

Ιστορική εξέλιξις των εννοιών της Χημείας

1. Από τους αρχαίους Έλληνες μέχρι και τον Lavoisier

Η ιστορική εξέλιξις των εννοιών της επιστήμης αποτελεί το *sine qua non* για τη βαθύτερα κατανόηση των γενικών δομικών της αρχών και τη σύνδεση του παρελθόντος με το παρόν και το μέλλον. Στην παρούσα μελέτη επιχειρείται συμπεκνωμένη, αλλά ακριβής επιστημολογική ανάλυση της δυναμικής των ιδεών της Χημείας από τους Αρχαίους Έλληνες μέχρι και τον Lavoisier. Η εργασία δεν φιλοδοξεί πληρότητα (αδύνατον προφανώς) αλλά επιχειρεί να δείξει τις διαχρονικές κυκλικότητες και αναλογίες των ιδεών, τις προκρούστειες προσπάθειες των επιστημόνων με σκοπό τη διάσωση των εκάστοτε "paradigms"²⁶, την κατάρρηση των τελευταίων και εμφάνιση νέων μετά τον απαραίτητο χρόνο «επώασης».

Αριστείδης Μαυριδής*

Προλεγόμενα

Θα προσπαθήσω να αναλύσω ορισμένους σταθμούς στην ανάπτυξη της «χημικής σκέψης» αρχίζοντας από τους χρόνους των Αρχαίων Ελλήνων. Προηγουμένως όμως θεωρώ σκόπιμο να δοθεί κάποιος ορισμός του χημικού συστήματος όπως σήμερα το εννοούμε: «Ως χημικό σύστημα ορίζεται αριθμός θετικώς φορτισμένων πυρήνων, ορισμένης γεωμετρίας όχι αυστηρά καθορισμένης και αριθμού ηλεκτρονίων το αρνητικό φορτίο των οποίων δεν είναι αναγκαστικώς ίσο με εκείνο των θετικών πυρήνων». Σύμφωνα με τις τρέχουσες αντιλήψεις η εξίσωση του Schrödinger συμπληρωμένη με ορισμένες αρχές συμμετρίας περιγράφει επαρκώς τη δυναμική ενός τέτοιου συστήματος, φαίνεται δε να εξαντλή όλη τη «χημική» πληροφορία την οποία εγκλείει ένα τέτοιο σύστημα. Είναι βεβαίως προφανές ότι το εύρος της χημικής επιστήμης είναι τέτοιο ώστε είναι σχεδόν αδύνατον ορισμός να οριοθετηθεί αυστηρά το αντικείμενό της, η γενικότητα δε του προηγούμενου αποτελεί την κυρίως αδυναμία αλλά και ισχύ του.

Κοινά παραδείγματα χημικών διεργασιών (χημικών αντιδράσεων) της καθημερινής ζωής είναι: η φωτιά και οι αλλοιώσεις τις οποίες προκαλεί, οι ζυμώσεις των διαφόρων χυμών, η οξειδωσις των μετάλλων, αυτή η ίδια διαδικασία της αναπνοής, κλπ., φαινόμενα γνωστά σε όλους, αλλά που η ικανοποιητική τους ερμηνεία απαιτεί γνώσεις τις οποίες το οπλοστάσιο της ανθρωπίνης εμπειρίας απέκτησε μόνο κατά τα τελευταία εκατό χρόνια. Όμως, το παρελθόν συνδέεται αναπόσπαστα με το παρόν και το μέλλον, είναι ως οι αρχικές συνθήκες μιας γιγαντιαίας στοχαστικής διαφορικής εξισώσεως των οποίων η μελέτη και κατανόηση είναι επιβεβλημένη εάν θέλουμε να εμβαθύνουμε στη διαδικασία παραγωγής και προώθησεως της γνώσεως. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο γράφτηκε η στοιχειώδης, ομολογουμένως, αυτή μελέτη.

Οι άνθρωποι αρχίζουν να αποκτούν χημικές εμπειρίες κυρίως στην επεξεργασία των μετάλλων γύρω στα 3500 π.Χ. Μαγειρικό σκεύος από χαλκό που βρέθηκε σε Αιγυπτιακό τάφο χρονολογήθηκε στα 3200 π.Χ. και Αιγυπτιακά όπλα από μπρούντζο (μίγμα χαλκού και κασιτέρου) βρέθηκε στον τάφο του Φαραώ Itefi¹, ο οποίος κυβέρνησε στα 3000 π.Χ.

Ήδη, στα 1500 π.Χ. υπάρχει ένα είδος βιομηχανίας σιδήρου το οποίο σημαίνει ότι είχαν αναπτυχθεί τρόποι παραγωγής υψηλών θερμοκρασιών, απαραίτητων για την εξαγωγή του². Παρ' όλη την πρόοδο της πρακτικής χημείας (μεταλλουργίας, αγγειοπλαστικής, εξαγωγής χρωμάτων στην αρχαία Αίγυπτο), δεν τίθεται σοβαρά το ερώτημα «γιατί», το ενδιαφέρον συγκεντρώνεται μόνον στο «πώς». Η διατύπωση ερωτημάτων γύρω από τη φύση του κόσμου και την εξήγηση των φυσικών φαινομένων αρχίζει να τίθεται, αν όχι για πρώτη φορά, αλλά οπωσδήποτε με ιδιαίτερη σαφήνεια και ενέργεια γύρω στα 650 π.Χ. στην Αρχαία Ελλάδα.

Έλληνες Φιλόσοφοι

Ο Θαλής ο Μιλήσιος (640-456 π.Χ.) φαίνεται να διερωτάται για τη φύση των πραγμάτων και την ικανότητά τους να μεταουσιώνονται. Ο Θαλής ανήκει στη σχολή των Ιώνων φιλοσόφων οι οποίοι είναι «κοσμολόγοι», δηλαδή ζητούν να εξηγήσουν τα πάντα, να βρουν τη γεννεουσιουργία αιτία όλων των φαινομένων. Παρατήρησε την αφθονία του νερού, παντού όπου και αν γύριζε το βλέμμα του αντικρούζε νερό, γνώριζε δε ότι το τελευταίο είναι απαραίτητο για την ύπαρξη και τη διατήρηση του φαινομένου της ζωής. Σκέφθηκε ότι η Γη δεν είναι δυνατόν παρά να είναι ένας επίπεδος δίσκος, ο οποίος επιπλέει μιας τεραστίας μάζης νερού (ο Όμηρος εξάλλου παραχωρεί στον ωκεανό τη μεγαλύτερα κοσμική έκταση³). Εντυπωσιάσθηκε ίσως από τις αλλαγές καταστάσεως του νερού, από στερεό σε υγρό, ακολούθως αέριο και αντιστρόφως και έτσι έχουμε την πρώτη διατύπωση θεωρίας η οποία είναι δυνατόν να ονομασθεί και θεωρία χημείας: «Το νερό είναι το στοιχείο από το οποίο όλα προέρχονται».

Οι Έλληνες δεν πίστευαν στο κενό, αλλά ότι κάτι υπάρχει μεταξύ Γης και Ουρανού, κάτι το οποίο αισθάνοντο, ο «αήρ». Υπέθεσαν δηλαδή ότι ο αέρας υπήρχε παντού και «πέρα από το ουράνιο στερέωμα» και ότι όσο πλησίαζε προς τη Γη, εσυμπιέζετο όλο και περισσότερο σχηματίζοντας τα σκληρά της συστατικά. Ο Αναξιμένης από τη Μίλητο (570 π.Χ.) υποθέτει ότι, «το μοναδικό στοιχείο από το οποίο όλα προέρχονται είναι ο αήρ».

Ο Ηράκλειτος ο Εφέσιος (540-475 π.Χ.) ο επονομαζόμενος και σκοτεινός, εκφράζει δυναμικότερες αντιλήψεις, αλλά και αυτός είναι μονιστής: παραδέχεται ότι όλα πηγάζουν από κάτι το μοναδικό: «Και εκ πάντων εν και εξ ενός τα πάντα»⁴. Ο διαλεκτικός λόγος του Ηρακλείτου εκκλύεται

* Τομέυς Φυσικοχημείας Πανεπιστημίου Αθηνών.

από τη φωτιά, από τις απειράριθμες αλλαγές σχημάτων και χρωμάτων που παίρνουν οι φλόγες. «Αυτὸν τον κόσμο, ο οποίος είναι για όλους, ούτε κανείς θεός ούτε άνθρωπος τον έπλασε, αλλά ήταν πάντα και είναι και θα είναι αιώνια φωτιά, η οποία ανάβει με μέτρο και σβήνει με μέτρο. Τα πάντα ανταλλάσσονται με τη φωτιά και τα πάντα είναι φωτιά»⁵. Ο Ηράκλειτος παραδέχεται τη σημασία τριών άλλων στοιχείων, δηλαδή της Γης, του Νερού και του Αέρος, που μαζί με τη φωτιά είναι πρωταγωνιστές του κοσμικού δράματος. Αλλά τον κύριο ρόλο τον παίζει η φωτιά από την οποία πηγάζουν τα υπόλοιπα και σε αυτή ξαναγυρίζουν. Στην σπαρακτική ερώτηση, «τι είναι : κόσμος;», ο Ηράκλειτος απαντά: «αιώνια ζωντανή φωτιά». Η ερώτησης «τι είναι φωτιά;», οδηγεί σε συνεπή κυκλικότητα, η οποία είναι η βάση της Ηρακλειτικής λογικής.

Η Ηρακλειτική φωτιά δεν είναι η συνηθισμένη φωτιά, αλλά αφηρημένη αρχή, η οποία ελέγχει τα πάντα και μένει άφθαρτη και αναλλοίωτη. Ίσως θα μπορούσαμε να ισχυρισθούμε ότι ο Ηράκλειτος διαισθάνεται τη σημασία της ενεργείας και «διατυπώνει» την αρχή της διατηρήσεώς της.

Ο τελευταίος των Ιώνων φιλοσόφων είναι ο Αναξαγόρας ο Κλαζομενεύς (499-428 π.Χ.). Εισήγαγε την ιδέα υπάρξεως απείρου αριθμού αφάρτων σωματιδίων τα οποία ονόμασε «κόκκους». Οι κόκκοι δεν έχουν τη σημασία των ατόμων με την έννοια των δομικών λίθων διότι αποτελούνται από ελάχιστες ποσότητες από οτιδήποτε υπάρχει στον κόσμο, τα δε ποσοστά «ουσιών» που κάθε κόκκος περιέχει, ποικίλουν· π.χ. οι κόκκοι της σάρκας περιέχουν περισσότερη σάρκα, οι κόκκοι του ξύλου περισσότερο ξύλο κ.ο.κ.

Ο Εμπεδοκλής (490-430 π.Χ.), γιατρός, γεννημένος στη Σικελία και οπαδός του Πυθαγόρα του Σάμιου (582-497 π.Χ.) προσπαθεί να συμβιβάσει τις απόψεις των Ιώνων φιλοσόφων. Δεν βλέπει το λόγο γιατί να είναι ένα το στοιχείο από το οποίο όλα προέρχονται. Αντικαθιστά τους απείρους κόκκους του Αναξαγόρα με τέσσερα στοιχεία της αυτής σημασίας, τα οποία ονομάζει «άερα», «φωτιά», «νερό» και «γη». Σημειώστε τον αριθμό των στοιχείων, **τέσσερα**, ο οποίος ήδη είχε αρχίσει να διαφαίνεται στις Ηρακλειτικές σκέψεις.

