

# Χημικά Χρονικά

ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ  
1η Έκδοση 1936

CHEMICA CHRONICA  
General Edition  
Association  
of Greek Chemists

## ΑΦΙΕΡΩΜΑ

# 116

ΧΡΟΝΙΑ  
ΝΟΜΠΕΛ  
ΧΗΜΕΙΑΣ

1901 - 2016



Θεμελιωτές  
& Πρωτοπόροι της  
Σύγχρονης Χημείας



## Η Διοικούσα επιτροπή της Ε.Ε.Χ. (2016-2018)

**Πρόεδρος:** Σιδέρη Τριανταφυλλιά  
**Α' Αντιπρόεδρος:** Λαμπρόπουλος Βασίλειος  
**Β' Αντιπρόεδρος:** Μπίνας Βασίλειος  
**Γεν. Γραμματέας:** Γκανάτσιος Βασίλειος  
**Ειδ. Γραμματέας:** Βαφειάδης Ιωάννης – Αλέξανδρος  
**Ταμίας:** Βαμβακερός Ξενοφώντας  
**Μέλη:** Αποστολάκης Νικόλαος, Λαμπή Ευγενία,  
Παπαδόπουλος Αθανάσιος, Παπάς Σεραφεΐμ,  
Σιταράς Ιωάννης

## Περιφερειακά τμήματα της Ε.Ε.Χ.

**Αττικής και Κυκλάδων** (Πρόεδρος: Μακρυπούλιας Φώτιος), Κάνιγγος 27, Τ.Κ. 10682 Αθήνα, τηλ. : 210 3821524, 210 3829266, fax : 2103833597, e-mail : info@eex.gr

**Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας** (Πρόεδρος: Σαμανίδου Βικτωρία) Αριστοτέλους 6, Τ.Κ. 54623 Θεσσαλονίκη, τηλ./fax : 2310 278077, e-mail: ptkdm@eex.gr

**Πελοποννήσου και Δυτικής Ελλάδας** (Πρόεδρος: Γιαννόπουλος Παναγιώτης), Μαιζώνος 211, Τ.Κ. 26222 Πάτρα, τηλ./fax : 2610 362460, e-mail : eexpat@eex.gr

**Κρήτης** (Πρόεδρος: Πεντάρης Ευτύχης), Επιμενίδου 19, Τ.Κ. 71110 Ηράκλειο Κρήτης, Τ.Θ. 1335, τηλ./fax : 2810 220292, e-mail : crete@eex.gr , eexkritis@yahoo.com

**Θεσσαλίας** (Πρόεδρος: Κούρτη Χαρίκλεια), Σκενδεράνη 2, Τ.Κ. 38221 Βόλος, τηλ./fax : 24210 37421, e-mail : eexthes@eex.gr

**Ηπείρου - Κερκύρας - Λευκάδας** (Πρόεδρος: Κυριακάκου Γεωργία) Γραφείο X3 – 206B, 2ος όροφος, Τμήμα Χημείας – Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Πανεπιστημιούπολη Ιωαννίνων, Τ.Κ. 45110 Ιωάννινα, τηλ. : 26510 08716, e-mail : epiruseex@gmail.com

**Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας** (Πρόεδρος: Ρουκουνιώτης Αντώνιος) Λεβαδίτου 2, Τ.Κ. 35100 Λαμία, τηλ. : 22310 25388, e-mail : goula@liv.forthnet.gr

**Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης** (Πρόεδρος: Κακαλής Χρήστος), Ε.Ε.Χ. – Π.Τ. – Α.Μ.Θ. Μάρκου Μπότσαρη 7, Τ.Κ. 68100 Αλεξανδρούπολη, τηλ./fax : 25510 81002, e-mail : ptamth.eex@gmail.com

### Νοτίου Αιγαίου

Κλ. Πέππερ 1, Τ.Κ. 85100 Ρόδος, τηλ. : 22410 28638, 22410 37522, fax : 22410 35623, 22410 37522, e-mail : eex@rho.forthnet.gr

**Βορείου Αιγαίου** (Πρόεδρος: Χατζηβασιλείου Παναγιώτης), Ηλία Βενέζη 1, Τ.Κ. 81100 Μυτιλήνη, τηλ./fax : 22510 28183, e-mail : n.aegean@eex.gr

**Ιδιοκτήτης:** Ένωση Ελλήνων Χημικών  
**Εκδότης:** Η πρόεδρος της Ε.Ε.Χ. Σιδέρη Τριανταφυλλιά  
**Αρχισυντάκτης:** Κυριακίδης Συμεών  
**Αναπληρωτής Αρχισυντάκτης:** Ζήκος Νικόλαος  
**Μέλη Συντακτικής Επιτροπής:** Γιαννακόπουλος Ανδρέας, Καραγιάννης Ι. Μιλτιάδης, Κατσαφούρου Αγγελική, Κιτσινέλης Σπύρος, Κυριακού Ηρακλής, Περδικάρης Σταμάτιος, Τέλλα Ελένη  
**Εκπρόσωπος της Δ.Ε. της Ε.Ε.Χ. στη Συντακτική Επιτροπή:** Γκανάτσιος Βασίλειος  
**Τιμή Τεύχους:** 3 €  
**Συνδρομές:** Τακτικά μέλη (ενεργά): 40€  
Τακτικά μέλη (συνταξιούχοι): 25€  
Άνεργοι, μεταπτυχιακοί φοιτητές και στρατευμένοι: 15€  
Βιομηχανίες – Οργανισμοί: 74€  
Συνδρομή Εξωτερικού: \$120  
**Σχεδίαση - Παραγωγή Έκδοσης:** Adjust Lane  
Πευκών 147, 141 22 Ν. Ηράκλειο  
τηλ. : 210 7489487, 210 7489488,  
fax: 210 7489487, e-mail : info@adjustlane.gr

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 3 Σημείωμα του εκδότη
- 4 Βραβείο Νόμπελ Χημείας 2016 (Ε. Τέλλα)
- 6 116 χρόνια Νόμπελ Χημείας: Πρόσωπα & αριθμοί πίσω από τα βραβεία (Σ.Κυριακίδης)
- 11 Οι Θεμελιωτές & τα Νόμπελ της Αναλυτικής Χημείας (Μ.Ι.Καραγιάννης & Κ.Η.Ευσταθίου)
- 16 Βραβεία Νόμπελ σχετικά με Ανόργανη Χημεία (Ν.Κλούρας)
- 19 Τα Βραβεία Νόμπελ Χημείας. Οργανική Χημεία (Α.Βάρβογλης)
- 23 Φυσικοχημεία & Βραβεία Nobel (Α.Μαυρίδης & Α.Τσεκούρας)
- 28 Θεμελιωτές της Μοριακής Βιολογίας (Ε.Γ.Σιδέρης)
- 32 Διακεκριμένοι Χημικοί οι οποίοι δεν τιμήθηκαν ποτέ με το Βραβείο Νόμπελ
- 34 Για τον νομπελίστα που ξέχασες (Σ.Κιτσινέλης)
- 34 Ψωμί για το λαό & τοξικά αέρια για τον εχθρό. Η τραγική ιστορία του Γερμανού Χημικού Φριτς Χάμπερ (Α. Παντοκράτορας)
- 36 Νόμπελ Χημείας & Φιλοτελισμός
- 38 Κατάλογος βραβευθέντων με Νόμπελ Χημείας



**Κατενάνιο** (Klaus Horstmann-Czech), Ινστιτούτο Οργανικής Χημείας, Πανεπιστήμιο Χαϊδελβέργης. Ο καλλιτέχνης το είδε σαν σύμβολο της διαδραστικότητας των διαφόρων τομέων των επιστημών (Φωτογραφία: Α. Βάρβογλης).



## Τι κοινότατον; Ελπίς. Και γαρ οἱς ἄλλο μηδέν, αὐτὴ παρέστη. Θαλής ο Μιλήσιος, 643-548 π.Χ., Αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος

### Αγαπητοί συνάδελφοι,

Συμφωνώντας με τη ρήση του Θαλή του Μιλήσιου, ότι η ελπίδα είναι αυτή που μένει τελευταία, η ΔΕ της ΕΕΧ εύχεται το 2017 να είναι ένας χρόνος δημιουργίας, ανασυγκρότησης και ευημερίας, ατομικής και συλλογικής, ένας χρόνος που θα αναδείξει προοπτικές για την ανάπτυξη της Χημείας στη χώρα και για την επαγγελματική απασχόληση των νέων συναδέλφων μας Χημικών.

Η ΕΕΧ έχει σταθερά εκφράσει τη διάθεσή της να είναι μέρος της λύσης και όχι του προβλήματος και δεν επαναπαύεται στο να νιώθει άνετα με τα παλιά προβλήματα, αλλά αναζητά για τον επιστημονικό χώρο τον οποίο εκπράζει νέες λύσεις.

Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής συμμετείχε δυναμικά στην εναρκτήρια εκδήλωση της SusChem Greece, της οποίας είναι συνιδρυτικό μέλος, η οποία πραγματοποιήθηκε στις 16-12-2016 στο Athens Plaza με πολύ μεγάλη συμμετοχή πολιτικού, επιστημονικού και επιχειρηματικού κόσμου και ταυτόχρονα προχωρά στη διοργάνωση των εκδηλώσεων με τίτλο: «Παρασκευές στην ΕΕΧ: Επιστήμη-Καινοτομία-Βιομηχανία-Ανάπτυξη-Τυποποίηση», με πρώτη την εκδήλωση: «Το μετέωρο Βήμα της Έρευνας και της Καινοτομίας προς την εφαρμογή και την Βιομηχανία», που

πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 20-01-2017 με ελεύθερη είσοδο, στα γραφεία της ΕΕΧ.

Τέλος, με μεγάλη χαρά σας παρουσιάζουμε ένα τεύχος το οποίο αγκαλιάσαμε από την πρώτη στιγμή που η Συντακτική Επιτροπή μας το πρότεινε, γιατί εκτιμούμε ότι:

- είναι μία μεγάλη προσφορά προς όλους τους επιστήμονες,
- ότι το τεύχος θα αποκτήσει συλλεκτική αξία,
- ότι είναι ένας ύμνος στην προσφορά της αριστείας και της επιστήμης της Χημείας για την βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου,
- αλλά και για την ανάδειξη της διασύνδεσης των επιστημονικών ανακαλύψεων με τις γενικότερες πολιτικές και γεωστρατηγικές εξελίξεις.

Αξιότιμοι συνάδελφοι, το τεύχος των Χημικών Χρονικών που βρίσκεται μπροστά σας είναι ένα αφιέρωμα- παρουσίαση των Nobel Χημείας, με σχολιασμό και ταξινόμηση κατά κλάδο από έγκριτους Πανεπιστημιακούς Δασκάλους, με ιστορίες και παραλειπόμενα, το οποίο ευελπιστούμε ότι στο μέλλον θα είναι ένα σημείο αναφοράς για τους Ιστορικούς της Επιστήμης.

**Με εκτίμηση**

**Η εκδότρια**



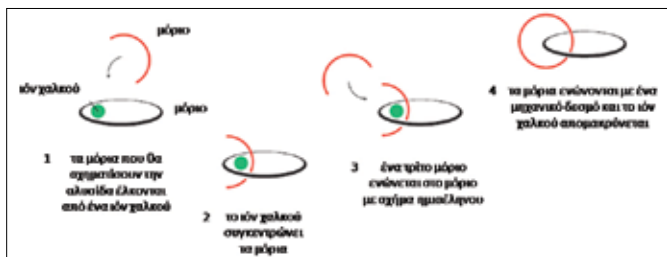
## Βραβείο Νόμπελ Χημείας 2016

Στις 5 Οκτωβρίου 2016 η Βασιλική Ακαδημία Επιστημών της Σουηδίας ανακοίνωσε την απονομή του Βραβείου Νόμπελ Χημείας για το 2016 στους επιστήμονες:

Jean-Pierre Sauvage (University of Strasbourg, France),  
Sir J. Fraser Stoddart (Northwestern University, Evanston, IL, USA)  
και Bernard L. Feringa (University of Groningen, the Netherlands)  
«για το σχεδιασμό και τη σύνθεση μοριακών μηχανών».

**Τ**ο Nobel Χημείας φέτος δόθηκε σε τρεις Ευρωπαίους επιστήμονες που εργάζονται εδώ και πολλά χρόνια πάνω στην Υπερμοριακή Χημεία και στην τέχνη του "να παίζεις με τα μόρια". Οι τρεις επιστήμονες κατάφεραν να συνδέσουν μόρια μεταξύ τους τα οποία μπορούν να κινηθούν αυτόνομα. Πρόκειται για τις αποκαλούμενες μοριακές μηχανές που μπορούν να επιτελέσουν κάποιο έργο, μετατρέποντας τη χημική ενέργεια σε κίνηση.

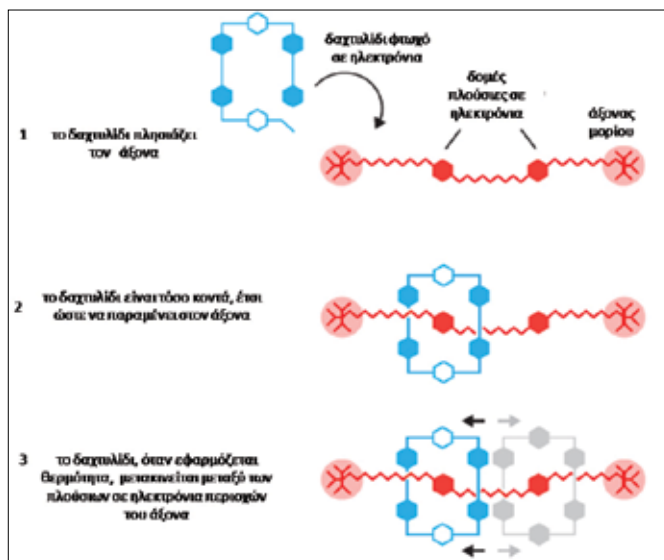
Το πρώτο βήμα έγινε από τον Jean-Pierre Sauvage το 1983, όταν κατόρθωσε να συνδέσει με επιτυχία δυο μόρια σε σχήμα δακτυλίου έτσι ώστε να σχηματίσουν τους κρίκους μιας αλυσίδας (catenane).



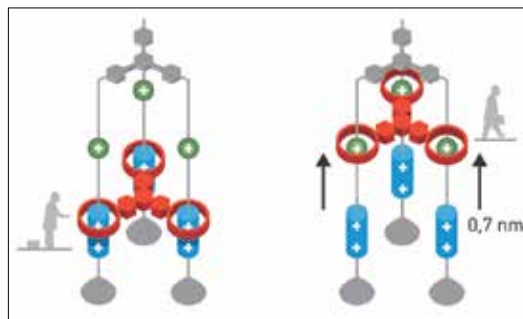
Σχήμα 1. Ο Jean-Pierre Sauvage χρησιμοποίησε ένα ιόν χαλκού για να συνδέσει μόρια χρησιμοποιώντας έναν μηχανικό δεσμό.

Τα μόρια κανονικά συνδέονται με ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς, όμως σε αυτήν την περίπτωση τα μόρια συνδέονται με έναν ελεύθερο μηχανικό δεσμό. Μια μηχανή για να μπορέσει να εκτελέσει μια εργασία πρέπει να αποτελείται από τμήματα που μπορούν να κινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο. Τα δυο μόρια – ως κρίκοι αλυσίδας, πληρούν ακριβώς αυτή την απαίτηση.

Το δεύτερο βήμα έγινε από Fraser Stoddart το 1991, όταν κατάφερε να τοποθετήσει ένα λεπτό μοριακό άξονα μέσα σε ένα κυκλικό μόριο (rotaxane) και απέδειξε ότι το δακτυλίδι ήταν σε θέση να κινηθεί κατά μήκος του άξονα. Αυτή η ανακάλυψη βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή μοριακού ανελκυστήρα, μοριακών μυών και μοριακού τσιπ υπολογιστών.



Σχήμα 2. Η μοριακή κατασκευή του Fraser Stoddart

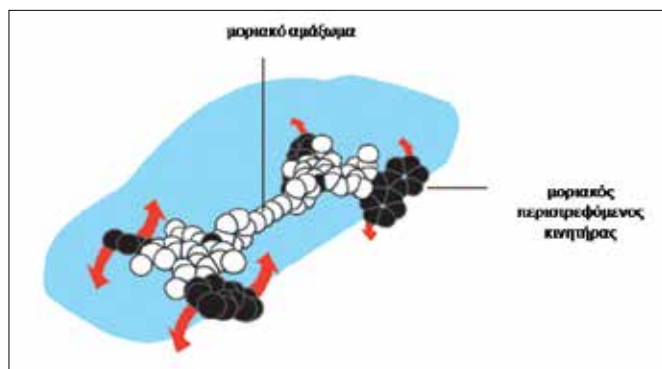
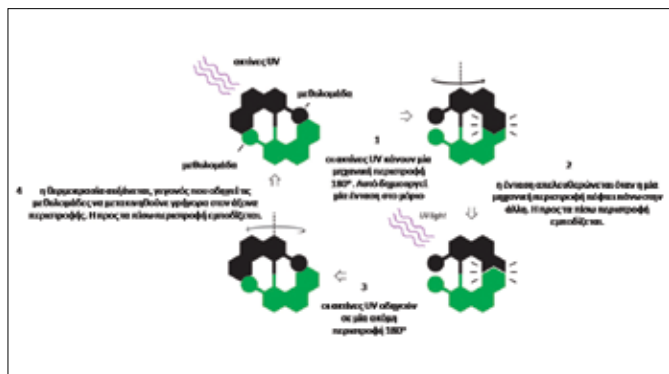


Σχήμα 3. Ο μοριακός ανελκυστήρας του Fraser Stoddart

Ο Bernard Feringa ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε ένα μοριακό κινητήρα το 1999. Χρησιμοποιώντας μοριακούς κινητήρες, κατάφερε να περιστρέψει ένα γυάλινο κύλινδρο, 10.000 φορές μεγαλύτερο από τον κινητήρα, ενώ σχεδίασε επίσης και ένα ναυτο-αυτοκίνητο.







Σχήμα 4. Ο Ben Feringa κατασκεύασε την πρώτη μοριακή μηχανή, η οποία περιστρεφόταν μηχανικά προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η ερευνητική του ομάδα βελτιστοποίησε τον κινητήρα, έτσι ώστε τώρα να περιστρέφεται με 12 εκατομμύρια στροφές ανά δευτερόλεπτο. Δεξιά Σχήμα 5. Το νανο-αυτοκίνητο του Ben Feringa (με 4 τροχούς)

Το μοριακό μοτέρ βρίσκεται στο ίδιο στάδιο που βρισκόταν ο ηλεκτρικός κινητήρας το 1830, όταν οι επιστήμονες δοκίμαζαν διάφορες ιδέες και κατασκευές, χωρίς να γνωρίζουν ότι κάποτε θα οδηγούμασταν στα ηλεκτρικά τρένα, πηλυντήρια, ανεμιστήρες κ.λπ. Οι μοριακές μηχανές πιθανότατα θα χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη νέων υλικών, αισθητήρων και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Πηγή: The Nobel Prize in Chemistry 2016, The Royal Swedish Academy of Sciences, <http://kva.se>

Για όσους θα ήθελαν επιπλέον πληροφορίες:

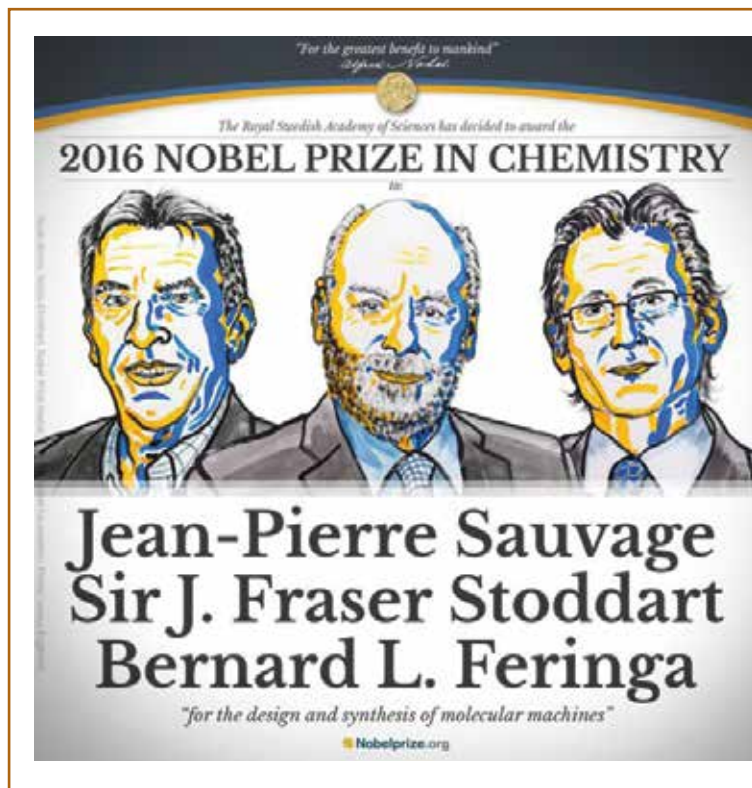
Όμορφες δομές από το site του καθηγητή Fraser Stoddart:

<http://stoddart.northwestern.edu/Index.php?View=Publications/Publications.php>

Η απάντηση που έδωσε ο καθηγητής Ben Feringa στην ερώτηση **What is your advice to young emerging scientists?**

Not to be afraid to ask daring questions and to enter into an adventure with chemistry. The molecular world is unlimited and the molecular approach is central in tackling many of the major challenges in science and society ranging from materials and energy carriers to the drugs of the future.

Και ολόκληρο το άρθρο : <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2009/cs/b819336n?page=search>



**JEAN-PIERRE SAUVAGE** Γεννήθηκε το 1944 στο Παρίσι (Γαλλία). Διδακτορικό το 1971 στο Πανεπιστήμιο του Στρασβούργου, Επίτιμος καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Στρασβούργου και Επίτιμος Διευθυντής στο Εθνικό Κέντρο Επιστημονικής Έρευνας (CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique). <https://isis.unistra.fr/laboratory-of-inorganic-chemistry-jean-pierre-sauvage/>

**SIR J. FRASER STODDART**. Γεννήθηκε το 1942 στο Εδιμβούργο, Μεγάλη Βρετανία-Σκωτία. Διδακτορικό το 1966 από το Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Διοικητικό Συμβούλιο και καθηγητής Χημείας στο Northwestern, Evanston, Illinois, ΗΠΑ. <http://stoddart.northwestern.edu/>

**BERNARD L. FERINGA**. Γεννήθηκε το 1951 στην Barger-Compasuum, Ολλανδία. Διδακτορικό το 1978 στο Πανεπιστήμιο Groningen, Ολλανδία. Καθηγητής Οργανικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο Groningen, Ολλανδία.



## 116 χρόνια Νόμπελ Χημείας: Πρόσωπα και αριθμοί πίσω από τα βραβεία

Τα βραβεία Νόμπελ Χημείας, διανύουν το πρώτο τέταρτο του δεύτερου αιώνα ζωής τους και η διαδρομή αυτή αντανακλά την πρόοδο της επιστήμης της Χημείας, την πρόοδο των συναφών με αυτήν επιστημών από τις οποίες επηρεάστηκε ή τις οποίες επηρέασε, καθώς και τις τεχνολογικές εφαρμογές οι οποίες στηρίχθηκαν στις εξελίξεις αυτές..

Το πρώτο μέρος του παρόντος άρθρου θα περιοριστεί σε ιστορικά στοιχεία, στις διαδικασίες επιλογής και βράβευσης των Νομπελιστών, καθώς και στην παράθεση στοιχείων και πληροφοριών που αφορούν κυρίως το Νόμπελ Χημείας. Στο δεύτερο μέρος θα επιχειρηθεί μια πολύ συνοπτική αναδρομή στους κυριότερους σταθμούς στην ιστορία του Νόμπελ Χημείας.

### Ο Νόμπελ και τα βραβεία Νόμπελ

**Ο** Alfred Nobel (1833-1896) ήταν ένας Σουηδός χημικός, μηχανικός και ο εφευρέτης της δυναμίτιδας. Μιλούσε με άνεση διάφορες γλώσσες, έγραφε ποιήματα και πεζά, καταπιάνονταν με κοινωνικά θέματα και ζητήματα ειρήνης, ενώ ήταν φορέας απόψεων και ιδεών που θεωρήθηκαν ριζοσπαστικές για την εποχή του. Το ομώνυμο βραβείο, που ήταν η τελευταία επιθυμία και κληροδότημα του Nobel, καθιερώθηκε το 1901 και από τότε απονέμεται αδιάλειπτα (με λίγες εξαιρέσεις, όπως τα χρόνια του πολέμου) σε φυσικά πρόσωπα και οργανισμούς. Πέντε ήταν αρχικά οι κατηγορίες βραβείων: Φυσικής, Χημείας, Φυσιολογίας ή Ιατρικής, Λογοτεχνίας και Ειρήνης, ενώ από το 1968 καθιερώθηκε και το Βραβείο Οικονομικών Επιστημών από την Κεντρική Τράπεζα της Σουηδίας στη μνήμη του Alfred Nobel (στο εξής BOE-ΚΤΣ). Το 1900 ιδρύθηκε το **Ίδρυμα Νόμπελ** (The Nobel Foundation) το οποίο διαχειρίζεται το κληροδότημα, οργανώνει και επιβλέπει τη διαδικασία, διοργανώνει τις τελετές και γενικότερα ελέγχει ό,τι έχει να κάνει με το βραβείο<sup>1,2</sup>

Κάθε χρόνο, στις αρχές Οκτωβρίου, ανακοινώνονται οι νικητές των βραβείων Νόμπελ αφού έχει προηγηθεί μια πλήρως καθορισμένη διαδικασία. Δύο μήνες μετά, στις 10 Δεκεμβρίου, κατά την τελετή απονομής στη Στοκχόλμη, ο βασιλιάς της Σουηδίας απονέμει σε κάθε νικητή από ένα μετάλλιο (εικόνα 1) και ένα δίπλωμα τα οποία συνοδεύονται από ένα σεβαστό χρηματικό ποσό. Το Νόμπελ Ειρήνης απονέμεται την ίδια ημέρα στο Όσλο. Το χρηματικό ποσό δεν είναι σταθερό κάθε χρόνο, αλλά καθορίζεται από το Ίδρυμα Νόμπελ και εξαρτάται από την απόδοση που έχουν οι επενδύσεις του Ίδρυματος.

Η επιλογή μεταξύ των υποψηφίων γίνεται από τη **Βασιλική Ακαδημία Επιστημών της Σουηδίας (BAES)** (Νόμπελ Φυσικής, Νόμπελ Χημείας και BOE-ΚΤΣ), τη **Σουηδική Ακαδημία** (Νόμπελ Λογοτεχνίας), την **Συνέλευση Νόμπελ του Ινστιτούτου Karolinska** (Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής) και τη **Νορβηγική Επιτροπή Νόμπελ** (Νόμπελ Ειρήνης).

Στο παρόν άρθρο θα περιοριστούμε στο Νόμπελ Χημείας. Στο με-



*Εικόνα 1. Τα χρυσά μετάλλια που προσφέρονται στους Νομπελίστες διαφέρουν είτε ως προς τη μία είτε και ως προς τις δύο όψεις. Ωστόσο, το μετάλλιο των Ν.Χ. και Ν.Φ. είναι κοινό και ως προς τις δύο όψεις, έργο του Σουηδού γλύπτη και χαράκτη Erik Lindberg. Η μπροστινή όψη, παρουσιάζει το πορτρέτο του Alfred Nobel και αναγράφονται οι χρόνοι γέννησης και θανάτου του. Στην πίσω όψη, η Φύση με τη μορφή της θεάς Ίσιδας αναδύεται μέσα από τα σύννεφα κρατώντας ένα κέρας της Αμάλθειας. Το πέπλο που καλύπτει το κρύο και αυστηρό πρόσωπό της το συγκρατεί η Επιστήμη. Η ελεύθερη απόδοση της λατινικής επιγραφής λέει: «οι ανακαλύψεις βελτιώνουν τη ζωή η οποία ομορφαίνει με την τέχνη». Στο κάτω μέρος υπάρχει χώρος στον οποίο χαράσσεται το όνομα του Νομπελίστα<sup>3</sup> (στην εικόνα, το μετάλλιο που απονεμήθηκε στον L.Pauling).*

ταξύ, αξίζει να αναφερθούν ορισμένα στοιχεία που αφορούν το θεσμό γενικώς: Το κάθε βραβείο απονέμεται σε ένα φυσικό πρόσωπο ή οργανισμό, αλλά μπορούν να το μοιραστούν έως και τρεις. Από το 1901 έως και το 2016 έχουν απονεμηθεί 579 βραβεία και έχουν ανακηρυχθεί 911 Νομπελίστες (πίνακας). Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ στην ελληνική γλώσσα τους νικητές των βραβείων Νόμπελ τους αποκαλούμε Νομπε-

λίστες, στην αγγλική έχει καθιερωθεί ο όρος laureate (δαφνοστεφής): **Nobel Laureates**. Από τους 911 Νομπελίστες, οι 49 είναι γυναίκες με πρώτη τη **Marie Curie** (Ν. Φυσικής, 1903). Ο νεότερος σε ηλικία κατά τη στιγμή της βράβειυσής του Νομπελίστας ήταν γυναίκα, η **Malala Yousafzai** (17 ετών, Ν. Ειρήνης, 2014), ενώ ο γηραιότερος ο **Leonid Hurwicz** (90 ετών, BOE-ΚΤΣ, 2007)<sup>3</sup>.



## Νόμπελ Χημείας – Η διαδικασία

Το Βραβείο Νόμπελ Χημείας (N.X.) απονέμεται σε εκείνο ή εκείνα τα πρόσωπα τα οποία μέσα από τη συνεχή, σχολαστική και δημιουργική καθημερινή δουλειά τους έχουν επιτύχει σημαντικούς στόχους, προάγοντας έτσι βασικές έννοιες της επιστήμης της χημείας, ή/και τεχνολογικές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της

χημείας. Πολύ συχνά το βραβείο μοιράζονται δύο ή τρεις, όλοι κατά ανάγκη άμεσοι συνεργάτες, αλλά επιστήμονες οι οποίοι εργαζόμενοι ανεξάρτητα και, αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα από διαφορετικές οπτικές γωνίες, συγκλίνουν προς την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου.

Πίνακας*	
Συνολικός αριθμός απονεμηθέντων βραβείων Νόμπελ	579
Συνολικός αριθμός κατόχων βραβείου Νόμπελ	911
Αριθμός απονεμηθέντων βραβείων N.X.	108
Έτη χωρίς απονομή βραβείου N.X.	8
Αριθμός κατόχων βραβείου N.X.	175 (174)**
Αριθμός βραβείων N.X. που απονεμήθηκαν σε 1 επιστήμονα	63
Αριθμός βραβείων N.X. που απονεμήθηκαν σε 2 επιστήμονες	23
Αριθμός βραβείων N.X. που απονεμήθηκαν σε 3 επιστήμονες	22
Αριθμός γυναικών κατόχων N.X.	4
Ηλικία νεαρότερου Νομπελίστα Χημ. (Frédéric Joliot, N.X. 1935)	35***
Ηλικία γηραιότερου Νομπελίστα Χημ. (John B. Fenn, N.X. 2002)	85***
Μέσος όρος ηλικίας Νομπελίστων Χημ.	58***

\*: Τα στοιχεία του πίνακα αναφέρονται σε δεδομένα μέχρι και το 2016

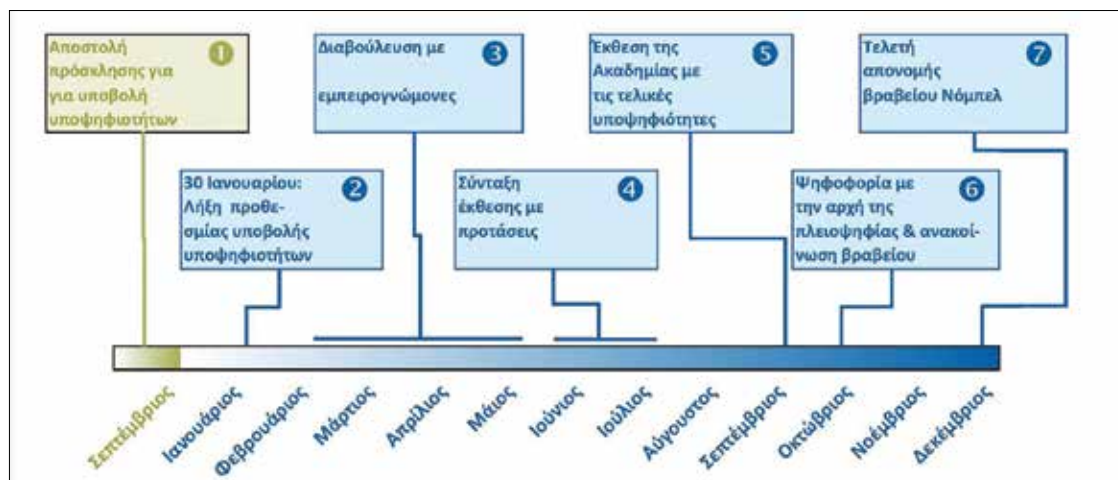
\*\* : Οι κάτοχοι είναι 175, αλλά ο Frederick Sanger έχει τιμηθεί δύο φορές, οπότε στην πραγματικότητα ο αριθμός είναι 174  
\*\*\*: Κατά τη στιγμή της βράβευσής τους

Σύμφωνα με το καταστατικό του Ιδρύματος Νόμπελ<sup>4</sup>, η Επιτροπή N.X. ορίζεται από την ΒΑΕΣ και συνήθως αποτελείται από καθηγητές Χημείας, μέλη της Ακαδημίας. Η Επιτροπή έχει ρόλο ομάδας εργασίας, χωρίς αποφασιστικές αρμοδιότητες, η δε τελική απόφαση λαμβάνεται με ψηφοφορία μεταξύ όλων των μελών της ΒΑΕΣ.

