε αυτές τις αντιδράσεις αντίθετα από τις αντιδράσεις προσθήκης αποσπώνται μικρά συνήθως μόρια, όπως:

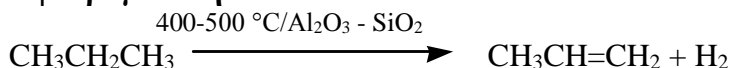
- υδρογόνου (H — H) και η αντίδραση ονομάζεται **αφυδρογόνωση**.
- αλογόνου (Cl — Cl) και η αντίδραση ονομάζεται **αφαλογόνωση**.
- υδραλογόνου (H — Cl) και η αντίδραση ονομάζεται **αφυδραλογόνωση**.
- νερού (H — OH) και η αντίδραση είναι αφυδάτωση.
- διοξειδίου του άνθρακα (-COO-) και η αντίδραση ονομάζεται **αποκαρβοξυλίωση**.
- αμμωνία (H — NH₂) και η αντίδραση ονομάζεται **απαμίνωση**.

Σε κάθε περίπτωση απόσπασης χρησιμοποιούμε και κατάλληλα αντιδραστήρια για να την επιτύχουμε. Αυτά μπορεί να είναι περισσότερα του ενός για κάθε είδος απόσπασης. Μερικά τα πιο συνηθισμένα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

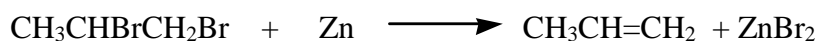
Αποσπάσεις	συνθήκες - αντιδραστήρια
αφυδρογόνωση	400-500 °C/Al ₂ O ₃ - SiO ₂
αφαλογόνωση	σκόνη Zn
αφυδραλογόνωση	αλκοολικό διάλυμα KOH ή NaOH [KOH (alc)]
αφυδάτωση	H ₂ SO ₄ (για αλκοόλες), P ₂ O ₅ για κορ. μονοκαρβονικά οξέα
αποκαρβοξυλίωση	Hλ/λυση RCONa (aq) ή πυρώσεις αλάτων οξέων
απαμίνωση	H ₂ SO ₄

Ακολουθούν παραδείγματα αντιδράσεων απόσπασης, μία για κάθε είδος.

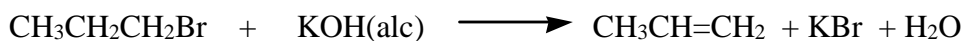
Αφυδρογόνωση



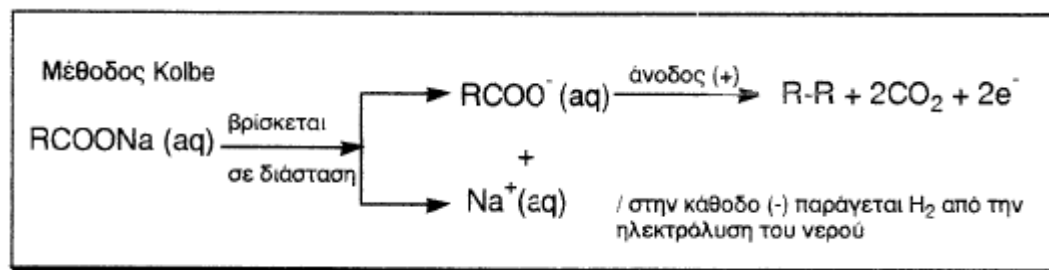
Αφαλογόνωση



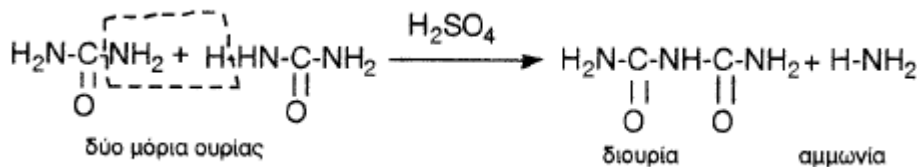
Αφυδραλογόνωση



Αποκαρβοξυλίωση



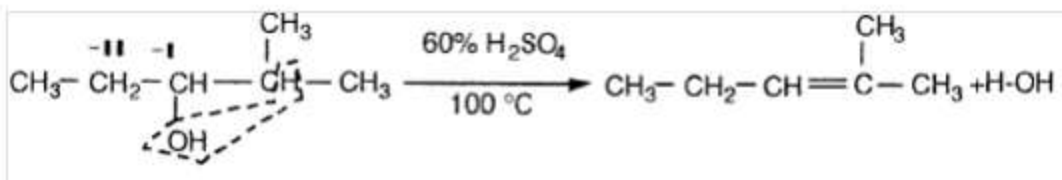
Απαμίνωση



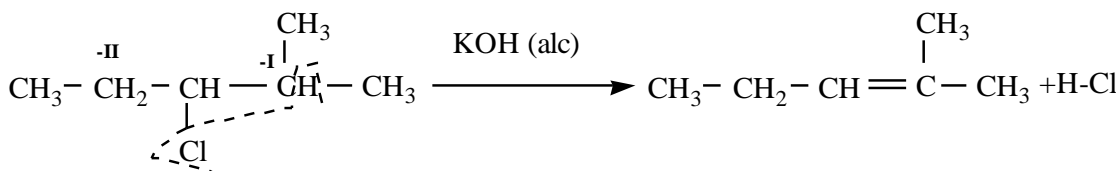
Απόσπαση του τύπου: $A-B-\Gamma-\Delta \rightarrow A=B + \Gamma-\Delta$

Αντιδράσεις απόσπασης

Στις αντιδράσεις απόσπασης ανήκουν πολλές κατηγορίες. Όταν το αποσπώμενο μόριο είναι μόριο στοιχείου, δεν χρειάζεται να γνωρίζουμε το μηχανισμό του. Αν είναι μόριο ένωσης, όπως νερού, αμμωνίας, υδραλογόνου, εκεί πρέπει να γνωρίζουμε κάποιον μηχανισμό απόσπασης. Το μόριο νερού, αμμωνίας και υδραλογόνου αποτελείται από δύο τμήματα, ένα ηλεκτροθετικό το H και ένα ηλεκτραρνητικό, το -OH, -NH₂ και -X (X=Cl, Br, I) αντίστοιχα. Δηλαδή έχουμε: H-OH, H-NH₂, H-X. Το -OH, -NH₂, -X βρισκόταν στην οργανική ένωση συνδεδεμένο με κάποιο ανθρακοάτομο. Μπαίνει το ερώτημα, η κάθε τέτοια ηλεκτραρνητική ρίζα με ποιο άτομο υδρογόνου από τους δύο γειτονικούς άνθρακες θα συνδεθεί; Εδώ υπάρχει ένας κανόνας, ο κανόνας Zaitsev (Ζάιτσεβ), σύμφωνα με τον οποίο «*το φτωχότερο σε υδρογόνα αναθρακοάτομο δίνει το υδρογόνο, το οποίο θα συνδεθεί με την ηλεκτραρνητική ρίζα που βρίσκεται στο γειτονικό ανθρακοάτομο*». Για παράδειγμα η αφυδάτωση μιας δευτεροταγούς αλκοόλης:



Η αφυδραλογόνωση ενός αλκυλαλογονιδίου προχωράει με τον ίδιο τρόπο:

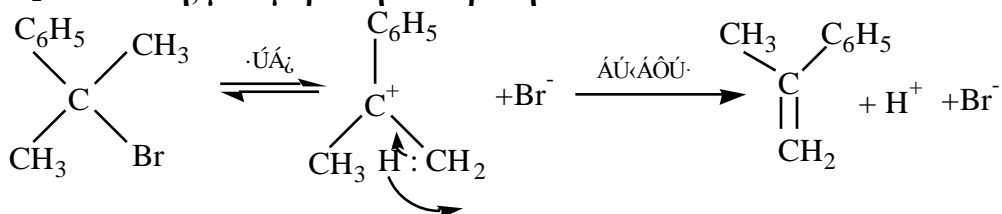


Ουσιαστικά κατά την απόσπαση το ηλεκτραρνητικό τμήμα (χλώριο ή υδροξύλιο) αποσπάται μαζί με το γειτονικό υδρογόνο, που συνδέεται με το λιγότερο ηλεκτραρνητικό άνθρακα. Οι αριθμοί οξείδωσης των ανθρακοατόμων καθορίζουν πιο ηλεκτροθετικό υδρογόνο θα συνδυαστεί με τη ρίζα του χλωρίου ή υδροξυλίου, οπότε έτσι ο εμπειρικός κανόνας του Zaitsev, μαθητή του Markovnikov, γίνεται παρελθόν.

Μηχανισμοί αντιδράσεων απόσπασης E¹ και E²

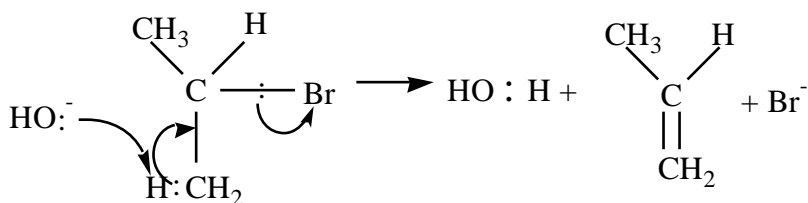
Μας είναι γνωστοί δύο ειδών μηχανισμοί απόσπασης: ο E₁, πρώτης τάξης απόσπαση και ο E₂, δευτέρας τάξης απόσπαση. Περιγράφονται οι αφυδραλογονώσεις δύο οργανικών ενώσεων, η μία που προχωράει με μηχανισμό E₁ και η άλλη με μηχανισμό E₂.

E₁ απόσπαση, μονομοριακή αντίδραση



Ο μηχανισμός E₁ είναι ανάλογος του S_N¹, όπως παρατηρούμε από το σχηματισμό του καρβοκατιόντος. Το σύμβολο E προέρχεται από την αγγλική λέξη elimination).

E₂ απόσπαση, διμοριακή αντίδραση



Ο μηχανισμός E₂ προχωράει αναλόγως με το μηχανισμό υποκατάστασης S_N².

4.9 Αντιδράσεις οξείδωσης κι αναγωγής οργανικών ενώσεων

Η χρήση των αριθμών οξείδωσης ή των οξειδωτικών καταστάσεων στην οργανική χημεία δεν περιορίζεται μόνον στις αντιδράσεις αλογόνωσης, προσθήκης ή απόσπασης της οργανικής χημείας, αλλά επεκτείνεται και στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής οργανικών ενώσεων, αρκεί ένας μαθητής να είναι σε θέση να προσδιορίζει τον αριθμό οξείδωσης του άνθρακα σε μια οργανική ένωση. Μέχρι τώρα κυρίως ο αριθμός οξείδωσης αποτελούσε ένα προνόμιο των ανόργανων χημικών για τη γραφή των ανοργάνων ενώσεων και για τον προσδιορισμό των στοιχειομετρικών συντελεστών στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Το προνόμιο αυτό εκτείνεται και στην οργανική χημεία, η οποία αντιμετωπίζει την οξείδωση των οργανικών ενώσεων με την είσοδο οξυγόνου ή απόσπαση υδρογόνου από το μόριο της ένωσης και την αναγωγή με την απόσπαση οξυγόνου ή εισαγωγή υδρογόνου στο μόριο της ένωσης. Στην παράγραφο αυτή θα εξετάσουμε μερικές χαρακτηριστικές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις οργανικών ενώσεων, με τη χρήση των αριθμών οξείδωσης, οι οποίοι συνδέονται με τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το αναγωγικό στο οξειδωτικό μέσο.

Ο υπολογισμός των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής γίνεται με πολλές μεθόδους, μερικές των οποίων είναι:

- Η μέθοδος της μεταβολής των αριθμών οξείδωσης
- Η μέθοδος των ημιαντιδράσεων αποβολής ηλεκτρονίων από το αναγωγικό και πρόσληψης ηλεκτρονίων από το οξειδωτικό
- Η μέθοδος διαδοχικών αντιδράσεων
- Η μέθοδος των μοριακών ημιαντιδράσεων (ατομικών οξυγόνων)
- Η αλγεβρική μέθοδος
- Η μέθοδος του Ling (απλοποιημένη αλγεβρική μέθοδος)

Στο παρόν εδάφιο θα χρησιμοποιηθεί η χρήση των αριθμών οξείδωσης με κάποια έμμεση αναφορά στη δεύτερη μέθοδο. Στη χρήση αυτή θα δειχθεί η μεταφορά ηλεκτρονίων από το οξειδωτικό στο αναγωγικό, υποστηρίζοντας ότι στη χημεία η πλειοψηφία των χημικών αντιδράσεων είναι μεταφορά ηλεκτρονίων ή πρωτονίων.

Συνήθως σε αυτές τις αντιδράσεις ένα (ηλεκτροθετικό) ή λιγότερο ηλεκτραρνητικό στοιχείο, που συνδέεται με τον άνθρακα, όπως το υδρογόνο, αντικαθίσταται από ένα ηλεκτραρνητικότερο, όπως το οξυγόνο ή κάποιο από τα αλογόνα. Τέτοιες αντιδράσεις είναι οι καύσεις των οργανικών ενώσεων, η μετατροπή των αλκοολών σε αλδεΐδες ή κετόνες ή οργανικά οξέα, οι προσθήκες αλογόνων σε ακόρεστους υδρογονάνθρακες κ.ά. Τα συνήθη οξειδωτικά μέσα που χρησιμοποιούμε στην οργανική χημεία είναι:

- οξυγόνο του αέρα με θέρμανση (O_2/θ) και με την παρουσία λευκοχρύσου (Pt).
- CuO/θ .
- $K_2Cr_2O_7(aq)/H^+$ ή $KMnO_4(aq)/H^+$ ή $MnO_2(s)/H^+$.
- το αντιδραστήριο H. Fehling (Φέλινγκ) ή S.R. Benedict (Μπένεντικτ) ή B. Tollens (Τόλενς), ήπια οξειδωτικά μέσα¹.

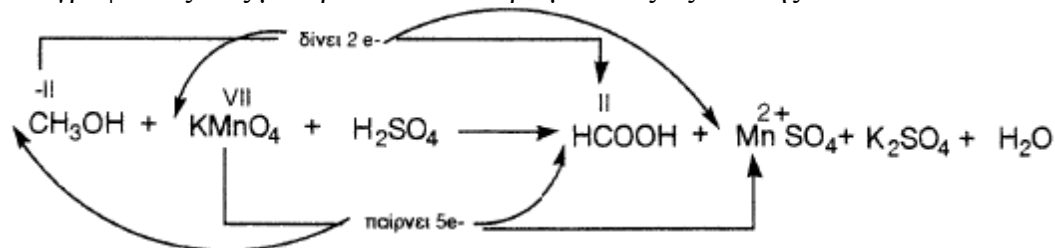
¹ Hermann Fehling (1812-1885) Γερμανός, Bernhard Tollens (1841-1918) Γερμανός, μαθητής του πρώτου, S. R. Benedict (1884-1939) Αμερικανός. [52, 122]

Το αντιδραστήριο Φέλινγκ είναι διάλυμα, που προκύπτει από την ανάμιξη δύο διαλυμάτων, ενός διαλύματος θεικού χαλκού και ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου και τρυγικού καλιονατρίου. Το αντιδραστήριο Μπένεντικτ είναι ίδιο με αυτό του Φέλινγκ, μόνο που αντί για τρυγικό καλιονάτριο στο δεύτερο διάλυμα περιέχει κιτρικό νάτριο. Το αντιδραστήριο Τόλεν είναι ένα αμμωνιακό διάλυμα νιτρικού αργύρου.

Αναφέρουμε μερικά παραδείγματα οξειδώσεων οργανικών ενώσεων των οποίων οι συντελεστές προσδιορίζονται με τη μέθοδο της μεταβολής των αριθμών οξείδωσης (ΑΟ) του άνθρακα και του οξειδωτικού στοιχείου.

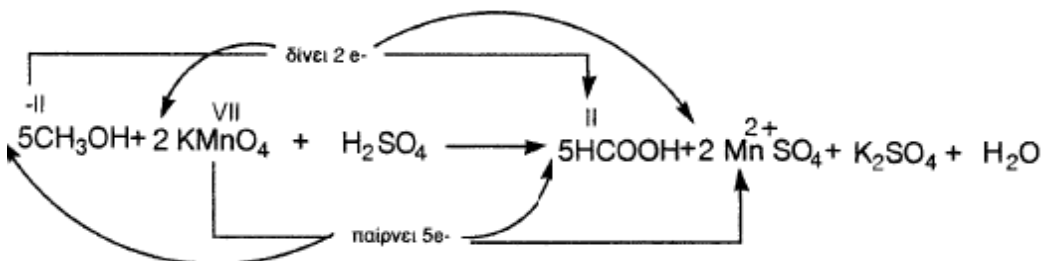
α) Οξείδωση μεθανόλης από όξινο διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου προς μυρμηκικό οξύ.
Την εξίσωση της οξείδωσης της μεθανόλης περιγράφουμε σε τρία στάδια.

Στο *πρώτο στάδιο* προσδιορίζουμε τα αντιδρώντα* και τα προϊόντα της αντίδρασης, εντοπίζοντας ποιο άτομο άνθρακα οξειδώνεται και το οξειδωτικό στοιχείο που ανάγεται, αναγράφοντας πως μεταβάλλονται οι αριθμοί τους οξείδωσης.

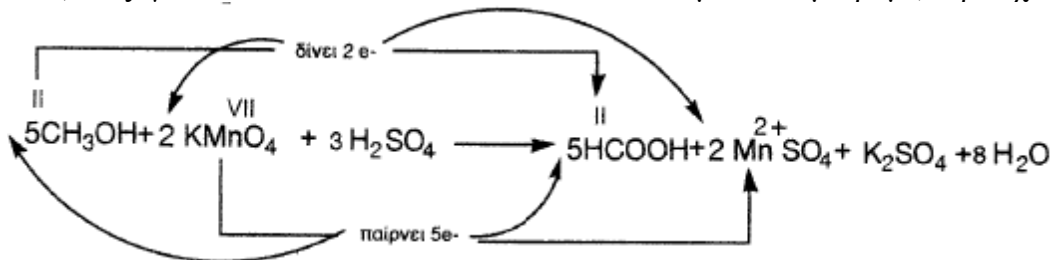


Αντί για τον αριθμό οξείδωσης του μαγγανίου II μπορούμε να γράψουμε τον αριθμό φορτίου του 2+.

Στο *δεύτερο στάδιο* προσδιορίζουμε τους στοιχειομετρικούς συντελεστές, στην ένωση που οξειδώνεται και στην ένωση που ανάγεται, όπως και στα καταληκτικά προϊόντα. Η μεταβολή του ΑΟ του άνθρακα μας δείχνει πόσα άτομα μαγγανίου ανάγονται και η μεταβολή του ΑΟ του μαγγανίου πόσα άτομα άνθρακα οξειδώνονται. Οπότε προσδιορίζονται οι στοιχειομετρικοί συντελεστές, τόσο στις ενώσεις που οξειδώνονται και ανάγονται, όσο και στα προϊόντα που παράγονται. Τα βέλη δείχνουν τους συντελεστές, οι οποίοι τίθενται μπροστά από το οξειδωτικό μέσο, το αναγωγικό μέσο και τα αντίστοιχα προϊόντα τους.

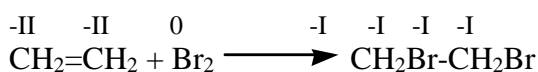


Στο *τρίτο στάδιο* συμπληρώνουμε τους συντελεστές της εξίσωσης της αντίδρασης στις ενώσεις που συνοδεύουν τόσο το οξειδωτικό μέσο, όσο και τα προϊόντα που περιέχουν στοιχεία στα οποία δεν έχει μεταβληθεί ντα (ως ενιαία ιόντα), που έχουν επικρατήσει στο δεύτερο μέλος, βάζοντας 3 στο θειικό οξύ. Τέλος προσδιορίζουμε το συντελεστή των μορίων νερού, μετρώντας τα υδρογόνα και οξυγόνα στο πρώτο μέλος και αφαιρώντας τα αντίστοιχα που υπάρχουν στο μυρμηκικό οξύ. Οπότε παρατηρούμε ότι έχουμε $26 - 10 = 16 \text{ H}^+$ και $13 - 5 = 8 \text{ O}^{2-}$ (τα οξυγόνα των θειικών ανιόντων δεν είναι σκόπιμο να τα μετράμε), άρα έχουμε $8 \text{ H}_2\text{O}$.



β) Οξείδωση αιθενίου από βρώμιο.

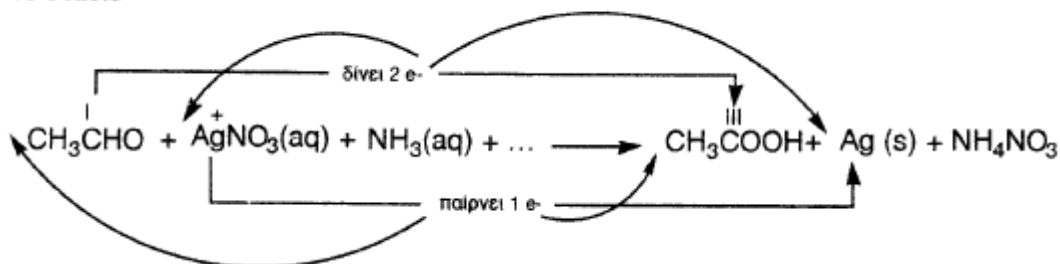
Ένα δεύτερο παράδειγμα οξείδωσης είναι το παρακάτω, στο οποίο φαίνεται ο αριθμός οξείδωσης του άνθρακα που αυξάνεται, όπως και ο ΑΟ του οξειδωτικού, που μειώνεται. Είναι μία αντίδραση **προσθήκης αλογόνου** στο αιθέριο και με αυτό το όνομα περιγράφεται στην οργανική χημεία. Δεν παύει όμως να είναι μία αντίδραση οξείδωσης.



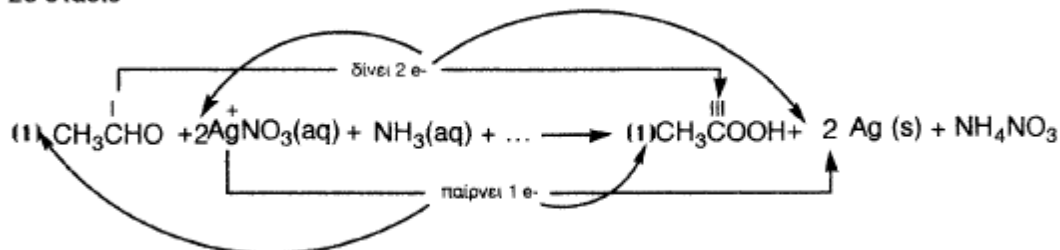
γ) Οξείδωση αιθανάλης (ακεταλδεΐδης) από αντιδραστήριο Τόλενς (Tollens) ή Φέλινγκ (Fehling ή Μπένεντικτ (Benedict)).

Ένα τρίτο παράδειγμα είναι η οξείδωση ένωσης με αλδεϋδομάδα από κάποιο από τα ήπια οξειδωτικά μέσα, όπως το αντιδραστήριο Τόλεν (αμμωνιακό διάλυμα νιτρικού αργύρου). Τα ήπια οξειδωτικά μέσα αντιδρούν μόνον με ενώσεις, που περιέχουν αλδεϋδομάδα. Τα τρία στάδια γράφονται χωρίς λόγια.

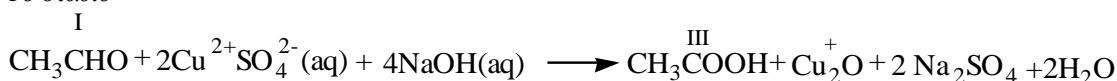
1ο στάδιο



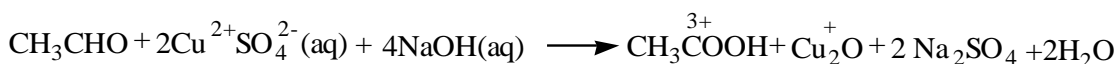
2ο στάδιο



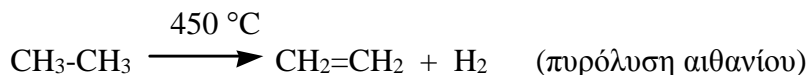
3ο στάδιο



Η αντίδραση με το αντιδραστήριο Tollens είναι χαρακτηριστική, γιατί η ένωση με αλδεϋδομάδα μετατρέπεται σε καρβοξυλομάδα, με ταυτόχρονο σχηματισμό ενός κατόπτρου (καθρέφτη) αργύρου. Με τα άλλα δύο ήπια οξειδωτικά μέσα Fehling και Benedict η αντίδραση είναι παρόμοια. Μόνο που το κατιόν χαλκού (Cu²⁺) εδώ είναι το οξειδωτικό μέσο, το οποίον ανάγεται σε οξείδιο του χαλκού(I) με χαρακτηριστικό κεραμέρυθρο χρώμα (χρησιμοποιούνται γι' αυτό το οξείδιο οι κοινές ονομασίες όπως υποοξείδιο του χαλκού ή οξείδιο του υποχαλκού). Για να επιταχύνουμε την αντίδραση θερμαίνουμε το διάλυμα.



δ) Οι αφυδρογονώσεις γενικά οργανικών ενώσεων, δηλαδή η απόσπαση υδρογόνου από τα μόρια τους, προκαλούν στην πραγματικότητα και την οξειδωσή του άνθρακα, που χάνει υδρογόνο. Οι αφυδρογονώσεις μπορούν να επιτευχθούν με **πυρόλυση**, δηλαδή θέρμανση απουσία οξυγόνου του αέρα στους 400- 600 °C ή με **φωτόλυση**, δηλαδή με τη βοήθεια ακτινοβολιών ορατού φωτός.



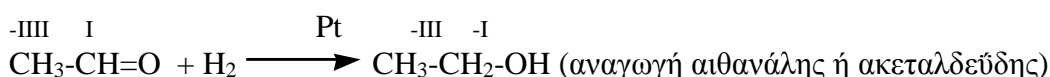
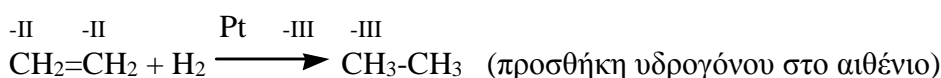
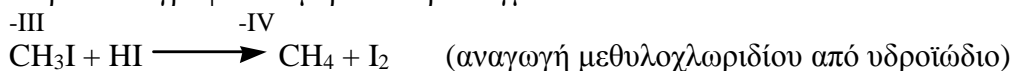
Οι άνθρακες από ΑΟ -III στα μεθύλια πηγαίνουν σε -II στα μεθένια (μεθυλένια) και δύο από τα 6 υδρογόνα με I πηγαίνουν σε ΑΟ μηδέν.

Αντιδράσεις αναγωγής οργανικών ενώσεων

Συνήθως σε αυτές τις αντιδράσεις ένα ηλεκτραρνητικό στοιχείο υποκαθίσταται από ένα λιγότερο ηλεκτραρνητικό (ή ένα ηλεκτροθετικότερο). Υπάρχουν όμως και άλλες αντιδράσεις αναγωγής, στις οποίες εισέρχεται στο μόριο της οργανικής ένωσης ένα ηλεκτροθετικό στοιχείο, όπως το υδρογόνο. Τέτοιες αντιδράσεις είναι οι αντιδράσεις προσθήκης υδρογόνου σε ακόρεστους υδρογονάνθρακες ή σε καρβονύλιο αλδεύδων, κετονών, οξέων και εστέρων. Τα συνήθη αναγωγικά αντιδραστήρια είναι:

- H_2/Pt ή Pd ή Ni
- $[\text{H}]$ (υδρογόνο εν τω γεννάσθαι)/ π.χ. από $\text{Fe}(\text{s})$ σε $\text{HCl}(\text{aq})$
- HI / ερυθρός φωσφόρος
- $\text{H}_2/\text{Cu-Ni}$, θέρμανση
- LiAlH_4 (υδρίδιο του λιθιοαργιλίου)

Παρακάτω γράφονται μερικά παραδείγματα.



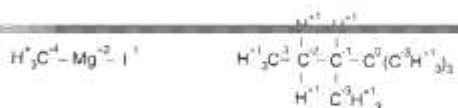
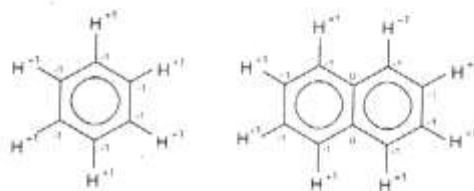
Σε αρκετά κείμενα άρθρων επιστημονικών περιοδικών επισημαίνεται η χρήση των αριθμών οξειδωσης στην οργανική χημεία. Στο παρακάτω σπουδαίο άρθρο (**171**) έχουμε την αναγραφή των αριθμών φορτίων με το όνομα των αριθμών οξειδωσης και όχι των αριθμών οξειδωσης, στοιχείο σύγχυσης που συχνά συναντά κανείς στην επιστημονική βιβλιογραφία.

Oxidation Numbers

Gion Calzaferri

Department of Chemistry and Biochemistry, University of Berne, Freiestrasse 3, 3000 Berne 9, Switzerland

Oxidation numbers were invented by inorganic chemists. They are useful for balancing redox reactions, and coordination chemists need them for systematizing the rich world of transition metal chemistry. Organic chemists and biochemists, however, are less fond of this concept and in general use it only when dealing with "classical transition metal compounds". The problem of assigning oxidation numbers in organic chemistry, the richness of which reflects the homopolar nature of the C-C and the C-H bond, stems from the fact that it is not easy to accept that, for example, C-H does not contain carbon in essentially the same way as CH₄—a problem recognized by Chr. K. Jorgensen 30 years ago. He explains it in *Oxidation Numbers and Oxidation States* where different aspects of oxidation numbers are discussed (1). The numbers have been disputed by several authors (see, e.g., refs 2–5), and basic chemistry textbooks give clear rules for assigning them (6–9). However, authors are usually careful not to give too many organic examples. This stems from similar



Scheme 1

Oxidation numbers of selected organic compounds assigned according to the rules in Table 1

What worries me is that:

Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή βασίστηκε στην εξέταση δύο θεωρητικών εννοιών: της *συγγένειας* (affinity) και του *σθένους* (valence). Η *συγγένεια* προηγήθηκε του *σθένους* και η ιστορική εξέτασή της μας οδήγησε σε ένα ταξίδι, πραγματικά συναρπαστικό, γιατί πήγαμε στην αρχή πολλές εκατοντάδες χρόνια πίσω και στη συνέχεια αυτά έγιναν χιλιάδες. Στη διαδρομή αυτή, ως αρχαιολογική σκαπάνη, ανακαλύφθηκαν πολλά συνταρακτικά δεδομένα και τολμήθηκαν διαπιστώσεις. Στο βάθος του χρόνου αυτή η θεωρητική έννοια συνδέθηκε με τη *φιλότιτα* των μύθων του Ησίοδου και της φιλοσοφίας του Εμπεδοκλή, τις πρώτες θεωρήσεις της ύλης των φυσιοκρατών και τέλος συνδέθηκε με τις θεωρίες των *μικτών* και της *αφής* του Αριστοτέλη. Ο όρος *συγγένεια* (affinity, ab finis προς το όριο), που σημαίνει την επαφή των σωμάτων, προέρχεται από την Αρχαία Ελλάδα του 4ου αιώνα π.Χ., τη χώρα η οποία γέννησε τη φιλοσοφία και τις επιστήμες. Η *συγγένεια* είχε αντικαταστήσει αρχικά τη *φιλότιτα*, ενώ εναλλασσόταν με τη *συμπάθεια*, πάντοτε συνδεδεμένη με την αριστοτελική *αφή*. Η *αφή* συνδέθηκε με τη σωματιδιακή θεώρηση της ύλης των ατομικών φιλοσόφων, τις αντιλήψεις των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων, τη θεωρία των *μικτών* και τη μετατροπή ή χρώση των μετάλλων.

Σ' όλη αυτή τη διαδρομή συναντά κανείς στις περιγραφές των διαφόρων φαινομένων, τις πρώτες θεωρήσεις του υλικού κόσμου, τις αντιλήψεις για τα στοιχεία, για τα μέταλλα κι έρχεται σε επαφή με τη γέννηση της χημείας. Η χημεία γεννήθηκε κατά τους ελληνιστικούς χρόνους από τη μεταλλουργία, ιδιαίτερα τη *Χρυσοποιΐα*, την προσπάθεια παρασκευής *χρυσογόνου χύματος*. Με τα τέλεια δείγματα της τέχνης αυτής, όπως για παράδειγμα ο κρατήρας του Δερβενιού (4ος π.Χ.), παραπλανήθηκαν οι αρχαιολόγοι, που τα ανακάλυψαν. Η *Χρυσοποιΐα* γέννησε την πρώτη ονομασία της χημείας, που ήταν *χυμευτική τέχνη*. Το περιεχόμενό της, σταδιακά επενδύθηκε με φιλοσοφικούς και θρησκευτικούς κανόνες, στους οποίους συναντούσες κώδικες ηθικής.

Κατά την εξέταση της Χρυσοποιΐας κατά την ελληνιστική περίοδο διαπιστώθηκε ότι η μεταλλουργία των αρχαίων Ελλήνων ήταν πολύ ανώτερη από αυτήν των Αιγυπτίων, γι' αυτό η τεχνογνωσία των δευτέρων αφομοιώθηκε από αυτήν των πρώτων και εξελληνίστηκε πλήρως. Η αφομοίωση αυτή παρατηρήθηκε όχι μόνον στα επίπεδα της μεταλλουργίας, αλλά σε όλα τα επίπεδα επιστήμης και πολιτισμού, κάτι που δεν κατόρθωσαν πλείστοι άλλοι κατακτητές της Αιγύπτου, όπως οι Πέρσες.