Είναι δυνατόν να διατυπωθή η άποψη ότι όλα τα προηγουμένα είναι απλοϊκά και αφελή. Θα πρέπει όμως να ληφθή υπόψιν ποιά χρονολογική εποχή εκφράζονται οι ιδέες αυτές, τις σχεδόν ανύπαρκτες εμπειρίες και τον κοινωνικό περίγυρο αυτών των ανθρώπων. Ξέσθλου, αν αλλάξουμε λίγο την ονομασία των «στοιχείων», τα οποία πρωταγωνιστούν στις μέχρι τώρα διατυπωθείσες θεωρίες, δηλαδή αέρας, φωτιά, νερό και γη με τις αντίστοιχες, αέριο, ενέργεια, υγρό και στερεό, βλέπουμε ότι καλύπτονται φυσικές αλλαγές της ύλης (χαμηλής ενεργείας) βάσει νεωτέρων απόψεων. Ο Εμπεδοκλής εισάγει και κάποια καινοτομία στην επιστημονική μεθοδολογία της εποχής· εισάγει την ιδέα του πειράματος, δηλαδή δεν αρκείται μόνο στις νοητικές αποδείξεις· χρησιμοποιεί με πολύ έξυπνο τρόπο κωνική υδάτινη κλειψύδρα με σκοπό να δείξει την υλικότητα του αέρος⁶. Το πρότυπο των τεσσάρων (θεμελιακών) στοιχείων γίνεται αποδεκτό και από τους μεγάλους των Ελλήνων φιλοσόφων. Τα ονόματα των στοιχείων αλλάζουν αλλά αυτό δεν έχει και πολλή σημασία, ο αριθμός τους παραμένει αμετάβλητος, τέσσερα. Ας σημειωθεί ότι κανείς δεν έθεσε το ερώτημα εκτός ίσως από τον Ηράκλειτο, της προελεύσεως ουσιαστικώς των τεσσάρων στοιχείων. Τέτοιου είδους θεωρήσεις οι οποίες δεν επιτρέπονται ούτε και σήμερα, είναι έξω από τις δυνατότητες του προτύπου και δεν αποτελούν σημεία κρίσεως και πιθανής απορριψεώς του.

Η θεωρία των τεσσάρων στοιχείων τις βάσεις της οποίας έθεσε ο Εμπεδοκλής κράτησε περίπου δύο χιλιάδες χρόνια, μέγεθος χρόνου αποκαλυπτικό για τον τρόπο εξελίξεως της ανθρωπίνης διανοήσεως σε τομείς οι οποίοι ακούν στο όνομα «επιστήμη» ή/και «γνώση».

Η θεωρία των τεσσάρων στοιχείων φθάνει στην ακμή της με τον Λεύκιππο (450 π.Χ.) και το μαθητή του Δημόκριτο τον Αβδηρίτη. Ο Λεύκιππος για τον οποίο ελάχιστα είναι γνωστά⁷, φαίνεται να προβληματίζεται με το πεπερασμένο της διαιρετότητας της ύλης. Ο Δημόκριτος (460-370 π.Χ.) συνεχίζει τη γραμμή σκέψεως του διδασκάλου του και εισάγει τα «άτομα», δηλαδή οντότητες άτμητες, ως και το μέσον εις το οποίο κινούνται, το «κενόν». Είναι η πρώτη φορά που αναπτύσσεται κινητική θεωρία σωματιδίων. Κίνηση στοιχείων (όχι ατόμων), εκφράζει και η θεωρία του Εμπεδοκλή, αλλά το μέσον κινήσεως είναι ασαφές. Τα άτομα του Δημόκριτου είναι **τέσσερα**, άτμητα, αμετάβλητα και κινούνται αενάως και **τυχαίως** στο κενό. Έχουν σχήμα και μέγεθος, π.χ. τα άτομα της φωτιάς είναι σφαιρικά και δεν αναμιγνύονται με τα υπόλοιπα τα οποία έχουν κατάλληλα σχήματα που τους επιτρέπουν να συνδέονται μεταξύ τους και να παράγουν τις πολυμορφίες των ενώσεων. Η ικανότητα σχηματισμού «δεσμών» μεταξύ των Δημοκρίτειων ατόμων είναι ανάλογη της επιφανείας επαφής: Οι σφαίρες π.χ. έχουν ένα σημείο επαφής μεταξύ τους, αλλά και μεταξύ σωματίων με επίπεδες έδρες, άρα τη μικρότερη ικανότητα μείξεως και σχηματισμού ενώσεων. Οι σύγχρονες θεωρίες δεσμού έχουν αντικαταστήσει τα σημεία επαφής του Δημόκριτου με πεδία Coulomb, ανταλλαγής, πυρηνικά πεδία ή και δυνάμεις πολλές φορές λίγο «εξωτικές». Το Δημοκρίτικο πρότυπο ήταν το πληρέστερο υλιστικό-μηχανιστικό σύστημα, το οποίο είχε διατυπωθεί μέχρι τότε και τα σπέρματα συγχρόνων αντιληπνών που αναμφίβολα φέρει, αποδεικνύουν την κατά κάποιο τρόπο (αναπόφευκτη;) περιοδικότητα των σκέψεων οι οποίες πηγάζουν από ανάλογες εμπειρίες.

Οι ατομικές θεωρίες του Δημόκριτου δεν έπεισαν πολύ τους συγχρόνους του και προσβλήθηκαν ιδιαίτερα από τον Αριστοτέλη. Ο τελευταίος δεν εννοούσε να δεχτή το βασικό δόγμα της ατομικής θεωρίας, το πεπερασμένο της διαιρετότητας της ύλης. Η ατομική θεωρία δεν εξαφανίσθηκε τελείως, την βρίσκουμε και πάλι στον Επίκουρο (342-270 π.Χ.), εν συνεχεία αποκτά πολλούς οπαδούς στους μετέπειτα αιώνες και τελικώς δικαιώνεται. Ένας από τους κυριότερους οπαδούς της υπήρξε ο Ρωμαίος ποιητής-φιλόσοφος Titus Lucretius Carus (95-55 π.Χ.). Αν και από τη ζωή του ελάχιστα πράγματα είναι γνωστά, το ποιημά του "De Rerum Natura" (περί της φύσεως των πραγμάτων) κατανεμημένο σε έξι βιβλία σώζεται ολόκληρο και είναι η λατινική, καλλιτεχνική θα λέγαμε, μετάφρασις του κυρίου έργου του Επίκουρου, «περί της φύσεως». Το ποίημα του Λουκρητίου θεωρείται από πολλούς ως το ωραιότερο διδακτικό ποίημα που γράφτηκε ποτέ⁸.

Ο Πλάτων (470-399 π.Χ.), μαθητής του Σωκράτη, δεν ασχολείται ουσιαστικώς με την εξήγηση των φαινομένων της φύσεως· στο διάλογό του όμως «Τίμαιος» προωθεί τις απόψεις του για τη φυσική των πραγμάτων. Η θεωρία του Πλάτωνος είναι στη βάση της Πυθαγορική-Σωκρατική. Όλα συνδυάζονται μέσω υψηλής διανοίας ώστε να δημιουργήσουν ό,τι καλύτερο και αρμονικότερο· η αρμονία αποτελεί το ουσιοδότερο στοιχείο. Σήμερα ίσως θα τη λέγαμε **συμμετρία**. Ο Πλάτων αποδέχεται και αυτός τα τέσσερα στοιχεία του Εμπεδοκλή, αλλά τους δίνει γεωμετρικές μορφές περιορισμένες από επίπεδα κανονικού σχήματος. Για

το στοιχείο γη, π.χ., τα επίπεδα είναι τετράγωνα και ο μόνος επιτρεπτός συνδυασμός για την παραγωγή κανονικού πολυέδρου είναι ο κύβος, σταθερή μορφή η οποία δεν μετασχηματίζεται σε άλλη. Με τον τρόπο αυτό ερμηνεύεται η στερεότητας και σταθερότητας της γης. Οι δομικοί λίθοι των υπολοίπων τριών στοιχείων αποτελούνται από επίπεδα σε σχήμα ισοπλευρού τριγώνου. Από το ισόπλευρο τρίγωνο είναι δυνατή η κατασκευή τριών κανονικών πολυέδρων: τετράεδρο, οκτάεδρο και εικοσαέδρο, Σχ. 1. Τα πολυέδρα αυτά συμπλέκονται μεταξύ τους και δημιουργούν τα τρία θεμελιώδη Πλάτωνικά «στοιχεία». Η φωτιά, το πλέον διαπεραστικό στοιχείο είναι συνδυασμός τετραέδρων, διότι το τετράεδρο έχει τις οξύτερες κορυφές, άρα τη μεγαλύτερα διεισδυτικότητα. Στον αέρα αντιστοιχεί συνδυασμός οκταέδρων και στο νερό εικοσαέδρων. Ο Πλάτων εξακολουθεί να διατηρεί τα τέσσερα στοιχεία του Εμπεδοκλή και απορρίπτει το πέμπτο κανονικό στερεό, το δωδεκάεδρο, Σχ. 1δ. Το κανονικό δωδεκάεδρο αποτελείται από πέντε κανονικών πενταγώνων: ο τριδιάστατος χώρος δεν πληροίται μόνον με (κανονικά) δωδεκάεδρα ή ο διαδιάστατος με κανονικά πεντάγωνα, Σχ. 2. Η ιδιότητα (αδυναμία) αυτή του δωδεκαέδρου μάλλον γνωστή στον Πλάτωνα καθιστά το τελευταίο απαράδεκτο γεωμετρικό στερεό για τη θεωρία του η οποία βασίζεται στην αρμονία.

Ο Αριστοτέλης ο Σταγειρίτης (384-322 π.Χ.) μαθητής του Πλάτωνα αλλά με αναλυτικότερο τρόπο σκέψεως εκείνου του διδασκάλου του προσπαθεί να εξηγήσει τη φύση των πάντων. Ουσιαστικώς, ακολουθεί και αυτός τη θεωρία των τεσσάρων στοιχείων του Εμπεδοκλή και ακολουθώντας τον Πλάτωνα τα ονομάζει «στοιχεία»¹⁰. Ως στοιχείο ορίζει ένα από εκείνα τα σώματα εις τα οποία τα άλλα σώματα (σύνθετα) μπορούν να διασπασθούν, διότι περιέχονται σ' αυτά, πραγματικώς ή δυνάμει. Τα στοιχεία δεν μπορούν να διαχωρισθούν περαιτέρω σε απλούστερα σώματα. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη κάθε σώμα περιέχει σε μικρότερη ή μεγαλύτερη αναλογία και τα τέσσερα στοιχεία. Αυτά είναι, φωτιά (Φ), αέρας (Α), νερό (Ν) και γη (Γ). Δηλαδή το σώμα Χ παρίσταται Αριστοτελικώς ως γραμμικός συνδυασμός των τεσσάρων στοιχείων:

$$X = \varphi\Phi + \alpha A + \nu N + \gamma \Gamma$$

Οι «στοιχειομετρικοί» συντελεστές φ , α , ν , γ , οι οποίοι παίρνουν μη αρνητικές τιμές, καθορίζουν τη φύση του Χ. Σήμερα θα λέγαμε ότι ο Αριστοτέλης εισάγει έναν τετραδιάστατο γραμμικό χώρο με θεμελιακά διανύσματα τα στοιχεία Φ, Α, Ν και Γ. Ο Αριστοτέλης ισχυρίζεται ότι η θεωρία των τεσσάρων στοιχείων του Εμπεδοκλή δεν είναι πλήρης διότι δεν δέχεται τη μετατροπή των στοιχείων μεταξύ τους. Επίσης η ατομική θεωρία του Δημοκρίτου, η θεωρία του Πλάτωνος των κανονικών πολυέδρων καθώς και οι απόψεις των Πυθαγορείων επικρίνονται με αυστηρότητα για τον ίδιο ουσιαστικό λόγο: την ανυπαρξία ικανοποιητικής δυναμικής θεωρίας των στοιχείων. Ο Αριστοτέλης δέχεται ότι όλες οι ιδιότητες των σωμάτων ανάγονται τελικώς σε **τέσσερεις θεμελιακές ιδιότητες** - ποιότητες της ίδιας βαρύτητας, τις ακόλουθες: Της θερμότητας/θερμό (Θ), του ψύχους/ψυχρό (Ψ), της ξηρότητας/ξηρό (Ξ) και της υγρασίας/υγρό (Υ). Οι τέσσερεις αυτές ιδιότητες έχουν τις απαιτούμενες «ενεργές» και «παθητικές» ποιότητες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την αλληλεπίδραση και αλληλομετατροπή μεταξύ των διαφόρων πραγμάτων. Οι ποιότητες Ξ και Ψ είναι παθητικές. Οι τέσσερεις ποιότητες συνδυάζονται ανά δύο και δίδουν έξη ζεύγη, $(4_2) = (4!)/(2!)(2!) = 6$. Ποιότητες «αντιθετικές» δεν συζεύγνυνται, διότι θεωρείται αδύνατος

