

Αναστάσιος Βάρβογλης

ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ

Η ΧΡΥΣΗ ΕΠΟΧΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1997

ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ

• ΠΡΟΛΟΓΟΣ •

Το βιβλίο αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί ως συνέχεια της σειράς βιογραφιών που κυκλοφόρησε το 1995 με τίτλο *Μεγάλοι Χημικοί: Η Παλιά Φρουρά*. Στον πρώτο εκείνο τόμο παρουσιάζονται χημικοί του 19ου αιώνα, κατά τη διάρκεια του οποίου θεμελιώθηκε η Χημεία και απέκτησε υπόσταση ως αυθύπαρκτη επιστήμη. Κατά τον 20ό αιώνα, η Χημεία αναπτύχθηκε σε μεγάλο βαθμό δημιουργώντας το σημερινό επιβλητικό της οικοδόμημα που την έχει αναδείξει *Κεντρική Επιστήμη*. Η πρόοδος της Χημείας είναι βέβαια συλλογικό επίτευγμα που οφείλεται στις συνδυασμένες προσπάθειες χιλιάδων εμπνευσμένων δασκάλων και ικανών ερευνητών. Ωστόσο, υπήρξαν και πάλι τα ξεχωριστά εκείνα πνεύματα που χάραξαν τους νέους δρόμους. Αξίζει στ' αλήθεια να κάνουμε τη γνωριμία τους.

Στο δεύτερο λοιπόν βιβλίο βιογραφιών, με τον τίτλο *Μεγάλοι Χημικοί: Η Χρυσή Εποχή*, παρουσιάζονται τα πορτρέτα 39 χημικών, το έργο των οποίων σημάδεψε κυρίως τα πρώτα 50 χρόνια του αιώνα μας. Επέλεξα τα πρόσωπα πρωταρχικά με βάση τη συμβολή τους στην πρόοδο της Χημείας, αλλά με επηρέασε παράλληλα και η προσωπικότητά τους. Πώς να μη θαυμάσει κανείς την αυταπάρηση της Curie, την ψυχική ευγένεια των van't Hoff και Bjerrum, την επιμονή του Sumner, τους δύσκολους στόχους του Woodward ή τη μεγαλοσύνη του Pauling; Διαβάζοντας για τη ζωή τους –ή ακριβέστερα γι' αυτό που αποκαλείται στάση ζωής– ικανοποιείται ο συναισθηματικός μας κόσμος, αναγνωρίζονται αξίες και δημιουργούνται πρότυπα. Στις επιλογές μου, καθοριστική σημασία είχαν βέβαια

και οι διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, ένα μέρος των οποίων, οι πιο προσιτές, αναφέρονται στο τέλος.

Αρχετοί γνωστοί μεγάλοι χημικοί απουσιάζουν, επειδή απέκλεισα όσους είναι εν ζωή. Επιπροσθέτως, πρέπει να σημειώσω ότι το επιστημονικό έργο των νεότερων δημιουργών προσφέρεται ολοένα και λιγότερο ακόμη και για μια γενική παρουσίαση, εξαιτίας του πολύ εξειδικευμένου του χαρακτήρα. Είναι γεγονός ότι σήμερα έχουν γίνει τόσο δυσπρόσιτα τα μη εφαρμοσμένα επιτεύγματα, ώστε υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας και κατανόησης ακόμη και μεταξύ των ίδιων των χημικών. Οπωσδήποτε, προσπάθησα να παρουσιάσω με πολύ γενικευμένη μορφή και ευκολονόητο τρόπο τα επιτεύγματα των βιογραφούμενων χημικών. Η αλήθεια είναι ότι οι λεπτομέρειες –που συχνά αποτελούν εξαιρετικά αναγνώσματα– μπορεί να βρεθούν μόνο αν ανατρέξει κανείς στις πρωτότυπες εργασίες. Το μόνο πρόβλημα είναι ότι πολλές φορές είναι δημοσιευμένες σε δυσεύρετα περιοδικά.

Μια παράλειψη του πρώτου τόμου –η έλλειψη ευρετηρίων– θεραπεύεται. Στο τέλος του βιβλίου υπάρχουν συγκεντρωτικά ευρετήρια και για τους δύο τόμους, για τους χημικούς και ξεχωριστά για τους επιστημονικούς όρους.

Α. Βάρβογλης
Θεσσαλονίκη,
Οκτώβριος 1997

• ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ •

J.H. van't Hoff	9
W. Ramsay	18
A. Hantzsch	27
S. Arrhenius	35
L.H. Baekeland	43
C. Moureu	52
A.D. Little	61
A. Werner	68
M. Sklodowska-Curie	80
V. Ipatieff	95
F. Haber	105
V. Grignard	117
C. Weizmann	125
A. Stock	136
A. Windaus - H. Wieland	146
N. Bjerrum - J. Brønsted	159
I. Langmuir	170
H. Staudinger	180
O. Warburg	191
T. Svedberg - A. Tiselius	206
R. Robinson - C.K. Ingold	217
L. Ruzicka - V. Prelog	230

J. Sumner	241
T. Midgley	250
H. Urey - W. Libby	260
W.H. Carothers	273
R. Norrish	282
I. Joliot-Curie - F. Joliot-Curie	292
G. Wittig	302
K. Ziegler - J. Natta	312
L. Pauling	323
D. Crowfoot-Hodgkin	340
R.B. Woodward	350
<i>Βιβλιογραφία</i>	367
<i>Ευρετήριο Χημικών</i>	369
<i>Ευρετήριο χημικών όρων</i>	371

JACOBUS HENDRIKUS VAN'T HOFF

• 1852 - 1911 •



Ο Ολλανδός αυτός χημικός υπήρξε ένα από τα εξοχότερα πνεύματα του 19ου αιώνα. Η συμβολή του στην ανάπτυξη της σύγχρονης φυσικοχημείας ήταν καταλυτική, γι' αυτό και τιμήθηκε με το πρώτο βραβείο Nobel χημείας, το 1901, υποσκελίζοντας άλλους γνωστούς και αρχαιότερους «τη τάξει» χημικούς.

Τα επιτεύγματά του αναφέρονται κυρίως στη χημική ισορροπία και τις ιδιότητες των διαλυμάτων. Στα πεδία αυτά διευκρίνησε τους νόμους της χημικής κινητικής και της ωσμωτικής πίεσης. Επίσης, σε ηλικία 22 μόλις ετών, είχε την τόλμη να εξαγγείλει τη στερεοχημική κατασκευή των ενώσεων του άνθρακα, επεκτείνοντας ξαφνικά τα όρια των τύπων από τις δύο διαστάσεις στις τρεις.

Ο van't Hoff γεννήθηκε στο Ρότερνταμ, το τρίτο από τα επτά παιδιά μιας ευτυχομένης οικογένειας. Ο πατέρας του ήταν γιατρός και πολύ καλλιεργημένο άτομο. Αποτελούσε αγαπημένη του συνήθεια η ανάγνωση στην ολομέλεια της οικογένειας αποσπασμάτων από τα έργα του Shakespeare. Ο νεαρός van't Hoff επηρεάστηκε βαθιά από αυτό το περιβάλλον και

έμαθε από μικρός να αγαπά την ποίηση και την μουσική· έπαιζε πιάνο και έγραφε ποιήματα στα ολλανδικά και στα αγγλικά. Παράλληλα, ανέπτυξε μια κλίση προς τη χημεία, με ιδιαίτερη προτίμηση για την πιο θεαματική της μορφή - τις εκρήξεις. Λέγεται ότι διοργάνωνε επιδείξεις εκρηκτικών πειραμάτων και ήταν αρκετά προσγειωμένος, ώστε να έχει εισιτήριο. Η απόφασή του να γίνει χημικός προκάλεσε αντιδράσεις στους γονείς του, δικαιολογημένες ως ένα σημείο, αφού το επάγγελμα δεν είχε ακόμη αρχίσει να θεωρείται ως αξιόλογη καριέρα.

