

ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ
ΚΕΝΤΡΟ ΝΕΟΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ/ ΕΙΕ

Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ
ΕΞΕΛΙΞΗ
ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Πρακτικά Πανελληνίου Συμποσίου

14-15 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1994

Επιμέλεια: ΓΙΩΡΓΟΣ Ν. ΒΛΑΧΑΚΗΣ

Ένωση Ελλήνων Χημικών
ΑΘΗΝΑ 1996

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | | |
|---|-----|----|
| Προλογικό σημείωμα | 9 | |
| Προσφωνήσεις | | |
| Παναγιώτης Α. Σίσκος, Αντιπρόεδρος Ένωσης Ελλήνων Χημικών | 11 | |
| Νίκος Κατσαρός, Πρόεδρος Ένωσης Ελλήνων Χημικών | 15 | |
| Εισηγητική ομιλία | | |
| Γιάννης Καράς, Η διεπιστημονική έρευνα στον τομέα της Ιστορίας των Επιστημών. Σημερινή κατάσταση, Προοπτικές | 17 | |
| Ενότητα πρώτη: Η ΧΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΒΥΖΑΝΤΙΟ | | 21 |
| Αναστάσιος Βάρβογλης, Η Χημεία του Ομήρου και του Πλίνιου | 23 | |
| Μάρω Παπαθανασίου, Αρχαία Μεταλλοτεχνία και Φυσικές Θεωρίες ως βάσεις της Ελληνικής Χημείας | 35 | |
| Ευαγγελία Α. Βαρέλλα, Σκιαγραφία της Βυζαντινής Αλχημείας | 55 | |
| Γεώργιος Μανουσάκης, Η παρεξηγημένη αλχημεία | 83 | |
| Ενότητα δεύτερη: Η ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΝΕΟΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ | | 93 |
| Γιώργος Ν. Βλαχάκης, Η ανάδειξη της Χημείας ως αυτόνομης επιστήμης μέσα από τα προεπαναστατικά βιβλία Φυσικής | 95 | |
| Αλέξανδρος Παπαδημητρίου, Η Χημική Επανάσταση στα πρώτα ελληνικά βιβλία Χημείας | 119 | |
| Χρίστος Θ. Ξενάκης, Η διδασκαλία της Χημείας κατά την περίοδο της Νεοελληνικής Αναγέννησης: Γνωστικό περιεχόμενο, πειράματα, εργαστήρια | 127 | |

| | |
|--|------------|
| Δημήτριος Καραμπερόπουλος, Η ιατρική γνώση στα πρώτα νεοελληνικά βιβλία Χημείας της προεπαναστατικής περιόδου..... | 137 |
| Μιχάλης Κυριατσούλης, Η διάδοση των νέων χημικών γνώσεων μέσα από τις σελίδες του Λόγιου Ερμή (1811-1821)..... | 153 |
| Βασίλης Ραυτόπουλος, Οι απόψεις περί θερμαντικού στον ελληνικό πνευματικό χώρο στις αρχές του 19ου αιώνα..... | 167 |
| Ενότητα τρίτη: Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ..... | 181 |
| Περικλής Δ. Ακρίβος, Η Αναγέννηση των επιστημών και η Χημεία έως το πρώτο ήμισυ του 19ου αιώνας..... | 183 |
| Μιχαήλ Ι. Σκούλλος, Η εξέλιξη της Χημείας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών..... | 195 |
| Παύλος Ν. Δημοτάκης, Η Χημεία στην Ελλάδα το δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα-Προοπτικές..... | 205 |
| Ευτύχης Μπιτσάκης, Ατομα και Μόρια: Μιά δύσκολη σχέση στην Ιστορία..... | 213 |
| Αριστείδης Μαυρίδης, Ιστορική εξέλιξις του Χημικού δεσμού...235 | |
| Κλείσιμο εργασιών Συμποσίου: Παναγιώτης Α. Σίσκος..... | 245 |

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Το 1994 με την ευκαιρία του εορτασμού των 70 χρόνων από την ίδρυσή της, η Ένωση Ελλήνων Χημικών, μιά από τις πλέον δραστήριες ενώσεις συλλογικής έκφρασης επιστημόνων στο χώρο των Θετικών Επιστημών συνδιοργάνωσε με το Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών Συμπόσιο με θέμα την Ιστορία της Χημείας στην Ελλάδα.