η συνύπαρξη ψυχρού και θερμού ή ξηρού και υγρού. Άρα τελικώς παραμένουν τέσσερα συμβιβαστά ζεύγη: (Θ,Ξ), (Θ,Υ), (Ξ,Υ), (Ψ,Ξ). Τα τέσσερα αυτά ζεύγη βρίσκονται σε ισορροπία με τα τέσσερα φαινομενικώς απλά συστήματα (στοιχεία) Φ, Α, Ν και Γ. Έχουμε δηλαδή την ένα προς ένα αντιστοιχία:

$$\Theta + \Xi = \Phi$$

$$\Theta + \Upsilon = A$$

$$\Psi + \Upsilon = N$$

$$\Psi + \Xi = \Gamma$$

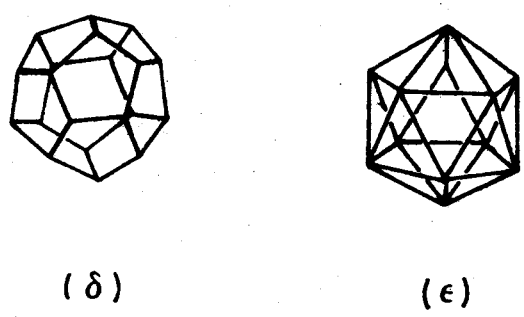
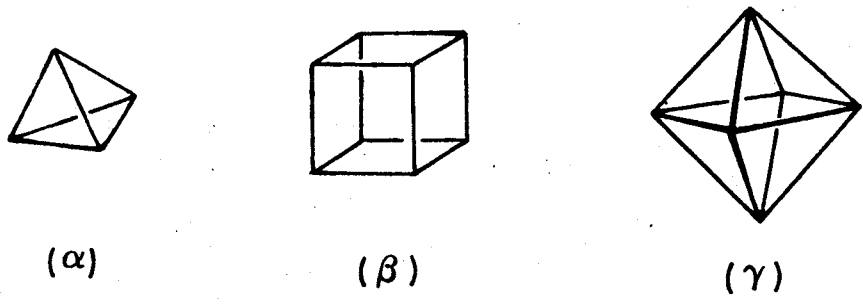
Και αυτό διότι η φωτιά είναι θερμή και ξηρή, ο αέρας είναι θερμός και υγρός, το νερό είναι ψυχρό και υγρό και η γη είναι ψυχρή και ξηρά. Το Σχήμα 3 απεικονίζει τις ανωτέρω απόψεις με ιδιαίτερος εκφραστικό τρόπο. Από το Σχήμα 3 παρατηρούμε ότι τα τέσσερα στοιχεία είναι δυνατόν να αλληλεπιδρούν και να μετασχηματίζονται μέσω των τεσσάρων ποιότητων. Ο Αριστοτελικός νους είχε συλλάβει ότι κάτι **χρειάζεται να μεταφερθή** ώστε να προκληθεί η αλλαγή του ενός στοιχείου (και κατ' επέκτασιν συνθέτου αντικειμένου) στο άλλο. Με αρκετή θρασύτητα θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τις απόψεις του Αριστοτέλη ως την πρώτη θεωρία πεδίων.

Δεν πρόκειται εδώ να αναπτυχθεί εκτενέστερα το Αριστοτελικό μοντέλο αλλά απλώς θα παρατηρήσω ότι οι απόψεις του, οι οποίες πολλές φορές έδρασαν ως το κρεβάτι του Προκρούστη (όχι βέβαια από δικό του λάθος!), επηρεάζουν ουσιαστικώς την εξέλιξη της ανθρωπίνης διανοήσεως μέχρι και το τέλος του 16ου αιώνας. Ίσως όμως είναι σκόπιμο να αναφερθώ λίγο εκτενέστερα στον αριθμό τέσσερα. Από την εποχή των Πυθαγορείων (500 π.Χ.) ο αριθμός αυτός μαζί με τον αριθμό «δέκα» (10) κατέχουν ιδιαίτερα θέση στις «φυσικές θεωρίες»:

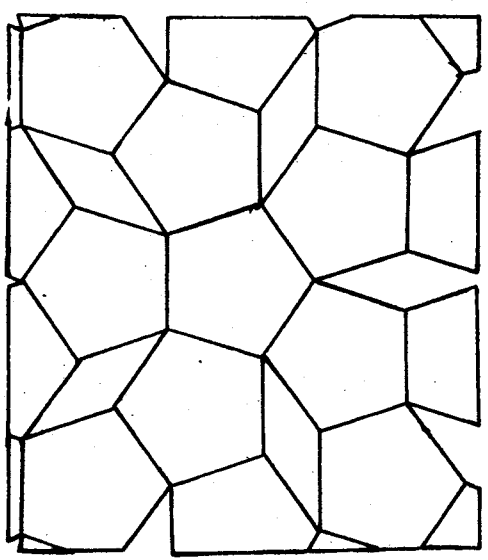
«Ευλόγησέ μας θεΐε αριθμό εσύ ο οποίος είσαι η γεννεσιουργός αιτία θεών και ανθρώπων. Ω, ιερά, ιερά τετρακτίς, εσύ η οποία είσαι η ρίζα και η πηγή της αιωνίως ρέουσας δημιουργίας. Διότι ο θεΐος αριθμός αρχίζει με τη θεμελιακή μονάδα (1) μέχρι να φθάση στο ιερό τέσσερα· τότε γίνεται η μητέρα των πάντων, κλειδί όλων»¹¹.

Αυτή είναι μια από τις προσευχές των Πυθαγορείων η οποία απευθύνεται στην «τετρακτίδα», Σχήμα 4, στην αγία τετράδα, η οποία υποτίθεται ότι παριστά τα τέσσερα στοιχεία: φωτιά, αέρα, νερό και γη.

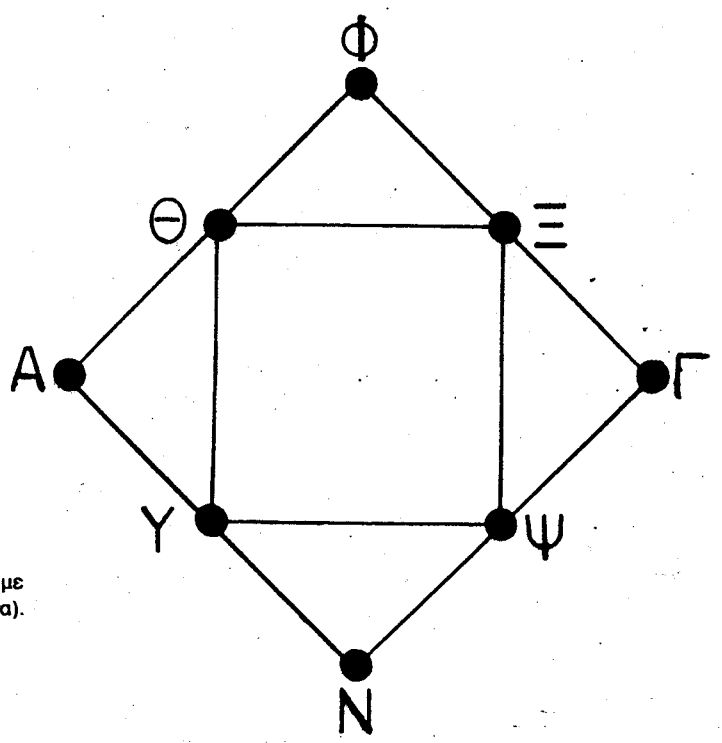
Αν και οι τελευταίες απόψεις για τη δομή της ύλης δεν έχουν ως βάση τον αριθμό τέσσερα, είναι πολύ κοντά σε αυτόν (!): Όλα τα γνωστά σωματίδια διαιρούνται σε δύο κατηγορίες, **αδρόνια** και **λεπτόνια**. Τα αδρόνια προκύπτουν από συνδυασμούς στοιχειωδών (άνευ δομής;) σωματιδίων, των quarks. Τα quarks είναι έξη¹², τα u (up), d (down), c (charmed), s (strange), t (top ή truth), και b (bottom ή beauty)¹². Κάθε quark εμφανίζεται με τρία «χρώματα», κόκκινο, κυανό και κίτρινο. Φυσικά τα «χρώματα» δεν έχουν ουδεμία σχέση με τα γνωστά μας χρώματα της οπτικής, είναι κβαντικοί αριθμοί. Τα χρώματα είναι οι φορείς δυναμικής των quarks (ποιότητες στον Αριστοτέλη). Ας σημειωθεί ότι μέχρι τώρα (1983), τα quarks **δεν έχουν βρεθεί πειραματικώς** παρόλες τις προσπάθειες από το 1965. Τα λεπτόνια είναι και αυτά έξη, το ηλεκτρόνιο (e), το μιονόνιο (μ), το ταυ (τ) και τα αντίστοιχά τους νετρίνο ν_e , ν_μ και ν_τ ¹². Τα διάφορα σωματίδια, στοιχειώδη και μη, αντιδρούν μεταξύ τους με δυνάμεις διαφορετικών χαρακτηριστικών. Το σύνολο των δυνάμεων αυτών είναι **τέσσερεις**, η ισχυρά, η ασθενής, η ηλεκτρομαγνητική και η βαρυτική.



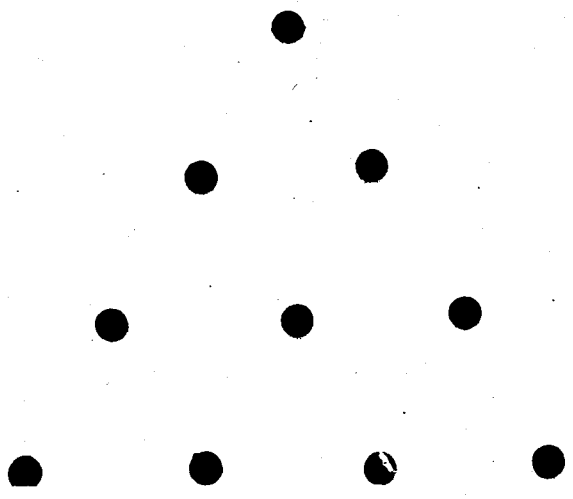
Σχήμα 1. Τα πέντα πολύεδρα ή Πλατωνικά στερεά
 (α) τετράεδρο (έδρες ισόπλευρα τρίγωνα),
 (β) κύβος (έδρες τετράγωνα),
 (γ) οκτάεδρο (έδρες ισόπλευρα τρίγωνα),
 (δ) δωδεκάεδρο (έδρες κανονικά πεντάγωνα),
 (ε) εικοσαέδρο (έδρες ισόπλευρα τρίγωνα).



Σχήμα 2. Ο τριδιάστατος χώρος δεν μπορεί να πληρωθεί με κανονικά δωδεκάεδρα (ή ο διδιάστατος με κανονικά πεντάγωνα).



Σχήμα 3. Αριστοτελικό διάγραμμα στοιχείων και ποιοτήτων.



Σχήμα 4. Η «τετρακτὶς» των Πυθαγορείων. Σημειώστε ότι το άθροισμα των σημείων της τετρακτίδος είναι δέκα.

Το να ισχυρισθούμε ότι ο Εμπεδοκλής ή ο Αριστοτέλης ή ο Επίκουρος «προέβλεψαν» ορισμένα στοιχεία συγχρόνων θεωριών είναι καθαρός παραλογισμός για τους εξής λόγους: (α) οι τελευταίες θεωρίες είναι το δυναμικό αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεως τεραστίου όγκου πειραματικής και μαθηματικής εργασίας χιλιάδων επιστημόνων επί τρεις αιώνες αν θεωρήσουμε το έτος 1687 (εκδίδεται η *Principia Mathematica*) ως εναρκτήριο έτος της σύγχρονης φυσικής. (β) Δεν υπάρχει διαβεβαίωση για την οντολογική αλήθεια των καινούργιων απόψεων περί δομής της ύλης δηλαδή την απόλυτη αλήθεια, την οποία θα μπορούσε ίσως να προβλέψει μια υπερ-διάνοια. Η επιστήμη (γνώσις) κινείται, αλλάζει μορφές, τελείται και μεταμορφώνεται δίχως να έχει την ανάγκη τελικού σημείου (απόλυτης αλήθειας) το οποίο να είναι συμπτωτικός της σκοπός. Ο δρόμος προς τη γνώση έχει την τεράστια αξία και τις συνέπειες για το ανθρώπινο είδος, επιστημονική Ιθάκη δεν φαίνεται να υπάρχει.