Η Επιτροπή αρχίζει το έργο της το φθινόπωρο του προηγούμενου έτους με την πρόσκληση υποβολής προτάσεων για υποψηφιότητες (nominations)<sup>5</sup>. Αποδέκτες αυτών των προσκλήσεων, τόσο για τη Χημεία όσο και για τη Φυσική είναι οι εξής: α) Μέλη της ΒΑΕΣ, β) Μέλη των Επιτροπών Νόμπελ Φυσικής και Χημείας, γ) Νομπελίστες Φυσικής και Χημείας, δ) Καθηγητές Φυσικής και Χημείας σε σκανδιναβικά πανεπιστήμια και στο Ινστιτούτο Καρολίνσκα, ε) Καθηγητές Πανεπιστημίων εκτός Σκανδιναβίας, που επιλέγονται εκ περιτροπής από την Ακαδημία των Επιστημών και στ) Άλλοι επιστήμονες τους οποίους η Ακαδημία επιλέγει να καλέσει. Το ρόλο των εισηγητών (qualified nominators), δηλαδή το δικαίωμα να προτείνουν τους υποψηφίους για το βραβείο, έχουν μόνο όσοι προαναφέρθηκαν, ενώ δεν επιτρέ-

πεται η αυτοπρόταση. Οι προτάσεις υποψηφιοτήτων (nominations) ενδέχεται να είναι πολύ περισσότερες από τον τελικό αριθμό υποψηφίων (candidates), καθώς ένας υποψήφιος μπορεί να προταθεί από περισσότερους εισηγητές. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τα πρώτα χρόνια οι υποψήφιοι κάθε χρόνο ήταν περίπου 10, ενώ τα τελευταία χρόνια ο αριθμός αυτός έχει αυξηθεί στους 250-350. Το ρεκόρ σε αυτόν τον τομέα έχει ο Walther Nernst, ο οποίος μέσα σε 16 χρόνια (μεταξύ 1906 και 1921) ήταν υποψήφιος 14 φορές, έχοντας συγκεντρώσει 76 συνολικά προτάσεις (nominations). Ο Nernst κέρδισε τελικά το βραβείο N.X. το 1920. Αξίζει να αναφερθεί ότι στοιχεία για τις προτάσεις και τις υποψηφιότητες μπορούν να αποκαλυφθούν και να ανακοινωθούν μετά από 50 χρόνια. Αυτή τη στιγμή γνωρίζουμε τα σχετικά στοιχεία μέχρι και το 1965<sup>6</sup>.

Η διαδικασία (εικόνα 2) διαρκεί συνολικά 15 μήνες με κορυφαία στιγμή την ανακοίνωση των νικητών και τελικό σταθμό την μεγαλοπρεπή τελετή της απονομής και τις παράλληλες με αυτήν εκδηλώσεις, στο τέλος της χρονιάς.



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας απονομής των βραβείων N.X.<sup>5</sup> η οποία αρχίζει με την πρόσκληση υποβολής προτάσεων και τελειώνει, μετά από 15 μήνες, με την τελετή απονομής.





## Νόμπελ Χημείας – Αριθμοί και δεδομένα<sup>3</sup>

Από το 1901 έως το 2016 έχουν απονεμηθεί 108 βραβεία Ν.Χ. τα οποία έχουν μοιραστεί 174 Νομπελίστες (πίνακας). Πρώτος βραβευθείς ήταν ο **Jacobus H. van 't Hoff** (Ν.Χ. 1901) «σε αναγνώριση των εξαιρετικών υπηρεσιών που έχει παράσχει με την ανακάλυψη των νόμων της χημικής δυναμικής και της οσμωτικής πίεσης διαλυμάτων». Στα 116 χρόνια Ν.Χ. έχουν βραβευθεί τέσσερις γυναίκες: **Marie Curie** (Ν.Χ. 1911 και Νόμπελ Φυσικής (Ν.Φ.) 1903), **Irène Joliot-Curie** (Ν.Χ. 1935), **Dorothy Crowfoot Hodgkin** (Ν.Χ. 1964) και **Ada Yonath** (Ν.Χ. 2009).

Στην ιστορία έχουν καταχωρηθεί τέσσερα φυσικά πρόσωπα τα οποία έχουν βραβευθεί από δύο φορές. Τα τρία από αυτά έχουν βραβευθεί και για Ν.Χ. Συγκεκριμένα: **Marie Curie** (Ν.Φ. 1903, Ν.Χ. 1911), **Linus Pauling** (Ν.Χ. 1954, Ν. Ειρήνης 1962), **Frederick Sanger** (Ν.Χ. 1958, Ν.Χ. 1980) και **John Bardeen** (Ν.Φ. 1956, Ν.Φ. 1972). Μάλιστα, ο Linus Pauling, είναι ο μοναδικός Νομπελίστες ο οποίος κέρδισε μόνος του και τα δύο βραβεία που κατέκτησε. Πολλοί αλλοί βραβευμένοι, αλλά όχι σε φυσικά πρόσωπα, είχαμε με την Διεθνή Επιτροπή του Ερυθρού Σταυρού (ICRC) (Ν. Ειρήνης 1917, 1944 και 1963) και την Υπατη Αρχιστεία του ΟΗΕ για τους πρόσφυγες (UNHCR) (Ν. Ειρήνης 1954 και 1981).

Κάποιες οικογένειες είχαν την τιμή και τη χαρά να πανηγυρίσουν περισσότερες από μία φορές ή/και για περισσότερα από ένα μέλη τους: η **Marie Curie** και ο **Pierre Curie** βραβεύθηκαν το 1903 με το Ν.Φ., ενώ η **Marie Curie** βραβεύθηκε για δεύτερη φορά το 1911 (Ν.Χ.). Η μεγαλύτερη κόρη των Curie, η **Irène Joliot-Curie** μαζί με τον σύζυγό της **Frédéric Joliot** τιμήθηκαν με το Ν.Χ. το 1935. Η μικρή τους κόρη, η **Eve Curie** που εργαζόταν στη UNICEF ήταν παντρεμένη

με τον **Henry R. Labouisse** ο οποίος το 1965 παρέλαβε εκ μέρους της UNICEF το βραβείο του Ν. Ειρήνης με το οποίο τιμήθηκε ο οργανισμός εκείνη τη χρονιά. Άλλες οικογένειες οι οποίες τιμήθηκαν με περισσότερα του ενός Νόμπελ από τα οποία το ένα τουλάχιστον ήταν Ν.Χ. ήταν οι **Hans von Euler-Chelpin** (πατέρας, Ν.Χ. 1929) και **Ulf von Euler** (υιός, Ν. Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1970), καθώς και οι **Arthur Kornberg** (πατέρας, Ν. Φυσιολογίας ή Ιατρικής 1959) και **Roger D. Kornberg** (υιός, Ν.Χ. 2006).

Στην ιστορία των Νόμπελ έχουν καταγραφεί δύο αρνήσεις απονομής του βραβείου. Το 1964 ο **Jean-Paul Sartre** αρνήθηκε το Ν. Λογοτεχνίας και το ίδιο έκανε το 1973 ο Βιετναμέζος **Le Duc' Tho**, ο οποίος είχε ανακοινωθεί μαζί με τον Henry Kissinger για το Ν. Ειρήνης. Εκτός από αυτούς, τρεις τιμηθέντες Γερμανοί αρνήθηκαν παρά τη θέλησή τους τη βράβευση, εξαναγκασμένοι από τον Χίτλερ και το ναζιστικό καθεστώς. Οι δυο από αυτούς είχαν τιμηθεί με το Ν.Χ.: οι **Richard Kuhn** (1938) και **Adolf Butenandt** (1939).

Ίσως είναι αναμενόμενο, αλλά η χώρα με τους περισσότερους Νομπελίστες Χημείας είναι οι ΗΠΑ. Το 73,5% από αυτούς (έως και το 2016) προέρχεται από τέσσερις χώρες: ΗΠΑ (63), Γερμανία (28), Ηνωμένο Βασίλειο (28), Γαλλία (9). Στον κατάλογο με τα πανεπιστήμια στα οποία εργάζονταν κατά τη στιγμή της ανακήρυξής τους, στην πρώτη θέση βρίσκονται το **Harvard University** και το **University of Cambridge** (MRC Laboratory of Molecular Biology) με 6 Νομπελίστες Χημείας το καθένα και ακολουθούν το **Stanford University**, το **University of California** και το **Humboldt-Universität zu Berlin** με 5.

## Τα Νόμπελ Χημείας και η εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας<sup>7-9</sup>

Διατρέχοντας την ιστορία των Ν.Χ. από το 1901 έως σήμερα, παρατηρούμε πώς αναπτύχθηκε η επιστήμη μέσα σε αυτά τα χρόνια και πώς από τους πρωτοπόρους θεμελιωτές των βασικών γνώσεων της σύγχρονης Χημείας έχουμε φθάσει στη δεύτερη δεκαετία του δεύτερου αιώνα των βραβείων, όπου η έμφαση πλέον είναι στις εφαρμογές της. Η ιστορία αυτή περιλαμβάνει σημαντικές ανακαλύψεις σε όλους τους κλάδους, με μεγαλύτερη έμφαση στη φυσικοχημεία και τις υποκατηγορίες της, στη χημική δομή, σε αρκετές περιοχές της οργανικής χημείας, καθώς και στη βιοχημεία. Φυσικά, τα όρια μεταξύ των διαφόρων κλάδων είναι δυσδιάκριτα, ως εκ τούτου η ταξινόμηση των βραβείων συχνά τα κατατάσσει σε περισσότερους τους ενός κλάδους. Σε άλλα άρθρα του παρόντος τεύχους παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι Νομπελίστες Χημείας και περιγράφεται η συμβολή τους στους κυριότερους κλάδους της Χημείας: Αναλυτική<sup>10</sup>, Ανόργανη<sup>11</sup>, Οργανική<sup>12</sup>, Φυσικοχημεία<sup>13</sup> καθώς και στη Βιοχημεία-Μοριακή Βιολογία<sup>14</sup>. Στο σημείο αυτό γίνεται μία πολύ συνοπτική αναδρομή στην ιστορία των Ν.Χ..

Κανείς δεν μπορεί να παραγνωρίσει το γεγονός ότι οι βασικές αρχές της σύγχρονης Χημείας στηρίχθηκαν πάνω σε θεμέλια τα οποία σε ένα βαθμό δανείστηκε από τη Φυσική. Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον Sir **Joseph John Thomson** (Ν.Φ. 1906), η διατύπωση του ατομικού προτύπου από τον **Niels Bohr** (Ν.Φ. 1922), ο οποίος στηρίχθηκε στις μελέτες των φασμάτων των στοιχείων του καθηγητή Φυσικής **Johannes Rydberg** (υποψή-

φιος για το Ν.Φ. το 1917), η διατύπωση της άποψης ότι η ύπαρξη των ομοιοπολικών δεσμών συνδέεται με την ύπαρξη ενός κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων από τον **Gilbert Newton Lewis** (μεταξύ 1922 και 1946, 17 φορές υποψήφιος για το Ν.Χ.!), έγιναν σχεδόν παράλληλα με την εργασία του **Jacobus Henricus van't Hoff** (Ν.Χ. 1901), για τις τέσσερις μονάδες συγγένειας του ατόμου του άνθρακα (ο οποίος ωστόσο, βραβεύθηκε για τη μεταγενέστερη δουλειά του στη χημική κινητική και την οσμωτική πίεση), τη διατύπωση της ηλεκτρολυτικής θεωρίας του **Svante Arrhenius** (Ν.Χ. 1903) και τις μελέτες του **Wilhelm Ostwald** (Ν.Χ. 1909) πάνω στη χημική ισορροπία και την κατάρλυση.

Η ανακάλυψη και μελέτη νέων χημικών στοιχείων, η συμπλήρωση του περιοδικού πίνακα των στοιχείων και η διαμόρφωσή του στη σημερινή του μορφή, ήταν το αποτέλεσμα της ερευνητικής εργασίας που έγινε, τις πρώτες δεκαετίες του εικοστού αιώνα, από επιστήμονες οι περισσότεροι των οποίων τιμήθηκαν με Νόμπελ<sup>11</sup>. Ο **William Ramsay** (Ν.Χ. 1904) ανακάλυψε το αργόν, υπέθεσε την ύπαρξη της ομάδας μηδέν και προέβλεψε την ύπαρξη άλλων τριών αερίων, τα οποία απομόνωσε αργότερα: νέον, κρυπτόν και ξέον. Το τελευταίο ευγενές αέριο, το ραδόνιο, ανακαλύφθηκε από κοινού από τον **Ernest Rutherford** (Ν.Χ. 1908) και τον **Frederick Soddy** (Ν.Χ. 1921). Για την ανακάλυψη νέων στοιχείων βραβεύθηκαν επίσης ο **Henri Moissan** (Ν.Χ. 1906, φθόριο) και η **Marie Curie** (Ν.Χ. 1911, ράδιο και πολώνιο). Ο **Georg von Hevesy** (Ν.Χ. 1943) ταυτοποίησε το άφνιο, ενώ





ένας άλλος Νομπελίστας, ο **Emilio Segre** (Ν.Φ. 1959) ανακάλυψε το τεχνήτιο και το αστάτιο. Τέλος, οι **Edwin McMillan** και **Glenn Seaborg** βραβεύθηκαν με το Ν.Χ., το 1951 για την ανακάλυψη των υπερουράνιων στοιχείων: ποσειδώνιο, πλούτωνιο, αμερίκιο, κιούριο, μπερκέλιο και καλιφόρνιο, προτείνοντας παράλληλα μια νέα οικογένεια στοιχείων, τις ακτινίδες. Ο Seaborg ανακάλυψε επίσης, ταυτόχρονα με άλλους επιστήμονες, και τις περισσότερες από τις υπόλοιπες ακτινίδες: αϊνστάνιο, φέρμιο, μεντελέβιο και νομπέλιο.

Το τέλος του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου και η περίοδος του Μεσοπολέμου συνοδεύτηκαν από πολύ σημαντικές νέες ανακαλύψεις στη χημεία: Έτσι, ο **Walther Nernst Hermann** (Ν.Χ. 1920) τιμήθηκε σε αναγνώριση του έργου του στη θερμοχημεία, ο **Irving Langmuir** (Ν.Χ. 1932) για τις εργασίες του στη χημεία των επιφανειών, ο **Harold Clayton Urey** (Ν.Χ. 1934) επειδή ανακάλυψε το βαρύ υδρογόνο, ο **Frédéric Joliot** και η **Irène Joliot-Curie** (Ν.Χ. 1935) για τη σύνθεση νέων ραδιενεργών στοιχείων, και ο **Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye** (Ν.Χ. 1936) για τη συμβολή του στη γνώση μας για τη μοριακή δομή.

Η αναγκαστική επιβράδυνση στην πρόοδο της επιστήμης που επέφερε η θλιβήρα του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, ακολουθήθηκε από μία παραγωγικότερη περίοδο. Ο **George de Hevesy** (Ν.Χ. 1943) τιμήθηκε για την εργασία του σχετικά με τη χρήση των ισοτόπων ως ιχνηθετών στη μελέτη των χημικών διεργασιών. Οι **Archer John Porter Martin** και **Richard Laurence Millington Syng** (Ν.Χ. 1952) τιμήθηκαν σε αναγνώριση της σπουδαιότητας εφευρέσεώς τους που δεν ήταν άλλη από την χρωματογραφία κατανομής. Η ανακάλυψη και ανάπτυξη των πολλαρογραφικών μεθόδων ανάλυσης (**Jaroslav Heyrovsky**, Ν.Χ. 1959) και της μεθόδου ραδιοανθρακικής χρονολόγησης με άνθρακα -14 (**Willard Frank Libby**, Ν.Χ. 1960) με την τεράστια σημασία της λόγω των εφαρμογών της στην αρχαιολογία και όχι μόνο, ανήκουν στην ίδια χρονική περίοδο<sup>10</sup>. Στην ίδια περίοδο θα πρέπει να μνημονευθούν και ο **Linus Pauling** (Ν.Χ. 1954) το ερευνητικό έργο του οποίου καθιερώνει μία μεγάλη περιοχή της επιστήμης της Χημείας<sup>11, 13</sup> και ο **Frederick Sanger**, ο μοναδικός κάτοχος δύο βραβείων Ν.Χ. ο οποίος ανέπτυξε τη μέθοδο προσδιορισμού της αμινοξικής αλληλουχίας των πρωτεϊνών και διαλεύκανε την πρωτοταγή δομή της ινσουλίνης, για τα οποία τιμήθηκε με το πρώτο, από τα δύο βραβεία του, το 1958.

Η κρυσταλλογραφία με ακτίνες Χ είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος για τη μελέτη της τρισδιάστατης δομής των μορίων. Έως σήμερα 17 Ν.Χ., 10 Ν.Φ. και 1 Ν. Φυσιολογίας ή Ιατρικής συσχετίζονται με τη βράβευση αντίστοιχων επιστημονικών επιτευγμάτων τα οποία στηρίχθηκαν σε κρυσταλλογραφικές μεθόδους και τεχνικές. Το πρώτο σχετικό Νόμπελ για μελέτες της δομής χημικών μορίων πήρε το 1936 ο **Debye**. Οι **Max Perutz** και **Sir John Kendrew**, το 1962 μοιράστηκαν το Ν.Χ. για τις μελέτες τους επί των δομών των σφαιρικών πρωτεϊνών, την ίδια χρονιά που οι **Francis Crick**, **James Watson** και **Maurice Wilkins** βραβεύθηκαν με το Ν. Φυσιολογίας ή Ιατρικής «για τις ανακαλύψεις τους σχετικά με τη μοριακή δομή των νουκλεϊνικών οξέων»<sup>14</sup> και ο **Linus Pauling** πήρε το δεύτερο βραβείο του, αυτή τη φορά το Ν. Ειρήνης. Δύο χρόνια αργότερα, η **Dorothy Hodgkin Crowfoot** (Ν.Χ. 1964) τιμήθηκε για τον καθορισμό των κρυσταλλικών δο-

μών της πενικιλίνης και της βιταμίνης Β12. Δύο δεκαετίες αργότερα, ο **Sir Aaron Klug** (Ν.Χ. 1982) έλαβε το βραβείο για την ανάπτυξη της τεχνικής της κρυσταλλογραφικής ηλεκτρονικής μικροσκοπίας και για τη διαλεύκανση της δομής των βιολογικά σημαντικών συμπλόκων νουκλεϊνικών οξέων-πρωτεϊνών. Οι **Hartmut Michel**, **Johann Deisenhofer** και **Robert Huber**, (Ν.Χ. 1988) κατόρθωσαν να κρυσταλλώσουν και να μελετήσουν τη στερεοχημική δομή ενός πρωτεϊνικού συμπλόκου (γνωστό ως photosynthetic reaction center) που υπάρχει σε ορισμένα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Στον ίδιο τομέα, τα τελευταία είκοσι χρόνια, οι **Paul Boyer** και **John Walker** μοιράστηκαν το μισό βραβείο Ν.Χ. του 1997 για τη διευκρίνιση του ενζυμικού μηχανισμού της σύνθεσης της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) – (το άλλο μισό απονεμήθηκε στον **Jens Skou**), ο **Roger D. Kornberg** (Ν.Χ. 2006) τιμήθηκε για την έρευνά του στη μοριακή βάση της μεταγραφής στα ευκαρυωτικά κύτταρα, οι **Venkatraman Ramakrishnan**, **Thomas Steitz** και **Ada Yonath** (Ν.Χ. 2009) βραβεύθηκαν για τις μελέτες τους σχετικά με τη δομή και λειτουργία του ριβοσώματος και οι **Robert Lefkowitz** και **Brian Kobilka** (Ν.Χ. 2012) για τη μελέτη των υποδοχέων της πρωτεΐνης G.

Η επιβράβευση της χημικής έρευνας με σαφώς βιολογικό προσανατολισμό άρχισε από πολύ νωρίς. Το 1907 η Επιτροπή Ν.Χ. έδειξε διορατικότητα σπάζοντας τα στεγανά μεταξύ της Χημείας και των Βιολογικών επιστημών απονέμοντας το Ν.Χ. στον **Eduard Buchner** «για τις βιοχημικές έρευνες του και την ανακάλυψη της ζύμωσης χωρίς την παρουσία κυττάρων». Από τότε, ένας μεγάλος αριθμός βραβείων Ν.Χ. έχει δοθεί στην έρευνα για τη μελέτη βιολογικών λειτουργιών (πχ ζυμώσεις) και βιοχημικών μηχανισμών (πχ φωτοσύνθεση, βιοσύνθεση πρωτεϊνών, βιοσύνθεση υδατανθράκων, σύνθεση του ATP), τη μελέτη της δομής και της σχέσης δομής και λειτουργίας των ενζύμων και πρωτεϊνών γενικότερα. Οι δεκαετίες του 60 και του 70 χαρακτηρίστηκαν από τις βραβεύσεις που έγιναν για την έρευνα πάνω στη δομή και το ρόλο των νουκλεϊνικών οξέων. Η έρευνα πάνω στη δομή των πρωτεϊνών και των νουκλεϊνικών οξέων συνεχίστηκε εντατικά καθ' όλη τη δεκαετία του '80. Το 1980 ο **Paul Berg** βραβεύθηκε με το μισό βραβείο Ν.Χ. για τις μελέτες του ανασυνδυσμένου DNA, ενώ το άλλο μισό πήραν από κοινού οι **Walter Gilbert** και **Frederick Sanger** (το δεύτερο του Ν.Χ.) για την ανάπτυξη μεθόδου προσδιορισμού της νουκλεοτιδικής αλληλουχίας των νουκλεϊνικών οξέων<sup>14</sup>. Δεν θα ήταν υπερβολή να ειπωθεί ότι ο τεράστιος κλάδος της γενετικής μηχανικής και της εφαρμοσμένης βιοτεχνολογίας στηρίχθηκαν εν πολλοίς στην έρευνα του Berg. Το 1989 οι **Sidney Altman** και **Thomas R. Cech** μοιράστηκαν το Ν.Χ. για άλλη μία σπουδαία ανακάλυψη προσθέτοντας ένα ακόμη εργαλείο στην βιοτεχνολογία: την απόδειξη ότι το RNA έχει και καταλυτικές ιδιότητες. Συγκεκριμένα απέδειξαν ότι ένα σύμπλοκο ριβονουκλεοπρωτεϊνών (ribozyme RNase P), έχει καταλυτικές ιδιότητες οι οποίες μάλιστα δεν οφείλονται στις πρωτεΐνες του συμπλόκου, αλλά στο RNA. Το 1993, το Ν.Χ. μοιράστηκαν ο **Kary B. Mullis** και ο **Michael Smith**. Ο πρώτος για την ανάπτυξη της μεθόδου της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR) η οποία δικαίως μπορεί να χαρακτηριστεί ως η κορυφαία στιγμή που χάραξε τη νέα εποχή στη μοριακή βιολογία.



Στον Michael Smith αναγνωρίστηκε η συμβολή του στην νέα τεχνική της θεση-κατευθυνόμενης μεταλλαξιγένεσης με τη χρήση ολιγονουκλεοτιδίων. Οι βραβεύσεις στον ίδιο τομέα συνεχίστηκαν και μετά το 2000: Οι **Aaron Ciechanover**, **Avram Hershko** και **Irwin Rose** τιμήθηκαν το 2004 επειδή ανακάλυψαν και μελέτησαν το μηχανισμό, μέσω της πρωτεΐνης ουβικιτίνη, που απομακρύνει από τον οργανισμό τις κατεστραμμένες ή μη χρήσιμες πρωτεΐνες. Τα Ν.Χ. των ετών 2006, 2009 και 2012 αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, ενώ το 2015 το Ν.Χ. μοιράστηκαν οι **Tomas Lindahl**, **Paul Modrich** και **Aziz Sancar** για τη χαρτογράφηση, σε μοριακό επίπεδο, του τρόπου με τον οποίο τα κύτταρα αποκαθιστούν το κατεστραμμένο DNA και διαφυλάσσουν τη γενετική πληροφορία, εργασία με προεκτάσεις στην ανάπτυξη νέων θεραπειών κατά του καρκίνου.

Στα πιο πρόσφατα χρόνια, έχουν απονεμηθεί επίσης Ν.Χ. σε επιστήμονες οι οποίοι έχουν συμβάλει στην κατανόηση χημικών μηχανισμών ή έχουν συνεισφέρει σε πολλές από τις τεχνολογικές εφαρμογές που απολαμβάνουμε σήμερα. Αξίζει να αναφερθεί ότι από το 2000 μέχρι το 2016 ανακηρύχτηκαν 43 νέοι Νομπελίστες Χημείας, αφού σχεδόν όλα τα βραβεία έχουν μοιραστεί 2 ή 3 επιστήμονες. Το 2000, το Ν.Χ. απονεμήθηκε στους

**Alan Heeger**, **Alan MacDiarmid** και **Hideki Shirakawa** για την ανακάλυψη και μελέτη των αγώγιμων πολυμερών η οποία έχει ήδη προσφέρει πολλές βιομηχανικές εφαρμογές και υπόσχεται ακόμη περισσότερες για τα επόμενα χρόνια. Το 2002 το Ν.Χ. πήγε κατά το ήμισυ στους **John B. Fenn** και **Koichi Tanaka** για την ανάπτυξη μεθόδων ταυτοποίησης και δομικής ανάλυσης βιολογικών μακρομορίων<sup>10</sup> (το άλλο μισό απονεμήθηκε στον **Kurt Wüthrich**). Από τις ελάχιστες φορές των τελευταίων χρόνων που το βραβείο Ν.Χ. πήγε σε έναν επιστήμονα ήταν το 2007 στον **Gerhard Ertl** ο οποίος βραβεύθηκε για τη μελέτη των χημικών διαδικασιών σε επιφάνειες στερεών, βάζοντας τις βάσεις αυτού που ονομάζεται σύγχρονη χημεία των επιφανειών και το 2011 στον **Dan Shechtman** για την ανακάλυψη των ημικρυστάλλων (quasicrystals), κρυστάλλων με πενταπλή συμμετρία (απειροδική). Τρεις τριάδες επιστημόνων κατά τα έτη 2001, 2005 και 2010 τιμήθηκαν για τις μελέτες τους σε μηχανισμούς οργανικών αντιδράσεων και γενικότερα για τη μελέτη οργανικών ενώσεων, μελέτες οι οποίες υπόσχονται νέες εφαρμογές<sup>12</sup>, ενώ μεγάλες είναι και οι υποσχέσεις που αφήνουν οι μοριακές μηχανές για το σχεδιασμό και τη σύνθεση των οποίων βραβεύτηκαν με το πρόσφατο Ν.Χ. (2016) οι **Jean-Pierre Sauvage**, **Fraser Stoddart** και **Ben Feringa**<sup>15</sup>.

## Επίλογος

Παρά την αίγλη, την αξία και την σχεδόν καθολική αποδοχή των βραβείων Νόμπελ, έχουν υπάρξει κατά καιρούς επικρίσεις από ορισμένους κύκλους σχετικά με το ποιοι και γιατί βραβεύονται με Ν.Χ. Πρώτα απ' όλα υπάρχουν επικρίσεις για το γεγονός ότι πολλά από τα βραβεία πηγάζουν σε μη χημικούς καθώς και ότι πολλά από τα βραβεία Ν.Χ. σχετίζονται με επιστημονική έρευνα στον κλάδο της μοριακής βιολογίας<sup>16</sup>. Τα τελευταία χρόνια πληθαίνουν οι φωνές που υποστηρίζουν ότι έφθασε η ώρα για τη θεσμοθέτηση βραβείων και σε άλλους κλάδους, όπως τα μαθηματικά και η βιολογία.

Οι πρόοδοι στην χημεία έχουν συμβάλει, και συνεχίζουν να συμβάλουν στην καλύτερευση της ποιότητας της ζωής, με

την διαλεύκανση των ιδιοτήτων των υλικών για βιομηχανικές εφαρμογές, με την εξακρίβωση των επιπτώσεων των χημικών ουσιών στο περιβάλλον, με την διαλεύκανση των κυριότερων βιοχημικών οδών σε οργανισμούς και κύτταρα και με την εξεύρεση σύγχρονων θεραπειών σε παλαιές και νέες ασθένειες. Δεν έχουμε δει μέχρι στιγμής και θα πρέπει να αναμένουμε κάποιο ή κάποια από τα επόμενα βραβεία Νόμπελ να συσχετιστεί με την πράσινη χημεία και με τις νέες τάσεις οι οποίες αποσκοπούν στην προστασία του πλανήτη μας και την αειφόρο ανάπτυξη. Το τελευταίο είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ευημερίας των μελλοντικών γενεών, και θα πρέπει να είναι ένας από τους βασικούς στόχους μας ως χημικών και κατοίκων του πλανήτη Γη.

## Βιβλιογραφία

1. The Official Web Site of the Nobel Prize, [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)
2. Norrby, E., (2002), "A Century of Nobel Prizes", *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol 146(4), 323, Web. 30 Oct 2016. <https://amphilsoc.org/sites/default/files/proceedings/401.pdf>
3. "Nobel Prize Facts". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 30 Oct 2016. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/facts/index.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/facts/index.html)
4. "The Nobel Foundation - Statutes". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 30 Oct 2016. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_organizations/nobel\\_foundation/statutes.html](http://www.nobelprize.org/nobel_organizations/nobel_foundation/statutes.html)
5. "Nomination and Selection of Chemistry Laureates". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 30 Oct 2016. <http://www.nobelprize.org/nomination/chemistry/index.html>
6. "Nomination Database". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 30 Oct 2016. <http://www.nobelprize.org/nomination/archive/search.php>
7. "The Nobel Prize in Chemistry: The Development of Modern Chemistry". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 30 Oct 2016. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/themes/chemistry/malmstrom/index.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/chemistry/malmstrom/index.html)
8. Roda, A., (2010), "ABC presents Nobel Prize Winners in Chemistry", 396:1615–1617, Web. 30 Oct 2016. <http://www.springer.com/>
9. Trifiro, F. "The Contribution of Nobel Laureates to Chemistry - EOLSS." N.p., n.d. Web. 30 Oct 2016. <http://www.eolss.net/Eolss-sampleAllChapter.aspx>
10. Καραγιάννης, Μ.Ι. & Ευσταθίου, Κ.Η. (2017), "Οι Θεμελιωτές και τα Νόμπελ της Αναλυτικής Χημείας", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 11
11. Κηλούρας, Ν. (2017), "Βραβεία Νόμπελ σχετικά με Ανόργανη Χημεία", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 16
12. Βάρβογλης, Α. (2017), "Τα Βραβεία Νόμπελ Χημείας, Οργανική Χημεία", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 19
13. Μαυρίδης, Α. & Τσεκούρας, Α. (2017), "Σημαντικά Βραβεία Nobel Χημείας στον κλάδο της Φυσιολογίας", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 23
14. Σιδέρης, Ε.Γ. (2017), "Θεμελιωτές της Μοριακής Βιολογίας", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 28
15. Τέλλη, Ε. (2017), "Βραβείο Νόμπελ Χημείας 2016", *Χημικά Χρονικά*, 79 (1) σ. 4
16. Hoffmann, R. (n.d.), "Editorial: What, Another Nobel Prize in Chemistry to a Nonchemist?" Web. 30 Oct 2016, from <http://doi.wiley.com/10.1002/anie.201108514>



## Οι Θεμελιωτές και τα Νόμπελ της Αναλυτικής Χημείας

### 1. Οι Θεμελιωτές της Αναλυτικής Χημείας

**Η** έναρξη του 20ου αιώνα σηματοδοτήθηκε με μια κρίσιμη καμπή στην ιστορία της χημείας. Εξετάζοντας τα πρώτα βραβεία Νόμπελ Χημείας και Φυσικής διαπιστώνεται ότι η πρόοδος της Χημείας και ιδιαίτερα της Αναλυτικής Χημείας ακολουθεί εκείνη της Φυσικής. Η Χημεία καταλαμβάνει κεντρική θέση στις φυσικές επιστήμες. Από τη μια πλευρά συνορεύει με τη Φυσική και από την άλλη με τη Βιολογία. Η Φυσική παρέχει τη θεωρητική θεμελίωσή της και την τεχνολογική υποστήριξη για την ανάπτυξη της αναλυτικής οργανολογίας. Η Βιολογία ασχολείται με τα πολυπλοκότερα χημικά συστήματα, τα βιολογικά μεγαθύμια και τους ζώντες οργανισμούς, για τους οποίους πρέπει να δοθούν απαντήσεις, σε ό,τι αφορά την απομόνωσή τους με χρήση αναλυτικών μεθόδων διαχωρισμού και τη διερεύνηση της δομής τους με χρήση αναλυτικής οργανολογίας.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι τα βραβεία Νόμπελ Χημείας που συνδέονται με τον κλάδο της Αναλυτικής Χημείας συνδέονται έμμεσα και με τις προόδους που πραγματοποιήθηκαν κατά τον 17ο, 18ο και 19ο αιώνα από τους θεμελιωτές της χημείας, όπως οι **Robert Boyle** (1627-1691), ο **Friedrich Hoffmann** (1660-1742), ο οποίος επινόησε τη *σταθμική ανάλυση*, ο **Torben Bergman** (1735-1784), ο οποίος θεμελίωσε την *ποιοτική* και *ποσοτική ανάλυση*, ο **Joens Jakob Berzelius** (1779-1848), ο οποίος εισήγαγε την έννοια της *στοιχειομετρίας* και οι **William Talbot** (1800-1887), **Robert Bunsen** (1811-1899) και **Gustav Kirchhoff** (1824-1887), οι οποίοι εισήγαγαν τη *φασματοσκοπία φλόγας*.