Το θέμα του Συμποσίου προτάθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα του ΚΝΕ/ΕΙΕ «Επιδράσεις της Ευρωπαϊκής επιστημονικής σκέψης στον ευρύτερο ελληνικό, βαλκανικό χώρο, 18ος-19ος αι.» και έγινε αμέσως δεκτό από την Ε.Ε.Χ. λόγω του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που παρουσίαζε. Για το λόγο αυτό άλλωστε η Ε.Ε.Χ. ,η οποία φρόντισε για την άψογη διεξαγωγή των εργασιών του Συμποσίου, θεώρησε αναγκαία και προχώρησε στην έκδοση των Πρακτικών σε ειδικό τόμο, ώστε οι ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο Συμπόσιο να γίνουν ευρύτερα γνωστές στην επιστημονική κοινότητα.

Η βασική κατεύθυνση του Συμποσίου για τη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης της Χημείας στην Ελλάδα συνδυάστηκε αρμονικά με το πνεύμα της διεπιστημονικής έρευνας που κυριάρχησε στις εργασίες του καθώς το θέμα εξετάστηκε από διάφορες οπτικές ανάλογα με την ειδικότητα του ομιλητή, για να σχηματιστεί τελικά μία πλήρης εικόνα για τη διαχρονική πορεία της χημικής σκέψης στη χώρα μας.

Και για το λόγο αυτό θεωρείται ότι ο τόμος των Πρακτικών αποτελεί ουσιαστικά μία επιτομή όπου παρουσιάζεται οργανωμένα, σε ειδικές ενότητες, η εξέλιξη σημαντικών ιδεών της Χημείας από την ελληνική αρχαιότητα ως τις ημέρες μας.

Θεωρώντας ότι με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η Ιστορία των Επιστημών στην Ελλάδα και δημιουργούνται ερεθίσματα για την

παραπέρα συστηματική μελέτη σχετικών θεμάτων που θα φωτίσουν άγνωστες μέχρι σήμερα πτυχές της επιστημονικής ανάπτυξης στον τόπο μας, παραδίδουμε σήμερα ολοκληρωμένα τα Πρακτικά σε όλους όσους ενδιαφέρονται.

Είναι αυτονόητο ότι ο επιμελητής της έκδοσης προσπάθησε για την ακριβή μεταφορά των κειμένων από τα χειρόγραφα· η γλώσσα και το ύφος των κειμένων αποτελούν επιλογή των συγγραφέων. Κλείνοντας τέλος το σύντομο αυτό προλογικό σημείωμα θα μνημονεύσουμε μία από τις πιο χαρακτηριστικές στιγμές του Συμποσίου, όταν, σε κλίμα συγκίνησης, προσφέρθηκε τιμητική πλακέτα στον ιστορικό των επιστημών, Διεθνή Ερευνητών του ΚΝΕ/ΕΙΕ, Γιάννη Καρά, όπως αναγράφεται σε αυτή:

«ελάχιστο δείγμα ευγνωμοσύνης για το έργο του που μας εισήγαγε στην Ιστορία των Θετικών Επιστημών ως μαθητές στον δάσκαλό τους».

Αθήνα 14 Οκτωβρίου 1994

Γιώργος Βλαχάκης, Δημήτριος Καραμπερόπουλος, Νίκος Κατσάνης, Μιχάλης Λάμπρου, Νίκος Ματσόπουλος, Χρίστος Ξενάκης, Αλέκος Παπαδημητρίου».

Γιώργος Ν. Βλαχάκης

Κύριε Πρόεδρε της ΕΕΧ
Κύριε Καθηγητά και Ακαδημαϊκέ
Κυρίες και Κύριοι Συνάδελφοι
Αγαπητοί προσκεκλημένοι

Σας καλωσορίζω σήμερα, Παρασκευή 14 Οκτωβρίου στην Αίθουσα της ΕΝΩΣΕΩΣ ΕΛΛΗΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ με την ευκαιρία της διοργάνωσης του ΣΥΜΠΟΣΙΟΥ με θέμα: «Η ιστορική εξέλιξη της Χημείας στην Ελλάδα».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους σας για την παρουσία σας σήμερα εδώ αλλά ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εκλεκτούς ομιλητές του Συμποσίου, που δέχθηκαν να ομιλήσουν και μάλιστα μερικοί να ταξιδέψουν από την Βόρεια Ελλάδα, τη Μακεδονία.

Η διοργάνωση του Συμποσίου εντάσσεται στα πλαίσια των εορταστικών εκδηλώσεων για τα 70 χρόνια από την ίδρυση της ΕΕΧ το 1924, οφείλεται στην πρωτοβουλία του προέδρου της ΕΕΧ κ. Νίκου Κατσαρού και του ιστορικού της επιστήμης κ. Γιάννη Καρά και αποτελεί κοινή εκδήλωση της ΕΕΧ και του Κέντρου Νεοελληνικών Ερευνών του ΕΙΕ.

Το συμπόσιο περιλαμβάνει τρεις συνεδρίες με 15 ανακοινώσεις. Οι ομιλητές δεν είναι μόνον χημικοί που ασχολούνται με την ιστορία της Χημείας αλλά και φυσικοί και ιατροί.