Αλχημεία

Με τις κατακτήσεις του Μεγάλου Αλεξάνδρου (πεθαίνει το 323 π.Χ.) και την πρόωξη της Ελληνικής σκέψεως στην Αίγυπτο αρχίζει ένα ατέλειωτο ανακάτεμα πρακτικής χημείας, μαγείας, μυστικισμού και αγυρτείας, που κράτησε σχεδόν μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνας. Η θεωρία των τεσσάρων στοιχείων δεν παύει να ισχύει και με τη μια ή την άλλη μορφή κατορθώνει να επιζήσει 2000 χρόνια. Η μεταστοιχειώσις και αυτών των τεσσάρων βασικών «μονάδων» δεν φαίνεται αδύνατη αν γίνουν οι κατάλληλες «μειξεις», αφού το νερό γίνεται αέρας με τη βοήθεια της φωτιάς. Γιατί λοιπόν να μη μπορεί να γίνει η οποιαδήποτε αλλαγή; Αρχά μέταλλα είτανε ήδη γνωστά: χρυσός (Au), άργυρος (Ag), χαλκός (Cu), κασίτερος (Sn), υδράργυρος (Hg), σίδηρος (Fe) και μολυβδος (Pb). Από κάποιο σκουρόχρωμο ορυκτό ($Fe_2O_3 \times H_2O$) παράγεται ο σίδηρος που για τον μεταλλουργό-χημικό της εποχής δεν έχει ουδεμία σχέση με το αρχικό υλικό. Η σκέψις της αλλαγής φθινών μετάλλων σε πολύτιμα, συγκεκριμένα σε χρυσό, είτανε πολύ φυσική και αρχίζει μια ιστορία η οποία κράτησε αρκετούς αιώνες με σκοπό την ανακάλυψη της θαυματουργής συνταγής που θα επέτρεπε τη μεταστοιχειώση. Αναμφιβόλως με την ιδέα της μεταστοιχειώσεως ανακαλύφθηκαν πλήθος κρυσμάτων διαφόρων μετάλλων και γίνανε πολλές απάτες.

Τον 7ο αιώνα εμφανίζονται οι Άραβες. Νεοπροσληπόμενοι στη νέα θρησκεία που τους αποκάλυψε ο προφήτης Μωάμεθ ξεχύνονται στη δυτική Ασία και βόρεια Αφρική το 641 μ.Χ. καταλαμβάνουν την Αίγυπτο και μετά λίγα χρόνια την Περσία. Εκεί, συναντώνται με την Ελληνική παράδοση μεταφερμένη από τους Νεστοριανούς Χριστιανούς. Η πρακτική χημεία τους εντυπωσιάζει στις αρχές του 673 και κατόπιν το 717, όταν στην πολιορκία της Κωνσταντινουπόλεως ο στόλος τους κατακαίγεται από την «υγρή φωτιά» του αρχιτέκτονος Καλλίνικου. Μείγματα ευλέκτων υλών, όπως, κατράμι, ρετσίνη και νάφθα ανέκαθεν χρησιμοποιούντο για πυρπολήσεις αλλά η υγρή ή Ελληνική φωτιά περιείχε κάποιο στοιχείο το οποίο αύξανε σημαντικώς την ικανότητα αναφλέξεως και δρασικότητός της, είτανε δε δυνατόν να εκτοξευθί με σίφωνες. Η συνταγή κατασκευής της εθεωρείτο κρατικό μυστικό, γνωστό μόνο στον αυτοκράτορα του Βυζαντίου και στην οικογένεια των Καλλινίκων. Ακόμη και σήμερα δεν είναι γνωστό τι περιείχε πιθανολογείται όμως ότι ένα από τα κύρια συστατικά της είτανε το νίτρο (KNO_3)¹². Η υγρή φωτιά των βυζαντινών είναι ο πρόδρομος της βόμβας Napalm.

Η λέξη ΚΗΜΕΙΑ η οποία εχρησιμοποιείτο τότε, γίνεται στα αραβικά al-kimiya (η πρόθεση al είναι οριστικό άρθρο) και στη συνέχεια αλχημεία. Μεταξύ των ετών 300 και 1100 μ.Χ. δεν υπάρχει ουσιαστική ιστορία της χημείας στον Ευρωπαϊκό χώρο. Μετά το 650 μ.Χ. η διατήρησις και προέκτασις της Ελληνο-Αιγυπτιακής αλχημείας πέφτει στα χέρια των Μουσουλμάνων και παραμένει σε αυτούς περίπου πέντε αιώνες. Θα αναφέρω τρεις από τους γνωστότερους Μουσουλμάνους αλχημιστάς των οποίων η σκέψις και τα έργα τους ήταν ενεργά στον ευρωπαϊκό χώρο μέχρι και το τέλος του 16ου αιώνας.

Ο Jabir Ibn-Hayyan (760-815) γνωστός στη Δύση αργότερα με το εκλατινισμένο όνομα Geber, έζησε την εποχή του μεγάλου χαλίφη Haround-Al-Raschid, όταν η Αραβική αυτοκρατορία βρισκόταν στο ζενίθ της δόξης της. Στον Jabir αποδίδεται ένας τεράστιος αριθμός εργασιών, 2000, που αφορούν αλχημεία, αστρολογία, κοσμολογία, θρησκεία και μυστικισμό. Λόγω του πλήθους των εργασιών αυτών είναι σχεδόν σίγουρο ότι δεν είναι δυνατή η συγγραφή τους μόνο κατά τη διάρκεια του 9ου αιώνας ούτε από έναν συγγραφέα¹⁴. Οι βασικές ιδέες του Jabir Corpus ακολουθούν τη γραμμή των Ελλήνων αλχημιστών της Αλεξανδρείας η οποία καταλήγει στον Αριστοτέλη. Η αρχή της ύλης κατά Jabir θεμελιώνεται σύμφωνα με τις τέσσερις αυτές ποιότητες τελείως υλιστικά. Πιστεύουν ότι μπορούν να διαχωρίσουν τα τέσσερα στοιχεία και με κατάλληλες μειξεις να συνθέσουν οποιοδήποτε άλλο υλιστικό σώμα. Το πρωτεύον καθήκον του αλχημιστή είναι να χωρίση τα καθαρά στοιχεία και να βρη τις σωστές τους αναλογίες που υπεισέρχονται στα διάφορα σώματα (ορθή τοποθέτησις με το πρίσμα της νεωτέρας Χημείας). Στον Jabir αποδίδεται η παρασκευή αμμωνιακών αλάτων (NH_4Cl και $(NH_4)_2CO_3$), παρασκευή σχετικώς πυκνού οξεικού οξέος (διάλυμα CH_3COOH) από απόσταξη όξους, καθώς και η παρασκευή νιτρικού οξέος (διάλυμα HNO_3).

Ο δεύτερος μεγάλος Μουσουλμάνος αλχημιστής ανήκει στον 10ο αιώνα και είναι ο Abu Bakr Mahammad Ibn Zakariya Al-Razi (860-925), γνωστός με το λατινικό όνομα Rhazes. Υπήρξε ένας από τους μεγαλύτερους των γιατρών της εποχής, αλλά ασχολήθηκε πολύ και με τη χημεία-αλχημεία. Έγραψε αρκετά βιβλία αλχημείας με γνωστότερο το «βιβλίο με τα μυστικά των μυστικών», που παρόλο τον απόκρυφο τίτλο του περιέχει τεχνικές συνταγές γραμμένες με αουνήσιση διαύγεια. Αν και αυτός πίστευε στην ιδέα της μεταστοιχειώσεως, είτανε καταρχάς πρακτικός χημικός. Στα βιβλία του κατατάσσει τις διάφορες ουσίες πολύ προσεκτικά και με τρόπο που μοιάζει πολύ με εκείνον του Jabir: πτητικά υγρά («πνεύματα»), μεταλλικά σώματα, λίθους, βιτριόλια, βόρακες και αλάτια, δίνει δε και μεθόδους για την παρασκευή τους. Η λέξη «άλκαλι» η οποία ακόμη χρησιμοποιείται, εμφανίζεται για πρώτη φορά στις συνταγές του Al-Raji (Al-Quili).

Τα έργα των Jabir και Al-Raji διακρίνονται γενικώς για τη σαφήνεια τους και ότι είναι απαλλαγμένα αλληγοριών και μυστικισμών. Είναι φυσικό ότι ήσαν περισσότερο ελκυστικά σε αλχημιστές με πρακτικές κατευθύνσεις και αναμφίβολα επηρέασαν πολύ τους μετέπειτα Άραβες αλχημιστάς και τους χημικούς της Δύσεως. Και οι δύο πίστευαν στο πραγματοποιήσιμο της μεταστοιχειώσεως, χωρίς όμως το δόγμα αυτό να κατέχει κεντρική θέση στις όποιες «θεωρητικές» τους απόψεις.

Ο τελευταίος μεγάλος αλχημιστής του Islam ήταν ο Πέρσης Abu Ali Al-Husain Ibn Abdallah Ibn Sina (980-1037),

γνωστός περισσότερο στη Δύση με το όνομα Avicenna. Υπήρξε ίσως ο μεγαλύτερος των γιατρών του Islam και από τους ελάχιστους που δεν πίστευαν στη μεταστοιχείωση¹⁶. Σε ηλικία δεκαοκτώ ετών θεωρείται φτασμένος γιατρός η τεράστια δε φιλοσοφική του γνώση διαφαίνεται στις πολλές «εγκυκλοπαιδείες» και στο μεγάλο αριθμό διατριβών που έγραψε. Η πλέον γνωστή από τις μεγάλες του εγκυκλοπαιδείες είναι η Kitab Ash-Shifa (η «επαναφορά» δηλαδή της ψυχής από το σφάλμα ή «βιβλίο της θεραπείας»), γνωστή με το λατινικό όνομα Sufficentia. Σε αυτή επεξεργάζεται τη λογική (εννέα βιβλία), τις φυσικές επιστήμες της ψυχολογίας συμπεριλαμβανομένης (οκτώ βιβλία), και τη μεταφυσική. Η λογική, ψυχολογία και η φυσική μεταφράστηκαν στα λατινικά το 12ο αιώνα, καθώς και μέρη από τη μεταφυσική στα μέσα του 15ου αιώνα. Εκδόσεις ατελών μεταφράσεων εκτυπώθηκαν στα 1495 και 1508. Η Ash-Shifa καθώς και κάποιο Resumé με τον τίτλο Al-Najat (η Σωτηρία) δουλεύτηκαν από το συγγραφέα στο Isfahan και εκεί συνέθεσε επίσης την τελευταία από τις πιο εντυπωσιακές δουλειές του, η οποία σώζεται ολόκληρη, την Isharat Wa-Tanbihat (Αποδείξεις και Διαβεβαιώσεις). Το πιο διάσημο ιατρικό έργο του Avicenna είναι το Al-Qanum Fi' L-Tibb (Κανόνες Ιατρικής), μια συστηματική ιατρική εγκυκλοπαίδεια βασισμένη στο μεγαλύτερο μέρος της στα επιτεύγματα των Ελλήνων κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής εποχής, εργασίες άλλων Αράβων και στις προσωπικές του εμπειρίες. Οι Κανόνες Ιατρικής δεν ήταν δημοφιλείς μόνο στον κόσμο του Islam, αλλά μελετήθηκαν έντονα στα Ευρωπαϊκά Πανεπιστήμια επί αιώνες. Μια μετάφραση του 12ου αιώνα από τον G. Cremona ανατυπώθηκε 15 φορές πριν το 1500, ακολούθησε καινούργια μετάφραση το 1527 και άλλες ανατυπώσεις της τελευταίας μεταφράσεως¹⁷.

Στα οκτώ βιβλία της εγκυκλοπαιδείας Kitab Al-Shifa οι οποίες αφορούν τις φυσικές επιστήμες και την ψυχολογία, ο Avicenna, συζητά το σχηματισμό των ορυκτών τα οποία κατατάσσει σε λίθους, τετηγμένες ουσίες, θειάφια και άλατα. Ο υδράργυρος κατατάσσεται στις τετηγμένες ουσίες, διότι κατά τον Avicenna «είναι απαραίτητο συστατικό των ελατών σωμάτων ή τουλάχιστον μοιάζει με αυτά». Οι ιδέες του είναι στη βάση τους Αριστοτελικές με διαφοροποιήσεις που πιθανόν τις πήρε από το Jabir Corpus. Η διαύγεια των ιδεών του Avicenna, γενικώς και ειδικώς, όσον αφορά τις αλχημικές μεταστοιχειώσεις φαίνεται από το εξής απόσπασμα, λέει: «όσον αφορά τους ισχυρισμούς των αλχημιστών, πρέπει να κατανοηθεί καλά ότι δεν είναι στο χέρι τους να κάνουν πραγματικές αλλαγές στα διάφορα είδη ουσιών. Μπορούν όμως να παράγουν εξαιρετικές απομιμήσεις βάφοντας το κόκκινο μέταλλο (χαλκό) λευκό έτσι ώστε να μοιάζει με ασήμι, ή βάφοντάς το κίτρινο ώστε να μοιάζει με χρυσό. Μπορούν επίσης να βάψουν το λευκό μέταλλο (σίδηρο) με οποιοδήποτε χρώμα θέλουν ούτως ώστε να μοιάζει με χρυσό ή χαλκό· έχουν την ικανότητα ακόμη να καθαρίζουν μολύβια από τις διάφορες πρόσμιξεις. Αλλάστα βαμμένα αυτά μέταλλα η φύση τους παραμένει αμετάβλητος»¹⁸.