Το 1897, ο Άγγλος φυσικός **Joseph John Thomson** (1856-1940) ανακοίνωσε στο Cambridge την ανακάλυψη του *ηλεκτρονίου*, για την οποία τιμήθηκε με το Νόμπελ Φυσικής του 1906, για τα αρνητικώς φορτισμένα «σωμάτια», όπως τα αποκάλεσε, τα οποία έχουν μάζα 1000 φορές μικρότερη από εκείνη του ατόμου υδρογόνου. Φυσικά, η ανακάλυψη αυτή είχε σημαντικές επιπτώσεις στη Χημεία, καθώς απέδειξε ότι το άτομο δεν είναι ένα αδιαίρετο δομικό στοιχείο των χημικών ενώσεων. Χρειάστηκαν αρκετά χρόνια πριν η ανακάλυψη αυτή οδηγήσει σε εξηλίξεις άμεσα σχετιζόμενες με κάθε κλάδο της χημείας. Πάντως εκπλήσσει η μέχρι τότε πρόοδος της χημείας, χωρίς οι χημικοί να έχουν την παραμικρή ιδέα για τη δομή των ατόμων, τα ηλεκτρόνια, όπως και τη φύση των χημικών δεσμών.

Το 1911, ο Νεοζηλανδός φυσικός **Ernest Rutherford** (1871-1937), εργαζόμενος στο εργαστήριο του Thomson, διατύπωσε το ατομικό μοντέλο κατανομής των ηλεκτρικών φορτίων στο άτομο, σύμφωνα με το οποίο ο θετικώς φορτισμένος πυρήνας φέρει το κύριο μέρος της μάζας του, αλλιά καταλαμβάνει ελά-

χιστο τμήμα του όγκου του. Ο Rutherford είχε ήδη τιμηθεί με το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1908 για την έρευνά του πάνω στη διάσπαση των ατόμων και τη χημεία των ραδιενεργών ουσιών.

Το 1913, ο Δανός φυσικός **Niels Bohr** (1885-1962) διετύπωσε ένα ατομικό μοντέλο αποτελούμενο από τον θετικό πυρήνα και τα αρνητικά ηλεκτρόνια τα οποία διαγράφουν καθορισμένες κυκλικές τροχιές.

Με βάση το μοντέλο αυτό, φως εκπέμπεται (ή απορροφείται) όταν ένα ηλεκτρόνιο κατέρχεται (ή ανέρχεται) από τη μια τροχιά στην άλλη. Ο Bohr τιμήθηκε με το Νόμπελ Φυσικής το 1922 για την εργασία του σχετικά με τη δομή των ατόμων.

Το 1916, ο Αμερικανός φυσικοχημικός **Gilbert Lewis** (1875-1946) πρότεινε την ύπαρξη ισχυρών δεσμών (ομοιοπολικών) μεταξύ των ατόμων και καταμερισμό της κυριότητας του ζεύγους ηλεκτρονίων μεταξύ αυτών. Ο Lewis συνέβαλε στη χημική θερμοδυναμική με το λαμπρό σύγγραμμά του *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances* (1923), το οποίο συνέγραψε με τον **Merle Randall** (1888-1950). Το βιβλίο αυτό ανήκει στα αριστουργήματα της χημικής βιβλιογραφίας. Προς μεγάλη έκπληξη της χημικής κοινότητας, ο Lewis δεν τιμήθηκε ποτέ με το βραβείο Νόμπελ.

Πρέπει ακόμη να επισημανθεί ότι δύο από τους βραβευθέντες με Νόμπελ κατά την πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνα, οι **Friedrich Wilhelm Ostwald** (1853-1932) και ο **Svante Arrhenius** (1859-1927) οι οποίοι θεωρούνται από τους ιδρυτές του νέου κλάδου της χημείας, της φυσικοχημείας, συνέβαλαν και στην ανάδειξη της αναλυτικής χημείας ως έναν διακριτό κλάδο, ένα είδος εφαρμοσμένης φυσικοχημείας, όπως διαπιστώνεται κατωτέρω στα βιογραφικά τους.

Το έτος 1894 υπήρξε πολύ σημαντικό για την αναλυτική χημεία. Ο Ostwald δημοσίευσε ένα εξαιρετικά επιδραστικό κείμενο σχετικό με τις επιστημονικές βάσεις της αναλυτικής χημείας, με τίτλο *Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Analytischen Chemie*. Υπήρξε ο πρώτος χημικός που αναγνώρισε τον ρόλο της αναλυτικής χημείας, στην ανάπτυξη της χημείας και παρουσίασε για πρώτη φορά θεωρητικές ερμηνείες των αναλυτικών φαινομένων και διεργασιών. Χρησιμοποιώντας έντονες λέξεις δήλωσε ότι «*Η αναλυτική χημεία είναι καταδικασμένη να συνεχίσει να καταλαμβάνει μια υποδεέστερη θέση από άλλους κλάδους της χημείας, εάν οι αναλυτικοί χημικοί δεν σταματήσουν να διδάσκουν και να ασκούν την αναλυτική εργασία τους αποκλειστικά και μόνο ως εμπειρική τεχνική και τέχνη, που απαιτεί επιδεξιότητα και ακρίβεια, και δεν αρχίσουν να χρησιμοποιούν τα πειραματικά και θεωρητικά επιτεύγματα της φυσικής χημείας*».







Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932)

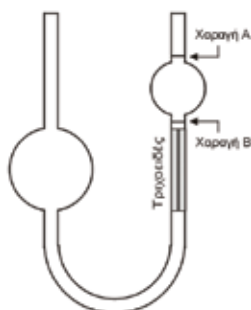
Ο Γερμανός Friedrich Wilhelm Ostwald γεννήθηκε στη Riga της Λετονίας το 1853. Το 1872 άρχισε σπουδές χημείας στο Πανεπιστήμιο του Tartu. Το 1875, μετά τη λήψη του πτυχίου του, διορίστηκε στην αρχή βοηθός στο Ινστιτούτο Φυσικής υπό τον καθηγητή Arthur von Oettingen και αργότερα στο Ινστιτούτο Χημείας υπό τον καθηγητή Carl Schmidt. Το 1877-1878, ο Ostwald υπέβαλε τη διατριβή του με θέμα «Ογκοχημικές σπουδές για τη χημική συγγένεια» και δημοσίευσε την εργασία του με θέμα «Ογκοχημικές και οπτικοχημικές μελέτες»

Το 1881, στο Πολυτεχνείο της Riga προκηρύχθηκε θέση Καθηγητή την οποία και κατέλαβε. Ο Ostwald διερευνούσε εκείνη την εποχή με αγωγομετρικές τεχνικές την υδρόλυση του οξικού μεθυλεστερά με οξέα. Κατά τα έτη 1884 και 1885 δημοσίευσε τα αποτελέσματα προσδιορισμού συντελεστών συγγένειας για πολλά οξέα και βάσεις και την αναλογικότητά τους. Τα αποτελέσματα εμφανίστηκαν στον επιστημονικό κόσμο το 1888, όταν δημοσίευσε τον γνωστό σήμερα ως νόμο της αραιώσης του Ostwald για τα ασθενή οξέα.

Το 1894, όταν ο Ostwald διάβασε μια εργασία του ακόμη άσημου Arrhenius, ταξίδεψε για να τον συναντήσει στην Uppsala και πραγματοποίησαν από κοινού μετρήσεις πυκνότητας και ιζώδους, χρησιμοποιώντας το κλασικό ιζώδομετρο του. Σε πνεύμα φιλικής συνεργασίας, οι δύο μαζί θεμελίωσαν τη θεωρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης συμπεριλαμβανοντας και τα αποτελέσματα του van't Hoff για την ωσμωτική πίεση.

Από το 1890, σε διεθνή συνέδρια ο Ostwald υποστήριζε έντονα τη θεωρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης του Arrhenius. Το 1892, μετέφρασε στα Γερμανικά και δημοσίευσε το έργο «Θερμοδυναμικές μελέτες» του Gibbs, κάνοντας γνωστές τις ιδέες του Gibbs στις γερμανόφωνες χώρες. Ως αποτέλεσμα αυτών των μελετών ο Ostwald κατέληξε το 1893 στο συμπέρασμα ότι είναι αδύνατη η κατασκευή ενός αεικινήτου δεύτερου είδους και ότι είναι αδύνατη η κατασκευή μηχανής ικανής να μετασχηματίζει τις διαφορετικές μορφές ενέργειας από τη μία μορφή στην άλλη χωρίς απώλειες.

Ο Ostwald τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ του 1909 «σε αναγνώριση της εργασίας του στην κατάλυση και των ερευνών του επί των θεμελιωδών αρχών που διέπουν τις χημικές ισορροπίες και τις ταχύτητες των αντιδράσεων».



Το «κλασικό» ιζώδομετρο Ostwald



Svante Arrhenius (1859-1927)

Ο Σουηδός Svante Arrhenius γεννήθηκε στο Vik κοντά στην Uppsala το 1859. Το 1876 εισήλθε στο Πανεπιστήμιο της Uppsala, όπου σπούδασε μαθηματικά, χημεία και φυσική. Το 1881 μετέβη στη Στοκχόλμη για να εργαστεί υπό την επίβλεψη του Καθηγητή E. Edlund, της Ακαδημίας Επιστημών. Το 1884, ο Arrhenius δημοσίευσε στα γαλλικά τη διατριβή με τίτλο «Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes». Το συμπέρασμα της μελέτης αυτής ήταν ότι οι ηλεκτρολύτες, όταν διαλύονται στο ύδωρ, διασπώνται («διάστανται») σε διαφορετικό ποσοστό σε θετικά και αρνητικά ιόντα. Ο βαθμός

διάστασης εξαρτάται από τη φύση τους και τη συγκέντρωσή τους στο διάλυμα και αυξάνεται όσο αυξάνεται η αραιώσή τους. Κατά την εποχή της δημοσίευσης της διατριβής του, ιδιαίτερα αρνητικοί υπήρξαν επιστήμονες κάποιας ηλικίας και φήμης. Ωστόσο, η θεωρία του εντυπωσίασε τον ήδη διάσημο χημικό Ostwald, ο οποίος ταξίδεψε στην Uppsala για να γνωρίσει τον νεαρό επιστήμονα και να του προσφέρει μια θέση στο εργαστήριό του στη Riga (Λετονία).

Το 1887, ο Arrhenius εργάστηκε με τον διάσημο Αυστριακό φυσικό Boltzmann στο Graz της Αυστρίας και το 1888 με τον Ολλανδό φυσικοχημικό van't Hoff (αποδέκτης του 1ου βραβείου Νόμπελ Χημείας το 1901) στο Άμστερνταμ. Ο Arrhenius απέδειξε την ηλεκτρολυτική διάσταση μετρώντας την ωσμωτική πίεση, όπως και τη μείωση του σημείου πήξης και την αύξηση του σημείου βρασμού των διαλυμάτων ηλεκτρολυτών. Το 1887, σε μια μνημειώδη εργασία του συνόψισε τα συμπεράσματα της διατριβής του, προσθέτοντας και μερικά νεότερα δεδομένα. Αργότερα, εξέτασε βιολογικά και ιατρικά προβλήματα υπό το πρίσμα της θεωρίας. Η τεράστια σημασία της θεωρίας του Arrhenius περί ηλεκτρολυτικής διάστασης αναγνωρίζεται πλέον απ' όλους, έστω και αν αργότερα ακολούθησαν ορισμένες τροποποιήσεις της για τους ισχυρούς ηλεκτρολύτες και τα πυκνότομα διαλύματά τους. Η θεωρία του Arrhenius είχε μεγάλη επίδραση στην ανάπτυξη της αναλυτικής χημείας. Ένα ακόμη πεδίο στο οποίο διέπρεψε ο Arrhenius ήταν και η Φυσιολογική Χημεία.

Ο Arrhenius τιμήθηκε με το Νόμπελ Χημείας το 1903 «σε αναγνώριση των εξαιρετικών υπηρεσιών που προσέφερε για την πρόοδο της χημείας με τη θεωρία του περί ηλεκτρολυτικής διάστασης».

## 2. Τα Νόμπελ της Αναλυτικής Χημείας

Οι ανόργανοι και οι οργανικοί χημικοί, οι βιοχημικοί, οι ιατροί και άλλοι ερευνητές των επιστημών ζωής, ανέπτυξαν αναλυτικές μεθόδους ως μέρος της κανονικής έρευνας στο πεδίο τους. Έτσι, δικαιολογούνται τα ελάχιστα βραβεία Νόμπελ τα οποία έχουν απονεμηθεί καθαρά στην αναλυτική χημεία.

Ο Αυστριακός Fritz Pregl (1869-1930) από το Graz τροποποίησε ήδη υπάρχουσες μεθόδους ποσοτικής στοιχειακής ανάλυσης οργανικών ουσιών, έτσι ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση χρόνου και κόστους. Στον Pregl απονεμήθηκε το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1923 για την καθαρά αναλυτική εργασία, «για την εφεύρεση μεθόδου μικρο-ανάλυσης οργανικών ουσιών».



Fritz Pregl (1869-1930)

Ο Fritz Pregl γεννήθηκε στο Laibach (Λιουμπλιάνα) της Σλοβενίας το 1869. Σπούδασε ιατρική στο Πανεπιστήμιο του Graz και έλαβε το πτυχίο του το 1894. Πριν ακόμη αποφοιτήσει έγινε λέκτορας φυσιολογίας και ιστολογίας υπό τον καθηγητή Alexander Rollett τον οποίο διαδέχθηκε το 1903. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο Pregl απέκτησε γνώσεις σε όλους τους κλάδους της χημείας υπό την καθοδήγηση του καθηγητή Skraup.

Το 1904, μετέβη στη Γερμανία, όπου παρακολούθησε μαθήματα και τεχνικές χημικής ανάλυσης από τους Gustav von Hüfner στο Tübingen, Wilhelm Ostwald στη Λειψία και Emil Fischer στο Βερολίνο. Το 1905, επέστρεψε στο Graz και εργάστηκε στο Ιατροχημικό Ινστιτούτο με τον καθηγητή K. B. Hofmann. Το 1907, ο Pregl διορίστηκε ως ιατροδικαστής-χημικός στην περιφέρεια του Graz. Εκείνη την εποχή ασχο-



λήθηκε με την έρευνα των συστατικών λευκωματωδών φορέων και την ανάληψη των χολικών οξέων. Ωστόσο, το έργο του ήταν δύσκολο λόγω ανεπαρκών ποσοτήτων δειγμάτων, αντιδραστικών και οργανολογικής υποδομής. Το γεγονός αυτό τον ώθησε στην αναζήτηση μεθόδων που απαιτούν μικρότερες ποσότητες δειγμάτων για ποσοτικούς προσδιορισμούς των συστατικών τους. Κατά την περίοδο 1910-1913, ο Pregl, ως καθηγητής πλέον στο Πανεπιστήμιο του Innsbruck, αφιέρωσε τον χρόνο του σχεδόν εξ ολοκλήρου στην ανάπτυξη μεθόδων ποσοτικής οργανικής μικροανάλυσης. Το 1913 έλαβε πρόσκληση από το Πανεπιστήμιο του Graz, όπου διορίστηκε ως καθηγητής και αργότερα ως κοσμήτορας της Ιατρικής Σχολής (1916-1917) και αντιπρύτανης (1920-1921). Το ερευνητικό έργο του Pregl αρχικά επικεντρωνόταν στους τομείς της φυσιολογίας και φυσιολογικής χημείας και αργότερα στη σύσταση των χημικών ενώσεων και κυρίως των χολικών οξέων. Ήδη από το 1912 ήταν σε θέση να προσδιορίζει άνθρακα, υδρογόνο, άζωτο, θείο και αλογόνα, χρησιμοποιώντας δικές του μεθόδους ποσοτικής μικροανάλυσης, χρησιμοποιώντας μόνο 5-13 mg δείγματος με αποτελέσματα τόσο ακριβή, όσο και εκείνα που λαμβάνονταν με μεθόδους μακροανάλυσης. Αργότερα τελειοποίησε τις τεχνικές του, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιεί δείγματα μόλις 3-5 mg.

Ο Pregl συνέβαλε επίσης στην ανάπτυξη μικρομεθόδων ανίχνευσης και προσδιορισμού οργανικών ομάδων και κατασκεύασε σειρά συσκευών, όπως έναν ευαίσθητο μικροζυγό, απαραίτητων για την εργασία του. Το 1920 ανακηρύχθηκε διδάκτωρ στο Πανεπιστήμιο Goettingen και εκλέχτηκε αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Επιστημών της Βιέννης. Η μεγαλύτερη τιμή υπήρξε η απονομή του Βραβείου Νόμπελ Χημείας του 1923.

Η ανάλυση των μεγαλομοριακών συστατικών των ζώντων οργανισμών απαιτεί εξειδικευμένες μεθόδους διαχωρισμού. Μια τέτοια μέθοδος είναι η υπερφυγοκέντρωση, που αναπτύχθηκε από τον Σουηδό **The (Theodor) Svedberg** (1884-1971) από την Uppsala, λίγα χρόνια πριν του απονεμηθεί το Νόμπελ Χημείας του 1926 «για την εργασία του σε συστήματα ευρισκόμενα σε διασπορά».



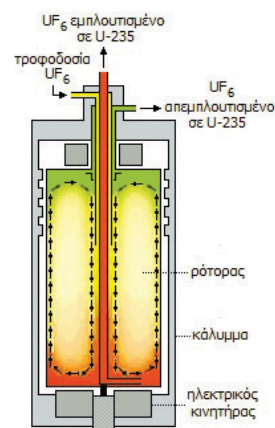
The (Theodor) Svedberg (1884-1971)

σωματιδίων και έδωσε πειστικές αποδείξεις για την εγκυρότητα της θεωρίας, η οποία θεμελιώθηκε από τον Einstein και τον von Smoluchowski για την κίνηση Brown, παρέχοντας έτσι σαφή απόδειξη για την ύπαρξη των μορίων. Μελέτησε τις φυσικές ιδιότητες των κολλοειδών, όπως τη διάχυσή τους, την απορρόφηση του φωτός και την καθίζηση τους. Οι μελέτες αυτές οδήγησαν στο συμπέ-

ρασμα ότι οι νόμοι των αερίων μπορούν να εφαρμοστούν και σε συστήματα διασποράς.

Για τη μελέτη της καθίζησης κατασκεύασε μια υπερφυγοκέντρο, με την οποία μπορούσε να αναπτύξει βαρυτικά πεδία μέχρι και  $10^6$  g. Με αυτήν εξέτασε διαλύματα μεγαλομοριακών ενώσεων, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και διάφορα πολυμερή. Τα αποτελέσματα σχετίστηκαν με το μέγεθος και το σχήμα των μορίων.

Ο Svedberg κατέδειξε τη χρήση της αναλυτικής υπερφυγοκέντρωσης για διαχωρισμούς και την ανίχνευση προσμίξεων. Αργότερα, έστρεψε την προσοχή του σε προβλήματα πυρηνικής χημείας και ακτινοβιολογίας. Κατά τη διάρκεια του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου επεξεργάστηκε μέθοδο παραγωγής συνθετικού καουτσούκ.



Μια από τις κυριότερες μεθόδους παραγωγής ουρανίου εμπλουτισμένου σε U235 βασίζεται στην υπερφυγοκέντρωση.

Ο Σουηδός βιοχημικός **Arne Tiselius** (1902-1971), μαθητής του Svedberg, μελέτησε την κίνηση των πρωτεϊνικών μορίων υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου και με αυτή τη μέθοδο, που αργότερα ονομάστηκε *ηλεκτροφόρηση*, απέδειξε τη σύνθετη φύση των πρωτεϊνών του αίματος. Επιπλέον, ο Tiselius βελτίωσε την ανάλυση προσρόφησης, μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ρώσο βοτανολόγο, **Mikhail Tsvet** (1872-1919), για τον διαχωρισμό φυτικών χρωστικών, την οποία ο ίδιος ονόμασε *χρωματογραφία*.

Ο Tiselius τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1948 «για την έρευνά του πάνω στην ηλεκτροφόρηση και στην ανάλυση μέσω προσρόφησης και ειδικά για τις ανακαλύψεις του που αφορούν τη σύνθετη φύση των πρωτεϊνών του ορού του αίματος».



Arne Tiselius (1902-1971)

Ο Arne Tiselius γεννήθηκε στη Στοκχόλμη το 1902. Μετά την αποφοίτησή του από το γυμνάσιο, μετακόμισε στην Uppsala, όπου μετά την ολοκλήρωση των σπουδών του άρχισε να εργάζεται στο εργαστήριο του Svedberg.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930, ο Arne Tiselius ανέπτυξε την τεχνική της ηλεκτροφόρησης για τον διαχωρισμό διάφορων μακρομοριακών ουσιών. Η τεχνική αυτή αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στη χημική ανάλυση και την ανάπτυξη νέων αναλυτικών μεθόδων.

Ο Tiselius διατήρησε τους δεσμούς του με το Πανεπιστήμιο της Uppsala για το υπόλοιπο της ζωής του. Το εργαστήριό του αποδείχθηκε πολύ σημαντικό για τις σουηδικές φαρμακευτικές και βιοτεχνολογικές βιομηχανίες. Μετά το τέλος του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου, ο Tiselius εργάστηκε δραστήρια για την αναδιοργάνωση της επιστημονικής έρευνας στη Σουηδία και υπήρξε Πρόεδρος της IUPAC κατά το διάστημα 1951-1955, όπως και Πρόεδρος της Επιτροπής του Ιδρύματος Νόμπελ κατά το διάστημα 1960-1964.

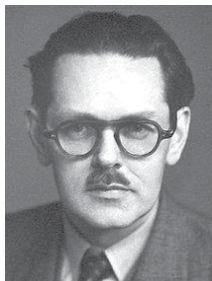




Λίγα χρόνια αργότερα, οι **Archer J. P. Martin** (1910-2002) από το Λονδίνο και ο **Richard L. M. Synge** (1914-1994) από το Bucksburn της Σκωτίας, εφηύραν την χρωματογραφία κατανομής, η οποία σήμερα αποτελεί μια βασική αναλυτική τεχνική που αποτελεί πολύτιμο εργαλείο τόσο στις συνήθεις αναλυτικές εφαρμογές, όσο και στη βιοχημεία.

Στην απλούστερη μορφή του το φαινόμενο της κατανομής ήταν γνωστό: Όταν μια σταγόνα διαλύματος μίγματος ουσιών τοποθετείται σε χαρτί, ο διαλύτης αρχίζει να απλώνεται. Ωστόσο, κάθε ουσία, ανάλογα με τη συγγένεια που έχει με το χαρτί (στατική φάση) και το σύστημα διαλυτών (κινητή φάση), κινείται με διαφορετική ταχύτητα.

Μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί πλήθος χρωματογραφικών τεχνικών που βασίζονται στη χρωματογραφία. Οι Martin και Synge μοιράστηκαν το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1952 «για την εφεύρεση της χρωματογραφίας κατανομής».



**Archer J. P. Martin**  
(1910-2002)

Ο Archer Martin γεννήθηκε στο Λονδίνο το 1910. Το 1929, εισήχθη στο Πανεπιστήμιο του Cambridge από όπου αποφοίτησε το 1932. Μετά από έναν χρόνο στο εργαστήριο φυσικής χημείας, κατέλαβε μια θέση στο Dunn Nutritional Laboratory, όπου εργάστηκε υπό τους L. J. Harris και Sir Charles Martin. Το 1938 εργάστηκε στο Wool Industries Research Association στο Leeds, όπου ασχολήθηκε με την ανάλυση μιγμάτων αμινοξέων. Αρχικά συνεργάστηκε με τον Synge και αργότερα με τους Consden και Gordon. Τότε ήταν που ανέπτυξε τη μέθοδο της χρωματογραφίας κατανομής. Στη συνέχεια ανέπτυξε τη μέθοδο της αεριοχρωματογραφίας (αερίου-υγρού) με τον A. T. James. Από το 1946 έως το 1948 ήταν επικεφαλής του τμήματος Βιοχημείας του Τμήματος Ερευνών της Boots Pure Drug Company στο Nottingham. Το 1948 εντάχθηκε στο προσωπικό του Συμβουλίου Ιατρικής Έρευνας, στο Ινστιτούτο Lister και αργότερα στο Εθνικό Ινστιτούτο Ιατρικής Έρευνας. Το 1952 διορίστηκε προϊστάμενος του Τμήματος Φυσικής Χημείας του Ινστιτούτου και Χημικός Σύμβουλος από το 1956 έως το 1959. Από το 1959 διετέλεσε διευθυντής της Abbotsbury Laboratories Ltd.

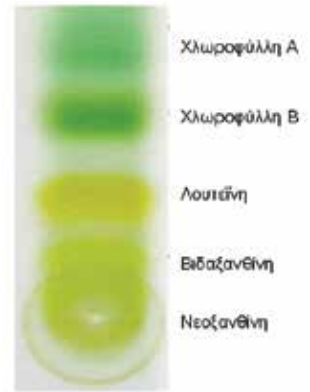


**Richard L.M. Synge**  
(1914-1994)

Ο Richard Synge γεννήθηκε το 1914 στο Λίβερπουλ. Το 1928, εισήχθη στο Winchester College, όπου σπούδασε κυρίως κλασικές επιστήμες μέχρι το 1931 και στη συνέχεια φυσικές επιστήμες. Το 1933 άρχισε σπουδές στο Trinity College του Πανεπιστημίου του Cambridge και παρακολούθησε μαθήματα φυσικής, χημείας φυσιολογίας και βιοχημείας (1935-1936). Κατά το διάστημα 1936-1939 υπήρξε ερευνητικός σπουδαστής υπό την επίβλεψη του N. W. Pirie στο Πανεπιστημιακό Βιοχημικό Εργαστήριο και κατά το διάστημα 1939-1941 στο Wool Industries Research Association στο Leeds.

Το 1941 έλαβε το διδακτορικό του δίπλωμα στο Cambridge. Την ίδια χρονιά εντάχθηκε στο προσωπικό της Wool Industries Research Association στο Leeds και το 1943 εντάχθηκε στο προσωπικό του Lister Institute of Preventive Medicine του Λονδίνου, στο Τμήμα Βιοχημείας υπό τον W. Morgan.

Από το 1948, διετέλεσε επικεφαλής του Τμήματος Χημείας Πρωτεϊνών στο Ερευνητικό Ινστιτούτο Rowett στο Aberdeen. Από το 1945 ο Synge ενδιαφέρθηκε κυρίως για αναλυτικά προβλήματα που αφορούσαν αντιβιοτικά πεπτιδικού χαρακτήρα και τα ενδιάμεσα του μεταβολισμού πρωτεϊνών. Κατά το διάστημα 1942-1948 εργάστηκε με τα αντιβιοτικά πεπτιδία της ομάδας γραμισιδίνης. Για ένα 8-μηνο (1946-1947) εργάστηκε με τον Tiselius στην Uppsala, όπου εξέτασε την εφαρμογή των μεθόδων προσρόφησης του Tiselius στις ενώσεις αυτές. Στο Ερευνητικό Ινστιτούτο Rowett, υπό τη διεύθυνση του D. P. Cuthbertson, ασχολήθηκε ιδιαίτερα με την πέψη πρωτεϊνών από τα μηρυκαστικά ζώα και τους συμβάλλοντες μικροοργανισμούς, όπως και με πεπτιδία, πρωτεΐνες και άλλα συστατικά της φυτικής μάζας. Το 1950 ξεκίνησε μια ερευνητική συνεργασία με τους D. L. Mould και A. Tiselius πάνω στην ηλεκτροκινητική υπερδιήθηση διάφορων πολυσακχαριτών, η οποία οδήγησε στην ανάπτυξη διάφορων αναλυτικών μεθόδων.



Διαχωρισμός φυτικών χρωστικών με χρωματογραφία χάρτου

Ο Τσέχος **Jaroslav Heyrovsky** (1890-1967) από την Πράγα επινόησε την ποταρογραφία, μια ηλεκτροαναλυτική τεχνική που παρείχε τόσο ποιοτικές, όσο και ποσοτικές πληροφορίες για τη σύσταση του εξεταζόμενου διαλύματος.

Κατά την εποχή της ανακάλυψής της, η ποταρογραφία υπήρξε η πλέον ευαίσθητη ηλεκτροαναλυτική τεχνική. Επινόηση του Heyrovsky υπήρξε το περίφημο σταγονικό ηλεκτρόδιο υδραργύρου, χάρις στο οποίο κατέστη δυνατή η λήψη επαναληψίμων καμπυλών ρεύματος-δυναμικού ηλεκτροδίου εργασίας (ποταρογράφημα) διαλύματος μίγματος ηλεκτρενεργών ουσιών. Κάθε ουσία παρέχει ηλεκτροδιακή αντίδραση από ένα συγκεκριμένο δυναμικό και πέρα (ποιοτικό χαρακτηριστικό), ενώ το μετρούμενο ρεύμα αποτελεί μέτρο της συγκέντρωσής της στο διάλυμα.

Ο Heyrovsky τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1959 «για την ανακάλυψη και ανάπτυξη των ποταρογραφικών μεθόδων ανάλυσης».



**Jaroslav Heyrovsky**  
(1890-1967)

Ο Jaroslav Heyrovsky γεννήθηκε το 1890, στην Πράγα της τότε Αυστροουγγαρίας. Το 1909, ο Heyrovsky ξεκίνησε τις σπουδές του στη χημεία, στη φυσική και στα μαθηματικά στο Πανεπιστήμιο της Πράγας. Κατά το διάστημα 1910-1914 συνέχισε τις σπουδές του στο University College του Λονδίνου, με καθηγητές τους Sir William Ramsay, W.C.Mc.C. Lewis και F.G. Donnan, λαμβάνοντας το 1913 πτυχίο B.Sc. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έδειξε για το θέμα της ηλεκτροχημείας.

Κατά τη διάρκεια του 1ου Παγκοσμίου Πολέμου ο Heyrovsky υπηρέτησε σε στρα-





τιωτικό νοσοκομείο ως χημικός διανομής και ραδιολόγος, θέση που του επέτρεψε να συνεχίσει τις σπουδές του και να πάρει το διδακτορικό του στην Πράγα το 1918 και το D.Sc. στο Λονδίνο το 1921.

Το 1922, ο Heyrovsky ανακάλυψε μια ηλεκτροχημική μέθοδο για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση ηλεκτρενεργών συστατικών διαλυμάτων. Το διάλυμα αναλύεται με δύο ηλεκτρόδια, ένα από τα οποία είναι ένα σταγονικό ηλεκτρόδιο υδραργύρου. Σε δυναμικό χαρακτηριστικό για κάθε συστατικό, αρχίζει η αναγωγή ή οξειδωση του προκαλώντας μια απότομη αύξηση του ρεύματος (ποθαραγραφικό κύμα), ανάλογη προς τη συγκέντρωσή του στο δείγμα.

Ο Heyrovsky ξεκίνησε την πανεπιστημιακή καριέρα του ως βοηθός του καθηγητή B. Brauner στο Ινστιτούτο Αναλυτικής Χημείας του Πανεπιστημίου του Καρόλου στην Πράγα, όπου το 1922 προήχθη σε αναπληρωτή καθηγητή και το 1926 σε καθηγητή της φυσικής χημείας.

Η εφεύρεση της ποθαραγραφίας από τον Heyrovsky χρονολογείται από το 1922 και στην τεχνική αυτή επικέντρωσε την περαιτέρω επιστημονική δραστηριότητά. Έτσι, δημιούργησε μια νέα σχολή για Τσέχους ερευνητές, στην οποία ο ίδιος υπήρξε στην πρώτη γραμμή της ποθαραγραφικής έρευνας.

Το 1950, ο Heyrovsky ορίστηκε ως διευθυντής του νεοσύστατου Ποθαραγραφικού Ινστιτούτου, που ανήκει στην Τσεχοσλοβακική Ακαδημία Επιστημών από το 1952. Πολλά πανεπιστήμια προσέφεραν καθηγητικές έδρες και χημικές εταιρίες τίμησαν τον Heyrovsky με προσκλήσεις για διαλέξεις και διάφορους τιμητικούς τίτλους.

Ο **William Frank Libby** (1908-1980) εφηύρε την ευρύτατα πηλόν χρησιμοποιούμενη σήμερα μέθοδο ραδιοχρονολόγησης που βασίζεται σε μετρήσεις της β-ακτινοβολίας του ισότοπου  $^{14}\text{C}$  ( $^{14}\text{C} = \beta + ^{14}\text{N}$ ). Με τα σύγχρονα μέσα μέτρησης του λόγου  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$ , μπορούν να μετρηθούν ηλικίες που φθάνουν τις 50 έως 60 χιλιάδες ετών.

Με τη νεότερη μέθοδο του επιταχυντή ιόντων άνθρακα, σε ειδικού τύπου φασματογράφου μαζών, μπορούν να μετρηθούν απευθείας άτομα ραδιενεργού άνθρακα και να επεκταθεί η χρονολόγηση αντικειμένων ακόμα και στα 100.000 έτη και να ελιπτασθεί το μέγεθος του δείγματος κατά χίλιες φορές.

Η μέθοδος αυτή αποτέλεσε πολύτιμο εργαλείο και προσέφερε πλήθος εφαρμογών σε πολλούς κλάδους της επιστήμης πέραν της χημείας, με ανάπτυξη μεθόδων ραδιοανάλυσης, αλλά και ικνηθέτησης βασιζόμενων σε μετρήσεις του φυσικού ραδιενεργού ισότοπου  $^{14}\text{C}$ .

Ο Libby τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1960 «για τη μέθοδο του χρήσης του άνθρακα-14 για προσδιορισμό της ηλικίας στην αρχαιολογία, γεωλογία, γεωφυσική και άλλους κλάδους της επιστήμης».