Κατά την πολυαίωνα ρωμαϊοκρατία της Αλεξάνδρειας η *χυμευτική τέχνη* συγκεντρώθηκε στους ερμητικούς κώδικες, αποτελώντας ένα ισχυρό φιλοσοφικό κίνημα με οπαδούς, που κατέστησαν την τέχνη αυτή απόκρυφη και ταυτόσημη με τον Ερμητισμό. Η χυμευτική τέχνη των Εθνικών στο θρήσκευμα Ελλήνων με τις θεωρίες της αφής, των μικτών και της τετρασωμίας, πέρασε στους Άραβες της Συρίας τον 7ο αιώνα και 8ο αιώνα. Από τους Άραβες και την εξάπλωσή τους μέσω της Κυρηναϊκής και της βόρειας Αφρικής, η χυμευτική τέχνη μεταδόθηκε στην Ισπανία στους Λατίνους της Ευρώπης. Ο αμβικισμός και η χυμευτική μετατράπηκαν σε αλχημία των Αράβων και των Λατίνων συνεχιστών της. Εκτός από αυτή τη διαδρομή μετάδοσης της χυμευτικής τέχνης στην λατινόγλωσση Ευρώπη του 11ου, 12ου και 13ου αιώνα, ανακαλύψαμε άλλες δύο διαδρομές. Μία επί Ιουλιανού κατά τον 4ο αιώνα με κατεύθυνση από τη βόρεια Αφρική προς τη νότια Γαλλία και μια άλλη από τον 12ο αιώνα από την Κωνσταντινούπολη προς τη Βενετία, η οποία συνεχίστηκε και μετά την πτώση της.

Χυ/ημευτική χρυσοποιΐα

Θεωρίες →	φιλότητας-νείκους, ριζωμάτων ή ριζών (γη, ύδωρ, αήρ ή αιθήρ, πυρ) αφής γενών, μικτών, πόρων κι απορροών, συμπαθείας κι αντιπαθείας, ατόμων-κενού (κενό=αναφή φύσις, Επίκουρος), μορίων (Ηρακλείδης), επτά μετάλλων
Θεωρία αφής →	συνάφεια σμικρών μεριδίων, βαφής μετάλλων (διπλής αφής), συναφή των γενών (σύγκρασις ή συνουσίασις), βαφήν αργυράν = λεύκωσις, βαφήν χρυσήν = ξάνθωσις
Όροι →	γένη, είδη, μικτή ύλη, σύνθεμα, δίπλωσις, μελάνωσις, λεύκωσις, ξάνθωσις, καιρικά διαδικασίες, καθάρσεις, εψήσεις, χύμα χρυσού, σύγκρασις χυτών, ψάμμοι, ψαμουργική ή ψαμμουργία, σμάλτωσις, θερμοσποδιάς (αμμόλουτρο), υγρή κάμινος (ατμόλουτρο), άμβιξ, αμβικισμός, λέβης, φώτα, λωπάς, σωλήνας, βίκος, κηροτάκις, πτίσις (πτίσσω, κοπανίζω, εκλεπίζω), πλύσις, μεσιτεύον (καταλύτης), ανάσπασις (απόσταξη), αλός άνθος (NaHCO ₃), αύρα ανθράκων (CO ₂), ψιμμύθιον (PbCO ₃).

Με τους Λατίνους η χημική συγγένεια υιοθετήθηκε , αποτέλεσε την έμφυτη δύναμη προς αντίδραση των σωμάτων, αρκεί να έρθουν σε επαφή. Η άπωση των ουσιών ήταν το νείκος των σωμάτων του Εμπεδοκλή ή αντιπάθεια των χυμευτών των ελληνοιστικών χρόνων ή ορισμένων λατίνων αλχυμιστών.

Στο Βυζάντιο υπήρχαν οι συνεχιστές σε μια λανθάνουσα κατάσταση, οι ισχνές πληροφορίες των οποίων καταγράφησαν. Σε αυτό το ταξίδι με έκπληξη αποκαλύφθηκαν οι συνεχιστές της αριστοτέλειας φυσιοκρατίας στο αναγεννημένο ελληνικό πνεύμα μετά την πτώση της Κωνσταντινούπολης από τους Λατίνους αρχικά και τους Τούρκους υστερότερα. Υπήρχε μία αδιάλειπτη συνέχεια με την παραγραφοποίηση του «περί γεννέσεως και φθοράς» του Αριστοτέλη, μια πρωτοφανής επεξεργασία κειμένου, δείγμα της συνέχειας και διασύνδεσης με την αρχαιότητα.

Τα εγκλωβισμένα ελληνικά χειρόγραφα στα μοναστήρια της δυτικής Ευρώπης απέκτησαν λαθραναγνώστες και ο αμβικισμός με τη μεταλλουργία από την άλλη πλευρά άξιους αλχυμιστές, οι οποίοι ανέπτυξαν την τεχνολογία και τη θεωρητική σκέψη, διαγράφοντας μία άλλη συγκρότηση για την αλχυμεία, διαμορφώνοντας τη χυμεία από το 14ο αιώνα, η οποία έμελε να αναδιοργανωθεί τελείως με τον ορισμό του στοιχείου ως έσχατο όριο της χημικής ανάλυσης και με τις προσπάθειες μέτρησης της χημικής συγγένειας το 18ο αιώνα. Οι πρώτοι συγκριτικοί πίνακες χημικής συγγένειας, η σύνθεση και η απομόνωση νέων ουσιών γρήγορα οδήγησαν σε αναθεώρηση της έννοιας του ευμετάβλητου στοιχείου, τα πρωτογενή σώματα πολλαπλασιάστηκαν κι απέκτησαν μία σταθερή βάση. Η χυμική ορολογία αναμορφώθηκε, έγιναν ριζοσπαστικές αλλαγές στην παρατήρηση, ανακαλύφθηκαν νέα όργανα μέτρησης μεγεθών, ιδιοτήτων των ουσιών, που καθόριζαν την ταυτότητα μιας ουσίας. Ξεκίνησε μία εντατική προσπάθεια επινόησης μέτρησης, δηλαδή σύγκρισης για κάθε τι που μπορούσε να μετρηθεί. Τα ποικίλα αριθμητικά δεδομένα άρχιζαν να συσχετίζονται και να δημιουργούνται οι πρώτες περίεργες ισοδυναμίες. Η απαρχή των μετρήσεων οδήγησε το Lavoisier να τροποποιήσει τη χυμεία σε χημεία στα τέλη του 18ου αιώνα. Οι διάδοχοί του καθιέρωσαν τον αναγεννημένο όρο της επιστήμης, αν και πολλοί σήμερα διατηρούν τον αρχικό, όπως οι Ισπανοί και οι ισπανόφωνοι, química. Μερικοί αγγλόφωνοι επίσης αναθυμούνται τον παλιό

όρο. Η πρόσφατη φωτογραφία από το Στάνφορντ της Αγγλίας μιλάει από μόνη της με την προμετωπίδα στο κτίριο DISPENSING CHYMIST.

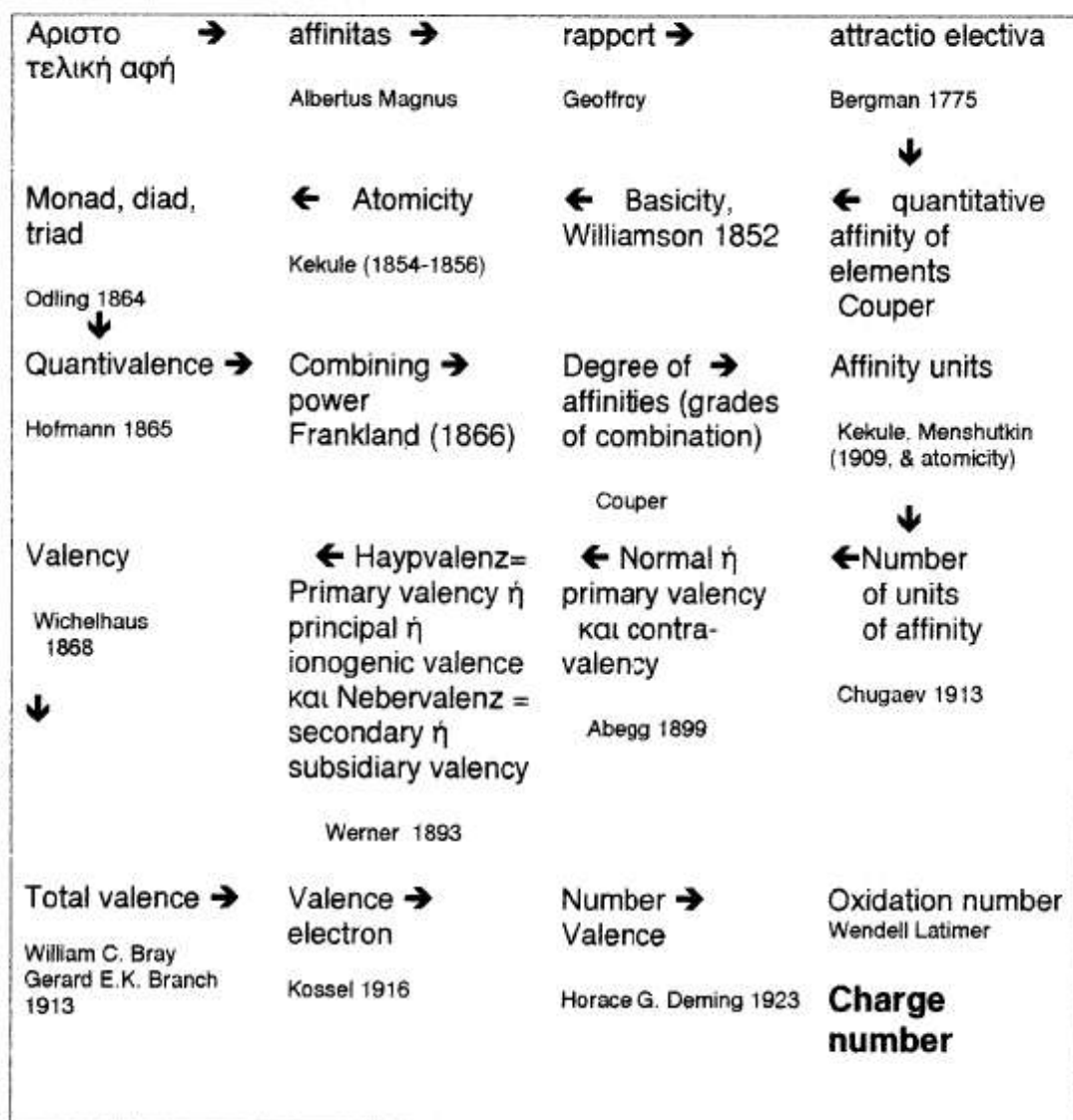


Με την καθιέρωση της Χημείας στις αρχές του 19ου αιώνα, τη μέτρηση της χημικής συγγένειας ως ελκτικής δύναμης των σωμάτων, την αλλαγή του περιεχομένου του στοιχείου, αναπτύχθηκαν οι πρώτες ισοδυναμίες μαζών και τα πρώτα ψήγματα χημικού δεσμού των στοιχείων. Με την ατομική θεωρία και το ατομικό βάρος το άτομο του στοιχείου με σταθερή πλέον υπόσταση, είχε ποικιλία τρόπων σύνδεσης. Τότε η μεταβλητή ικανότητα αυτή του ατόμου του στοιχείου γέννησε την έννοια του σθένους (ή δύναμης του στοιχείου, valency), μιας έννοιας που συμβάδιζε μαζί με τη συγγένεια, τις μονάδες συγγένειας, όρος ο οποίος, μέχρι να καθιερωθεί, απαντούσε και με άλλες ποικίλες ονομασίες (βασικότητα ή ατομικότητα και μονάδες βασικότητας ή ατομικότητας).

Ιστορική προέλευση του όρου χημεία

Χυμευτική τέχνη (χρυσοφόρο χύμα)	χυμία – χημία	αλχυμ(ε)ία	χυμ(ε)ία	Χημεία
↓	↓ ↓	↓	↓	↓
Οσάνης (3ος π.Χ.) Παμμένης Ψευτο-Δημόκριτος ή Βώλος από τη Μένδη	Χριστιανός - Πλούταρχος Κοσμάς Ινδ. - Ζώσιμος Παν.	Άραβες Λατίνοι	Boyle, Lemery, Morveau, Geoffroy, Stahl, Rouelle (θεωρία μικτών), Macquer	Lavoisier Adet Fourcroy Κούμας Ηλιάδης

Ιστορική πορεία της συγγένειας



Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου και της δομής του ατόμου έκαναν το valency, να μετατραπεί σε valence από τους Αμερικανούς και να συνδεθεί με τα ηλεκτρόνια της εξώτατης στιβάδας του ατόμου, τα ηλεκτρόνια σθένους. Η συγγένεια δεν εξαφανίστηκε αλλά απόκτησε ενεργειακό περιεχόμενο. Είναι η ενεργειακή μεταβολή ενός ατόμου από την είσοδο ενός ηλεκτρονίου στο άτομο ενός στοιχείου, ή έγινε ο βαθμός προαγωγής μιας αντίδρασης ή εκφράζει το βαθμό κάλυψης των ενεργών κέντρων ενός ενζύμου. Τα ηλεκτρόνια σθένους έδωσαν άλλη διάσταση στο σθένος, αναπτύχθηκαν οι θεωρίες σθένους για τη συγκρότηση των χημικών δεσμών και προέκυψαν οι πρώτες λεπτομερείς εικόνες των μορίων ή ιόντων ή υλικών. Το ολικό σθένος ενός στοιχείου, παρ' όλο που δεν δίνει την ενεργειακή κατάσταση του ατόμου του στοιχείου στο χημικό δεσμό, που εκάστοτε σχηματίζει, αποτελεί ένα σπουδαίο όπλο για τη γραφή των χημικών τύπων και για την πρόβλεψη της στοιχειομετρίας ή του μηχανισμού πολλών βασικών τύπων αντιδράσεων. Το ολικό σθένος σήμερα είναι γνωστό ως αριθμός οξειδωσης ή οξειδωτική κατάσταση ενός ατόμου. Στην παρούσα μελέτη δίνεται μία μέθοδος με βάση τον αριθμό οξειδωσης κυρίως του άνθρακα για τον προσδιορισμό του προϊόντος μιας αντίδρασης υποκατάστασης σε υδρογονάνθρακες, προσθήκης σε ακόρεστες ενώσεις και απόσπασης σε κορεσμένες προς ακόρεστες. Με τη

μέθοδο αυτή υποκαθίστανται οι εμπειρικοί κανόνες Markovnikov και Zaitsev, δίνοντας ένα πλεονέκτημα σε αυτή τη μέθοδο στην πρόβλεψη προϊόντος ακόμη και σε περιπτώσεις, που οι εμπειρικοί προηγούμενοι κανόνες των Ρώσων δεν λειτουργούν. Δίνεται επίσης μία παραλλαγή μεθόδου εύρεσης των στοιχειομετρικών συντελεστών αντιδράσεων οξειδωαναγωγής σε οργανικές ενώσεις με τη μεταβολή των αριθμών οξείδωσης.

Το ταξίδι της συγγένειας και του σθένους είναι ένα ταξίδι, που εξετάζει την ιστορία της χημείας, από την εποχή εκείνη που διαμορφώθηκε η πρώτη σκέψη των φυσιοκρατών, με αρχή το Θαλή. Η ιστορία της επιστήμης της Χημείας διανθίζει το σύγχρονο περιεχόμενο της διδασκαλίας της στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, επιτρέποντας να δούμε τι είναι αναγκαίο και τι όχι, να διδαχθεί κατά το κρίσιμο αυτό στάδιο ενός παιδιού ή έφηβου. Δημιουργεί φιλοσοφικά σπέρματα αντιμετώπισης του γνωστικού της πεδίου και διαμορφώνει ελκυστικές συνθήκες για το χώρο της. Την αποφορτίζει από τα περιττά και δαιδαλώδη, αναδεικνύει τη γνώση μέσα από την απεραντότητα των γνώσεών της και μας δίνει τη δυνατότητα να μην πνιγόμαστε από αυτό το αχανές της, αλλά να κολυμπάμε επιλεκτικά στην ουσία της, έχοντας γερό γνώμονα ένα απλό θεωρητικό υπόβαθρο. Η Ηλεκτρονιακή Θεωρία του Σθένους και οι τύποι Lewis, η βέσπερ (VSEPR), η χρήση των αριθμών οξείδωσης με βάση την σειρά ηλεκτραρνητικότητας των βασικών στοιχείων στον περιοδικό πίνακα, είναι οι θεμέλιοι λίθοι ενός τέτοιου υποβάθρου και όχι μόνο. Οι κβαντομηχανικές θεωρήσεις είναι ένα προχωρημένο στάδιο εξέτασης των χημικών ουσιών, που προκαλούν πολλές φορές σύγχυση.

Η διδασκαλία της χημείας στο Λύκειο αποσκοπεί να οριοθετήσει τις θεμελιώδεις έννοιες της χημείας, που είναι ουσιώδεις για την κατανόησή της και τους υπολογισμούς της. Η πορεία της σύγχρονης χημείας δεν πρέπει να σχεδιάζεται ως προς το πρωταρχικό της στάδιο για να προετοιμάσει την εκγύμναση μελλοντικών επαγγελματιών χημικών, αλλά να μπορεί ένας μέσος μαθητής να κατανοεί τη χημεία και κάθε επιμορφούμενος πολίτης να καλύπτει τις ανάγκες επιστημών, όπως αυτές των μηχανικών, των φυσικών, των βιολόγων, των γεωλόγων, των ιατρών, των περιβατολόγων. Χρειάζεται να δειχθεί η σπουδαιότητα της χημείας στα εκλεκτά και αχανή της πεδία, να αναδεικνύονται αυτά που έχουν επικαιρότητα και γενικά να γνωρίσουν όλοι οι επιμορφούμενοι αυριανοί πολίτες ή επιστήμονες πώς σκέπτεται ο χημικός για τον υλικό κόσμο. Για να συμβούν αυτά και για να βάλουμε σε κάποια τάξη το όλο οικοδόμημά της στο Λύκειο, πρέπει να καθοριστούν οι θεμελιώδεις ιδέες που πρέπει να διδαχθούν, η έκτασή τους, το βάθος τους και να επισημανθούν οι ελάχιστοι σκοποί τους. Ένα μεγάλο μέρος του προβλήματός της χημείας προέρχεται από τη μεγάλη διάθεση των διδασκόντων να υπερφορτώνουν με πολλές λεπτομέρειες τις θεμελιώδεις έννοιες της χημείας, να χάνεται με αυτόν τον τρόπο η σημασία τους και να γίνονται δύσκριστα ορισμένα εργαλεία της, όταν πεδία στα οποία εφαρμόζονται συγχέονται με οριακές καταστάσεις στις οποίες αμφισβητούνται. Οπότε τα εφόδια που αποκτά ένας μαθητής του Λυκείου γίνονται αβέβαια και σαθρά και τα πεδία της χημείας σκεπάζονται από νέφη, που προκαλούν μια απωθητική στάση κατά την προσέγγισή τους.

Οι θεμελιώδεις έννοιες της Χημείας ταξινομήθηκαν σε έξι ενότητες, όπως είδαμε από τον Ronald J. Gillespie, στις οποίες περιέγραψε τα απαραίτητα γνωστικά αντικείμενα και ποια από αυτά θα πρέπει να αποφύγουμε. Στην πρώτη ενότητα με τίτλο: «Άτομα, Μόρια και Ιόντα», επικεντρώνεται στο μοντέλο του ατόμου με το θετικό πυρήνα και τη διευθέτηση των ηλεκτρονίων σε στιβάδες ή ενεργειακά επίπεδα, δίνοντας έμφαση στη στιβάδα σθένους (valence shell). Στη δεύτερη με τίτλο: «Χημικός Δεσμός»: Τι κρατά τα άτομα μαζί στα μόρια και στους κρυστάλλους», επικεντρώνεται στις ηλεκτροστατικές δυνάμεις θετικά φορτισμένων πυρήνων κι αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων σθένους. Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι

οι μόνες σπουδαίες δυνάμεις στη χημεία. Οι δεσμοί δεν σχηματίζονται από την αλληλοεπικάλυψη τροχιακών, όπως διαβάζουμε συχνά. Αυτό είναι ακριβώς ένα μοντέλο αποδοχής πολύ χρήσιμο και ουσιώδες για την πλειονότητα της χημείας, αλλά δεν νομίζω ότι είναι σημαντικό για ένα εισαγωγικό επίπεδο μαθητών. Μπορούμε να αποκτήσουμε μια πολύ καλή κατανόηση της χημείας χωρίς αυτό. Και παρακάτω. Επιπλέον το τροχιακό μοντέλο δίνει στους μαθητές την ανακριβή εντύπωση ότι η χημεία παρουσιάζει δυσκολίες να συνοψιστεί, έχει ένα μαθηματικό υπόβαθρο, που βασίζεται σε μια μυστήρια άποψη, η οποία δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητικές ερμηνείες σε εισαγωγικό επίπεδο της χημείας.

Στην τρίτη ενότητα με τίτλο: «Μοριακό Σχήμα και Γεωμετρία: Χημεία τριών διαστάσεων», προωθείται το απλό μοντέλο της VSERP (βέσπερ), που αποφεύγει τα υβριδικά τροχιακά και εισάγει το μαθητή στα γνωστά σχήματα των μορίων ή των ιόντων, ώστε να αποκτήσει ένα εργαλείο κατανόησης λειτουργίας των βιομορίων, των βιομηχανικών καταλυτών, των ενζύμων, των ζεολιθών και των συνθετικών πολυμερών. Το γεωμετρικό σχήμα είναι ζωτικής σημασίας για τα προηγούμενα μόρια και δίνει έμφαση στην όψη εκείνη της χημείας, που δημιουργεί νέες δομές μορίων υλικών, οι οποίες έχουν τις επιθυμητές για μας ιδιότητες.

Η τέταρτη ενότητα αναφέρεται στην κινητική θεωρία και των τριών καταστάσεων της ύλης, ενώ η έκτη θίγει τα απαραίτητα της χημικής αντίδρασης. Μέσα από το χάος των αντιδράσεων, την καρδιά της χημείας, διακρίνει τις πιο βασικές. Ξεχωρίζει δύο τύπους, τις αντιδράσεις οξέων-βάσεων και τις οξειδοαναγωγικές. Για τις αντιδράσεις μεγάλος βοηθός είναι ο περιοδικός πίνακας, η μεταβολή της ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων σ' αυτόν, του ατομικού μεγέθους και του πυρηνικού φορτίου. Οι αριθμοί οξείδωσης των στοιχείων και οι αριθμοί φορτίου των ιόντων δεν βοηθούν μόνο στη γραφή των χημικών τύπων των ενώσεων, αλλά και στην κατανόηση των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων, όπως και των μηχανισμών πολλών αντιδράσεων της οργανικής χημείας (υποκατάσταση, προσθήκης), όπως δείξαμε στην παρούσα μελέτη. Η χημεία αποφεύγοντας τα βασικά εργαλεία ή αποσταθεροποιώντας τα με περιπτώσεις οριακών καταστάσεων με τις οποίες ασχολείται η θεωρητική χημική έρευνα, τορπιλίζει το αναγκαίο υπόβαθρο θεμελιωδών εννοιών, πάνω στις οποίες έχει οικοδομηθεί.

Η τελευταία ενότητα με τίτλο: «Ενέργεια και Εντροπία», δίνοντας έμφαση στην τυχαία χαοτική κίνηση (διαλέξεις κινητικής θεωρίας) και στην αταξία. Οι αντιδράσεις συμβαίνουν, όταν η αταξία του αντιδρώντος συστήματος και του περιγύρου του αυξάνεται.

Περνώντας από αυτούς τους νοητούς σταθμούς της εξέλιξης της αχανούς σήμερα επιστήμης στις εφαρμογές της, γνωρίσαμε τη χημεία και τη χημεία σε άξιους Έλληνες λόγιους τα προεπαναστατικά χρόνια πριν τη συγκρότηση του ελληνικού κράτους και τη συμβολή των ίδιων κατά τη διαμόρφωση της εκπαίδευσης. Είδαμε η συγγένεια πώς επηρέασε τη χημεία στα πρώτα βήματα του ελληνικού Πανεπιστημίου και τις ελληνικές χημείες κατά το 19ο αιώνα και στα πρώτα μισά του 20ου αιώνα. Είδαμε πώς το σθένος έκανε τις πρώτες δειλές εμφανίσεις του και την τελική του κατάληξη κατά την ίδια περίοδο. Σε όλη αυτή τη διαδρομή αναδείχτηκε ένα πλούσιο ελληνικό έργο, δυστυχώς εν πολλοίς ξεχασμένο κι αμνημόνευτο. Η παράδοση είναι στοιχείο της δικής μας εξέλιξης, που η μνημόνευσή του αναδεικνύει το τοπικό ενδιαφέρον, το σεβασμό στο παλιό, την αξιοποίησή του στη διαμόρφωση μιας συνέχειας και κάποιας σχολής με ρίζες.

Η ιστορία της χημείας και η φιλοσοφία της είναι δύο σπουδαίοι κλάδοι, που έχουν συγκροτηθεί. Όμως, στη χώρα μας γίνονται σημαντικές προσπάθειες διερεύνησής της από σπουδαίους ερευνητές αλλά ασύνδετες σε πανελλαδικό επίπεδο και σε βάθος εξέτασης

χρόνου. Η παρούσα μελέτη προσπαθεί να δώσει κάποια συνέχεια από τους προσωκρατικούς φιλοσόφους, τους ελληνιστικούς χρόνους, τη ρωμαϊοκρατία, τη συγκρότηση της ανατολικής Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, των Αράβων, του νεοελληνικού διαφωτισμού μέχρι τη σύγχρονη εποχή και να προσθέσει ένα λιθαράκι σε αυτή τη σύνδεση σε βάθος χρόνου, ακολουθώντας τα ίχνη της συγγένεια και του σθένους. Φυσικά δεν μπορούσε να ταιριάζει το περιεχόμενο της ιστορίας του σθένους του Russel με αυτό της συγγένειας. Δόθηκε περισσότερο βάρος στη συγγένεια, χωρίς να αγνοήσει όμως τους σταθμούς του σθένους και να προσδιορίσει μία πιθανή καταγωγή του όρου, η οποία είναι βάσιμη σε όποιους έχουν παρακολουθήσει την επίδραση της ελληνικής γραμματείας στη πρωτοεμφανιζόμενη λατινική κατά τον 1^ο αιώνα π.Χ. και στους αιώνες που επακολούθησαν.

Οι διεισδύσεις της ελληνικής γραμματείας στην Εσπερία (Δυτική Ευρώπη) είναι πολλές σε διάφορες χρονικές περιόδους και διαρκώς εντοπίζονται σήμερα από αξιολογους μελετητές κι άλλες τέτοιες. Επίσης εξετάστηκε η ελληνική πραγματικότητα, ιδίως αυτή που περνάει στη λήθη ή παραμένει άγνωστη κι ανεπεξέργαστη. Το μάθημα της Χημείας με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνικών, που εισάγει η διδακτική, μπορεί να προκαλέσει και να κερδίσει το ενδιαφέρον των μαθητών του μαθήματος αυτού από τη χρήση σημείων αυτής της μελέτης και να συμβάλει στην καθιέρωσή ως βασικής γνώσης στην εκπαίδευση, γνώσης οικοδομήματος και σωστής ανάπτυξης κρίσης της σκέψης κι αντιμετώπισης των καθημερινών μας προβλημάτων και της γενικότερης στάσης ζωής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Οικονομέας Φώτιος, «Η χημεία από τον μεσαίωνα έως τον Lavoisier», Αθήνα 1973.
2. Ghigliano & Novelli, «Η ιστορία της Χημείας σε κόμικς», 1η ed. 1989, μτφ. Τ. Μηλιάς, 1η έκδ. Κάτοπτρον 1992.
3. Κούρτης Δ. - Μπάσιος Μ., «Ιστορία της Χημείας», εκδ. Πελεκάνος, Αθήνα 1990.
4. Κορρές Θεόδωρος, «Υγρόν Πυρ», Εκδ. Εταιρεία Βυζαντινών Μελετών, Β' έκδ. Εκδ. ΒΑΝΙΑΣ, Θεσ/κη 1989.
5. Βάρβογλης Α., «Χημείας απόσταγμα», 1η έκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, ΑΘΗΝΑ 1992.
6. Βαρουφάκης Γιώργος, «Αρχαία Ελλάδα & Ποιότητα», υπότιτλος “Η Ιστορία και ο έλεγχος των υλικών που σημάδεψαν τον Ελληνικό πολιτισμό”, εκδ. ΑΙΟΛΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1996.
7. Gamon G., «Τριάντα χρόνια που συγκλόνισαν τη Φυσική», υπ. “Η ιστορία της κβαντικής θεωρίας”, μτφ. Ε. Σφάκη - Σταύρου, εκδ. ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΡΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΝ ΩΦΕΛΙΜΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ, ΑΘΗΝΑΙ 1971.
8. Εμμανουήλ Εμ., «ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ», ΑΘΗΝΑ 1948 (σελ. 784).
9. Coveney P. & Highfield R., «Το βέλος του χρόνου», πρόλογος Pya Prigogine (Nobel Χημείας 1977), εκδ. ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα .
10. Gribbin J., «Αναζητώντας τη διπλή έλικα», υπ. “Κβαντοφυσική και ζωή”, μτφ. Γ. Καραβίτης, αγγλική έκδ. 1985, ελλην. εκδ 1990 ΩΡΟΡΑ, Αθήνα.
11. Gribbin J., «Κβαντική Φυσική και πραγματικότητα», υπ. “Ερευνώντας τη γάτα του Σρέντιγκερ», μτφ. Μάριος Βερεττας, αγγλική έκδ. 1983, ελλην. εκδ 1988 ΩΡΟΡΑ, Αθήνα.
12. ΚΑΒΒΑΣΙΑΔΗ ΚΩΝ/ΝΟΥ (καθ. Αν. Χημ. Παν. Θεσσ/κης), «ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΑΘΗΝΑΙ, Σεπτ. 1963.
13. Murell J. N., Kettle S. F. A., Tedder J. M., «Valence theory», JOHN WILEY & SONS LTD, London 1965.
14. Schrödinger Erwin, «Τι είναι η ζωή;», υπ. “Πνεύμα και ύλη”, “Αυτοβιογραφικά Σκαριφήματα”, μτφ. Β. Σαμπετάη, αγγλ. επανεκδ. Cambridge Un. Pr. 1993, ελλ. εκδ. ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ, ΑΘΗΝΑ 1995.
15. HARRÉ H. R. επιμέλεια, «ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΣΚΕΨΗ 1900 - 1960», αγγλική εκδ. by Clarendon Press, Oxford 1969, Β' έκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 1982.
16. Καραός Γιάννης, «Οι θετικές επιστήμες στον ελληνικό χώρο», (15ος - 19ος αιώνας), εκδ Ι. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ, Αθήνα 1991.
17. Στεφανίδης Μιχαήλ Κ., «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΣ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ», καθ. της Ιστ. Φυσ. Επ. Πανεπ. Αθηνών, Ακαδημαϊκού, Εν Αθήναις 1938.
18. NEUGEBAUER O., «ΟΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ», τίτλος πρωτότυπου: *The Exact Sciences in Antiquity*, 2η αγγλ. εκδ. 1957, μτφ. Χ. Ζερμπίνη και Ι. Αρζόγλου, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 1990.
19. Βάρβογλης Α., «Μεγάλοι Χημικοί», υπ. “Η παλιά φρουρά”. εκδ. ΖΗΤΗ, Θεσ/κη 1995.
20. Hey Tony, Walters Patrick., «ΤΟ ΚΒΑΝΤΙΚΟ ΣΥΜΠΙΑΝ», τίτλος πρωτ. *The quantum universe*, Cambridge Un. Press, 1987, μτφ. Ν. Λιλής, 2η έκδ. ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα 1992.
21. Stewart Ian & Golubitsjy Martin, «ΕΙΝΑΙ Ο ΘΕΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΗΣ?», υπότιτλος “Η τρομερή Συμμετρία”, τίτλος πρωτότυπου: *Is God a Geometer?, Fearful Symmetry*, publ. Penguin Books, 1993, μτφ. Κ. Σαμαράς, εκδ ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ, Αθήνα 1995.
22. Jacques Jean, «ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΣΤΟΝ ΚΑΘΡΕΠΤΗ», τίτλος πρωτότυπου: *La molécule et son double*, ed. Hachette 1992, μτφ. Κ. Γεωργούλης, εκδ. ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα 1993.