Ο Avicenna είναι ο τελευταίος των μεγάλων αλχημιστών. Μετά από αυτόν επανερχόμαστε στο μυστικισμό και στη θρησκοληψία. Η σκυτάλη της αλχημείας περνά στην Εσπερία. Οι Άραβες αλχημιστές υπήρξαν οι φορείς της Ελληνικής σκέψης για μισή χιλιεπταετία κατά τη διάρκεια της οποίας η Δύση δεν ήταν έτοιμη να τη δεχθεί. Από την πρακτική πλευρά της χημείας ανακάλυψαν τα αμμωνιακά άλατα, παρασκεύασαν διάφορα αλκάλια, διαλύματα οξέων,

αναγνώρισαν ορισμένες ουσίες του ζωικού κόσμου και εφάρμοσαν σε μεγάλη κλίμακα καταστρεπτικές αποστάξεις με σκοπό τη διάσπαση των ουσιών αυτών στα συστατικά τους. Η αλχημεία συνεχίζεται στην Ευρώπη για πολλά χρόνια ακόμη, αντιγράφοντας τα Μουσουλμανικά έγγραφα και ανακαλύπτοντας μέσα από αυτά τις δοξασίες των Αρχαίων Ελλήνων και Αλεξανδρινών αλχημιστών. Η πρακτική-παρασκευαστική χημεία γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη: παρασκευάζονται, αλκοόλη, ισχυρά οξέα όπως νιτρικό οξύ, υδροχλωρικό οξύ (HCl), aqua regia (3HCl:1HNO₃) σε κλίμακα σχεδόν βιομηχανική. Η παρασκευή ισχυρών οξέων δίνει τη δυνατότητα διαλύσεως των μετάλλων και την παρασκευή αλάτων. Η παρασκευή του νιτρου (KNO₃) οδηγεί στην ανακάλυψη της πυριπίδας (μείγμα C, S και KNO₃) που δημιουργεί ένα είδος επαναστάσεως στην τεχνική του πολέμου, η οποία με τη σειρά της προωθεί την ίδρυση βιοτεχνιών-βιομηχανιών. Οι άνθρωποι συναθροίζονται στις πόλεις και αρχίζει κάποια εξασθένηση του φεουδαλικού συστήματος και αιτία κοινωνικών αλλαγών.

Παρόλη όμως τη μεγάλη ανάπτυξη της πρακτικής χημείας δεν υπάρχει θεωρία, πρότυπο, «μοντέλο» που να οδηγεί και να προβλέπη. Οι πρακτικοί χημικοί αδιαφορούν για τη θεωρία, η λέξη δεν έχει νόημα γι' αυτούς. Σιωπηρά αποδέχονται τη γενική θεωρία των τεσσάρων στοιχείων του Αριστοτέλη με τις διάφορες παραλλαγές των Μουσουλμανικών αλχημιστών. Αν και πολλοί από τους αλχημιστές της εποχής θα μπορούσαν να ονομαστούν «επιστήμονες», αυτό που ασκούν σαφώς δεν είναι επιστήμη. Η γνώση δεν προάγεται συστηματικώς και αυτό διότι δεν υπάρχει «παράδειγμα»²⁶ υπαγορεύσεως ορισμένων αρχών ή προβλέψεως αποτελεσμάτων, τα οποία να μπορούν να επαληθευθούν ή διαψευσθούν και αυτό με τη σειρά του να οδηγήσει στην επανεξέταση του μοντέλου, τη διόρθωσή του ή την απόρριψή του και την προώθηση νέου. Όλα γίνονται τυχαίως, πράξη ή πείραμα όπως θα λέγαμε, σήμερα χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο **δεν οδηγεί πουθενά**. Τα δύο αυτά είναι άρρηκτα συνδεδεμένα έτσι που η αποκοπή του ενός από το άλλο οδηγεί σε πλήρες αδιέξοδο για την πρόοδο της σκέψης¹⁹.

Αν και η αλχημική ιδεολογία συνεχίζεται μέχρι και το τέλος του 18ου αιώνα μπορεί να ειπωθεί ότι, τυπικώς τουλάχιστον, από το 1600 και πέρα και με την εμφάνιση του Boyle αρχίζουν να εκφράζονται πιο συνεπείς απόψεις και να γίνονται πειράματα για την επαλήθευσή τους. Αυτό είναι και η αρχή του τέλους της αλχημείας, μιάς μεταβατικής καταστάσεως που κράτησε περίπου 150 χρόνια, όσο σχεδόν και η θεωρία του φλογιστού. Για τον ιστορικό της χημείας η περίοδος των 2000 ετών της αλχημείας αποτελεί ίσως χρυσορυχείο γεγονότων, ιδεών, κοινωνικών αλλαγών και αντιλήψεων. Για την προσφορά της όμως στην ανάπτυξη της συστηματικής σκέψης στο χημικό χώρο και γενικότερα στο χώρο των φυσικών επιστημών το μόνο που μπορεί να λεχθεί με βεβαιότητα είναι, ότι ήταν μια τεραστία χρονική περίοδος επώσεως μέσα από την οποία το πέρασμα ήταν αναπόφευκτο. Δεν είναι βέβαια καθόλου τυχαίο ότι η μεταβολή της αλχημείας προς τη χημεία αρχίζει στο τέλος του 16ου αιώνα. Είναι η χρονική περίοδος των ανακατατάξεων στην επιστημονική σκέψη, ή αυτό που μέχρι τότε λεγότανε επιστημονική σκέψη. Εμφανίζονται διανοητές όπως ο Galileo Galilei (1564-1642) και ο Isaac Newton (1642-1727). Του τελευταίου το βιβλίο Principia Mathematica το οποίο εκδόθηκε το 1687, απετέλεσε το ορόσημο για μια νέα εποχή στη φυσική και στη μεθοδολογία της επιστημονικής σκέψης. Αν οι ασχολούμενοι με τη χημεία δεν ακολουθή-

σαν αμέσως τις καινούργιες ιδέες, αυτό οφείλεται κυρίως στην τεράστια πολυπλοκότητα των χημικών συστημάτων, κάτι που δεν έπαψε να ισχύει.

Οι χημικοί προοδεύουν όμως με τη γνωριμία των Ελλήνων ατομικών. Οι Δημοκρατικές αντιλήψεις φιλτραρισμένες από τον Επίκουρο γίνονται ευρέως γνωστές από το ποίημα του Lucretius, "De Rerum Natura" το οποίο εκδόθηκε για πρώτη φορά το έτος 1473²⁰ (vide supra). Επανερχεται έτσι η από καιρού ξεχασμένη ιδέα του κενού εντός του οποίου κινούνται τα ελαχιστότατα (partons!) σωματίδια των ουσιών, τα άτομα και αρχίζει μια «μηχανιστική φιλοσοφία», που αλλάζει θεμελιακά τις απόψεις των χημικών-φυσικών.

Μετά τους αλχημιστές. Θεωρία του φλογιστού

Ο Pierre Gassendi (1592-1655) φανατικός Επικούρειος δέχθηκε κατ' αρχάς την ιδέα του κενού βασιζόμενος στην πειραματική δουλειά (και αυτό είναι το σημαντικό) του Evangelista Torricelli (1608-1647), εφευρέτη του βαρομέτρου (1643). Προσπάθησε να εξηγήσει τις ιδιότητες της ύλης αποδίδοντας διάφορα σχήματα και μεγέθη στα «άτομα». Έτσι, η θερμότης οφείλεται σε σφαιρικά άτομα, το ψυχός σε πυραμιδικά με διαπεραστικές κορυφές, τα στερεά συγκρατούνται με μικρά ελατήρια, κλπ. Θυμίζει λίγο τη θεωρία του Πλάτωνος.

Ο Rene Descartes (1596-1650) δεν πιστεύει ούτε στο κενό ούτε στα άτομα αλλά σε απείρως διαιρετή ύλη²¹. Δεν πρόκειται να αναπτύξω εδώ τις απόψεις του, εκτός του ότι εισήγαγε την ιδέα του «αιθέρα» ως ρευστού σχεδόν μηδενικού ιξώδους, που βρίσκεται όμως παντού (άρνηση του κενού) και το οποίο τόσο προβλημάτισε τους φυσικούς του 19ου αιώνας. Εκείνο το οποίο έχει σημασία είναι ότι ο σκοπός των φυσικών-φιλοσόφων της εποχής, είναι η προσπάθεια ερμηνείας της δομής της ύλης βάσει κάποιας ρασιοναλιστικής-μηχανιστικής φιλοσοφίας και η απαλλαγή της από μυστηριακές δυνάμεις, μαγείες και μυστικισμούς. Ένας από τους μεγαλύτερους οπαδούς της κινήσεως αυτής είναι κι ο Ιρλανδός Robert Boyle (1627-1691) υπεύθυνος για τη μετατροπή του όρου αλχημεία σε χημεία.

Στο βιβλίο του που εκδόθηκε το 1661, "The Sceptical Chymist"²² το συνθετικό αΙ δεν υπάρχει. Ο Boyle ήταν «σκεπτικός» διότι δεν ήθελε να δεχθή a priori τα συμπεράσματα των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων, προϊόντων καθαρής διανοήσεως. Γίνεται εισηγητής του **σχεδιασμένου πειράματος** απαραίτητο για την επιβεβαίωση ή απόρριψη των θεωριών. Παραδέχεται την ιδέα του κενού καθώς και τη σωματιδιακή θεωρία. Χρησιμοποιώντας τη νεοανακαλυφθείσα αντλία γέρος του Otto van Guericke (1602-1680) για την παραγωγή κενού, μελετά τις ιδιότητες του αέρος και δημοσιεύει το 1622 τη σχέση μεταξύ πίεσεως και όγκου, $p \cdot V = \text{σταθερό}$ (Νόμος Boyle). Δεν είναι σίγουρο αν ο Boyle είχε αντιληφθεί ότι για να ισχύει η προηγούμενη αντίστροφη σχέση μεταξύ πίεσεως και όγκου η θερμοκρασία πρέπει να τηρείται σταθερά, ίσως όμως το θεώρησε αυτονόητο.