Ένας από τους πρώτους ποθαραγράφους με τον οποίο πειραματίστηκε ο Heyrovsky



**William Frank Libby**  
(1908-1980)

Ο Willard Frank Libby γεννήθηκε το 1908 στο Grand Valley του Κολοράντο των ΗΠΑ. Το 1927, ο Libby εισήχθη στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley, απ' όπου έλαβε τα πτυχία B.Sc. και Ph.D το 1931 και 1933, αντίστοιχα.

Ο Libby, ως μέλος του Τμήματος Χημείας και κατά τη διάρκεια των επόμενων δέκα ετών προήχθη διαδοχικά σε Επίκουρο, Αναπληρωτή Καθηγητή και Καθηγητή Χημείας. Του απονεμήθηκε το βραβείο του Ιδρύματος Guggenheim Memorial Fellowship το 1941 και επιλέχθηκε για να εργαστεί στο Πανεπιστήμιο του Princeton, ωστόσο αυτή η υποτροφία αναστάλη λόγω της

εμπλοκής των ΗΠΑ στον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Ο Libby προσφέρθηκε να εργαστεί στο Manhattan Project μετακινήθηκε στο Πανεπιστήμιο Κολούμπια, αποσπασμένος από το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας, μέχρι το 1945, για να συνεργαστεί με τον Harold Urey (βραβείο Νόμπελ 1934 για την ανακάλυψη του δευτερίου).

Το 1945 και μετά το τέλος του πολέμου, ο Libby αποδέχθηκε θέση καθηγητή στο Τμήμα Χημείας και το Ινστιτούτο Πυρηνικών Μελετών (σήμερα Ινστιτούτο Enrico Fermi) του Πανεπιστημίου του Σικάγου, παραμένοντας εκεί μέχρι τον διορισμό του (1954) από τον πρόεδρο Eisenhower ως μέλος της Αμερικανικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας. Από τη θέση αυτή παραιτήθηκε το 1959, για να γίνει καθηγητής Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Λος Άντζελες, όπου διορίστηκε Διευθυντής του Ινστιτούτου Γεωφυσικής και Πλανητικής Φυσικής (1962).

Ο Libby υπήρξε ένας κατ' εξοχήν ειδικός στη ραδιοανάλυση, στη χημεία θερμών ατόμων και στις τεχνικές ικνηθέτησης με ισότοπα. Έγινε γνωστός για την εφαρμογή των μετρήσεων του φυσικού ραδιενεργού άνθρακα ( $^{14}\text{C}$ ) στη χρονολόγηση αρχαιολογικών ευρημάτων, καθώς και τις εφαρμογές μετρήσεων του φυσικού τριτίου ( $^3\text{H}$ ) στην υδρολογία και γεωφυσική. Ο Libby, εκτός από το βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1960, τιμήθηκε με πολλά άλλα βραβεία και διακρίσεις. Τη διεπιστημονικότητα της μεθόδου του διατύπωσε κατά την ομιλία την ημέρα της βράβευσής του με τη δήλωση: "Of all the rewards of research, none is greater than that of meeting people in different fields and finding interests in common".

Ο Αμερικανός αναλυτικός χημικός **John Bennett Fenn** (1917-2010) και ο Ιάπωνας ηλεκτρολόγος μηχανολόγος **Koichi Tanaka** (1959) ανακάλυψαν μεθόδους σχηματισμού ιόντων από μεγαλομόρια χωρίς αυτά να διασπαστούν και χαθεί κάθε δομική τους πληροφορία. Οι εφευρέσεις αυτές διέυρναν το φάσμα εφαρμογών της υπερευαίσθητης και υπερεκλεκτικής τεχνικής της φασματομετρίας μάζας σε μεγαλομοριακές ενώσεις. Η δυνατότητα εφαρμογής της φασματομετρίας μάζας σε μεγαλομόρια υπήρξε σημαντικότατο γεγονός, αφού άνοιξε πλέον νέα ερευνητικά πεδία σε πολλούς κλάδους της χημείας και κυρίως στη βιοχημεία.

Στους Fenn και Tanaka απονεμήθηκε το ήμισυ του βραβείου Νόμπελ Χημείας του 2002 «για την ανάπτυξη ήπιων μεθόδων ιοντισμού εκρόφησης για ανάλυση βιολογικών μακρομορίων με φασματοσκοπία μάζας».

Το υπόλοιπο ήμισυ του βραβείου απονεμήθηκε στον **Kurt Wüthrich** (1938) «για την ανάπτυξη μεθόδων πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης δομής βιολογικών μακρομορίων σε διαλύματα».





John Bennett Fenn  
(1917-2010)

Ο John Fenn γεννήθηκε το 1917 στη Νέα Υόρκη. Έλαβε το B.Sc. Χημείας από το Berea College του Kentucky, αφού παρακολούθησε συμπληρωματικά θερινά μαθήματα οργανικής χημείας στο Iowa University και φυσικοχημείας στο Purdue University της Indiana. Εργάστηκε ως βοηθός στο Yale University, όπου εκπόνησε και τη διδακτορική διατριβή του στη φυσικοχημεία το 1940. Αμέσως μετά εργάστηκε στην εταιρία Monsanto στην παραγωγή φωσφορικού οξέος, όπως και πολυχλωρωμένων διφαινυλίων (PCB), όταν ακόμη η επικινδυνότητα των τελευταίων δεν ήταν γνωστή. Ο ίδιος δηγείται πως είχε σχεδόν «λουστεί με PCB». Μετά από 3 χρόνια εργασίας παραιτήθηκε και μαζί με τον J. Mullen ίδρυσαν το 1945 μια νεοφυή (start-up) εταιρία R&D.

Το 1952, ο Fenn μετέβη στο Princeton University, όπου εργάστηκε ως διευθυντής στρατιωτικού ερευνητικού προγράμματος σχετικού με πρωτόστερες αεριοποιημένες. Εκεί ανέπτυξε πηγές υπερηχητικών δεσμών στόμων και μορίων, αποκτώντας χρήσιμη εμπειρία για τη μετέπειτα έρευνά του. Το 1967, ο Fenn επέστρεψε στο Yale, όπου δίδαξε χημεία στα Τμήματα Χημείας και Μηχανικής μέχρι το 1987, οπότε και ετέθη σε υποχρεωτική συνταξιοδότηση φθάνοντας στην ηλικία των 70 ετών, αφού έλαβε και τον τίτλο του ομότιμου καθηγητή. Εκεί εφηύρε την τεχνική ιοντισμού με ηλεκτροπυκνωσμού (electrospray ionization, ESI). Για την εφεύρεσή του τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ (κατά το 1/4 του βραβείου). Ο Fenn ενεπλάκη σε δικαστική διαμάχη με το Yale University ως προς τα οικονομικά δικαιώματα της εφεύρεσής του, για την οποία είχε λάβει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και την είχε παραχωρήσει σε ιδιωτική εταιρία, στην οποία ήταν ο ίδιος μέτοχος, εν αγνοία του πανεπιστημίου. Το 2005, καταδικάστηκε σε υψηλή χρηματική αποζημίωση υπέρ του πανεπιστημίου. Πολλοί ήταν οι συνάδελφοί του οι οποίοι κατηγορούσαν τη διοίκηση του πανεπιστημίου για απαξιώτικη μεταχείριση ενός μέλους του που είχε τιμηθεί με βραβείο Νόμπελ. Αμέσως μετά την αποχώρησή του από το Yale University και παρά τη μεγάλη ηλικία του, προσελήφθη ως καθηγητής αναλυτικής χημείας στο

## Βιβλιογραφία

1. Οι ιστοσελίδες του Ιδρύματος Νόμπελ, στη διεύθυνση, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/)
2. Significant Steps in the Evolution of Analytical Chemistry- Is the Today's. Analytical Chemistry Only Chemistry? M. I. Karayannis, C. E. Efstathiou, Talanta, 102, 7-15, 2012

**Νικόλαος Κλούρας** τ. Καθηγητής Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών

## Βραβεία Νόμπελ σχετικά με Ανόργανη Χημεία

Για περισσότερες πληροφορίες γύρω από τα ακόλουθα βραβεία και τους Νομπελίστες, ο αναγνώστης μπορεί να επισκεφθεί την επίσημη ιστοσελίδα του Ιδρύματος Νόμπελ [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/)

**1904: Ο Ράμσι, Σερ Γουίλιαμ, Σκωτσέζος Χημικός, έλαβε το Βραβείο Νομπελ Χημείας «για την ανακάλυψη των ευγενών αερίων και την κατάταξή τους στο Περιοδικό Σύστημα». Το πρώτο ευγενές αέριο που ανακάλυψε ο Ramsay, σε συνεργασία με τον Άγγλο Φυσικό Lord William Rayleigh, (Βραβείο Νομπελ Φυσικής 1904), ήταν το αργό. Οι δύο επιστήμονες παρατήρησαν ότι η πυκνότητα του αζώτου, το οποίο ελάμβαναν από τον ατμοσφαιρικό αέρα μετά την απομάκρυνση του οξυγόνου, ήταν μεγαλύτερη από την πυκνότητα του αζώτου που προερχόταν από τη διάσπαση καθαρών χημικών ουσιών. Επειδή για το αργό δεν υπήρχε θέση στον Περιοδικό Πίνακα, ο Ramsay πρότεινε τη δημιουργία νέας ομάδας στον Περιοδικό Πίνακα (Ομάδα 8A ή 18). Αμέσως μετά την ανακάλυψη του αργού (1894), συνεχίζοντας**

**την έρευνα των κλασμάτων υδροποιημένου ατμοσφαιρικού αέρα με τον Άγγλο Χημικό Morris William Travers, ανακάλυψε και μελέτησε τα ευγενή αέρια νέο, κρυπτό και ξένο. Επίσης, απομόνωσε το ήλιο (1895) το οποίο είχε παρατηρηθεί στο ηλιακό φάσμα, αλλά δεν είχε βρεθεί στη Γη. Το 1910, κατόρθωσε να απομονώσει το ραδόνιο, προσδιόρισε την πυκνότητά του και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτό ήταν το βαρύτερο γνωστό αέριο.**



Sir William Ramsay  
2/10/1852, Γλασκώβη  
23/7/1916, High Wycombe  
Bucks, Αγγλία

Τμήμα Χημείας του Virginia Commonwealth University, όπου το 1990 (σε ηλικία 83 ετών) οργάνωσε Τμήμα Μηχανικής. Δίδαξε και στα δύο τμήματα μέχρι τον θάνατό του σε ηλικία 93 ετών (2010).



Koichi Tanaka  
(1959-).

Ο Koichi Tanaka γεννήθηκε στην πόλη Toyama της Ιαπωνίας το 1959. Έλαβε δίπλωμα BSc Ηλεκτρολόγου Μηχανολόγου από το Tohoku University το 1983.

Μετά την αποφοίτησή του εργάστηκε στη διάσημη εταιρία κατασκευής αναλυτικών οργάνων Shimadzu, όπου ασχολήθηκε με την ανάπτυξη και κατασκευή νέων τύπων φασματογράφων μάζας. Ειδικότερα εργαζόταν σε ένα σύστημα όπου το δείγμα εξατμιζόταν και ιοντιζόταν με ισχυρό παλμό φωτός λέιζερ. Ωστόσο, το πρόβλημα που είχε να αντιμετωπίσει με

μεγαλομοριακά δείγματα, όπως οι πρωτεΐνες, ήταν το ότι ισχυρός παλμός λέιζερ διασπούσε το εξεταζόμενο δείγμα σε μικρά θραύσματα οπότε χανόταν οι πληροφορίες της δομής του.

Το 1985, ο Tanaka διαπίστωσε ότι χρησιμοποιώντας ένα μίγμα του δείγματος με γλυκερίνη και μια υπέρηλεπη σκόνη μετάλλου, μπορούσε να επιτευχθεί ιοντισμός χωρίς καταστροφή της δομής των ενώσεων που αποτελούν το δείγμα. Η ανακάλυψη κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και ανακοινώθηκε το 1987 στο ετήσιο συνέδριο της Ιαπωνικής Εταιρίας Φασματομετρίας Μάζας. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε «Ήλια εκρόφηση με λέιζερ» (Soft Laser Desorption, SLD).

Η βράβευση με Νόμπελ του Tanaka επικρίθηκε διότι αγνοήθηκε η προηγούμενη συμβολή άλλων επιστημόνων στον ίδιο τομέα. Ήδη το 1985, οι Γερμανοί Hillenkamp και Karas, είχαν εισαγάγει την τεχνική «ιοντισμού εκρόφησης με λέιζερ με υποβοήθηση από τη μήτρα» (matrix-assisted laser desorption/ionization, MALDI). Ωστόσο, η ευρύτητα χρησιμοποίησης σήμερα τεχνική MALDI, αν και προηγήθηκε της τεχνικής SLD, δεν είχε χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό πρωτεϊνών πριν από την παρουσίαση της τεχνικής που εισήγαγε ο Tanaka.







**Ferdinand-Frederic-Henri Moissan**

**28/9/1852, Παρίσι  
20/2/1907, Παρίσι**

**1906: Ο Φερντινάν-Φρεντερίκ-Ανρί Μουσασάν, Γάλλος Χημικός και Φαρμακοποιός, τιμήθηκε με το Βραβείο Νομπελ Χημείας «για τη μεγάλη προσφορά του στη μελέτη και την απομόνωση του στοιχείου φθορίου, καθώς και για την υιοθέτηση της φερώνυμης ηλεκτρικής καμίνου στην επιστημονική έρευνα».**

Πολλοί ονομαστοί ερευνητές, όπως οι Sir Humphry Davy, Louis-Joseph Gay-Lussac και Louis-Jacques Thenard προσπάθησαν να απομονώσουν το φθόριο, αλλά αυτό αποδείχθηκε μια εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση, λόγω της ισχυρά τοξικής δράσης του παραγόμενου φθοριδίου του υδρογόνου (HF). Ορισμένοι ερευνητές έπαθαν σοβαρές δηλητηριάσεις, ενώ κάποιοι άλλοι βρήκαν επώδυνο θάνατο. Ο

Μουσασάν κατόρθωσε να παρασκευάσει αέριο φθόριο (F<sub>2</sub>) με ηλεκτρόλυση ενός μίγματος υγρού φθοριδίου του υδρογόνου (HF) και φθοριδίου του καλίου (KF). Ερευνώντας τη χημεία του φθορίου, συνέθεσε πολυάριθμες φθοριοϋλες ενώσεις του θείου, του φωσφόρου, του άνθρακα κ.λπ.

Εξάλλου, με τη βοήθεια της ηλεκτρικής καμίνου (θερμοκρασίες έως 3500°C), ο Μουσασάν παρασκεύασε σε κρυσταλλική κατάσταση τα στοιχεία βόριο, ουράνιο, βοηφράμιο, βανάδιο, μολυβδένιο, χρώμιο και τιτάνιο. Επειδή στις υψηλές θερμοκρασίες πολλά μέταλλα ενώνονται με τον άνθρακα, ο Μουσασάν άρχισε να παρασκευάζει, μεταλλικά βορίδια, νιτρίδια και καρβίδια, όπως το καρβορούνδιο (SiC), το ανθρακασβεστίο (Ca<sub>2</sub>C) κ.λπ.

Στα συγγράμματα του Μουσασάν περιλαμβάνονται: «Η ηλεκτρική κάμινος» (1897), «Το φθόριο και οι ενώσεις του» (1900) και η «Πραγματεία Ανόργανης Χημείας» (1904-1906).



**Marie Skłodowska Curie**

**7/11/1867, Βαρσοβία  
4/7/1934, Sancellemoz  
Γαλλία**

**1911: Η Μαρί Σκλοντόβσκα Κιουρί, Γαλλίδα Φυσικός και Χημικός πολωνικής καταγωγής, έλαβε το βραβείο Νομπελ Χημείας «για την ανακάλυψη των στοιχείων ραδίου και πολωνίου, την απομόνωση και μελέτη του ραδίου, καθώς και των ενώσεων αυτού του εντυπωσιακού στοιχείου».** Η Μαντάμ Κιουρί, όπως είναι παγκόσμια γνωστή, ανακάλυψε το πολώνιο το 1898 στο ορυκτό του ουρανίου πιασσορανίτη. Η Κιουρί παρατήρησε ότι ο μη επεξεργασμένος πιασσορανίτης ήταν 300 φορές πιο ραδιενεργός από το ουράνιο που έπαιρναν από αυτόν. Έτσι συμπέρανε ότι ο πιασσορανίτης θα έπρεπε να περιέχει

τουλάχιστον ένα ακόμα ραδιενεργό στοιχείο. Η Κιουρί χρειάστηκε αρκετούς τόνους πιασσορανίτη για να απομονώσει απειροελάχιστη ποσότητα πολωνίου και ενός επιπλέον ραδιενεργού στοιχείου, του ραδίου. Σε μεταλλική κατάσταση, το ράδιο παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1910 από την Κιουρί και τον Andr-Louis Debierne με ηλεκτρόλυση τήγματος χλωριδίου του ραδίου, RaCl<sub>2</sub>.

Η Κιουρί ανακάλυψε ότι η ακτινοβολία του ραδίου κατέστρεφε τους καρκινικούς όγκους (Ραδιοθεραπεία). Τη μέθοδο την τελειοποίησε το 1906, όταν υπολόγισε τις σωστές δόσεις για θεραπεία με ράδιο. Το 1910 δημοσίευσε το θεμελιώδες έργο της «Μελέτη επί της ραδιενέργειας». Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1903, η Μαντάμ Κιουρί με τον σύζυγό της Pierre Curie και τον Γάλλο Φυσικό Antoine Henri Becquerel είχε τιμη-

θεί και με το Βραβείο Νομπελ Φυσικής, για την ανακάλυψη της φυσικής ραδιενέργειας και την έρευνα των φαινομένων της ραδιενεργού ακτινοβολίας. Ήταν η πρώτη φορά που ένας επιστήμονας ελάμβανε και δεύτερο βραβείο Νομπελ.

Μερικές από τις πολυάριθμες τιμητικές διακρίσεις που απονεμήθηκαν στη Μαντάμ Κιουρί: Το 1903 το ζεύγος Κιουρί βραβεύθηκε από τη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου με το βραβείο Davy. Τον επόμενο χρόνο έλαβαν το Μετάλλιο Matteucci της Ιταλικής Εταιρείας Επιστημών. Το 1906 η Μαρία Κιουρί γινόταν η πρώτη γυναίκα στη Γαλλία που της δινόταν έδρα πανεπιστημίου, ενώ ήταν επίσης η πρώτη γυναίκα που έδωσε διάλεξη στο πανεπιστήμιο της Σορβόνης. Το 1921 επισκέφθηκε τις Η.Π.Α. και προσκλήθηκε σε επίσημο δείπνο από τον πρόεδρο των Η.Π.Α. Warren Harding, που της δώρισε ένα γραμμάριο ραδίου αξίας 200.000 δολαρίων, το οποίο με τη σειρά της δώρισε στο Ινστιτούτο Ραδίου του Παρισιού. Το 1921 η Κιουρί αναγορεύεται επίτιμη διδάκτωρ οχεδόν σε όλα τα πανεπιστήμια των Η.Π.Α., ενώ γίνεται και επίτιμη δημότης της Νέας Υόρκης. Το 1922 η Μαρία Κιουρί γίνεται μέλος της Γαλλικής Ιατρικής Ακαδημίας. Προς τιμήν της, η μονάδα ραδιενέργειας ονομάστηκε κιουρί (Ci).



**Alfred Werner**

**12/12/1866, Μυλούζη  
Γαλλία  
15/11/1919, Ζυρίχη  
Ελβετία**

**1913: Ο Άλφρεντ Βέρνερ, Ελβετός Χημικός, έλαβε το Βραβείο Νομπελ Χημείας «σε αναγνώριση του έργου του αναφορικά με τους δεσμούς των ατόμων στα μόρια, μέσω του οποίου διαφωτίστηκαν προγενέστερες έρευνες και διανοίχθηκαν νέα ερευνητικά πεδία, κυρίως στον κλάδο της Ανόργανης Χημείας».** Ο Βέρνερ θεωρείται ως ο πατέρας της Χημείας των ενώσεων σύνταξης (Χημεία συμπλόκων, Coordination Chemistry). Το 1893, ήταν ο πρώτος που πρότεινε σωστές δομές για ενώσεις σύνταξης που περιείχαν σύμπλοκα ιόντα, στα οποία ένα κεντρικό μεταλλικό ιόν περιβάλλεται από ουδέτερους ή ανιοντικούς υποκαταστάτες (ligands). Η έρευνά του, σχετικά με τη διάταξη των

υποκαταστατών στον χώρο, συνέβαλε αποφασιστικά στην ανάπτυξη της Στερεοχημείας. Ο Βέρνερ παρασκευάζοντας σύμπλοκα με οπτικά ισομερή απέδειξε ότι η Στερεοχημεία είναι γενικό φαινόμενο και δεν οφείλεται μόνο στον άνθρακα, όπως επιστεύετο μέχρι τότε. Εξάλλου, οι προβλέψεις του για την ισομέρεια των συμπλόκων επιβεβαιώθηκαν πειραματικά.

Η θεωρία του περί μοριακής σύνταξης επέτρεψε την ταξινόμηση των ανόργανων ενώσεων με απλό τρόπο και επεξέτεινε την αρχή της ισομέρειας. Μολονότι οι απόψεις του έχουν τροποποιηθεί ελαφρά, αυτές εξακολουθούν να είναι θεμελιώδους σημασίας για τη σύγχρονη Ανόργανη Χημεία, δεδομένου ότι άνοιξαν τον δρόμο για μια πληρέστερη κατανόηση του χημικού δεσμού.

**1918: Ο Φριτς Χάμπερ, Γερμανός Χημικός, έλαβε το Βραβείο Νομπελ Χημείας «για τη σύνθεση της αμμωνίας από τα στοιχεία της».** Κατά τη σύνθεση αυτή, γνωστή με το όνομα Μέθοδος Haber - Bosch, αέριο άζωτο (N<sub>2</sub>) λαμβανόμενο από την ατμόσφαιρα, και αέριο υδρογόνο (H<sub>2</sub>) αντιδρούν υπό πίεση, παρουσία καταλύτη, προς αέρια αμμωνία (NH<sub>3</sub>). Η αμμωνία, μαζί με το θειικό οξύ, είναι τα χημικά προϊόντα με τον μεγαλύτερο όγκο παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής. Ο λόγος είναι ότι η αμμωνία αποτελεί την πρόδρομη ουσία για την παραγωγή (μεταξύ άλλων) νιτρικού οξέος, αμμωνιακών και νιτρικών λιπασμάτων, καθώς και ουρίας. Επίσης, η αμμωνία και τα άλατά της έχουν ποικίλες εφαρμογές σε βιομηχανίες φαρμάκων, βαφών, εκρηκτικών, τροφίμων κ.λπ. Η παραγωγή







Fritz Haber

9/12/1868, Breslau  
Πρωσία  
29/1/1934, Βασιλεία,  
Ελβετία

τροφίμων για τον μισό πληθυσμό της Γης εξαρτάται από λιπάσματα азώτου.

Ο Χάμπερ διετέλεσε Καθηγητής Χημείας στην Καρλσρούη. Μαζί με τον Max Born, επινόησε τον λεγόμενο Κύκλο Born – Haber ως μέθοδο υπολογισμού της ενέργειας πλέγματος ιοντικών στερεών.

Ο Χάμπερ δέχθηκε σκληρή κριτική, τόσο από τους επιστήμονες της εποχής του όσο και από μεταγενέστερους ερευνητές, για την εμπλοκή του στην ανάπτυξη χημικών όπλων, στον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Εκείνα τα χρόνια θεωρήθηκε ως «ο πατέρας της χημικής σύρραξης».



Linus Carl Pauling

28/2/1901 Portland  
Oregon Η.Π.Α.  
19/8/1994 Big Sur  
California, Η.Π.Α.

1954: Ο Λάινους Καρλ Πώλινγκ, Αμερικανός Χημικός, τιμήθηκε με το Βραβείο Νομπέλ Χημείας για «την έρευνα της φύσης του χημικού δεσμού και την εφαρμογή της στην αποσαφήνιση της δομής πολύπλοκων ενώσεων». Το 1962 του απονεμήθηκε το Βραβείο Νομπέλ Ειρήνης ως αναγνώριση των προσπαθειών του για ένταξη των πυρηνικών οπλοστασίων κάτω από διεθνή έλεγχο και της διακοπής των πυρηνικών δοκιμών. Έτσι, ο Πώλινγκ είναι ο μοναδικός επιστήμονας που έλαβε δύο Βραβεία Νομπέλ, χωρίς συμμετοχή άλλου. Το συγγραφικό του έργο είναι τεράστιο: περισσότερες από 1.200 δημοσιεύσεις και βιβλία, εκ των οποίων οι 850 αναφέρονται σε επιστημονικά θέματα. Υπήρξε ένας από τους πρώτους

που εφάρμοσαν τις αρχές της κβαντομηχανικής για τη μελέτη της δομής των μορίων, χρησιμοποιώντας με επιτυχία τις τεχνικές της περίθλασης των ακτίνων Χ και της περίθλασης ηλεκτρονίων. Για να ερμηνεύσει την ισοδυναμία των τεσσάρων χημικών δεσμών γύρω από ένα άτομο άνθρακα, ο Πώλινγκ εισήγαγε την έννοια των υβριδικών τροχιακών. Η διατύπωση της έννοιας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (κλίμακα Πώλινγκ) υπήρξε καθοριστική για την περαιτέρω μελέτη του χημικού δεσμού. Για μόρια που δεν μπορούσαν να αποδοθούν από ένα μόνο τύπο εισήγαγε της έννοια της μεσομέρειας ή συντονισμού. Οι θεωρίες του ενσωματώθηκαν σε ένα από τα σημαντικότερα συγγράμματα Χημείας του 20ου αιώνα «Η φύση του χημικού δεσμού και η δομή των μορίων και κρυστάλλων» (1939).

Ο Πώλινγκ υπήρξε ένας από τους ιδρυτές της Μοριακής Βιολογίας. Ασχολήθηκε επιτυχώς με θέματα όπως: πρωτεΐνες (αιμοσφαιρίνη), ανοσοποιητικές αντιδράσεις, ρόλος των δεσμών υδρογόνου στη δομή των πρωτεϊνών, δομή του DNA, δρεπανοκυτταρική αναμία κ.λπ.

Με την ανάπτυξη των πυρηνικών όπλων και τις συνεχιζόμενες πυρηνικές δοκιμές, ο Πώλινγκ, αναγνωρίζοντας τον μεγάλο κίνδυνο από τη ραδιενέργεια στον οποίον εκτίθεται η ανθρωπότητα, ξεκίνησε εκστρατεία υπέρ του πυρηνικού αφοπλισμού. Με το βιβλίο του «Όχι άλλος πόλεμος» (1938) και την αναφορά του που κατέθεσε στα Ηνωμένα Έθνη, υπογεγραμμένη από 11.021 επιστήμονες από όλο τον κόσμο, ζήτησε να τεθεί τέρμα στις πυρηνικές δοκιμές.



Ernst Otto Fischer

10/11/1918, Μόναχο  
23/7/2007, Μόναχο

1973: Ο Ερνστ Ότο Φίσερ, Γερμανός Χημικός, και ο Σερ Τζέφρυ Γουίλκινσον, Άγγλος Χημικός, μοιράστηκαν το Βραβείο Νομπέλ Χημείας, για «πρωτοποριακές εργασίες που πραγματοποίησαν, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, στη χημεία των οργανομεταλλικών ενώσεων sandwich». Οι προσπάθειες των δύο επιστημόνων για την εξέλιξη της χημείας των ενώσεων sandwich των μεταβατικών μετάλλων, εμπνεόμενες από φαντασία, έφεραν επανάσταση στο πεδίο της Οργανομεταλλικής Χημείας και είχαν πολύ σημαντική απήχηση στους ευρύτερους κλάδους της Ανόργανης, Οργανικής και Θεωρητικής Χημείας.



Sir Geoffrey Wilkinson

14/7/1921, Tormorden  
Yorkshire Αγγλία  
26/9/1996, Λονδίνο

Όλα ξεκίνησαν από δύο δημοσιεύσεις το 1951 για την τυχαία παρασκευή μιας εξαιρετικά σταθερής ένωσης του σιδήρου, του δικυκλοπενταδιενυλοσιδήρου. Σε αυτές, το άτομο Fe εμφανιζόταν να συνδέεται μέσω σ-δεσμών με τους δύο πενταμελείς δακτυλίους (Cr). Όμως, μια τέτοια διατύπωση θεωρήθηκε από τους Φίσερ και Γουίλκινσον ανεπαρκής για την ερμηνεία της εξαιρετικής θερμικής και χημικής σταθερότητας αυτής της ένωσης. Έτσι, άρχισαν, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, πειραματικές έρευνες, προκειμένου να λύσουν το μυστήριο της σύνδεσης του σιδήρου με τους δύο δακτυλίους. Το 1952, ο Φίσερ, βασισμένος στην κρυσταλλογραφική

ανάλυση με ακτίνες Χ και ο Γουίλκινσον, σπηριζόμενος σε χημικές, φυσικές και φασματοσκοπικές μελέτες της νέας ένωσης, κατέληξαν ταυτόχρονα στο ίδιο συμπέρασμα, ότι δηλαδή επρόκειτο για ένα σύμπλοκο στο οποίο το άτομο Fe, ανάμεσα στους δύο παράλληλους δακτυλίους Cr, ενώνονταν με π-δεσμούς και με τα δέκα άτομα C των δύο πενταμελών δακτυλίων, δίνοντας την εντύπωση ενός σάντουιτς. Η ένωση βαπτίσθηκε φεροκένιο (ferrocene κατά το benzene, βενζόλιο), λόγω του υψηλού αρωματικού χαρακτήρα που έδειχνε.

Μετά από αυτή την ανακάλυψη, τα αμέσως επόμενα χρόνια, το πεδίο της Χημείας των μεταλλοκενίων, όπως ονομάστηκαν όλες οι ενώσεις του φεροκενίου ενώσεις, έμελλε να γνωρίσει μια εκρηκτική ανάπτυξη εξάπτοντας τα ενδιαφέροντα και τη φαντασία αμέτρητων ανόργανων, οργανικών και θεωρητικών χημικών. Ο ανεξάρτητος πλέον κλάδος της Οργανομεταλλικής Χημείας είχε εδραιωθεί!



Robert F. Curl Jr.  
23/8/1933, Alice, TX, ΗΠΑ



Sir Harold W. Croto  
7/10/1939, Wisbech Βρετανία  
30/4/2016, Leves, Sussex



Richard E. Smalley  
6/6/1943, Acron, OH, ΗΠΑ  
28/10/2005, Houston, TX

1996: Οι Αμερικανοί Χημικοί Ρόμπερτ Καρλ και Ρίτσαρντ Σμόλυ μοιράστηκαν από κοινού το Βραβείο Νομπέλ Χημείας με τον Βρετανό χημικό Σερ Χάρολντ Κρότο, για την «ανακάλυψη των φουλλιπτερινών». Μέχρι



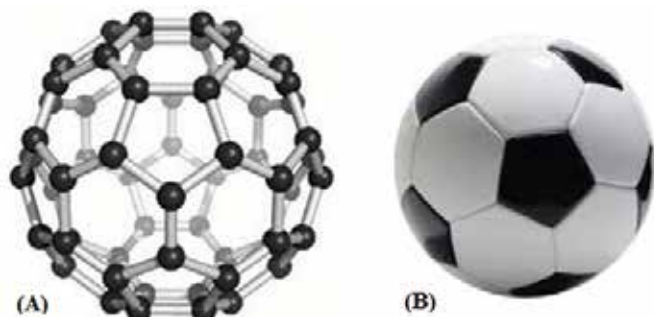
το 1985 γνωρίζαμε ότι ο άνθρακας απαντάται σε δύο μόνο κύριες μορφές, τον αδάμαντα (διαμάντι) και τον γραφίτη, οι οποίες αποτελούν στερεά ομοιοπολικού πλέγματος. Σ' αυτές ήρθε τώρα να προστεθεί μια τρίτη αλλοτροπική μορφή του άνθρακα, το λεγόμενο μπακμίνστερ-φουλλιρένιο (buckminsterfullerene). Το 1985, ο Κρότο (από το Πανεπιστήμιο του Sussex στο Brighton, Μ. Βρετανία) προσέγγισε τους Σμόλυ και Καρλ (του Πανεπιστημίου Rice, στο Houston, Texas) για να κάνουν μερικά πειράματα απομίμησης των συνθηκών που επικρατούν σε ορισμένους αστέρες, προκειμένου να μάθουν τι είδους ανθρακούχα μόρια θα μπορούσαν να παραχθούν. Οι ερευνητές στο Rice είχαν προηγουμένως κατασκευάσει ένα όργανο, στο οποίο χρησιμοποιούσαν μια έντονη δέσμη λείζερ για να εξατμίζουν στερεά. Ο θερμός ατμός που παραγόταν κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούσε στη συνέχεια να κατευθυνθεί ως μοριακή δέσμη μέσα σε ένα φασματόμετρο μάζας, όπου ήταν δυνατή η μέτρηση των μοριακών μαζών των χημικών οντοτήτων του ατμού.