23. Planck Max, «Νόημα και Όρια της Θετικής Επιστήμης», με έναν επίλογο του Fritz Krafft “Κόσμος των αισθήσεων, πραγματικός κόσμος, απόλυτα πραγματικός κόσμος. Οι ιστορικές βάσεις για την κοσμοεικόνα του Max Planck”, από την πρωτότυπη έκδοση *SINN UND GRENZEN DER EXAKTEN WISSENSCHAFT*, μτφ. Ι. Ν. Μαρκόπουλος, εκδ. UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη 1998.
24. Βάρβογλης Α., «Η ΚΡΥΦΗ ΓΟΗΤΕΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, Αθήνα 1994.
25. Freeman Dyson, «ΠΡΟΕΛΕΥΣΕΙΣ ΤΗΣ ΖΩΗΣ», τίτλος πρωτότυπου: *Origins of Life*, Cambridge Un. Pr. 1985, μτφ. Α. Τσουκαλαδάκης, εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, Αθήνα 1993.
26. Παπαζήσης Κώστας, «Τα ονόματα των χημικών στοιχείων», εκδ. DIAN BOOKS, Αθήνα 1990.
27. Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ», Πρακτικά Πανελληνίου Συμποσίου, 14-15 Οκτωβρίου 1994, Ένωση Ελλήνων Χημικών, ΑΘΗΝΑ 1996.
28. BORN MAX, «ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ», μτφ. Γ. Γεωργακόπουλος, εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, Αθήνα 1993.
29. Σπανδάγος Β., Σπανδάγου Ρ., Τραυλού Δ., «Οι θετικοί επιστήμονες της Βυζαντινής Εποχής», εκδ. ΑΙΘΡΑ, Αθήνα 1996.
30. Γεωργακόπουλος Κ., «ΑΡΧΑΙΟΙ ΕΛΛΗΝΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΕΣ», εκδ. ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Αθήνα 1995.
31. Σπανδάγος Β., Σπανδάγου Ρ., Τραυλού Δ., «Ελληνες Θετικοί Επιστήμονες από το 1453 έως το 1821», εκδ. ΑΙΘΡΑ, Αθήνα 1998.
32. Κανδήλη Ιων., «Οι θεμελιωτά των φυσικών επιστημών στη νεώτερη Ελλάδα και η εποχή τους», ΑΘΗΝΑ 1976.
33. Γεωργόπουλος Αλ., «ΓΗ, ΕΝΑΣ ΜΙΚΡΟΣ ΚΑΙ ΕΥΘΡΑΥΣΤΟΣ ΠΛΑΝΗΤΗΣ», εκδ. GUTENBERG, Αθήνα 1998.
34. Ακρίβος Περικλής, «Ιστορία της Χημείας», Κωνσταντινούπολη, 1869.
35. Κουρίλας Ευλόγιος, «Ιστορική Βιβλιογραφία», υπ. “Τα φυτικά και αι συναφείς εν Ελλάδι επιστήμαι απ’ αρχής μέχρι του παρόντος, ήτοι Φαρμακολογία, Ιατρική, Διαιτητική, Αλχημεία, κά., τόμος Α΄, Αθήνα 1938.
36. Μέρμηγκας Κωνσταντίνος (καθ. Παν/μίου Αθηνών), «Η διαίρεσις των επιστημών», Εκδ. Οίκος ΔΗΜ. Ν. ΤΖΑΚΑ, Αθήνα 1931.
37. Μέρμηγκας Κωνσταντίνος, «Επιστημολογία ήτοι εισαγωγή εις την σπουδὴν των επιστημών», Εκδ. Οίκος ΔΗΜ. Ν. ΤΖΑΚΑ, ΣΤΕΦ. ΔΕΛΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑ, Αθήνα 1933.
38. Μέρμηγκας Κωνσταντίνος, « Ιστορία των Επιστημών (θεωρητικών και θετικών από των αρχαιοτάτων χρόνων μέχρι των καθ’ ημάς)», Αθήνα 1940.
39. Στεφανίδης Μιχαήλ Κ., «Η πρώτη νεοελληνική χυμική ονοματολογία», Νέα Ημέρα, Αθήνα 1908.
40. Στεφανίδης Μιχαήλ Κ., «Συμβολαί εις την Ιστορίαν των Φυσικών Επιστημών και ιδίως της Χυμείας», Βασιλικόν Τυπογραφείον Νικ. Αθ. ΧΙΩΤΗ Αθήνα 1914.
41. Χρηστομάνος Αν., «Φυσικαί Επιστήμαι και πρόοδος», ΑΘΗΝΑ 1897.
42. «Η έννοια της ύλης στη νεοελληνική αναγέννηση», Γιάννης Καράς, εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, Αθήνα 1997.
43. Stengers Isabelle - Bensaude- Vincent B., «Ιστορία της Χημείας», τίτλος πρωτότυπου: *Historie de la Chimie*, Éd. La Decouverte, μτφ Ι. Μπιτσάκης, εκδ. Π. Τραυλός, ΑΘΗΝΑ 1999.
44. Leicester Henry M., «Ιστορία της Χημείας», τίτλος πρωτότυπου: *The Historical Backround of Chemistry*, DOVER Publ. 1971, μτφ. Γ. Γεωργακόπουλος, εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, Αθήνα 1993.

45. Atkins Peter W., «Το Περιοδικό Βασίλειο», υπ. “Ταξιδεύοντας στη χώρα των χημικών στοιχείων”, τίτλος πρωτότυπου: *Periodic Kingdom, A Journey into the land of the chemical elements*, HarperCollins Publ. 1995, μτφ. Αλ Μάμαλης, εκδ ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα 1996.
46. 46. Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ., «ΙΣΤΟΡΙΑ Των Επιστημών Και Της Τεχνολογίας», υπ. “Στοιχεία από την ιστορία των Μαθηματικών, της Αστρονομίας, της Φυσικής, της Χημείας και της Τεχνολογίας”, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1999.
47. 47. Τσαγκάρης Ιωάννης, «Από τη Βυζαντινή Χυμευτική στην Αραβική Αλχημεία», εκδ. ΤΡΙΤΟ ΜΑΤΙ, ΑΘΗΝΑ 1998.
48. 48. Asimov Isaac, «ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΩΝ», τίτλος πρωτότυπου: *Asimov's Chronology of Science and Discovery*, Harper & Row Publ., μτφ. Γιώργος Μπαρουξής- νικηφόρος Σταματάκης, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 1997.
49. 49. Gamow George, «Οι περιπέτειες του κ. Τόμπκινς», υπ. “Στο μαγικό κόσμο της σχετικότητας και της κβαντικής Φυσικής”, πρόλογος Ρότζερ Πενρόουζ, τίτλος πρωτότυπου: *MR TOMPIKINS IN PAPERBACK*, ed. Cambridge University Press, 1980, μτφ. Ν. Κοτρίδης, εκδ. ΔΙΑΥΛΟΣ, Αθήνα 1995.
50. 50. «ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ: ΙΔΕΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΙΔΕΙΑ», υπ. “ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ”, τόμοι Α΄ και Β΄, Πρακτικά του Διεθνούς Συμποσίου 21 - 25 Σεπτεμβρίου 1987 της Εταιρείας Μελέτης Νέου Ελληνισμού, εκδ. Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς, ΑΘΗΝΑ 1989.
51. 51. Spiridonov O. P., «Universal Physical Constants», MIR publ. 1986.
52. 52. Ihde Aaron J., «The Development of Modern Chemistry», publ. Dover, (1964) 1984.
53. 53. Vlasov & Trifonov, «107 stories about chemistry», publ. MIR, 1977.
54. 54. Jaffe Bernard, «Chemistry, creates a new world», με εισαγωγή του Glenn Seaborg (Νόμπελ Χημείας), publ. PYRAMID, 2nd ed. 1962.
55. 55. Benfey Theodor, «Classics in the Theory of chemical combination», publ. DOVER, 1962.
56. 56. Kuznetsov I., Fayershtein M. G., Makareyna A. A., Solovyov Yu. I., Staroselsky P. I., Dmitriev S. I., «Theory of valency in progress», publ. MIR, 1980.
57. 57. Leicester H. M., «The Historical background of chemistry», publ. DOVER, 1956.
58. 58. Partington J. R. «A short History of chemistry», (1957) 1989, DOVER.
59. 59. Hill J. W., «Chemistry for Changing times», publ. Surjeef, 1975.
60. 60. Crosland M. P., «Historical studies in the Language of Chemistry», DOVER.
61. 61. Knight Gareth, «ΜΑΓΟΙ ΚΑΙ ΑΛΧΗΜΙΣΤΕΣ», “Η ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΔΥΣΗΣ, Η Ιστορική αναδρομή των Εσωτερικών Κινημάτων της Δύσης”, τίτλος του πρωτοτύπου, «A History of White Magic», by A. R. Mowbray & Co LTD, 1978, μτφρσ. Μάμαλης Ηλίας, εκδ. ΙΑΜΒΛΙΧΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1989.
62. 62. Jaffe B., «Crucibles: the story of Chemistry», DOVER, 1976.
63. 63. Trifonov D. N. & Trifonov V. D., «Chemical Elements - How they were discovered», publ. MIR, 3rd print. 1989.
64. 64. Petryanov I. V. & Trifonov D. N., «Elementary order», MIR 1984.
65. 65. Hudson John (Anglia Polytechnic Cambridge), «THE HISTORY OF CHEMISTRY», publ. MACMILLAN, London 1992.
66. 66. Martynenko L. I. and Spitsyn V. I., «Methodological Aspects of the Course in Inorganic Chemistry», MIR, 1986.
67. 67. Atkins Peter, «The Periodic Kingdom», “A Journey into the land of chemical elements”, ed. WEINDENFELD & NICHOLSON, 1995.

68. Brock William H., «THE FONTANA HISTORY OF CHEMISTRY», Fontana Press, 1992.
69. Russell C. A., «THE HISTORY OF VALENCY», HUMANITIES PRESS, UK 1971.
70. Pauling Linus, «THE NATURE OF THE CHEMICAL BOND», CORNELL UNIVERSITY PRESS, Ithaca, New York, 3th ed. 1960.
71. Mason Stephen F., «CHEMICAL EVOLUTION», ed. OXFORD 1992.
72. Agricola Georgius, «DE RE METALLICA», trans. Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, DOVER, New York, 1950.
73. «75 YEARS OF GREAT CHEMISTRY», ed. Chemical Engineering, 12 January 1998.
74. Cooper H. Langford and Ralph A. Beebe, «THE DEVELOPMENT OF CHEMICAL PRINCIPLES», publ. DOVER, 1969.
75. Derry and Williams, «A Short History of Technology», “From the earliest Times to A.D. 1900”, ed. DOVER, 1960.
76. Sarton Georg, «ANCIENT SCIENCE THROUGH THE GOLDEN AGE OF GREECE», ed. DOVER, 1952.
77. Sarton Georg, «HELLENISTIC SCIENCE AND CULTURE IN THE LAST THREE CENTURIES B.C.», ed. DOVER, 1959.
78. Salzberg Hugh W., «FROM CAVEMAN TO Chemist», “Circumstances and Achievements”, ed. American Chemical Society, Washington, DC 1991.
79. ΚΑΡΛ ΖΑΚ & ΓΚΡΑΝΖΕ ΜΙΣΣΕΛ (Jacques Carles et Mishel Granger), «Η ΑΛΧΗΜΕΙΑ, ΕΞΩΓΗΪΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ;», ed. Albin Mishel, μτφ. ΛΟΪΣΚΑ ΑΒΑΓΙΑΝΟΥ, εκδ. ΑΣΤΑΡΤΗ.
80. «ΑΛΧΗΜΕΙΑ», υπ. “το κλειδί των μυστηρίων”, εκδ. ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ, 1998 (γράφουν διάφοροι, όπως Γιαννουλάκης Παντελής, Θεοδοσιάδης Ναούμ, Μιρτσέα Ελιάντε, Αυλίδου Εύας, Άνθη Άρη, Χειλαδάκη Νίκου, Κυριακού Ντέμη, Αστεριάδου Χρυσής).
81. Coudert Allison, «ΑΛΧΗΜΕΙΑ: Η φιλοσοφική λίθος», πρωτότυπος τίτλος: *ALCHEMY: The Philosopher's Stone*, ed. Wildwood House Ltd. London 1980, μτφ. Α. Τσάκαλης, εκδ. ΠΥΡΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ, 1982.
82. MONO-EPZEN Z., «Η ΑΛΧΗΜΕΙΑ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ», υπ. “ΟΙ ΑΠΑΡΧΕΣ ΤΗΣ, Ο ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ, Ο ΣΜΑΡΑΓΔΙΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ”, μτφ. Γ. Βαφειάδης, εκδ. ΜΠΑΡΜΠΟΥΝΑΚΗΣ.
83. Berhelot M., «Οι αρχές της Αλχημείας», μτφ. Μ. Στεφανίδης, ΑΘΗΝΑ 1906.
84. «ΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ», του Ερμή του Τρισμέγιστου, αρχαίο κείμενο και μετάφραση Περικλής Ροδάκης και Απόστολος Τζαφερόπουλος, εκδ. ΠΑΡΑΣΚΗΝΙΟ, Αθήνα 1990.
85. Kieckhefer Richard, «Η ΜΑΓΕΙΑ ΣΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΑ», μτφ. Σοφία Πετρόχειλου, εκδ. ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ, Αθήνα 1990.
86. Feynman Richard P., «QED», υπ. “Κβαντική Ηλεκτροδυναμική», αμερικάνικη έκδοση από την Princeton Un. Press, 1985, μτφ. Θ. Τσουκαλαδάκης, εκδ. ΤΡΟΧΑΛΙΑ, ΑΘΗΝΑ 1987.
87. Heisenberg Werner, «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», μτφ. Δημοσθένη Κούρτοβικ, εκδ. ΚΑΛΒΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1971.
88. Kitaigorodsky A. I., «ORDER AND DISORDER IN THE WORLD OF ATOMS», Mir publ. Moskow 1980.
89. Holmyard Eric John, «ALCHEMY», ed. DOVER 1990.
90. Read John, «FROM ALCHEMY TO CHEMISTRY», ed. DOVER, 1995.

91. 91. Κούτουλας Διαμαντής (φιλόλογος), «ΟΙ ΧΑΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ», εκδ. ΝΕΑ ΘΕΣΙΣ, Αθήνα 1998.
92. 92. «Ο ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ ΚΑΙ Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», Κώστας Αξελός, τίτλος πρωτότυπου: Héraclite et la philosphie, Les Editions de Minuit, 1962, μτφ. Δημ. Δημητριάδης, εκδ. ΕΞΑΝΤΑΣ, Αθήνα 1976.
93. 93. «Ηράκλειτος», ΑΠΑΝΤΑ, αρχαίο κείμενο και μτφ Τάσος Φάλκος-Αρβανιτάκης, εκδ. ΖΗΤΡΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1999.
94. 94. «ΘΑΛΗΣ, ΑΝΑΞΙΜΑΝΔΡΟΣ, ΑΝΑΞΙΜΕΝΗΣ», αρχαίο κείμενο και μτφ Δημήτρης Ρήσος, εκδ. ΕΞΑΝΤΑΣ, ΑΘΗΝΑ 1991.
95. 95. «ΛΕΥΚΙΠΠΟΣ, ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», υπ. “Η ατομική θεωρία”, αρχαίο κείμενο και μτφ. Ευαγγελία Μπουρνή, ΕΞΑΝΤΑΣ, Αθήνα 1995.
96. 96. ΠΛΑΤΩΝ, «Τίμαιος», αρχαίο κείμενο και μτφ Θ. Βλυζιώτης, Χ. Παπαναστασίου, εκδ. Ι. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ, Αθήνα.
97. 97. «ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ, ΑΠΑΝΤΑ», αρχαίο κείμενο και μτφ. φιλολογική ομάδα ΚΑΚΤΟΥ, εκδ. ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1994.
98. 98. ΠΛΑΤΩΝ, «Κρατύλος», υπ. “ή περί ορθότητος των ονομάτων”, αρχαίο κείμενο και μτφ. φιλολογική ομάδα ΚΑΚΤΟΥ, εκδ. ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1992.
99. 99. «ΗΣΙΟΔΟΣ, ΑΠΑΝΤΑ, Θεογονία, Έργα και Ημέραι, Ασπίς, Αποσπάσματα», αρχαίο κείμενο και μτφ. Σωκράτης Σκαρτσής, εκδ. ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1993.
100. 100. «ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ, ΑΠΑΝΤΑ, Χαρακτήρες, Περί ευσέβειας, Περί πυρός, Περί λίθων», αρχαίο κείμενο και μτφ. φιλολογική ομάδα ΚΑΚΤΟΥ, εκδ. ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1998.
101. 101. «ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ», σε 2 τόμους, αρχαίο κείμενο και μτφ. φιλολογική ομάδα ΚΑΚΤΟΥ, εκδ. ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1994.
102. 102. Servos John W., «PHYSICAL CHEMISTRY FROM ASTWALD TO PAULING», υπ. “The Making of a Science in America”, ed. PRINCETON UN. PRESS, 1990.
103. 103. Δημοτάκης Ν. Παύλος, «Το χάος και η φυλή των Ελλήνων», Αθήνα 1996.
104. 104. Λάζος Χρήστος Δ., «ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ Ο ΕΥΦΥΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ», εκδ. ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1995.
105. 105. Παύλου Λεωνίδα, «ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ», εκδ. Πανελλήνιος Φαρμακευτικός Σύλλογος, 1990.
106. 106. Διονυσίου Πύρρου του Θεταλού, «ΦΑΡΜΑΚΟΠΟΪΑ ΓΕΝΙΚΗ, εκ των πλέον νεωτέρων σοφών χυμικών και φαρμακοποιών συγγραφέων της Ευρώπης. Μάλιστα εκ του σοφού χυμικού Βρουνατέλου ». Εν Κωνσταντινουπόλει, 1818.
107. 107. Coulson C. A., «Το σχήμα και η δομή των μορίων», τίτλος πρωτότυπου: *The shape and stucture of molecules*, Clarendon Press, Oxford 1973, ομαδική μτφ. Γερ. Κουρούκλης, Περ. Τσέκερης, Αγησ. Μπολοβίνος, Μαν. Πάντος, Γιάννης Φίλης, εκδ. Γ. Α. ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΣ.
108. 108. Murrell John N., Kettle Sydney F., Tedder John M., «Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ», υπ. “Μία εισαγωγή στην κβαντική χημεία”, πρωτότυπος τίτλος: *THE CHEMICAL BOND*, 1985 ed. John Wiley & Sons, μτφ. Σταύρος Φαράντος, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, 1991.
109. 109. Lavoisier Antoine-Laurent, «ELEMENTS OF CHEMISTRY», with a new Introduction by DOUGLAS McKIE, πλήρης τίτλος *Elements of Chemistry, in a new systematic order, containing all the modern discoveries*, Trans. by Robert Kerr, DOVER Publ. New York 1965.
110. 110. «HISTORY OF CHEMISTRY WALLCHARTS SERIES», Modern Atomic and Molecular Theory 1900-1960, από την History of Chemistry Group του N. G. Coley, ed. by THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 1996.

111. 111. Brown G. I., «A New Guide to Modern Valency Theory», ed. LONGMAN, third impression 1970, London.
- 112.** 112. NEWMARK Δρ ANN, «ΧΗΜΕΙΑ», της σειράς ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ-DORLING KINDERSLEY, Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου, μτφ Πέτρος Πακωνσταντίνου, εκδ. ΔΕΛΗΘΑΝΑΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ ΕΠΕ, ΑΘΗΝΑ 1993.
113. 113. Cooper Christopher, «ΥΛΗ», της σειράς ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ -DORLING KINDERSLEY, Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου, μτφ Πέτρος Παπακωνσταντίνου, εκδ. ΔΕΛΗΘΑΝΑΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ ΕΠΕ, ΑΘΗΝΑ 1992.
114. 114. Challoner Jack, «ΕΝΕΡΓΕΙΑ», της σειράς ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ-DORLING KINDERSLEY, Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου, μτφ Πέτρος Παπακωνσταντίνου, εκδ. ΔΕΛΗΘΑΝΑΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ ΕΠΕ, ΑΘΗΝΑ 1993.
115. 115. van Rose Susanna «ΓΗ», , της σειράς ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ -DORLING KINDERSLEY, Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου, μτφ Βασίλης Περγλέρος, εκδ. ΔΕΛΗΘΑΝΑΣΗΣ-ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ ΕΠΕ, ΑΘΗΝΑ 1994.
116. 116. MACMILLAN DICTIONARY OF « THE HISTORY OF SCIENCE», ed. by W. F. Bynum, E. J. Browne and Roy Porter, MacMillan, London, 1985.
117. 117. Millar David, Millar Ian, Millar John, Millar Margaret, THE CAMBRIDGE DICTIONARY OF SCIENTISTS, Cambridge University Press, 1996.
118. 118. Busev A. I., Efimov I. P., «CHEMISTRY DEFINITIONS, NOTIONS, TERMINOLOGY»,MIR Publ., Moskow 1987.
119. 119. Daintith John B., Beckett B. S., Hands R. A. «CONCISE DICTIONARY OF CHEMISTRY», ed. Oxford Science, UK 1985.
120. 120. Godman Arthur, «LONGMAN DICTIONARY OF SCIENTIFIC USAGE», ed. Longman, UK 1981.
- 121.** 121. Sharp D. W., «The Penguin DICTIONARY of Chemistry», UK 1996.
- 122.** 122. Rajkumar, Satish Anand, «DICTIONARY OF ANALYTICAL CHEMISTRY», ed. ANMOL, New Delhi 1990.
123. 123. Scott William A. H., «CHEMISTRY BASIC FACTS», ed. Harper-Collins, UK 1996.
124. 124. Upshall M., *Huthinson Pocket* «Dictionary of Chemistry», ed. HELICON, 1993.
125. 125. Atkins P. W., «CONCEPTS IN PHYSICAL CHEMISTRY», ed. Oxford University Press, 1995.
126. 126. «HAND BOOK of CHEMISTRY and PHYSICS», ed. D. R. Lide, CRC PRESS, 73th ed. 1992-1993.
127. 127. «The MERCK INDEX», 9th ed. publ. by MERCK, USA 1976.
- 128.** 128. Αλεξάνδρου Ν., Ακριβός Π., Θεσσαλονικέως Ε., «ΧΗΜΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΜΕ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ», εκδ. ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1995.
129. 129. «LANGE'S HANDBOOK OF CHEMISTRY», 13th ed., McGRAW HILL, New York 1985.
130. 130. Aylwrd G. & Findlay T., «SI Chemical Data», 3th ed., John Wiley & Sons, 1994.
131. 131. Tikunova I., Artemenko A., Malevanny V., «A Primer of Chemical Laboratory Practice»,MIR Publishers, Moskow 1988.
132. 132. Lewis M., «Advanced Chemistry», Revision Handbook, ed. Oxford University Press 1996.
133. 133. ΑΓΓΛΟΕΛΛΗΝΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ «ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΓΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΟΡΩΝ», επιμέλεια έκδοσης Κ. Ευσταθείου, ΑΘΗΝΑ 1998.
134. 134. Κανναβάς Κ., «ΑΓΓΛΟΕΛΛΗΝΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΡΩΝ», εκδ. ΚΑΡΔΑΜΙΤΣΑ, ΑΘΗΝΑ 1976.

135. 135. Γιαννακόπουλου Γ., Σιαρένου Ε., «ΛΕΞΙΚΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ», mitcigan press, εκδ. ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΙΟΣ, ΑΘΗΝΑ .
136. 136. «ΛΕΞΙΚΟ των ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ», Neil Ardley, ed. DORLING KINDERSLEY, μτφ. Πέτρος Παπακωνσταντίνου, ελληνική έκδοση ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ, 1994.
137. 137. Hionides Harry T., «An ENGLISH-GREEK TECHNICAL DICTIONARY», 2η έκδοση Πεχλιβανίδης, ΑΘΗΝΑ 1966.
138. 138. Κοφινιώτης Ευάγγελος Κ., «ΛΕΞΙΚΟΝΟΜΗΡΙΚΟΝ», ΑΘΗΝΑ 1886.
139. 139. «ΛΕΞΙΚΟ ΣΟΥΔΑ» ή ΣΟΥΪΔΑ, λεξικό πιθανόν συλλογικής εργασίας, το οποίον περιέχει 12 000 λήμματα του 10ου μ. Χ. αιώνα, που καταγράφει πολλά στοιχεία αρχαιοελληνικά και ελληνιστικών χρόνων, χωρίς να έχουν υποστεί λογοκρισία από την χριστιανική εκκλησία.
140. 140. Ραγκαβής Αλέξανδρος, «ΛΕΞΙΚΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ», 2 τόμοι 1589 σελίδων, εκδ. ΑΝΕΣΤΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ, ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1888.
141. 141. Κωνσταντινίδης Ανέστης, «ΛΕΞΙΚΟΝ ΚΥΡΙΩΝ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΜΥΘΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ», ονομάτων αναφερομένων στην Αρχαία Ελληνική Γραμματεία, εκδ. ΕΚΑΤΗ, ΑΘΗΝΑ 1997.
142. 142. «Ξαβερίου Λανδερέρ, «ΧΗΜΕΙΑ», σε 2 τόμους (ο δεύτερος έχει υπότιτλο: ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ) ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ, ΕΚ ΤΗΣ ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ, 1842. Στον 2ο τόμο περιέχονται και τα «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ» του ιδίου συγγραφέα. Είναι η πρώτη αναλυτική χημεία που γράφτηκε στην Ελλάδα. Ο πρώτος τόμος της Γενικής του Χημείας γράφτηκε σε συνεργασία με τον Ι. Σαρτώριο το 1840. Το 1861 ο Λάνδερερ έγραψε Γενική Χημεία (Ανόργανος, Οργανική, Αναλυτική), της οποίας έδωσε τον τίτλο «Κατηχητική».
143. 143. Ιωάννου Αθ. (καθηγητής και διευθυντής για ένα διάστημα της Ζωσιμαίας), «Μαθήματα Χημείας», Εν Κωνσταντινουπόλει, 1921.
144. 144. Pack R. A., «The Greek and Latin Literary Texts from Greco-Roman Egypt», βασικό βοήθημα στον τομέα της κλασικής φιλολογίας, που περιέχει 4 σελίδες με παπύρους για την αλχημεία και τη χημεία (οι σελίδες είναι από 1997 ως και 2000).
145. 145. Nozoe Tetsuo, «Seventy Years in Organic Chemistry», ACS.
146. 146. Further F. William, «HISTORY OF CHEMICAL ENGINEERING, ACS.
147. 147. Δαμβέργης Αναστάσιος (1857-1920), «Στοιχεία Χημείας», εκδόσεις 1890, 1901, 1909.
148. 148. Εμμανουήλ Εμμανουήλ, Δαλιέτου Ι., «Χημεία Γενική», ΑΘΗΝΑΙ 1938.
149. 149. Χρηστομάνος Αναστάσιος (1841-1906), «Εισαγωγήν εις την Ανόργανον Χημεία», ΑΘΗΝΑΙ 1871.
150. 150. Χρηστομάνος Αναστάσιος (1841-1906), «Εισαγωγήν εις την Οργανικήν Χημεία», ΑΘΗΝΑΙ 1872.
151. 151. Χρηστομάνος Αναστάσιος, «Εγχειρίδιον Χημείας κατά τας νεωτέρας της επιστημονικής θεωρίας, Οργανική χημεία, τόμος 2ος», ΑΘΗΝΑΙ 1889.
152. 152. Χρηστομάνος Αναστάσιος, «Στοιχεία Χημείας», Β' Έκδοσις, Αθήναι 1881.
153. 153. Χρηστομάνος Αναστάσιος, «Πανάρχαια μέταλλα», Αθήναι, 1901.
154. 154. Κομνηνός Τηλέμαχος (1862-1925), «Μαθήματα Χημείας», λιθογραφημένα, ΑΘΗΝΑΙ 1894.
155. 155. Κομνηνός Τηλέμαχος (1862-1925), «Αναλυτική χημεία», Ποιοτική Ανάλυσις, Β' έκδοσις, ΑΘΗΝΑΙ 1914.
156. 156. Βουρνάζος Χ. Αλέξανδρος (1877-1944), «Ιστορικά επί της ιδρύσεως του Πολυτεχνείου», ΑΘΗΝΑΙ 1937.
157. 157. Πολίτης Αθανάσιος, καθηγητής στην Ιόνιον Ακαδημία, «Στοιχεία Χημείας», τόμος πρώτος (ο δεύτερος δεν δημοσιεύθηκε), Κέρκυρα 1847.

158. 158. Πολίτης Αθανάσιος, «Περί χημικής ονοματολογίας», Ανθολογία Ιονίου Ιανουαρίου του 1834.
159. 159. Emsley John, «THE ELEMENTS», second edition, CLARENDON PRESS - OXFORD, 1991.
160. 160. Χρηστομάνος Αναστάσιος (1841-1906), «Κατάλογος φυσικοχημικών συγγραμμάτων Εθνικής Βιβλιοθήκης», ΑΘΗΝΑΙ 1865.
161. 161. Davy Humphry, «On a Combination of Oxymuriatic Gas and Oxygene Gas», *Philosophical Transactions of Royal Society*, vol. **101**, pp. 152-162 (1811), Read February 21, 1811.
162. 162. Langmuir Irving, «The structure of atoms and the octet theory of valence», *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol. V, 252, 1919.
163. 163. van 'tHoff J. H., «The role of osmotic pressure in the analogy between solutions and gases», *Zeitschrift fur physikalische Chemie*, vol. 1, pp. 481-508, 1887.
164. 164. Berthelot Marchellin, «On Systems of Chemical of Notation», letter of M. Berthelot to Moniteur Scientifique **19**, 1254-1256, translated by P. Casamajor, *American Journal of Science* **115**, 184-187, 1878.
165. 165. Kossel W., «Molecule Formation as a Question of Atomic Structure», *Annalen der Physik* 49, 229-362, 1916.
166. 166. Nagaoka H., «Kinetics of a System of Particles illustrating the Line and the Band Spectrum and the Phenomena of Radioactivity», (professor of Physics, Imperial University, Tokyo), *Philosophical Magazine*, Series 5, Volume 7, p. 445-455, May 1904.
167. 167. Hess Germain Henri, «Recherches thermochimiques», *Bulletin scientifique Académie impériale des sciences*, Volume 8, p. 257-272, St. Petersburg 1840.
168. 168. Cannizzaro Stanislao, «Sketch of a Course of Chemical Philosophy», Letter to Professor S. De Luca, Given in the Royal University of Genoa, *Il Nuovo Cimento*, vol. vii, pp. 321-366, 1858.
169. 169. Lewis N. Gilbert, «The Atom and the Molecule», *Journal of American Chemical Society*, Volume 38, pages 762-786, 26 January 1916.
170. 170. Bury R. Charles, «LANGMUIR'S THEORY OF THE ARRANGEMENT OF ELECTRONS IN ATOMS AND MOLECULES», *Journal of American Chemical Society*, Volume 43, pages 1602-1609, 28 APRIL 1921.
171. 171. Calzaferri Gion, «Oxidation Numbers», (Department of Chemistry and Biochemistry, University of Berne, Freiestrasse 3, 3000 Berne, Switzerland), *Journal of Chemical Education*, Vol. 76 No 3, pp. 362-363, March 1999.
172. 172. Sörenson S. P. L., «The Measurement and Meaning of Hydrogen Ion Concentration in Enzymatic Processes», *Biochemische Zeitschrift*, 21, 131-200, 1909.
173. 173. Coulson C. A., «VALENCE», 2nd edition, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1961.
174. 174. Clark John O.E., Hemsley William, «HARRAP'S Chemistry, mini dictionary», HARRAP, London 1991.
175. 175. Dmitriev I. S., «SYMMETRY IN THE WORLD OF MOLECULES», Mir publ. Moscow 1979.
176. 176. Rossotti Hasel, «Diverse atoms, Profiles of the chemical elements», OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1998.
177. 177. Heisenberg Werner, «Η εικόνα της φύσης στη σύγχρονη φυσική», μτφρσ. Τσαμκοράνη-Γεωργανοπούλου Α., εκδ. ΑΦΟΙ ΣΑΚΚΟΥΛΑ, Θεσσαλονίκη 1971.
178. 178. Jaffe W. Howard, «Introduction to crystal chemistry», Cambridge University Press, 1988.
179. 179. Pure and Applied Chemistry, vol **70**, No 1, page 196, IUAPC, January 1998.

180. 180. Lyalikov Yu. S., Klyachko Yu. A., «Theoretical Foundations of Modern Chemical Analysis», Mir publ. Moskow 1980.
181. 181. Shulpin G. B., «Learning About Chemistry», Mir Publ. 1989.
182. 182. IUPAC, «Basic terminology of stereochemistry», Recommendations 1996, *Pure and Applied Chemistry* **68**, p. 2193-2222.
183. 183. IUPAC, «Glossary of terms used in theoretical organic chemistry», Commission on Physical Organic Chemistry, Recommendations 1999, *Pure and Applied Chemistry* **71**, p. 1919-1981.
184. 184. McDuell Bob, «CHEMISTRY», A level, Letts educational, London, 1996.
185. 185. Cotton & Wilkinson, «Advanced Inorganic Chemistry», *a comprehensive text*, third ed. 1985.
186. 186. Douglas E.B., McDaniel H.D., «Concepts and Models of Inorganic Chemistry», *OXFORD Publ.* 1965.
187. 187. Braun-Kruger, «Ανόργανη Χημεία», τίτλος της γερμανικής έκδοσης: «Anorganische Chemie», (1976, München), εκδ. Κτίστη, Αθήνα 1979.
188. 188. Braun-Kruger, «Οργανική Χημεία», εκδ. Κτίστη, Αθήνα 1979.
189. 189. Butler Ian, Harrod John (McGill University), «Ανόργανη Χημεία», Αρχές και Εφαρμογές, μτφσ. Κουτσολέλος Αθ. (παν/μιο Κρήτης) εκδ. Κωσταράκη, Αθήνα 1994.
190. 190. Butler Ian S., Harrod John F., (McGill University), «Inorganic Chemistry», Principles and Applications, The Benjamin/Cummihgs Publishing Company, 1989.
191. 191. Δαμβέργη Αναστασίου, Κομνηνού Τηλέμαχου (καθ. και υφηγ. αντίστοιχα Παν/μίου Αθηνών), «ΦΑΡΜΑΚΟΓΡΑΦΙΑ», Χημικά Ανόργανα Φάρμακα, Εν Αθήναις 1908.
192. 192. Ματθαίου Γεωργίου Θ., «ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», τόμος πρώτος, ΛΙΠΑΡΑΙ ΟΥΣΙΑΙ, Αθήνα 1917.
193. 193. IUPAC, «Nomenclature of Inorganic Chemistry», Recommendations 1990, edited by G. J. Leigh, Blackwell Scientific Publications, 1990.
194. 194. Leigh G. J., Favre H. A. and Metanomski, «Principles of Chemical Nomenclature», A Guide to IUPAC Recommendations, ed. by Leigh, Blackwell Science 1998.
195. 195. Μαυρόπουλος Σ. Μ., Καπετάνου Ε., «ΧΗΜΕΙΑ» Α΄ Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ 1999.
196. 196. Χηνιάδης Δημήτρης, «Η ονοματολογία της ανόργανης χημείας κατά IUPAC, μία ατραπός για τα ελληνικά δεδομένα», 10ο επιμορφωτικό σεμινάριο, εκδ. ΕΕΧ, σελ. 6-10, Αθήνα 2000.
197. 197. IUPAC, «Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry», prep. for publ. Mills Ian, Cvitas Tomislav, Homann Klaus, Kallay Nikola, Kuchitsu Kozo, second ed. Blackwell Science, 1996.
198. 198. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΩΣΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ, «Μεγέθη, Μονάδες και Σύμβολα στη Φυσικοχημεία», Ετοιμάστηκε για δημοσίευση από τους Mills Ian, Cvitas Tomislav, Homann Klaus, Kallay Nikola, Kuchitsu Kozo, 2η έκδοση, απόδοση στα ελληνικά Ν. Α. Κατσάνος, Γ. Καραϊσκάκης, 30/6/1999.
199. 200. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΩΣΗ ΚΑΘΑΡΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ, «ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ», Καθοριστικοί κανόνες 1970, 2η έκδοση, απόδοση στα ελληνικά Δ. Κατάκης, Γ. Πνευματικάκης, Μ. Παναγιώτου και Μ. Περέτση, ΕΕΧ ΑΘΗΝΑ 1989.
200. 201. Fialkov Yu. Ya., «The extraordinary properties of ordinary solutions», MIR Publ., Moscow 1985.
201. 202. Clark John O. E., «CHEMISTRY», The Hamlyn Publ. Group Ltd. London, 1971.