Αναλυτικότερα το πρόγραμμα του Συμποσίου έχει ως εξής:

- Η 1η πρωινή συνεδρία περιλαμβάνει προσφώνηση του Προέδρου της ΕΕΧ κ. Κατσαρού καθώς και προσφώνηση του κ. Καρά, ο οποίος με την ευκαιρία αυτή θα αναφερθεί στην αναγκαιότητα της διεπιστημονικής συνεργασίας.
- Στην συνέχεια θα ακολουθήσει η ομιλία του κ. Μανουσάκη· η κ. Κιντή απουσιάζει εκτός Ελλάδος και συνεπώς δεν θα ομιλήσει. Θα ακολουθήσει η ομιλία της κ. Βαρέλλα και θα γίνει διάλειμμα για καφέ.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΕΣΜΟΥ

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΜΑΥΡΙΔΗΣ
Καθηγητής Φυσικοχημείας του Τμήματος Χημείας
του Πανεπιστημίου Αθηνών

Τα θεμέλια της σύγχρονης Χημείας, δηλαδή τα θεμέλια της «Χημικής Λογικής», μπαίνουν ουσιαστικά στο τέλος του 18^{ου} αιώνας με τον Α. L. Lavoisier¹. Παρ' όλο ότι σπέρματα της εννοίας του Χημικού δεσμού υπάρχουν στις εργασίες του Lavoisier, πρέπει να περάσουν πενήντα χρόνια για την εισαγωγή και λειτουργική κατανόηση του χημικού δεσμού στην Χημεία.

Ως χρονολογία ενάρξεως αυτού που σήμερα ονομάζουμε «μοριακή δομή»² μπορεί να θεωρηθεί το 1858. Πριν από το 1858 (και μετά τον Lavoisier) η κατάσταση ήταν ασαφής και συγκεχυμένη η έννοια του μορίου ήταν ακόμη ανύπαρκτη, παρά τις «φιλότιμες» προσπάθειες του βαρόνου της Χημείας Justus von Liebig (1803-1873), του Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856) και παλαιότερα των Jons Jacob Berzelius (1779-1848) και Sir Humphry Davy (1778-1829).

Το 1858 και με διαφορά μηνών, διαβάζονται δύο ανεξάρτητες εργασίες στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών: η μία του Σκωτσέζου Archibald Scott Couper (1831-1892) και η άλλη του Γερμανού Friedrich August (von Stradonitz) Kekulé (1829-1896). Η εργασία του Couper υπεβλήθη πρώτη στην Γαλλική Ακαδημία. Ο άνθρωπος όμως μέσω του οποίου υπεβλήθη, ο Charles Adolphe Wurtz (1817-1884), δεν ήταν μέλος της, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει μερικώς η αποδοχή της, ενώ η εργασία του Kekulé ο οποίος ήταν μέλος της

Ακαδημίας, να εμφανισθή πρώτη (16 Μαρτίου, 1858) άν και υπεβλήθη μερικώς μήνες αργότερα.

Ξεφεύγοντας λίγο από το θέμα μας, είναι ίσως ενδιαφέρον από ιστορικής-κοινωνιολογικής πλευράς ν' αναφερθούμε στο τραγικό τέλος του Couper. Επειδή μάλλον η εργασία εμφανίσθηκε δεύτερη ξεχάσθηκε τελείως, ενώ ο Kekulé έγινε διάσημος (το von Stradonitz προσετέθη αργότερα στο όνομά του ως τίτλος). Ο Couper πεθαίνει το 1892 λησμονημένος και ημίτρελλος με μόνον άνθρωπο να τον φροντίζει τη μητέρα του. Δύο φορές μπήκε και βγήκε σε ψυχιατρικό ίδρυμα της Σκωτίας, μεταξύ του 1858 και 1892. Προφανής αιτία η μη αναγνώρισις του από την επιστημονική κοινότητα της εποχής και η ευαισθησία του.

Ο Couper είναι ο πρώτος ο οποίος επρότεινε το σχηματισμό αυθυπόρκτων οντοτήτων, σήμερα τα αποκαλούμε μόρια, οι οποίες σχηματίζονται από άλλες οντότητες, τα άτομα. Δεν γνωρίζω εάν εχρησιμοποίησε τη λέξη «άτομο» σε αντιδιαστολή με το «μόριο»· αλλά εισήγαγε την έννοια του *σθένους*, την ικανότητα δηλαδή την οποία έχουν τα άτομα να ενώνονται μεταξύ τους. Είναι επίσης ο πρώτος ο οποίος έγραψε χημικούς τύπους μορίων λίγο πολύ με τον τρόπο που και σήμερα γράφονται³: εχρησιμοποίησε γραμμές, πλήρεις ή διακεκομμένες ώστε να δείξη τις διασυνδέσεις των ατόμων μεταξύ τους, π.χ. X - Y ή X ... Y. Τα παραδείγματά του τα αντλεί όλα από την οργανική χημεία, τη χημεία του άνθρακος, η έννοια του χημικού δεσμού ανάδεται μέσα από την οργανική χημεία της εποχής και μόνον.