Οι σπουδές του άρχισαν στο Πολυτεχνείο του Delft, με ειδίκευση στην πρακτική χημεία. Ήταν τόσο επιμελής, ώστε τελείωσε το τριετές πρόγραμμα στα δυο χρόνια και ήλθε πρώτος στις τελικές εξετάσεις. Στο ίδιο διάστημα βρήκε το χρόνο να μελετήσει συστηματικά το έργο του Γάλλου μαθηματικού και φιλόσοφου Auguste Comte, ο οποίος είχε ασχοληθεί διεξοδικά με τις θετικές επιστήμες και ιδιαίτερα με τις σχέσεις μεταξύ φυσικής, χημείας και μαθηματικών. Ο νεαρός φοιτητής ενστερνίστηκε τις απόψεις του Comte, ότι δηλαδή το μαθηματικό πνεύμα και οι μέθοδοι της φυσικής θα έπρεπε να παίξουν κυρίαρχο ρόλο στην περαιτέρω ανάπτυξη της χημείας.

Ο επόμενος χρόνος τον βρίσκει στο Πανεπιστήμιο του Leiden, να τελειοποιεί τα μαθηματικά του. Παράλληλα «ανακαλύπτει» την ποίηση του Byron και γίνεται ένθερμος θαυμαστής του. Υπό την επήρεια αυτών των εμπειριών διαμόρφωσε ένα όραμα, σύμφωνα με το οποίο η χημεία θα αναβαθμιζόταν αν στηριζόταν στη φυσική, ενώ επίσης θα είχαν να παίξουν αποφασιστικό ρόλο η φιλοσοφία, τα μαθηματικά και η ποίηση. Οι νεανικές του ανησυχίες δεν έπαψαν ποτέ να τον γαλβανίζουν και είναι χαρακτηριστικό ότι στον εναρκτήριο λόγο του, όταν έγινε καθηγητής στο Άμστερνταμ, το θέμα που επέλεξε ήταν ο ρόλος της φαντασίας στην ανάπτυξη των θετικών επιστημών.

Για να προωθηθεί το ρομαντικό και φιλόδοξο αυτό σχέδιο

θα του χρειάζονταν και άλλα ακόμη εφόδια: περισσότερες γνώσεις της χημείας, διδακτορικό δίπλωμα και κατάλληλη απασχόληση. Ο επόμενος σταθμός του ήταν η Βόννη, όπου μαθήτευσε ένα χρόνο κοντά στον Kekulé, χωρίς όμως να αντλήσει ιδιαίτερα οφέλη. Αντίθετα, στο Παρίσι όπου πήγε στη συνέχεια, επωφελήθηκε πολύ από το γενικότερο πνεύμα που επικρατούσε στο εργαστήριο του Wurtz, υπό την καθοδήγηση του οποίου εργάστηκε για λίγο καιρό. Ο λόγος που δεν έμεινε περισσότερο, αν και το ήθελε, ήταν ότι οι γονείς του τον πίεζαν να μην καθυστερεί με το διδακτορικό του, που είχε προχωρήσει μόνο ως προς το θεωρητικό σκέλος, περνώντας τις απαραίτητες εξετάσεις. Επηρεασμένος από τις συζητήσεις του Παρισιού και πριν αρχίσει το πειραματικό σκέλος, αποφασίζει να δημοσιεύσει στα ολλανδικά μια ανεξάρτητη θεωρητική εργασία 11 σελίδων με τίτλο: «Πρόταση για την επέκταση στο χώρο των τύπων που χρησιμοποιούνται σήμερα στη χημεία, μαζί με μια σχετική παρατήρηση επί της σχέσης μεταξύ οπτικής στροφοεικής ικανότητας και της χημικής και της χημικής σύστασης των οργανικών ενώσεων» (1874). Ανάλογο περιεχόμενο είχε ένα συναφές άρθρο του Γάλλου Achille Joseph le Bel (1847 - 1930) που δημοσιεύθηκε ανεξάρτητα και σχεδόν ταυτόχρονα. Οι εργασίες αυτές έγραφαν ιστορία και έκτοτε τα ονόματα των δυο χημικών που δεν είχαν παρά μια σύντομη συνάντηση στο Παρίσι, έχουν συνδεθεί με την τετραεδρική διευθέτηση των υποκαταστατών του άνθρακα στις κορεσμένες του ενώσεις, σηματοδοτώντας την έναρξη μιας νέας εποχής. Από τότε η στερεοχημεία ολοένα και περισσότερο θα λαμβάνεται υπ' όψη για την ερμηνεία της δομής και της δραστηριότητας της μεγάλης πλειονότητας των κάθε είδους ενώσεων. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι υπάρχουν μερικά επίπεδα μόρια, όπως το αιθυλένιο, τα άτομα των οποίων περιορίζονται στις δυο διαστάσεις, ενώ ελάχιστα είναι μονοδιάστατα, όπως το ακετυλένιο.

Στην εργασία του van't Hoff γινόταν πρόβλεψη του αριθμού

των στερεοχημικών ισομερών για ενώσεις με περισσότερα του ενός ασύμμετρα άτομα άνθρακα. Η πρώτη πειραματική επαλήθευση έγινε από τον Emil Fischer στα σάκχαρα. Επίσης, η θεωρία του van't Hoff εξηγούσε τη γεωμετρική ισομέρεια των διδιάστατων ενώσεων (με διπλό δεσμό). Αξίζει εδώ να επισημανθεί και η διορατικότητα του Le Bel, ο οποίος πιθανολόγησε ότι το κυκλικά πολωμένο φως πρέπει να ευνοεί το σχηματισμό μιας κατά προτίμηση μορφής στείς χειρόμορφες ενώσεις, όπως επιβεβαιώθηκε πρόσφατα σε ορισμένες αντιδράσεις. Όπως συμβαίνει με τις περισσότερες επιστημονικές ανακαλύψεις, η εύρεση της στερεοχημείας του άνθρακα δεν έγινε «δι' αποκαλύψεως». Ο ίδιος ο van't Hoff παραδέχτηκε ότι είχε εμπνευστεί από ένα κείμενο του Wislicenus, ο οποίος είχε γράψει: «Γεγονότα όπως αυτό (οι δυο μορφές του γαλακτικού οξέως) μας αναγκάζουν να εξηγήσουμε τα διαφορετικά ισομερή μόρια με τον ίδιο συντακτικό τύπο ως έχοντα τα άτομά τους σε διαφορετικές θέσεις στο χώρο».

Η νέα θεωρία δεν προκάλεσε αρχικά μεγάλη εντύπωση, παρόλο που η εργασία του van't Hoff μεταφράστηκε στα γαλλικά και τα γερμανικά. Αντίθετα, υπήρξαν κάποιοι πολέμιοί της, όπως ο Kolbe, ο οποίος δεν εννοούσε να παραδεχθεί καμία θεωρητική έννοια, παραμένοντας πιστός στον πνευματικό του πατέρα, τον Berzelius. Μνημειώδης έχει μείνει η αναφορά στο άρθρο του *Σημεία των Καιρών*, όπου γελοιοποιούσε τον άγνωστο αυθάδη: "Σε κάποιον δόκτορα van't Hoff, της κτηνιατρικής σχολής της Ουτρέχτης, φαίνεται ότι δεν αρέσει η ακριβής χημική έρευνα. Θεώρησε πιο βολικό να ιππεύσει τον Πήγασο (που δανείστηκε προφανώς από την κτηνιατρική σχολή) και να διακηρύξει στο *Η Χημεία στο χώρο* πώς κατά την τολμηρή του πτήση στην κορυφή του χημικού Παρνασσού τα άτομα του φάνηκαν να έχουν σχηματίσει ομάδες παντού στο παγκόσμιο διάστημα". Η αίσθηση του χιούμορ που διέκρινε τον van't Hoff τον έκανε να συμπεριλάβει ολόκληρο το σατιρικό άρθρο του

Kolbe, δέκα χρόνια αργότερα, στη δεύτερη έκδοση της *Χημείας στο Χώρο*.