202. 203. Krestov G.A., Kobenin V.A., «From Crystal to Solution», MIR Publ. Moscow 1986.
203. 204. Murmann Kent R., «Inorganic Complex Chemistry», REINHOLD PUBL. CORP., London 1964.
204. 205. Luder W.F., Zuffanti Saverio, «The Electronic Theory of Acids and Bases», Publ. DOVER, New York 1961.
205. 206. Καράς Γιάννης, «Ιστορία των Επιστημών», *Νεοελληνική Βιβλιογραφία*, ΕΙΕ, Αθήνα 1997.
206. 207. Chadwick D. J., Duce P.P., Gilchrist T.L., Margerison D., Storr R.C., Walker S.M., «Stereochemistry», Longman Scientific Technical, New York 1989.
207. 208. Kelsey Erwin B., Diedrich Harold G., «Fundamental of Semimicro Qualitative Analysis», McMillan Comp., (1st ed. 1940) New York 1951.
208. 209. Heisenberg Werner, «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», μτφρσ. Δημοσθένη Κούρτοβικ, ΚΑΛΒΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1971.
209. 210. Αϊνστάιν Άλμπερτ, «Η ΚΙΝΗΣΗ BROWN», μία από τις πρώτες του μελέτες στο Γραφείο Ευρεσιτεχνίας (Patent Office), μτφρσ. Γ. Κόκκινος και Μ. Κακκαβά, εκδ. ΚΟΡΟΝΤΖΗ, ΑΘΗΝΑ.
210. 211. Nuffield Advanced Science, CHEMISTRY, Students'book I, Topics 1 to 12, by Penguin Books, 1971.
211. 212. Nuffield Advanced Science, CHEMISTRY, Students'book II, Topics 13 to 19, by Penguin Books, 1971.
212. 213. Nuffield Advanced Science, CHEMISTRY, Ion exchange aspecial study, by Penguin Books, 1970.
213. 214. Σπανδάγου Βαγγέλη, «Οι Φυσικοί Επιστήμονες της Αρχαίας Ελλάδας», εκδ. Αίθρα, Αθήνα 1999.
214. 215. Gribbin John and Mary, «Faraday in 90 minutes», Constable, London 1997.
215. 216. Sharma K. K., «Problems in Physical Chemistry», VANI EDUCATIONAL, Delhi 1981.
216. 217. Jain D. V. S., Jauhar S. P., «Physical Chemistry», Principles and Problems, Tata McGraw-Hill Comp. New Delhi, 1990.
217. 218. Bansal Raj K., «Organic Reaction Mechanisms», second ed., Tata McGraw-Hill Comp. New Delhi, 1990.
218. 219. Block Peter B., Powell Warren H., Fernelius Conard W., «Inorganic Chemical Nomenclature», Principles and Practice, American Chemical Society, Washington, DC 1990.
219. 220. IUPAC, «ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ», Οδηγός για τη χρησιμοποίηση της ονοματολογίας της Ανοργάνου Χημείας, Οριστικοί κανόνες 1977, ελλην. μτφρσ. Δ. Κατάκης, Γ. Πνευματικάκης, Μ. Παναγιώτου και Μ. Περέτση, ΕΕΧ ΑΘΗΝΑ 1989.
220. 221. Μπόκαρης Ευθ. Π. (επίκουρος καθ. Παν/ου Ιωαννίνων), «ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», Ιωάννινα 2000.
221. 222. Tikavy V. F., «General CHEMISTRY in Formulas, Definitions, and Diagrams», Transl. by G. Leib, MIR, Moscow 1990.
222. 223. Holman John, CHEMISTRY, ed. NELSON, UK, 1995.
223. 224. Hill John W., Kolb Doris K., CHEMISTRY for changing times, PRENTICE-HALL INTERNATIONAL, New Jersey 1998.
224. 225. McDuell Bob, A LEVEL Questions and Answers, Letts EDUCATIONAL, London 1995.
225. 226. Lewis Michael, «Advanced CHEMISTRY», Oxford University Press 1996.

226. 227. Kroschwitz Jacqueline I., Winokur Melvin, Lees Bryan A., «CHEMISTRY», WCB 1995.
227. 228. McQuarrie Donald A., Rock Peter A., GENERAL CHEMISTRY, 3rd ed. W. H. FREEMAN and Company, New York 1987.
228. 229. Mascetta Joseph A., CHEMISTRY, 3rd ed. BARRON'S, New York 1996.
229. 230. Atkins Peter, Jones Loretta, «Chemistry: Molecules, Matter, & Change», 3rd ed. W. H. FREEMAN and Company, New York 1997.
230. 231. Eisner Werner, Fladt Rüdiger, Gietz Paul, Justus Axel, Laitenberger Klaus, Schierle Werner, «elemente chemie I», Unterrichtswerk für Gymnasien, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1986.
231. 232. Amann Wolfgang, Eisner Werner, Gietz Paul, Maier Josef, Schierle Werner, Stein Rainer, «elemente chemie II», Unterrichtswerk für die Sekundarstufe II, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1989.
232. 233. NUFFIELD CO-ORDINATED SCIENCES, «CHEMISTRY», Author Hunt Andrew, LONGMAN 1992.
233. 234. Σακελλαρίδη Π. Οδ., «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», 1. Γενικό Μέρος, 1η εκδ., ΑΘΗΝΑ 1985.
234. 235. Σακελλαρίδη Π. Οδ., «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», 2. Ειδικό Μέρος, 1η εκδ., ΑΘΗΝΑ 1986.
235. 236. Παρίση - Πούλου Μ., «ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ», ΑΘΗΝΑ 1992.
236. 237. Κατσάνος Ν., «ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ», Βασική Θεώρηση, 3η έκδοση, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ, ΑΘΗΝΑ 1990.
237. 238. Mukherji S. M., Singh S. P., Kapoor R. P., ORGANIC CHEMISTRY», WILEY EASTERN LIMITED, 1985.
238. 239. Παπαγεωργίου Βασίλειος Π., «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», Εισαγωγή, Θεσσαλονίκη 1986.
239. 240. Κατάκη Δ., Πνευματικάκη Γ., «ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ», ΟΕΔΒ ΑΘΗΝΑ 1984.
240. 241. BARRETT JACK, «CHEMISTRY IN YOUR ENVIRONMENT», user-friendly, simplified science, Albion Publ. Chichester, England 1994.
241. 242. Τσατσάς Ανδρέας, Κοΐνης Σπύρος, «Μαθήματα Ανοργάνου Χημείας Ι», α και Ανόργανος Φασματοσκοπία, ΑΘΗΝΑ 1993.
242. 243. Σακελλαρίδη Π., ΧΗΜΕΙΑ, Β' Λυκείου, εκδ. Ιδρ. ΕΥΓΕΝΙΔΗ, ΑΘΗΝΑ 1985.
243. 244. Companion Audrey L., «CHEMICAL BONDING», McGRAW HILL BOOK COMP. New York 1964.
244. 245. Day Clyde M., Selbin Joel, «Theoretical Inorganic Chemistry», 2nd ed. EWP, 1985.
245. 246. Σακελλαρίδη Π., «ΧΗΜΕΙΑ», Γ' Λυκείου, εκδ. Ιδρ. Ευγενίδου, ΑΘΗΝΑ 1993.
246. 247. Ακρίβος Περικλής, Ασλανίδης Παρασκευάς, Καραγιαννίδης Πέτρος, «ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ», εργαστήριο ανόργανης χημείας ΙΙΙ, εκδ. ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1999.
247. 248. Atkins P. W., Clugston M. J., «Principles of Physical Chemistry», Longman 1988.
248. 249. Barrow Gordon M., «PHYSICAL CHEMISTRY», 2nd ed. McGRAW HILL BOOK COMP. 1966.
249. 250. Glasstone Samuel, «Textbook of PHYSICAL CHEMISTRY», 2nd ed. MACMILLAN 1969.
250. 251. Alerty Robert, «PHYSICAL CHEMISTRY», 6th ed. WILEY, May 1991.

251. 252. Schwartz Truman A., Bunce Diane M., Silberman Robert G., Stanitski Conrad L., Straton Wilmer J., Zipp Arden P., «Chemistry in context», 2nd ed. A project of American Chemical Society, 1997.
252. 253. Hardwick Russell E., Bouillon Joan, «Introduction to Chemistry», SAUNDERS COLLEGE PUBL. 1993.
253. 254. Ryan Lawrie, «Chemistry for goy», Nutional Curriculum Ed. for GCSE, Stanley Thornes Ltd., England 1996.
254. 255. Hill Graham, «Chemistry Counts», Hodder and Stoughton, London 1986.
255. 256. Mortimer Charles E., «CHEMISTRY», 6th ed. Van Nostrand Reinhold Internatonal, 1987.
256. 257. Ebbing Darrell D., «CHEMISTRY», 5th ed. Houghton Mifflin Comp. Boston-Toronto, 1996.
257. 258. Petrucci Ralph H., Hardwood William S., «General Chemistry», Principles and Modern Applications, 6th ed. MACMILLAN PUBL. New York 1993.
258. 259. Rosenberg Jerome L., «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», μτφρσ. Βάρβογλης Αν., Πετάσης Ν., McGRAW-HILL, New York, ΕΣΠΙ ΑΘΗΝΑ 1980.
259. 260. Καπετάνου Ευαγγ., Μαυρόπουλος Α., «ΧΗΜΕΙΑ», Β΄ Λυκείου, ΟΕΔΒ ΑΘΗΝΑ 1998.
260. 261. Metz Clyde R., «PHYSICAL CHEMISTRY», SCHAUM'S OUTLINE SERIES, McGRAW-HILL BOOK COMPANY 1976.
261. 262. White Edmund J., «PHYSICAL CHEMISTRY», HBJ USA 1987.
262. 263. McTigue P. T. (Chief Editor and Chairman of Editorial Board), «Chemistry», Key to the Earth, MELBOURNE UNIVERSITY PRESS, Australia 1982.
263. 264. Atkins P. W., «ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ», τόμος Ι, απόδοση στα ελληνικά από Αναστασιάδη Σ., Παπαθεοδώρου Γ.Ν., Φαράντος Σ., Φυτάς Γ., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 1998.
264. 265. Kiselyova E.V., Karetnikov G.S., Kudryashov I.V., «Problems and Exercises in Physical Chemistry», MIR Publ., Moscow 1987.
265. 266. Khodakov Yu. V., Epstein D.A., Glorizov P.A., «INORGANIC CHEMISTRY», Textbook for Schools, part one, MIR PUBL., Moscow 1988.
266. 267. Tsvetkov L.A., «ORGANIC CHEMISTRY», Textbook for Schools, part one, MIR PUBL., Moscow 1985.
267. 268. Glinak N. «GENERAL CHEMISTRY», PEACE PUBL. MOSCOW .
268. 269. Καραγιαννίδης Πέτρος Π., (αναπλ. καθ. Γεν. κι Ανόργανης Χημείας Θεσ/κη), «Τα Χημικά Στοιχεία και οι Ενώσεις τους», εκδόσεις ΓΙΑΧΟΥΔΗ-ΓΙΑΠΟΥΛΗ, Θεσσαλονίκη 1986.
269. 270. Coley N. G., «HISTORY OF CHEMISTRY WALLCHARTS SERIES», Open University, The Royal Society of Chemistry, London 1996.
270. 271. REGNAULT-STRESKER'S, «ORGANISCHEN CHEMIE», BRAUN-SCHWEIG, 1857.
271. 272. Πολίτη Κώστα, «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», εκδόσεις ΤΟΜΗ, ΑΘΗΝΑ 1965.
272. 273. ΤΣΕΛΛΕΡ-ΝΕΣΤΛΕ, «ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ», ελληνική μετάφραση Θεοδωρίδη Χ., βιβλιοπωλείο ΕΣΤΙΑΣ, ΑΘΗΝΑ 1955.
273. 274. Φάρρινγκτον Βενιαμίν, «Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ», μτφρ. Ν. Ράϊση, εκδ. ΚΑΛΒΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1969.
274. 275. MacDougall Frank H., «Physical Chemistry», 3rd ed., The Macmillan Company, New York 1952.
275. 276. Moore Walter J., «Basic Physical Chemistry», Prentice Hall of India, 1986.
276. 277. Castellan Gilbert W., «Physical Chemistry», 3rd ed. Narosa Publ. House, 1990.

277. 278. Rippa Mario, «La Chimica», Italo Bovolenta Editore, Ferrara 1981.
278. 279. Bertini I., Mani F., «STECHEMETRIA», 2a edizione, casa editrice ambrosiana 1985.
279. 280. Bacon Francis (1561-1626), «Novum Organum», 1620.
280. 281. Dulong Pierre-Louis (1785-1838), Petit Alexis-Thérèse (1791-1820), «Recherches sur quelques points de la Théorie de la Chaleur», *Annalen de Chimie et de Physique*, **10**, 395-413, (1819), translated and excerpted in William Francis Magie, ed. *A source Book in Physics*, New York: McGraw-Hill, 1935.
281. 282. Berthelot Marcellin (1827-1907), «On Systems of Chemical of Notation», letter of Berthelot to M. Marignac [1], *Moniteur Scientifique*, **19**, 1254-6 (1877), transl. by P. Casamajor, *American Journal of Science* **115**, 184-7, (1878).
282. 283. Berzelius Jacob Jöns (1779-1848), «Essay on the Cause of Chemical Proportions, and on Some Circumstances relating to Them: Together with a Short and Easy Method of Expressing Them», *Annals of Philosophy* **2**, 443-454 (1813), 3, 51-2, 93-106, 244-255, 353-364 (1814), [from David M. knight, ed. *Classical Scientific Papers* (New York: American Elsevier, 1968)].
283. 284. Rault Francois-Marie (1830-1901), «General Law of the Vapor Pressure of Solvents», *Comptes Rendus* **104**, 1430-3, 23 May 1887, from Henry M. Leicester & Herbert S. Klickstein, eds., *A Source Book in Chemistry*, 1400-1900, Cambridge, MA: Harvard, 1952.
284. 285. Maxwell James Clerk (1831-1879), «Molecules», *Nature* **8**, 437-41, 1873.
285. 286. Stas Jean S. (1813-1891), «Researches on the Mutual Relations of Atomic Weights», *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique* [2] **10**, 208-336 (1860), transl. in Alembic Club Reprints.
286. 287. Döbereiner Johann Wolfgang (1780-1849), «An Attempt to Group Elementary Substances according to Their Analogies», Poggendorf's *Annalen der Physik und Chemie* **15**, 301-7 (1829), from Henry M. Leicester & Herbert S. Klickstein, eds., *A Source Book in Chemistry*, 1400-1900, Cambridge, MA: Harvard, 1952.
287. 288. Ostwald Wilhelm Friedrich, «Ostwald's dilution law», *Zeitschrift für physikalischen Chemie*, volume 2, page 36-37, 1888.
288. 289. Ostwald Wilhelm Friedrich, «Ostwald's on catalysis», *Zeitschrift für physikalischen Chemie*, volume 15, page 705-706, 1894.
289. 290. Marignac de Charles (1817-1894), «Chemical Equivalents and Atomic Weights considered as bases of a system of Notation», *Moniteur Scientifique*, **19**, 920-6 (1877), transl. by P. Casamajor, *American Journal of Science* **115**, 89-98, (1878).
290. 291. Newlands John A. R. (1837-1898), «On Relations among the Equivalents», *Chemical News* Vol. **7**, Feb. 7, 1863, pp. 70-72.
291. 292. Newlands John A. R. (1837-1898), «Relations between Equivalents», *Chemical News* Vol. **10**, July 30, 1864, pp. 59-60.
292. 293. Newlands John A. R. (1837-1898), «On Relations among the Equivalents», *Chemical News* Vol. **10**, August 20, 1864, pp. 94-95.
293. 294. Newlands John A. R. (1837-1898), «On the Law of Octaves», *Chemical News* Vol. **12**, Aug. 18, 1865, pp. 83.
294. 295. Newlands John A. R. (1837-1898), «Report on the Law of Octaves», *Chemical News* Vol. **13**, March 9, 1866, pp. 113.
295. 296. Meyer Julius Lothar (1830-1895), periodic table from *Annalen der Chemie, Supplementband* **7**, 354, 1870.
296. 297. Mendeleev Dmitrii (1834-1907), «On the Relationship of Properties of the Elements to their Atomic Weights», *Zeitschrift für Chemie* **12**, 405-6, 1869, from

- David M. Knight, ed., *Classical Scientific Papers - Chemistry, Second Series*, 1970: trans. from German by Giunta Carmen.
297. 298. Mendeleev Dmitrii (1834-1907), «The Periodic Law of the Chemical Elements», *Journal of the Chemical Society*, **55**, 634-56, 1889 (διάλεξη του καθηγητή Mendeleev πριν γίνει Fellow of Chemical Society στο θέατρο του Royal Institution, την Τρίτη (4η) Ιουνίου 1889).
298. 299. Waage P., Guldberg C. M., «Studies Concerning Affinity», 1864, trans. by Abrash Henry I., California State University, Northridge, CA 91330.
299. 300. Dalton John (1766-1844), «A New System of Chemical Philosophy», Manchester, 1808, ed. Dawson, London.
300. 301. Le Chatelier Henry Louis (1850-1936), «A General Statement of Laws of Chemical Equilibrium», *Comptes Rendus* **99**, 786-789, 1884 (from Henry M. Leicester & Herbert S. Klickstein, eds., *A Source Book in Chemistry*, 481-3, Cambridge, MA: Harvard, 1952).
301. 302. Ramsay William (1852-1916), «An Undiscovered Gas», *Nature* **56**, 378 (1897).
302. 303. Joule James Prescott (1818-1889), «Some Remarks on Heat and the Constitution of Elastic Fluids», *Memoirs of the Manchester Literary and Philosophical Society* November 1851 and *Philosophical Magazine* **14**, 211 (1857) reprinted in William Francis Magie, ed., *A Source Book in Physics* New York, McGraw Hill, 1935.
303. 304. Clausius Rudolf (1822-1888), «Ueber die bewegende Kraft der Wärme», *Annalen der Physik und Chemie* **79**, 368-97 (1850), translated and excerpted in William Francis Magie, *A Source Book in Physics*, New York: McGraw Hill, 1935.
304. 305. Black Joseph (1728-1799), «Specific Heat», Lectures on the Elements of Chemistry delivered in the University of Edinburg, published from his manuscripts by John Robinson (1803), as excerpted by William Francis Magie, *A Source Book in Physics*, New York: McGraw Hill, 1935.
305. 306. Satija B. R., «Comprehensive CHEMISTRY» for Admission Test to Medical Colleges, LAXMI PUBL. New Delhi 1988.
306. 307. Upadhyaya K. N., «A Text Book of INORGANIC CHEMISTRY», General Principles, Vol. 1, VANI EDUC., New Delhi, 1984.
307. 308. Kholsla B. D., Miglani, Gulati Adarsh, «PHYSICAL CHEMISTRY», R. CHAND & CO, New Delhi, 1992.
308. 309. Kapoor K.L., «Elements of Physical Chemistry», (SI UNITS), MACMILLAN INDIA LIMITED, Delhi, 1987.
309. 310. Yadav M. S., «TEACHING OF CHEMISTRY», ANMOL PUBL. New Delhi 1993.
310. 311. Padmavathamma V., Vathsala V., «Introduction to CHEMISTRY», WILEY EASTERN LIMITED, New Delhi, 1984.
311. 312. Dash B., Dash A. C., Mohapatra S. K., Patra M., «A Textbook of Chemistry», Vol. One, VIKAS Publ., Delhi 1983.
312. 313. Canals Febrer M. A., «ATLAS DE QUIMICA», JOVER Ediciones, Barcelona Spain, 1967.
313. 314. Lorenzo Martinez A., «QUIMICA COU», Editorial BRUNO, Madrid 1987.
314. 315. Αριστοτέλης, «Περί γενέσεως και φθοράς», εκδόσεις ΚΑΚΤΟΣ 1990.
315. 316. Αριστοτέλης, «Μετά τα φυσικά», εκδόσεις ΚΑΚΤΟΣ 1990.
316. 317. Scerri Eric R., «The Periodic Table and the Electron», *American Schientists*, Vol. **85**, p. 546-553, 1997.
317. 318. Nicolau K. C., Sorensen E. J., Winssinger N., «The Art and Science of Organic and Natural Products», *Journal of Chemical Education*, Vol. **75**, pag. 1226-1258. October 1998.

318. 319. Ridgen John S., «J. Robert Oppenheimer: Before the War», *Schientific American*, p. 68-73, July 1995.
319. 320. Curl Robert F., Smalley Richard E., «Fullerenes», *Schientific American*, p. 32-41, October 1991.
320. 321. Natarajan T. S., «Do Quantum Particles have a Structure», E-mail: tsn@acer.iitm.ernet.in, 2000.
321. 322. Poiré P., Perrier R., Joannis A., «NOUVEAU DICTIONNAIRE DES SCIENCES et de LEURS APPLICATIONS», LIBRAIRIE DELAGRAVE, Paris, 1924.
322. 323. Glickstein Neil, «Before There Was Chemistry: The Origin of the Elements as an Introduction to Chemistry», *Journal of Chemical Education*, Vol. **76**, pag. 353-355, March 1999.
323. 324. Gillespie Ronald J., «Covalent and Ionic Molecules: Why Are BeF₂ and AlF₃ High Melting Points Solids whereas BF₃ and SiF₄ Are Gases?»*, *Journal of Chemical Education*, Vol. **76**, No 7 pag. 923-925, July 1998.
324. 325. Leary James J., Kippeny Tadd C., «A Framework for Presenting the Modern Atom», *Journal of Chemical Education*, Vol. **9**, No 9 pag. 1217-1218, September 1999.
325. 326. Jensen William B., «Logic, History, and the Chemistry Textbook», *Journal of Chemical Education*, Vol. **75**, No 7 pag. 817-828, July 1998.
326. 327. Lémery Nicolas, «Cours de Chymie», Paris 1675.
327. 328. Viel C., «Le salon et le laboratoire de Lavoisier 'a l' Arsenal cénacle où s' élaborera la nouvelle chimie», *Revue d' Histoire de la Pharmacie* 306, 83e ANEÉ-TOME XLII 3e TRIMESTRE 1995.
328. 329. Gillespie Ronald J., Spencer James N., Moog Richard S., «Demystifying Introductory Chemistry», by the forum A Contribution from the Task Force on General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. **73**, No 7 pag. 617-636, July 1996.
329. Presented at the 211th American Chemical Society Meeting, New Orleans, March 1996, in the Symposium «Text Books Errors».
330. 331. Rothermich Mary E., Zipprich Nancy, «Friedrich August Kekulé: A Scientist and Dreamer», <http://www.wodrow.org/teachers/ci/1992/Kekule.html>, 2001.
331. 332. Fennell Roger W., «History of IUPAC», published by Blackwell Science Ltd. Oxford, (354 pages) 1994.
332. 333. Τσαγκάρης Ιωάννης, «Τσιμέντο αδιαπέραστο από τη ραδιενέργεια το 1000 π.Χ.», συνέντευξη του καθ. Χημείας Παν/μίου Ιωαννίνων στο μηνιαίο περιοδικό Δαυλό, τεύχος 226, σελ. 14367-14374, Οκτώβριος του 2000.
333. 334. Rawcliffe C. T., Rawson D. H., «Principles of Inorganic and Theoretical Chemistry», second edition, HEINEMANN EDUCATIONAL BOOKS, LONDON 1975.
334. 335. Reutov O. A. (edited, Mem. USSR Acad. Sc.), «Advances in Organometallic Chemistry», MIR Publ. 1984.
335. 336. Nesmeyanov A. N., Nesmeyanov N. A., «Fundamentals of Organic Chemistry», five volumes, Mir Publ., Moscow 1976.
336. 337. Morrison Robert Thornton, Boyd Robert Neilson, «ORGANIC CHEMISTRY», 6th ed. Prentice-Hall of India, 1992.
337. 338. March Jerry, «ADVANCED ORGANIC CHEMISTRY», Reactions, Mechanisms and Structure, 3rd ed. WILEY-INTERSCIENCE, New York 1984.
338. 339. Potapov V. M., «STEREOCHEMISTRY», MIR Publishers, MOSCOW 1979.
339. 340. Agronomov A. E., Bolesov I. G., Potapov V. M., Foss V. L., Churanov S.S., Shabarov Yu. S., «PROBLEMS AND EXERCISES IN ORGANIC CHEMISTRY», Mir Publ. Moscow 1977.

341. 340. Solomons Graham T. W., «ORGANIC CHEMISTRY», J. WILEY & Sons, New York 1978.
342. 341. English J., Cassidy H. G., «PRINSIPLES of ORGANIC CHEMISTRY», 3rd ed. McGRAW-HILL BOOK COMP. 1961.
343. 342. Whitmore Frank C., «ORGANIC CHEMISTRY», 2nd ed. two volumes, DOVER PUBL. New York, 1951.
344. 343. Sharma Y. R., Bhuyan B. N., Barua S., «MODERN APPROACH TO CHEMISTRY», 2 volumes, KALYANI PUBL. India 1996.
345. 344. Sharma K. K., Sharma D. S., «PROBLEMS IN ORGANIC CHEMISTRY», VIAKS Publ. INDIA 1993.
346. 345. Holderness A., «Organic Chemistry», Revision Notes in Advanced Level Chemistry, vol. one, 2nd ed. HEINEMANN EDUCATIONAL BOOKS, LONDON 1981.
347. 346. Holderness A., «Inorganic Chemistry», Revision Notes in Advanced Level Chemistry, vol. two, 2nd ed. HEINEMANN EDUCATIONAL BOOKS, LONDON 1980.
348. 347. Holderness A., «Physical Chemistry», Revision Notes in Advanced Level Chemistry, vol. three, 2nd ed. HEINEMANN EDUCATIONAL BOOKS, LONDON 1979.
349. 348. Chadwick T. F., «CHEMISTRY: part 2 organic», ed. GEORGE ALLEN & UNWIN LTD. London 1974.
350. 349. Gaudio Giorgio (prof. Univ. L'Aquila), «STECCHIOMETRIA», MASON ITALIA EDITORI, Milano 1977.
351. 350. Βάρβογλης Γ., Αλεξάνδρου Ν., «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», 4η έκδοση, 1970.
352. 351. Taylor G. A., «Οργανική Χημεία», για Ιατρικές και βιολογικές επιστήμες, μτφρσ. Συνετός Διονύσιος, ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 1981.
353. 352. Chadwick T. F., «CHEMISTRY: part 1 inorganic», ed. GEORGE ALLEN & UNWIN LTD. London 1971.
354. 353. Fogiel M. (director), «THE ORGANIC CHEMISTRY PROBLEM SOLVER», vol. I, (692 pages), REA, New York, 1983.
355. 354. Fogiel M. (director), «THE ORGANIC CHEMISTRY PROBLEM SOLVER», vol. II, (700 pages), REA, New York, 1983.
356. 355. Meislich Herbert, Nechamkin Howard, Sharefkin Jacob, «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», μτφρσ. Βάρβογλης Α., McGRAW-HILL, ΕΣΠΙ ΑΘΗΝΑ 1983.
357. 356. Hay Robert W., «ΒΙΟ-ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΕΙΑ», μτφρσ. Ε. Μάνεση-Ζούπα, Δ. Ράπτης, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ, ΑΘΗΝΑ 1992.
358. 357. McMurry, «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τόμος Ι, μτφρσ. Βάρβογλης Α., Ορφανόπουλος Μ., Σμόνου Ι., Στρατάκης Μ., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 1998.
359. 358. McMurry, «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τόμος ΙΙ, μτφρσ. Βάρβογλης Α., Ορφανόπουλος Μ., Σμόνου Ι., Στρατάκης Μ., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 1999.
360. 359. Sykes Peter, «Η διερεύνηση των μηχανισμών των οργανικών αντιδράσεων», απόδοση στα ελληνικά από τον αναπλ. καθ του Παν/μίου Ιωαννίνων Σακαρέλλο κ., Γραφείο Εκτυπώσεων Παν/μίου Ιωαννίνων 1984, αγγλική έκδ. Longman 1972.
361. 360. Σακελλαρίδης Π., «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΒΟΡΓΑΝΙΚΗ», 2η εκδ. Βιβλιοπωλείο ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, Αθήνα 1953.
362. 361. Σακελλαρίδης Π., «ΧΗΜΕΙΑ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ», εκδ. Ιδρ. ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1988.

363. 362. Loeb Leonard B., «THE KINETIC THEORY OF GASES», 3rd ed. IAB BOOKS 1985.
364. 363. Παπαχριστοδούλου Ε., Λοΐζου Β., Παπαχρυσοστόμου Γ., Κουμίδης Κ., «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ», Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, Λευκωσία 1990.
365. 364. Mahan Bruce H., «UNIVERSITY CHEMISTRY», ADDISON-WESLEY Publ. Comp., 1967.
366. 365. Everett D. H., «An Introduction to the study of chemical thermodynamics», Longman, London and Harlow 1971.
367. 366. Sherwood Dennis, «Introductory Chemical Thermodynamics», Longman London 1971.
368. 367. Lewis Peter, Slade Roger, «A guide to HSC Chemistry», second ed., Longman Sorrett, Melbourne 1981.
369. 368. Nekrasov B., «Textbook of General Chemistry», MIR Publ. Moscow 1969.
370. 370. Alexeyev V. N., «Qualitative Chemical Semimicroanalysis», MIR Publ. Moscow 1980.
371. 371. Kreshkov A.P., Yaroslavtsev A.A., «COURSE OF ANALYTICAL CHEMISTRY», Volume 1, Qualitative Analysis, MIR Publ. Moscow 1977.
372. 372. Kreshkov A.P., Yaroslavtsev A.A., «COURSE OF ANALYTICAL CHEMISTRY», Volume 2, Quantitative Analysis, MIR Publ. Moscow 1977.
373. 373. Sienko Michell J., Plane Robert A., «chemistry: principles and properties», MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York 1966.
374. 374. Noller Carl R., «CHEMISTRY of ORGANIC COMPOUNDS», W. B. SAUNDERS COMPANY, Philadelphia and London, 1965.
375. 375. Skoog Douglas A., West Donald M., Holler James F., «Fundamentals of ANALYTICAL CHEMISTRY», 6th ed., SAUNDERS HBJ, 1992.
376. 376. Χηινιάδης Δημήτρης, Κανακόπουλος Φώτης, «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΑΘΗΝΑ 1985.
377. 377. Ηλιόπουλου Γεωργίου (καθ. ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ), «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΟΕΔΒ, Αθήνα 1985.
378. 378. Σάνδρη Κ.Χ. (καθ. ΕΜΠ), «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τόμος 1, 2η έκδοση Αθήνα 1985.
379. 379. Σάνδρη Κ.Χ. (καθ. ΕΜΠ), «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τόμος 2, 2η έκδοση Αθήνα 1985.
380. 380. Γιαννακουδάκη Δ.Α., Μανουσάκη Γ. Ε., «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ», Α!, Θεσσαλονίκη 1970.
381. 381. Παρισάκης Γεώργιος, «ανόργανη πειραματική χημεία», εκδ. ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα 1995.
382. 382. Κουμίδης Κων/νος, «ΧΗΜΕΙΑ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ», Επιλογής, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1995.
383. 383. Νικολάου Μιχάλης, Χατζημανώλης Σάββας, «ΧΗΜΕΙΑ Β' ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ», Επιλογής, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1996.
384. 384. Κουμίδης Κ., Παναγή Ι., Παπαπέτρου Ν., Φαντίδου Δ., «ΧΗΜΕΙΑ Β' ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ», Ειδικευση, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1996.
385. 385. Λοΐζου Β., Παπαδοπούλου Γ., Αργυρίδου Σ., Κουμίδης Κ., «ΧΗΜΕΙΑ» Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1991.