Ο Couper με την εργασία του η οποία είχε τίτλο «On a New Chemical Theory» («Μία νέα χημική θεωρία»), έθεσε όντως τον ακρογωνιακό λίθο της εννοίας του χημικού δεσμού. Τα μόριά του είναι, βεβαίως, ακόμη *επίπεδα*, η έννοια της τρίτης διαστάσεως εάν και εμφανής στα «τριδιάστατα» ανθρώπινα όντα, δεν έγινε εύκολα αποδεκτή στη Χημεία.

Ο Kekulé⁴ προτείνει και αυτός παρόμοιες απόψεις αλλά όχι με τη σαφήνεια του Couper. Μετατρέπει, π.χ., τις απόψεις περί «ρευστών δομών» του Gerhardt σε «άκαμπτες» δομές. Και παρ' όλο που οι ιδέες του Kekulé δεν είχαν την ευρύτητα και ίσως τη σαφήνεια για μία απ' ευθείας εξ' αυτών ανάπτυξη των εννοιών, η εννοιολογική επανάστασις και η αποσαφήνισις των ιδεών είχε διαβεί πλέον το Ρουβίκωνα. Ο ίδιος ο Kekulé τους χημικούς τύπους που έγραψε τους θεωρούσε «μεταμορφώσεις» στις χημικές αντιδράσεις.

Πέρασαν μερικά χρόνια ώστε οι τύποι αυτοί να θεωρηθούν *δομι-*

κοί τύποι. Ο άνθρωπος ο οποίος εισήγαγε την λέξη *δομή* στην οργανική χημεία είναι ο Ρώσος Alexander Mikhailovich Butlerov (1828-1886), μαθητής του Kekulé. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Adolf von Baeyer το 1890 είπε ότι, «τα μοριακά μοντέλα του Kekulé απεδείχθησαν εξυπνότερα από τον εφευρέτη τους».

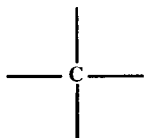
Ανεξαρτήτως των ατυχιών του Couper ο Kekulé υπήρξε όντως διανοητής με *φαντασία*. Χρησιμοποιώ, βεβαίως, τη λέξη φαντασία δίχως να γνωρίζω τί ακριβώς σημαίνει ίσως είναι η ικανότητα ανατροπής αυτού το οποίο ο T. Kuh⁵ ονομάζει «παράδειγμα», και η δημιουργία ενός άλλου. Ίσως δεν είναι τυχαίο ότι ο Kekulé πριν ασχοληθεί με την Χημεία σπούδασε αρχιτεκτονική. Ο Kekulé είναι αυτός ο οποίος το 1865 γράφει τον περίφημο πλέον συντακτικό τύπο του βενζολίου, της ενώσεως C₆H₆, η οποία για αρκετά χρόνια είχε γίνει ο εφιάλτης των οργανικών χημικών⁴. Η αρχική γραφή την οποία επρότεινε ο Kekulé για το βενζόλιο, εξακολουθεί να χρησιμοποιείται η ίδια και σήμερα, αποδίδει δέ θαυμάσια την ηλεκτρονιακή κατανομή του μορίου.

Το 1867 ο Kekulé «προσπαθεί» να εισάγει την ιδέα της τρισδιάστατης δομής των ενώσεων, αλλά συγχρόνως την αναιρεί, τονίζοντας ότι η άποψις αυτή δεν πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά. Παρ' όλες τις αξεπέραστες πλέον δυσκολίες της *επίπεδης* χημείας, ο θρίαμβος του Kekulé υπήρξε ο *τύπος* του βενζολίου και ο *τύπος* αυτός είναι *επίπεδος*. Ο δημιουργός ενός τόσο ριζοσπαστικού επιπέδου μοντέλου δεν ήταν δυνατόν να εγκαταλείψη εύκολα τις δύο διαστάσεις, παρ' όλον ότι αρκετά χρόνια πριν, το 1848, ο Louis Pasteur (1822-1895) είχε διανοίξει το δρόμο προς την τρισδιάστατο απεικόνιση των χημικών ενώσεων με τις κλασσικές του έρευνες επί του τρυγικού οξέος. Όμως το 1848 η έννοια της δομής, αποτέλεσμα της έννοιας του χημικού δεσμού, ήταν ανύπαρκτη με αποτέλεσμα να είναι ανέφικτες οι κατάλληλες εννοιολογικές διασυνδέσεις. Η εξαιρετικώς ενδιαφέρουσα ανακάλυψις του Pasteur υπήρξε η πρώτη ψηφίδα στο αίνιγμα της χημικής δομής.