Ο Boyle γνώριζε τις θεωρίες των Gassendi και Descartes. Οι δικιές του απόψεις συνοψίζονται εις το ότι τα στοιχεία της ύλης αποτελούνται από μικρά, στερεά, φυσικά αδιαίρετα σωματίδια, που συσσωματώνονται σε μεγαλύτερες μονάδες σε διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Το σχήμα και το μέγεθος των μονάδων αυτών που τελικώς (κατά Boyle) είναι και οι μονάδες δομήσεως της ύλης, έχουν μεγάλη σημασία. Σημασία όμως έχει και η κατάσταση κινήσεως στην οποία βρίσκονται. Αλλαγή κινήσεως σημαίνει αλλαγή ιδιοτήτων. Το πρότυπό του συνδυάζει ύλη και κίνηση

σε μια προσπάθεια απαλλαγής από μυστικισμούς και εξηγήσεως των φυσικών φαινομένων και των χημικών αντιδράσεων με μηχανιστικό τρόπο. Οι απόψεις του Boyle εκτίθενται πλήρως στο βιβλίο του, "The Origin of Forms and qualities" (1966). Απομόνωσε το στοιχείο «φωσφόρος» βασιζόμενος στις υποδείξεις του Bregna²³ και το χρησιμοποίησε στις μελέτες του στη χημεία του αέρος. Εξερεύνησε τις ιδιότητες οξέων και βάσεων και εισήγαγε τους δείκτες, καθώς και τις δοκιμές ποιοτικής ανάλυσεως. Μελέτησε την επίδραση της θερμοκρασίας στα μέταλλα: Σφράγισε διάφορα μέταλλα εντός υαλίνων φιαλών τις θέρμανε ισχυρώς ώσπου το μέταλλο να μετατραπεί στο αντίστοιχό του οξειδίο. Την αύξηση του βάρους του οξειδίου απέδωσε στα «σωματίδια της φωπής» τα οποία διαπερνώντας το γυάλινο τοίχωμα της φιάλης ενώνονται με το μέταλλο. Η ορθή εξήγηση του βάρους των μετάλλων κατά τη μετατροπή τους σε οξειδία δόθηκε αργότερα από τον Lavoisier. Εκείνο όμως που έχει ιδιαίτερη σημασία εδώ είναι το συστηματικό πείραμα και η ζύγισις πριν και μετά από τη θέρμανση. Αξιολογώντας δε την άποψη ότι η «φωπία αποτελείται από σωματίδια που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα», διαπιστώσαμε ότι δεν απέχει και πολύ από τις σημερινές διατυπώσεις. Δεν πρέπει να ξεχνάμε όμως, ότι οι έννοιες που αποδίδονται σήμερα χρησιμοποιώντας τις ίδιες λέξεις και φράσεις πού χρησιμοποιούντο, π.χ. 300 χρόνια νωρίτερα, έχουν διαφορετικό νοητικό περιεχόμενο, διότι είναι φορτωμένες με τα νοήματα του προτύπου μέσα από το οποίο παράγονται.

Η συνεισφορά του Boyle στην εν γένει ανάπτυξη της χημείας είναι πραγματικώς μεγάλη, ο ίδιος δε αποτελεί τυπικό παράδειγμα της μεταβατικής καταστάσεως από την αλχημεία στη χημεία. Πίστευε στη μεταστοιχείωση και ενδιέφερετο για τη μετατροπή των μετάλλων σε χρυσό ακριβώς για να αποδείξει τη σωματιδιακή θεωρία του και όχι για αλχημικούς σκοπούς²⁴. Μπορεί να θεωρηθή τυπικώς τουλάχιστον ο τελευταίος αλχημιστής και συγχρόνως ο πρώτος χημικός και φυσικοχημικός. Ένα άλλο σημαντικό γεγονός συμβαίνει εκείνη την εποχή. Οι ερευνητές οργανώνονται σε ομάδες για να συζητήσουν τα κοινά τους προβλήματα. Αυτό στην αρχή βεβαίως σήμαινε απλές συναντήσεις στα σπίτια των ενδιαφερομένων επιστημόνων. Από τις ομάδες αυτές σχηματίζονται τελικώς δύο επίσημες οργανώσεις που υπάρχουν και σήμερα. Η Royal Society στο Λονδίνο το 1662 και η Academie de Sciences στο Παρίσι το 1666. Η συνεργασία μεταξύ των ιδρυμάτων άρχισε σχεδόν αμέσως και επιστημονικές όλων των κλάδων συναντώνται περιοδικά πλέον για να συζητήσουν τις απόψεις τους και να δημοσιεύσουν τα αποτελέσματά τους. Αρχίζει ήδη να έχει σημασία η ταχύτης δημοσιεύσεως αποτελεσμάτων και θεωριών.

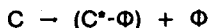
Αν και η αποδοχή των ατομικών θεωριών δημιούργησε κάποιο καινούργιο ρεύμα στις θεωρητικές απόψεις της χημείας και η θεωρία του Boyle για τη φύση της φωπίας γίνεται αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα και το πείραμα ως επιστημονική μέθοδος αποδείξεως ή απορριψεως μιας θεωρίας θεωρείται θεμιτό μέσο, οι ιδέες στη χημεία εξακολουθούν να είναι νεφελώδεις. Οι θεωρίες του Isaac Newton, τόσο ικανοποιητικές για τους φυσικούς οι οποίες φαντάζονται ένα κόσμο σαν ρολόι δεν μπορούν να εφαρμοσθούν στα τόσο πολύπλοκα χημικά συστήματα. Οι χημικοί βρίσκονται πάλι χωρίς ουσιαστικό πρότυπο σκέψεως. Η σωτηρία έρχεται από το Γερμανό γιατρό Ernst Stahl (1660-1734) με τη θεωρία του **φλογιστού**. Ο Stahl ήταν μαθητής του επίσης γερμανού Joachim Becher (1635-1682), ανθρώπου με τελειώς μυστικιστικές ιδέες αλλά με

ενδιαφέρον στις οργανωτικές ενώσεις. Η «εξήγηση» της καύσεως από τον Stahl περιέχεται στην ιδέα της θεωρίας του φλογιστού η οποία κράτησε μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνας. Το ενδιαφέρον για τη φωτιά δεν είναι περιεργό: Η ιδιότης της φωτιάς να διαφοροποιή την ύλη είχε ανέκαθεν προκαλέσει την προσοχή και η κατανόησή της εθεωρείτο θεμελιακή. Αν αντικαταστήσουμε τη λέξη φωτιά με την αντίστοιχη της ενέργεια, βλέπουμε ότι ένα τέτοιο ενδιαφέρον είναι ίσως δικαιολογημένο.

Σε αδρές γραμμές η θεωρία του φλογιστού συνίσταται στα εξής: Τα αντικείμενα που έχουν τη δυνατότητα να καούν είναι πλούσια σε φλογιστό (στοιχείο με ακαθόριστες ιδιότητες) και η καύση δεν ήταν παρά η απαλλοτρία του αντικειμένου καύσεως από το φλογιστό. Ο αέρας θεωρείτο έμμεσα απαραίτητος ως μέσον μεταφοράς και διασποράς του φλογιστού (η αναγκαιότης του αέρος ήταν γνωστή από τα πειράματα του Boyle, ο οποίος προσπάθησε ανεπιτυχώς να καύση θείο στο κενό). Αυτό που έμενε μετά την καύση δεν περιείχε φλογιστό δηλαδή δεν μπορούσε να καή, έτσι το ξύλο ήταν πλούσιο σε φλογιστό, οι στάχτες όχι. Το ίδιο με την οξειδωση των μετάλλων, που για τον Stahl ήταν τελειώς ανάλογη διαδικασία. Κατά την μετατροπή του μετάλλου σε saix (οξειδίων) το μέταλλο έχανε το φλογιστό το οποίο περιείχε, δίχως το αντίστοιχο οξείδιο να περιέχει το φλογιστό. Η μετατροπή των ορυκτών οξειδίων σε μέταλλα με θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία με άνθρακα, μέθοδος γνωστή από πολύ παλιά, εξηγείται απλά και κομψά με τη θεωρία του φλογιστού. Το φτωχό σε φλογιστόν ορυκτό θερμαίνεται με τον πλούσιο σε φλογιστόν άνθρακα. Το τελευταίο περνάει από τον άνθρακα στο ορυκτό (με τη βοήθεια του αέρος), έτσι ο πλούσιος σε φλογιστόν άνθρακας μετατρέπεται σε φτωχό σε φλογιστόν στάχτη ενώ συγχρόνως το φτωχό σε φλογιστόν ορυκτό μετατρέπεται σε πλούσιο σε φλογιστό μέταλλο. Το φλογιστόν, που μεταφέρεται στον αέρα από τις διάφορες καύσεις, απορροφάται από τα φυτά από τα οποία παίρνουμε και τα ζώα. Παρατηρούμε ότι φλογιστόν δεν χάνεται, απλώς μεταφέρεται από μία ένωση στην άλλη, ή στον αέρα και μέσω των φυτών και ζώων δημιουργούνται πάλι ενώσεις πλούσιες σε φλογιστό, όπως ο άνθραξ.

Η θεωρία του φλογιστού είναι σε ένα προς ένα αντιστοιχία (ισομορφισμό) με τη θεωρία οξειδώσεως και αναγωγής. Εκεί που τώρα θεωρούμε ότι **ενώνεται** οξυγόνο, κατά τον Stahl αποδίδεται φλογιστόν και αντιστρόφως. Αν «αντιστοιχήσουμε» το στοιχείο οξυγόνο (O) με φλογιστό (Φ) έχουμε, π.χ. στην αντίδραση καύσεως του άνθρακος (C)

άνθραξ → προϊόντα καύσεως + φλογιστόν
ή συμβολικώς



όπου (C* - Φ) συμβολίζει το χημικό αποτέλεσμα της αποσπάσεως του φλογιστού από τον άνθρακα. Η με μοντέρνα σύμβολα:



Από τις αντιδράσεις βλέπουμε ότι το στοιχείο οξυγόνο είναι αντίστοιχον με «μείον φλογιστόν», O -Φ.

Η θεμελιακή ιδέα στη θεωρία του φλογιστού είναι ότι «κάτι μεταφέρεται», εδώ το Φ, με τις σημερινές αντιλήψεις στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής ηλεκτρόνια και γενικότερα κάθε αλληλεπίδρασης μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα μεταφοράς ορμής. Το φλογιστόν είναι η πρώτη θεωρία η οποία ενοποιεί τις αντιλήψεις της χημείας. Είναι το πρώτο μοντέλο μετά τα μοντέλα των αρχαίων Ελλήνων και αποτελεί σταθμό για την εξέλιξη των ιδεών στη χημεία^{25, 26}. Εξηγεί

θαυμάσια το κάψιμο των οργανικών ενώσεων: Κάτι απομακρύνεται, το φλογιστόν, αυτό δε που μένει είναι ελαφρότερο και απλούστερο (συνήθως). Και πράγματι, οι στάχτες είναι πάντοτε ελαφρότερες από τα ξύλα ή κάρβουνα, τα οποία εκαίγοντο (μια παμπάλαια παρατήρησης).

Αλλά τα οξείδια των μετάλλων είναι βαρύτερα των αντιστοιχών μετάλλων. Είναι ασυμβίβαστο «κάτι να φεύγει από το μέταλλο» (Φ) και αυτό που μένει να είναι βαρύτερο. Αυτό ελάχιστα επηρέασε τον Stahl και τους πρώτους οπαδούς της θεωρίας (ίσως δεν ήταν και σίγουροι, η **συστηματική** ζύγιστος εισάγεται από τον Lavoisier). **Αναμφίβολα** οι στάχτες είναι ελαφρότερες των ξύλων κλπ. τότε: τότε ίσως υπάρχουν δύο είδη φλογιστόν, ένα με θετικό βάρος το οποίο εδρεύει στις οργανικές ενώσεις και ένα με αρνητικό βάρος, το οποίο εδρεύει στις ανόργανες. Μπορούμε να τους δώσουμε και σύμβολα Φ⁺ και Φ⁻ για φλογιστό με θετικό και αρνητικό βάρος αντιστοίχως. Η θεωρία πλέον είναι πλήρης, δεν υπάρχει ασυνέπεια και καλύπτει τους σκοπούς για τους οποίους δημιουργήθηκε. Οι «εξηγήσεις» της όμως αρχίζουν να γίνονται ad hoc και όταν αρχίσει να συμβαίνει κάτι τέτοιο το πρότυπο βρίσκεται σε περίοδο κρίσεως, είναι σχεδόν σίγουρο ότι έχει παρακμάσει και ότι κάτι πορεία που βεβαίως εξακολουθή να συμβαίνει και σήμερα με τις διάφορες θεωρίες. Αυτό έγινε και με το φλογιστόν που δέχθηκε το τελικό χτύπημα από τον Lavoisier.

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η θεωρία του φλογιστού ήταν λογικώς θεμελιωμένη και βασισμένη στις πιο συνηθισμένες εμπειρίες, όπως οι καύσεις των οργανικών υλών. Και στις δύο περιπτώσεις καύσεως, οργανικών ή ανοργάνων υλών είναι προφανές (τώρα) ότι τα τελικά προϊόντα είναι βαρύτερα από την ύλη που καίεται. Η διαφορά είναι, ότι στις οργανικές καύσεις τα προϊόντα καύσεως είναι κυρίως αέριο (CO₂, CO, H₂O,...) που ο Stahl δεν έλαβε ποτέ υπόψιν του, κάτι πολύ φυσικό με τα μέσα της εποχής αλλά και με τις τότε αντιλήψεις για το ρόλο των αερίων. Αν ο Stahl θεωρούσε και τα αέρια καύσεως, έβρισκε δηλαδή ότι τα συνολικά προϊόντα της καύσεως ήταν πάντοτε βαρύτερα των αρχικών ουσιών, δεν είχε παρά να ακολουθήσει μια αντιστροφή πορεία που θα είχε ίσως προηγηθεί του Lavoisier κατά ένα περίπου αιώνα.