Το 1874 απονέμεται στο van't Hoff από το πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης ο τίτλος *Magister et Philo-sophiae Naturalis Doctor*. Το θέμα που πραγματευόταν στη διατριβή του ήταν μια όχι ιδιαίτερα σπουδαία πειραματική εργασία αναφορικά με τις ιδιότητες του μηλονικού οξέος. Μεσολάβησε ένας χρόνος χωρίς απασχόληση, ώσπου διορίστηκε βοηθός στην κτηνιατρική σχολή του πανεπιστημίου της Ουτρέχτης, όπου δίδαξε φυσική. Σύντομα μεταπήδησε στο πανεπιστήμιο του Άμστερνταμ, ως λέκτορας της χημείας. Το 1878 δημοσιεύει το πρώτο του βιβλίο *Απόψεις επί της Χημείας*, όπου ήταν ευδιάκριτη η επίδραση της φιλοσοφίας του Comte. Όπως ο ίδιος επισήμανε αργότερα, «Εκείνο τον καιρό επιθυμούσα να γνωρίσω τις σχέσεις μεταξύ σύνταξης των ενώσεων και χημικών ιδιοτήτων. Όπως και να το κάνουμε, σε τελική ανάλυση οι συντακτικοί τύποι όφειλαν να εκφράζουν πλήρως τη χημική συμπεριφορά. Το βιβλίο αυτό δεν αξίζει σήμερα πολλά πράγματα, αλλά σε μένα αποκάλυψε την ύπαρξη του χάσματος».

Όλη η μετέπειτα ερευνητική πορεία του van't Hoff χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια να γεφυρώσει το χάσμα που χώριζε το συσσωρευμένο πλούτο πειραματικών δεδομένων από τη βαθύτερη κατανόησή τους, βασιζόμενος σε ορθολογιστικές θεωρητικές βάσεις. Ήταν λοιπόν αναπόφευκτο να εγκαταλείψει την οργανική χημεία, η οποία εκείνη την εποχή δεν ήταν καθόλου ελκυστική από διανοητική άποψη, αφού περιοριζόταν σε έναν άχαρο συνθετικό ρόλο. Δεν είναι τυχαίο ότι ανάλογη στροφή έκανε και ο σπουδαίος Γάλλος χημικός Marcelin Berthelot (1827-1907), ο οποίος παρόλο που είχε σημαντικά επιτεύγματα στην οργανική σύνθεση, προτίμησε στη συνέχεια το χώρο της φυσικοχημείας. Ασχολήθηκε κυρίως με την θερμοχημεία και τα εκρηκτικά· επίσης αξιολογή ήταν η συμβολή του σε μελέτες χημικής ισορροπίας.

Τη χημική ισορροπία, όπου ήδη υπήρχαν και άλλες ενδιαφέρουσες μελέτες, επέλεξε ο van't Hoff ως ενδιαφέρον πεδίο, πρόσφορο για εμβάθυνση. Γιατί άραγε άλλες αντιδράσεις ήταν εύκολες και άλλες δύσκολες; Γιατί και πώς γίνονταν εν τέλει οι αντιδράσεις; Τέτοια ερωτήματα τον ώθησαν να μελετήσει τη θερμοδυναμική και κινητική συμπεριφορά των αντιδράσεων. Καρπός των δικών του κυρίως ερευνών και πρώτο σημαντικό σύνθετο έργο ήταν το βιβλίο του *Σπουδές Χημικής Δυναμικής*, που εκδόθηκε το 1884. Με αφετηρία τις μεταβολές της ταχύτητας ορισμένων αντιδράσεων, αναλόγως των συνθηκών, είχε την ευκαιρία να επεκταθεί στις θεωρίες της ισορροπίας και της χημικής συγγένειας σε τέτοιο βαθμό, ώστε το έργο να χαρακτηριστεί ως χημική επανάσταση. Για να περιοριστούμε σε ελάχιστες γενικότητες, αρκεί να αναφέρουμε τη μαθηματική επεξεργασία των νόμων της δράσης των μαζών και την ενοποίησή τους με την κινητική συμπεριφορά των αντιδράσεων. Επίσης, συνειδητοποίησε την αντιστρεπτότητα των αντιδράσεων και πρότεινε το γνωστό τους σύμβολο, τα αμφίδρομα βέλη, που χρησιμοποιούνται ως σήμερα. Παράλληλα με την διεισδυτική του σκέψη, ο van't Hoff ήταν έξοχος πειραματιστής. Τα πειράματα που επινοούσε και εκτελούσε ήταν πολύ απαιτητικά και συχνά ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιήσει συσκευές δικής του επινόησης - απλές, αλλά αποτελεσματικές. Ένα μεγάλο μέρος των αποτελεσμάτων του συγκεντρώθηκαν από μελέτες διαστολομετρίας, μια τεχνική που βασίζεται στις μετρήσεις μικρών μεταβολών όγκου των υγρών.

Τον επόμενο χρόνο, 1885, ο van't Hoff υπέβαλε στη Σουηδική Ακαδημία τρεις εργασίες που έμελλε να μείνουν κλασικές στο χώρο των ιδιοτήτων των διαλυμάτων, για τα οποία έκανε τη διαπίστωση ότι συμπεριφέρονται όπως και τα αέρια. Όπως και με το άρθρο του για τη στερεοχημεία, στην αρχή δεν υπήρξε καμιά αναγνώριση, με μια φωτεινή εξαίρεση. Ένας νεαρός Σουηδός, ηλικίας 25 ετών, ο Svante Arrhenius, συνειδητοποίη-

σε την αξία των νέων ανακαλύψεων (σελ. 35). Σε μια κριτική παρουσίαση του βιβλίου υπογράμμισε «τις απέραντες προοπτικές που ανοίγονταν για μελλοντικές έρευνες». Σύντομα θα γινόταν ο ίδιος ο πρώτος που επωφεληθήθηκε και μάλιστα αρχικά σε συνεργασία με τον van't Hoff, στο Άμστερνταμ. Σιγά-σιγά, άρχισαν να σημειώνονται ουσιώδεις αλλαγές στη χημική σκέψη, με κύριο πρωταγωνιστή έναν άλλο μεγάλο της φυσικοχημείας, τον Wilhelm Ostwald. Οι νέες ιδέες βρήκαν γόνιμο έδαφος για ανάπτυξη στο νέο ειδικό περιοδικό που ίδρυσαν το 1887 οι van't Hoff και Ostwald (*Zeitschrift für physikalische Chemie*), το οποίο συνεχίζει να κυκλοφορεί ως σήμερα.

Με τα χρόνια, το Άμστερνταμ χάρη στη σχολή που δημιούργησε ο van't Hoff εξελίχθηκε σε ένα από τα σπουδαιότερα κέντρα φυσικοχημικών μελετών. Σπουδαστές από όλο τον κόσμο συνέρρεαν για να επωφεληθούν από τις προχωρημένες γνώσεις που θα αποκτούσαν. Η κυβέρνηση ενίσχυσε οικονομικά την ανέγερση ενός νέου εργαστηρίου, που εγκαινιάστηκε το 1892. Ο van't Hoff με τη βοήθεια των άξιων συνεργατών του συνέχιζε με αμείωτη ένταση τις έρευνές του. Για πρώτη φορά εισήγαγε στη χημεία τις θερμοδυναμικές σχέσεις, προκειμένου να γίνουν καλύτερα κατανοητές οι ιδιότητες των διαλυμάτων. Αφορμή υπήρξε η παρότρυνση ενός συναδέλφου του βοτανικού να ασχοληθεί με το φαινόμενο της ωσμωτικής πίεσης, που είναι ιδιαίτερα θεαματικό στα φυτά, αφού οι χυμοί τους ανυψώνονται σε ύψος δεκάδων μέτρων. Ήδη ήταν γνωστό ότι ισχύει κατά προσέγγιση ο νόμος των τελείων αερίων ($PV=RT$), αλλά ο van't Hoff εισάγοντας στο δεύτερο μέλος της εξίσωση ένα μεταβλητό συντελεστή, i , μπόρεσε να εξηγήσει καλύτερα τα φαινόμενα. Την ορθή ερμηνεία του παράγοντος i , δηλαδή ότι αποτελεί μέτρο της ιονικής διάστασης των ηλεκτρολυτών, υπέδειξε ο Arrhenius με γράμμα του προς τον van't Hoff. Ο τελευταίος ασπασήθηκε με ενθουσιασμό την άποψη αυτή και δε δίστασε στην επόμενη εργασία του να εξάρει το ρόλο του