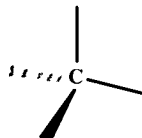
Το 1866 οι δυσκολίες της επιπέδου χημείας αρχίζουν πλέον να γίνονται ανυπέρβλητες. Ο αριθμός των μορίων ο οποίος προέρχεται συνδέοντας τα άτομα μεταξύ τους με όλους του δυνατούς τρόπους, αλλά στο επίπεδο, είναι μικρότερος από αυτόν ο οποίος παρατηρείται πειραματικώς.

Το 1875, ανεξαρτήτως ο ένας από τον άλλον, ο Joseph Achille Le Bell (1849-1930), Γάλλος⁶, και ο Jacobus Hendricus van't Hoff

(1852-1911), Ολλανδός⁷, προτείνουν τον *τρισδιάστατο* χαρακτήρα του ατόμου του άνθρακος:



πριν από το 1875



μετά το 1875

Ο Le Bell, ως Γάλλος, φαίνεται να εμπνέεται από τις εργασίες του Pasteur επί του τρυγικού οξέος, ενώ ο van't Hoff αντλεί από τις ιδέες του δασκάλου του Kekulé και οι δύο όμως εμαθήτευσαν ένα διάστημα από τον Wurtz στο Παρίσι.

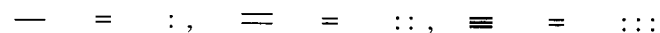
Οι απόψεις και των δύο ερευνητών επί του τρισδιάστατου του άνθρακος ελαιοδορήθησαν αγρίως αμέσως μετά την δημοσίευσή τους. Ο H. Kolbe, γνωστός οργανικός χημικός της εποχής είτε ότι οι «απόψεις αυτές αποτελούν κακομοιριασμένη υποθετική φιλοσοφία». Το 1901 ο van't Hoff γίνεται αποδέκτης του πρώτου βραβείου Nobel στην Χημεία λόγω των εργασιών του επί της ωσμωτικής πίεσης και χημικής δυναμικής. Ο Adolf Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884) δεν υπήρξε τυχαίος χημικός μαθητής του Wöhler, Καθηγητής Οργανικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Λειψίας από το 1865, επιτυχημένος δάσκαλος και συγγραφέας ενός τρίτομου εγχειριδίου Οργανικής Χημείας, εκδότης του *Journal für Praktische Chemie*, συνήθιζε να χρησιμοποιεί τις σελίδες του περιοδικού και να σατυρίζει (δηλητηριωδώς) τις νέες απόψεις. Από τα βέλη του δεν ξέφυγε ούτε ο Kekulé. Η επίθεσής του εναντίον της ιδέας του τρισδιάστατου άνθρακος αποτελεί κλασσικό παράδειγμα αντιστάσεως των κατεστημένων δοξασιών στην εξέλιξη των ιδεών⁸.

Ας ληφθῆ υπ' όψιν ότι παρ' όλη τη μεγάλη πρόοδο της εποχής εκείνης καθώς και μετά το 1900 με τους γίγαντες της συνθετικής και δομικής χημείας Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer (1835-1914) και Emil Fischer (1852-1918), ουδείς γνωρίζει τι σημαίνει *άτομο* και ακόμη περισσότερο *χημικός δεσμός*. Σχεδιάζονται ενώσεις στο χαρτί, συντίθενται στο εργαστήριο, μερικές από αυτές αποτελούν μνημεία μοριακής αρχιτεκτονικής, αλλά οι δομικοί λίθοι,

«άτομα», και η κόλα η οποία τα συνδέει, «χημικός δεσμός», έχουν *απολύτως* άγνωστη φύση. Κάποιο φώς αρχίζει να φωτίζει το μυστήριο των «χημικών δυνάμεων» περί το τέλος του 19^{ου} αιώνας. Το 1897 ο Βρετανός Joseph John Thomson (1856-1940) ανακαλύπτει το ηλεκτρόνιο και προσδιορίζει το λόγο του φορτίου προς τη μάζα του, e/m . Προφανώς, οι χημικοί δεν δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανακάλυψη αυτή, το ηλεκτρόνιο και ο λόγος e/m δεν φαίνεται να έχουν άμεση σχέση με την χημεία, τέτοιου είδους εξελίξεις αφορούν τους «φυσικούς».