Antoine Laurent Lavoisier

Τον 18ο αιώνα βελτιώνονται πολύ τα επιστημονικά όργανα, ανακαλύπτονται πλήθος χημικών ενώσεων και προπαντός αερίων και γίνεται αντιληπτή η σπουδαιότης των τελευταίων στις χημικές αντιδράσεις. Αναφέρω ενδεικτικώς ορισμένα από τα επιτεύγματα της εποχής²⁷: ανακαλύπτονται τα στοιχεία κοβάλτιο (Co, 1735), βισμούθιο (Bi, 1757), λευκόχρυσος (Pt, 1740-41), ψευδάργυρος (Zn, 1746), νικέλιο (Ni, 1754), μαγγάνιο (Mn, 1774), τελούριο (Te, 1782), βολφράμιο (W, 1785) και χρώμιο (Cr, 1798). Ο Γάλλος G.F. Rouelle (1703-1770) ένας από τους δασκάλους του Lavoisier ξεκαθαρίζει την έννοια του άλατος. Ο J. Black (1728-1799) ανακαλύπτει ότι το διοξείδιο του άνθρακος (CO₂) μπορεί και αντιδρά με το υδροξείδιο του ασβεστίου (Ca(OH)₂) σχηματίζοντας σκληρό υλικό (CaCO₃). Ο Σουηδός φαρμακοποιός W. Scheele (1742-1786) και ο Βρετανός Priestley (1733-1804) ανακαλύπτουν, ανεξαρτητως ο ένας από τον άλλο, το αέριο στοιχείο οξυγόνο (O₂).

Παρόλο τον καταγισμό των ανακαλύψεων και της πειραματικής δουλειάς οι θεωρητικές εξηγήσεις εξακολουθούν να βασίζονται στο φλογιστόν. Ο Cavendish όταν ανακάλυψε

το υδρογόνο και μελέτησε τις ιδιότητές του, επειδή ήταν πολύ εύλεκτο, υπέθεσε ότι ανακάλυψε το καθαρό φλογιστόν (παρόλο που η θεωρία του Stahl απαγόρευε την απομόνωσή του²⁹) και δεν επέισθη ποτέ για την ασυνέπεια των απόψεών του. Ο Priestley επίσης ήταν φανατικός οπαδός της θεωρίας του φλογιστού και παρέμεινε ακλόνητος μέχρι το τέλος της ζωής του, όταν πλέον οι απόψεις του Lavoisier είχαν εκτοπίσει τη θεωρία του φλογιστού. Στα τελευταία χρόνια της ζωής του άρχισε να λέει ότι ίσως το μέλλον δείξει ότι έσφαλε. Έχουμε εδώ ένα κλασικό παράδειγμα ανθρώπου όπως ο Priestley, ευφυέστατου, φοβερά επιδέξιου πειραματικού χημικού, ήπιου στις έξω επιστημονικές του εκδηλώσεις αλλά που δεν **αλλάζει** δεν εννοεί να απαρνηθεί τις ιδέες με τις οποίες έμαθε να σκέπτεται. Ο θεωρητικός φυσικός F.J. Dyson έχει πει ότι «ο λόγος που νέες ιδέες σε οποιοδήποτε τομέα των φυσικών επιστημών είναι τόσο δύσκολο να ασπασθούν από την επιστημονική κοινότητα είναι ότι οι επιστήμονες προσπαθούν να καταλάβουν τις καινούργιες απόψεις διαμέσου αυτών οι οποίες προϋπήρχαν»²⁹.

Η θεωρία του φλογιστού ήταν πλέον αδύνατον να ενσωματώσει τα καινούργια πειραματικά αποτελέσματα της χημείας. Ήταν αδύνατο να εξηγήσει πράγματα για τα οποία δεν φτιάχτηκε από την αρχή να εξηγήσει. Ο κάθε ερευνητής έπλαθε τη θεωρία του Stahl με τον δικό του ad hoc τρόπο και η σύγχυση στη χημεία άρχισε να παίρνει επικίνδυνες διαστάσεις. Ήταν ο Γάλλος Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) ο οποίος διέλυσε την (επερχομένη) σύγχυση και τοποθέτησε τη χημεία στις μοντέρνες της βάσεις (Οι εργασίες του Lavoisier έχουν συλλεχθεί και σχολιασθεί από τους Dunstan και Klickstein³⁰. Κριτική θεώρηση επί του βιβλιογραφικού υλικού για τον Lavoisier δίνονται από τον Guerlac³¹. Επίσης για τη ζωή και το έργο του Lavoisier βλ. παραπομπή 32).

Ο Lavoisier είχε την τύχη (ή ατυχία;) να γεννηθεί πλούσιος. Κληρονόμος από τον πατέρα του, δικηγόρο και μέλος του Κοινοβουλίου των Παρισίων, σε ηλικία 23 ετών την κολοσσιαία περιουσία των 300,000 λιβρών (ας ληφθεί υπόψη ότι το ημερομίσθιο του Γάλλου εργάτη την εποχή της Γαλλικής Επανάστασης ήταν κάποιο κλάσμα της λίβρας³²). Η αναμφισβήτητη ικανότητά του στα οικονομικά και ένας πλούσιος γάμος, τον έκαναν ένα από τους πησιώτερους ανθρώπους της εποχής εκείνης στη Γαλλία. Η χρηματική του ευχέρεια του έδωσε τη δυνατότητα να διατηρή ένα εκπληκτικής τεχνολογίας για την εποχή φυσικοχημικό εργαστήριο. Ο τρόπος διεξαγωγής των ερευνών του δείχνει φοβερή νοητική διαύγεια και μεθοδικότητα. Από πολύ νωρίς είχε αντιληφθεί τη σημασία της ακριβούς ζυγίσεως στην κατανόηση θεμελιακών νόμων. Αν και οι έρευνές του αφορούσαν κυρίως τη χημεία η μεθοδολογία με την οποία πλησίαζε τα προβλήματα ήταν εκείνης φυσικού-μαθηματικού.

Νέος ο Lavoisier έκανε μια εμπειριστατωμένη μελέτη για το φωτιστικό πρόβλημα του Παρισιού. Του δόθηκε η ευκαιρία να έλθει σε επαφή με τα προβλήματα της καύσεως των ουσιών και το 1772 αρχίζει σειρά μελετών καύσεων και οξειδώσεων (calcination) οι οποίες τον οδήγησαν απευθείας στις απόψεις του και που απέτελεσαν το βάθρο της νεωτέρας χημείας. Αφού κάνει πειράματα καύσεως με διαμάντια για να δείξει ότι μπορούν να καούν στον αέρα, αρχίζει πειράματα καύσεως με θειάφι και φωσφόρο. Το 1772 αναγγέλλει στην Ακαδημία των Επιστημών ότι η καύσις των ουσιών αυτών οδηγεί τελικώς στο «οξύ του φωσφόρου»

(φωσφορικό οξύ, H_3PO_4) και του βιτριολίου (θειικό οξύ, H_2SO_4). Αντιλαμβάνεται ότι η οξειδωσις των μετάλλων είναι φαινόμενο ανάλογο με το κάψιμο του φωσφόρου και θείου και ότι ο αέρας λαμβάνει **ενεργό** μέρος στη μετατροπή των μετάλλων σε οξειδία. Αρχίζει μια σειρά θεμελιακών πειραμάτων οξειδώσεως με ψευδάργυρο (Zn) και μόλυβδο (Pb). Απέδειξε ότι ο Boyle επίστευε λανθασμένα ότι η αύξηση του βάρους των μετάλλων κατά την οξείδωση οφείλεται σε απορρόφηση σωματιδίων φωτιάς. Οξείδωσε κασσίτερο (Sn) εντός προζυγισμένων υαλινών δοχείων με ισχυρή θέρμανση και προσεκτικώς προζυγισμένα. Δεν παρατήρησε διαφορά βάρους των δοχείων πριν και μετά την οξείδωση μέχρι όπου τα δοχεία ανήχθησαν. Κατά τη διάρκεια της αποσφραγίσεως ακούσθηκε σαφέστατα ο σφυριχτός ήχος του αέρα που γεμίζει το κενό περνώντας διαμέσου στενού ανοίγματος. Είναι η πρώτη φορά που με τρόπο αδιαφιλονίκητο μπαίνουν τα θεμέλια του νόμου της «διατηρήσεως της μάζης» σε κλειστά συστήματα, ενός νόμου, ο οποίος τώρα θεωρείται αποτέλεσμα κβαντομηχανικού κανόνα υπερ-επιλογής και ο οποίος απαγορεύει απολύτως τις μεταπτώσεις μεταξύ καταστάσεων διαφορετικής μάζης³⁴. Δεν ήξερε βέβαια με ποιο συστατικό του αέρος ενώνεται το μέταλλο. Ήτανε ενήμερος των εργασιών του Black για το διοξείδιο του άνθρακος (CO_2) αλλά υποψιάστηκε πως δεν ήτανε υπεύθυνο για την αύξηση του βάρους των μετάλλων. Μετά από σειρά μελετών και συζητήσεων με τον Priestley, ο Lavoisier αντιλαμβάνεται ότι ένα μέρος μόνο του αέρος είναι υπεύθυνο για την οξείδωση. Το υπόλοιπο το ονομάζει «άζωτον» (αργότερα ονομάστηκε «νιτρογόνο» από τον Chaptal). Αποδεικνύεται ότι το CO_2 είναι ένωση του στοιχείου που προκαλεί την αύξηση του βάρους στα μέταλλα και άνθρακος. Τα παλαιότερα πειράματά του καύσεως φωσφόρου και θείου παίρνουν τώρα νέες διαστάσεις και το Νοέμβριο του 1779 προτείνει το όνομα «οξυγόνο», για το άγνωστο συστατικό του αέρος. Είναι τώρα έτοιμος να αποδείξει ότι η θεωρία του φλογιστού του Stahl είχε εκληρώσει τον προορισμό της και δεν ήτανε παρά κωλυσιεργός μύθος. Αυτό το επέτυχε με την εργασία που υπέβαλε στην Ακαδημία το 1783 και η οποία δημοσιεύθηκε το 1786. Προτείνει ότι όλες οι δυσκολίες που προέρχονται από τη θεωρία του φλογιστού μπορούν να αποφευχθούν αν δεχθούμε ότι σε κάθε καύση έχουμε ένωση του οξυγόνου με αντίστοιχη έκλυση θερμότητας και φωτός. Το τελικό βήμα για την απόδειξη της ορθότητας των συλλογισμών του Lavoisier είναι η κατανόηση της «δομής» του νερού (H_2O). Το 1789 ο Cavendish επαναλαμβάνει ένα πείραμα του Priestley και αποδεικνύει ότι το νερό παράγεται από την καύση του ευφλέκτου αέρος» (υδρογόνο), το οποίο είχε ανακαλύψει και νόμιζε πως είναι το φλογιστό του αέρος. Ο Lavoisier μαθαίνει τα πειράματα του Cavendish το 1783, αντιλαμβάνεται αμέσως τη σημασία τους, τα επαναλαμβάνει και είναι πλέον βέβαιος ότι το νερό δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένωση του «ευφλέκτου αέρος» με το οξυγόνο.

Το 1787 ο Lavoisier μαζί με τους De Morveau (1737-1816), Berthollet (1748-1822) και De Fourcroy (1755-1809) εκδίδουν το βιβλίο "Methode de Nomenclature Chimique" που στάθηκε για τη Χημεία ότι η Principia του Newton στην εξέλιξη της φυσικής³⁵. Είναι φυσικά αδύνατον να δοθούν οι διαστάσεις του έργου του Lavoisier και οι συνέπειές του σε λίγες γραμμές. Αποτελούν το **πραγματικό** σημείο καμπής μιάς πολύπλοκης και επίπονης πορείας η οποία κράτησε περίπου 3000 χρόνια.