Τα πειράματα κατά την εξάτμιση γραφίτη έδωσαν εκπληκτικά αποτελέσματα. Όπως αναμενόταν, βρέθηκαν μοριακές πλειάδες (clusters) των 2 μέχρι 30 ατόμων άνθρακα. Όμως, εκτός αυτών, το φάσμα μάζας του ατμού έδειξε καθαρά και την παρουσία ενός μορίου σε ιδιαίτερα μεγάλη αφθονία, του  $C_{60}$ . Γιατί αυτό το μόριο ήταν τόσο σταθερό; Οι Κρότο, Σμόλυ και Καρλ πάλεψαν με αυτό το πρόβλημα και τελικά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μόριο  $C_{60}$  πρέπει να μοιάζει με ένα κομμάτι από φύλλο γραφίτη, το οποίο αφού κύρτωσε αρκετά, σχημάτισε μια δομή κλειστού

θόλου. Ο Κρότο θυμήθηκε τον τρόπο με τον οποίον κάποτε έφτιαξε για τα παιδιά του έναν θόλο από χαρτόνι με τον ουρανό της νύκτας αποτυπωμένο πάνω σε αυτό. Σκέφθηκε ότι το χαρτόνι δεν περιείχε μόνο εξάγωνα, όπως ο γραφίτης, αλλά και πεντάγωνα. Ο Σμόλυ επιχείρησε να κατασκευάσει ένα μοντέλο του  $C_{60}$  συγκολλώντας πολύγωνα από χαρτί. Ανακάλυψε τότε ότι μπορούσε να έχει ένα πολύ σταθερό κλειστό πολύεδρο με 60 κορυφές, ξεκινώντας με ένα πεντάγωνο και προσκολλώντας εξάγωνα σε καθεμία από τις πέντε πλευρές του. Στη δομή αυτή που είχε το σχήμα ενός μπιλ προσκόλλησε και άλλα πεντάγωνα και εξάγωνα φτιάχνοντας τελικά μια χάρτινη μπάλα ποδοσφαίρου αρκετά σταθερή για να αναπηδήσει πάνω στο πάτωμα. Η μοριακή δομή του  $C_{60}$  φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι Κρότο και Σμόλυ ονόμασαν το μόριο μπακμίνστερ-φουλλιρένιο (buckminsterfullerene), από το όνομα του Μπακμίνστερ Φούλλερ (R. Buckminster Fuller), ο οποίος μελετούσε αρχιτεκτονικές δομές κλειστών θόλων κατασκευασμένες από πολύγωνα.

Το 1990, το buckminsterfullerene παρασκευάστηκε σε ποσότητες γραμμαρίων. Από τη στιγμή που η καστανέρυθρη ουσία ήταν διαθέσιμη σε αρκετή ποσότητα, οι ερευνητές κατόρθωσαν να επαληθεύσουν τη δομή ποδοσφαιρικής μπάλας του μορίου  $C_{60}$ .

Τα φουλλιρένια έχουν αποτελέσει αντικείμενο εντατικής έρευνας, τόσο για τη μοναδική χημεία τους όσο και για τις τεχνολογικές και βιοϊατρικές εφαρμογές τους, ειδικά στην επιστήμη των υλικών, των ηλεκτρονικών και της νανοτεχνολογίας.



#### Η δομή του buckminsterfullerene

(A) Ένα μοριακό μοντέλο του  $C_{60}$ . Τα άτομα άνθρακα βρίσκονται στις κορυφές των πολυγώνων. Κάθε δεσμός είναι κάτι ενδιάμεσο μεταξύ απλού και διπλού δεσμού, όπως συμβαίνει στον γραφίτη.

(B) Το μόριο buckminsterfullerene ονομάζεται συχνά «buckyball», επειδή μοιάζει με μπάλα του ποδοσφαίρου (με 20 εξάγωνα και 12 πεντάγωνα).

Του Αναστάσιου Βάρβογλη, Ομότιμου καθηγητή του ΑΠΘ

## Τα βραβεία Νόμπελ Χημείας. Οργανική Χημεία

Κάθε χρόνο, τις πρώτες μέρες του Οκτωβρίου η διεθνής επιστημονική κοινότητα ασχολείται με ένα επίκαιρο θέμα αναμένοντας την απονομή των βραβείων Νόμπελ. Τα προγνωστικά δίνουν και παίρνουν, οι συζητήσεις φουντώνουν, κάποιοι που τους έχει ζητηθεί να προτείνουν υποψηφιότητες υποστηρίζουν τον ευνοούμενό τους. Τα μέλη της Σουηδικής Ακαδημίας έχουν δύσκολη δουλειά, αφού η επιλογή πρέπει να γίνει από πολλὰ πεδία στα οποία έχουν χωριστεί από καιρό η Χημεία, η Φυσική και οι Βιοϊατρικές Επιστήμες. Επιπροσθέτως, η κατάργηση των «στεγανών» δημιουργεί άλλα προβλήματα, με αποτέλεσμα ένας χημικός να μπορεί να τιμηθεί με το βραβείο Φυσικής ή Φυσιολογίας / Ιατρικής. Ένα ακόμη δίλημμα είναι αν πρέπει να τιμηθούν κάποιοι για το σύνολό του έργου τους ή για μια πρωτοποριακή ανακάλυψη.

Όπως και αν έχουν τα πράγματα, υπάρχει η δυνατότητα κάθε χρόνο

να προαποφασίζεται άτυπα ποιος κλάδος έχει προτεραιότητα, ώστε οι υποψηφιότητες να περιορίζονται. Έτσι αποφεύγεται η σύγκριση επιστημόνων με ανάμοιο έργο που εκ των πραγμάτων δεν είναι εύκολο να αξιολογηθεί με αντικειμενικά κριτήρια. Η επιλογή είναι πράγματι δύσκολο έργο, αφού οι προτάσεις για κάθε κλάδο, που γίνονται κατόπιν προσκλήσεως, από επιλεγμένα πρόσωπα, ανέρχονται στον σεβαστό αριθμό των 3000, ενώ οι υποψήφιοι συνήθως ξεπερνούν τους εκατό.

#### Ιστορική αναδρομή

Η καθιέρωση των βραβείων Νόμπελ, από το 1901, ορίστηκε από τον σουηδό βιομήχανο και χημικό Άρφρεντ Νόμπελ που έγινε βαθύπλουτος από την εκμετάλλευση των εφευρέσεών του στον χώρο των εκρηκτικών, ιδίως της δυναμίτιδας. Με τη διαθήκη του άφησε ένα σημαντικό ποσό στη Σουηδική Ακαδημία και όρισε από τα κέρδη των επενδύσεων

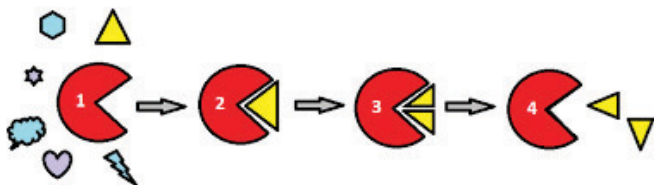


να απονέμονται τέσσερα βραβεία κάθε χρόνο, αφενός στη Λογοτεχνία και αφετέρου στη Χημεία τη Φυσική και τη Φυσιολογία ή Ιατρική, σε επιστήμονες το έργο των οποίων αποδίδει «το μέγιστο όφελος προς την ανθρωπότητα». Μια λεπτομέρεια, που γρήγορα αποσιωπήθηκε ως ανεφάρμοστη, ήταν ότι τα βραβεία έπρεπε να απονέμονται για επιτεύγματα του προηγούμενου έτους. Ο ωφελιμιστικός χαρακτήρας επίσης έπαιξε να θεωρείται απαραίτητος, αφού δυνητικά η κάθε ανακάλυψη μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτα ευεργετικά αποτελέσματα.

Η οργανική χημεία έχει προεκτάσεις σε πολλούς χώρους, από τον ορυκτό κόσμο και τους έμβιους οργανισμούς έως την ατμόσφαιρα και το μεσοαστρικό διάστημα. Η υπεροχή της οργανικής χημείας σε σχέση με τους άλλους τομείς οφείλεται στο γεγονός ότι το αντικείμενό της είναι ευρύτατο και οι ερευνητές πολυάριθμοι, καθώς επίσης και στο ότι αρκετές φορές τα επιτεύγματά τους έχουν πράγματι ορατή ωφέλεια. Για λόγους οικονομίας χώρου, το παρόν άρθρο περιορίζεται στην κατεξοχήν έκφραση της σύνθεσης, με αναφορές και στην ανάλυση, όπου δεν περιλαμβάνονται οι φασματοσκοπικές μέθοδοι.

## Η πρώτη δεκαετία

Ήδη από την πρώτη δεκαετία φάνηκε ότι στην οργανική χημεία οφείλονταν πολλά επιτεύγματα. Μετά το πρώτο βραβείο που απονεμήθηκε το 1901 στον Jakobus Henricus van't Hoff, όχι για την στερεοδομή του άνθρακα αλλά για το έργο του στην ωσμωτική πίεση, το 1902 ήταν η σειρά του Emil Fischer για «εξαιρετικές υπηρεσίες στη σύνθεση σακχάρων και πουρινών». Ο Emil Fischer υπήρξε εμβληματική μορφή στον χώρο της χημείας και ασχολήθηκε επίσης με τις πρωτεΐνες, τα πεπτιδία και τα αμινοξέα, καθώς και με τις ταννίνες, σε πρωτοποριακές εργασίες. Μπορεί να θεωρηθεί ως ο πρώτος βιοχημικός στον οποίο μάλιστα ανήκει η περίφημη παρομοίωση της σχέσης ενζύμου-υποστρώματος με κλειδί-κλειδαριά που αναφέρεται απαραίτητα στα διδακτικά βιβλία (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Το ενζυμικό μοντέλο κλειδιού-κλειδαριάς, όπου τα λόγια περιτεύουν. Θα μπορούσε να παριστάνει π.χ. την υδρόλυση ενός διασακχαρίτη.

Μέντορας του Fischer ήταν ο Adolph von Baeyer που τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ τρία χρόνια αργότερα, για τις υπηρεσίες του «στη χημεία και στη χημική βιομηχανία», με τις μελέτες του στον χώρο των υδροαρωματικών ενώσεων και των χρωμάτων. Μεταξύ άλλων, προσδιόρισε τη δομή του ινδικού, αφού προηγουμένως το είχε παρασκευάσει συνθετικά και μάλιστα με δύο τρόπους, αν και οι μέθοδοί του δεν ήταν πρακτικές, σύντομα έγινε πραγματικότητα η συνθετική παραγωγή ενός χρώματος με ιστορία 6000 ετών που εξακολουθεί να παραμένει δημοφιλές. Στο σκεπτικό της Επιτροπής Νόμπελ υπογραμμίζονται η ωφέλεια της έρευνας στις εφαρμογές. Στον τομέα αυτόν η Γερμανία διέπρεψε κατά το πρώτο ήμισυ του 20ού αιώνα, αρχικά με την αξιοποίηση της λιθανθρακόπισσας σε χρώματα και αργότερα σε φάρμακα, καθώς και στη σύνθεση της αμμωνίας και του ακετυλениού το οποίο θα αποτε-

λούσε μια νέα πηγή πρώτων υλών. Η πρώτη δεκαετία κλίνει με τον Otto Wallach (1910), που ασχολήθηκε κυρίως με τη διευκρίνιση της δομής αλκυκλικών ενώσεων, τερπενίων και οξυγονούχων αναλόγων όπως την καμφορά, με αναφορά και πάλι στο σκεπτικό στη χημική βιομηχανία.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι οι πρώτες έρευνες αποσκοπούσαν κυρίως στην εύρεση της δομής των κοινών οργανικών ενώσεων, έργο πολύ απαιτητικό αν αναλογιστούμε ότι έλειπε η βοήθεια των φασματοσκοπικών μεθόδων. Το μόνο σχεδόν διαθέσιμο εργαλείο ήταν η αποικοδόμηση, δηλαδή ο κατακερματισμός των ενώσεων σε απλούστερες από τις οποίες μπορούσε να «συναρμολογηθεί» η αρχική ένωση. Μόλις περί τα μέσα της επόμενης 50ετίας θα άρχιζαν οι συνθέσεις χάρη στην ανάπτυξη νέων αντιδράσεων.

## Το διάστημα 1911-1960

Το διάστημα αυτό σηματοδεύτηκε από τους δύο παγκόσμιους πολέμους κατά τους οποίους δεν απονεμήθηκαν βραβεία για οκτώ χρονιές. Το 1912 είναι η σειρά δύο γάλλων χημικών, του Victor Grignard και του Paul Sabatier. Από αυτούς ο πρώτος είχε τη μεγαλύτερη αναγνώριση με τα ομώνυμα αντιδραστήρια του μαγνησίου που εξακολουθούν να είναι δημοφιλή, παρά την επινόηση άλλων οργανομεταλλικών ενώσεων που κάποτε υπερέχουν σε αντιδράσεις δημιουργίας δεσμών C-C. Η συνεισφορά του Sabatier αφορούσε στην ανάπτυξη της καταλυτικής υδρογόνωσης, αντίδρασης συμπληρωματικής των αποικοδομήσεων.

Μετά το γαλλικό διάλειμμα, η γερμανική κυριαρχία εξακολουθεί κατά τις τρεις πρώτες δεκαετίες, κυρίως στον χώρο της οργανικής χημείας. Ο Richard Willstätter (1915) θα τιμηθεί για τη συνεισφορά του στη χημεία των φυσικών χρωστικών, με έμφαση στη διευκρίνιση της δομής μιας κλωροφύλλης. Σημαντικό επίτευγμά του ήταν επίσης η στοχευμένη σύνθεση του κυκλοοκτατετραενίου. Η τριάδα των Heinrich Wieland (1927), Adolf Windaus (1928) και Adolf Butenandt (1939) πρόσφερε σπουδαίες υπηρεσίες στη διευκρίνιση της δομής στεροειδών ενώσεων, με ηρωικές προσπάθειες για την απόκτηση των πρώτων υλών, όπως εντόσθια ζώων και ούρα, που χρειαζόνταν σε μεγάλες ποσότητες. Ο Butenandt, 20 χρόνια αργότερα, ανακάλυψε επίσης την πρώτη φερόμνη, τη βομβυκόλη του μεταξοσκώληκα. Δεν πρέπει να υποτιμηθεί και ο γερμανόφωνος κροάτης Leopold Ruzicka (1939, μοιράστηκε το βραβείο με τον Butenandt), ο οποίος υπήρξε ο πρώτος συνθέτης, με πολυάριθμες συνθέσεις στο ενεργητικό του σχετικά απλής δομής φυσικών ενώσεων.

Ο Hans Fischer (1930) προσδιόρισε τη δομή της αίμης, της χρωστικής της αιμοσφαιρίνης. Δύο ακόμη γερμανοί, ο Friedrich Bergius και ο Carl Bosch, από τον βιομηχανικό χώρο, τιμήθηκαν το 1931 για τη συμβολή τους στην ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων σε αντιδράσεις αερίων που απαιτούσαν υψηλές πιέσεις, ιδιαίτερα για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων. Ο αυστριακός Richard Kuhn (1938) διέπρεψε σε πολλούς τομείς, ιδιαίτερα στα καροτενοειδή, το βραβείο όμως οφειλόταν στις έρευνές του στις βιταμίνες B<sub>2</sub> και B<sub>6</sub>. Μόλις τον προηγούμενο χρόνο ο ελβετός Paul Karrer και ο βρετανός Walter Haworth είχαν μοιραστεί το βραβείο για τις έρευνές τους επίσης στις βιταμίνες. Τονίζεται ιδιαίτερα η συμβολή του Haworth στη μελέτη των σακχάρων και τη σύνθεση της βιταμίνης C που οδήγησε στη βιομηχανική παραγωγή της, ενώ ο Karrer μελέτησε κυρίως τις βιταμίνες A και B<sub>1</sub>, καθώς και τα καροτένια. Η δεκαετία του 1940 κλίνει με την ανάδειξη του ζεύγους Otto Diels και Kurt Alder (1950), της ομώνυμης και περιώνυμης αντίδρασης. Οι δύο αυτοί γερμανοί χημικοί, δάσκαλος / μαθητής, έδωσαν το όνομά τους σε





ένα ένζυμο, την Diels-Alderase, που επισημάνθηκε μόλις το 2016.

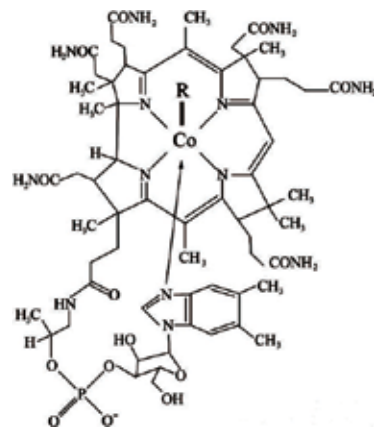
Νωρίτερα, ένας άλλος βρετανός, ο Robert Robinson (1947), είχε τιμηθεί με το βραβείο για τις έρευνές του σε φυσικά προϊόντα, κυρίως με συνθέσεις αλκαλοειδών αρκετά πολύπλοκης δομής. Ο Robinson διακρίθηκε και στον μηχανιστικό τομέα συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του. Δέκα χρόνια αργότερα, το 1957, είναι η σειρά του Alexander Todd που θα τιμηθεί για τη συμβολή του στη χημεία των νουκλεοτιδίων και συναφών συνενζύμων, ενώ είχε επίσης συμβολή στη διευκρίνιση της δομής της βιταμίνης B12 και τη σύνθεση του ζεύγους ADP και ATP. Ένας ακόμη γερμανός, ο Hermann Staudinger (1953), έγινε γνωστός από τα πολυμερή που απέδειξε ότι είναι μακρομόρια και όχι συσσωματώματα κολλοειδούς τύπου, καθώς και από τις κετένες.

Στα 50 χρόνια που αναφερθήκαμε η οργανική χημεία κινήθηκε σε κλασικούς ρυθμούς. Τα όργανα και οι τεχνικές δεν διέφεραν πολύ από εκείνα του 19ου αιώνα. Η διευκρίνιση των δομών γινόταν κυρίως με υδρόλυση και οξιδώσεις όπως ή οζοντόλυση, συμπληρωματικά δε με τον σχηματισμό παραγώγων, όπως οι φαινυλδραζόνες για τις καρβονυλικές ενώσεις. Στην ανάπτυξη της σύνθεσης βοήθησαν λιγότερες νέες αντιδράσεις. Αντίθετα, έγιναν σοβαρές πρόοδοι στους μηχανισμούς των αντιδράσεων που δεν είχαν το ανάλογο αντίκρισμα στα βραβεία Νόμπελ. Επίσης, άρχισαν να εμφανίζονται σποραδικά δεδομένα για φασματοσκοπικές ιδιότητες που καταγράφονταν συχνά με πρωτόγονα αυτοσχέδια όργανα. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι συνθήκες που επέτρεψαν την αληθινά πρόοδο των επόμενων χρόνων.

## Το διάστημα 1961-2000

Αν έπρεπε κάποιος να ονομάσει τον σπουδαιότερο οργανικό χημικό όλων των εποχών, πιθανότατα θα επέλεγε τον Robert Burns Woodward. Ο χαρισματικός αυτός αμερικανός με τη βράβειυσή του (1965) σηματοδοτεί την έναρξη της χρυσής εποχής των οργανικών συνθέσεων που συνεχίζονται επί των ημερών μας με ομοιότητα και πιο δυσκολοπρόσιτους στόχους. Είναι πλέον γεγονός ότι όσο πολύπλοκη δομή κι αν διαθέτει ένα φυσικό προϊόν, τελικά θα υποκύψει στις επιθέσεις χημικών εξοπλισμένων με τα τελειότερα συνθετικά και θεωρητικά όπλα, σε συνδυασμό με όργανα που διευκολύνουν τη χειρωνακτική εργασία και προσφέρουν ανεκτίμητη βοήθεια σε θέματα δομής. Τώρα δεν έχει πλέον τόση αξία η «πρωτιά» μιας σύνθεσης καθώς συχνά ακολουθεί μια άλλη βελτιωμένου τύπου, κάποτε μάλιστα πολλή ακόμη.

Όλα τα παραπάνω δεν είναι επαρκή για την πραγματοποίηση μιας σύνθεσης. Εκείνο που χρειάζεται περισσότερο είναι η σύλληψη της προσέγγισης που συχνά μπορεί να περιλαμβάνει πάνω από 50 στάδια. Εδώ έρχεται να προστεθεί το ταλέντο της δημιουργικής φαντασίας που δεν διαθέτουν πολλοί, ώστε να επιλεγούν οι πιο πρόσφορες οδοί. Ας σημειωθεί ότι οι συνθέσεις γίνονται σήμερα από ομάδες χημικών με επικεφαλής τον εμπνευσμένο αρχηγό που προβλέπει, καθοδηγεί και ερμηνεύει τις προσπάθειες των άλλων μελών, τα οποία συνήθως είναι υπομνήφιοι διδάκτορες ή μεταδιδακτορικοί ερευνητές – οι αφανείς ήρωες των μεγάλων συνθέσεων. Ο Woodward είχε τη δυνατότητα να επιλέγει τους καλύτερους συνεργάτες από τους οποίους ζητούσε το μέγιστο των δυνατοτήτων τους. Έτσι το επιτεύξιμο του κατόρθωσε να συνθέσει πολύπλοκα μόρια όπως στεροειδή, αλκαλοειδή, μια χλωροφύλλη κ.α. με επιστέγασμα τη βιταμίνη B<sub>12</sub>. Γι' αυτό το γιγαντιαίο μόριο, το μοναδικό φυσικό προϊόν που περιέχει κοβάλτιο, χρειάστηκαν οι ενορχηστρωμένες προσπάθειες μιας πλειάδας χημικών – για την ακρίβεια 99 – προκειμένου να αλωθεί ένα φαινομενικά άπαρτο κάστρο (Σχήμα 2).

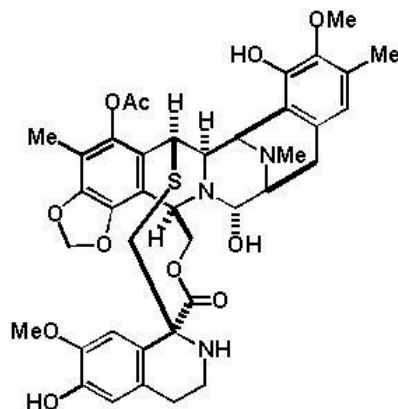


Σχήμα 2. Μορφές της βιταμίνης B<sub>12</sub> (R=OH-, CN-, CH<sub>3</sub>-, 5'-δεοξυαδενοσουλ-).

Στο σημείο αυτό αναρωτιέται κανείς, αν άξιζε μια τέτοια κολλοσιαία επιχείρηση που εκτελείται με επιτυχία από ταπεινά βακτήρια. Η απάντηση είναι καταφατική, δεδομένου ότι οι δυσκολίες που συναντήθηκαν καθ' οδόν υπερνικήθηκαν με την επινόηση νέων συνθετικών μεθόδων γενικής εφαρμογής. Ακόμη περισσότερο, για να επιτευχθεί η επιθυμητή στερεοχημεία επιμέρους τμημάτων χρειάστηκε να επινόηθεί ένα νέο θεωρητικό πλαίσιο. Σε συνεργασία με τον Roald Hoffmann, επίσης νομπελίστα, προέκυψε η διατύπωση των κανόνων Woodward-Hoffmann που διέπουν ορισμένου τύπου αντιδράσεις, τις λεγόμενες ηλεκτροκυκλικές, και προβλέπουν ποιο στερεοχημικό ισομερές θα προκύψει.

Για τις στερεοχημικές μελέτες τους τιμήθηκαν επίσης ο βρετανός Derek Barton και ο νορβηγός Odd Hassel (1969), καθώς και οι John Cornforth (αυστραλός) και Vladimir Prelog (κροάτης), το 1975. Ο Barton προσέφερε πολλά και στη σύνθεση με την επινόηση νέων αντιδράσεων, ενώ ο Cornforth μελέτησε κυρίως τη δράση των ενζύμων. Ο Prelog διευκρίνισε τη δομή πολλών φυσικών προϊόντων και συνέθεσε μερικά από αυτά. Ο Georg Wittig (1979) είναι ο τελευταίος γερμανός νομπελίστας, που τιμήθηκε για «τις πολλές σημαντικές συμβολές» του: ιδίως την επινόηση της ομώνυμης αντίδρασης όπου μια καρβονυλική ένωση ενώνεται με διπλό δεσμό με το αλκάλιο ενός αλκυλαλογονιδίου, με τη μεσολάβηση της τριφαινυλοφωσφίνης, καθώς και τη μελέτη της χημείας του φαινυλολιθίου με επιστέγασμα την απόδειξη σχηματισμού του βενζινίου. Το βραβείο μοιράστηκε ο αμερικανός Herbert Brown για την υδροβορίωση των ακόρεστων ενώσεων, αντίδραση που προσφέρεται για περαιτέρω μετατροπές.

Ένα ακόμη συνθετικό βραβείο ήλθε να προστεθεί το 1990, στον λιβανέζικης καταγωγής αμερικανό Elias Corey ο οποίος σε ηλικία 88 ετών είναι ακόμη μάχιμος. Ο Corey έχει στο ενεργητικό του πάνω από 1000 δημοσιεύσεις, με περίπου 250 συνθέσεις φυσικών προϊόντων και μια δεκάδα νέων αντιδράσεων γενικής εφαρμογής (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Η εκτεννασκιδίνη (ή τραβεκτιδίνη).



Από έναν τέτοιο μοναδικό πηλούτο, ξεχωρίζει λόγω γενικότερου ενδιαφέροντος η πρόσφατη σύνθεση της εκτεινασκιδίνης, ενός φυσικού προϊόντος και αντικαρκινικού φαρμάκου. Η ένωση είχε απομονωθεί από έναν θαλάσσιο οργανισμό (ασκίδιο) ήδη από το 1969, αλλά η δομή της διευκρινίστηκε το 1984. Αρχικά λαμβανόταν από την καλλιέργεια των ασκιδίων, όμως σε ελάχιστες ποσότητες, αφού από έναν τόνο βιολογικού υλικού προκύπτει μόνο ένα γραμμάριο εκτεινασκιδίνης. Η ομάδα του Corey πέτυχε μια πρώτη σύνθεση της ένωσης, χωρίς πρακτικές προοπτικές, για να επανέλθει με έναν απλούστερο τρόπο που πλέον εφαρμόζεται βιομηχανικά. Στη συγκεκριμένη έρευνα έγινε η σύνθεση και κάποιων αναλόγων της εκτεινασκιδίνης, ένα από τα οποία είχε ισχυρότερη φαρμακολογική δράση και ενδέχεται να προστεθεί στον κατάλογο των αντικαρκινικών φαρμάκων.

Για πρώτη φορά βραβεύθηκε μια τριάδα το 1987, με τους Donald Cram, Jean-Marie Lehn και Charles Pedersen, ο Lehn γάλλος, οι άλλοι αμερικανοί, για την επινόηση μορίων «με εξειδικευμένες δομικές αλληλεπιδράσεις υψηλής επιλεκτικότητας». Με αυτή την αόριστη διατύπωση έγινε προσπάθεια να περιγραφούν συνοπτικά οι ποικίλες ενώσεις που είχαν συντεθεί από απλές πρώτες ύλες, με κύριο χαρακτηριστικό την ικανότητα να αντιδρούν αντιστρεπτά με ορισμένα μόνο μόρια, με μια εξειδίκευση που θυμίζει ενζυμική δράση. Στην απλούστερη περίπτωση, ο Pedersen, ένας βιομηχανικός χημικός, συνέθεσε μια ομάδα κυκλικών πολυαιθέρων, τους αιθέρες-στέμματα, που φιλοξενούν στην κοιλότητά τους επιλεκτικά κατιόντα μετάλλων. Ο Cram συνέθεσε πολυάριθμα και πολυπλοκότερα νέα παράγωγα με ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα ένζυμα, αφού προηγουμένως είχε διακριθεί σε μηχανιστικές μελέτες. Ο Lehn προχώρησε σε άλλα συστήματα θεμελιώνοντας μια νέα περιοχή της χημείας, την υπερμοριακή, όπου μελετώνται συστήματα μορίων που φιλοξενούν, όχι απαραίτητα στην κοιλότητά τους, άλλα μόρια, χωρίς τη δημιουργία ομοιοπολικών δεσμών. Τέτοια συστήματα είναι κατάλληλα για τη χρησιμοποίησή τους σε αισθητήρες και διακόπτες.

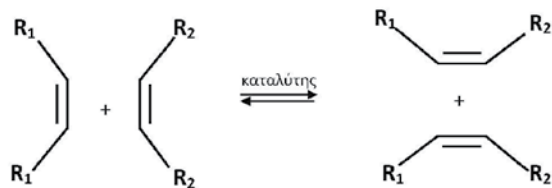
Στη δεκαετία του 1990 βραβεύθηκε επίσης ο ουγγρο-αμερικανός George Olah που ασχολήθηκε συστηματικά με τη χημεία κατιοντικών ειδών, ιδίως των καρβοκατιόντων. Μεταξύ άλλων, απέδειξε ότι σε διαλύματα του «μαγικού οξέος», του τύπου  $\text{FSO}_3\text{-SbF}_5$ , το μεθάνιο πρωτονιώνεται προς  $\text{CH}_5^+$  το οποίο αποτελείται από το  $\text{CH}_3^+$  σε σύνδεση με μοριακό υδρογόνο.

## Ο 21<sup>ος</sup> αιώνας

Στα 16 χρόνια του νέου αιώνα, εκτός από την τελευταία βράβευση της τριάδας, που αναφέρεται σε άλλο άρθρο, έχουμε τρεις ακόμη τριάδες, όπου εμφανίζονται για πρώτη φορά λάβωνες χημικοί. Η πρώτη τριάδα (2001) συνίσταται από τους William Knowles, Ryoji Noyori και Barry Sharpless, οι δύο αμερικανοί, για την ανάπτυξη στερεοεκλεκτικών αντιδράσεων. Ενενήντα χρόνια μετά την καταλυτική υδρογόνωση του Sabatier, η αντίδραση ήλθε και πάλι στο προσκήνιο, αρχικά χάρη στον βιομηχανικό χημικό Knowles που πέτυχε κατά την καταλυτική αναγωγή μιας απλής κετόνης να λαμβάνεται μόνο η μία από τις δύο δυνατές αλκοούλες, χρήσιμες για τη σύνθεση ενός φαρμάκου. Την ίδια αντίδραση, με κατάλληλους ασύμμετρους καταλύτες, επεξέτεινε ο Noyori, ενώ ο Sharpless πέτυχε ανάλογα αποτελέσματα με την εποξίδωση ακόρεστων ενώσεων. Οι ασύμμετροι καταλύτες αρχικά βασίζονταν σε φυσικά προϊόντα, αργότερα όμως προστέθηκαν αποτελεσματικότερα συνθετικά παράγωγα.

Η δεύτερη τριάδα είναι οι χημικοί Yves Chauvin, Robert Grubbs και

Richard Schrock (2005), οι οποίοι ανέδειξαν τη σημασία της ολεφινικής μετάθεσης, μιας νέας προσέγγισης για τη δημιουργία διπλού δεσμού. Πρόκειται για αντίδραση με αλληλαπόδη εξέλιξη, κατάλληλη για δύσκολες περιπτώσεις, που είναι βέβαιο ότι σύντομα θα περάσει στα διδακτικά βιβλία (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Η ολεφινική μετάθεση: μοριακές καντρίλες.

Κλειδί για την επιτυχία της αντίδρασης είναι ο καταλύτης, μια οργανομεταλλική ένωση του ρουθηνίου που ολοένα και βελτιώνεται. Πολύ απλοποιημένα, μπορούμε να πούμε ότι στην ολεφινική μετάθεση συμμετέχουν δύο διαφορετικά αλκένια που ανταλλάσσουν υποκαταστάτες.

Η τρίτη τριάδα (2010) αποτελείται από τους Richard Heck, Ei-ichi Negishi και Akira Suzuki που αξιοποίησαν τις καταλυτικές ιδιότητες ενώσεων του παλλαδίου σε αντιδράσεις σύζευξης ποικίλων ενώσεων, τύπου κυρίως C-C. Τέτοιες συζεύξεις γίνονται με πληθώρα υποστρωμάτων κι έχουν εφαρμοστεί σε πολυάριθμες περιπτώσεις, ιδίως με τη χρήση ενώσεων του ψευδαργύρου (Negishi) και του βορίου (Suzuki).

## Επίλογος

Τι άραγε μας επιφυλάσσει το μέλλον; Προβλέψεις αυτού του είδους είναι παρακινδυνευμένες. Ωστόσο από πρόσφατα επιτεύγματα μπορούμε να συμπεράνουμε τις τάσεις που είναι πιθανότερο να κυριαρχήσουν. Οι νανομηχανές του 2016 ήταν μια δειρή αρχή που ήδη έχει λαμπρή συνέχεια. αρκεί να διαβάσουμε το βιογραφικό ενός μόνο από τους πολυάριθμους ερευνητές που ασχολούνται με αυτό το πεδίο.

Πρόκειται για τον Chad Mirkin, καθηγητή πέντε διαφορετικών ειδικοτήτων: χημείας, ιατρικής, χημικής και βιολογικής μηχανικής, βιοιατρικής μηχανικής και μηχανικής της επιστήμης των υλικών, στο Πανεπιστήμιο Northwestern των ΗΠΑ. Ο Mirkin είναι ιδρυτής τεσσάρων εταιρειών και, σε ηλικία 53 ετών, έχει ήδη 900 ευρεσιτεχνίες σε πεδία βιοιατρικών εφαρμογών της νανοτεχνολογίας με βάση τα νουκλεϊκά οξέα, στηριζόμενος από μια ομάδα που αποτελείται από 50 άτομα.

Ένας άλλος τομέας με πρόσφατες επιτυχίες είναι η εξόρυξη γονιδίων (gene mining). Εδώ είναι απαραίτητη η συνεργασία επιστημόνων πολλών ειδικοτήτων για την επίτευξη του στόχου που είναι η ενεργοποίηση «σιωπηρών» γονιδίων μικροοργανισμών, καθώς και εκείνων που δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν στο εργαστήριο. Με τις συνδυασμένες προσπάθειες επιστημόνων της πληροφορικής, βιολόγων και χημικών είναι πλέον δυνατή η παραγωγή μεταβολιτών που υπό κανονικές συνθήκες παράγονται σε ίχνη ή καθόλου.