386. 386. Παπαδοπούλου Γ., Αργυρίδου Σ., Κουμίδης Κ., «ΧΗΜΕΙΑ» Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1993.
387. 387. Παπαπέτρου Νίκη, Νικολάου Μιχάλης, Χατζημανώλης Σάββας, «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ» Β' ΛΕΜ, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1998.
388. 388. Νικολάου Μιχάλης, Βαλαβανίδου Χριστίνα, Χατζημανώλης Σάββας, «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ» Β' ΛΕΜ, 1η έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΛΕΥΚΩΣΙΑ 1998.
389. 389. Πίπη Ελένη, Ταπής Χρίστος, ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΕΙΑ», Α' & Β' Λυκείου, ΚΟΙΝΟΥ ΚΟΡΜΟΥ, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Μέσης Εκπαίδευσης, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, Λευκωσία 1994.
390. 390. Στάθης Ελευθέριος (καθ. Παν/μίου Αθηνών), «ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ», Αθήνα 1965.
391. 391. Μαυρόπουλος Μ., Καπετάνου-Ζαμπετάκη Ε., Γανωτόπουλος Τ., Προβής Ν., «ΧΗΜΕΙΑ», Α' ΕΠΛ, ΟΕΔΒ 1995.
392. 392. Fieser Louis F., Fisher Mary, «ORGANIC CHEMISTRY», third ed., REINHOLD PUBL. COMP., New York 1956.
393. 393. Σκαρλάτος Δ. του Βυζαντίου, «ΛΕΞΙΚΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΗΣ», Ιδίως δε του εν Παρισίοις εκδιδομένου ΘΗΣΑΥΡΟΥ του ΕΡΡΙΚΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ, τόμος Β', ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ, ΕΚ ΤΗΣ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΝΔΡΕΟΥ ΚΟΡΟΜΗΛΑ, 1852.
394. 394. Ζαφείρη Λοΐζου, «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τεύχος 1ο, εκδόσεις ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1997.
395. 395. Ζαφείρη Λοΐζου, «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», τεύχος 2ο, εκδόσεις ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1999.
396. 396. Κατάκη Δημητρίου, «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ», τόμος Α', ΑΘΗΝΑΙ 1972.
397. 397. Κατάκη Δημητρίου, «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ», τόμος Β', ΑΘΗΝΑΙ 1976.
398. 398. Μαρκόπουλου Χρήστου (υφ. ΕΜΠ), «Εισαγωγή στη Σύγχρονη Χημεία», ΑΘΗΝΑ 1973.
399. 399. Αντωνόπουλου Σπυρίδωνος Αντ., «ΑΙ ΝΕΩΤΕΡΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΑΘΗΝΑΙ 1969.
400. 400. Φράσσαρη Θ., Δρούκα-Λιαπάτη Π., «ΧΗΜΕΙΑ», Β' Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1995.
401. 401. Φράσσαρη Θ., Δρούκα-Λιαπάτη Π., «ΧΗΜΕΙΑ», Γ' Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1982.
402. 402. Καρώνη Β., Σερμπέτη Σ., Φράσσαρη Θ., «ΧΗΜΕΙΑ», Β' Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1978.
403. 403. Καρώνη Β., Σερμπέτη Σ., Φράσσαρη Θ., «ΧΗΜΕΙΑ», Γ' Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1978.
404. 404. Godier A., Thomas C., Moreau M., «ΧΗΜΕΙΑ», μτφρσ. Αντωνόπουλου Σπυρ. και Κοντορλή Κων.νου, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1972.
405. 405. Γάκης Δ., Κάλλης Α., Καφετζόπουλος Κ., Κονιδάρης Σ., Κούρτης Δ., «ΧΗΜΕΙΑ, ΓΕΝΙΚΗ-ΑΝΟΡΓΑΝΗ-ΟΡΓΑΝΙΚΗ», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1995.
406. 406. Σκουφάκη Ιωάννη, «ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ», ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ, για φοιτητές, ΑΘΗΝΑΙ 1974.
407. 407. Γαληνός Ανδρέας, «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ: ΑΜΕΤΑΛΛΑ», εκδ. Β. ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ, ΑΘΗΝΑ 1968.

408. 408. Γαληνός Ανδρέας, «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ: ΜΕΤΑΛΛΑ», ΠΑΤΡΑ, 1969.
409. 409. Μουσούλου Λ. (καθ. ΕΜΠ), «ΕΞΑΓΩΓΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ», ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1975.
410. 410. Σπυρέλλη Νικόλαου (καθ. ΕΜΠ), «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΕΩΝ», εκδ. ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1997.
411. Βασιλειάδου Χριστόφορου (καθ. Ανωτάτης Γεωπονικής), «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΜΕΡΟΣ Ι, ΑΘΗΝΑΙ 1968.
412. 411. Vogel Arthur I., «A TEXT-BOOK OF MACRO AND SEMIMICRO QUALITATIVE INORGANIC ANALYSIS», fourth edition, LONGMANS 1969.
413. 412. Βασιλόπουλου Ανδρ., «ΧΗΜΕΙΑ», Α΄ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, εκδόσεις ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1978.
414. 413. Σακελλαρίδη Π., «ΧΗΜΕΙΑ», Α΄ΤΑΞΗ ΛΥΚΕΙΟΥ, εκδόσεις ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1978.
415. 414. Βασιλόπουλου Ανδρ., «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», Β΄ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, εκδόσεις ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1978.
416. 415. Κοτολιά Γεωργίου Θ., «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΙΟΥ ΣΧΟΛΗΣ, εκδόσεις ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1988.
417. 416. Τσαπαρλής Γεώργιος (αναπλ. καθ. Παν/μίου Ιωαννίνων), «ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ», 2η έκδοση, Μ. Π. ΓΡΗΓΟΡΗΣ, ΑΘΗΝΑ 1991.
418. 417. Louis Figuiet, «ΑΛΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΑΛΧΗΜΙΣΤΑΙ», από τα «Αρχεία της Φαρμακευτικής», τεύχος 1 και 2, Ιανουάριος-Φεβρουάριος 1964.
419. 418. Δορμπαζής, «ΕΠΙΤΟΜΟ ΚΕΞΙΚΟ της Αρχαίας Ελληνικής Γλώσσης», Βιβλιοπωλείον ΕΣΤΙΑΣ-ΚΟΛΛΑΡΟΥ, Αθήνα.
420. 419. Κλούρας Νικόλαος, «8 ή 18 ομάδες στον Περιοδικό Πίνακα των Στοιχείων;», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ-Γενική έκδοση τόμος 54, τεύχος 2-3, Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1992.
421. 420. Plambeck James A., «Chemical Sciences: Introduction: Alchemy»,
422. Jim.Plambeck@ualberta.ca., 1996.
423. 421. Μανωλκίδη Κ., Μπέζα Κ., «στοιχεία ανόργανης χημείας», ΑΘΗΝΑ 1978.
424. 422. BROWN* . R.D. (Australia, Chairman), BOGGS J.E. (USA), Hilderbrandt R. (USA), LIM K. (Australia), I.M.MILLS (UK), NIKITIN E. (Russia), PALMER M.H. (UK). the Working Party Prepared this publication by IUPAC, «PHYSICAL CHEMISTRY DIVISION WORKING PARTY ON THEORETICAL AND COMPUTATIONAL CHEMISTRY, ACRONYMS USED IN THEORETICAL CHEMISTRY», *Pure Appl. Chem.*, Vol. **68**, No.2, pp. 387-456, 1996.
425. 423. Palmer, W. G., «A History of the Concept of Valency», Cambridge University Press, Cambridge, England, 1965.
426. 424. Kuhn T. S., «The Structure of Scientific Revolutions», 2nd ed., University of Chicago, Chicago, 1970.
427. 425. Μαυρομούστακος Θ., Κολοκούρης Α., Παπακωνσταντίνου Κ., Σινιγάλιας Π., Λάππας Κ., «ΧΗΜΕΙΑ Γ΄Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1999.
428. 426. Τσίπης Κ., Βάρβογλης Α., Γιούρη-Τσοχατζή Κ., Δερπάνης Δ., Παλαμιτζόγλου Π., Παπαγεωργίου Γ., «ΧΗΜΕΙΑ Γ΄Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
429. 427. Μανουσάκης Γ., Κεφαλλονίτης Ι., Χρηστίδης Β., Χηνιάδης Δ., «ΧΗΜΕΙΑ Γ΄Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.

430. 428. Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., «ΧΗΜΕΙΑ Γ' Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
431. 429. Μανουσάκης Γ., «γενική χημεία», βιολογικών επιστημών, εκδόσεις αφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1984.
432. 430. Blaedel W. J., Meloche V. W., «ELEMENTARY QUANTITATIVE ANALYSIS», Theory and Practice, second ed. HARPER INTERNATIONAL EDITION, London 1966.
433. 431. Holderness A., Lambert J., «A New Certificate Chemistry», 4th ed., HEINEMANN EDUCATIONAL BOOKS, LONDON 1975.
434. 432. Wilkinson Sir Geoffrey, Gillard Robert D., McCleverty Jon A., «COMPREHENSIVE COORDINATION CHEMISTRY», The Synthesis, Reactions, Properties & Applications of Coordination Compounds, Vol. 1, PERGAMON PRESS, Oxford 1989.
435. Hamilton L. F., Simpson S. G., Ellis D. W., «CALCULATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY», 7th ed., MCGRAW-HILL BOOK COMP. New York 1969.
436. 434. Sorum C. H., «How to solve GENERAL CHEMISTRY Problems», 5th ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1976.
437. 435. Seel Fritz, «ATOMBAU UND CHEMISCHE BINDUNG», FERDINAND ENKE VERLAG STUTTGART, 1966.
438. 436. Πίπη Ε., Ταπής Χρ., «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΚΟΡΜΟΥ, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, Λευκωσία 1994.
439. 437. Χαραλάμπους Τηλέμαχος, Παύλου Ελευθέριος, Πίπη Ελένη, Ταπής Χρίστος, «ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΕΙΑ» Α & Β ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΚΟΡΜΟΥ, Λευκωσία 1983.
440. 438. Γιαννακουδάκης Α., Μαυρόπουλος Μ., Πομώνης Φ., «ΧΗΜΕΙΑ», Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ, ΟΕΔΒ 1999.
441. 439. Γιαννακουδάκης Α., Μαυρόπουλος Μ., Πομώνης Φ., «ΧΗΜΕΙΑ», Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ (Επιλογής) ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ, ΟΕΔΒ 1999.
442. 440. Σπυρέλλης Νικόλαος, Μπουρουσιάν Μιρτάτ, Βασιλακόπουλος Δημήτριος, «ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΤΕΕ Α' Τάξη 1ου Κύκλου, Τομέας Χημικών Εργαστηριακών Εφαρμογών, ΟΕΔΒ 1999.
443. 441. Σακελλαρίδης Παύλος, «ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΧΗΜΕΙΑ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ», ομιλία στην Ακαδημία Αθηνών, ΑΝΑΤΥΠΟΝ ΕΚ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ, τόμος 60, ΑΘΗΝΑ 1985.
444. 442. Παπαδογιάννης Ιωάννης Ν. (καθ. Αναλυτικής Χημείας Α.Π.Θ.), Ζώτου Αναστασία-Στέλλα (επ. καθ. Αν. Χημ. ΑΠΘ), «ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ», Θεσσαλονίκη 1999.
445. 443. Beyermann Klaus, «CHEMISTRY», An Intriduction for Medical Students Including 902 Test Questions, Georg Thieme Publishers Stuttgart, 1975.
446. 444. Bourdon R., Contestin J. A., «CHIMIE», Terminales C, D et E, LIBRAIRIE DELAGRAVE, Paris 1983.
447. 445. Cunnington A., Lebrun P., Lugan B., Mesnil C., Vogel R., «CHEMIE», Terminales CDE, HATIER, Paris 1989.
448. 446. Fontaine G., Gilles F., Gilles A., Tomasino A. «CHEMIE», 1res S.E., ed. NATHAN, Paris 1991.
449. 447. Germain Gérard, Lévêque Thierry, Parisi Jean-Marie, «CHIMIE PREMIÈRE, ed. MAGNARD, Paris 1987.
450. 448. Lucy Charles A., «Analytical Chemistry: A Literary Approach», *Journal Chemical Education*, vol. 77, No 4, April 2000.
451. Akhmetov N., «General and Inorganic Chemistry», MIR Publishers, MOSKOW 1989.

452. 450. Liddel Henry G., Scott Robert, ΜΕΓΑ ΛΕΞΙΚΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΗΣ», μεταφρασθέν εκ της αγγλικής εις την ελληνικήν υπό του Μόσχου Ξενοφώντος Π. (Καθηγητού), επιστασία Μιχαήλ Κωνσταντινίδου, τόμοι τέσσερις, Εκδ. Οίκος «Ι. ΣΙΔΕΡΗΣ», ΑΘΗΝΑΙ 1912.
453. 451. Vogel Arthur I., «Elementary Practical Organic Chemistry, Part 1: Small Scale Preparations», 2nd ed. Longman, UK 1966.
454. 452. Vogel Arthur I., «Elementary Practical Organic Chemistry, Part 2: Qualitative Organic Analysis», 2nd ed. Longman, UK 1966.
455. 453. Vogel Arthur I., «Elementary Practical Organic Chemistry, Part 3: Quantitative Organic Analysis», 2nd ed. Longman, UK 1966.
456. 454. Gillespie R. G., Humphreys D., Baird N. C., Robinson E.A., «Chemistry», 2nd ed. Allyn & Bacon U.S.A., 1989.
457. 455. Chang Ronald, «Chemistry», 5th ed. International editions McGraw Hill, 1994.
458. 456. Atkins P. W., «ΜΟΡΙΑΚΗ ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ», 2ρα έκδ., μτφρσ. Μαυρίδης Α, Σπύρου Σ. από την αγγλική έκδοση του 1988 (2η 1983), εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα 1996.
459. 457. Αργυρόπουλου Ιωάννη Κ., «ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΛΧΗΜΕΙΑΣ», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τεύχος 7-8, σελ. 211, Αθήνα 1997.
460. 458. Ακριβός Περικλής Δ., Καραγεωργίου Στέφανος Ε., «Η ιστορική πορεία της εξέλιξης των θετικών επιστημών», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 56, τεύχος 1, σελ. 25-27, Αθήνα 1994.
461. 459. Σαραντόπουλος Παναγιώτης, «ΧΗΜΕΙΑ ή ΧΥΜΕΙΑ;», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τεύχος 4, σελ. 431- 434, Αθήνα 1996.
462. 460. Καμαριωτάκη Μ., Καραλιώτα Α., Χατζηπαναγιώτου Μ., Κατάκης Δ., «ΣΥΜΠΛΟΚΑ ΜΕ ΑΡΙΘΜΟ ΣΥΝΤΑΞΕΩΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ ΕΞΙ», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τεύχος 11, σελ. 31- 42, Αθήνα 1980.
463. 461. Ακριβός Περικλής Δ., Καραγεωργίου Στέφανος Ε., «Η Αναγέννηση των θετικών επιστημών», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 56, τεύχος 3, σελ. 92-96, Αθήνα 1994.
464. 462. Ακριβός Περικλής Δ., Καραγεωργίου Στέφανος Ε., «Η ιστορική πορεία της εξέλιξης των θετικών επιστημών. Οι θετικές επιστήμες μορφοποιούνται», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 59, τεύχος 3, σελ. 69-71, Αθήνα 1997.
465. 463. Τσίπης Κωνσταντίνος Α., «ΜΟΡΙΑΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΑ ΝΕΑ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 62, τεύχος 4, σελ. 110-113, Αθήνα 2000.
466. 464. Χατζηχρηστίδης Νίκος, «από τα εγκαίνια των κτιρίων του τμήματος χημείας στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 54, τεύχος 4-6, σελ. 64-65, Αθήνα 1992.
467. Βλαχάκης Ι., «Η ΕΝΟΠΙΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ, 17ος-18ος ΑΙ.», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 62, τεύχος 12, σελ. 343, Αθήνα 2000.
468. 466. Τσαγκάρης Ιωάννης Μ. (καθ. Ανόργανης και Γενικής Χημείας Παν/μίου Ιωαννίνων), «Ο MARCELLIN BERTHELOT ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 62, τεύχος 4, σελ. 134-137, Αθήνα 2000.
469. Κεσίσογλου Δημήτριος, «Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ ΣΤΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 59, τεύχος 4, σελ. 120-123, Αθήνα 1997.
470. 468. Τσατσάς Ανδρέας, «Ονομασίες των Βαρέων Στοιχείων», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 57, τεύχος 3, σελ. 86, Αθήνα 1995.
471. 469. Τσατσάς Ανδρέας, «Ερωτήματα για το Άτομο», *ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ* , τόμος 57, τεύχος 12, σελ. 310-311, Αθήνα 1995.

472. Lower Stephen K. (Simon Fraser University), «Redox equilibria in natural waters», (pages 28), *A Chem*¹ Reference Text, 2001.
473. 471. Boyle Robert, «THE SCEPTICAL CHYMIST: OR CHYMICO-PHYSICAL Doubts & Paradoxes, Touching the EXPERIMENTS WHEREBY VULGAR SPAGYRISTS», London 1661.
474. 472. Dalton John (1766-1844), «On the Absorption of Gases by Water and Other Liquids», *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, Second Series, **1**, 271-87, 1805.
475. 473. Avogadro Lorenzo Romano Amadeo Carlo, «Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies, and the Proportions in Which They Enter Into These Compounds», *Journal de Physique*, **73**: 58-76, 1811.
476. 474. Prout William (1785-1850), «On the Relation between the Specific Gravities of Bodies in their gaseous State and the Weights of their Atoms», *Annals of Philosophy*, **6**, 321-30, 1815.
477. 475. Faraday Michael, «On Electrical Decomposition», *Philosophical Transactions of Royal Society*, 1834.
478. 476. Lavoisier A., «MEMOIR ON THE NATURE OF THE PRINCIPLE WHICH COMBINES WITH METALS DURING CALCINATION AND INCREASES THEIR WEIGHT», Read to the Academie des Sciences, Easter, 1775.
479. 477. Lavoisier A., «EXPERIMENTS ON THE RESPIRATION OF ANIMALS AND ON THE CHANGES WHICH HAPPEN TO AIR IN ITS PASSAGE THROUGH THEIR LUNGS», Read to the Academie des Sciences, 3rd May, 1777.
480. 478. Cavendish Henry (1731-1810), «Experiments on Air», *Philosophical Transactions* **75**, 372 (1785).
481. 479. Loschmidt Johann, «On the Size of The Air Molecules», *Proceedings of Academy of Science of Vienna*, vol. **52**, p. 385-413, 1865.
482. 480. French John, «THE ART OF DISTILLATION», LONDON 1651.
483. 481. Boyle Robert, «A Defence of Doctrine Touching The Spring And Weight of the Air...», published in 1662.
484. 482. Mayow John (1640-1679), «On Sal Nitrum and Nitro-Aerial Spirit», Excerpts from *Tractatus Quinque Medico-Physici* 1674.
485. 483. Scheele Carl Wilhelm (1742-86), «On Manganese and its Properties» («Om Brusten, eller Magnesia, och dess Egenkaper»), *Kong Vetenskaps Academiens Handlingar* **35**, 89, 93, 94, 105-110, 1774.
486. 484. Priestley Joseph (1733-1804), «CONSIDERATIONS ON THE DOCTRINE OF PHLOGISTON AND THE DECOMPOSITION OF WATER», *Qualem commendes etiam aspice*, Printed by Thomas Dobson, at Stone-House, No 41, 1796.
487. 485. Reil Johann Christian (1759-1913), «On the Vital Force», *Archiv für die Physiologie* **1**, 8, 1796.
488. 486. Thomson Thomas (1773-1852), «On the Daltonian Theory of Definite Proportions in Chemical Combination», *Annals of Philosophy* **2**, 32, 1813.
489. 487. Prout William (1785-1850), «On the ultimate composition of simple alimentary substances: with some preliminary remarks on the analysis of organised bodies in general», *Philosophical Transactions of the Royal Society* **355**, 1827.
490. 488. Dumas Jean-Baptiste-André (1800-1884), «Note on the Constitution of Acetic and Chloroacetic Acids», *Comptes Rendus* **9**, 813-815, 1839.
491. 489. Marignac Jean Charles de (1817-1894), «Researches on the Mutual Relations of Atomic Weights by J. H. Stas», *Bulletin de l'Acad. Royale de Belgique*, 2nd Série, Vol. **x**, No. **8**, 1860.

492. 490. Cobb Cathy, Goldwhite Harold, «Creations of Fire», “Chemistry’s Lively History from Alchemy to the Atomic Age”, Plenum Press, New York and London 1995.
493. 491. Στεφανίδου Κ. Μιχαήλ, «ΑΙ ΦΥΣΙΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΑΙ ΕΝ ΕΛΛΑΔΙ ΠΡΟ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΕΩΣ», “Η εκπαιδευτική επανάσταση”, Εκδοτική & τυπογραφική εταιρεία Π.Δ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΣ, ΑΘΗΝΑΙ 1926.
494. 492. Παράκελσος Θεόφραστος, «Ο αλχημιστής, κείμενα», μτφρσ. Μυγιάκης Λύσανδρος, εκδ. ΙΑΜΒΛΙΧΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1992.
495. 493. Helmholtz Hermann von, «The modern development of Faraday’s conception of electricity», The Faraday Lecture, before the Fellows of the Chemical Society in London on 5 April, 1881.
496. 494. Ζαχαρίας Δ. Προκόπιος, «ΧΥΜΕΥΤΙΚΗ, Η ΧΗΜΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥ 300 Π.Χ.», Χημικά Χρονικά, τόμος 20 Α, σελ. 98, 1955.
497. 495. Γρηγοράτου Ανδριανή, Μελπίδου Αγγελική, «ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ-”Η ΑΛΛΗ ΟΨΗ ΤΟΥ ΦΕΓΓΑΡΙΟΥ”», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Τεύχος 11, σελ. 311, Νοέμβριος 1999.
498. 496. Τσαγκάρης Μ. Ιωάννης, «ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΙΛΟΣΟΦΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΗ ΚΑΙ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Τεύχος 1, σελ. 11, Ιανουάριος 2000.
499. 497. Σιαμάκης Κων/νος, «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΓΝΩΣΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Τεύχος 12, σελ. 342, Δεκέμβριος 1997.
500. 498. Παναγόπουλος Ανδρέας, «ΕΦΕΣΙΟΣ ΑΙΝΙΚΤΗΣ, ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Τεύχος 7-8, σελ. 527, Ιούλιος-Αύγουστος 1996.
501. 499. Κερκινέ-Κεραμυδά Ιωάννη, «Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΕΥΓΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥΣ», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Τεύχος 7-8, σελ. 207, Ιούλιος-Αύγουστος 1997.
502. Morveau Louis Bernard Guidon de, Lavoisier A., Bertholet C. L., Fourcroy A., «Method of Chymical Nomenclature», Paris 1787, trans. by James St. John, London 1788.
503. 501. Stahl Georg Ernst (1660-1734), «Zymotechnia fundamentalis», Hale 1697, trans. by H. M. Leicester and H. S. Klickstein, McGraw Hill, New York, 1952.
504. 502. Rey Jean (1582/3-1645), «On an Enquiry into the Cause wherefore Tin and Lead Increase in Weight on Calcination», France 1630.
505. 503. Kelvin Lord, «Aepinus Atomized», *Philosophical Magazine*, Vol. 3, No 15 (Sixth Series), p. 257ff, March 1902.
506. 504. Thomson J.J., «On the Structure of the Atom: an Investigation of the Stability and Periods of Oscillation of a number of Corpuscles arranged at equal intervals around the Circumference of a Circle; with Application of the Results to the Theory of Atomic Structure», *Philosophical Magazine*, Series 6, Vol. 7, No 39, March 1904, p. 237-265.
507. Arrhenius Svante, «Theories of Chemistry», Longmans, Green and Co., London 1907.
508. 506. Moseley H.G.J., «The High Frequency Spectra of the Elements», *Philosophical Magazine*, p.1024, 1913.
509. 507. Soddy Frederick, «The Radio-elements and the Periodic Law», *Chemical News* **107**, 97-9, 1913.
510. 508. Soddy Frederick, «Intra-atomic Charge», *Nature* **92**, 399-400, 4 December 1913.
511. 509. Bohr Niels, «On the Constitution of Atoms and Molecules», *Philosophical Magazine*, Series 6, Vol. 26, p. 1-25, July 1913.
512. 510. Bohr Niels, «Atomic Structure», *Nature*, March 24, 1921.
513. 511. Bohr Niels, «The Structure of the Atom and the Physical and Chemical Properties of the Elements», *Fysisk Tidsskrift* 19, 153, 1921, transl. by A. D. Udden, *Autobiography of Science* (New York: Doubleday, 1950).

514. 512. Χρηστομάνος Αναστάσιος, «ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΝ ΧΗΜΕΙΑΣ», ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ, ΜΕΤΑΛΛΑ, Εν Αθήναις 1887.
515. 513. Ζέγγελης Δ. Κων/νος, «ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΝ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ», εκδ. 4η, Εν Αθήναις 1920.
516. 514. Κομνηνός Τηλέμαχος, «ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΙΣ», Εν Αθήναις 1890.
517. 515. Jago William, «INORGANIC CHEMISTRY», "THEORETICAL AND PRACTICAL", fourth ed., Longmans, Green & Co, London 1893.
518. 516. Coleman J. Bernard, Addyman T. Frank, «PRACTICAL AGRICULTURAL CHEMISTRY» for elementary students, Longmans, Green & Co, London 1893.
519. 517. Επίκουρος, «Αναγνωστικό της Επικούρειας Φιλοσοφίας και Τέχνης του Ζην-Θεματική Ταξινόμηση των Αρχαίων Πηγών», (Επίκουρος, Λουκρήτιος, Έρμαρχος, Φιλόδημος, Διογένης Οινωανδέας, Διογένης Λαέρτιος, Μητρόδωρος, κ.ά.), Εισαγωγή D. S. Hutchinson, Επιμέλεια-μετάφραση: Γιάννης Αβραμίδης, μετάφραση λατινικών: Πέτρος Οικονόμου, ΘΥΡΑΘΕΝ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, Αθήνα 2000.
520. 518. Ingold K. C., «Structure and Mechanism in Organic Chemistry», second ed. by Cornell University, USA 1967.
521. 519. Kalsi P. I., «ORGANIC REACTIONS AND THEIR MECHANISMS», second ed. by NEW AGE INTERNATIONAL (P) LIMETED, PUBLISHERS, India 2000.
522. 520. Emelus J. H., Sharpe G. A., «Modern aspects of inorganic chemistry», fourth ed. by UNIVERSAL BOOK STALL, New Denhi 1999.
523. 521. Rosenkretz Christian, «ΧΥΜΙΚΟΣ ΓΑΜΟΣ», μτφρσ. Σιαφαρίκας Θεόδωρος, εν έτει 1459, ΙΑΜΒΛΙΧΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1989.
524. 522. Μανουσάκης Γ., Κεφαλλονίτης Ι., Χρηστίδης Β., «ΧΗΜΕΙΑ Α΄ Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
525. 523. Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., «ΧΗΜΕΙΑ Α΄ Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
526. 524. Τσίπης Κ., Βάρβογλης Α., Γιούρη-Τσοχατζή Κ., Δερπάνης Δ., Παλαμιτζόγλου Π., Παπαγεωργίου Γ., «ΧΗΜΕΙΑ Γ΄ Λυκείου», ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
527. 525. Κομνηνός Τηλέμαχος (1862-1925), «Αναλυτική χημεία», Ποσοτική Ανάλυσις, Τυπογραφείον Π. Α. ΠΕΤΡΑΚΟΥ, ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1915.
528. 526. Μανωλκίδη Α. Κ., «ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ», βιβλ. ΒΑΓΙΟΝΑΚΗ-ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ, Αθήνα 1959.
529. Rosenkretz Christian, «Ο ΧΥΜΙΚΟΣ ΓΑΜΟΣ», εν έτει 1459, σχόλια Margaret Bennell - Isabel Wyatt, μτφρσ. Θεόδωρος Σιαφαρίκας, εκδ. ΙΑΜΒΛΙΧΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1989.
530. 528. Deming G. Horace, «GENERAL CHEMISTRY», AN ELEMENTARY SURVEY, fourth edition JOHN WILWY & SONS, Inc., New York 1935.
531. 529. Γκαίτε Γιόχαν Βολφγκανγκ φον, «Οι εκλεκτικές συγγένειες», (Die Wahlverwandschaften), πρώτη έκδοση 1809, Μετάφραση από τα γερμανικά του Δημοσθένη Κούρτοβικ, εκδόσεις ΚΑΝΑΚΗ, Αθήνα 1999.
532. 530. Niels Bohr, «On the Spectrum of Hydrogen», *Fysik Tidsskrift* **12**, 97 (1914), transted by A. D. Udden, New York 1950.
533. 531. Latimer M. Wendell, Rodebush H. Worth, «Polarity and ionization from the standpoint of the Lewis theory of valence», *Journal of the American Chemical Society*, Volume 42, p. 1419-1433, 1920.
534. 532. Κούμας Κωνσταντίνος ο Λαρισσαίος (1777-1836), «Σειράς στοιχειώδους των μαθηματικών και φυσικών πραγματειών», εκ διαφόρων συγγραφέων σταλαχθεισών, περιέχων σύνοψιν της εν είδη Φυσικής, κι επίμετρον περί χημείας, τόμος όγδοος, τυπογραφία γνώσεως Χενδώτου, Βιέννη 1807.

535. 533. Βαρδάλαχος Κωνσταντίνος του Αιγυπτίου (1775-1830), «Φυσική Πειραματική», υπότιτλος, «περιεκτική των νεωτέρων εφευρέσεων», Βιέννη 1812.
536. 534. Ηλιάδης Μ. Θεοδοσίος (1760/1785-περ. 1820), «ΧΗΜΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ» ή στοιχειώδεις αλήθειαι της νεωτέρας Χημικής, νεωτέρα τινι μεθόδω τεταγμέναί υπό Α. Φ. Φουρκρού, Ιατρού ή Διδασκάλου της Χημικής εν Παρισίοις, επιδιορθωθείσα και τύποις εκδοθείσα υπό Άνθιμου Γαζή (αρχιμδρ.), Βιέννη 1802.
537. 535. Macquer Pierre (1718-1784), απόσπασμα με τίτλο **Aggregation** από το «Dictionary of Chemistry» του (1766), μεταφρασμένο από τον Kier J. (1777) [από τον Maurice Crosland, ed., *The Science of Matter: a Historical Survey* (Harmondsworth, UK: Penguin, 1971)].
538. 536. Pauling Linus (1901-1994), «The Nature of the Chemical Bond. IV. The Energy of single Bonds and the relative Electronegativity of Atoms», ed. by *Journal of American Chemical Society*, volume 54, p. 3570-3582, September 1932.
539. 537. Stoner Edmund C., «The Distribution of Electrons among Atomic Levels», by *Philosophical Magazine*, Series 6, Volume 48, No. 286, p. 719-736, communicated by R. H. Fowler, M. A., October 1924.
540. Furtsch T. A., Tennessee Technological University, Cookeville.
541. Pauli W., «On the Connexion between the Completion of Electron Groups in an Atom with the Complex Structure of Spectra», *Z. Physik* 31, 765ff, 1925.
542. Μπάσιος Μιχάλης, Κούρτης Δημήτρης, «ΧΗΜΕΙΑ», Α΄ τάξη 1ου κύκλου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 1999.
543. Πεπόνης Γεώργιος, Σμυρνιωτοπούλου Άννα, Χιονίδου Θεοδώρα, «ΧΗΜΕΙΑ», Β΄ τάξη, 2ου κύκλου, ΟΕΔΒ, ΑΘΗΝΑ 2000.
544. Holmes L. Frederic and Levere H. Trevor, «Instruments and Experimentation in the History of Chemistry», The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England 2000.
545. Άνθιμου Γαζή, «ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ των ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ» «ή Σύντομος Ανάλυσις της Πειραματικής Νεωτέρας Φιλοσοφίας» κατ' ερωταπόκρισιν Συγγραφείσα μεν παρά του Άγγλου Βενιαμίν ΜΑΡΤΙΝΟΥ νυν δε το πρώτον εκδοθείσα εις την κοινήν των Ελλήνων διάλεκτον, & μετά πλείζων Σημειωμάτων επαυξηνηθείσα παρά ΑΝΘΙΜΟΥ ΓΑΖΗ θετταλομάγνητος, Τόμος Β΄, Εν Βιέννη της Αυστρίας παρά τω Φραντζ Αντωνίω Σχραίμβλ, 1799.
546. Deming G. Horage, «GENERAL CHEMISTRY», «an elementary survey», Fourth edition, JOHN WILEY & SONS, INC., New York, 1935.
547. Δάρβαρις Δημήτριος του Νικολάου, «ΕΠΙΤΟΜΗ ΦΥΣΙΚΗΣ», “ΕΙΣ ΤΡΙΑ ΜΕΡΗ ΔΙΗΡΗΜΕΝΗ προς χρήσιν των φιλομαθών Νέων”, τόμος Α΄, ΒΙΕΝΝΗ της ΑΟΥΣΤΡΙΑΣ, 1812.
548. Μακραίος Σέργιος, «ΕΠΙΤΟΜΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΚΡΟΑΣΕΩΣ», εν Βενετία, 1816.
549. LONGMAN DICTIONARY OF SCIENTIFIC USAGE, 1981.
550. Αριστοτέλης Σταγειρίτης, «Περί γενέσεως και φθοράς», εκδόσεις ΚΑΚΤΟΣ, Αθήνα 1994.
551. Βενιζέλου Β. Θεοδοσίου, «ΠΕΡΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΒΙΟΥ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ», έκδοση 1873.
552. Gillispi Charles Coulston, «ΣΤΗΝ ΚΟΨΗ ΤΗΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ», μτφρσ. Δημοσθένη Κούρτοβικ, Β΄ έκδοση ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, Αθήνα 1994.
553. Kossel Walther, «Molecule Formation as a Question of Atomic Structure», *Annalen der Physik*, v. 49, p. 229-362, 1916.
554. Γεωργιάδου Α., Καφετζόπουλος Κ., Προβής Ν., Χηνιάδης Δ., Σπυρέλλης Ν., «ΧΗΜΕΙΑ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ», ΟΕΔΒ, Αθήνα 1997.