Ο Lavoisier **κατατομήθηκε** στις 8 Μαΐου του 1794 σε ηλικία 50 ετών. Κατηγορήθηκε το 1791 από τον (διαβόητο) Marat. Ο «φιλος του λαού» είχε δημοσιεύσει το 1780 την εργασία «Φυσική έρευνα επί της φωτιάς», όπου ισχυριζόταν ότι κατάρθωσε να κάνει ορατό το μυστικό στοιχείο της φωτιάς. Ο Lavoisier αρνήθηκε να πάρει στα σοβαρά τους ισχυρισμούς του Marat. Ο τελευταίος δεν ξέχασε· στο τεύχος του περιοδικού *Ami du Peuple* της 27ης Ιανουαρίου του 1791 κατηγορεί το χημικό-κεφαλαίο ως τσαρλατάνο με παχυλό εισόδημα και άνθρωπο, ο οποίος «το μόνο που έχει να επιδείξει είναι το τείχος του Παρισιού. Με το τείχος αυτό φυλάκισε το Παρίσι και του στέρησε τον αέρα, χαρταβώντας τους φτωχούς τριαντατρία εκατομμύρια λίβρες... Ο Θεός να δώσει να τον δούμε κρεμασμένο από το φανοστάτη»³⁶. Ο Marat πέθανε βεβαίως πριν από τον Lavoisier τον Ιούλιο του 1793, δικαίως δολοφονημένος από τη νεαρή οπαδό των Γιρονδίνων Charlotte Corday αλλά οι διαβουλεύς του σε συνδυασμό με ορισμένα άλλα περιστατικά της τόσο παραγμένης εκείνης εποχής της Γαλλίας έκαναν το έργο τους. Στις 5 Μαΐου του 1794 ο Lavoisier καταδικάζεται σε θάνατο. **Λέγεται** ότι όταν υπερβλήθη στον πρόεδρο της δικαστικής επιτροπής παράκλησις να μειώσει την ποινή με τη δικαιολογία ότι ο Lavoisier είναι επιστήμων χρήσιμος στο Κράτος, απάντησε ότι «η Δημοκρατία δεν έχει ανάγκη από επιστήμονες». Η τελευταία παρατήρησις δεν εμπόδιζε το μεγάλο Γάλλο μαθηματικό Joseph Lagrange να πη σχολιάζοντας την κατατόμηση του Lavoisier, «χρειάστηκε μόνο μια στιγμή για να του κόψου τον κεφάλι, μα μπορεί να περάσουν κι εκατό χρόνια χωρίς να αποκτήσουμε ένα παρόμοιο»³⁷.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1795 η γαλλική κυβέρνηση αιρείσε τη καταδίκη του Lavoisier(!).

Ως Επίλογος

Μετά το Lavoisier η χημεία αναγνωρισμένη πλέον ως ανεξάρτητη επιστήμη ακολουθεί πορεία τρομακτικής ανόδου που τις συνέπειές της δεν έχουμε ακόμα ξεκάθαρα εννοήσει. Μετά το 1800 και με πιθανή εξαίρεση το Βρετανό John Dalton (1766-1844), ο οποίος έβαλε τα θεμέλια της ατομικής θεωρίας³⁸, είναι δύσκολο να **εντοπίσουμε** στα επόμενα 150 χρόνια «σταθμό στη χημική σκέψη». Το τελευταίο αυτό συμπέρασμα, τουλάχιστον *prima facie*, έρχεται σε αντίφαση με την «τρομακτική άνοδο της χημείας» η οποία αναφέρθη στην προηγούμενη πρόταση. Δεν υπάρχει όμως αντίφαση, απλώς, παρόλο που τυπικώς η Χημεία θεωρήθηκε (και θεωρείται) ανεξάρτητη επιστήμη άρχισε να γίνεται όλο και περισσότερο πολύπλοκη συνάρτησις φυσικής και μαθηματικών. Αναμφιβόλως, 50-60 χρόνια μετά τον Lavoisier εξακολούθησε να κινείται βοηθούμενη και από την ιστορική της αδράνεια των 2500 ετών, με τρόπο εμπειρικό, αλλά η μαθηματική λογική είχε αρχίσει να τη «μολύνει» όλο και πιο έντονα. Μαθηματικά, στοιχειώδη στην αρχή, αριθμητικές πράξεις που ανήκανε όμως στο χώρο του limbo για τη χημεία των περασμένων αιώνων και που γίνοντο όλο και πιο πολύπλοκα με το αποκορύφωμα της εφαρμογής των κβαντομηχανικών απόψεων στη Χημεία. Μετά το 1926 η λέξη «χημεία» δεν αποδίδει το ίδιο νόημα που μετέφερε πριν³⁹. Αλλά αυτό δεν είναι επανάσταση, σταθμός στη χημεία που μόλις προηγουμένως αμφισβητήθηκε; Βεβαίως είναι, αλλά δεν είναι **μόνον** στη χημεία, είναι γενικότερα στην ανθρώπινη διάνοηση. Η κβαντομηχανική εδημιούργησε καινούργιους διαύλους στη λογική ενώ εγώ προσπάθησα να απομονώσω, όσο μια τέτοια απομόνωση είναι εφικτή, τις

«καθαρές» θα έλεγα χημικές εξελίξεις.

Η χημεία όμως διατήρησε αρκετό από το προηγούμενο της άρωμα και δεν έχει πάψει να είναι πειραματική επιστήμη. Ο αριθμός των ενώσεων που έχουν συντεθεί μέχρι τώρα και εξακολουθούν να συντίθενται καθώς διαβάζονται αυτές οι γραμμές είναι εντυπωσιακός. Τον Ιούλιο του 1961 είχε υπολογισθεί ότι υπήρχαν περίπου 1,700,000 οργανικές και 500,000 ανόργανες ενώσεις, με ταχύτητα αυξήσεως 90,000 και 20,000 το χρόνο αντιστοίχως⁴⁰. Αυτό σημαίνει ότι τώρα (1983) υπάρχουν συνολικά περίπου 5,000,000 ενώσεις (ο διαχωρισμός σε οργανικές και ανόργανες δεν έχει πλέον παρά διδακτικό χαρακτήρα). Αν θεωρήσουμε την ταχύτητα αυξήσεως σταθερή και όχι αύξουσα, το οποίο είναι και το πιθανότερον, ο αριθμός αυτός το 2,000 μ.Χ. θα πλησιάζει τα 10,000,000. Αριθμητολογία; ίσως, αλλά πιθανόν με σκαιές συνέπειες για την ύπαρξη των καινούργιων θεών, που είναι οι δημιουργοί τέτοιων αριθμών. Να σταματήσουμε; για προφανείς λόγους αυτό είναι αδύνατον η ιστορική ύπαρξη του ανθρώπου στηρίζεται στη συνεχή διερεύνηση και εξερεύνηση των πάντων. Κερδίζουμε σε γνώση, τώρα όμως όσο ποτέ άλλοτε χρειαζόμαστε επιστήμονες, οι οποίοι να εναρμονίζουν τη γνώση τους με Σωκρατική ενδοσκόπηση. Το δόγμα που διατύπωσε η επιτροπή καταδίκης του Lavoisier είχε την κοινή τύχη όλων των δογμάτων.

Summary

The historical evolution of scientific concepts comprises the sine qua non for a deeper understanding of their most general structural principles (if any), as well as the cerebral connection of the past with the present and the future. The present study is a very condensed and critical epistemological analysis on the dynamics of chemical concepts from Antiquity to the times of A.L. Lavoisier. We try to indicate that some fundamental paradigms²⁶ are repeated in time which is probably due to our classical interaction with nature.

Ευχαριστίες. Ευχαριστώ τον συνάδελφο και φίλο Α. Καραμούνα για τις εύστοχες παρατηρήσεις του και την επικολομική κριτική επί του κειμένου.

Βιβλιογραφία

1. I. Asimov, "A Short History of Chemistry", p.5 (1965).
2. R. Maddin, J.D. Muhly and T.S. Wheeler, *Scientific American*, Oct. (1977).
3. «Ιλιάδα», Ξ 201 και 246. Μετάφρασις Ν. Καζαντζάκη και Ι.Θ. Κακρηδή.
4. Κ. Αξελός. «Ο Ηράκλειτος και η Φιλοσοφία του», σ. 11 (1974).
5. Κ. Αξελός, *ibid.*, σ. 100.
6. J. Burnet, "Greek Philosophy, Part I, Thales to Plato", p. 21. The Mcmillan Co., London (1914).
7. H.M. Leicester, "The Historical Background of Chemistry", p. 23 Dover (1971) (Ο Επίκουρος αμφισβητεί ακόμη και την ύπαρξη του Λευκίππου, βλ. παραπομπή 10, σ. 35).
8. *Encyclopaedia Britannica*, Vol. 5, p. 388 (1971).
9. I. Asimov, "A Short History of Chemistry", p. 14 (1965); J.H. Graisser and T.K. Graisser, *Am. J. Phys.* 45, 439 (1977).

10. J.R. Partington, "A History of Chemistry", Vol. 1, Part I, p. 68-122. Macmillan Co. (1970); Aristotle, de Generatio et Corruptio Book II, c. 2, in "The Basic Works of Aristotle", Ed. by Richard McKeon, p. 511, Random House (1941).
11. T. Dantzig, "Number, the Language of Science", p. 41-42. The Free Press (1954).
12. (a) H. Georgi and S.L. Glashow, Physics Today, Sept., 30 (1980); (b) M. Waldrop, Chem. Engineering News, Jan., 42 (1980); (c) K.A. Johnson, Scientific American, July (1979).
13. N.D. Cheronis, J. Chem. Educ. 14, 360 (1937).
14. P. Krauss, "Jabir ibn Hayyan. Contribution à l' Histoire des idées scientifiques dans l'Islam": Vol. I, Le corpus des écrits jabiriens; Vol. II, Jabir et la science Grecque". Impr. de l' Institute Français d' archéologie orientale, Cairo, 1942-1943.
15. H.M. Leicester, "The Historical Background of Chemistry", p. 68. Dover (1971).
16. S.M. Afnan, "Avicenna. His life and Works" (1958).
17. Encyclopaedia Britannica, Vol. 2, p. 915 (1971).
18. E.J. Holmyard and D.C. Mandevill, "Avicennae De Congelatione et Conglutinatione Lapidum", p. 86. Paris (1927).
19. Max Born, "Experimental and Theory in Physics", Dover (1956).
20. G.B. Stones, Isis 10, 444 (1928).
21. H.M. Leicester, "The Historical Background of Chemistry" p. 112-113. Dover (1956).
22. R. Boyle, "The Sceptical Chemist", London (1680).
23. M.E. Weeks, "The Discovery of the Elements", 5th ed., p. 41-49, Journal of Chemical Education", Easton, Pa. (1945).
24. T.S. Kuhn, Isis 43, 12 (1952).
25. J.H. White, "The History of the Flogiston Theory", E. Arnold and Co. (1932).
26. T.S. Kuhn, "The Structure of Scientific Revolutions" The University of Chicago Press (1970).
27. H.M. Leicester, "The Historical Background of Chemistry", p. 130-137. Dover (1971).
28. Τέτοιου είδους απαγορεύσεις υπεισέρχονται και σήμερα στις φυσικές θεωρίες, π.χ. η θεωρία των quarks, λιγο-πολύ «απαγορεύει» την απομόνωσή τους (the confinement concept). Βλ. παραπομπή αριθ. 12.
29. F.J. Dyson, Scientific American, 74, Sept. (1958).
30. D.I. Duveen and H.S. Klickstein, "A Bibliography of the Works of Antoine Lavoisier, 1743-1794". Wm Dauson and Sons, and E. Weil (1954).
31. H. Guerlac, Isis, 45, 51 (1954).
32. D. McKie, "Antoine Lavoisier, Scientist, Economist, Social Reformer". Henry Schuman, (1952).
33. F.A. Mignet, «Η Ιστορία της Γαλλικής Επανάστασης», σ. 316. Π. Πετρόπουλος. Αθήναι.
34. F.A. Kaempfer, "Concepts in Quantum Méchanics", p.p. 341-346. Academic (1965).
35. D. McKie, "Antoine Lavoisier, Scientist, Economist, Social Reformer", p.p. 274-275. Henry Schuman (1952).
36. Will και Ariel Durant, «Η παγκόσμια ιστορία του πολιτισμού», τόμος Θ', σ. 623. Συρόπουλος και Κουμουνδουρέας (1965).
37. Ibid., σ. 624.
38. F. Greenaway, "John Dalton and the Atom". Cornell University Press (166).
39. R.G. Wooley, J.Am.Chem. Soc., 100, 1073 (1978).
40. C.R. Noller, "Chemistry of Carbon Compound", p. 59, 3rd Ed. W.B. Saunders Co. (1965).