Arrhenius. Ας σημειωθεί ότι μετά τη διδακτορική διατριβή του Arrhenius τα ιόντα είχαν πια αποκτήσει συγκεκριμένη οντότητα και έπαψαν να είναι συγκροτήματα ατόμων, όπως τα είχε φανταστεί πρώτος ο Faraday, που πίστευε για παράδειγμα ότι το θειικό νάτριο αποτελείται από NaO^+ και SO^- . Ένα πρακτικό αποτέλεσμα που προέκυψε από την κατανόηση της οσμωτικής πίεσης ήταν η δυνατότητα μέτρησης μοριακών βαρών. Ο van't Hoff διερεύνησε επίσης τις θεμελιώδεις σχέσεις μεταξύ χημικής θερμοδυναμικής και ηλεκτρισμού και έδειξε πως με ηλεκτρικές μετρήσεις μπορεί να εξηγηθούν χημικά φαινόμενα.

Στο van't Hoff δεν άρεσαν τα διοικητικά καθήκοντα ούτε και η διδασκαλία. Όταν λοιπόν, το 1895, η Πρωσική Ακαδημία Επιστημών του πρόσφερε την έδρα της φυσικοχημείας στο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, αποφάσισε να δεχθεί, καθώς υπήρχε, εκτός από τα άλλα πλεονεκτήματα, και ένα επί πλέον ελκυστικό κίνητρο: όλες οι υποχρεώσεις του θα ήταν μια ώρα διδασκαλίας εβδομαδιαίως. Στο νέο του περιβάλλον επιδόθηκε απεριόσπαστος στην έρευνα, με λαμπρά και πάλι αποτελέσματα. Ξεχωριστή βαρύτητα έδωσε στη μελέτη του σχηματισμού αποθεμάτων αλάτων από τους ωκεανούς. Το θέμα αυτό επέλεξε θέλοντας να προσφέρει κάτι ενδιαφέρον και ενδεχομένως χρήσιμο για τη Γερμανία, αφού η νέα του πατρίδα διέθετε τα τεράστια αλατωρυχεία της Stassfurt. Αρχετοί θεώρησαν ότι αυτές οι έρευνες ήταν ήσσονος σημασίας, αλλά δεν είχαν όλοι την ίδια γνώμη, δεδομένου ότι βοήθησαν σημαντικά στην ανάπτυξη της βιομηχανίας της ποτάσας. Όπως ειπώθηκε από έναν βιομηχανό, οι Γερμανοί θα πρέπει να ήταν ευγνώμονες «για έναν άνθρωπο σαν κι αυτόν, ο οποίος για το κοινό καλό κάνει πράγματα που δεν είναι γοητευτικά».

Ανάμεσα στα πολυάριθμα ευρήματα αυτής της εποχής, αξίζει να αναφερθούν η διατύπωση κανόνων για την κρυστάλλωση των αλάτων από υδατικά διαλύματα και η διαπίστωση ότι

το άλας με νάτριο και αμμώνιο του τρυγικού οξέος σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 27 °C κρυσταλλώνεται με ένα μόριο ύδατος, χωρίς να σχηματίζει εναντιόμορφους κρυστάλλους. Αυτοί έχουν 4 μόρια ύδατος και προκύπτουν σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Αν ο Παστέρ διέθετε κρυστάλλους του πρώτου είδους, δε θα είχε επιτυχία στην αυτόματη διάσπασή τους σε δυο μορφές.

Στο Βερολίνο ο van't Hoff ασχολήθηκε και με τη συγγραφή βιβλίων. Μεγάλη επιτυχία είχαν οι *Παραδόσεις Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας* (1898), που μεταφράστηκαν σε πολλές ξένες γλώσσες. Ένα άλλο του βιβλίο, *Χημικές Βάσεις Διδασκαλίας*, εκδόθηκε μετά το θάνατό του, το 1912. Οι τελευταίες του έρευνες σχετίζονταν με ένα ακόμη πεδίο, τη συμπεριφορά των ενζύμων. Εφαρμόζοντας τις αρχές της δράσης των μαζών, έδειξε, ότι και οι ενζυμικές δραστηριότητες μπορεί να περιγραφούν ως κανονικές αντιστρεπτές χημικές αντιδράσεις. Δυστυχώς η υγεία του δεν του επέτρεψε να συνεχίσει το έργο του. Η φυματίωση εκείνη την εποχή σπάνια θεραπευόταν και όταν διαπιστώθηκε ότι είχε μολυνθεί από το βάκιλλο, ο οργανισμός του δεν άντεξε για πολύ. Πέθανε σε ηλικία 59 ετών, αφήνοντας δυο γιούς και δυο κόρες.

WILLIAM RAMSAY

• 1852 - 1916 •



Το όνομα του Ramsay έχει συνδεθεί άρρηκτα με την ανακάλυψη των ευγενών αερίων. Ο σπουδαίος αυτός Βρετανός χημικός ασχολήθηκε με μια ποικιλία θεμάτων, αλλά κυρίως με τη διερεύνηση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, από τον οποίο κατάφερε να απομονώσει τέσσερα νέα αέρια στοιχεία. Επίσης, απέδειξε ότι ένα ακόμη αέριο, το ήλιο, αποτελεί προϊόν μεταστοι-

χείωσης του ραδίου. Για τα επιτεύγματά του αυτά, που χρειάστηκαν πολλούς κόπους και μεγάλη επινοητικότητα, τιμήθηκε με ένα από τα πρώτα βραβεία Nobel, το 1904.

Ο Ramsay ήταν Σκωτσέζος, γεννημένος στη Γλασκόβη και από οικογενειακό περιβάλλον με παράδοση στις θετικές επιστήμες. Πολλοί συγγενείς του ήταν διακεκριμένοι χημικοί ή γιατροί, ένας θείος του μάλιστα υπήρξε διάσημος γεωλόγος. Το ενδιαφέρον του για τη χημεία εκδηλώθηκε όταν τυχαία διάβασε ένα βιβλίο για την πυρίτιδα. Άρχισε τις σπουδές του στη γενέτειρά του, σε ηλικία 14 μόλις ετών, για να συνεχίσει στο Tübingen, όπου δούλεψε στο εργαστήριο του Rudolf Fittig, υπό την καθοδήγηση του οποίου εκπόνησε τη διδακτορική του δια-

τριβή, με δυο θέματα: το ένα αναφερόταν στα μεθυλοβενζοϊκά οξέα και το άλλο στα παράγωγα του λευκόχρυσου με αμμωνία.

Κατά την επιστροφή του στη Γλασκόβη διορίστηκε βοηθός στο Πανεπιστήμιο, όπου ασχολήθηκε με θέματα οργανικής χημείας. Χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη μια μεγάλη ποσότητα ελαίου από απόσταξη οστών που βρήκε στην αποθήκη του εργαστηρίου, απομόνωσε μεθυλοπαράγωγα της πυριδίνης, τα οποία οξείδωσε προς οξέα. Επίσης, παρασκεύασε την πυριδίνη από ακετυλένιο και υδροκυάνιο. Παρόλο που η οργανική χημεία του ήταν αγαπητή, όπως προκύπτει και από ένα του γράμμα, εντούτοις οι επόμενες μελέτες του αναφέρονται στις ιδιότητες του πηλού. Από αυτή την ενασχόληση οδηγήθηκε στη διατύπωση της ερμηνείας της κίνησης του Brown, δηλαδή της συμπεριφοράς των κolloειδών σωματιδίων, τα οποία επιτελούν άτακτες κινήσεις λόγω του ανομοιόμορφου «βομβαρδισμού» τους από μόρια του μέσου διασποράς, συνήθως το νερό.