Ως επίλογος ταιριάζουν τα προφητικά λόγια ενός σκαπανέα της Χημείας, που έχουν επαληθευτεί πολλές φορές ως τώρα, του J.J. Berzelius, ο οποίος πριν 200 περίπου χρόνια έγραφε: «Η



συγκομιδή από τον αγρό της επιστήμης είναι συχνά, όπως και η συγκομιδή από τον αγρό του γεωργού, το κοινό προϊόν της εργασίας αφενός και των ευνοϊκών συνθηκών αφετέρου. Με μόνη την εργασία αυξάνεται το ποσόν των γνώσεών μας και η επιστήμη προχωρά βραδέως αλλήλα ασφαλώς. Από καιρού εις καιρόν, όμως, η επιστήμη κάνει ένα μεγαλύτερο βήμα προς τα εμπρός και το βήμα αυτό είναι άλλοτε ο καρπός μιας σωστά αξιοποιηθείσας ευτυχούς συγκυρίας και άλλοτε ο καρπός της οξυδερκούς έρευνας μιας πνευματικής εφοχότητας».

## Βιβλιογραφία

1. Οι ιστοσελίδες του Ιδρύματος Νόμπελ, στη διεύθυνση, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/)
2. L.K. James, Ed., Nobel Laureates in Chemistry 1901-1992, American Chemical Society, 1993.
3. Α. Βάρβογλης, Μεγάλοι Χημικοί, Η Χρυσή Εποχή, Εκδόσεις Ζήτη, 1997.
4. D.B. Wallace και H.E. Gruber, Creative People at Work, Oxford University Press, 1989 (ένα κεφάλαιο αναφέρεται στον R.B. Woodward).
5. Συνέντευξη του E.J. Corey στο περιοδικό Chemistry World (29/6/2015), στη διεύθυνση, <https://www.chemistryworld.com/research/collaboration-not-competition/8671.article>
6. Α. Βάρβογλης, Μεγάλοι Χημικοί, Η Παλιά Φρουρά, Εκδόσεις Ζήτη, 1996.

**Αριστείδης Μαυρίδης<sup>1</sup> και Αθανάσιος Τσεκούρας<sup>2</sup>**, Εργαστήριο Φυσικοχημείας, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου 15771

## Φυσικοχημεία και Βραβεία Nobel

**Η** εξέλιξη των θετικών επιστημών, δηλαδή των νόμων της φύσεως και των περιορισμών τους οποίους θέτουν στον τρόπο σκέψης και αντιστοίχου συμπεριφοράς των ανθρώπων, είναι απίστευτα γοητευτική, αλλήλα και άκρως διδακτική για το ανθρώπινο είδος και την ίδια του την ύπαρξη. Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι οι φυσικοί νόμοι ίσχυαν ακριβώς οι ίδιοι όπως και τώρα και ανεξαρτήτως της δικής μας υπάρξεως, από την αρχή δημιουργίας του σύμπαντος, δηλαδή πριν περίπου  $14 \times 10^9$  χρόνια και κάπου  $9 \times 10^9$  χρόνια πριν την δημιουργία της Γης. Οι άνθρωποι δεν κατασκευάζουν τους νόμους της φύσεως, τους ανακαλύπτουν και προσπαθούν να τους κατανοήσουν στον βαθμό των διανοητικών δυνατοτήτων τους. Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι κάποια κατανόηση του φυσικού κόσμου αρχίζει μόλις πριν περίπου 500 χρόνια, ενώ το σημερινό μέγεθος των γνώσεών μας είναι όντως εκπληκτικά μεγάλο εν σχέσει με το σχετικά πρόσφατο παρελθόν.

Οι δύο ακρογωνιαίοι λίθοι των θετικών επιστημών είναι, προφανώς, η Φυσική και η Χημεία και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση, μικρή αρχικώς, πολύ μεγάλη πλέον. Από το 1901 και εντεύθεν, όπου η πρόοδος των επιστημών είναι εκρηκτική λόγω εισαγωγής της σταθεράς Planck ( $h = 6.626 \times 10^{-34}$  J s), μπορούμε να ψηλαφίσουμε με ικανοποιητική αντικειμενικότητα την εννοιολογική εξέλιξη της επιστήμης, αλλήλα και των εφαρμογών της μέσω των βραβείων Nobel στα γνωστικά αντικείμενα της Φυσικής, Χημείας και Φυσιολογίας-Ιατρικής<sup>3</sup>. Το πρώτο βραβείο Χημείας δίνεται το 1901 στον J. H. van't Hoff, Ολλανδό. Ακολουθούν 107 βραβεία Nobel Χημείας σε 175 επιστήμονες. Τα έτη 1916, 1917, 1919, 1924, 1933, 1940, 1941 και 1942, κυρίως λόγω του Α' και Β' παγκοσμίου πολέμου και πολιτικών αναταράξεων, δεν απονέμονται βραβεία Nobel Χημείας.

Το απέραντο πεδίο της χημείας υποδιαιρείται, τυπικώς, σε τέσσε-

ρεις κλάδους: της Αναλυτικής, Ανοργάνου, Οργανικής και Φυσικής Χημείας (= Φυσικοχημείας). Τι είναι, τι συμπεριλαμβάνει, ή ποιος είναι ο ορισμός της φυσικοχημείας; Η απάντηση δεν είναι εύκολη λόγω εκτεταμένων επικαλύψεων, αλλήλα μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι η φυσικοχημεία εστιάζεται στην βαθύτερη κατανόηση των μορίων, αλλήλα και κάθε μορφής της ύλης, με έμφαση – προσήλωση στις αναλυτικές εκφράσεις των φυσικών νόμων. Κλάδοι όπως η θερμοδυναμική, η στατιστική μηχανική, η φασματοσκοπία (κάθε είδους), η κβαντική μηχανική – κβαντική χημεία, η χημεία στερεάς καταστάσεως και η κρυσταλλογραφία, η δομή του πυρήνος κλπ. θεωρούνται πλέον φυσικοχημικού χαρακτήρος<sup>4</sup>.

Από τα 108 βραβεία Nobel Χημείας που απονεμήθηκαν στο διάστημα 1901-2016 περισσότερα από 40 ανήκουν στον κλάδο της φυσικοχημείας. Προφανώς δεν είναι δυνατόν ν' αναφερθούμε σε όλους τους (57) ερευνητές, αλλήλα θα προσπαθήσουμε να σκιαγραφήσουμε κυρίως τέσσερα βραβεία Nobel τα οποία παραπέμπουν, κατά την άποψή μας, σε θεμελιώδεις έννοιες ή/και εφαρμογές.



### 1. Peter Debye (1884 – 1966)

Ο P. Debye γεννήθηκε στο Maastricht της Ολλανδίας το 1884 και απεβίωσε το 1966 ως πολίτης (από το 1946) των ΗΠΑ. Βραβεύεται με το βραβείο Nobel Χημείας του 1936 «για την συνεισφορά του στην κατανόηση της μοριακής δομής μέσω της έρευνής του επί των διπολικών ροπών και της περιθλάσεως ακτίνων X και ηλεκτρονίων υπό αερίων».

Η γραμμή ζωής του P. Debye είναι, όντως, ενδιαφέρουσα και γεωγραφικώς τεθλασμένη. Το 1905 παίρνει πτυχίο ηλεκτρολόγου μη-

1. mavriadis@chem.uoa.gr

2. thanost@chem.uoa.gr

3. Καλώς ή κακώς το βραβείο Nobel έχει καθιερωθεί πλέον παγκοσμίως ως το πλέον τιμητικό βραβείο στον χώρο των θετικών επιστημών και ως «γενικός δείκτης» της νοητικής και τεχνολογικής ανάπτυξης ενός λαού στα αντίστοιχα πεδία.

4. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι ο κλάδος της φυσικοχημείας οριοθετείται, τυπικώς τουλάχιστον, από το 1887 με την έκδοση του πρώτου αμιγώς φυσικοχημικού (γερμανόφωνου) περιοδικού, "Zeitschrift für physikalische Chemie", εκδοθέντος υπό των W. Ostwald (Γερμανού, βραβείο Nobel Χημείας του 1909) και J. van't Hoff. Ακολουθεί το αγγλόφωνο περιοδικό "Journal of Physical Chemistry" το οποίο εκδίδεται στις ΗΠΑ το 1896 υπό του W. D. Bancroft.





χανικού από το πανεπιστήμιο του Aachen (Γερμανία), ενώ το 1908 παρουσιάζει την διδακτορική του διατριβή στο πανεπιστήμιο του Μονάχου υπό την καθοδήγηση του A. Sommerfeld. Ήδη οι γνώσεις του Debye καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα των θετικών επιστημών της εποχής με ιδιαίτερη έμφαση στα μαθηματικά. Παραμένει στο Μόναχο ως βοηθός και κατόπιν ως εντεταλμένος υπηγητής. Το 1911 και για ένα έτος περίπου καλείται στο πανεπιστήμιο της Ζυρίχης (Ελβετία), το 1912 επιστρέφει στην Ολλανδία ως καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης, το 1914 μετακινείται στο πανεπιστήμιο του Göttingen (Γερμανία), το 1920 τον βρίσκει στο πολυτεχνείο της Ζυρίχης (ETH), το 1927 μετακινείται στο πανεπιστήμιο της Λειψίας (Γερμανία) και το 1934 καταλαμβάνει την έδρα θεωρητικής φυσικής στο πανεπιστήμιο του Βερολίνου! Τέλος το 1940, λόγω του Β' παγκοσμίου πολέμου, φεύγει από την Γερμανία και γίνεται καθηγητής του τμήματος χημείας του πανεπιστημίου Cornell των ΗΠΑ (Ithaca) όπου και παραμένει μέχρι του θανάτου του. Η έρευνα του Debye και των συνεργατών του, θεωρητική κυρίως, αλλά και πειραματική, θεωρείται πλέον κλασική στον ευρύτερο χώρο της φυσικοχημείας και εστιάζεται στα ακόλουθα πεδία.

- (i) Θερμοχωρητικότητα κρυσταλλικών στερεών σε χαμηλές θερμοκρασίες
  - (ii) Έντασις περιθλώμενης ακτινοβολίας κρυσταλλικών στερεών συναρτήσει της θερμοκρασίας
  - (iii) Περίθλασις ακτίνων X και ηλεκτρονίων υπό αερίων, υγρών και μη κρυσταλλικών στερεών
  - (iv) Περίθλασις ακτίνων X κρυσταλλικών κόνεων, μέθοδος Debye-Scherrer
  - (v) Ηλεκτρική ασυμμετρία πολικών μορίων εντός διαλυμάτων. Ανάπτυξη μεθοδολογίας μετρήσεως της ηλεκτρικής διπολικής ροπής. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μονάδα μετρήσεως διπολικής ροπής είναι το "Debye" (D).  $1 D = 3.34 \times 10^{-30} C m$ .
  - (vi) Θεωρία Debye-Hückel ιοντικών διαλυμάτων
- Με βαθείες γνώσεις μαθηματικών και φυσικής, άπιστευτα ικανός και προσαρμοστικός, εξαιρετικός ομιλητής και δάσκαλος ο P. Debye υπήρξε ένας από τους μεγαλύτερους φυσικοχημικούς του 20ου αιώνας.



## 2. Linus C. Pauling (1901 – 1994)

Ο Linus Pauling έλαβε το βραβείο Nobel Χημείας του 1954 «για την έρευνά του στην φύση του χημικού δεσμού και την εφαρμογή του επί της διαθλεκάνσεως της δομής πολυπλοκων ουσιών», καθώς και το βραβείο Nobel Ειρήνης του 1962 λόγω της σθεναρής στάσης του (και συνακόλουθης νομικής εμπλοκής του) εναντίον των πυρηνικών δοκιμών των ΗΠΑ και της Σοβιετικής Ενώσεως της εποχής. Πρέπει να τονισθεί ότι είναι αδύνατον να οριοθετηθεί σε λίγες γραμμές η επιστημονική προσωπικότητα ενός ανθρώπου «αχαλίωτης» επιστημο-

νικής περιεργείας και δραστηριότητας, ενός χημικού Leonardo Da Vinci του 20ου αιώνας. Αρκεί να ληχθεί ότι ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1930 η ερευνητική δραστηριότης του Pauling στην «συμβατική» χημεία-φυσικοχημεία έχει αρχίσει να εκτρέπεται προς άλλες, νέες για τον ίδιο κατευθύνσεις και σφραγίζεται με την έκδοση του πασίγνωστου βιβλίου του το 1939 "The Nature of the Chemical Bond", Cornell UP, Ithaca, NY (1939) (3η έκδοση 1960). Τα ενδιαφέροντά του μετατοπίζονται συνεχώς από την χημεία προς την βιοχημεία και βιολογία, προς την ιατρική, αλλά και την ψυχιατρική. Στα μέσα της δεκαετίας του 1940 αποσπασφηνίζει πλήρως την αιτία της δρεπανοειδούς αναιμίας, ανίστης μέχρι σήμερα και τραγικά επώδυνης ασθένειας. Την δεκαετία του 1950 αυτός και οι συνεργάτες του εισάγουν τις μορφολογικές δομές της «α-έλικας» και «πικνωτού φύλλου», σημαντικών εννοιών της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών. Την ίδια δεκαετία «χάνει» την κούρσα της διπλής έλικας του DNA διότι δεν είχε πρόσβαση σε πληροφορίες ζωτικής σημασίας, αλλά και εδώ η έμμεση συνεισφορά του στην δομή του DNA είναι

πολύ μεγάλη. Στο τέλος της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές του 1960 εισάγει την έννοια της «Μοριακής Ιατρικής» (προφανής σήμερα) και δημοσιεύει την θεωρία του περί Γενικής Αναισθησίας η οποία, πρακτικώς, ισχύει μέχρι σήμερα. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1960 και μέχρι το τέλος της ζωής του προωθεί τις ευεργετικές ιδιότητες του ασκορβικού οξέως (βιταμίνης C). Το 1973 θεμελιώνει το «Ινστιτούτο Linus Pauling Επιστήμης και Ιατρικής» (Pallo Alto, California).

Αλλά ποια είναι τα επιτεύγματα του L. Pauling στην χημεία και ειδικότερα στην φυσικοχημεία; Ο Pauling γεννιέται το 1901 στο Portland του Oregon των ΗΠΑ, το πρώτο από τρία παιδιά του Herman Pauling, φαρμακοποιού. Ο πατέρας του πεθαίνει 33 χρόνων, αλλά ο Pauling κατορθώνει να τελειώσει μετ' επαίνων το Αγροτικό Κολλέγιο του Oregon και το 1922 γίνεται δεκτός στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα χημείας του Caltech (California Institute of Technology). Το ιδεώδες επιστημονικό περιβάλλον του Caltech όπως και η εποχή δρουν καταλυτικώς στο επιστημονικό του τεμπεραμένο και τις ικανότητές του. Το 1923 αποκτά το διδακτορικό του, το 1927 γίνεται επίκουρος καθηγητής, το 1929 αναπληρωτής και το 1931 καθηγητής. Από το 1937 και έως το 1958 είναι πρόεδρος (chairman) της Σχολής Χημείας – Χημικών Μηχανικών του Caltech. Το 1963 εγκαταλείπει το Caltech και τελικώς καταλήγει καθηγητής στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Stanford (California).

Ο χημικός Pauling είναι πειραματικός, αλλά με βαθειά εκτίμηση στην θεωρία καθώς και στα μαθηματικά. Το διδακτορικό του στην κρυσταλλογραφία βασίζεται στην λύση της δομής μεγάλου αριθμού ανοργάνων κρυσταλλικών ενώσεων. Η συνεργασία του με το καθηγητή R. C. Tolman στο Caltech τον πείθει για την ισχύ της στατιστικής και μη θερμοδυναμικής, ενώ συμπληρώνει τις γνώσεις του στην κβαντική θεωρία από το 1925 έως το 1927 (με υποτροφία Guggenheim) στο εργαστήριο του A. Sommerfeld στο Μόναχο. Ίσως είναι ο πρώτος Αμερικανός χημικός ο οποίος αντιλαμβάνεται ότι η κατανόηση των μορίων περνάει μέσα από την κβαντική μηχανική. Επιστρέφοντας στο Caltech συνεχίζει τον προσδιορισμό κρυσταλλικών δομών μέσω ακτίνων X. Σε συνεργασία με τον L. Bragg (Βρετανό, ½ βραβείου Nobel Φυσικής του 1915) διασαφηνίζει πλήρως τις δομές των πυριτικών ενώσεων και θέτει τις «λογικές» βάσεις της χημικής κρυσταλλογραφίας. Σε συνεργασία με τον Γερμανό H. Mank ασχολείται συστηματικά με την περιθλάση ηλεκτρονίων επί ουσιών στην αέρια φάση, π.χ. βενζολίου και κυκλοεξανίου. Εισάγει την έννοια της ηλεκτρικότητας και την αντίστοιχη κλίμακα "Pauling" η οποία χρησιμοποιείται αυτούσια μέχρι σήμερα. Εισάγει τις έννοιες του υβριδισμού και του συντονισμού (resonance) και συζεύγνει την θεωρία δεσμού σθένους (valence bond) με τον συντονισμό. Εισάγει εμπειρικές σχέσεις οι οποίες προβλέπουν μήκη δεσμών και γωνιών μη «συμβατικών» ενώσεων. Κατά τον ίδιο, η ιδέα του περί συντονισμού είναι αποτέλεσμα της μελέτης του επί της κβαντικής θεωρίας. Την ίδια περίπου εποχή και με σκοπό ν' αποκτήσουν οι χημικοί κάποια οικειότητα με την κβαντική θεωρία και με την βοήθεια ενός εκ των μαθητών του (E. B. Wilson), γράφει το πολύ επιτυχημένο βιβλίο "Introduction to Quantum Mechanics with Applications to Chemistry", McGraw-Hill, NY (1935). Κατά την δεκαετία του 1940 δημοσιεύει, μεταξύ άλλων, την θεωρία του περί του μεταλλικού δεσμού.

Το βραβείο Nobel του 1954 καθιερώνει τον L. Pauling ως τον πατριάρχη της σύγχρονης χημείας και ειδικότερα της φυσικοχημείας. Μεγάλο μέρος της ορολογίας της σημερινής χημείας είναι «ορολογία Pauling». Η τρίτη έκδοσις του βιβλίου του "The Nature of the Chemical Bond" (1960), με εκατοντάδες παραπομπές στην βιβλιογραφία, μπορεί να θεωρηθεί ως η επιτομή του μεγαλύτερου μέρους των ιδεών του όσον αφορά την χημεία. Ο L. Pauling υπήρξε, όντως, από τους μεγαλύτερους χημικούς και πολύ-επιστήμονες του 20ου αιώνας. Η επιστημονική του περιέργεια και φαντασία άνοιξε νέους διεπιστημονικούς διαύλους και επηρέασε βαθύτατα ένα πολύ μεγάλο μέρος των θετικών επιστημών. Όμως, κάποιες από τις απόψεις-θεωρίες του κυρίαρχες ακόμη και σήμερα στην χημεία όπως π.χ. ο συντονισμός, ο υβριδισμός και ο



χημικός δεσμός, η ηλεκτρονική, πολύ σημαντικές την εποχή που διατυπώθηκαν, πρέπει να τις επανεξετάσουμε ορθολογικότερα, αυστηρότερα, αλλά και υπό το φως νέων δεδομένων και της εν γένει βαθύτερης κατανόησής μας των μοριακών συστημάτων.



### 3. Robert S. Mulliken (1896 – 1986)

Ο R. Mulliken έρχεται στον κόσμο στο Newport της Μασσαχουσέττης το 1896 και πεθαίνει στο Arlington της Βιρτζίνια το 1986 (ΗΠΑ). Ο πατέρας του, Samuel P. Mulliken, ήταν καθηγητής Οργανικής Χημείας στο M.I.T. και η μητέρα του Kathleen Mulliken, καλλιτέχνης και δασκάλα μουσικής. Το βραβείο Nobel Χημείας του 1966 απονέμεται στον R. Mulliken για «το θεμελιώδες έργο του εν σχέσει με τους χημικούς δεσμούς και την ηλεκτρονική δομή των μορίων».

Η αγάπη του για τα μόρια αρχίζει όταν παιδί ακόμη βοηθάει στην διόρθωση των δοκιμών του τετράτομου έργου του πατέρα του "A Method for Identification of Pure Organic Compounds". Η βαθύτερη κατανόηση και οικειότητα την οποία αποκτά αργότερα με τα μοριακά συστήματα είναι η αιτία που αποκτά το χαϊδευτικό παρωνύμιο "Mr. Molecule".

Το 1913 ο Mulliken εισέρχεται στο τμήμα χημείας του M.I.T. και αποφοιτά το 1917. Μετά την στρατιωτική του θητεία σε εργοστάσιο πολεμικών αερίων (Α' παγκόσμιος πόλεμος, 1914-1918) και θέλοντας να εργασθεί σε κάτι «ουσιαστικότερο», εισέρχεται το 1919 στο πανεπιστήμιο του Σικάγου με σκοπό την κατανόηση των ατομικών πυρήνων<sup>5</sup> στα μόρια. Υπό την καθοδήγηση του W. D. Harkins υπερασπίζεται το διδακτορικό του το 1922 με θέμα τον μερικό διαχωρισμό των ισotόπων του υδραργύρου<sup>6</sup>. Κατά την διάρκεια του διδακτορικού του διδάσκει τα περί παλαιάς κβαντικής θεωρίας υπό τον καθηγητό R. A. Millikan (Αμερικανού, βραβείο Nobel Φυσικής του 1923). Μετά το 1923 ο Mulliken στρέφεται στην φασματοσκοπία μικρών μορίων και το 1924 σε συνεργασία με τον Βρετανό W. Jevons διασαφηνίζει το φάσμα του BO και προβλέπει την «ενέργεια μηδενός»<sup>7</sup> δονήσεως<sup>7</sup>.

Ο Mulliken ωρμάζει επιστημονικώς και αλλάζει κατεύθυνση προς την θεωρία και την εννοιολογία των μοριακών συστημάτων κατά την διάρκεια της επισκέψής του στην Ευρώπη το 1925. Στην επίσκεψη αυτή είχε την ευκαιρία να γνωρίσει, να συζητήσει και να συσχεφθεί με τους πλέον διακεκριμένους επιστήμονες της εποχής, πειραματικούς και θεωρητικούς, μεταξύ των οποίων και τους C. P. Snow, A. Gray, A. Sommerfeld, N. Bohr (Δανό, βραβείο Nobel Φυσικής του 1922) και M. Born. Ιδιαίτερως επωφελείνεται από τις εκτενείς συζητήσεις του με τον F. Hund, βοηθό του M. Born, και τις πρωτοποριακές σκέψεις του Hund περί των φασμάτων των μορίων. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην ομιλία του κατά την παραλαβή του βραβείου Nobel ο Mulliken είπε ότι «θα μοιραζόμουν ευχαρίστως το βραβείο με τον Hund».

Στο διάστημα 1926-1932, εργαζόμενοι ανεξάρτητα αλλά σε συνεχή επικοινωνία, οι Hund και Mulliken ανέπτυξαν ένα μοριακό πρότυπο βασιζόμενο κυρίως στο πρότυπο Bohr, δηλαδή την κατανομή των ηλεκτρονίων σε «μοριακά τροχιακά» (molecular orbitals, MO), συγκεκριμένων κβαντικών αριθμών και φυσικά λαμβάνοντας υπ' όψιν την «απαγορευτική αρχή» του W. Pauli (Αυστριακού, βραβείο Nobel Φυσικής του 1945). Εί-

ναι ο Hund ο οποίος εισάγει για τα γραμμικά μόρια τα σύμβολα σ, π, δ, φ, ... και Σ, Π, Δ, Γ, Φ, ... για τα MO και τις καταστάσεις των μορίων, αντιστοίχως. Η ονοματολογία αυτή εν συνδυασμό με την «ηλεκτρονική απεικόνιση» θεμελιωδών και διηγεργμένων καταστάσεων του Mulliken (1928), καθώς και την μεθοδολογία κατασκευής των MO με την μέθοδο γραμμικού συνδυασμού ατομικών τροχιακών (linear combination of atomic orbitals, LCAO) του Βρετανού J. Lennard-Jones, θεμελιώνει και απογειώνει την θεωρία μοριακών τροχιακών. Το 1927 επισκέπτεται και πάλι την Ευρώπη, γνωρίζει τον E. Schrödinger (Αυστριακό, ½ βραβείο Nobel Φυσικής του 1933) και τους W. Heitler και F. London. Οι Heitler και London είναι οι πρώτοι που εφαρμόζουν (ήλθουν προσεγγιστικώς) την εξίσωση Schrödinger του μορίου του υδρογόνου (H<sub>2</sub>) το 1927 και αποδεικνύουν εμπράκτως την «ορθότητα» της εξισώσεως Schrödinger. Η δημοσίευση αυτή των Heitler και London είχε, και βεβαίως έχει, τεράστια βαρύτητα για την εννοιολογική ανάπτυξη της χημείας: είναι η απαραίτητη κατανόηση του χημικού δεσμού, του spin των ηλεκτρονίων και της σημασίας του ζεύγους των ηλεκτρονίων (δικαίως των απόψεων (1916) του G. N. Lewis, Αμερικανού φυσικοχημικού, 1875-1946). Ουσιαστικώς πρόκειται για την πρώτη εργασία στους υπολογισμούς «πρώτων αρχών» (ab initio), δηλαδή στην παραγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων δίχως την χρήση πειραματικών δεδομένων (εκτός ορισμένων φυσικών σταθερών όπως π.χ. η σταθερά του Planck h), και στην εισαγωγή της μεθοδολογίας «δεσμού σθένους» (valence bond, VB), αντιπάλου της προσεγγίσεως της μεθοδολογίας των μοριακών τροχιακών<sup>8</sup>.

Το 1929-1930 ο R. Mulliken γίνεται καθηγητής φυσικής στο πανεπιστήμιο του Σικάγου και εμπλέκεται σε έντονες δραστηριότητες επιστημονικές και μη. Πρέπει να θυμηθούμε ότι μεσοθαβεί η οικονομική καταστροφή των ΗΠΑ (το «κραχ» του 1929) και ο Β' παγκόσμιος πόλεμος (1939-1945). Το εργαστήριο του Mulliken (Laboratory of Molecular Structure and Spectra, LMSS) παρουσίασε τεράστια και πρωτοπόρα επιστημονική δραστηριότητα μετά τον πόλεμο χάρη και στην αέναη προέλευση ικανοτάτων επιστημόνων. Το LMSS στελεχώνεται π.χ. με τους J. M. Blatt, C. C. J. Roothaan, (διδασκαλικός φοιτητής του Mulliken), K. Rudenberg, B. J. Ransil, P. Cade και πληθώρα επισκεπτών και φοιτητών από τις ΗΠΑ, την Ευρώπη, αλλά και την Ασία. Η παράλληλη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της μεθοδολογίας LCAO – SCF υπό του Roothaan, αλλά και του Rudenberg, οδηγεί στην παραγωγή κυματοσυναρτήσεων, δηλαδή στην (προσεγγιστική) λύση της εξισώσεως Schrödinger μεγάλου πλήθους διατομικών μορίων και συστηματοποιεί τους υπολογισμούς πρώτων αρχών. Το πλέον σημαντικό είναι ότι η κοινότης των χημικών αρχίζει να πείθεται ότι η κατανόησης της ηλεκτρονικής δομής των μορίων περνάει μέσα από την λύση της εξισώσεως Schrödinger. Η κβαντική υπολογιστική χημεία είναι πλέον γεγονός.

Το όνομα Mulliken είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την μοριακή δομή και με έννοιες όπως μοριακά τροχιακά, μεταφορά φορτίου, πηληθυσμιακή ανάλυση, τροχιακό spin, ηλεκτρονική συγγένεια, οι οποίες είναι συνηθείς πλέον και καθιερωμένοι χημικοί όροι.

Τελειώνοντας όμως πρέπει να αναφερθεί και κάτι άλλο. Η ευχρησία των μοριακών τροχιακών υπήρξε τόσο καθολική στον κόσμο της χημείας ώστε οι χημικοί άρχισαν να «ξεχνούν» ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα! Κανείς δεν αμφισβητεί την χρησιμότητα των μοριακών τροχιακών, αλλά η χημική κοινότης πρέπει να αναθεωρήσει ορισμένες έννοιες ώστε να ξεφύγει από αδιέξοδα τα οποία οδηγούν σε αναχρονισμούς και εμπειρισμούς ασύμβατους με τον ορθολογισμό των θετικών επιστημών.

5. Η ύπαρξη των πυρήνων διαπιστώνεται μόλις το 1911 υπό του Neoζηθάνου φυσικού E. Rutherford (βραβείο Nobel Χημείας του 1908).

6. Τα σταθερά ισotόπια του Hg (εντός παρενθέσεως οι φυσικές αφθονίες) είναι <sup>196</sup>Hg (0.15%), <sup>198</sup>Hg (10%), <sup>199</sup>Hg (16.8%), <sup>200</sup>Hg (23.1%), <sup>201</sup>Hg (13.2%), <sup>202</sup>Hg (29.8%) και <sup>204</sup>Hg (6.9%). Είναι αξιοσημείωτο ότι η λέξις «ισotόπιο» (isotope) εισάγεται το 1913 υπό του φυσικοχημικού F. Soddy (Βρετανού, βραβείο Nobel Χημείας του 1922), δίχως να γνωρίζε τι ακριβώς σημαίνει. Η έννοια του ισotόπου αποσαφηνίζεται το 1932 με την ανακάλυψη του νετρονίου υπό του J. Chadwick (Βρετανού, βραβείο Nobel Φυσικής του 1935).

7. Η ύπαρξη της ενέργειας μηδενός κάθε δεσμού συστήματος επιβεβαιώνεται πλήρως με την ανάπτυξη της κβαντικής θεωρίας το 1925-1926.

8. Η αντιπαράθεση μεταξύ των θεωριών MO και VB εξακολουθεί μέχρι σήμερα, αν και στερείται πλέον ουσιαστικού νοήματος.







#### 4. Gerhard Herzberg (1904 – 1999)

Τα μόρια είναι σταθερές (δέσιμες) κβαντικές οντότητες αποτελούμενες από (κατά σύμβαση) αρνητικώς φορτισμένα σωματίδια, τα ηλεκτρόνια, φορτίου  $q = 1.602 \times 10^{-19}$  C και θετικώς φορτισμένους πυρήνες φορτίου ίσου προς  $Ze$ , όπου  $Z$  ο ατομικός αριθμός. Η σχέση αυτή κβαντώσεως του πυρηνικού φορτίου ως προς το ηλεκτρονικό είναι από μόνη της εκπληκτική. Επί πλέον του ηλεκτρικού φορτίου τα  $e^-$ , αλλά και πρακτικώς όλοι οι πυρήνες, φέρουν και «μαγνητικό» φορτίο ανάλογο του spin (κβαντικός αριθμός spin

ηλεκτρονίου  $s = \frac{1}{2}$ , κβαντικός αριθμός spin πυρήνων  $I = n + \frac{1}{2}$  ή  $I = n$ , όπου  $n = 0, 1, 2, \dots$ ) Λόγω ηλεκτρικού φορτίου ή/και spin, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία («φωτόνια»  $= h\nu$ ) αλληλεπιδρά έντονα με τα μόρια. Δηλαδή η ακτινοβολία απορροφάται (ή εκπέμπεται) σύμφωνα με τους κβαντικούς κανόνες επιλογής κι όλη η διαδικασία απορροφήσεως (ή εκπομπής) των φωτονίων ονομάζεται «φασματοσκοπία», η δε ερμηνεία του αντίστοιχου «γραμμικού» φάσματος αποτελεί την σημαντικότερη πηγή πληροφοριών διαλευκάνσεως της μοριακής δομής. Με εξαίρεση την μαγνητική φασματοσκοπία πυρήνων (NMR) και ηλεκτρονικών (ESR), ο G. Herzberg υπήρξε ο λαμπρότερος και ίσως ο πλέον «ακούραστος» φασματοσκόπος ηλεκτρονιακής, δονητικής και περιστροφικής φασματοσκοπίας από εποχής υπάρξεως της τελευταίας έως σήμερα. Του απενεμήθη το βραβείο Nobel Χημείας του 1971 για την «προσφορά του στην κατανόηση της ηλεκτρονιακής δομής και γεωμετρίας των μορίων, ειδικότερα ελευθέρων ριζών».