555. Γεωργιάδου Α., Καφετζόπουλος Κ., Προβής Ν., Χηνιάδης Δ., Σπυρέλλης Ν., «ΧΗΜΕΙΑ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ», ΟΕΔΒ, Αθήνα 1998.
556. Knight David, «Communicating Chemistry», The Frontier between Popular Books and Textbooks in Britain during the First Half of the Nineteenth Century.
557. Θεοτόκης Νικηφόρος (1731-1800, Νικηφόρου ιερομονάχου του Θεοτόκου), «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ» 'εκ των νεωτέρων συνερανοισθέντα', τόμος Α', Εν Λειψία της Σαξονίας εν τη τυπογραφία του Βρεϊτκόφφ, έτει απξς (1766).
558. Θεοτόκης Νικηφόρος, «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ» 'εκ των νεωτέρων συνερανοισθέντα', τόμος Α', Εν Λειψία της Σαξονίας εν τη τυπογραφία του Βρεϊτκόφφ, έτει απξς (1767).
559. Κούμα Κ.Μ., «ΣΥΝΟΨΙΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ», 'συγγραφείσα μεν Γερμανίς υπό Βιλ. Γοτλ. Τενεμάννου., μεταφρασθείσα δε εις χρήσιν του φιλολογικού της Σύμρνης Γυμνασίου υπό Κ.Μ. Κούμα, εκδοθείσα δε δια φιλοτίμου δαπάνης Π. Νικολαΐδου Συμρναίου, EN BIENNΗ ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΙΑΣ, Εκ της τυπογραφίας Ιων. Βαρθ. Τεσεβεκίου, ΑΩΙΗ' (1818).
560. Αριστοτέλης, «ΠΕΡΙ ΦΥΣΕΩΣ», το δεύτερο βιβλίον των ΦΥΣΙΚΩΝ, εισαγωγή-μτρφσ-σχολιασμός Βασίλης Κάλφας, 2η έκδοση, εκδ. ΠΟΛΙΣ, Αθήνα 2000.
561. Chatelet Francois, «Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ», από τον Πλάτωνα μέχρι το Θωμά τον Ακινάτη, τόμος Α', 2η έκδοση, εκδ. ΓΝΩΣΗ, Αθήνα 1989.
562. IUPAC, ORGANIC CHEMISTRY DIVISION, Commission on Nomenclature of Organic Chemistry, Commission on Physical Organic Chemistry, recommendations 1996.
563. Βασιλειάδου Χριστόφορου (καθ. Ανωτ. Γεωπονικής), «ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», ΑΘΗΝΑΙ 1968.
564. Βαρούνη Στεφ. Θεοδώρου (καθ. ΕΜΠ), «ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΟΣ ΧΗΜΕΙΑ», Αθήνα 1944.
565. Glasstone Samuel, «TEXTBOOK of PHYSICAL CHEMISTRY», MACMILLAN, USA 1969.
566. Emsley John, «The Shocking history of phosphorus», PAN BOOKS, 2001.
567. Gutas Dimitri, «ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΤΟΝ ΑΡΑΒΙΚΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ», μεταφρσ. Μαρία Μακρή, εκδ. ΠΕΡΙΠΛΟΥΣ, 2001.
568. Βούλγαρη Δ., «ΧΗΜΕΙΑ», εκδ. Οίκος Δημητράκου, ΑΘΗΝΑΙ 1934.
569. Strathen Paul, «Mendeleev' s Dream», The Quest for the Elements, Penguin Books, 2001.
570. Ostwald W., «L' Évolution d' une Science LA CHIMIE», ERNEST FLAMMARION EDITEUR, PARIS.
571. Κιτρομηλίδης Π.Μ., «Ι. ΜΟΙΣΙΟΔΑΞ», ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, Αθήνα 1985.
572. Στεφανίδου Κ. Μιχαήλ, «ΕΠΙ ΤΗ ΕΚΑΤΟΝΤΑΕΤΗΡΙΑΙ ΤΟΥ Μ.ΒΕΡΗΕΛΟΤ», Εν Αθήνας 1929.
573. Κιτρομηλίδη Π.Μ., «ΝΕΟΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΔΙΑΦΩΤΙΣΜΟΣ», ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, Αθήνα 1996.
574. Τσαπαρλής Γεώργιος, «ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ», εκδ. Μ.Π. ΓΡΗΓΟΡΗΣ, Αθήνα 1991.
575. Μαυρόπουλος Μ., «ΔΙΔΑΣΚΩ ΧΗΜΕΙΑ, εκδ. Σαββάλας, Αθήνα 1997.
576. Βλαστού Λουκία, «Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΟΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ», ΑΘΗΝΑΙ 1949.
577. Τσιρίμπα Αντωνίου, Κωνσταντοπούλου Ευρ., «ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ», ΑΘΗΝΑΙ 1953.
578. Gavroglu Kostas, «The transmission and assimilation of scientific ideas to the Greek speaking world ca. 1700-1900: the case of chemistry», hellinonimon public, 2001.

579. Δημόπουλος Κ.Α., «ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ», Αθήνα 1993.
580. Cubberley P. Ellwood, «THE HISTORY OF EDUCATION», HOUGHTON MIFFLIN COMPANY, USA 1920.
581. Lecoq Paul Emile de Boisbaudran, “About a New Metal, Gallium”, *Annales de Chimie* (5), Vol. **10** (1877), p. 100-141.
582. *Webster’s Third New International Dictionary of the English Language*, unabridged; Gove, P. B., Ed. in Chief; G. & C. Merriam: Springfield, MA, 1961.
583. Λάζος Χρ., “Το ταξίδι του Πυθέα στην άγνωστη Θούλη”, εκδ. ΑΙΟΛΟΣ, ΑΘΗΝΑ 1996.
584. Ανδρόνικος Μανώλης (ακαδ.), «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΟΥΣΕΙΑ», της ΕΚΔΟΤΙΚΗΣ ΑΘΗΝΩΝ, ΑΘΗΝΑ 1974.
585. Walker Robert, «Corrosion and Preservation of Bronze Artifacts», Department of Metallurgy & Materials Technology University of Surrey, Guildford, *Journal of Chemical Education*, vol. 57, n. 4, April 1980.Λ
586. Μακαρόνα Χρ., «Τα επίχρυσα χαλκά ευρήματα του Δερβενιού», *Αρχαιολογικόν Δελτίον* 18, Β₂ Χρονικά, σελ. 193, ΑΘΗΝΑ 1973.
587. Durando Furio, «ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ», εκδ. ΚΑΡΑΚΟΤΣΩΓΛΟΥ, 1992.
588. Ψαράκης Δ. Τάκης, “Ανθολόγιο της Αλεξάνδρειας”, ΝΕΑ ΣΥΝΟΡΑ–Α. ΛΙΒΑΝΗ, Αθήνα 1992.
589. Gillespie Ronald J., “Οι μεγάλες ιδέες της Χημείας”, *Journal of Chemical Education*, vol. 74 No. 7 July 1997, μτφρσ Δ. Χηνιάδη, ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ (τ. 11), 2001.
590. Düring Ingemar, «Αριστοτέλης», “Παρουσίαη και Ερμηνεία της Σκέψης του”, Τόμος Α΄, μτφρσ. Π. Κοτζιά-Παντελή, εκδ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, ΑΘΗΝΑ 1994.
591. Düring Ingemar, «Αριστοτέλης», “Παρουσίαη και Ερμηνεία της Σκέψης του”, Τόμος Β΄, μτφρσ. Α. Γεωργίου-Κατσιβέλα, εκδ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, ΑΘΗΝΑ 1994.
592. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ, τόμος 1ος, ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΑΘΗΝΩΝ, Αθήνα 1990.
593. Alic Margaret, «Η κληρονομιά της Υπατίας», εκδ. ΕΚΑΤΗ, 1992.
594. «Longman Dictionary of Scientific Usage», by A. Godman & EMF Payne, 1981.
595. KROH PAUL, LEXIKON DER ANTIKEN AUTOREN, ed. LAFRED KRÖNER VERLAG STUTTGARD, 1976.
596. Γεωργούλη Κ.Δ., «Ιστορία της ελληνικής φιλοσοφίας», εκδόσεις Παπαδήμα, Αθήνα 2000.
597. Κέλσος, «Αληθής Λόγος», εκδόσεις θύραιεν ΕΠΙΛΟΓΗ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1996.
598. Γ. Κορδάτος, «ΜΕΓΑΛΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ», τ. VI, σ. 113, ΑΘΗΝΑ 1958.
599. Revilont, «Revue de l’histoire des religions», 4η σειρά, τόμος VIII, σελ. 116, 431, 434 κλπ.
600. Dobbs Berry J. T., «*The Foundations of Newton’s Alchemy*», Cambridge University Press, 1975.
601. Fox Clifton R., «*Βυζαντινή Αυτοκρατορία*», *Celator*, vol. 10, 1996, μτφρ. Δ. Λόγγου, ΑΘΗΝΑ .
602. Hunger Herbert, «ΒΥΖΑΝΤΙΝΗ ΛΟΓΟΤΕΧΝΙΑ», ‘Η λόγια κοσμική γραμματεία των Βυζαντινών’, τ. 3^{ος}, ...Αλχημεία, ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΗΣ, Αθήνα 1994.
603. Συλβαίν Γκουγκενέμ, Ο ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ ΣΤΟ ΜΟΝ-ΣΑΙΝ-ΜΙΣΕΛ, οι ελληνικές ρίζες της χριστιανικής Ευρώπης, Γ΄ έκδοση ΟΛΚΟΣ 2009 (ed. Du Seuil, 2008).

604. Lucio Russo, «Η ΛΗΣΜΟΝΗΜΕΝΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ», ‘ΠΩΣ Η ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΓΕΝΝΗΘΗΚΕ ΤΟ 300 π.Χ. ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΡΕΠΕ ΝΑ ΞΑΝΑΓΕΝΝΗΘΕΙ, εκδ. ΔΙΑΥΛΟΣ, 2006, ιταλική 1996 Giangiacomo Feltrinelli Editore Milano.
605. ENCYCLOPEDIA OF ANCIENT natural sciences, ed. Paul KEYSER and GEORGIA IRBY-MASSIE, 2008’
606. COLLECTION DES ANCIENS ALCHIMISTES GRECS εκδ. από τον M. Berthelot με τη συνεργασία του Ch-Em Ruelle, 1^η εκδ. Paris 1887. [579 για τη βιβλιογραφία την παλιά. Γαλλικό κείμενο με τα σχήματα των χειρογράφων και παπύρων]
607. COLLECTION DES ANCIENS ALCHIMISTES GRECS εκδ. από τον M. Berthelot με τη συνεργασία του Ch-Em Ruelle, 2^η εκδ. Paris 1888. [580, τα ελληνικά κείμενα]
608. Sir William Smith, DICTIONARY OF GREEK AND ROMAN BIOGRAPHY AND MYTHOLOGY, vol. 3, 1970. [581, Αναφέρεται στον Ολυμπιόδωρο, του οποίου το έργο χάθηκε, ενώ διασώζεται μία περιληπτική σύνοψη του Φωτίου, στην οποία περιγράφεται το ύφος της εργασίας του ως σαφής, αλλά χωρίς δύναμη και σθένος... τα υπόλοιπα στον AMBIΚΙΣΜΟ]
609. Πάπυρος Λέιντεν (papyrus Leidensis) [582, στον AMBIΚΙΣΜΟ]
610. J. B. Hofmann, «Ετυμολογικό Λεξικό της αρχαίας ελληνικής γλώσσας», εξελληνισθέν υπό Αντωνίου Δ. Παπανικολάου, Αθήνα 1974. [583]
611. LEXIKON MANUALE GRAECO-LATINUM ET LATINUM-GRAECUM, BATANORUM ET ROTERODAMI, Ex Officina HACKIANA, 1664. [584]
612. Ιωάννου Αλεξανδρίδου, ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΥΣΤΙΚΑ-ΧΡΥΣΟΠΟΪΑ και ΛΕΞΙΚΟΝ ΚΑΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΝ ΤΗΣ ΧΡΥΣΟΠΟΪΑΣ . Ev Κωνσταντινουπόλει, τυπογραφείο ΚΟΡΟΜΗΛΑ, 1880. [585]
613. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ (περιοδικό, τεύχος 107, ΙΟΥΝΙΟΣ 2008), Η ΑΛΧΗΜΕΙΑ, υπότιτλος: από τους ελληνοιστικούς χρόνους ως τους μεσοβυζαντινούς. [586]
614. Μιχαήλ Στεφανίδης, ΧΥΜΕΙΑ ΚΑΙ ΛΕΣΒΟΣ, το δημαρχικόν χυμείον Μυτιλήνης και βιογραφία Λέσβου, ανατύπωση του EN ΤΕΡΓΕΣΤΗ Τύποις Αυστρικού Λόυδ, 1909, Μυτιλήνη 2003. [588]
615. Θαδαίος Ζελίνσκι, ΕΡΜΗΣ Ο ΤΡΙΣΜΕΓΙΣΤΟΣ και οι αρκαδικές απαρχές του, ΕΚΑΤΗ, Β΄ έκδοση, ρωσική έκδοση 1095, ελληνική 2001. [589]
616. Τζόρτζια Λ. Ιρμπι-Μασσι και Πολ Τ. Κεϊζερ, Η ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ, εκδ. ΕΝΑΛΙΟΣ (αγγλική έκδ. 2004), ΑΘΗΝΑ 2010. [591]
617. Neil Powell, “ALCHEMY, The Natural Science”, THE DANBURY PRESS, London, 1976.
618. Meineke August, Analecta Alexandrina, (Euphoriones Scriptores), 1843.

Αναφορές από ιστοσελίδες του διαδικτύου (INTERNET)

- www.mshhe.com/chemistry
- www.nobel.se/chemistry/laureates
- www.philosopher.uk/
- www.hellinonmimon.gr
- <http://chemistry.mtu.edu/>
- <http://webserver.lemoyne.edu/>
- <http://www.ritmanlibrary.nl/>
- <http://www.levity.com/alchemy/apparat1.html>
- <http://www.chemie.uni-marburg.de/historie/index-f.en.html>
- <http://www.nidlink.com/>
- <http://www.uwimona.edu.jm:1104/>
- <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Bonding/Bonding.html>
- <http://jgor123.tripod.com/>
- <http://www.rod.beavon.clara.net/elements.htm>
- <http://antoine.fsu.umd.edu/chem/>
- <http://www.nlg.gr/epet/nav.asp?id=../db/icon/a1977/135.gif>
- <http://www.weblab.gr/ek/AthensArchae/>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

Αβερόης, βλ. Anveroës
Αβικένας, 177, 178
Αβραάμ, 128
Αγαθάγγελος, 120
Αγαθαρχίδης ο Κνίδιος, 94, 104, 105
Αγαθήνωρ/-ορας, 81,
Αγαθοδαίμων(ονας), 111, 121, 128, 187
Αγαμέμνων/ονας, 31
Αγήνωρ (ας), 42, 63
Άγιος Μάρκος, 49, 131, 132, 147
Άδης ή Αΐδης ή Αΐδωνέας/εύς ή Άις, 34, 49, 118
Άδητος, 264, 268, 269, βλ. Adet
Αέρας, 38
Αέτιος ο Αντιοχεύς (~100 μ.Χ.), 48, 65, 66, 72, 78
Αέτιος ο Αμιδηνός (από την Άμιδα της Μεσοποταμίας, 6^{ος} μ.Χ.), 139, 141
Αθήνα, 71
Αθήναιος ο γλύπτης, 107
Αθηναίος Ναύκρατις ο γραμματικός (αρχές 3ου αι. π.Χ.), 55, 112
Αΐδωνέας βλ. Άδης
Αιθέρας, 37
Άις, 34
Αισχύλος, 260, 345
Αλ Ιρακί, βλ. Abu' I-Quasim al Iraqī, 161
Αλ Μαμούν, 156, 190
Αλ Ραζή, βλ. al Razi, 163
Αλβέρτος ο Μέγας, βλ. Albertus Magnus, 2, 46, 146, 258
Αλέξανδρος ο Αφροδισιάς, 151, 259
Αλέξανδρος ο Μέγας, 17, 28, 58, 60, 87, 112
Αλέξανδρος Σεβήρος ο Αφρικανός ή Εμπειρικός, 129
Αλέξανδρος Τραλλιανός (από τις Τράλλεις της Καρίας, 6^{ος} αι. μ.Χ.), 141
Αλή γαμπρός Μωάμεθ, 155
Αλκμαίων ο Κροτωνιάτης (γιατρός, 6^{ος}/5^{ος} π.Χ.), 79
Αλυάτης, 69, 112
Αμήστρις/ια, 124
Άμμων, 107
Αμφιδάμας Γανύκτορα, 36
Αναξαγόρας ο Κλαζομένιος (5^{ος} αι. π.Χ.), 18, 33, 46, 49, 53, 79, 118, 123
Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος (610-547 π.Χ.), 53, 57, 65, 66, 67, 68, 69, 73, 79
Ανάξαρχος ο Αβδηρίτης (~380-332 π.Χ.), 53, 79
Αναξιμένης ο Μιλήσιος, 49, 53, 57, 67, 68, 79
Ανάφης, 124
Ανάχαρσις ο Σκύθης, 60
Ανδρομέδα, 42
Ανδρόνικος Μανώλης, 118
Ανδρόνικος ο Ρόδιος, 17
Ανεπίγραφος, 87, 146, 151
Αντίγονος, 96
Αντίοχος Γ', 344
Αντίφημος, 61
Αντιφών, 54
Απολλοβήχης βλ. Ωρος
Απολλόδωρος ο Επικούρειος (ο Αθηναίος), 65, 77
Απόλλων (Ήλιος), 71, 92, 96, 107, 119, 131, 134
Απολλώνιος, 140
Απολλώνιος ο Τυανεύς, 151, 157, 174
Απουήλιος, 128
Άρης, 92, 177
Αριάνδη, 118

Αριάδνη κόρη Λέοντα Α΄, 151
Αρισταίος ο Κροτωνιάτης, 123
Αρίσταρχος, 84
Αρίστιππος, 54
Αριστοτέλης, 2, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 32, 33, 34, 35, 45, 46, 54, 57, 60, 64, 65, 76, 77, 78, 79, 81, 84, 87, 97, 106, 119, 123, 131, 140, 141, 142, 149, 169, 170, 174, 176, 178, 187, 188, 202, 207, 211, 258, 259, 260, 261, 271
Αριστοφάνης, 38, 260
Αρκάδιος, 132, 133, 134, 142
Αρριανός, 87
Αρποκράτης, 114
Αρποκρατίων(ας) ο Μενδήσιος, 114
Άρτεμις, 42
Αρχιμήδης, 130, 140, 151
Άρχιππος, 36
Αρχύτας ο Ταραντίνος, 53, 79,
Ασκληπιός, 114, 115, 157
Άσπαρ, 344
Αστάρτη (ή Αφροδίτη), 42
Αστιόνιος, 118
Άτλας ο Λίβυος, 60
Αττίλας, 131
Αυγείας, 29
Αυρηλιανός, 106
Αφρικανός ή Εμπειρικός βλ. Αλέξανδρος Σεβήρος, 128, 129
Αφροδίτη, 42, 92, 177
Αχιλλέας, 28

Βάαλ, 42
Βάβυδας, 69
Βαϊσχάουπτ Άνταμ, 243
Βάλης ή Ουάλης Καίσαρ Φλάβιος Ιούλιος, 344,346
Βάκων Ρογήρος, 3, βλ. Bakon Roger
Βαλεντιανός ή Ουαλεντιανός, 344, 346
Βάλης ή Ουάλης, 344, 346
Βάμβας Νεόφυτος, 4, 264, 273
Βαρδάλαχος Κωνσταντίνος, 188, 217, 218, 261, 271, 273, 274, 275
Βαρούνης, Θεόφωρος, 415, 421, 502
Βάσσος Κασσιανός, 139
Βένθυλος, 102
Βενιζέλος, Αλέξανδρος, 424, 425
Βεργμανός, 273, βλ. Bergman Tobern
Βερενίκη Α΄, 86
Βερν Ιούλιος, 261
Βίας ο Πριηνεύς, 60, 69
Βιλανόβα Αρνόλδο, βλ. Villanova Arnoldo
Βιργίλιος 346
Βλάχος Γεράσιμος (1607-1685), 262
Βλεμμίδης Νικηφόρος, 141, 258, 259
Βολταίρος, 176
Βονιφάκιος VIII, Πάπας Ρώμης (1294-1303), 178
Βούτμαν, 35
Βρύαζις, 107
Βώλος ή Βόλος ο Μενδήσιος βλ. ψευτο-Δημόκριτο

Γαζής Άνθιμος, 218, 261, 263, 264, 279, 315
Γαία ή Γη, 37, 40, 69
Γάιος Κορνήλιος Γάλλος, 346
Γαλανός Σπυρίδων, 426
Γαληνός, 63, 87, 115, 116, 137, 149, 151, 163

Γαλιλαίος, 200
Γανύκτορας, 36
Γεοφροῦς, βλ. Geoffroy Etienne (Ζοφρούα)
Γεωγράφος, 112
Γεώργιζα Δέσποινα, 28
Γεώργιος Ακροπολίτης (ιστορικός), 259
Γεώργιος Σύγκελλος, 127, 129
Γεωργούλης Κ.Δ., 84
Γη, 43, 107
Γιαμπίρ, βλ. Jabir, 155, 158, 159, 163, 164
Γιασίντ, 159 βλ. Χαλίντ
Γιαχβέ, 93
Γιγαλμές, βλ. Ενούμα Έλις
Γκίλμπερτ, 281, 282 βλ. Gilbert William
Γκουέρικε, 283, βλ. Guericke Otto van
Γλαουβέριος, βλ. Glauber
Γλαύκος ο Χίος, 112
Γλυκάς ο Κεδρηνός, 108
Γλυκός Νικόλαος, 270
Γοργίας, 54
Γυτών, βλ. Guyton de Morveau
Γωβρίας, 60

Δαμώ η Κροτωνία, 53
Δαμάσκιος, 38
Δαμβέργης, Αναστάσιος, 505, 506
Δάνδολος Ερρίκος, 147
Δάρβαρις Δημήτριος, 217, 275, 276
Δαρείος, 124
Δαυίδ, 166
Δευκαλίων(ας), 41, 42
Δέξιος, 72
Δημαράς Κ. Θ., 258
Δήμητρα, 107
Δημητράκου Δημ., 157
Δημήτριος ο Πολιορκητής του Αντιγόνου, 96
Δημήτριος ο Φαληρεύς/έας, 106
Δημόκριτος ο Αβδηρίτης, 2, 18, 22, 33, 35, 45, 47, 49, 50, 53, 57, 77, 78, 79, 84, 123, 126, 128, 196, 208, 209, 210, 262, 273, 304
Δημόκριτος ο Μυσταγωγός ή Βώλος ο Μενδήσιος ή ψευτο-Δημόκριτος, 15, 125, 126, 128, 137, 151, 182
Δίας, 35, 36, 81, 86, 92, 96, 97, 107, 116, 120
Διδώ, 42
Διογένης ο Απολωνιάτης ή ο φυσικός, 53, 123
Διογένης ο Απολωνιάτης, 79,
Διογένης ο Βαβυλώνιος, 54
Διογένης ο Λαέρτιος, 17, 58, 59, 63, 64, 65, 72, 76, 77, 125
Διογένης ο Οينوανδέας, 55
Διόδωρος της Ταρσού, 150
Διοκλητιανός Γάιος Αυρήλιος Βαλέριος, 28, 85, 103, 106, 167, 344
Διονύσιος Πύρρος ο Θετταλός, 217, 261, 262
Διόνυσος, 118, 136
Διοσκουρίδης, 140, 149, 151, 188
Διόσκουρος, 135
Διόφαντος, 140

Εκάτων ο Ρόδιος, 54
Έκφαντος ο Συρακόσιος, 70, 79
Ελισάβετ Ι, 282
Ελλάνικος, 38
Εμμανουήλ Εμμανουήλ, 15

Εμπεδοκλής ο Ακραγαντίνος, 2, 15, 18, 33, 35, 40, 41, 46, 48, 49, 53, 57, 74, 76, 81, 123, 171, 182, 196, 211, 427
 Ενούμα Έλις ή Γιγαλμές, 43
 Εξαμύας, 63, 65
 Επίκουρος, 35, 54, 55, 77, 79, 82, 83, 123, 209, 210, 304
 Επιμενίδης ο Κρης, 38, 60
 Έρεβος, 37, 38
 Ερζέν, 154
 Έρμαρχος ο Μιτυληναίος, 55, 77, 78
 Ερμής, 34, 39, 92, 111, 113, 115, 116, 119, 131, 137, 177
 Ερμής ο Τρισμέγιστος, 34, 98, 114, 156, 164
 Ερμίας, 65
 Έρμυπος, 17
 Ερμόδωρος, 60
 Ερμόλαος Μακεδόνας, μαθητής του Καλλισθένη, 187
 Έρωσ ή Έρος, 37
 Εύδημος ο Ρόδιος, 38, 54
 Ευδοκία, 129, 147
 Εύδοξος ο Κνίδιος, 54
 Ευήμερος ο Μεσσήνιος, 29
 Ευκλείδης, 135, 140, 151, 178
 Ευμολπία, 61
 Εύμολπος, 61
 Ευριπίδης, 260
 Ευρύστατος, 67, 68
 Ευρύλοχος, 77
 Ευφορίων, 344, 345, 346

 Ηλιάδης Θεοδόσιος του Μανασσή, 188, 208, 217, 218, 234, 237, 264, 265, 266, 268, 271, 273, 275, 280, 315
 Ηλιογάβαλος, 129
 Ηλιόδωρος (από τα Έμεσα, επίσκοπο Τρίκκης), 128, 137
 Ήλιος, 92, 177
 Ημέρα, 37
 Ήρα, 49
 Ηρακλής, 29, 42, 60, 111, 119, 120
 Ηρακλείδης ο Ποντικός, 54, 60, 84
 Ηράκλειος Καίσαρας ή Αυτοκράτωρας (Α΄), 128, 137
 Ηράκλειτος ο Εφέσιος ή Κλαυσίνος, 53, 72, 73, 79, 81, 123
 Ηρόδοτος, 3, 29, 33, 52, 112, 124
 Ηρώ, 136
 Ήρων ο Αλεξανδρέας, 130, 190
 Ησίοδος, 30, 31, 36, 40, 41, 42, 52, 65
 Ησύχιος, 17, 64
 Ήφαιστος, 58, 60, 88

 Ζαγανιάρης, Ιωάννης, 426
 Ζάλμοξις ο Θραξ, 52, 60
 Ζαρατούσδρα βλ. Ζωροάστρης, 42
 Ζας, 69, βλ. Βλ. Ζευς
 Ζαχαρίας Ι. Προκόπιος, 86, 167
 Ζέγγελης Δ. Κωνσταντίνος, 11, 419, 425
 Ζευς, 49, 69, 177, βλ Δίας
 Ζηνοβία της Παλμύρας, 106
 Ζήνων Αυτοκράτορας Βυζαντίου (474-491), 151
 Ζήνων ο Ελεάτης, 53, 54, 74, 79, 123
 Ζήνων ο Κιτιεύς, 54
 Ζοζέ ή Χέοπας, 121
 Ζοφρουά, βλ. Geoffroy Etienne Francois
 Ζωροάστρης, 58, 60, 124, 128
 Ζώσιμος ο ιστορικός (2ος μ.Χ.), 108

Ζώσιμος ο Πανοπολίτης ή Θηβαίος, 86, 89, 90, 104, 120, 128, 129, 131, 146, 164, 167, 170, 182, 187, 258, 269

Θαλής ο Μιλήσιος, 33, 36, 41, 53, 57, 60, 61, 63, 64, 65, 79, 112, 123

Θεανώ η Θούρια, 53

Θεμίστα, 55

Θενάρδος, 4, βλ. Thenard

Θεοδόσιος Α΄ (ο Μέγας), 106, 128, 130, 131, 133, 134, 142

Θεοδόσιος Β΄ ο μικρός, 132, 134

Θεόδοτος (Tajaduk) γιατρός, 151

Θεοδωρίδης Χαράλαμπος, 59

Θεοδώρητος ο Κύρου, 150

Θεόδωρος Λάσκαρης ο Α΄ (1204-1222), 258

Θεόδωρος Λάσκαρης ο Β΄ (1254-1258), 258

Θεόδωρος ο Μοψουεστίας, 150

Θεοσέβεια, 120, 129, 187

Θεοτόκης Νικηφόρος, 21, 22, 23, 25, 262, 263

Θεοφάνης Νόννος, 3, 141

Θεόφιλος αρχιεπίσκοπος Αλεξάνδρειας, 102, 128, 132, 134

Θεόφιλος ο Κορυδαλλέας, 17, 18, 19, 261

Θεόφραστος, 2, 54, 66, 79, 93, 106, 119, 125, 140, 149, 150

Θέων(ας), 134

Θησέας/εύς

Θουθ βλ. Θωθ

Θουκιδίδης, 32

Θωθ ή Θοθ ή Θουθ ή Τοτ ή Τατ ή Ερμής (ή Duhit ή Zahouiti), 98, 114

Θωμάς ο Ακινάτης, 169, βλ. Thomas Aquinas, 178

Ιάμβλιχος, 76, 115, 130

Ιαχωβά βλ. Γιαχβέ

Ίβις, 98

Ιδομενέας ο Λαμψακινός Ιερώνυμος, 55

Ιεροκλής, 123

Ιερώνυμος, 38

Ικέτας ο Συρακόσιος, 79,

Ιμχοτέπ ή Ιμούθ, 131

Ιουλλιανός (ο Παραβάτης), 97, 145

Ιουστινιανός, 28, 106

Ίππασος ο Μεταποντίνος, 72, 123

Ιππίας, 65

Ιππόλυτος, 72

Ιπποκράτης, 33, 149, 151, 163

Ίππων ο Σάμιος, 53, 65

Ίσις, 107, 111,

Ιωάννης, 136

Ιωάννης Ακτουάριος, 3, 142

Ιωάννης αρχιερέας, 128

Ιωάννης Μαλάλας, 346

Ιωάννης Στοβαίος, 114

Ιωάννης Τσιμισκής, 148

Ιωάννης Φιλόπονος (μαθητής Αμμώνιου 5^{ου}/6^{ου} αι. π.Χ.), 259

Ιωάννης ο Χρυσόστομος, 134, 150

Ιωάννου, Αθανάσιος, 419, 420, 421

Ιωάννου, Ι, 426

Καββασιάδης Κ., 422,

Κάδμος, 41, 63

Καλιόστρο Κόμης ή Γκιουζέπε Μπάλσαμο, 243, 244

Κάλλης, 503

Καλλίδης Ραχαιδίβος, 128

Καλλικλής ο Αθηναίος, 54
 Καλλίνικος, 140, 143
 Καλλιόπη Μούσα, 31
 Κάλγας, 32
 Καίσαρ(ας), 106, 109
 Καισαρίων(ας), 43, 109
 Κανίδης, 128
 Καντ, 318, 324, βλ. Comte August
 Κανφόρα βλ. Canfora Luciano
 Καπετάνου, Ε., 479, 503
 Καρτέσιος, βλ. Descartes René
 Κεδρηνός, 97
 Κέλσος, 92, 93
 Κέπλερος ή Κέπλερ, βλ. Kepler
 Κέρβερος, 107
 Κεφαλλονίτης Γ., 503
 Κικέρων, 68, 346
 Κλεάνθης ο Άσσιος, 54
 Κλεάνθης, αρχιτέκτονας, 424
 Κλεοβουλίνη, 63
 Κλεόβουλος, 60, 61
 Κλεομήδης (φιλόσοφος κι αστρονόμος, ~100 μ.Χ.), 259
 Κλεοπάτρα, 43, 109, η Φιλοπάτωρ η Σοφή η Ζ΄, 120, 121, 122, 128, 137, 146
 Κλήμης ο Αλεξανδρεύς (Τίτος Φλάβιος Κλήμης), 86, 107, 113, 116
 Κλήμης Πάπας Ρώμης ο 4^{ος}, 173, 174
 Κνούφης, 120
 Κοδρικάς Παναγιώτης, 260, 261
 Κοκκώνης, 102
 Κοίος, 40
 Κολώτης, 55
 Κομάριος ή Κομέριος, 121, 128, 137, 146
 Κομνηνοί, 258
 Κομνηνός Τηλέμαχος, 502, 505
 Κορδάτος Γιάννης, 107, 108
 Κόρινθος, 58
 Κοσμάς ο Ινδικοπλεύστης ή ψευτο-Ίσις, 105
 Κούμας Κων/νος ο Λαρισιαίος, 151, 218, 261, 263, 268, 270, 273, 280, 315
 Κούρτης, 507
 Κοφινιώτης Ε., 40
 Κροίσος ο Λυδεύς, 61, 62, 64
 Κρόνος ή Χρόνος, 30, 38, 71, 92, 177
 Κτησίβιος, 190
 Κυαξάρης, 112
 Κυβέλη, 93
 Κυπριανός άγιος, 124
 Κύριλλος, 132
 Κύρος, 61, 62
 Κωνσταντίνος ο Μέγας, 93, 107
 Κωνσταντίνος Δ΄ ο Πωγωνάτος, 140, 143
 Κωνσταντίνος ο Πορφυρογέννητος, 141
 Κωνσταντίνος ΙΑ΄ Παλαιολόγος, 145

Λαβουαζιέ, βλ. Lavoisier
 Λάζος Χρήστος, 119
 Λάνδερερ Ξαβιέριος, 265, 324, 325, 368, 424, 425
 Λεάνδρος, 136
 Λεοντεύς, 55
 Λεύκιος Αιμίλιος Παύλος, 108
 Λεύκιππος, 18, 35, 45, 57, 70, 77, 78, 79, 304
 Λέων ο Α΄ ο Θραξ ή Μακέλλος (457-474), 151, 344