Το 1880, σε ηλικία 28 ετών, γίνεται καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Bristol. Αρχικά απαρνήθηκε την οργανική χημεία, για να εγκύψει στον αυστηρότερο και πιο πειθαρχημένο κόσμο της φυσικοχημείας. Οι πρώτες του έρευνες αποσκοπούσαν στη διερεύνηση των ιδιοτήτων διαφόρων απλών υγρών (αλκοόλες, αιθέρες, υδρογονάνθρακες), με απώτερο σκοπό τη σύνδεση των ιδιοτήτων τους με τα μοριακά βάρη των ενώσεων. Με το βοήθό του S. Young δημοσίευσαν πάνω από 30 εργασίες στον τομέα αυτό. Κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο Bristol, ο Ramsay έπαιρνε ενεργό μέρος στην πειραματική εργασία. Είναι αξιοσημείωτο ότι σχεδίαζε και κατασκεύαζε ο ίδιος τις κομψές γυάλινες συσκευές που του ήταν απαραίτητες· αυτές σύντομα θα αποτελούσαν μέρος του αναγκαίου εξοπλισμού για κάθε φυσικοχημικό εργαστήριο. Η δεξιοτεχνία του στην υαλοργία αποκτήθηκε με τη βοήθεια του Young· αργότερα, αυτή η εμπειρία αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη, όταν άρχισε τις μελέτες του με τα αέρια.

Το 1887 ο Ramsay εξελέγη καθηγητής στο University College του Λονδίνου, ως διάδοχος του A. W. Williamson. Αφού πρώτα καταπιάστηκε με την αναδιοργάνωση του απαρχαιωμένου εργαστηρίου, προχώρησε σε νέες έρευνες με μια ποικιλία στόχων. Για ένα διάστημα, υπέκυψε στην αγάπη του για την οργανική χημεία και ασχολήθηκε με μελέτες δικετονών και οργανομεταλλικών ενώσεων του αιθυλενίου. Συνέχισε με φυσικοχημικές και πάλι μελέτες για την επιφανειακή τάση και την πυκνότητα υγρών σε διάφορες θερμοκρασίες. Από αυτές προέκυψε η πρώτη πειραματική μέθοδος προσδιορισμού του μοριακού βάρους ενώσεων στην υγρή κατάσταση. Μετά από χρόνια στο Λονδίνο, η αξία του είχε πια αναγνωριστεί, αλλά δεν μπορούσε ακόμη να θεωρηθεί ως διασημότης. Οπωσδήποτε, είχε αποκτήσει βαθιές επιστημονικές γνώσεις, ερευνητικό πνεύμα με πλατιά οράματα, πειραματική δεξιότητα, φιλοσοφική διάθεση και γενικότερα έναν ενθουσιασμό για ακόμη πιο ενεργή ενασχόληση με τα μυστήρια της συμπεριφοράς της ύλης. Δεν έμενε παρά να παρουσιαστεί η κατάλληλη ευκαιρία.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1890, ένας φυσικός από το Βασιλικό Ίδρυμα, ο Lord Rayleigh (1842-1919) καταγινόταν με μετρήσεις της πυκνότητας των στοιχειακών αερίων. Είχε αναπτύξει πολύ ακριβείς μεθόδους που του επέτρεψαν να διαπιστώσει μια ανωμαλία στο άζωτο: όταν αυτό προερχόταν από χημική πηγή (την αποσύνθεση της αμμωνίας), ήταν πάντα ελαφρότερο από το ατμοσφαιρικό άζωτο. Ως πιθανή αιτία αυτής της ασυμφωνίας θεώρησε ότι το «χημικό» άζωτο περιείχε σε πρόσμιξη κάποιο ελαφρότερο αέριο. Αντίθετα, ο Ramsay, με τον οποίο συζήτησε το θέμα, ήταν της γνώμης ότι μάλλον στην ατμόσφαιρα έπρεπε να υπάρχει άλλο αέριο, βαρύτερο από το άζωτο και επίσης χημικά αδρανές. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι έναν ολόκληρο αιώνα νωρίτερα, ένας ερασιτέχνης, ο Άγγλος χημικός και φυσικός Henry Cavendish (1731-1810), είχε αποδείξει ότι το άζωτο δεν είναι τελείως αδρανές: αν ένα μίγμα του

με οξυγόνο υποβληθεί στην επίδραση ηλεκτρικών σπινθήρων, τότε παράγεται οξείδιο του αζώτου, το οποίο μετατρέπεται σε νιτρικό οξύ, όταν υπάρχει υγρασία. Ο Cavendish είχε παρατηρήσει ότι κατά τα πειράματά του παρέμενε πάντα ένα αέριο υπόλειμμα, το οποίο αντιστεκόταν σε περαιτέρω αντίδραση με το οξυγόνο. Αυτό ήταν περίπου το 1/120ό του όγκου του αζώτου, αλλά δεν ασχολήθηκε περισσότερο με τη διερεύνηση του θέματος. Ο Ramsay ξεκίνησε από παρόμοια πειράματα και σκέφθηκε να χρησιμοποιήσει μια χημική μέθοδο για να απομακρύνει το άζωτο από το αέριο υπόλειμμα, που ήταν πια φανερό ότι αποτελούσε κάποιο μίγμα του με ένα άλλο άγνωστο αέριο. Πράγματι, κατά την επίδραση μεταλλικού μαγνησίου σε υψηλή θερμοκρασία το άζωτο αντιδρά μαζί του και σχηματίζει ένα νιτρίδιο. Σε επανειλημμένους κύκλους αντιδράσεων με μαγνήσιο, η ποσότητα του αζώτου συνεχώς μειωνόταν. Παράλληλα, κάθε φορά η πυκνότητα του αερίου που παρέμενε αυξανόταν: από 14 (σε σχέση με το υδρογόνο) του καθαρού αζώτου έφθασε τελικά στο 20, τιμή που αντιστοιχούσε σε μοριακό βάρος 40.

Το νέο αέριο ήταν τελείως αδρανές, ακόμη και κάτω από τις πιο δραστικές συνθήκες, γι' αυτό ονομάστηκε αργό (τεμπέλικο). Η πιο εντυπωσιακή του ιδιότητα, εκτός από τη μεγάλη τιμή της πυκνότητάς του, ήταν οι νέες γραμμές που παρουσίαζε στο φάσμα του, ενδεικτικές ότι πρόκειται για νέο στοιχείο. Όπως συμβαίνει με κάθε πρωτοποριακό αποτέλεσμα, το νέο στοιχείο αμέσως αμφισβητήθηκε από τη χημική κοινότητα. Οι φυσικοχημικές όμως μετρήσεις που έκανε ο Ramsay στη συνέχεια ήταν ικανές να πείσουν και τους πιο δύσπιστους, αφού απέδειξαν ότι το αργό όχι μόνο ήταν νέο στοιχείο, αλλά είχε μία μοναδικότητα: από όλα τα γνωστά στοιχεία, ήταν το μόνο αποτελούμενο από ένα άτομο. Δεν υπήρχε πια καμία αμφιβολία ότι ένα νέο περίεργο στοιχείο είχε απομονωθεί.