Ο G. Herzberg γεννιέται τον Δεκέμβριο του 1904 στο Αμβούργο (Γερμανία), τελειώνει τις εγκύκλιες σπουδές του εκεί, το 1924 εγγράφεται στο τεχνικό πανεπιστήμιο του Darmstadt απ' όπου παίρνει το διδακτορικό του το 1928 στο πεδίο φυσικής μηχανικής. Η περίοδος 1926-1928 συμπίπτει με την γέννηση της κβαντικής μηχανικής και την συστηματική ανάπτυξη της μοριακής φασματοσκοπίας και ο Herzberg ήταν εκεί! Το επόμενο έτος τον βρίσκουμε στο πανεπιστήμιο του Göttingen να διαμοιράζει τον χρόνο του μεταξύ του πειραματικού J. Franck ( $\frac{1}{2}$  βραβείο Nobel Φυσικής του 1925) και του θεωρητικού M. Born<sup>10</sup>, συνεργάζεται δε με τον θεωρητικό φυσικό W. Heitler (για τους Heitler και London αναφερθήκαμε στα περί R. Mulliken) και ερμηνεύει το φάσμα Raman του μοριακού αζώτου,  $N_2$ . Η πρώτη αυτή δημοσίευση το 1929 του Herzberg έχει ιδιαίτερη σημασία διότι αποδεικνύει ότι οι πυρήνες του αζώτου ( $^{14}N$  με πυρηνικό spin  $I = 1$ ) ακολουθούν στατιστική Bose-Einstein (αυτό σημαίνει ότι η θεμελιώδης περιστροφική κατάσταση του  $N_2$  είναι «όρθο», ενώ η πρώτη διηγερμένη «πάρα», με αναλογία εντάσεως των φασματικών γραμμών  $o/p = \frac{1}{2}$ ). Πριν αποχωρήσει από το πανεπιστήμιο του Göttingen δημοσιεύει δύο ακόμη εργασίες και φαίνεται να κατανοεί την θεμελιώδη σημασία της δημοσιεύσεως των E. Wigner (Ούγγρου,  $\frac{1}{2}$  βραβείο Nobel Φυσικής του 1963) και E. E. Witmor του 1928. Το 1929-1930 μετακινείται στο πανεπιστήμιο του Bristol (Βρεταννία) ως μεταδιδακτορικός ερευνητής υπό τον καθηγητή J. E. Lennard-Jones. Μυείται στην πρωτοεμφανιζόμενη θεωρία των μοριακών τροχιακών και παρακολουθεί διαλέξεις του C. V. Raman (Ινδού, βραβείο Nobel Φυσικής του 1930). Το 1930 παίρνει την υπηγεσία του (Habilitation) επί θεωρητικής εργασίας στα μοριακά τροχιακά και το ίδιο έτος γίνεται εντεταλμένος υπηγητής στο πανεπιστήμιο του Darmstadt.

Ακολουθούν περίπου πέντε χρόνια έντονης πειραματικής εργασίας με

χτίσιμο νέων οργάνων και διερεύνηση των φαινομένων προδιασπάσεως (predissociation) και «απαγορευμένων» μεταπτώσεων επί σειράς ελαφρών διατομικών μορίων. Σε συνεργασία με τον E. Teller<sup>11</sup> αναπτύσσει κανόνες επιλογής μεταπτώσεων στα πολυατομικά μόρια (1933). Την ίδια εποχή καταγράφει φάσματα ενώσεων εμπηλουτισμένων με το ισότοπο του υδρογόνου δευτέριο ( $^2H$  ή  $D$  ή βαρύ υδρογόνο) το οποίο ανεκαλύφθη υπό του H. Urey (Αμερικανού, βραβείο Nobel Χημείας του 1934).

Το 1935 ο Herzberg μετακινείται στο τμήμα Φυσικής του πανεπιστημίου του Saskatchewan του Καναδά, εξαιτίας της ανόδου του Εθνικοσοσιαλιστικού Κόμματος (Nazi) στην Γερμανία, και ταχύτατα αποκτά μόνιμη θέση. Ήδη είχε αρχίσει να γράφει το μνημειώδες τετράτομο έργο του περί μοριακών φασμάτων και μοριακής δομής, οι τόμοι του οποίου εμφανίζονται διαδοχικώς από τα 1939 ως το 1979:

- G. Herzberg, "Molecular Spectra and Molecular Structure"
  - I. "Spectra of Diatomic Molecules"; 1<sup>st</sup> ed. Prentice-Hall, New York, 1932; 2<sup>nd</sup> ed. Van Nostrand, New York, 1950 (658 σελ.)
  - II. «Infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules»; Van Nostrand, New York, 1945 (632 σελ.)
  - III. «Electronic Spectra and Electronic Structure of Polyatomic Molecules»; Van Nostrand, New York, 1966 (745 σελ.)
  - IV. Constants of Diatomic Molecules" (with K. P. Huber), Van Nostrand, New York, 1979 (716 σελ.)

Οι τέσσερις τόμοι μοριακής φασματοσκοπίας του Herzberg θεωρούνται ως το πληρέστερο έργο επί του θέματος αυτού από εποχής ενάρξεως του πεδίου μέχρι σήμερα: ένα σύνολο 2751 πυκνογραμμένων σελίδων τεράστιας πολυπλοκότητας και ευρυμάθειας. Απορεί κανείς με τις γνώσεις, θεωρητικές και πειραματικές, την αντοχή και την αέναη εργατικότητα του συγγραφέως.

Η φασματοσκοπική επιβεβαίωση της υπάρξεως μικρών μορίων και ιόντων στον διαστρικό χώρο του επέτρεψαν να αναλάβει το 1945 θέση ερευνητού στο αστροσκοπείο του Yerkes (Wisconsin, ΗΠΑ), όπου κατασκευάζει όργανα υψηλής αναλύσεως και συνεχίζει την πρωτοποριακή του εργασία στην μοριακή φασματοσκοπία. Για λόγους οικονομικούς δέχεται το 1947 την προσφορά του National Research Council (NRC) του Καναδά, αρχικώς ως διευθύνων ερευνητής και από το 1949 μέχρι και το 1969 διευθυντής του τομέως Φυσικής. Το 1969 το NRC προσλαμβάνει τον Herzberg ως τον πρώτο «Διακεκριμένο Επιστήμονα Ερευνητή» (Distinguished Research Scientist). Η θέση αυτή του επιτρέπει να συνεχίσει την ερευνητική του δραστηριότητα άνευ χρονικών ορίων και απαλλαγμένος γραφειοκρατικών καθηκόντων.

Τα επιτεύγματα του Herzberg και των συνεργατών του στο NRC είναι αξιοθαύμαστα. Δημοσιεύονται εκατοντάδες εργασίες επί διατομικών και πολυατομικών μορίων και διερευνάται συστηματικώς το μοριακό περιεχόμενο της ατμόσφαιρας των πλανητών, του διαστρικού χώρου και των κομητών. Μεταξύ άλλων ταυτοποιείται το ιόν  $H_2O^+$  στην ουρά του κομήτη Kohoutek και καταγράφεται το φάσμα του ουδετέρου  $H_2$  αποδεικνύοντας την ύπαρξη διηγερμένων καταστάσεων (1979). Η ομάδα Herzberg χρεώνεται επίσης με την ανάπτυξη τεχνικών για την παρατήρηση ελευθέρων ριζών οι οποίες διασπώνται ταχύτατα και την διαλεύκανση της δομής μερικών δεκάδων τέτοιων μορίων.

Το ερευνητικό έργο του G. Herzberg συνέβαλε στην εις βάθος κατανόηση της δομής των μορίων μέσω της κβαντικής θεωρίας και του πειράματος, αποτελεί δε την έμπρακτη απόδειξη υπάρξεως ενός μοριακού «κόσμου» τεράστιας πολυπλοκότητας αλλά και αισθητικής.

9. Υπενθυμίζουμε ότι «ρίζα» σημαίνει μόριο, ουδέτερο ή μη, με ένα ή περισσότερα «ασύζευκτα» ηλεκτρόνια, δηλαδή συνολικού ηλεκτρονιακού spin  $S = 1/2, 1, 3/2, \dots$ . Ας σημειωθεί ότι η ερμηνεία δονητικοπεριστροφικών ηλεκτρονιακών φασμάτων ριζών παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες.

10. Ένας από τους μεγαλύτερους θεωρητικούς φυσικούς της Γερμανίας και ο σημαντικότερος θεμελιωτής – ερμηνευτής της κβαντικής μηχανικής (1882-1970). Για «περίεργες» αιτίες παίρνει το  $\frac{1}{2}$  του βραβείου Nobel Φυσικής του 1954 με καθυστέρηση τουλάχιστον 20 ετών.

11. Ούγγρος φυσικός, διδακτορικός φοιτητής του W. Heisenberg και πολύ αργότερα υπεύθυνος της κατασκευής της βόμβας (συντήξεως) υδρογόνου στις ΗΠΑ.





## Δύο βραβεία άξια μνείας

Είναι προφανές ότι περιορισμοί χώρου δεν μας επιτρέπουν να αναφερθούμε αναλυτικώς σε περισσότερα των τεσσάρων βραβείων Nobel χημείας-φυσικοχημείας στην έκταση που κάναμε προηγουμένως. Είμαστε υποχρεωμένοι όμως ν' αναφερθούμε, έστω επιγραμματικώς, σε δύο βραβεία Nobel χημείας των ετών 1985 και 1998 τα οποία πρέπει να γνωρίζουν οι χημικοί όλου του κόσμου.

Το βραβείο Nobel χημείας του 1985 απενεμήθη στους Αμερικανούς Herbert A. Hauptman (1917-2011) και Jerome Karle (1918-2013) για «τα εξαιρετικά τους επιτεύγματα στην ανάπτυξη άμεσων μεθόδων (direct methods) για τον προσδιορισμό κρυσταλλικών δομών». Η περιθλασις των ακτίνων Χ και (αργότερα) νετρονίων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες και απόλυτες μεθόδους προσδιορισμού της τρισδιάστατης δομής των μορίων στην κρυσταλλική κατάσταση, εν συντομία «κρυσταλλική δομή». Ποια είναι λοιπόν η επαναστατική, κυριολεκτικώς, συμβολή των Hauptman (μαθηματικού) και Karle (φυσικοχημικού) στο πρόβλημα της κρυσταλλικής δομής; Η ακριβής δομή οποιασδήποτε (κρυσταλλικής) χημικής ενώσεως εμπεριέχεται στους παράγοντες δομής  $F(hkl)$  (h,k,l δείκτες Miller) η σύνθεσις των οποίων μέσω σειρών Fourier μας οδηγεί απ' ευθείας στην λύση της κρυσταλλικής δομής. Δυστυχώς οι παράγοντες  $F(hkl)$  είναι μιγαδικές συναρτήσεις, δηλαδή είναι της μορφής  $F(hkl) = |F(hkl)| e^{i\varphi(hkl)}$  όπου  $|F|$  το μέτρο (μέγεθος) και  $\varphi$  η φάσις του  $F(hkl)$ . Πειραματικώς δια περιθλάσεως μπορούμε να προσδιορίσουμε μόνον το μέτρο  $|F|$ , αλλά όχι την φάση  $\varphi$ . Η λύσις της κρυσταλλικής δομής θα ήταν τετριμμένη, εάν μπορούσαμε να προσδιορίσουμε, με οιονδήποτε τρόπο, την φάση της περιθλώμενης ακτινοβολίας. Αυτό είναι το περίφημο «πρόβλημα των φάσεων» της κρυσταλλογραφίας και μέχρι το σχετικώς πρόσφατο παρελθόν η εν γένει λύσις της κρυσταλλικής δομής ήταν «επιστημονικός εφιάλτης».

Ο Karle, κατ' αρχάς, και κατόπιν με την βοήθεια του Hauptman (διδακτορικού φοιτητού του Karle), αντιλήφθη ότι οι τιμές των  $|F|$  (πειραματικώς προσδιορίσιμες) περιέχουν πληροφορίες για την φάση  $\varphi$ . Συνδυάζοντας αναλυτικώς και για πρώτη φορά την αρχή της «μη αρνητικής ηλεκτρονιακής πυκνότητας» στα πειραματικά δεδομένα περιθλάσεως ακτίνων Χ, πιθανοτικά κριτήρια και με ενδείξεις από τις ανισότητες Harker-Kasper (1948) μεταξύ ορισμένων  $|F|$ , οι Karle και Hauptman ήλυσαν πρακτικώς το περιώνυμο πρόβλημα των φάσεων της κρυσταλλογραφίας, τουλάχιστον για μη βιολογικά μόρια και υψηλής ποιότητας κρυσταλλογραφικά δεδομένα. Δίχως να παραγνωρίζουμε στο ελάχιστο την αλητάωδη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και τις δυνατότητές τους να διαχειρίζονται κολλοσιαίες ποσότητες δεδομένων, η συνεισφορά των Karle και Hauptman στην κρυσταλλογραφία μοριακής δομής υπήρξε μνημειώδης.

Οι χημικοί και οι φυσικοί οι οποίοι ασχολούνται με τα άτομα, αλλά πρωτίτως με τα μόρια, γνωρίζουν ότι η ενδελεχής κατανόησις της ηλεκτρονιακής δομής ενός μορίου απαιτεί την λύση της εξίσωσης Schrödinger, δηλαδή τον όσο περισσότερο ακριβή προσδιορισμό της κυματικής συναρτήσεως  $\Psi$ . Το βραβείο Nobel χημείας του 1998 απενεμήθη στους Walter Kohn (1923-2016) και John Pople (1925-2004). Στον πρώτο «για την ανάπτυξη της θεωρίας συναρτησιοειδούς πυκνότητας» (density functional theory, DFT) και στον δεύτερο «για την ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων στην κβαντική χημεία».

Ο W. Kohn, θεωρητικός φυσικός, διδακτορικός φοιτητής του J. Schwinger (1/3 βραβείου Nobel φυσικής του 1965), αποδεικνύει το 1964 (με τον P. C. Hohenberg, θεώρημα HK) ότι «η θεμελιώδης κατά-

στασις ατόμου, μορίου ή στερεού προσδιορίζεται μονοσημάντως από την ηλεκτρονιακή του πυκνότητα». Η εννοιολογική απλούστευση την οποία εισαγείται το θεώρημα HK είναι πολύ μεγάλη, διότι ανεξαρτήτως του αριθμού ηλεκτρονίων  $N$  ενός συστήματος η ηλεκτρονιακή πυκνότης  $\rho(\mathbf{r})$  είναι συνάρτησις τριών μεταβλητών, ενώ η συνάρτησις  $\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N)$  3N μεταβλητών. Μία δεύτερη εργασία του W. Kohn (με τον L. J. Sham) υποδεικνύει τρόπους εφαρμογής του θεωρήματος HK για τον υπολογισμό ιδιοτήτων μοριακών συστημάτων, ειδικότερα στερεών. Παρ' όλες τις σημαντικές αντιρρήσεις πολλών επιστημόνων ως προς την ορθότητα του θεωρήματος HK, το τελευταίο επέζησε κάθε κριτικής και η μέθοδος DFT (παράκαμψις της συναρτήσεως  $\Psi$ ) παίζει πλέον πολύ σημαντικό ρόλο στον όλο κλάδο της υπολογιστικής κβαντικής χημείας και φυσικής. Η μεθοδολογία DFT δίνει εξαιρετικά αποτελέσματα στα στερεά, αλλά δεν ισχύει το ίδιο στα (ελεύθερα) μόρια. Για τα ελεύθερα μόρια υπάρχουν έντονες ενστάσεις ως προς την ακρίβεια της DFT, τουλάχιστον μέχρι στιγμής. Δεν υπάρχει όμως η ελάχιστη αμφιβολία ως προς την μεγάλη συνεισφορά του W. Kohn στην εννοιολογική, αλλά και πρακτική εξέλιξη της κβαντικής θεωρίας.

Ο J. Pople, μαθηματικός και κατόπιν θεωρητικός χημικός, βραβεύθηκε με το βραβείο Nobel για την εν γένει συνεισφορά του στο πεδίο της υπολογιστικής χημείας και δή τους υπολογισμούς πρώτων αρχών (ab initio). Ο Pople κατόρθωσε να πείση, κυρίως τους χημικούς, ότι η κατανόησις της δομής ενός μορίου απαιτεί τελικώς τον υπολογισμό της συναρτήσεως  $\Psi$ . Αυτός υπήρξε και ο σκοπός του πολύ γνωστού πλέον υπολογιστικού κώδικα "Gaussian", δημιουργία του Pople και των συνεργατών του. Ομοηγουμένως δεν υπάρχει μέθοδος "Pople", υπάρχει όμως τρόπος σκέψεως Pople ο οποίος άμεσα ή μη επηρεάζει τον τρόπο σκέψεως των ερευνητών της θεωρητικής χημείας.

Για να σταθμίσουμε την συνεισφορά όλων αυτών των επιστημόνων, ας θυμηθούμε τα λόγια του Sir Humphry Davy τα οποία απηύθυνε προς την Royal Society of London στις 30/11/1825.

«Ευτυχώς η επιστήμη, όπως και η φύση στην οποία ανήκει, δεν περιορίζεται ούτε στον χώρο ούτε στον χρόνο. Ανήκει στον κόσμο, όχι σε κάποιο κράτος ή ορισμένη εποχή. Όσα περισσότερα γνωρίζουμε, τόσο αντιλαμβάνομαστε την άγνοιά μας τόσο περισσότερο καταλαβαίνουμε πόσα πολλή παραμένουν άγνωστα. Επιπροσθέτως, από φιλοσοφικής απόψεως, δεν μπορεί ποτέ να εφαρμοσθεί το συναίσθημα του Μακεδόνα ήρωα [του Αλεξάνδρου] – πάντα υπάρχουν νέοι κόσμοι να κατακτήσουμε.»

## Βιβλιογραφία

1. "Nobel Laureates in Chemistry, 1901-1922", L. K. Jumps, Ed., ACS and the Chemical Heritage Foundation, 1993
2. "A Short History of Chemistry", J. R. Partington, Dover, 1989, originally published in 1957
3. "Chemical Physics of Free Molecules", N. M. March and J. F. Mucci, Plenum, New York, 1993
4. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/)
5. Προσωπικές μαρτυρίες

Πηγές φωτογραφιών:

Peter Debye: <http://www.museumboerhaave.nl/contact/pers2a.html>

Linus Pauling: <http://cce.caltech.edu/content/cce-glance>

Robert Mulliken: [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1966/mulliken-bio.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1966/mulliken-bio.html)

Gerhard Herzberg: National Research Council Canada Staff and Boris Stoiceff, Gerhard Herzberg, edited by Research Council Canada Staff National, and Boris Stoiceff, NRC Research Press, 2002. ProQuest Ebook Central



## Θεμελιωτές της Μοριακής Βιολογίας

Το γνωστικό πεδίο της Μοριακής Βιολογίας προσδιορίστηκε, μόλις το 1950, από τον Άγγλο Φυσικό **William Thomas Asbury** (1898-1961), Καθηγητή της "Βιομοριακής Δομής" στο University of Leeds, σε μια ομιλία του στην ηλικίας ενός αιώνος και πλέον ιστορική επιστημονική εταιρεία της Νέας Υόρκης, **The Harvey Society**: "(Η Μοριακή Βιολογία) ενδιαφέρεται ειδικώς για τις δομές των βιολογικών μακρομορίων ... πρέπει να διερευνά τη γένεση και τη λειτουργία (των βιολογικών μακρομορίων)". Όπως είναι εμφανές από τον ορισμό αυτόν, αλλά και από την ονομασία της καθηγητικής έδρας του ίδιου του W. T. Asbury και από την ειδικότητά του ως Φυσικού, η Μοριακή Βιολογία είναι ένα γνωστικό πεδίο στο οποίο συναντώνται κυρίως η Χημεία, η Φυσική και η Βιολογία. Το γεγονός αυτό είναι επίσης εμφανές από τις ειδικότητες των τιμηθέντων με το Βραβείο Νόμπελ, για τη συνεισφορά τους στην έρευνα της δομής και λειτουργίας των βιολογικών μακρομορίων. Είναι κυρίως Χημικοί, Φυσικοί και Βιολόγοι. Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι, ενώ κατά τις πρώτες δεκαετίες της Μοριακής Βιολογίας τα σχετικά Βραβεία Νόμπελ απονεμήθηκαν στο γνωστικό αντικείμενο "Ιατρική ή Φυσιολογία", από το 1980 και μετά απονέμονται στο γνωστικό αντικείμενο "Χημεία". Η ακολουθούσα παρουσίαση των Βραβείων Νόμπελ, στο γνωστικό αντικείμενο της Μοριακής Βιολογίας, είναι κατ' ανάγκην ελλιπής. Η παρουσίαση του έργου των άνω των τριάκοντα επιστημόνων, οι οποίοι τιμήθηκαν με το Βραβείο Νόμπελ σε αυτόν τον ηλικίας μόλις εξήκοντα πέντε ετών επιστημονικό κλάδο, είναι ανέφικτη στα περιορισμένα όρια αυτού του άρθρου. Κατόπιν τούτου επελέγησαν προς παρουσίαση τιμηθείσες με Βραβείο Νόμπελ επιστημονικές εργασίες, οι οποίες αποτυπώνουν ενδεικτικώς το ευρύ και πολυκλαδικό γνωστικό πεδίο της Μοριακής Βιολογίας. Η παρουσίαση δεν γίνεται συμφώνως προς την χρονολογική ακολουθία απονομής του Βραβείου, αλλά κατά επαγωγική μεθοδολογία, ώστε να διευκολύνεται η κατανόηση των γραφομένων που προκύπτουν από διάφορα γνωστικά πεδία, καθώς η Μοριακή Βιολογία απετέλεσε γοητευτικό πόλο έλξης των ερευνητικών δραστηριοτήτων μη Βιολόγων, κυρίως Χημικών και Φυσικών, χωρίς τη συνεργασία των οποίων είναι βέβαιο ότι δεν θα είχε εξελιχθεί και αναπτυχθεί τόσο πολύ. Η εκρηκτική ανάπτυξη της πολυκλαδικής επιστήμης της Μοριακής Βιολογίας, κατά το δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα, ξεκίνησε, κατά τον γράφοντα, στις 28 Φεβρουαρίου του 1952, ημέρα Σάββατο και ώρα 12 μεσημέρι, όταν ο Βρετανός Φυσικός **Francis Crick**, παρέα με τον συνεργάτη του Αμερικανό Βιολόγο **James Watson**, εισέβαλαν στην μπυραρία "The Eagle" του Cambridge University κραυγάζοντας "We have discovered the secretes of life". Παρά το ό,τι αυτή η φράση απεδείχθη εκ των υστέρων κάπως υπερβολική, αν και απολύτως δικαιολογημένη υπό τις συν-

θήκες που ειπώθηκε, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η έκτοτε εκρηκτική ανάπτυξη της Μοριακής Βιολογίας, κατά το δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα, άλλαξε τον τρόπο του σκέπτεσθαι από τη Βιολογία, συμπεριλαμβανομένης της Γενετικής, την Ανθρωπολογία και την Ιατρική, έως την Κοινωνιολογία, την Εγκληματολογία, τη Δικαιοσύνη και τη Φιλοσοφία.

### Δομή της Διπλής Έλικας του Δεοξυριβοζονουκλεϊκού Οξέος (DNA)

Η δομή του μακρομορίου του DNA προσδιορίστηκε από τον Φυσικό **Francis Crick** και τον Βιολόγο **James Watson** του Cambridge University, τον Φυσικό **Maurice Wilkins** και την Χημικό **Rosalind Franklin** του King's College London. Το DNA είναι ένα χημικό μόριο, που περιέχει κωδικοποιημένες πληροφορίες για τη δομή και τη λειτουργία κάθε είδους έμβιου όντος (εκτός ορισμένων ιών). Η μελέτη βιολογικών πειραματικών ευρημάτων ως προς την αναγκαιότητα του DNA για τη μεταβίβαση των κληρονομικών χαρακτηριστικών, που είχε προηγηθεί, οδήγησαν τον Φυσικό Crick και τον Βιολόγο Watson στη σύλληψη ενός θεωρητικού προτύπου (model) της δομής του DNA. Συμφώνως προς το θεωρητικό αυτό πρότυπο, το DNA έχει δομή διπλής έλικας και αποτελείται από δυο επιμέρους αντιπαράλληλα μακρομόρια, συνδεδεμένα μεταξύ τους με τους ασθενείς δεσμούς υδρογόνου. (Αργότερα πιστοποιήθηκε ότι στη δομή του μορίου του DNA συνεισφέρουν δυνάμεις Van der Waals και υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του μορίου του και του ενυδατωμένου περιβάλλοντος, κυρίως υπό τη μορφή δεσμευμένων μορίων H<sub>2</sub>O πέριξ της διπλής αλυσού). Κάθε ένα των μακρομορίων του DNA αποτελείται από χιλιάδες έως εκατομμύρια συστατικών μικρομορίων, που ονομάζονται Νουκλεοτίδια. Τα νουκλεοτίδια είναι τεσσάρων ειδών: Αδενίνη, Γουανίνη, Θυμίνη και Κυτοσίνη, συμβολιζόμενα διεθνώς με τα γράμματα A, G, T και C αντιστοίχως. (Αργότερα ανακαλύφθηκε ότι οι ίδιοι συνδυασμοί των τεσσάρων αυτών νουκλεοτιδίων ανά τρία αποτελούν τις συστατικές μονάδες που κωδικοποιούν τις πληροφορίες σχετικώς με τη δομή και τη λειτουργία όλων των μελετηθέντων εμβίων όντων). Το θεωρητικό αυτό πρότυπο των Crick και Watson επιβεβαιώθηκε πλήρως από πειραματικά δεδομένα των Wilkins και Franklin, με περίθλαση ακτίνων Χ. Αμέσως έγραψαν τη σχετική προς τα ευρήματά τους δημοσίευση και την υπέβαλαν στο Nature. Το χειρόγραφο τους εγκρίθηκε από το περιοδικό, σε ασυνήθως ελάχιστο χρόνο, και δημοσιεύθηκε στο τεύχος της 25ης Απριλίου του 1953. Το συντομώτατο αυτό άρθρο, της μιας και ήμισυ σελίδας, θεμελίωσε τη Μοριακή Βιολογία. Για τις έρευνές των **Francis Crick**, **James Watson** και **Maurice Wilkins** (η Rosalind Franklin είχε αποθάνει προ της απονομής του Βραβείου) επί της δομής του DNA, τους απονεμήθη το **Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας του 1962**.





Ο Βρετανός Francis Harry Compton Crick (1916-2004) έλαβε το πτυχίο Φυσικής από το University College London το 1937. Το 1949 προσελήφθη στην Medical Cell Unit του Cambridge University, την οποία διηύθυνε ο Αυστριακός καταγωγής Μοριακός Βιολόγος Max Ferdinand Perutz, που έλαβε το Βραβείο Νόμπελ Χημείας το 1962, μαζί με τον Άγγλο Βιοχημικό και Κρυσταλλογράφο Sir John Cowberry Kendrew.

Η Medical Cell Unit συνεργαζόταν με το Cavendish Laboratory, που διευθύνε ο Sir Lawrence Bragg, ο οποίος είχε λάβει το 1915 το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής, σε ηλικία 25 ετών. Ο Crick έλαβε τελικώς το Ph.D. του από το Cambridge University το 1954, με θέμα «X-ray diffraction: polypeptides and proteins». Όπως αναφέρεται στο βιογραφικό του σημείωμα, στο Nobelprize.org, μέχρι το 1947 δεν γνώριζε Βιολογία και κατ' ουσίαν ούτε Οργανική Χημεία και Κρυσταλλογραφία. Τα επόμενα λίγα χρόνια αναλώθηκαν με ενημέρωσή του στα θέματα αυτά. Το 1951 συναντήθηκε με τον νεαρό Αμερικανό Βιολόγο, και μετέπειτα στενό συνεργάτη του, James Dewey Watson. Πρότειναν μαζί ένα θεωρητικό πρότυπο για διπλή έλικοειδή δομή του μακρομορίου του DNA και τον τρόπο διπλοσυστάσμού του ιδίου μακρομορίου. Η προταθείσα θεωρητική δομή επιβεβαιώθηκε τον Φεβρουάριο του 1952 από τις κρυσταλλογραφικές μελέτες των συνεργατών τους Wilkins και Franklin στο King's College, London. Μετά από άλλων τμητικών διακρίσεων, το 1959 ο Crick ανακηρύχθηκε Fellow of the Royal Society και το 1962 Honorary Member of the American Academy of Arts and Sciences και Fellow of University College, London.



Ο Αμερικανός James Dewey Watson (1928-) έλαβε το πτυχίο Ζωολογίας το 1947 από το University of Chicago, και το Ph.D. στην Ζωολογία το 1950 από το Indiana University. Κατά την παραμονή του στο Indiana University επηρεάστηκε από δυο Νομπελίστες: τον Γενετιστή Hermann Joseph Muller (1946) και τον ιατρό Salvador E. Luria (1969). Το 1951 συναντήθηκε, σε ένα επιστημονικό συνέδριο, με τον μετέπειτα στενό συνεργάτη του Φυσικό

Maurice Wilkins του King's College, London, ο οποίος του έδειξε φωτογραφίες από κρυσταλλογραφική δομική μελέτη των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών. Αυτή η συνάντηση τον οδήγησε στην απόφαση να ασχοληθεί με τη δομή του DNA. Ο John Kendrew (βλέπε ανωτέρω), κατόπιν συνεννοήσεως με τον Salvador E. Luria, του προσέφερε υποτροφία για το Cavendish Laboratory, όπου και συνάντησε τον μετέπειτα συνεργάτη του Francis Crick. Μετά από μελέτη δυο περίπου ετών, κατέληξαν στις πιθανές στερεοχημικές μορφές του DNA. Οι κρυσταλλογραφικές μελέτες τους, σε συνδυασμό με παράλληλες κρυσταλλογραφικές μελέτες των Maurice Hugh Frederick Wilkins και Rosalind Franklin του Πανεπιστημίου King's College London, επιβεβαίωσαν την, προταθείσα από τον ίδιο τον Watson και τον Crick, μορφή διπλής έλικας του DNA. Μετά από σύντομη θητεία στο California Institute of Technology, διορίστηκε το 1961 Καθηγητής στο Harvard University. Είναι μέλος των National Academy of Sciences (USA) και Danish Academy of Arts and Sciences.



Ο Νεοζηλανδός Maurice Hugh Frederick Wilkins (1916-2004) έλαβε το Πτυχίο του στη Φυσική από το Cambridge University το 1938, και το Ph.D. από το Birmingham University το 1940, με θέμα κυρίως τη θεωρία του φωσφορισμού. Συνέχισε με επιτυχείς μελέτες επί της φασματομετρικής αναλύσεως ισοτόπων του ουρανίου, οι οποίες τον οδήγησαν στο University of California Berkeley, ως μέλος του περιήφημου Manhattan Project κατασκευής ατομικής βόμβας. Το 1946 διορίστηκε στη Biophysical Unit

του Medical Research Council, στο King's College London, όπου ανέπτυξε μεθοδολογίες για τη μελέτη βιολογικών μακρομορίων, μεταξύ των οποίων και μικρο-φωτομετρικές μετρήσεις στο DNA. Παράλληλη έρευνα με περίθλαση ακτίνων X τον έφερε σε επαφή και στενή συνεργασία με τον Φυσικό Francis Crick και τον Βιολόγο James Watson στη Medical Research Council του Cambridge, η οποία καρποφόρησε με την ανακάλυψη της δομής DNA.

### Μηχανισμοί Βιολογικής Συνθέσεως Δεοξυριβοζονουκλεϊκού Οξέως (DNA) και Ριβοζονουκλεϊκού Οξέως RNA.

Η κανονικότητα της συζεύξεως των δεοξυνουκλεοτιδίων στη διπλή έλικα του DNA οδήγησαν τους Francis Crick και James Watson (βλέπε ανωτέρω) στο συμπέρασμα ενός μηχανισμού βιολογικής συνθέσεως του DNA. Η υπόθεσή τους ότι το DNA συντίθεται με αντιγραφής γονικών αλυσών DNA αποδείχθηκε ορθή. Η κάθε μονή αλυσος του DNA, που αντιγράφεται προς σχηματισμό νέας αλυσος και που ονομάζεται μήτρα (template) ή γονική (parental) ή μητρική, διατηρείται. Για το διπλοσυστάσμο μιας διπλής έλικας (ή duplex) μορίου DNA, αντιγράφονται και οι δύο αρχικές γονικές αλυσος. Όταν συμπληρωθεί η αντιγραφής, οι δυο νέες διπλές αλυσος DNA, κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από μια αρχική γονική αλυσος και μια συμπληρωματική της, διαχωρίζονται. Ο μηχανισμός αυτός διπλοσυστάσμού του DNA ονομάζεται ημισυντηρητικός. Με παρόμοιο ημισυντηρητικό μηχανισμό δημιουργούνται αλυσος Ριβοζονουκλεϊκών Οξέων (RNA), από την αντιγραφής τμημάτων DNA. Οι μηχανισμοί αυτοί δημιουργίας Νουκλεϊκών Οξέων, εντός των κυττάρων εμβίων όντων, καταλύονται από εξειδικευμένα ενζύμια, τα οποία ονομάζονται πολυμεράσες. Οι σχετικές ενζυματικές αντιδράσεις των πολυμερασών μελετήθηκαν για πρώτη φορά, κατά τη δεκαετία του 50, από τον Ισπανο-Αμερικανό Severo Ochoa και τον Αμερικανό Arthur Kornberg. Για τις έρευνές τους, επί των ενζύμων αναπαραγωγής αλυσών νουκλεϊκών οξέων, τους απενεμήθη το Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας του 1959.



Ο Ισπανοαμερικανός Severo Ochoa (1905-1993) έλαβε το Πτυχίο του το 1921 από το Malaga College, όπου σπούδασε Βιολογία επηρεασμένος από τις δημοσιεύσεις του διάσημου πρωτοπόρου Νευροβιολόγου Raymon y Cajal (1852 - 1934), που τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας το 1906. Το 1929 έλαβε το Πτυχίο Ιατρικής (M.D.) από την Ιατρική Σχολή του University of Madrid και, αμέσως μετά, έλαβε υποτροφία από το Spanish Council of Scientific Research για να συνεχίσει

τις σπουδές του στη Φυσιολογία και τη Βιοχημεία στο Kaiser Wilhelm Institut für Medizinische Forschung, στην Heidelberg. Το 1931 διορί-





στης Λέκτορας της Φυσιολογίας στο University of Madrid. Συνέχισε την εξειδίκευση του στην Ενζυμολογία στο Oxford University (1938-1941) και μετά στο Washington University, ως Research Associate (1941-1942), υπό τους περίφημους Ουγγρο-Αμερικανούς Βιοχημικούς Carl και Gerty Cori, οι οποίοι έλαβαν το Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας το 1947. Το 1945 διορίστηκε Επίκουρος Καθηγητής Βιοχημείας και το 1954 Καθηγητής της Βιοχημείας στην Ιατρική Σχολή του New York University. Η ερευνητική του δραστηριότητα ήταν πάντοτε εστιασμένη στην ενζυμολογία, κυρίως στην οξειδωτική φωσφορυλίωση και την αναγωγική καβροξυλίωση. Το 1955 ανακάλυψε ένα ένζυμο, που θεωρήθηκε ότι καταλύει τη σύνθεση νουκλεοτιδίων προς σύνθεση RNA, με βάση τις κωδικοποιημένες στο DNA πληροφορίες. Αυτό αποδείχθηκε λανθασμένο, αν και αποδείχθηκε συγχρόνως ότι το ένζυμο αυτό καταλύει άλλες χρήσιμες αντιδράσεις. Ο Ochoa κατείχε επί τιμή Πτυχία από τα Universities Washington, Glasgow, Oxford Salamanca, και είχε θητεύσει ως Πρόεδρος της International Union of Biochemistry.