Όμως, το 1911 ο Νεοζηλανδός Ernest Rutherford με πειράματά σκεδάσεως αρχίζει ν' αποσαφηνίζει τη δομή του ατόμου: εισηγείται το γνωστό *πλανητικό μοντέλο* με το ηλεκτρόνιο να κινείται σε πολύ μεγάλη απόσταση από τον πυρήνα, ο οποίος είναι φορτισμένος με φορτίο ίσο και αντίθετο εκείνου του ηλεκτρονίου και ο οποίος φέρει, πρακτικώς, όλη τη μάζα του ατόμου.

Τα πειραματικά ευρήματα του Rutherford επενδύονται το 1913 με τις θεωρητικές απόψεις του Δανού Niels Bohr (1885-1962), του πρώτου, ίσως, «θεωρητικού χημικού». Το 1916 ο Αμερικανός Χημικός Gilbert N. Lewis (1875-1946) προτείνει την πρώτη ηλεκτρονιακή ερμηνεία του χημικού δεσμού: εισηγείται ότι ο χημικός δεσμός, αυτή η «παύλα», —, της χημείας αποτελείται από ένα ζεύγος ηλεκτρονίων⁹. Με εικόνες:



μονός δεσμός διπλός δεσμός τριπλός δεσμός κ.ο.κ.

Ο Lewis προτείνει τις θεωρίες του των οκτάδων, των οξέων-βάσεων κ.τ.λ., όλα στηριζόμενα στο ηλεκτρονιακό ζεύγος, παρ' όλη την προφανή αντιφατικότητά του (βάσει του αναμφισβήτητου νόμου Coulomb ένα ζεύγος ηλεκτρονίων δεν αποτελεί σταθερή οντότητα, τα ηλεκτρόνια απωθούνται ισχυρότατα). Οι ιδέες του Lewis βρίσκουν σχεδόν ακαριαία ανταπόκριση στον επιστημονικό κόσμο της εποχής και ως γνωστόν, εξακολουθούν και σήμερα ακόμη να χρησιμοποιούνται ευρύτατα ο «μέσος» χημικός (ή φυσικός) τον χημικό δεσμό του ταυτίζει με ένα ηλεκτρονιακό ζεύγος. Παρ' όλη την πολύ μεγάλη χρησιμότητα των απόψεων Lewis, τα πράγματα φαίνεται να μην είναι και τόσο απλά.

Το 1925-26 αρχίζει η (μερική) αναγωγή (reduction) της χημείας

πρός τη φυσική καθώς και η προσπάθεια εξηγήσεως-κατανοήσεως των χημικών - φυσικών φαινομένων διά μέσου της κβαντικής μηχανικής. Το 1927, ένα έτος μετά την δημοσίευση της εξίσωσης Schrödinger, οι Heitler και London¹⁰, λύνουν (προσεγγιστικά) την εξίσωση Schrödinger για το μόριο του υδρογόνου, H₂, και θέτουν με τον τρόπο αυτό τα θεμέλια κατανοήσεως του χημικού δεσμού. Από τότε έχουν περάσει εξήντα οκτώ χρόνια, έχει συντελεσθεί τεράστια πρόοδος στη Χημεία και Φυσική, αλλά παρ' όλα αυτά η έννοια του χημικού δεσμού εξακολουθεί να ταλαιπωρεί τους επιστήμονες οι οποίοι ασχολούνται με το θέμα αυτό. Οι γνωστές υποδιαίρεσεις-εξηγήσεις, δηλαδή ομοιοπολικός, ετεροπολικός, μεταλλικός κ.τ.λ. δεσμός, ουσιαστικά στερούνται νοήματος. Παραδείγματος χάριν δύο τελευταία άρθρα στο περιοδικό *Journal of Physical Chemistry*, εισηγούνται την κατάργηση του όρου «μεταλλικός δεσμός». Τί συμβαίνει λοιπόν και η έννοια του χημικού δεσμού εξακολουθεί να ταλανίζει την σκέψη μας; Δύο είναι οι λόγοι:

(α) Η εξίσωση Schrödinger, μέσω της οποίας είμαστε αναγκασμένοι να περάσουμε για να εξηγήσουμε κάθε χημικό φαινόμενο είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, δεν υπάρχει τρόπος να λυθεί αναλυτικά εκτός από ελάχιστα συστήματα, και επομένως είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούμε προσεγγίσεις. Οι προσεγγίσεις αυτές έχουν δημιουργήσει πολύ μεγάλα προβλήματα εννοιολογικά καθώς και πολύ μεγάλα προβλήματα επικοινωνίας μεταξύ των επιστημόνων.