Ένα χρόνο μετά την ανακάλυψη του αργού, το 1895, ένα νέο αέριο στοιχείο θα ερχόταν να προστεθεί, το ήλιο. Ήδη από

το 1868, οι αστρονόμοι μελετώντας το φάσμα του Ήλιου είχαν προτείνει ότι υπεύθυνο για ορισμένες φασματικές γραμμές έπρεπε να είναι ένα νέο στοιχείο που ονομάστηκε ήλιο. Στη γη όμως κανείς δεν είχε διαπιστώσει την παρουσία του. Τυχαία, από το γράμμα κάποιου φίλου του, ο Ramsay έμαθε ότι ένας Αμερικανός γεωλόγος είχε παρατηρήσει την έκλυση αερίου κατά την επίδραση θειικού οξέος στο ορυκτό του ουρανίου κλεβεΐτη. Η φύση του αερίου δεν είχε προσδιοριστεί, γι' αυτό και η αντίδραση του Ramsay ήταν αστραπιαία: την ίδια μέρα που πήρε το γράμμα, έστειλε το βοηθό του στα καταστήματα ορυκτών του Λονδίνου με την εντολή να αγοράσει όσες ποσότητες κλεβεΐτη υπήρχαν διαθέσιμες. Το μεσημέρι είχε στα χέρια του μια σεβαστή ποσότητα και ως το βράδυ είχε κατεργαστεί ένα μέρος της και είχε συλλέξει το αέριο! Μέσα σε δυο μέρες το είχε καθαρίσει και το είχε εγκλωβίσει σε έναν καθοδικό σωλήνα. Μόλις πήρε το φάσμα του, έγινε αμέσως φανερό ότι η έντονη κίτρινη γραμμή που παρουσίαζε έπρεπε να αποδοθεί σε ένα νέο στοιχείο. Με τη βοήθεια του M. Crookes πιστοποιήθηκε ότι το φάσμα το αερίου ήταν πανομοιότυπο με το φάσμα του υποθετικού αερίου του Ήλιου. Έτσι, σε διάστημα μικρότερο της μιας εβδομάδας γράφτηκε ιστορία: όπως εξακριβώθηκε, το ήλιο ήταν επίσης μονοατομικό, αδρανές από χημική άποψη, και το ελαφρότερο αέριο, μετά το υδρογόνο.

Κατά τα επόμενα δυο χρόνια, ο Ramsay επιδόθηκε στην αναζήτηση άλλων καλύτερων πηγών για τα νέα αέρια. Πράγματι, τα βρήκε να απαντούν στα νερά αρκετών ιαματικών πηγών· σήμερα γνωρίζουμε ότι το ήλιο απαντά κι αυτό σε ελάχιστα ποσά στην ατμόσφαιρα, η οποία αργά αλλά σταθερά εμπλουτίζεται, αφού η α -ακτινοβολία των ραδιενεργών στοιχείων αποτελείται από πυρήνες ήλιου. Τα δυο αέρια βρίσκονται σε αξιόλογες ποσότητες στα υπόγεια νερά και στο φυσικό αέριο, καθώς και σε κοιτάσματα πετρελαίου. Από τα τελευταία απομονώνεται σε μεγάλες ποσότητες το ήλιο, ενώ το αργό που απαντά σε αναλο-

γία περίπου 1% στην ατμόσφαιρα (30 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα) λαμβάνεται κατά την κλασματική απόσταξη του υδροποιημένου αέρα.

Από χημική άποψη, τόσο το ήλιο όσο και το αργό δεν έγινε ποτέ δυνατό να δώσουν κάποιο δείγμα δραστηριότητας. Αντίθετα, εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι φυσικές ιδιότητες του ηλίου. Η συμπεριφορά της ύλης ξάφνιασε εδώ τους επιστήμονες, καθώς το ήλιο σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία υδροποιείται προς δύο διαφορετικές μορφές, οι οποίες διαφέρουν σε εντυπωσιακό βαθμό στη θερμική αγωγιμότητα, κατά εκατό εκατομμύρια φορές. Η πιο αγωγίμη μορφή έχει επίσης μηδαμινό ιξώδες, ώστε μπορεί και διέρχεται από τριχοειδείς οπές σε κλάσματα του δευτερολέπτου ποσότητα που αν ήταν στην αέρια κατάσταση θα χρειαζόταν ολόκληρες μέρες. Η φθηνή τιμή των δύο αυτών αερίων τα κάνει ιδεώδη μέσα για τη δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας.

Μερικά χρόνια αργότερα, ο Ramsay θα είχε και πάλι μια συνάντηση με το ήλιο. Μετά την ανακάλυψη των ραδιενεργών στοιχείων, είχε διαπιστωθεί ότι από το θόριο, το ακτίνιο και το ράδιο εκλυόταν ένα αέριο που ονομάστηκε απορροή (emanation). Ο Rutherford είχε εκφράσει την άποψη ότι επρόκειτο για το ήλιο, αλλά έλειπε η πειραματική απόδειξη. Με τη συνεργασία του Frederick Soddy, ο Ramsay χρησιμοποιώντας ελάχιστη ποσότητα ραδίου κατόρθωσε να πιστοποιήσει την ταυτότητα του αερίου, που ήταν πράγματι το ήλιο. Υπήρξε όμως και συνέχεια, εφόσον κατά τη θεωρία της ραδιενέργειας έπρεπε να σχηματίζεται ταυτόχρονα και ένα ακόμη στοιχείο. Αυτό ήταν το δεύτερο συστατικό της απορροής, επίσης αέριο, το οποίο είχε ήδη ανακαλύψει και ονομάσει ραδόνιο ο F. E. Dorn. Το ραδόνιο ήταν σχετικά εύκολο να επισημανθεί εξαιτίας της ραδιενέργειάς του (έχει ημιπερίοδο ζωής περίπου 4 ημέρες), ενώ ο υπολογισμός του ατομικού του βάρους ήταν εύκολη υπόθεση. Όμως στη χημεία δεν αρκούν οι υποθέσεις,

όσο και αν είναι ευλογοφανείς· η πειραματική απόδειξη είναι αυτή που έχει τον τελευταίο λόγο. Να λοιπόν μια νέα πρόκληση, την οποία ο Ramsay ανέλαβε να πραγματοποιήσει. Εδώ ξεπέρασε σε δεξιότητες ακόμη και τον ίδιο του τον εαυτό, καθώς το δείγμα που απομόνωσε σε καθαρή κατάσταση είχε πιθανότατα το ρεκόρ του μικρότερου όγκου: ένα μόνο χιλιοστό του κυβικού χιλιοστόμετρου! Με τη βοήθεια ενός υπερευαίσθητου ζυγού που κατασκευάστηκε ειδικά για την περίπτωση, κατόρθωσε τελικά να ζυγίσει το αέριο και να επιβεβαιώσει το μεγάλο ατομικό του βάρος (223 βαρύτερο από το υδρογόνο).

Το ραδόνιο ήταν ο τελευταίος εκπρόσωπος της οικογένειας των ευγενών αερίων. Είχε προηγηθεί η απομόνωση από την ατμόσφαιρα τριών ακόμη μελών της ίδιας οικογένειας: του νέου, του κρυπτού και του ξένου. Το εγχείρημα είχε επιτευχθεί και πάλι από τον Ramsay και το συνεργάτη του Morris Travers. Ήταν ένα φοβερά δύσκολο έργο, αν αναλογιστεί κανείς τις ελάχιστες ποσότητες τους στον αέρα. Για το ξένο, που είναι και το σπανιότερο, υπολογίστηκε ότι απαντά σε έναν όγκο για κάθε 170.000.000 όγκους αέρα.

Μετά την απομόνωση του αργού και του ηλίου, έγινε φανερό ότι αυτά δεν ταίριαζαν να διευθετηθούν σε καμία ομάδα του περιοδικού πίνακα. Ο Ramsay θεώρησε ότι θα έπρεπε να καταταγούν σε μια καινούργια ομάδα με μηδενικό σθένος, αφού δεν είχαν την ικανότητα να σχηματίζουν ενώσεις. Επίσης, υπέθεσε ότι έπρεπε να υπάρχει τουλάχιστον ένα ακόμη αέριο ενδιάμεσου ατομικού βάρους. Αφού αναζήτησαν μάταια το νέο αέριο στα αέρια θερμοπηγών, αποφάσισαν να δοκιμάσουν την τύχη τους με τον ατμοσφαιρικό αέρα, χωρίς να υπάρχει κανένα εχέγγυο ότι εκεί θα έβρισκαν αυτό που ζητούσαν. Ξεκινώντας από τεράστιες ποσότητες υγρού αέρα, απομόνωσαν μετά από επανειλημμένες κλασματικές αποστάξεις 15 λίτρα αργού. Με πρώτη ύλη αυτό το αέριο και χρησιμοποιώντας εκλεπτυσμένες τεχνικές απόσταξης με συσκευές δικής τους επινόησης,

κατόρθωσαν πράγματι σε διάστημα δυο ετών να αποχωρίσουν τα τρία αέρια που αναφέραμε. Ίσως είναι άδικο μια τόσο δύσκολη προσπάθεια να συμπυκνώνεται σε μια τόσο σύντομη αναφορά. Αρκεί να αναφερθεί ότι η παραμικρή διαρροή στο πολύπλοκο σύστημα σωληνώσεων που χρησιμοποιούσαν είχε καταστροφικά αποτελέσματα ακυρώνοντας πολύμηνη εργασία - και υπήρξαν τέτοιες ατυχίες.