Λέων ο Αφρικανός, 156
 Λέων ο τύραννος Σικυώνας ή Φλιασίων, 60
 Λέων ο Μαθηματικός, 140, 141
 Λητώ, 40
 Λίβυος ο Άτλαντας, 60
 Λίνος, 39, 60
 Λιοδάκης Σ., 503
 Λόβων ο Αργεΐος, 63
 Λουδοβίκος ο Η΄, 169
 Λουκιανός, 150
 Λουκρήτιος, 74, 202, 272
 Λούλιος Ραϊμόνδος, βλ. Lullius R., 3, 178
 Λυκούργος ο βασιλιάς της Θράκης, 118
 Λύσιππος, 96

Μαΐα, 35, 116
 Μακαρόνας Χρ. Αρχαιολόγος, 118
 Μακέ, βλ. Macquer
 Μακραίος, 218, 261
 Μανέθων, 43
 Μανουσάκης, 507
 Μαργαρίτης Αθανάσιος, 145, 165
 Μαρία η Ιουδαία ή Εβραία ή Μύριαμ η Προφήτισσα ή Μαρία η Κόπτισα, 120, 121, 128
 Μαριάνο ή Μοριάνο, 154, 155
 Μάρκος Αυρήλιος, 93
 Μάρκος Γραικός, 141, 182
 Μαρντούκ, 43
 Μαρτίνος βαν Μάρουμ, 286, βλ. Martinus van Marum
 Ματθαίοπουλος Γεώργιος, 322, 418, 425, 526
 Μαυρόκιος Θεοδόσιος, 142
 Μαυρόπουλος, Μάκης, 479, 503
 Μεγάβαζος, 124
 Μελκάρθ (ο Ηρακλής), 42
 Μέλισσος ο Σάμιος, 53, 79,
 Μεταξάς Ιωάννης, 3, 424
 Μετοχίτης Θεόδωρος, 142
 Μητρόδωρος ο Χίος, 53, 55, 79,
 Μίθρας, 92, 93
 Μίνωας, 71
 Μιχαήλ Εφέσιος, 141
 Μιχαήλ Ψελλός, 3
 Μοαούγια, βλ. Χαλίντ
 Μολότοφ, 144
 Μονό, 154
 Μορβώ, 202, βλ. Morveau
 Μοριάνο, βλέπε Μαριάνο
 Μουσαΐος, 39, 60, 61
 Μουσαΐος, 60, 61, 136
 Μόχος ή Μώχος ο Σιδώνιος, 58, 60, 262
 Μοαούγια, βλ. Χαλίντ
 Μπάσιος, 503
 Μπέργκμαν, βλ. Bergman Torberni
 Μπόιλ, βλ. Boyle
 Μπρούνο Τζορντάνο, 200, βλ. Bruno Giordano
 Μύσων ο Χηνεύς, 60
 Μυρεψός ή Ακτουάριος Νικόλαος, 3
 Μωάμεθ, 152, 155
 Μωϋσής ή Μωσής βλ ψευτο-Μωϋσής, 127, 241, 128

Ναβουχοδονόσορας, 42

Ναπολέοντας ο Βοναπάρτης, 166, 245, 246, 247, 248, 287, 301
Ναυσιφάνης, 77, 82
Νείλος, 60
Νεοκλής, 54, 82
Νεστόριος, 149, 150
Νεύτων(ας), 202, 207, 209, 247, 272, 304, βλ. Newton Isaac
Νεχεμάουτ, 111
Νήστις, 37, 49, 75
Νίκανδρος ο Κολοφώνιος, 126, 346
Νικηφόρος ο Α΄ (σφετεριστής, 802-811), 152
Νικόλαος Ακτουάριος Αλεξανδρινός Μυρεψός, 142
Νικόλαος ο 3^{ος} Πάπας (1277-1280), 175
Νιόβη, 71
Νολλέτος, 271, βλ. Nollet
Νόννος, 135
Νόννος Θεοφάνης
Νυξ ή Νύχτα, 37, 38
Νώε, 41

Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος, 53, 72, 73, 79
Ξενοκράτης ο Χαλκηδόνιος, 54, 81, 123
Ξέρξης, 124

Οβίδιος, 346
Όθων(ας), 424
Οκτάβιος, 106, 108, 346
Ολυμπιόδωρος, 120, 126, 131, 132, 134, 135, 162, 187
Ομάρ χαλίφης, 106, 152
Όμηρος, 30, 31, 36, 42, 52, 58, 61, 71
Ομμεϊάδας, 154
Ονώριος ή Ονόριος, 130, 133, 142
Ορειβάσιος από την Πέργαμο, 141, 147, 151
Ορφέας, 38, 39, 61, 121, 137
Όσιρις, 107
Οστάνας ο Αστράψυχος ή Οστάνης ή Οτάνης ή Οσθάνης, 60, 105, 124, 128, 137, 159, 187
Οτάνης ο Σισάμνου, 124
Οτάνης ο Φαρνάσπου, 124
Ουλβόνδος Αλέξανδρος, βλ. Humbolt von Alexander, 166
Ουρανία Μούσα, 39
Ουρανός, 34, 37, 40, 43
Ουρβανός, ψευδώνυμο (Urban), 352

Παζάτας, 60
Παλαμήδης, 32, 140
Παμμένης, 127
Παναγιώτου, Μ., 479
Παναίτιος ο Ρόδιος, 54
Πανήδης, 36
Πάνταινος ο Σικελιώτης, 132
Παπαδόπουλος Νικόλαος, 270
Παπανούτσος, 258
Παράκελσος, 93, 104, 187, 189, 210, 216
Παρθένιος, 346
Παρμενίδης ο Ελεάτης, 49, 53, 57, 67, 73, 79, 81, 123, 126
Πατιράμφης, 124
Παύλος ο Αιγινήτης, 140, 141, 151
Πεισίστρατος, 60
Πελάγιος, 86, 125, 157
Πέλοπας, 71
Πενθεύς/έας, 118

Πείριθος
 Περίανδρος ο Κορίνθιος, 60, 61
 Περικλής, 53
 Περσέας, 42
 Περτέση, Μ., 479
 Πεισίστρατος, 60, 61
 Περσέας ο βασιλιάς Μακεδονίας, 108
 Πετάσιος, 121, 128, 131
 Πηβίχιος ή Επιβήχιος, 121, 128
 Πιττακός ο Μιτυληναίος, 60, 61
 Πλάτων(ας), 47, 48, 53, 54, 56, 57, 66, 76, 80, 81, 84, 123, 129, 130, 260, 271
 Πλίνιος, 15, 96, 97, 100, 126, 178
 Πλούταρχος, 52, 61, 63, 265, 268
 νεο-Πλούταρχος ο Νεστορίου, 135
 Πλωτίνος
 Πνευματικάκης, Γ., 479
 Ποίμανδρος ή Ποιμάνδρης, 111, 113, 114
 Πολύαινος, 55
 Πολυζωΐδης, 102
 Πολυκράτης τύραννος Σάμου, 69
 Πολύμνια, 124
 Πορφύριος Μάλχος από την Τύρο, 36, 37
 Ποσειδώνιος ο Αλεξανδρεύς, 54
 Ποσιδώνειος ο Ρόδιος, 54, 58
 Ποταδώνιος, 58
 Ποτώνη, 54
 Πραξιάδης, 65, 67
 Πραξιτέλης, 117
 Πραξιφάνης, 77
 Πρόκλος, 134
 Προκόπιος ο ιστορικός, 108
 Πρωταγόρας, 54
 Πτολεμαίος Κλαύδιος ο αστρονόμος (~100 μ.Χ.), 140, 142, 151, 178
 Πτολεμαίοι, 85, 86, 102, 109 (πίνακας), 121
 Πτολεμαίος ο Α΄ ο Σωτήρας (ο Λάγου), 43, 86, 98, 105, 106
 Πτολεμαίος ο Β΄ ο Φιλάδελφος, 42, 43, 105, 114
 Πτολεμαίος ο Γ΄ ο Ευεργέτης, 106
 Πτολεμαίος ο ΣΤ΄ ο Νέος Φιλομήτωρ, 86
 Πτολεμαίος ο Ζ΄, 86
 Πτολεμαίος ο Η΄, 86
 Πυθαγόρας ο Σάμιος, 33, 48, 49, 53, 60, 69, 70, 71, 79, 81, 123, 157
 Πυθέας ο Μασσαλιώτης, 119

Ραγκαβής Αλέξανδρος, 54
 Ράνσιμαν Στήβεν, 28
 Ρεωμύρου, 232
 Ρήγας Φερραίος, 261, 280
 Ροβερλάνδος, 272
 Ροδιανός, 128
 Ρόζενμπεργκ Κρίστιαν, βλ. Rosenkretz Cristian
 Ρόμπινσον, 306, βλ. Robinson Elihu
 Ρουσέλ Π., 120

Σαββαίοι, 151
 Σαραντόπουλος Παναγιώτης, 167
 Σάραπης, βλ. Σέραπης
 Σαρτώριος, 424
 Σαπφώ, 33
 Σεν Ζερμέν, 243
 Σέργιος, 151

Σελήνη, 92
 Σέξτος Ιούλιος, 72, 129
 Σεπτίμιος, 114
 Σέραπις ή Σάραπις, 103, 105, 107
 Σέργιος γιατρός (6ος αιώνας), 151
 Σιαφαρικός Θ., 186
 Σιμπλίκιος, 63, 64, 66, 67, 72, 73, 78, 259
 Σκαρλάτος Δ. Βυζάντιος, 95
 Σουΐδας ή Σούδας, 36, 121, 126, 129, 131, 269
 Σολομών(τας), 42, 128
 Σόλων(ας), 60, 61
 Σούτσος, 102
 Σπεύσιππος, 54, 81, 84
 Σταλ, 264, βλ. Stahl
 Στεφανίδης Μιχαήλ, 3, 86, 104, 144, 146, 167, 168, 171, 426
 Στέφανος ο Αθηναίος, 137
 Στέφανος ο Αλεξανδρεύς/έας, 86, 126, 128, 130, 137, 154
 Στησίχορος, 33
 Στράβων (από την Αμάσεια Πόντου), 43, 52, 58
 Στράτων ο Λαμψακηνός (320-270 π.Χ.), 54
 Σύβιλλα, 121
 Συμεών Σηθ ή Σήθης, 141
 Συνέσιος Κυρηναίος, 3, 86, 126, 127, 128, 133, 134, 135
 Σχινάς, 102
 Σωκράτης, 53, 73, 79, 123
 Σωτίων

 Τάνταλος, 71
 Ταρσέας, 112
 Τάρταρος, 37, 38
 Τατ βλ. Θωθ
 Τατάκης, Δημήτριος, 479
 Ταφνούτια, 128
 Τεμπρέ, αρχιεπίσκοπος Παρισιού, 174
 Τερτουλιανός, 124
 Τερψιχόρη, 124
 Τζαφάρ αλ Σαντίκ, 155, 157
 Τζέτζης, 36
 Τιαμάτ, 43, 44
 Τιβέριος, 346
 Τιτάνες, 38
 Τίτος Λίβιος, 43
 Τιαμάτ, 43
 Τίμαιος ο συγγραφέας Πλατωνικού Λεξικού 3^{ος} μ.Χ., 47, 53, 76, 80, 81
 Τίμαιος ο Λοκρός, 53
 Τιμοκράτης, 55
 Τοτ βλ. Θωθ
 Τσαγκάρης Μ. Ιωάννης, 86, 104, 167
 Τσακαλώτος, Δημήτριος, 426
 Τσιμπουκίδης Δημήτρης, 58
 Τσίπης, Κων/νος, 503
 Τυμίχα η Σπαρτιάτισσα ή Κροτωνιάτισσα, 53

 Υπατία, 3, 102, 132, 134, 135

 Φαβρίκιος, 131
 Φάνης, 38
 Φερεκύδης ο Σύριος, 60, 69
 Φειδίας, 86, 97, 112
 Φθα, 130

Φιλάργριος, 139
Φιλάρετος, 127
Φιλόλαος 5^{ος} π.Χ., 53, 76, 79,
Φίλιππος Άραψ ο Χριστιανός, 93
Φίλιππος ο Β΄, 86
Φίλιππος ο Οπούντιος ή Λοκρός (Οπούς Λοκρίδας), 54
Φίλων ο Βυζάντιος, μαθητής του Κτησίβιου (3ος αι. π.Χ.), 190
Φίλων ο Ελευσίνιος ο γλύπτης (περί το 300 π.Χ.), 112
Φλέγων από τις Τράλλεις, 63
Φοίβη, 40
Φοντενέλ, βλ. Fondenell
Φουρκρούα, 228, βλ. Fourcroy
Φρειδερίκος ΙΙ, βασιλιάς της Νάπολης, 224
Φρένικλος, (Franklin B.), 272
Φώκος ο Σάμιος, 63
Φωρ Πωλ, βλ. Faure, Paul
Φώτιος, 131

Χαιρεστράτη, 82
Χαλίντ μπεν Γιασίδ ιμπν Μοαούγια Άραβας πρίγκιπας, 154, 155, 156, 159
Χαμουραμπί, 42
Χάνης, 128
Χάος, 37, 66
Χάρης, 96
Χατζιδάκης Ιωάννης, 269
Χέοπας ή Χέοψ (ή Ζοζέ, βλ.), 130
Χήμης ή Χύμης ή Χημ ή Αμμων, 126
Χθόνια, 69
Χ(ε)ίλων, 60, 61
Χοσρόης, 64, 151
Χούμνος Νικηφόρος, 142
Χρηστομάνος, Α.Κ. 11, 353, 354, 409, 416, 417, 418, 419, 423, 425, 525
Χριστιανός ανεπίγραφος φιλόσοφος, 139, 151
Χρύσιππος εκ Σόλων Κιλικίας (~300 π.Χ.), 54
Χρόνος, βλ. Κρόνος, 38, 39, 69
Χύμης βλ. Χήμης, 127

Ψαράκης Δ. Τάκης
ψευτο-Δημόκριτος ή Δημόκριτος ο Μυσταγωγός ή Βόλος, βλ. Βώλος Μενδήσιος, 88, 90, 98, 100, 105, 114, 125, 126, 127, 128, 129, 135, 136, 165, 187
Ψελλός Μιχαήλ, 141
ψευτο-Λούλλιος, 179
ψευτο-Μωϋσής ή Μωϋσής ή Μωσής, 86, 127
ψευτο-Οστάνης, 151
ψευτο-Πλούταρχος, 67

Ωγηνός, 69
Ωγυγος, 41, 42
Ωκεανός, 69
Ωριγένης, 93, 124
Ωρος ή Αππολοβήχης ή Χρυσοριχίτης, 121, 128

EYPETHPIO ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΩΝ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

- Abegg, Richard Wilhelm Heinrich (1869-1911), 7, 423, 431, 432, 440
Abu Suleiman Mohament ibn Tachire, 156
Adet, Pierre August, 231, 241, 242, 264, 268, 269, 270, 271
Agricola Georgius ή Georg Bauer, 86, 128, 187, 188
al Amin, 151
al Hasan ibn al Nakad de Mosule, 157
al Iraqi Abu'I Quasim, 160
al Mahdi, 151
al Mamoun, 151, 152
al Mansour, 151
al Moutasin, 151
al Moutawakkil, 151
al Nadim Ibn, 131, 153, 155, 156
al Razi ή Rhazes, Abu Bakr Muhammad ibn Zakariya ή αλ Ραζί, 163, 164, 180
al Rashid Haroun, 151, 152
al Sadiq Ja'far, 155, 157
al Wathic, 151
Albertus von Vollstad ή Magnus ή Αλβέρτος, 2, 146, 159, 169, 170, 173, 178, 182, 422
Alembert, Jean le Rond d' (1717-83), 228
Allred, 458
Ampère, 315, 316
Anschütz, Richard, 413
Apreece, Jane, 301
Aquinas Thomas, 173
Arfvedson, August, 386
Armstrong, Henry Edward (1848-1937), 413, 429
Arrhenius, Svante (1859-1927), 436
Avveroës, 178
Avogadro, Amedeo, 208, 273, 293, 314, 315, 316, 317, 365, 395, 397
- Bacon, Roger, 3, 159, 173, 174, 175, 176, 183, 273, 273
Ballard, Antoine-Jérôme (1802-76), 386
Balduin, 195
Banks, Joseph Sir, 286
Bartolomaeus Anglieus, 3
Basset, H., 497, 503, 507, 508
Bayer, Adolf von (1837-1917), 413
Becher, Johann Joachim, 20, 24, 210, 211, 213
Beddoes, Thomas, 298
Belstein, 341
Benci, Tomasso, 113
Benedict, Francis G. (1870-1957), 535, 537
Bergman, Torbern (1735-1784), 222, 223, 227, 229, 246, 247, 251, 266, 267, 268, 273, 303, 422
Berkenheim, A.M., 438
Berthelot, Marcelin, 3, 86, 92, 101, 104, 127, 159, 268, 376
Berthollet, Claude Louis (1748-1822), 16, 229, 231, 235, 236, 241, 242, 246, 247, 248, 249, 250, 254, 255, 269, 303, 310, 422
Berzelius, Jöns Jacob, 269, 270, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 296, 305, 311, 312, 313, 314, 315, 318, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 334, 335, 351, 353, 365, 373, 394, 418, 422, 427, 428
Beyerland, A. W. van, 113
Biot, Jean-Baptiste (1774-1862), 248
Black, Joseph (1728-1799), 206, 215, 216, 285, 293, 386
Bladgen, Charles, 206
Blomstrand, Cristian Wilhelm (1826-96), 380
Boas, 207
Bodländer, Guido, 7, 431, 432
Boechen, Sesthien, 113
Boehme, Jacob, 113

Boerhaave, Hermann (1668-1738), 206, 224, 225
 Bohr, Niels, 237, 403, 434, 440
 Boissbaudran, Paul Emile Lecoq de (1838-1912), 398, 400
 Bondt, N., 409
 Bonus, Petrus, 159, 160, 180
 Borda, 239
 Born, Max (1882-1970), 465, 511, 512
 Boullay, Pierre F.G. (1777-1869), 325
 Boyle, Robert (1627-1691), 4, 22, 81, 182, 186, 190, 192, 194, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 216, 221, 237, 303, 304
 Brache Tychon, 252
 Branch, E. Gerard, 8, 442, 497
 Brand, Hennig (1630-;), 195
 Brandé, W.T., 386
 Bray, William C., 8, 442, 497
 Brauner, B., 403
 Brown, Crum, 353, 360, 361, 362, 363, 409, 413, 414, 415
 Brown, G.I., 335
 Brugnatelli, L.G., 262, 313
 Bruno, Giordano, 200, 202
 Buffon, Georges Louis Leclere Comte de (1707-88), 246, 318
 Bunsen, Robert Wilhelm (1811-99), 343, 428
 Butlerov, Alexander Mikhailovich (1828-86), 347, 349, 350, 351, 353, 360, 373, 374, 383, 409, 416

Cagliostro, Count ή Balsamo Giusepe (1743-95), 243, 244
 Candolle, 319
 Cannizzaro, Stanislao, 208, 273, 305, 316, 333, 369, 394, 395, 397
 Cardenus ή Cardan, 189
 Cavendish, Henry (1731-1810), 206, 214, 215, 216, 233, 251, 286, 314
 Champollion, Jean Francois (1790-1832), 166
 Chancourtois, Alexander Emile Béguyer de (1820-86), 392, 392
 Chaptal Jean Antoine Claude (1756-1836), 217
 Chevreul, Michel Eugéne (1786-1889), 321, 326
 Chugaev, Aleksandrovich (1873-1922), 339
 Claus, Adolf Carl Ludwig (1840-1900), 413
 Clement, Nicolas, 386
 Colin, 325
 Comte Saint-Simon August ή Καυτ (1798-1857), 241, 324
 Condillac, Etienne Bonnot de (1715-1780), 235
 Cooke, Josiah P., 338, 392
 Coolidge, William D., 472
 Coster Dirk, 398
 Coulomb, Charles Augustin de, 286
 Couper, Archibald Scott, 336, 348, 349, 350, 353, 356, 357, 361, 367, 370, 373, 374, 414, 415, 418, 428, 497
 Courtois, Bernard, 386
 Coulson, Charles Alfred (1910-74), 473
 Crell, Lorentz von (1744-1816), 242
 Crookes, William Sir, 396

Dalton, John, 4, 18, 48, 203, 208, 249, 270, 273, 296, 303, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 314, 315, 316, 318, 334, 386, 387, 460
 Darwin, Charles Robert (1809-82), 237
 Davy, Humphrey Sir, 215, 288, 289, 290, 292, 293, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 322, 386
 De Donder, Théophil (1872-1957), 514, 516
 Debye, Peter (1884-1966), 449, 513
 Deimann, J.R., 286, 409
 Demming, Horage G., 497
 Descartes, René (1586-1650), 202, 206, 272, 304
 Desormes, Charles-Bernard, 386
 Dewar, James (1842-1923), 412, 413

Diderot, Denis (1713-84), 228
 Diels, Herman, 167
 Dietrich, de, 242
 Döbereiner, Wolfrang Johann (1780-1849), 387, 388, 389, 390, 391
 Drebbel, Cornelis, 113
 Du Fay, Charles de Cisternay, 283, 284
 Du Gange, 125, 131
 Du Pont, Nemours Eleuthère-Irene de (1751-1834), 237
 Dulong, Pierre Louis (1785-1838), 248, 403
 Dumas, Jean Baptiste, 4, 241, 312, 317, 318, 319, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 335, 339, 348, 356, 357, 391, 393
 Duppa, 529
 Dupin, 239
 Du Préau Gabriel, 115
 Duranto, Furio, 118
 Düring, Ingemar, 17

Einstein, Albert, 237
 Elizabeth I, 282
 Erdmann, Otto Linne (1809-69), 341
 Erlenmeyer, Emil, 336, 361, 415, 416, 486, 525
 Ewens, 497, 503, 507, 508

Fabricio, 137
 Falk, George K., 437
 Faraday, Michael (1791-1867), 215, 293, 294, 295, 296, 297, 301, 337, 338, 409, 486
 Faure, Paul, 41
 Favre, H.A., 479
 Fehling, Hermann (1812-85), 346, 535, 537
 Ficino, 113
 Fisher, Emil Hermann (1852-1919), 498
 Fisher, Ernst Gottfried, 254, 255, 486
 Fitting, Rudolf (1835-1910), 341
 Flamel, Nocolas (1330-1417),
 Flamsteed, John, 283
 Fontenelle, Bernard de, 221
 Foster, G.C., 396
 Fourcroy, Antoine Francois de (1755-1809), 208, 228, 229, 230, 231, 234, 235, 237, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 264, 265, 269
 Fox, Clifton R., 257
 Frankland, Edward, 336, 337, 340, 342, 343, 347, 349, 350, 352, 355, 356, 362, 366, 372, 373, 415, 428, 429, 529
 Franklin, Benjamin (1706-90), 271, 283, 284
 Fried, 351
 Fry, Harold S. (1878-1949), 437

Gabriel, 96
 Gahn J. G. (μαγγάνιο), 195
 Gallilei Gallileo, 192
 Galvani, Luigi, 286
 Garibaldi Giuseppe, 394
 Garret, Thomas, 299
 Garzya Antonius, 133
 Gassendi, Pierre, 190, 192, 202, 206, 208, 303
 Gaudin, Marc Antoine Augustin (1804-80), 317
 Gay-Lussac, Louis-Joseph (1778-1850), 248, 314, 315, 323, 386, 427
 Geber ή ψευδώνυμος Jabir, 128, 141, 155, 160, 162, 179, 180, 189
 Gehlen, A. F., 341
 Gellert C.E., 241
 Geoffroy Claude Joseph, 220, 222

Geoffroy Etienne Francois (1672-1731), 219, 220, 221, 222, 227, 228, 231, 246, 268, 305, 416, 422
 Geoffroy, Matieu, 220
 Gerhardt, Charles Frédéric (1816-56), 4, 293, 320, 326, 329, 330, 331, 332, 333, 337, 349, 351, 354, 365, 366, 373, 375, 397, 418, 428
 Geuther, J.A., 343
 Gibbon, Edward, 257
 Gilbert, Davies, 302
 Gilbert, William, 272, 281
 Gillespie, J. Ronald, 12, 13, 459, 477
 Gillray, James, 299
 Giovanni da Fontana, 183
 Gladstone, John, 392
 Glauber, Johann Rudolph, 183, 184, 185, 186, 221, 236, 268
 Gmelin, Leopold (1788-1853), 334, 390
 Göthe ή Goethe, Johann Wolfgang von (1749-1832), 223, 224, 422
 Gough, John, 306
 Gove P.B., 9
 Graham, Thomas, 339
 Gray, Stephen, 283
 Grenn, Carl, 279
 Grosseteste, Robert, 174
 Grüner, 131
 Guadiano, Giorgio, 255
 Guetar, Jean Etienne, 238
 Guldberg, Cato, 249

Haber, Fritz (1868-1934), 511, 512
 Hales, Stephen (1677-1761), 206
 Hall, 207
 Hassenfratz J. H., 231, 241, 242, 269, 270
 Haüy, 239
 Heitler, Walter (1904-1981), 466, 467, 469
 Helmont, Johann Baptista van (1577-1644), 206, 216
 Helmholtz, Hermann von (1821-94), 433
 Higgins, Bryan, 304
 Higgins, William, 304, 305, 360, 415
 Hildebrand J.H., 438
 Hinrichs Gustavus, 396
 Hisinger, William, 290, 295
 Hoefer, 131
 Hoffmann, August Wilhelm von (1818-1892), 331, 337, 339, 356, 363, 395, 396, 429, 432, 486
 Hooke, Robert (1635-1703), 190, 192, 193, 201
 Homberg, Wilhelm, 221, 251, 356
 Hübner, 341
 Hückel, Erich (1896-1966), 473, 487
 Hüge de Santalla, 174
 Humboldt, Alexander von, 166, 319
 Hund, Friedrich, 473
 Hunt, Thomas Sterry (1826-92), 330

Ingold, Christopher Kelk (1893-1970), 466, 530
 Ishak, Honein ben, 151

Kaemmerer H., 379, 380
 Kekulé, Friedrich August (1829-69), 335, 338, 341, 347, 348, 349, 351, 355, 356, 357, 362, 366, 367, 369, 370, 371, 373, 374, 375, 376, 379, 382, 383, 402, 407, 409, 410, 411, 412, 413, 415, 416, 418, 428, 429, 486, 497, 525
 Kepler Johannes (1571-1630), 252, 272
 Kerr Robert (1755-1813), 234, 298
 Keynes Lord, 207

Khalfa Hajji
 Khalid, βλ. Μοοαυία ή Χαλίντ στο ελληνικό ευρετήριο, 154, 155
 Kirwan Richard (1733-1812), 233, 234, 251, 303
 Klaproth Martin (1743-1817), 195
 Klaus, 373
 Kleist, E. G. von, 285
 Kolbe, Wilhelm Hermann Adolf (1818-84), 340, 410, 428
 Kolos, 472
 Kopp, Hermann (1817-1892), 159, 338
 Körner, Wilhelm Guglielmo (1839-1911), 411
 Kossel, Walther (1857-1927), 432, 433, 434, 435, 438, 439, 456
 Krafft, 195
 Kremers, Peter, 391
 Kroh, Paul, 63
 Kunckel, Johann, 195
 Kuznetsov, V.I., 347

Jabir ή Djaber ή Γιαμπίρ (Jabir ibn Haiyan), 155, 156, 157, 158, 159, 180, 187, βλ. Γιαμπίρ
 Jacobson, Paul (1859-1923), 529
 James, John, 235
 Johnson του Lancaster, 343
 Johnson, O.C., 499
 Jones, H., 473
 Jorgensen, Sophus Mads (1837-1914),
 Jungius, 202, 430
 Jussieu, Bernard de (1699-1775), 238

La Caille, Abbé de, 238
 Laar, Conrad, 529
 Ladenburg, Albert (1842-1911), 411, 412
 Lalande, Jeseph Jérôme de (1732-1807), 238
 Landerer, Xaver Franz, 424
 Langmuir, Irving, 432, 434, 439, 440, 442, 443, 445, 449, 456, 465
 Laplace, P.S., 248
 Lapworth, Arthur (1872-1941), 530
 Latimer, Wendell, 8, 442, 497
 Laurant, Auguste (1808-53), 293, 326, 327, 328, 329, 330, 333, 335, 337, 351, 352, 365, 373
 Lauwerenbugrgh, A., 409
 Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794), 4, 27, 34, 81, 193, 195, 202, 205, 216, 217, 222, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 244, 245, 255, 263, 264, 269, 270, 275, 277, 289, 290, 292, 298, 300, 303, 324, 339, 353, 371, 385, 386, 427, 480
 Lazzarelli, Ludovico, 115
 Le Bel, Joseph Achille (1847-1930), 461
 Lea, Matthew, 392
 Leblanc, Nicolas, 250
 Le Chatelier, Henri Louis, 249
 Le Ferbune, 189
 Leemans, C., 101
 Leigh G. J., 6, 479
 Lémery, Nicolas, 196, 197, 198, 199, 206, 209, 230, 303
 Lenard, Philipp (1862-1947), 473
 Lessen Ernst, 392
 Lewis, Gilbert Newton (1875-1946), 7, 10, 432, 433, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 445, 449, 456, 461, 465, 477, 487, 497
 Libavius, Andreas (1560-1616), 181, 236
 Liebig, Justus von, 322, 325, 329, 330, 335, 341, 342, 372, 407, 428
 Ling, 535
 London, Fritz Wolfgang (1900-1954), 466, 467, 469
 Longhi, Pietro, 177
 Loschmidt, Joseph, 357, 358, 359, 360, 413, 414

Lowry, M.T., 443, 444
 Lucas, Howard, 530
 Lullius/y, Raymond(us) ἢ Λούλος, 3, 159, 173, 178, 179, 187

Macquer, Pierre Joseph (1722-84), 229, 230, 231, 232, 238, 245, 246
 Manchini,
 Marat (Μαρά), Jean Paul (1743-93), 237
 Marignac, Galissard de, 312
 Mariotte, 201
 Markovnikov, Vladimir, 10, 517, 527, 528, 529, 531, 534
 Marum, Martinus van, 286, 287
 Mayow, 190, 193, 194, 206
 Mendeleev Dmitri, 11, 340, 384, 394, 398, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 463
 Menshutkin, N.A., 340
 Merlin, 128
 Menten, 509
 Metanomski, W.V., 479
 Meyer, Lothar Julius, 336, 376, 382, 383, 384, 394, 397, 404, 405, 412, 413, 486, 497
 Michaelis, Leonor (1875-1949), 509
 Millikan, Robert Andrews, 427
 Mitscherlich, Eihard (1794-1863), 312, 313, 318
 Moissan, Henri, 498
 Monge G., 239, 242
 Montesqieu, Charles Louis de Secondat, Baron de la Bréde et de (1689-1755), 257
 Mooauia, 154, 155
 Morianus ἢ Marianus, 154
 Morveau, Guyton de, 202, 229, 231, 235, 236, 239, 242, 246, 269, 279, 427, 480
 Moseley, Henry Gwyn-Jeffreys (1887-1915), 401, 438
 Mulliken, Robert Sanderson (1896-1937), 473
 Muschenbroek, Petrus van, 284, 286

Naquet, A., 374
 Nelson, John M., 437
 Nerst, Hermann, 432, 438, 440
 Newlands, John Alexander Reina (1837-96), 375, 394, 395, 396
 Newton Isaac, 190, 202, 203, 206, 208, 210, 237, 272, 279, βλ. Νεῦτων(ας)
 Nicholson, 341
 Nollet, Abbé Jean Antoine, 238, 271, 284, 285
 Noyes, Arthur, 436
 Nyholm, Ronald Sidney (1917-71), 477

Odling, William (1829-1921), 336, 339, 355, 392, 394
 Omeyyade ἢ Umayyad, 154
 Oppenheimer, John Robert (1904-67), 465
 Ostwald, Friedrich Wilhelm (1853-1932), 436, 437

Pantheus Augustinus, 128
 Paracelsus, Aureolus Theophrastus
 Partington J. R., 253, 415, 442
 Patrizi Francesco, 113
 Pauli, Wolfgang (1900-58), 489
 Pauling, Linus Carl (1901-94), 466, 467, 469
 Peligot Eugène, 326
 Perkins, G.A., 443, 444
 Perrin, Jean Baptiste (1870-1942), 307
 Petit, Aalexis Thérèse (1791-1820), 403
 Pettenkofer, Max von, 390, 391
 Philalethes Irenaeus, 172
 Philippus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), 93, 216
 Prigogine, Ilya, 514

Playfair, Lyon, 343, 428
 Powell, Herbert, 477
 Prelog Vladimir,
 Priestley, Joseph (1733-1804), 193, 206, 214, 215, 216, 217, 226, 286, 372
 Proust, Joseph Louis (1754-1826), 48, 195, 247, 248, 249, 255, 286, 290, 303, 309
 Prout, William (1785-1850), 386, 387

 Quericke, Otto von (1602-1686), 201, 221, 282

 Ramsay, William, 398, 437
 Raphael (Raffaello Sanzio ή Παφιάλ), 16
 Rayleigh Lord, Strutt J.W., 398
 Regnault, H. V., 328, 428
 Reina Mary, 394
 Reinesius, 131
 Rey Jean, 191
 Richter, Jeremias Benjamin (1762-1807), 252, 253, 254, 255, 256, 303, 307, 310, 486
 Rive, Gaspard de La, 319
 Robin, 249
 Robinson, Elihu, 306
 Robiquet, 325
 Rochov, 458
 Roothan, 472
 Roscoe, H., 338
 Rosenkreutz Cristian, 186
 Ross, Stephen, 343
 Rossoti, Hazel, 457
 Rouelle, Guillaume Francois (1699-1770), 238, 239, 240, 241
 Rousseau, Jean Jacques (1712-78), 238
 Ruelle, Ch. Em., 101
 Rumford, Count, Thomson Benjamin, 299
 Rumford, Gibbs Oliver, 390
 Rusiman, Steven, 28
 Ruska, Julius, 155
 Russel, C. A., 336, 338, 339, 347, 348, 350
 Russell, John B., 104, 477, 511
 Rutherford, Daniel (1749-1819), 206, 216, 371, 460
 Rutherford, Ernest (1871-1937), 434

 Scalinge, 189
 Scheele, Karl Wilhelm (1742-1786), 206, 215, 290, 300
 Scherrer, Alexander Nocolaus, 279
 Schwarz, Berthold ή Niger, 183
 Scherer, Alexander Nicolaus (1771-1824), 341
 Schrödinger, Erwin (1887-1961), 465, 466, 469
 Schweiger, Johann S.C. (1779-1857), 341
 Seguin M., 242, 269
 Sennert, Danniell (1572-1637), 202, 208
 Servos, John, 436
 Scheele, Carl Wilhem, 279
 Sidwick, Vincent Nevil, 434, 443, 444, 445, 450, 456, 477
 Slater, John S., 466, 469, 513
 Sommerfeld, Arnold (1868-1951), 466
 Soret, T., 337
 Stas, Jean Servais (1813-91), 312
 Steinheil, Géorges, 101
 Spinoza, Benedict ή Baruch (1632- 1677), 224
 Stahl, Georg Ernestus (1660-1734), 211, 212, 213, 216, 225, 240, 264
 Stalo, 338
 Stark, Johannes, 432, 433

Stock, Alfred Eduard (1876-1946), 488, 497, 498, 499, 503, 507, 508,
Strecker, Adolph, 407, 408
Stromeyer, F., 334
Strunz F., 167

Tachenius, 189
Tajaduk (Θεόδοτος), 151
Taylor, Richard, 341
Thénard, Louis Jacques (1777-1857), 4, 248, 264, 318, 319
Thiele, Johannes (1865-1918), 527
Thomas Aquinas, 178
Thomsen J., 403
Thomson, Joseph John Sir (1856-1940), 435, 436, 437
Thomson, Thomas, 310, 311, 387
Thorpe, 298, 370
Tollen, Bernhard (1841-1918), 535, 537
Torricelli, Evangelista (1608-1647), 190, 192
Travers, M.W., 398
Trithemius, 169
Troostwijk, Paets van, 286, 409
Turgot Anne Robert Jacques (1727-81), 238
Turquet de Mayerne, 216

Urbane (Ουρβανός), 183

Valentine, John Andeae, 186
Valentinus Basilius, 3
van den Broek, 433
van't Hoff, J.H., 249, 422, 436, 461
Vanquelin Lois Nicolas (1763-1829), 231, 242, 245, 246, 269
Venel, Gabriel Francois, 228, 238
Veradianus, 128
Villanova, Arnold de, 128, 159, 173, 178, 187
Vincent de Beauvais, 3
Vinci, Leonardo da, 190
Volta, Alessadro G.A.A., 248, 286, 287, 288

Yasihd, Khalid ibn Mooauia ben, βλ. Μοαούγια ή Χαλίντ ή Γιασίντ, 154

Waage Peter, 249
Walker, Robert, 118
Weil G., 159
Wenzel, Carl, 251, 303, 422
Werner, Alfred (1866-1919), 369, 379, 429, 430, 431, 442, 488
Wheeler, John A., 415
Whewell, William, 295
Wichelhaus, C.W., 336, 338
Wilbrand, J., 361
Williamson, Alexander William (1824-1904), 330, 336, 353
Winkler Clemens, 398
Wollaston, William Hyde (1766-1828), 311, 313
Wöhler, Friedrieoh (1800-82), 313, 322, 341, 428
Wurtz, Charles Adolphe (1817-84), 3, 329, 336, 348, 355, 361, 362, 371, 373, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 397

Zaitsev, A. (Saytzeff), 534
Zinin, Nikolai Nikolaevich (1812-80), 373

«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ανωτάτη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν δηλώνει και αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202)»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Γενικής Χημείας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με θέμα «*Η Ιστορία της Συγγένειας (affinity) και του Σθένους (valence) και η Εφαρμογή τους στη Διδακτική της Χημείας*». Σκοπός της ήταν να καλύψει κενά της διδακτικής της χημείας, καθώς επίσης να συμβάλλει σε άγνωστες πτυχές της ιστορίας της νεότερης αυτής επιστήμης, της οποίας η πρακτική και οι πρόδρομες θεωρητικές της έννοιες πηγάζουν από τους ελληνιστικούς χρόνους, κατά τους οποίους μνημονεύεται ως ιερά και μυστική τέχνη, ή ως χυμευτική ή ως χυμεία ή χημεία.