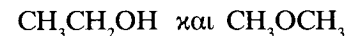
(β) Ο χημικός δεσμός, χρησιμοποιώντας πάντα «κβαντική γλώσσα», δεν είναι *παρατηρήσιμο μέγεθος*. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κατάλληλος *τελεστής*, δηλαδή «τελεστής χημικού δεσμού», ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον απευθείας υπολογισμό του χημικού δεσμού, ακολουθώντας την γνωστή μεθοδολογία της κβαντικής θεωρίας. Το μήκος δεσμού, π.χ. ενός διατομικού μορίου υπολογίζεται εμμέσως και ασχέτως εάν τα θεωρητικά αποτελέσματα είναι σε πλήρη συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα, η όλη διαδικασία στερείται διανυγείας.

Ο άνθρωπος ο οποίος την τελευταία εικοσαετία έχει επιτεθεί με σφοδρότητα εναντίον της εννοίας της *δομής*, είναι ο R. G. Wooley², ο οποίος ισχυρίζεται ότι ο δεσμός και η γεωμετρία των μορίων δεν φαίνεται να προκύπτουν από την λύση της εξίσωσης Schrödinger. Δηλαδή το σχήμα των μορίων, η δομική χημεία επί της οποίας στηρίζεται όλη σχεδόν η χημεία, η βιολογία και η βιοχημεία, η ύπαρξη της ζωής εν τέλει, δεν έχει *ακλόνητη θεωρητική υποστήριξη*. Και ίσως

έχει κάποιο δίκιο. Τουλάχιστον το θάρρος της γνώμης αυτής είναι πολύ μεγάλο, εάν σκεφθούμε πόσο βαθιά είναι ριζωμένη η έννοια των δεσμών και του σχήματος των μορίων, καθώς επίσης ότι ήδη από το 1929 ένας από τους μεγαλύτερους θεωρητικούς φυσικούς των ημερών μας, ο P. A. M. Dirac έχει γράψει στο *Proceedings of Royal Society of London*¹¹ ότι η «χημεία δεν είναι πλέον παρά εφαρμοσμένα μαθηματικά». Ο Wooley ρωτάει: ποιός είναι ο *a priori* λόγος που ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από πυρήνες και ηλεκτρόνια τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και οι κινήσεις τους ελέγχονται από τους κβαντικούς νόμους, να έχει ως αποτέλεσμα την «κλασική χημική δομή»; Η απάντησις είναι, φυσικά, ότι δεν υπάρχει κανένας τέτοιος λόγος, δεν φαίνεται δηλαδή οι κατάλληλες πληροφορίες να περιέχονται στην Χαμιλτωνιανή *H* του συστήματος, τουλάχιστον με τέτοιο τρόπο, ώστε η δομή να προκύπτει δίχως επί πλέον *υποθέσεις*. 'Ας δούμε, στοιχειωδώς, πώς επιχειρηματολογεί: Η ακριβής λύση της (χρονικώς ανεξαρτήτου) εξίσωσης Schrödinger και βάσει της προσεγγίσεως Born-Oppenheimer,

$$H\Psi_E = E\Psi_E$$

θα μας δώσει σειρά ιδιοσυναρτήσεων $\{\Psi_i\}_i^N$ και αντιστοιχών ιδιοτιμών $\{E_i\}_i$. Οι ιδιοσυναρτήσεις Ψ_i (στάσιμες καταστάσεις) αποτελούν την μη αναγωγίσιμη βάση συναρτήσεων για την αναπαράσταση της πλήρους μοριακής συμμετρίας μαζί με τη συμμετρία εναλλαγής όλων των αδιακρίτων σωματιδίων και σύμφωνα με την αρχή Pauli τέτοιου είδους ακριβείς συναρτήσεις δεν συμβιβάζονται με την ιδέα της κλασικής δομής. Δηλαδή ο Wooley τονίζει ότι δεν έχουμε κανένα δικαίωμα να αδιαφορούμε για την αρχή Pauli για ορισμένα σωματίδια και να την εφαρμόζουμε για άλλα. 'Ας δούμε ένα άλλο είδος δυσκολίας: Θεωρήστε δύο ισομερή, π.χ. την αιθυλική αλκοόλη και τον διμεθυλαιθέρα,



Τα δύο, τελείως διαφορετικά αυτά μόρια, έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο C₂H₆O, άρα έχουν την ίδια Χαμιλτωνιανή, άρα έχουν την ίδια εξίσωση Schrödinger. Προκύπτουν οι δύο αυτές δομές από τις *ακριβείς* λύσεις της εξίσωσης Schrödinger; Ποτέ δεν έχει λυθεί η εξίσωση Schrödinger λαμβάνοντας υπ' όψιν την πλήρη συμμετρία και τις κινήσεις *όλων των σωματιδίων*, άρα η απάντησις δεν είναι γνωστή¹².