Μετά από πολλά χρόνια, το ξένο και αργότερα το κρυπτό αποδείχθηκε ότι δεν είναι τελείως αδρανές, αφού έγινε δυνατό να σχηματίσουν δεσμούς με το φθόριο και άλλα ηλεκτραρνητικές ομάδες. Από τις διάφορες ενώσεις τους, το διφθοριούχο ξένο αποτελεί σήμερα εμπορικό προϊόν και χρησιμοποιείται ως φθοριωτικό μέσο, καθώς συνιστά μια «εξημερωμένη» μορφή του πολύ δραστικού φθορίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η πρώτη ένωση του ξένου παρασκευάστηκε το 1962 από τον Καναδό χημικό Neil Bartlett, κατά την αντίδραση του αερίου με εξαφθοριούχο λευκόχρυσο. Ένα ευγενές αέριο καταδέχτηκε να έλθει σ' επαφή με ένα ευγενές μέταλλο!

Οι παραπάνω επιτυχίες ώθησαν τον Ramsay να συνεχίσει την αναζήτηση και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα ενός που πίστευε ότι θα ήταν ελαφρότερο από το ήλιο. Αυτή τη φορά ξεκίνησε με 120 τόννους αέρα, αλλά βέβαια η επιτυχία δεν ήλθε. Αντίθετα, προέκυψε μια επιστημονική γκάφα, καθώς στον κάθε επιστήμονα μπορεί να υπάρξουν και κάποιες ατυχείς στιγμές. Ο Ramsay πίστεψε ότι είχε απομονώσει ένα ακόμη αέριο από την ατμόσφαιρα, της ίδιας πυκνότητας με το αργό, αλλά με πολύ διαφορετικό φάσμα. Το μετααργό, όπως έσπευσε να το ονομάσει, αποδείχθηκε ότι δεν ήταν παρά αργό, το οποίο περιείχε λίγο διοξείδιο του άνθρακα και αυτό ήταν υπεύθυνο για τις νέες φασματικές γραμμές. Ο Ramsay δε στενοχωρήθηκε ιδιαίτερα για τη γκάφα του. Όπως θα έλεγε αργότερα, «Κανείς δεν είναι αλάνθαστος· εξάλλου, σε εικασίες αυτού του είδους έχει κανείς πολλούς καλούς φίλους, οι οποίοι

αμέσως θα διορθώσουν την ανακρίβεια».

Μια άλλη αποτυχία του που δε θέλησε να παραδεχθεί, παρόλο που δεν μπόρεσε να επαναλάβει το πείραμα η M. Curie, ήταν η υποτιθέμενη μεταστοιχείωση του χαλκού σε λίθιο. Αφήνοντας σε επαφή διάλυμα αλάτων χαλκού με ραδόνιο, παρατήρησε μετά από μερικές μέρες φασματοσκοπικά την ύπαρξη μικρών ποσοτήτων λιθίου που δεν προϋπήρχαν. Η εξήγηση αυτού του παράδοξου δόθηκε από το συνεργάτη του M. Travers και ήταν όχι μόνο απλή αλλά και διδακτική: Ο Ramsay κάπνιζε συνεχώς και πετούσε ανέμελα τη στάχτη του τσιγάρου του όπου εύρισκε, στο πάτωμα που σφουγγαριζόταν μια φορά την εβδομάδα ή και στον πάγκο εργασίας, όπου η καθαρίστρια δεν είχε δικαίωμα παρέμβασης. Όπως βρέθηκε αργότερα, η στάχτη περιέχει λίθιο και ασφαλώς αυτό είχε μεταφερθεί ως λεπτή σκόνη στο λιπαντικό της στρόφιγγας της γυάλινης συσκευής και από κει στο διάλυμα.

Ο Ramsay παντρεύτηκε και είχε ευτυχισμένη οικογενειακή ζωή. Του άρεσε να δημιουργεί φιλίες, μερικές από τις οποίες βασιζόνταν στις ξένες γλώσσες που μιλούσε. Ήταν ιδιαίτερα αγαπητός στους φοιτητές και τους συνεργάτες του. Χαρακτηριστικά της προσωπικότητάς του ήταν οι ήπιες αντιδράσεις του στις κακές στιγμές και ο ενθουσιασμός για την έρευνα, που ήξερε να μεταδίδει και στον περίγυρό του. Εξίσου καλός ήταν επίσης ως δάσκαλος και ομιλητής. Είχε επισκεφθεί πολλές χώρες ως επίσημος ομιλητής και τιμώμενο πρόσωπο.

Το 1912 παραιτήθηκε από τη θέση του, επειδή η υγεία του είχε αρχίσει να γίνεται επισφαλής και δεν μπορούσε να προσφέρει αυτό που ήθελε. Τα τέσσερα χρόνια ζωής που του απέμειναν έζησε στην εξοχή, κοντά στο Λονδίνο, χωρίς να πάψει να ενδιαφέρεται για μια ποικιλία επιστημονικών θεμάτων, με τα οποία καταπιανόταν στο εργαστήριο του σπιτιού του. Η τελευταία του εργασία δημοσιεύθηκε λίγες μέρες πριν από το θάνατό του.

ARTHUR HANTZSCH

• 1857 - 1935 •



Ο Hantzsch υπήρξε ένας από τους πρώτους μεγάλους οργανικούς χημικούς της Γερμανικής σχολής. Ίσως τα επιτεύγματά του δε γνώρισαν την αμεσότητα της δημοσιότητας και του ενδιαφέροντος που εξασφαλίζουν η μελέτη και η σύνθεση ενώσεων όπως γνωστά φυσικά προϊόντα ή ουσίες με προοπτικές εφαρμογών. Εντούτοις, ήταν ένας από τους πρώτους που προβληματίστη-

καν για τη λεπτομερή πορεία των αντιδράσεων, το μηχανισμό τους. Με περιορισμένα μέσα, κινούμενος στα πλαίσια της εποχής του, προσπάθησε να εμβαθύνει και να δώσει εξηγήσεις, δομικής και μηχανιστικής φύσης, σε μια εποχή που μόνο η σύνθεση «μετρούσε» και όλα ήταν ακόμη εμπειρικά.

Ο Hantzsch γεννήθηκε στη Δρέσδη, από πατέρα έμπορο κρασιών. Στο σχολείο δεν υπήρξε ιδιαίτερα καλός μαθητής, καθώς τα ενδιαφέροντά του ήταν μακριά από τα διδασκόμενα μαθήματα και αναφέρονταν στη ζωολογία και την παλαιοντολογία. Του άρεσαν πολύ οι ξένες γλώσσες, μεταξύ των οποίων και τα αρχαία Ελληνικά, για τα οποία είχε τέτοια αγάπη, ώστε να κάνει στο σπίτι ιδιαίτερα μαθήματα. Σιγά - σιγά πάντως η πε-

ριέργεια για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων έστρεψε το ενδιαφέρον του προς τη χημεία. Τελειώνοντας το γυμνάσιο, αποφάσισε να σπουδάσει αυτήν τη σχετικά νέα επιστήμη, στο Πολυτεχνείο της Δρέσδης. Ο καθηγητής της οργανικής χημείας R. Schmitt, μαθητής του Kolbe, υπήρξε ο μέντορας του Hantzsch, η διατριβή του οποίου είχε ως θέμα την παρασκευή παραγώγων της υδροκινόνης. Επειδή το Πολυτεχνείο δεν είχε το δικαίωμα να απονέμει διδακτορικά, ο Hantzsch τους τελευταίους έξι μήνες εργάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Würzburg, απ' όπου και πήρε το διδακτορικό του, το 1880, με την ανώτατη διάκριση (*summa cum laude*), αφού προηγουμένως υπηρέτησε για ένα χρόνο στο στρατό.