Η μελέτη ξεκίνησε με πρώτο επιβλέποντα Καθηγητή τον αείμνηστο κ. Νικόλαο Σπυρέλλη, ο οποίος μου πρότεινε τη συνεργασία και με βοήθησε να αναλάβω τη διερεύνηση του περιεχομένου της διατριβής και να την ολοκληρώσω μετά την ξαφνική κι απροσδόκητη «φυγή» του.

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ζαφείρη Λοΐζο, ο οποίος έδειξε μεγάλη υπομονή, διαβάζοντας το ογκώδες έργο που παρουσίασα, έκανε τις απαραίτητες διορθώσεις και παρατηρήσεις. Χωρίς τη βοήθειά του δεν θα είχα ολοκληρώσει τη διατριβή αυτή.

Επίσης ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Κωνσταντίνα Κόλλια, μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής επίβλεψης για την ηθική της στήριξη, η οποία με παρότρυνε να μην τα παρατήσω και να φθάσω στο τελικό αποτέλεσμα, φροντίζοντας όλες τις λεπτομέρειες.

Δεν μπορώ παρά να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο τρίτο μέλος της επιτροπής επιβλεπόντων Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Ευαγγελία Παυλάτου, της οποίας η βοήθεια ήταν αμέριστη και μαζί με τα προαναφερόμενα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής.

Μεγάλη συμπαράσταση βρήκα κι από τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Στυλιανό Χαμηλάκη για τις χρήσιμες συμβουλές του, όπως κι από τον Αναπληρωτή καθηγητή κ. Μυρτάτ Μπουρουσιάν για τη συμπαράστασή του. Και οι δύο συνέβαλαν στη δομή της μελέτης αυτής. Πολλές ευχαριστίες οφείλω στον Κοσμήτορα της Σχολής Χημικών Μηχανικών Καθηγητή κ. Αντρέα Μπουτουβή, ο οποίος με ενθάρρυνε και έκανε τα δέοντα για την παρουσίαση της διατριβής, όπως επίσης και στον Καθηγητή κ. Στυλιανό Λιοδάκη, με τον οποίον είχαμε συνεργαστεί παλαιότερα, που δέχτηκε να μετάσχει στην επταμελή εξεταστική επιτροπή και να κρίνει το περιεχόμενο αυτής της μελέτης αυτής.

Τέλος θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου που με ανέχτηκαν σε όλη αυτήν την περίοδο έρευνας και καταγραφής και τους αφιερώνω τα πορίσματα της μελέτης αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπάρχουν μερικά ζητήματα, τα οποία όταν τα χρησιμοποιείς στη διδακτική διαδικασία, δεν υποπεύεσαι το πλούσιο ιστορικό υπόβαθρο που έχουν και το οποίον αναδεικνύεται σταδιακά μετά από λεπτομερή και σχολαστική διερεύνησή του. Αυτό συνέβη με την έννοια του σθένους (valence), βασική έννοια για την κατανόηση των χημικών ενώσεων και της έννοιας της χημικής συγγένειας (affinity). Η χημική συγγένεια μέχρι το μισό του 19^{ου} αιώνα ήταν η βασική αιτία αντίδρασης των ουσιών, η ελκτική δύναμη των στοιχείων στις χημικές ενώσεις. Κατά τον Μ. Στεφανίδη ο όρος affinity (συγγένεια) προέρχεται από την αφή του Αριστοτέλη και από τον όρο συμπάθεια του Βώλου του Μενδήσιου (ψευτο-Δημόκριτος). Η «συμπάθεια» και η «αντιπάθεια» του Βώλου ουσιαστικά υποκαθιστούν τους όρους της «φιλότητας» και του «νείκου» του Εμπεδοκλή, έλξης κι άπωσης των δύο δυνάμεων που επικρατούν στα χημικά φαινόμενα. Η *συμπάθεια* κατά τους πρώτους μετά Χριστόν αιώνες ονομαζόταν και «συγγένεια» στα ελληνικά *χυμευτικά* κείμενα (Ζώσιμος, Συνέσιος, Ολυμπιόδωρος, Ιωάννης, Χριστιανός, Ανεπίγραφος κ.ά.). Η χημεία την εποχή των ελληνιστικών και ρωμαϊκών χρόνων ήταν πολύ συνδεδεμένη με τη μεταλλουργία, την προσπάθεια δημιουργίας χρυσού από χαλκό και γενικά βρισκόταν υπό την προστασία του τότε υπάρχοντος ιερατείου της ελληνιστικής Αιγύπτου υπό τον θεό Ερμή τον Τρισμέγιστο, που πολλοί τον ταύτιζαν με το γερακόμορφο θεό Θωθ ή Τοτ ή Τατ της Αιγύπτου. Η χημεία τότε ονομαζόταν ως ιερά και μυστική τέχνη ή θεία και οι θιασώτες της τέχνης αυτής φιλόσοφοι. Από τα ελληνικά κείμενα του 4^{ου}, 5^{ου}, 6^{ου} ως και 10^{ου} αιώνα συναντάμε τους όρους *χημεία* (Ζώσιμος), *χημία* (από την αιγυπτιακή λέξη *χημ*, που σημαίνει μαύρη γη), *χυμεία* (από την ελληνική λέξη *χύμα*, ρήμα *χέω*), *χυμευτική* ή *χυμευτική τέχνη*, όροι οι οποίοι στους Άραβες πέρασαν ως *Αλχημεία* ή *Αλχυμεία* (έγινε προσθήκη του αραβικού άρθρου *αλ*, δηλαδή η *χυμεία*) και με αυτόν τον όρο η τέχνη της *χρυσοποιΐας* πέρασε στην λατινόγλωσση Ευρώπη. Ο όρος στη λατινόγλωσση δυτική Ευρώπη (*Εσπερία*) που επικρατούσε ήταν *Alchymia*, ή *chymia*, όπως φαίνεται από μερικούς ενδεικτικούς τίτλους έργων: *Alchymia*, Andreas Libavius (Frankfurt, 1606), *Harmonie chymique* (D. Lagneau, 1636), *Megale chymia* ή *Magna Alchymia*, [Aphorismorum Chymiatricorum Synopsis Universa Chymia](#) του [Sala, Angelo](#) (1551), [Chymia Philosophica](#), [Barner, Jacob](#) (1686).

Η *affinity* ως όρος εισήχθη από τον Αλβέρτο τον Μεγάλο το 12^ο αιώνα μ.Χ. (*affinitas*=*affinis*=*ad finis*= προς το όριον), εκφράζοντας την *αφή* του Αριστοτέλη, και μεταφραζόταν ως συγγένεια από τους προεπαναστατικούς Έλληνες λογίους (Βλεμμίδης, Μετοχίτης, Θεόφιλος Κορυδαλέας, Θεοτόκης Νικηφόρος, Βαρδάλαχος), αποδίδοντας ταυτόχρονα και τη συγγένεια των ελληνικών κειμένων της χυμευτικής («συγγενούς υδραργύρου..», Ζώσιμος, 4^{ος} μ.Χ., «ως εξ ανάγκης δει μαθεῖν πρώτον τας φύσεις, τα γένη, τα είδη, τας συγγενείας, τας συμπαθείας, τας αντιπαθείας, τας κράσεις, τας διαστάσεις, τας φιλιώσεις, ...»). Ο Geoffroy (1772-1731) ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να μετρήσει τη συγγένεια των οξέων και των βάσεων, δημοσιεύοντας τους σχετικούς *πίνακες των σχέσεων*. Οι πίνακες αυτοί βρήκαν τη εμπειριστατωμένη βελτίωση από τον Σουηδό Tobern Bergman (1735-1784) που δημιούργησε πίνακα 49 ουσιών, στις οποίες με δύο μεθόδους αντίδρασης αποκάλυπτε την ενωτική τους τάση (*attraction elective*), ανοίγοντας δρόμο για τον ποσοτικό προσδιορισμό των χημικών συγγενειών. Ο καθορισμός της συγγένειας ως της ελκτικής δύναμης της χημείας οδήγησε τον Berzelius (1779-1848) με ηλεκτρολύσεις διαλυμάτων αλάτων στο συμπέρασμα ότι η χημική συγγένεια οφείλεται στο ηλεκτρικό φορτίο των χημικών στοιχείων, χαρακτηρίζοντάς την ως *ηλεκτροχημική συγγένεια*, ερμηνεύοντας ικανοποιητικά τα κρυσταλλικά πλέγματα των αλάτων. Ο Faraday (1791-1867) εισήγαγε την έννοια του *κατιόντος* και *ανιόντος*, του *ηλεκτροχημικού ισοδυνάμου* (*electrochemical equivalents*), διατυπώνοντας τους δύο νόμους του (έναν ποιοτικό και έναν ποσοτικό). Σε συνδυασμό με το νόμο του Richter (1792, νόμος κανονικότητων συνδυαζόμενων βαρών, στο

“*Anfangsgrunde der Stoichyometrie*”), την ατομική θεωρία του Dalton (1808), την εδραίωση του νόμου του των *πολλαπλών αναλογιών*, την εισαγωγή των ατομικών βαρών και του κατάλληλου συμβολισμού των στοιχείων και των χημικών ενώσεων, στρώθηκε ένα έδαφος για την αποσαφήνιση του περιεχομένου της *συγγένειας*, στο οποίο συνέβαλλαν πολλοί σκαπανείς της οργανικής χημείας (Theory of Types, Dumas, 1839, οι μηχανικοί τύποι του Laurant, οι εργασίες του Gerhardt με τη “Theory of Types”, Williamson, Odling, Kolbe με τη *radical theory*, Wurtz, Wohler, Frankland, Couper με τη “New Chemical Theory”).

Ο *αριθμός μονάδων συγγένειας* (number of units of affinity) χρησιμοποιήθηκε και από τον Χρηστομάνο στην παράσταση του άνθρακα με *κεραίες* (*ελεύθερες μονάδες συγγένειας*). Ο Ζέγγελς και γενικά οι πρώτοι ακαδημαϊκοί καθηγητές της Χημείας στην Ελλάδα χρησιμοποιούσαν τον όρο *μονάδες συγγένειας* και όχι τον όρο *σθένος*, που είχε σταδιακά αντικαταστήσει στην Ευρώπη τη συγγένεια (affinity) από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Ο Couper χρησιμοποιούσε την *ποσοτική συγγένεια των στοιχείων* (quantitative affinity of elements), ο Williamson το 1852 τη *βασικότητα* (basicity), χαρακτηρίζοντας τις ρίζες ως *μονοβασικές* (monobasic), *διβασικές* (dibasic), *τριβασικές* (tribasic), ο Kekule (1854-56) την *ατομικότητα*, χαρακτηρίζοντας τις ρίζες ως *μονατομικές*, *δυατομικές* (atomicity, monatomic, diatomic atoms and radicals), ο Odling το 1864 τις λέξεις *μοναδική*, *δυαδική*, *τριαδική* για τις ρίζες (monad, diad, triad), που αντιστοιχούσαν στους μελλοντικούς όρους *μονοσθενής*, *δισθενής*, *τρισθενής*. Ο Couper το 1858 χρησιμοποίησε τον όρο *βαθμοί συγγένειας* (degree of affinities) για να περιγράψει την ικανότητα ενός στοιχείου να σχηματίζει με άλλα χημικές ενώσεις. Ο Hoffmann το 1865 χρησιμοποίησε τη λέξη *ποσοσθενής* (quantivalence), με τις ατομικές ικανότητες των στοιχείων ως *μονοσθενή* (monovalent), *δισθενή* (bivalent), *τρισθενή* (trivalent) ή *τετρασθενή* (tetravalent), ο Frankland το 1866 τη *συνδυαστική ισχύ* (combining power) και τέλος ο Kekule σε ιδιωτικές συζητήσεις με φίλους και συνεργάτες του το 186 λέγεται ότι αναφερόταν στον όρο *σθένος* (valenz). Ο W. Wichelhaus, μαθητής του Kekule, από το 1868 υποστήριξε ότι το valenz ήταν πιο σύντομο από το quantivalence και πιο ευδόκιμο στο γερμανικό περιοδικό Annalen του Hermann Kopp. Ο Hofmann αμέσως μετά το καθιέρωσε στη Χημεία και μέχρι το 1920 είχε επιβληθεί στα διδακτικά εγχειρίδια.

Η ετυμολογία του valence κατά τον ιστορικό της χημείας C. A. Russell προέρχεται από τη μεσαιωνική λατινική λέξη VALENS και VALENTIA, από το ρήμα VALERE. Η λέξη VALENS εμφανίστηκε σε όνομα αυτοκρατόρων, όπως ο IMPERATOR CAESAR FLAVIUS IULIUS VALENS AUGUSTUS (328-378), ο οποίος στους ιστορικούς της εποχής εκείνης, που έγραφαν στην ελληνική γλώσσα, αποκαλούνταν ως Αυτοκράτωρ Καίσαρ Φλάβιος Ιούλιος Ουάλης ή Βάλης. Υπήρχαν και αυτοκράτορες Ουαλεντινιανοί Βαλεντινιανοί (Valentinianus), Ουελαριανοί ή Βαλεριανοί (Valerius), ένα όνομα που χαρακτήριζε την ισχύ των αυτοκρατόρων. Το VALENS ή *Ουάλης* ή *Βάλης* έχει ελληνική ρίζα και προέρχεται από τη λέξη *βαλλήν* του ποιητή, γραμματικού, ιστορικού και διευθυντή της μεγάλης βιβλιοθήκης της Αντιόχειας Ευφορίωνα του Χαλκιδέα (275-200/187 π.Χ.), του οποίου έργα έχαιραν μεγάλης εκτίμησης στους πνευματικούς κύκλους της Ρώμης (Cornelius Gallus, Catullus Gaius Valerius) και στον Ρωμαίο αυτοκράτορα Τιβέριο, εποχή κατά την οποία μεταφράστηκαν στα λατινικά όλα τα έργα του. Η λέξη *βαλλήν* σημαίνει βασιλιάς, ισχυρός, δυνατός και κατά τον Ευφορίωνα ανήκει στη διάλεκτο των Θουρίων, αποικίας των Αθηναίων στην Ιταλία. Η λέξη αυτή πρώτος την χρησιμοποίησε ο Αισχύλος στους Πέρσες («Βαλήν ἄρχαίος, βαλήν ἴθι ἴκου») και από αυτόν την πήρε ο Ευφορίωνας, που σπούδασε στην Αθήνα και έζησε για πολλά χρόνια.

Το σθένος (valence) συνδέθηκε αρχικά με την έννοια του δεσμού, μετά με τον Περιοδικό Πίνακα του Mendeleev, κατόπιν με τα ηλεκτρόνια των στοιχείων (ηλεκτρόνιο σθένους, valence electron, Kossel 1916), αριθμό σθένους (number valence, Deming 1923) και σήμερα έχει υποκατασταθεί από τον Αριθμό φορτίου (charge number, Stock) και τον Αριθμό οξειδωσης (oxidation number, Latimer). Στη μεταφορά των χημικών όρων και ονομασιών

ενώσεων στα ελληνικά διδακτικά εγχειρίδια παρατηρούνται πολλές αστοχίες, που δεν συμβαδίζουν με τις οδηγίες των χρωματιστών βιβλίων της IUPAC. Δυστυχώς ακαδημαϊκοί στις αρχές του 20^{ου} αιώνα καθιέρωσαν ορολογίες που δεν συμβαδίζουν με αυτές της IUPAC, όπως για τον ομοιοπολικό δεσμό (homopolar bond, Abegg, 1906), αδόκιμος όρος, που θα έπρεπε να ονομάζεται *συσθενής* (covalent bond), μη αναγνωρίζοντας την τεράστια σημασία της ενιαίας ονοματολογίας και συμβατής με αυτήν της IUPAC. Το σθένος (valence) βρίσκεται σήμερα σε χρήση ευρύτατα στην Οργανική Χημεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αριθμός φορτίου σε αντιδράσεις προσθήκης σύμφωνα με τον κανόνα Markovnikov, σε αντιδράσεις υποκατάστασης και προσθήκης 1,4. Εκεί που ο κανόνας Markovnikov δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όπως στην προσθήκη HI σε $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHI}$. Ο αριθμός οξείδωσης χρησιμοποιείται ευρύτατα σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις για την ορθή γραφή των αντιδράσεων αυτών.

Η γεωμετρία των μοριακών συμπλόκων ενώσεων προβλέπεται από τη θεωρία VSEPR των Gillespie, Nyholm, μιας θεωρίας που έχει εισαχθεί σε πολλά σχολικά ευρωπαϊκά εγχειρίδια. Η θεωρία περιληπτικά υπάρχει και στο αντίστοιχο ελληνικό εγχειρίδιο, αλλά δεν διδάσκεται. Τα ακρωνύμια της θεωρίας βέσπερ περιλαμβάνουν την έννοια του σθένους: Valence Shell Electron Pair Repulsion, οπότε κρίνεται απαραίτητο από διδακτικής πλευράς να γίνεται μνεία της έννοιας αυτής, που ενώ εκλείπει από το κόκκινο βιβλίο της IUPAC, υπάρχει στο χρυσό και στο μωβ.

Τελικά κρίνοντας από τη μελέτη αυτή πολλά ιστορικά στοιχεία ενισχύουν την ελκυστικότητα της διδασκαλίας της χημείας, τη διαθεματικότητα της, την εξέταση της χημικής ελληνικής ιστορικής κληρονομιάς μας, την ετυμολογία των λέξεων, την ιστορία των επιστημών, τη χρησιμότητα της συμβατότητας της αγγλικής σημερινής ορολογίας με την αντίστοιχη ελληνική, που πρέπει να γίνει πιο προσεγγίσιμη και ενιαία σε όλη την ελληνική επιστημονική επικράτεια.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

1. Χηνιάδης Δ., «Η ονοματολογία της ανόργανης χημείας κατά IUPAC, μία απραπός για τα ελληνικά δεδομένα», 10^ο ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ, 9-10 Δεκεμβρίου 2000.
2. Χηνιάδης Δ., «Ο αριθμός οξείδωσης κατά Stock και ο αριθμός οξείδωσης κατά Ewens – Basset», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, τεύχος **9** – τόμος **73**, Νοέμβρ.-Δεκ. 2011.
3. Χηνιάδης Δ., «Από τη χημική συγγένεια στο σθένος», ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, τεύχος **3** – τόμος **76**, Απρίλιος 2012.
4. Χηνιάδης Δ. (μτφρσ): Οι μεγάλες ιδέες της Χημείας του Ronald J. Gillespie, ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, τεύχος 4, Απρίλιος 2001.

ABSTRACT

In this study two concepts are examined: the *valence* and the *affinity* (chemical affinity), used in chemistry and contributing to the classification of chemical compounds, the understanding (or knowledge) of chemical reactions and the interpretation of chemical bonds.

“Affinity” has a history of 25 centuries and, according to M. Stefanidis, this term comes out of the greek word “ΑΦΗ” (Aphi= touch), introduced by Aristotle in his work, entitled: “*On the generation and corruption*” as a final cause to convert the “genera” (starting materials) to

“species”, such as the metal to alloys. The two terms “ΦΙΛΟΤΗΤΑ” (Philotita) and “ΝΕΙΚΟΣ” (Neikos), used by Empedocles, *i.e.* the attraction and repulsion of bodies, respectively, which are changed or separated in others, do not consist, according to Aristotle, the final cause, also requiring a contact between them. These two forces are converted into “sympathy” and “antipathy” at the 3rd century BC in a work of pseudoDemocritus (Volos of Mendes), when metallurgy and the efforts preparing gold from other metals created the “ΧΡΥΣΟΠΟΙΙΑ» (Chrisopoiia) and the divine or sacred art of philosophers or poets known as “ΧΗΜΕΥΤΙΚΗ” (Chimeutiki) or “ΧΥΜΕΥΤΙΚΗ”, “ΧΗΜΕΙΑ” (= Chemistry) or “ΧΥΜΕΙΑ”. The “sympathy” during the first centuries after Christ (AD centuries) was also called “affinity” in greek texts known as “ΧΥΜΕΥΤΙΚΑ” (Chymeutika) of various writers as Zosimus, Synesius, Olympiodorus, etc.). These texts passed to the Syrians and then to the Arabs, forming the “ΑΛΧΗΜΙΑ” or “ΑΛΧΥΜΙΑ”, (“Alchemia” or “Alchymia”= Alchemy). The affinity as a term was introduced by Albert the Great in the 12th century AD (affinitas = affinis = ad finis = to the boundary), expressing the “ΑΦΗ” of Aristotle, and translated as “ΣΥΤΤΕΝΕΙΑ” by the prerevolutionary Greek scholars (Vlemmidis, Metochites, Theophilus

Korydaleas, Theotokis Nikiforos and Vardalachos). C. Geoffroy (17721731) was the first who tried to measure the affinity of acids and bases, publishing the “*Table of Rapports*”, *i.e.* the list of affinities. These tables were submitted to a comprehensive improvement by the Swedish Tobern Bergman (17351784), who has created a table of 49 substances. Bergman, using two methods of reaction, has revealed their tendency to join together (“attraction elective”), paving a way for the quantitative determination of affinities.

Simultaneously to the tracking of chemical affinity as the attractive force of the reactants from the time of Albert the Great (13th century), we can watch the story of the Phlogistic and Pneumatic Chemistry, before the birth of modern chemistry in the days of Lavoisier, when appeared the chemical equivalents. The period of Lavoisier was continued after his death, with the Dalton's theories on gaseous mixtures, the atomic weights, the revival of the atomic theory (of Higgins, Dalton, T. Thomson and Wollaston), the connection of the affinity with the electric charge (Davy, Berzelius, Faraday), the foundation of Organic Chemistry, the vitalism theory, the type theories (of Dumas, Laurent, Gerhards, Hofmann, Williamson and Kekule), until 1868, where the “atomicities” or “affinity units” or “quantivalence” of Hofmann turned into “valence” by Wichelhaus, a student of Kekule. The term “valence” gradually began to impose in Chemistry, although for several years was in line with the “affinity units” in Greek chemistry textbooks of the 19th century and early 20th. The Geneva conference of 1892 established a uniform nomenclature in chemistry and gave a dynamic development both in science and in the teaching approach. The “valence” played then a leading part, at first being associated with the original concept of the chemical bond, then with the Periodic Table of Mendeleev and the electrons of elements (valence electron, Kossel 1916). However, in the current era, it has been replaced by the “charge number” (Stock) and

the “oxidation number” (Latimer). During the transfer of chemical terms and designations of compounds in Greek textbooks, there have been many failures, which do not comply with the instructions of the “colored books” of IUPAC. Unfortunately, academics in the early 20th century established terminologies that are not consistent with those of IUPAC. For example, they used the inappropriate term “ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΣ” (Omoiolikos) («homopolar”, Abegg, 1906), instead of the correct “ΣΥΣΘΕΝΗΣ” (Systhenis) for the covalent bond. So, the enormous importance of establishing unified nomenclature compatible with that of IUPAC has been ignored. The term “valence” is currently widely used in organic chemistry *e.g.* as a “charge number” in addition reactions, according to the Markovnikov rule, in substitution reactions, in the 1.4 addition reactions and where the Markovnikov rule cannot be used such as the addition of HI to $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHI}$. The oxidation number is commonly used in redox reactions for the proper completion of the respective equations.

The molecular geometry of complex compounds is provided by the VSEPR (or “Vesper”) theory (of Gillespie and Nyholm), which has been introduced in many European school textbooks. This theory is also summarized in the corresponding Greek manual. The acronyms of VSEPR theory (ValenceShell ElectronPair Repulsion theory) include the concept of valence. So, it is necessary, in terms of teaching, to mention of this concept, which has disappeared from the red book of IUPAC, remaining only in the gold and purple ones. The affinity as a term is still used in expressions, such as: affinity of reaction, electron affinity and affinity enzyme with substrate. Finally, an etymological study of the term “valence” is performed, which goes back to ancient Greek literature and then extends to Latin. From the teaching point of view, linguistic, historical and philosophical elements are linked together, causing a particular interest for the social impacts to a science whose findings (or theories or visas) are verified by experiments.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ – ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ABSTRACT	I – X
ΜΕΡΟΣ 1^ο	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1 – 14
ΜΕΡΟΣ 2^ο	
2. Ιστορική διαδρομή πρόδρομων εννοιών της συγγένειας	15 - 26
2.1 Κοσμογονικές αντιλήψεις στην αρχαιότητα – Από τους θεοκρατικούς μύθους στους φυσιοκράτες φιλοσόφους	27-44
2.2 Συμπάθεια και αφή στην αρχαιότητα	45 – 56
2.3 Η έννοια του στοιχείου στην αρχαιότητα	57 – 84
2.4 Η χυμευτική τέχνη των ελληνιστικών χρόνων, τέχνη ιερά και τιμία	85 – 110
2.4.1 Οι μυθικοί χυμευτές	111-122
2.4.2 Οι Έλληνες φιλόσοφοι, οι ελληνόφωνοι και οι ψευδώνυμοι χυμευτές	
2.4.3 Οι Έλληνες βυζαντινοί χυμευτές	123-132
2.4.4 Η χημική συγγένεια στη Βυζαντινή Αυτοκρατορία	133-144
2.5 Η Αλχυμεία των Αράβων	145-148
2.6 Εισάγεται ο όρος της χημικής συγγένειας (affinity) από τον Albertus Magnus	149-168
2.7 Η χημική συγγένεια καθιερώνεται στη Χυμεία	
2.8 Προφλογιστική περίοδος και η χημική συγγένεια	169-172
2.9 Η φλογιστική περίοδος και η χημική συγγένεια	173-186
2.10 Η χημική συγγένεια στα τέλη του 19 ^{ου} αιώνα	187-204
2.11 Ισοδύναμα (equivalents), πρόδρομες έννοιες του σθένους	205-226
2.12 Η χημική συγγένεια στις προεπαναστατικές ελληνικές χημείες	227-250
2.13 Απαρχές της ηλεκτροχημείας και Ηλεκτροχημική Θεωρία του Berzelius (Δυϊσμός)	251-256
2.14 Ισοδύναμα και Ατομικό Βάρος	257-280
ΜΕΡΟΣ 3^ο	
3. Από τη συγγένεια (affinity) στο σθένος (valency)	281-302
3.1 Από τη θεωρία των τύπων στο σθένος	303-320
3.2 Η ιστορία του όρου valency/e	321-334
3.2.1 Το γερμανικό υπόβαθρο του σθένους	335-343
3.2.2 Η ετυμολογική ερμηνεία του όρου VALENCE	343
3.3 Η ιστορία του όρου «χημικός δεσμός»	344-346
3.4 Η ιστορία της σημειογραφίας στη θεωρία του σθένους και του χημικού δεσμού	347-354
3.5 Σχέσεις των αντιλήψεων Χημικού Δεσμού και Σθένους	355-364
3.6 Η κριτική της θέσης για την σταθερότητα του σθένους	365-368
3.7 Σχέσεις μεταξύ σθένους κι ιδιοτήτων των χημικών στοιχείων – ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	369-384
3.8 Το σθένος στις αρωματικές ενώσεις	385-406
3.9 Η επιβολή του σθένους στις πρώτες ελληνικές χημείες	407-414
3.10 Από το σθένος στην Ηλεκτρονική Θεωρία Σθένους	415-426
3.10.1 Οι πρώτες δεσμικές θεωρίες	427
3.10.2 Ο ιοντικός δεσμός και μία πρώτη προσέγγιση του ομοιοπολικού (συσθενή) δεσμού	427-433
3.10.3 Ομοιοπολικός ή συσθενής δεσμός (covalent bond)	433-444
3.10.4 Από την Ηλεκτρονική Θεωρία του Σθένους σε άλλες θεωρήσεις του δεσμού – Πενταλίδια του φωσφόρου	445-455
3.11 Σύγκριση των μη εμπειρικών μεθόδων MO (LCAO) και VB	456-464
3.11.1 Θεωρία Δεσμού Σθένους (Valence Bond Theory)	465-473
3.11.2 Θεωρία Μοριακών Τροχιακών (Molecular Orbital Theory)	473-476
3.12 VSEPR – Θεωρία Απώσεων Ζευγών Ηλεκτρονίων της Στιβάδας – Σθένους	
ΜΕΡΟΣ 4^ο	
4.Η σύγχρονη διαμορφωμένη κατάσταση	479-492
4.1 Το σθένος και η σύγχρονη ονοματολογία της IUPAC	493-495
4.2 Αριθμός Δεσμού ή Δεσμικός Αριθμός (bonding number)	496
4.2.1 Καθιερωμένος Δεσμικός Αριθμός (Standard Bonding Number)	496
4.2.2 Μη Καθιερωμένοι Δεσμικοί Αριθμοί (Nonstandard Bonding Number)	497-506
4.3 Ο αριθμός οξειδωσης κατά Stock	507-508
4.4 Ο αριθμός φορτίου (charge number) κατά Ewens – Basset	509

4.5 Το σημερινό περιεχόμενο της συγγένειας	509-513
4.5.1 Ηλεκτρονική συγγένεια	514-516
4.5.2 Συγγένεια αντίδρασης	517-523
4.6 Αντιδράσεις αλογόνωσης κι αριθμός οξείδωσης	524-530
4.7 Αντιδράσεις προσθήκης σε άκυκλους ακόρεστους υδρογονάνθρακες	531-533
4.8 Αντιδράσεις απόσπασης	534-538
4.9 Αντιδράσεις οξείδωσης κι αναγωγής οργανικών ενώσεων	539-542
Συμπεράσματα	543-550
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	551-559
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ	560-570
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΩΝ ΟΝΟΜΑΤΩΝ	571-575