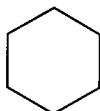
Ο χρόνος θα δείξει εάν η εξίσωση Schrödinger καλύπτει όλα τα ατομικά και μοριακά φαινόμενα. Ανεξαρτήτως όμως εάν χρειάζονται κάποιου είδους διορθώσεις στην εξίσωση Schrödinger, η κβαντική

θεώρησις κάθε φυσικού φαινομένου φαίνεται να μην επιδέχεται αμφισβητήσεις¹³.

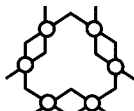
Είναι γεγονός όμως ότι η συνθετική χημεία δεν χρήζει πολυπλόκων θεωριών. Όπως ήδη ανεφέρθη, εξαιρετικώς πολύπλοκα μόρια συνετέθησαν σε εποχές που κανείς δεν γνώριζε τι σημαίνει άτομο και εάν υπάρχει. Η δομή του ατόμου άρχισε να διευκρινίζεται μετά το 1930. Όμως, η βαθύτερη κατανόηση κάθε φυσικού προβλήματος αποτελεί τον ορισμό του homo sapiens και την διαφορά του από τα άλλα έμβια όντα. Το παιχνίδι του χημικού δεσμού συνεχίζεται σήμερα εντονότερα παρά ποτέ, με την σύνθεση τρομακτικής ποικιλίας ενώσεων και υλικών. Ελπίζουμε μόνον ότι η τεχνολογία αυτή του χημικού δεσμού, τα «χημικά αυτά μυθιστορήματα» με αλφάβητο τα άτομα, να αποβούν χρήσιμα και ωφέλιμα στο ανθρώπινο είδος.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

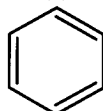
- 1.Α. Μαυρίδης, Χημικά Χρονικά, 49, 457 (1984).
- 2.Η έννοια της μοριακής δομής και του τι «σημαίνει» εξακολουθεί και σήμερα να είναι αντικείμενον συζητήσεως στη Χημεία. Παραπέμπουμε, π.χ. στα πολύ ενδιαφέροντα άρθρα,
R. G. Woolley, *J. Am. Chem. Soc.* 100, 1073 (1978);
K. Mislow and P. Bickart, *Israel, J. Chem.*, 15, 1 (1976-77);
R. D. Brown, *Chemistry in Britain*, 24, 770 (1988).
- 3.Α. S. Couper, *Compt. Rend.* XLVI, 1157 (1858).
- 4.Ο Kekule έγραψε για πρώτη φορά τον τύπο του βενζολίου ως εξαγωνο δίχως δεσμούς το 1865 (α), αλλά το 1866 χρησιμοποίησε μοντέλο με μονούς και διπλούς δεσμούς (β), ισοδύναμο με τον σύγχρονο τύπο του βενζολίου (γ).



(α)



(β)



(γ)

Βλ. J. R. Partington, «*A short History of Chemistry*», Dover NY (1989).

- 5.T. S. Kuhn, «*The Structure of Scientific Revolutions*», The University of Chicago press, London (1962).
- 6.J.-A. Le bel, *Bull. Soc. Chim* [2], 23, 338 (1875).
- 7.J. H. van't Hoff, «*La Chimie dans l' espace*», Rotterdam (1875).
- 8.Είναι δίκαιο όμως να προστεθή ότι η αντίστασις στην εξέλιξη των ιδεών από, συνήθως, το «παλαιό κατεστημένο», η οποία όντως ανακόπτει την «πρόοδο» είναι

πολλές φορές όχι μόνον χρήσιμη αλλά και αναγκαία. Διότι μόνον δια μέσου των αντιρήσεων στις καινούργιες απόψεις οι τελευταίες θεμελιώνονται και ισχυροποιούνται στην επιστημονική κοινότητα. Η βάσανος των ιδεών και ο πειραματικός τους έλεγχος, είναι, τελικώς, το μόνο θεμιτό μέσον για την αποδοχή θεωριών-προτύπων, τουλάχιστον στον χώρο των (φυσικών) επιστημών. Σε άλλους «χώρους» οι προκρούστιες μεθόδολογίες δεν είναι ασυνήθεις.

9.G. N. Lewis, *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 762 (1916).

10.W. Heitler and F. London, *Z. Phys.*, 44, 455 (1927).

11.P. A. M. Dirac, *Pror. Roy. Soc.* (London), 123, 794 (1929).

12.Για τα εννοιολογικά και μη προβλήματα της κβαντικής θεωρίας, βλ. π.χ. το θαυμάσιο βιβλίο του H. Primas, «*Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*», Springer-Verlag, N. Y. (1981).

13.S. Weinkerg, «*Dreams of a Final Theory*», Pantheon Books, N. Y. (1992).