Την ίδια χρονιά διορίστηκε βοηθός στο Ινστιτούτο Φυσικοχημείας του Πανεπιστημίου της Λειψίας. Η ακαδημαϊκή ελευθερία του επέτρεψε να ασχοληθεί με θέματα οργανικής χημείας και όχι φυσικοχημείας, όπως θα ήταν αναμενόμενο. Συγκεκριμένα, πραγματοποίησε την περίφημη σύνθεση της τριμεθυλοπυριδίνης που έμεινε γνωστή με το όνομά του. Η εργασία αυτή αποτέλεσε την πραγματεία του για υφηγεσία. Η διάλεξη που την συνόδευε ήταν χαρακτηριστική των επιστημονικών του ανησυχιών, καθώς ανέπτυξε τις σχέσεις μεταξύ χημικής σύνταξης και φυσικών ιδιοτήτων των οργανικών ενώσεων. Στη Λειψία έμεινε ως το 1885, συνεχίζοντας τις έρευνές του στα παράγωγα της πυριδίνης. Την εποχή εκείνη είχε παραιτηθεί ο Victor Meyer από το Πολυτεχνείο της Ζυρίχης και ο Carl Kappeler, πρόεδρος του Ελβετικού Μορφωτικού Συμβουλίου, είχε αναλάβει και πάλι το έργο να βρει έναν αντάξιο διάδοχο. Ο Kolbe του πρότεινε τον Hantzsch ως δεύτερη επιλογή, με πρώτο το γαμπρό του. Το ίδιο συνέβη και με άλλους καθηγητές, που έβαζαν πρώτο τον ευνοούμενό τους και δεύτερο τον Hantzsch, με αποτέλεσμα η επιλογή να κλίνει υπέρ του τελευταίου.

Σε ηλικία λοιπόν 28 ετών, ο Hantzsch απέκτησε όλα τα προ-

νόμια του τακτικού καθηγητή. Παρόλο που ποτέ δεν εγκατέλειψε τη συνθετική πλευρά της χημείας, το κύριο ενδιαφέρον του δεν ήταν η απλή παρασκευή νέων ενώσεων, αλλά οι σχέσεις μεταξύ δομής και ιδιοτήτων, κυρίως για να ερμηνεύσει τη δραστηριότητά τους. Η σύνθεση δεν αποτελούσε γι' αυτόν παρά ένα εργαλείο και δεν ήταν αυτοσκοπός. Μετά την πυριδίνη, ασχολήθηκε με έναν άλλο ετεροκυκλικό δακτύλιο, το θειαζόλιο, το οποίο κατά την έκφρασή του παρουσίαζε χημικό μιμητισμό προς την πυριδίνη, με τρόπο ανάλογο προς τις σχέσεις του θειοφαινίου προς το βενζόλιο. Στη συνέχεια, στράφηκε προς διάφορες άλλες αζωτούχες ενώσεις, από την άκυκλη σειρά, όπως οι οξίμες, οι διαζωενώσεις και τα αζωπαράγωγα. Η αρχή της ενασχόλησής του με αυτά τα παράγωγα, στα οποία το άζωτο συνδέεται με διπλό δεσμό με άνθρακα ή άλλο άτομο αζώτου, έγινε με τη μνημειώδη διατριβή του A. Werner (σελ. 68), όπου για πρώτη φορά αποδείχθηκε ότι το άζωτο έχει στερεοχημική δομή στο χώρο και σχηματίζει ισομερή, εφόσον οι οξίμες προέρχονται από αλδεΐδες ή κετόνες μη συμμετρικές.

Στις μελέτες του, ο Hantzsch δεν περιοριζόταν στη σύνθεση, αλλά μελετούσε τη συμπεριφορά των ενώσεων που παρασκεύαζε χρησιμοποιώντας την απορρόφηση του φωτός, την κρυοσκοπία και την ηλεκτρική αγωγιμότητα, τεχνικές που κανονικά δεν εντάσσονταν στα ενδιαφέροντα των οργανικών χημικών. Τα αποτελέσματα που προέκυπταν από την εφαρμογή αυτών των τεχνικών έριχναν φως στις ελάχιστες διαφορές που συνήθως παρουσιάζουν τα στερεοχημικά ισομερή και ορισμένα ταυτομερή. Για τα τελευταία, συνειδητοποίησε από νωρίς ότι η πιο δραστική μορφή γενικά των ταυτομερών ζευγών, στα οποία δύο μορφές αλληλομετατρέπονται ταχύτατα, είναι δυνατό να κατευθύνει μια αντίδραση κατά τρόπο ώστε να απομονωθούν παράγωγα της μιας μορφής, έστω και αν αυτή βρίσκεται σε ίχνη. Όπως έγραφε, σε μια εποχή που κανείς ακόμη δεν ενδιαφερόταν για τέτοιες λεπτομέρειες, «Πρέπει να ανα-

γνωριστεί ότι δεν μπορούμε να εξηγήσουμε τις χημικές αντιδράσεις με τους συντακτικούς τύπους, επειδή μ' αυτούς παριστάνουμε μόνο την αρχική και την τελική κατάσταση του συστήματος. Ακόμη λιγότερο, αν απομακρυνθούμε από τη χημεία του άνθρακα, όπου η θεωρία του σθένους βασισμένη στη στερεοχημεία αποδείχθηκε τόσο πολύτιμη, και πάμε στη χημεία άλλων στοιχείων». Ασφαλώς θα του πρόσφερε μεγάλη ικανοποίηση η σημερινή εικόνα που έχει δημιουργηθεί για τη λεπτομερειακή πορεία των αντιδράσεων, όπου πράγματι οι σπουδαιότερες λεπτές διαφορές εξηγούνται με τη δομή στο χώρο όχι μόνο των ατόμων αλλά και των τροχιακών τους.

Μετά από οκτώ χρόνια στη Ζυρίχη, ο Hantzsch επέστρεψε στη Γερμανία, ως διάδοχος του Emil Fischer στο Πανεπιστήμιο του Würzburg, όπου παρέμεινε για δέκα χρόνια. Στο διάστημα αυτό συνέχισε τις μελέτες του στις ίδιες γενικές γραμμές, η φύση των οποίων δεν προσφέρεται για περιγραφή από αυτή τη θέση, ώστε δίκαια να θεωρηθεί ως ο πρώτος που ανέπτυξε τον κλάδο της φυσικής οργανικής χημείας. Το μόνο που θα αναφερθεί είναι η ενασχόλησή του σε βάθος με τις αλειφατικές νιτροενώσεις, οι οποίες απαντούν σε δύο ταυτομερείς μορφές που σχηματίζουν το ίδιο άλας και κατά συνέπεια ήταν κατάλληλες για τις μελέτες του συσχετισμού δομής και δραστηριότητας. Από το Würzburg, προήλθαν και τα δύο βιβλία του, το ένα με θέμα τη *Στερεοχημεία* και το άλλο τις *Διαζωενώσεις*. Θα πρέπει να ειπωθεί ότι παρόλα τα επιχειρήματα με τα οποία τεκμηριώνει τα συμπεράσματά του, αυτά δεν είχαν πάντα γενική αποδοχή, καθώς συχνά προηγούνταν της εποχής τους. Ο V. Meyer, για παράδειγμα, δεν παραδεχόταν την ισομέρεια των οξιμών, ενώ με τον L. Bamberger είχαν αρκετά σκληρή αντιπαράθεση για θέματα σχετικά με τις αζω-και διαζωενώσεις.

Η αναγνώριση του έργου του Hantzsch είχε ως επιστέγασμα τη μετάκλησή του στο Πανεπιστήμιο της Λειψίας, το 1903, όπου παρέμεινε ως τη συνταξιοδότησή του, το 1927. Το Πανε-