Ο Αμερικανός Arthur Kornberg (1918-2007) έλαβε το Πτυχίο στις Θετικές Επιστήμες από το City College New York το 1937, και το Πτυχίο Ιατρικής (M.D.) από το University of Rochester το 1941. Εργάστηκε στο National Institute of Health από το 1942 μέχρι το 1953 και ειδικεύθηκε ακολούθως στην Ενζυμολογία στην New York University School of Medicine, υπό τον Καθηγητή Severo Ochoa και στην Washington University School of Medicine, υπό τον ήδη Νομπελίστα Καθηγητή Carl Cori. Το 1953 δι-

ορίστηκε Πρόεδρος του Τμήματος Μικροβιολογίας της Washington University School of Medicine και το 1959 οργάνωσε το Τμήμα Βιοχημείας στην Stanford University School of Medicine, όπου παρέμεινε ως Πρόεδρος, και ακολούθως ως Καθηγητής, και από το 1988 ως Ομότιμος Καθηγητής μέχρι τον θάνατό του. Η ερευνητική του δραστηριότητα στράφηκε κυρίως στους ενζυματικούς μηχανισμούς βιοσυνθέσεως του DNA, όπου και ανακάλυψε την ονομασθείσα πολυμεράση του DNA, η οποία συμπλέκει τα δεοξυνουκλεοτιδία προς δημιουργία του μακρομορίου του DNA, καθώς και τους ειδικούς ενζυματικούς μηχανισμούς δημιουργίας των δεοξυνουκλεοτιδίων. Παραλήθηως προς τις ερευνητικές του δραστηριότητες, θήτευσε ως Πρόεδρος της American Society for Biological Chemistry, και ως μέλος των Διοικητικών Συμβουλίων Πανεπιστημίων, Κρατικών και Βιομηχανικών Ινστιτούτων και Γνωμοδοτικών Συμβουλιών Φαρμακευτικών Βιομηχανιών. Τιμήθηκε με την εκλογή του ως μέλος της National Academy of Sciences, της Royal Society και της American Philosophical Society.

### Γενετική Ρύθμιση της Πρωτεϊνοσυνθέσεως.

Οι κωδικοποιημένες στο DNA πληροφορίες, σχετικώς με τη δημιουργία πρωτεϊνών εντός των κυττάρων, υλοποιούνται μέσω ενός μηχανισμού τον οποίο εισηγήθηκαν πρώτοι οι Francois Jacob και Jacques Monod το 1961. Ο μηχανισμός αυτός, που συμπληρώθηκε και αποδείχθηκε το ίδιο έτος από τον Jacob και τους συνεργάτες του, ονομάστηκε "Υπόθεση αγγελιοφόρου RNA" ("Messenger RNA Hypothesis"). Ο προταθείς και αποδειχθείς μηχανισμός αναφέρεται στη δημιουργία, για κάθε είδος πρωτεΐνης, ενός μεταβολικώς ασταθούς RNA, του mRNA, με αλληλουχία νουκλεοτιδίων συμπληρωματική της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων του DNA, που κωδικοποιούν την πληροφορία για το συγκεκριμένο είδος πρωτεΐνης. Βάσει αυτής της συμπλη-

ρωματικής αλληλουχίας νουκλεοτιδίων, η πληροφορία για τη σχετική πρωτεΐνη μετατρέπεται στην αλληλουχία αμινοξέων που δομούν κάθε πρωτεΐνη. Για τα σχετικά ευρήματά τους, επί της Γενετικής Ρυθμίσεως της Πρωτεϊνοσυνθέσεως, απενεμήθη στους Francois Jacob και Jacques Monod και στον συνεργάτη τους André Lwoff το Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας του 1965.



Ο Γάλλος Francois Jacob (1920-2013) έλαβε το Πτυχίο Ιατρικής από τη Medical Faculty of Paris, μόλις το 1947, λόγω ενεργού συμμετοχής του στις Ελεύθερες Γαλλικές Δυνάμεις κατά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, όπου τραυματίστηκε βαρύτατα κατά την Απόβαση στη Νορμανδία. Για τις στρατιωτική δραστηριότητες του απονεμήθηκαν ανώτατα στρατιωτικά μετάλλια. Μη δυνάμενος να ασκήσει την ιατρική, λόγω του τραυματισμού του, στράφηκε προς τη

Βιολογία. Έλαβε Πτυχίο Θετικών Επιστημών και Διδακτορικό στη Sorbonne. Το 1950 προσελήφθη στο Institute Pasteur, και το 1960 έγινε Διευθυντής του Τμήματος Κυτταρικής Γενετικής. Το 1964 διορίστηκε στην Έδρα Κυτταρικής Γενετικής του Collège de France, η οποία δημιουργήθηκε προς τιμήν του. Το 1958 άρχισε η στενή συνεργασία του με τον Jacques Monod, επί των μηχανισμών υλοποίησης των κωδικοποιημένων στο DNA γενετικών πληροφοριών, αλλά και των μηχανισμών ρυθμίσεώς της. Εισηγήθηκαν την ύπαρξη του mRNA (βλέπε ανωτέρω), την ύπαρξη των ρυθμιστικών γονιδίων (regulator genes), των οπερονίων (operons), ρυθμιστικών δηλαδή περιοχών των γονιδίων, καθώς και την ύπαρξη αλλοστερικών πρωτεϊνών (allosteric proteins), δηλαδή πρωτεϊνών η δομή και λειτουργία των οποίων μεταβάλλεται υπό την επίδραση παραγόντων του κυτταρικού περιβάλλοντος. Ο Jacob είχε τιμηθεί με την εκλογή του ως μέλος της Danish Royal Academy of Arts and Sciences (1962), της American Academy of Arts and Sciences (1964), της National Academy of Sciences of the United States (1969), και της American Philosophical Society (1969).



Ο Γάλλος Jacques Monod (1910-1976) έλαβε το Πτυχίο του στις Φυσιολογικές Επιστήμες το 1931, και το Διδακτορικό του, επίσης στις Φυσιολογικές Επιστήμες, το 1941. Προσελήφθη στο Institute Pasteur, προήχθη το 1954 σε Διευθυντή του Τμήματος Κυτταρικής Βιοχημείας και το 1971 διορίστηκε Διευθυντής του Ινστιτούτου. Το 1959 εξελέγη Καθηγητής Χημείας του Μεταβολισμού στη Sorbonne και το 1967 Καθηγητής στο Collège de France. Το 1958

άρχισε η στενή συνεργασία του με τον Francois Jacob, στις ερευνητικές δραστηριότητες που αναφέρονται στο βιογραφικό σημείωμα για τον Jacob. Είχε τιμηθεί με την εκλογή του ως Αλλοδαπό μέλος της American Academy of Arts and Sciences (1960), Αξιώματικός της Légion d'Honneur (1963), Αλλοδαπό μέλος της Deutsche Akademie der Naturforscher «Leopoldina» (1965), D. Sc. h. c. του University of Chicago (1965), Αλλοδαπό μέλος της Royal Society (1968), της National Academy of Sciences (Washington, 1968) και της American Philosophical Society (1969) και D.Sc. h.c. of the Rockefeller University (1970).





Ο Γάλλος André Lwoff (1902-1994) άρχισε τη σταδιοδρομία του, σε ηλικία 19 ετών, στο *Institute Pasteur* σπουδάζοντας παραλήθως. Έλαβε το Πτυχίο Ιατρικής (M.D.) το 1927 και το Ph.D. το 1932. Το 1938 διορίσθηκε Διευθυντής Τμήματος στο *Institute Pasteur* και το 1959 εξελέγη Καθηγητής Μικροβιολογίας στη *Faculté des Sciences, Paris*. Η εξοικείωσή του, λόγω των σχετικών μελετών του, με βακτήρια και ιούς υποβοήθησε την πειραματική εργασία της ερευνητικής ομάδας των Jacob και Monod. Ο Lwoff είχε τιμηθεί με τη εκλογή του ως μέλος της *New York Academy of Sciences* (1955), Αλλοδαπό μέλος της *American Academy of Arts and Sciences* (1958), Αναπληρωματικό μέλος της *National Academy of Sciences of the United States of America* (1955), και Αλλοδαπό μέλος της *Royal Society, London* (1958).

### Ο Γενετικός Κώδικας και η Λειτουργία του κατά τη Σύνθεση των Πρωτεϊνών.

Γενετικός Κώδικας είναι το σύνολο των κανόνων, βάσει των οποίων οι κωδικοποιημένες στο DNA πληροφορίες οδηγούν στη δημιουργία πρωτεϊνών, μέσω της συνθέσεως mRNA (βλέπε ανωτέρω). Κατά τη σύνθεση των mRNA, επανακωδικοποιούνται οι κωδικοποιημένες στο DNA πληροφορίες. Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας αυτής (DNA προς mRNA) ονομάζεται Μεταγραφή (Transcription) της πληροφορίας, ενώ το δεύτερο στάδιο (mRNA προς πρωτεΐνη) ονομάζεται Μετάφραση (Translation) της πληροφορίας. Η επανακωδικοποιημένη στο mRNA, για κάθε αμινοξύ, πληροφορία κάθε πρωτεΐνης αποτελείται από μια αλληλουχία τριών νουκλεοτιδίων, τα οποία ονομάζονται, και τρία μαζί, Κωδικόνιο (Codon). Ενώ στο DNA οι πληροφορίες κωδικοποιούνται με την παρουσία των νουκλεοτιδίων Αδενίνης (A), Γουανίνης (G), Θυμίνης (T) και Κυτοσίνης (C), στις επανακωδικοποιημένες στο mRNA πληροφορίες αντί για Θυμίνη (T) χρησιμοποιείται το νουκλεοτίδιο Ουρακίλη (U). Το τρίτο στάδιο της διαδικασίας είναι η προσωρινή συμπληρωματική πρόσφυση στο mRNA ενός άλλου RNA, του ονομαζόμενου Μεταφορικού RNA (Transfer RNA), συμβολιζομένου διεθνώς ως tRNA. Τα tRNA φέρουν, σε συγκεκριμένο τμήμα της στερεοχημικής δομής τους, τρία νουκλεοτίδια, που ονομάζονται, και τα τρία μαζί, Αντικωδικόνιο (Anticodon), το οποίο αναγνωρίζει το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA και συνδέεται μαζί του με δεσμούς υδρογόνου. Κάθε συγκεκριμένο είδος tRNA φέρει, σε ένα συγκεκριμένο άκρο του, ένα συγκεκριμένο είδος αμινοξέος συνδεδεμένο προς το tRNA μέσω ενζυματικής καταλυόμενης αντιδράσεως. Η υπάρχουσα στο mRNA αλληλουχία κωδικονίων προσδιορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους προς συγκρότηση της πρωτεΐνης, μέσω ενζυματικής καταλυόμενων αντιδράσεων. Για τη συνεισφορά τους στη διερεύνηση των περίπλοκων διαδικασιών, που συνδέονται με τον Γενετικό Κώδικα, μια απλοποιημένη μορφή του οποίου παρουσιάζεται στο κείμενο, οι **Robert W. Holley, Har Gobind Khorana and Marshall W. Nirenberg** τιμήθηκαν με το **Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής ή Φυσιολογίας το 1968**.



Ο Αμερικανός Robert W. Holley (1922-1993) έλαβε το Πτυχίο Χημείας από το *University of Illinois* το 1942, και το Ph.D. Οργανικής Χημείας από το *Cornell University* το 1947. Μετά από σύντομη θητεία στο *Washington State University*, επέστρεψε ως Επίκουρος Καθηγητής στο *Cornell*, όπου προήχθη ακολούθως σε Καθηγητή της Βιοχημείας, το 1962. Ήταν συγχρόνως Καθηγητής Μοριακής Βιολογίας στην *American Cancer Society* και Πρόσθετος (Adjunct) Καθηγητής στο *University of California, San Diego*.

Βαθμιαίως οδηγήθηκε η έρευνά του προς την μελέτη των αμινοξέων και των πεπτιδίων και κατέληξε τελικώς στη μελέτη της βιοσυνθέσεως των πρωτεϊνών. Κατά τη διάρκεια αυτών των μελετών του, που διάρκεσαν 10 χρόνια, ανακάλυψε το tRNA του αμινοξέος αλανίνη και προσδιόρισε σταδιακώς την δομή του. Οι έρευνές του συνεισέφεραν ουσιαδώς στην κατανόηση των διαδικασιών της συνθέσεως των πρωτεϊνών, με βάση τις πληροφορίες της αλληλουχίας των κωδικονίων στο mRNA (βλέπε ανωτέρω) και των διαδικασιών του Γενετικού Κώδικα. Είχε τιμηθεί με την εκλογή του ως μέλος της *National Academy of Sciences* και της *American Academy of Arts and Sciences*.



Ο Ινδικής καταγωγής Αμερικανός H. Gobind Khorana (1922-2011), μετά τις προπτυχιακές σπουδές του στο *University of Lahore*, έλαβε το Ph.D. του από το *University of Liverpool*, το 1948. Εργάστηκε ακολούθως στο *Cambridge University*, πλησίον του Alexander R Todd, ο οποίος τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Χημείας το 1967 για τις έρευνές του επί των νουκλεοτιδίων. Οι έρευνες του Khorana και των συνεργατών του οδήγησαν στην ανακάλυψη των κωδικονίων (βλέπε ανωτέρω) των αμινοξέων

σερίνη και θευκίνη, καθώς και στην ύπαρξη των τερματικών κωδικονίων, η οποία σχετίζεται με τον τερματισμό του σταδίου της μεταφράσεως (βλέπε ανωτέρω). Τιμήθηκε με την εκλογή του ως Καθηγητής της Βιολογικής Χημείας στο *Massachusetts Institute of Technology*, και ως αλλοδαπό μέλος της *Royal Society London*.



Ο Αμερικανός Marshall W. Nirenberg (1927-2010) ανέπτυξε, από μικρή ηλικία, ενδιαφέρον για τη Βιολογία. Έλαβε το Πτυχίο του στην Ζωολογία το 1948 και, ακολούθως, το M.Sc. το 1952, με διατριβή επί θέματος Οικολογίας, από το *University of Florida*. Το 1957 έλαβε το Ph.D. από το *University of Michigan*, με τη διατριβή επί ενός ενζύμου της ομάδος των περμιεσών, οι οποίες διακινούν πρωτεΐνες δια μέσου των μεμβρανών των κυττάρων. Διορίσθηκε στο *National Institute of Health*, όπου το 1962

έγινε Διευθυντής του Τμήματος Βιοχημικής Γενετικής. Από το 1959 άρχισε να μελετά τις κυτταρικές λειτουργίες που διασυνδέουν το DNA με το RNA και τις πρωτεΐνες. Μαζί με τους συνεργάτες του ανακάλυψαν την αναγκαιότητα της παρουσίας του mRNA (βλέπε ανωτέρω) για τη σύνθεση πρωτεϊνών και ότι παρασκευάσματα συνδεδεμένων mRNA δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη διαφόρων σταδίων του Γενετικού Κώδικα. Είχε λάβει Τιμητικά Διπλώματα από τα *University of Michigan, Yale University, University of Chicago, University of Windsor (Ontario)* και *Harvard University*. Είχε εκλεγεί μέλος της *American Academy of Arts and Sciences* και της *National Academy of Sciences*.





## Ανάπτυξη μεθοδολογιών προσδιορισμού της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων στο DNA και RNA και μεθοδολογιών δημιουργίας ανασυνδυσασμένου DNA.

Οι τιμηθέντες με το Βραβείο Νόμπελ Χημείας, το 1980, **Paul Berg**, **Walter Gilbert** και **Frederick Sanger**, ήταν όλοι Βιοχημικοί με εντονότατο ενδιαφέρον για τη Μοριακή Βιολογία, η οποία στην δεκαετία του 70 είχε πλέον εδραιωθεί ως πολυκλαδικό γνωστικό πεδίο. Και οι τρεις ανέπτυξαν μεθοδολογίες, που ήταν και είναι θεμελιώδεις για τη μελέτη της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων στο DNA και στο RNA, αλλά και για τη δημιουργία επιθυμητών αλληλουχιών νουκλεοτιδίων, η οποία οδήγησε στη σύγχρονη και πλέον εντυπωσιακή εξέλιξη της Μοριακής Βιολογίας: τη δημιουργία ανασυνδυσασμένου DNA. Κατά τη δεκαετία αυτή αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, η επικρατούσα, και γνωστή ως μέθοδος Sanger, αναλυτική μεθοδολογία η οποία, με τον συνδυασμό της ηλεκτροφορήσεως ηλεκτρώματος ακρυλαμιδίου και τη χρήση διαισυνδεδεμένων παραλληλίων ο τρόπος με τον οποίον διασυνδέονται μεταξύ τους τα αμινοξέα, τα προσδεμένα στο άκρον των φερόντων αυτά tRNA (βλ. επάνω), για τη δημιουργία μορίων πρωτεΐνης. Η ορθή αλληλουχία αυτής της διασυνδέσεως πραγματοποιείται με την ενεργό παρέμβαση μικρο-οργανιδίων των κυττάρων, των Ριβοσωμάτων. Τα ριβοσωμάτια ολισθαίνουν κατά μήκος του mRNA (βλ. επάνω), επί του οποίου είναι συνδεδεμένα τα tRNA με δεσμούς υδρογόνου, μεταξύ των κωδικονίων του mRNA και των αντικωδικονίων των tRNA. Κατά την διάρκεια της ολισθήσεως τα αμινοξέα συνδέονται αλληλοδιαδόχως μέσω παρεμβάσεως ειδικού ενζύμου. Για τις έρευνές τους αυτές, οι **Paul Berg**, **Walter Gilbert** και **Frederick Sanger** τιμήθηκαν με το **Βραβείο Νόμπελ Χημείας του 1980**.



**Ο Αμερικανός Βιοχημικός Paul Berg (1926-)** έλαβε Πτυχίο Βιοχημείας από το *Pennsylvania State University* το 1948, και το Ph.D. στη Βιοχημεία από το *Case Western Reserve University*, το 1952. Εξελέγη Καθηγητής στην *Ιατρική Σχολή του Washington University* το 1955, και Καθηγητής στο *Stanford University* το 1959. Μεταξύ άλλων ανακάλυψε ότι τα αμινοξέα, προτού διασυνδεθούν στα tRNA, ενεργοποιούνται ως *άμινο-ακυλαδενυλική σπέρτες (amino-acyl adenylates)*. Όπως αναφέρει ο ίδιος στο βιογραφικό του σημείωμα, την εποχή

εκείνη «πραγματοποίησα μια αργή μετατόπιση από την κλασσική Βιοχημεία στη Μοριακή Βιολογία». Εργαζόμενος στο Ιατρικό Κέντρο του Stanford

### Βιβλιογραφία

1. Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, Peter Walter «Molecular Biology of the Cell» 6th Edition Taylor & Francis 2014
2. Burton E Tropp «Βασικές Αρχές Μοριακής Βιολογίας» Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2015
3. Jocelyn E. Krebs, Elliott S. Goldstein, Stephen T. Kilpatrick «Lewin's Genes XI» 11th Edition Jones & Bartlett Learning, 2014
4. Nobelprize.org. «The Official Site of the Nobel Prize» (Περιέχει και Βιογραφικά Σημειώματα όλων των τιμηθέντων με Βραβείο Nobel από το 1901 μέχρι το 2016).

## Διακεκριμένοι Χημικοί οι οποίοι δεν τιμήθηκαν ποτέ με το Βραβείο Νόμπελ

Διερευνώντας τον κατάλογο με τους Νομπελίστες Χημείας, θα διαπιστώσει κανείς ότι «λείπουν» ορισμένα ονόματα. Διακεκριμένοι Χημικοί με τεράστια προσφορά στην πρόοδο της επιστήμης δεν μπόρεσαν να συμπεριληφθούν στους «δαφνοστεφείς», για λόγους υποκειμενικούς, αλλά και για λόγους πολιτικούς, επειδή τους πρόλαβε ο θάνατος ή απλά από κακή τους τύχη. Τον Μάρτιο

*University*, ανακάλυψε την ευρέως χρησιμοποιούμενη σήμερα μέθοδο ενσωματώσεως νέων γονιδίων, δηλαδή τμημάτων δίκλωνου DNA ενός έμβριου όντος, στο DNA ενός άλλου έμβριου όντος. Τα προς ενσωμάτωση τμήματα δίκλωνου DNA μεταφέρονται μέσω παρεμβολής του ιού SV40. Αυτή η ανακάλυψη οδήγησε στη μεθοδολογία του ανασυνδυσασμένου DNA, η οποία άνοιξε νέους δρόμους έρευνας και εφαρμογών από τη Γεωπονία και την Κτηνοτροφία μέχρι την Ιατρική.



**Ο Αμερικανός Βιοχημικός-Φυσικός-Μοριακός Βιολόγος Walter Gilbert (1932-)** έλαβε Πτυχίο Χημείας-Φυσικής το 1953, M.Sc. στη Φυσική το 1954, από το *Harvard University*, και Ph.D. στη Φυσική το 1957, από το *Cambridge University*, υπό την καθοδήγηση του Νομπελίστα Φυσικού *Aldus Salam*. Επέστρεψε στο *Harvard* ως Επίκουρος Καθηγητής και προήχθη το 1964 σε Καθηγητή. Μετεπήδησε στη Μοριακή Βιολογία, μετά τη γνωριμία του και την επακολουθήσασα ερευνητική συνεργασία του με τον Βιολόγο *James Watson* (βλ. επάνω).

Απέδειξε ότι κάθε mRNA εξυπηρετεί, κατά την πρωτεϊνοσύνθεση, πολλά ριβοσωμάτια συγχρόνως, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της διαδικασίας. Ακολούθως το ενδιαφέρον του εστράφη προς το ανασυνδυσασμένο DNA, όπου συνεργάστηκε με τον Έλληνα Καθηγητή της Ιατρικής Σχολής του *Harvard* *Αργύρη Ευστρατιάδη*.

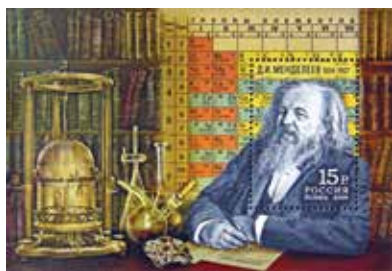


**Ο Βρετανός Frederick Sanger (1918-2013)** έλαβε Πτυχίο Βιοχημείας το 1939 και Διδακτορικό Βιοχημείας το 1946, από το *Cambridge University*. Από το 1951 εργάζεται στο *Medical Research Council*, η Ερευνητική Μονάδα του οποίου είναι εγκατεστημένη στο *Cavendish Laboratory*, υπό τη Διεύθυνση του τότε μέλλοντα Νομπελίστα Χημικού *M. F. Perutz*. Εκεί συναντήθηκε με τους μέλλοντες Νομπελίστες, τον Φυσικό *F. H. C. Crick*, και τους Χημικούς *J. C. Kendrew* και *A. Klug*. Οι συναντήσεις αυτές τον οδήγησαν στη σπουδή της αλληλουχίας των

νουκλεοτιδίων των νουκλεϊκών οξέων γιατί, όπως γράφει στην βιογραφία του, «είχε πεισθεί ότι η κατανόηση αυτής της αλληλουχίας θα συνεισέφερε στην κατανόηση της ζωής ύλης». Εντεύθεν αφιέρωσε την ακαδημαϊκή του σταδιοδρομία στην ανάπτυξη μεθοδολογιών για τη σπουδή της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων στο DNA και στο RNA. Μεταξύ άλλων ανέπτυξε την, ευρέως πλέον χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία, διεθνώς γνωστή ως *Sanger Method*.







### Dmitri Mendeleev (1834-1907)

Ρώσος Χημικός, ο πατέρας του πρώτου περιοδικού πίνακα των στοιχείων που πέθανε το 1907 και θεωρητικά θα μπορούσε να έχει κερδίσει ένα από τα πρώτα βραβεία. Στη διαθήκη του, το 1895, ο Alfred Nobel προέ-

βλεπε να γίνεται η βράβευση με κριτήριο το έργο του επιστήμονα κατά το προηγούμενο από τη βράβευση έτος. Αργότερα, το Ίδρυμα Νόμπελ ερμηνεύοντας με διαφορετικό τρόπο τη βούληση του Nobel, επέτρεψε να λαμβάνεται υπόψη και η προγενέστερη εργασία των υποψηφίων. Έτσι ο Dmitri Mendeleev ήταν υποψήφιος το 1905, αλλά δεν κέρδισε. Την επόμενη χρονιά, ήταν και πάλι υποψήφιος και η Επιτροπή Νόμπελ Χημείας τον πρότεινε με ψήφους 4 – 1. Η Βασιλική Σουηδική Ακαδημία των Επιστημών (ΒΣΑΕ) δεν δέχθηκε το αποτέλεσμα, παρέπεμψε και πάλι το θέμα στην Επιτροπή την οποία στο μεταξύ διεύρυνε με τέσσερα νέα μέλη. Τη δεύτερη φορά το αποτέλεσμα ήταν 5 – 4 υπέρ του Henri Moissan και η Ακαδημία αυτή τη φορά αποδέχθηκε την ψηφοφορία. Κάποιοι μελετητές υποστηρίζουν ότι αυτός ο οποίος έπαιξε αρνητικό ρόλο στην υπόθεση αυτή ήταν ο Svante Arrhenius, εξέχον μέλος της ΒΣΑΕ ο οποίος ήταν δυσραρεστημένος από την μακροχρόνια και ανοικτή κριτική που ασκούσε ο Mendeleev στη θεωρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης του Arrhenius.



### Gilbert Newton Lewis (1875-1946)

Ο Αμερικανός Gilbert Newton Lewis ασχολήθηκε με τη μελέτη των ομοιοπολικών δεσμών και συνέδεσε την ύπαρξή τους με την παρουσία ενός κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων. Με το όνομά του έχουν συνδεθεί οι ηλεκτρονιακοί τύποι των χημικών ενώσεων (Lewis dot formulas), η θεωρία των δεσμών σθένους, ο διχωρισμός των ισότοπων και η θεωρία των οξέων και των βάσεων

(οξέα και βάσεις κατά Lewis). Μεταξύ 1922 και 1946 υπήρξε 17 φορές υποψήφιος για το βραβείο Νόμπελ Χημείας, χωρίς να τα καταφέρει ποτέ. Μαθητεύσε δίπλα στον Walther Nernst (N.X. 1920) και τον Wilhelm Ostwald (N.X. 1909). Από τη συνεργασία των Lewis και Nernst προέκυψε μία αμοιβαία αντιπάθεια η οποία κράτησε εφ'όρου ζωής. Ο Lewis, άρχισε να επικρίνει τον πρώην δάσκαλό του σε κάθε ευκαιρία «αποκαλώντας το θεώρημά του (Nernst heat theorem) ως «ένα θλιβερό επεισόδιο στην ιστορία της χημείας». Ο Wilhelm Palmzr που ήταν μέλος της Επιτροπής Νόμπελ Χημείας και φίλος του Nernst φέρεται να έχει παίξει ρόλο στον αποκλεισμό του Lewis από τα βραβεία Νόμπελ στη θερμοδυναμική, αξιολογώντας αρνητικά τον μηχανισμό ανακίνησης υποψηφιοτήτων. Συγκεκριμένα, πρότεινε τον Lewis τρεις φορές και στη συνέχεια, ως μέλος της Επιτροπής Νόμπελ Χημείας έκανε αρνητικές εισηγήσεις «σκοτώνοντας» την υποψηφιότητα. Το 1913 ο Lewis εκλέχθηκε μέλος της Εθνικής Ακαδημίας των Επιστημών από όπου παραιτήθηκε το 1934 για λόγους που δεν εξήγησε ποτέ. Πιθανολογείται ότι η απόφασή του αυτή ενδέχεται να σχετίζεται με την αγανάκτησή του μετά τη βράβευση του μαθητή του Harold Urey (N.X. 1934) για την ανακάλυψη του δευτερίου, ένα βραβείο το οποίο ο Lewis θεωρούσε ότι θα έπρεπε να είχε μοιραστεί μαζί του για τη δική του εργασία με το βαρύ ύδωρ. Πράγματι, ο Lewis ήταν ο πρώτος που παρασκεύασε καθαρό βαρύ ύδωρ, ο πρώτος που μελέτησε τις ιδιότητές του καθώς και την επιβίωση και ανάπτυξη μορφών ζωής σε βαρύ

ύδωρ. Στη δεκαετία του '30 ήταν μέντορας του Glenn Seaborg ο οποίος παρέμεινε στο εργαστήριο του Lewis ως μεταδιδακτορικός ερευνητής και προσωπικός βοηθός του. Ο Seaborg πήρε το Νόμπελ Χημείας το 1951. Ακόμη και ο θάνατος του Lewis συνδέεται με έναν ακόμη Νομπελίστα Χημείας και καθύπεται από ένα πέπλο μυστηρίου. Ο Lewis είχε μια μακροχρόνια αντιπαλότητα με τον Irving Langmuir που χρονολογείται από τότε που ο δεύτερος διατύπωσε την επέκταση της θεωρίας του πρώτου για τον χημικό δεσμό. Την ημέρα του θανάτου του, ο Lewis συναντήθηκε με τον Langmuir ο οποίος στο μεταξύ είχε ήδη βραβευθεί με τον N.X (1932) ενώ ο ίδιος μετρούσε 17 αποτυχίες. Συναντήθηκαν για να γευματίσουν μαζί στο Berkeley. Όσοι τον είδαν να επιστρέφει μετά το γεύμα διαπίστωσαν ότι η διάθεσή του είχε αλλάξει, ήταν πολύ κακή. Κληίστηκε στο εργαστήριό του και μετά από μία ώρα βρέθηκε νεκρός. Επισήμως ο θάνατός του χαρακτηρίστηκε ως αυτοκτονία.



### Rosalind Franklin (1920-1958)

Η Rosalind Franklin, αγγλίδα χημικός και κρυσταλλογράφος, συνέβαλλε τα μέγιστα στην ανακάλυψη της δομής του DNA. Οι κρυσταλλογραφικές της μελέτες, ιδιαίτερα η περίφημη φωτογραφία 51, έδωσαν την τελική ώθηση στους Watson και Crick για τη διατύπωση του μοντέλου της διπλής έλικας του DNA. Η Brenda Maddox, βιογράφος της Franklin, ισχυρίζεται ότι ο Maurice Wilkins συνεργάτης της στο King's College του Λονδίνου, έδωσε χωρίς την έγκρισή της, τη φω-

τογραφία 51 στον Watson. Οι φήμες εμπλέκουν και τον Max Perutz ο οποίος παρακολούθησε τη διατριβή του Crick. Στα χέρια του πρώτου έφθασε ένα αντίγραφο μιας έκθεσης του Medical Research Council για το King's College, στην οποία περιλαμβάνονταν ένα μεγάλο μέρος της δουλειάς της Franklin. Ο Perutz ενημέρωσε τον Crick για το περιεχόμενο της έκθεσης. Όλα τα παραπάνω συνέβησαν τους πρώτους μήνες του 1953. Αμέσως μετά, οι Watson και Crick διατύπωσαν το μοντέλο τους και στις 25 Απριλίου 1953, δημοσίευσαν την εργασία τους στο περιοδικό Nature. Στο ίδιο τεύχος, το επόμενο και το μεθεπόμενο άρθρο ήταν οι εργασίες του Wilkins και της Franklin αντιστοίχως. Εννέα χρόνια μετά, το 1962, οι Watson, Crick και Wilkins μοιράστηκαν το Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής. (Την ίδια χρονιά, Νομπελίστας Χημείας αναδείχθηκε ο Max Perutz). Η Franklin είχε πεθάνει μερικά χρόνια νωρίτερα (1958) σε ηλικία μόλις 38 χρονών. Η πιο λογικοφανής εξήγηση για τον αποκλεισμό της Franklin, ήταν το γεγονός ότι δεν συνηθίζονταν οι μετά θάνατον απονομές (μέχρι το 1974 που απαγορεύθηκαν, είχαν γίνει μόνο δύο στην ιστορία όλων των βραβείων Νόμπελ). Πολλοί πιστεύουν ότι η δουλειά της υποτιμήθηκε και αδικήθηκε επειδή ήταν γυναίκα. Άλλοι πάλι συνδέουν τη μη βράβυσή της με το γεγονός ότι το μοντέλο της διπλής έλικας δεν έγινε αποδεκτό αμέσως. Εξάλλου, οι Watson-Crick-Wilkins δεν ανακηρύχθηκαν Νομπελίστες για την ανακάλυψη της δομής του DNA, αλλά για το σύνολο του έργου τους πάνω στα νουκλεϊνικά οξέα, όλα τα χρόνια που προηγήθηκαν της βράβευσης. Το ίδιο διάστημα, η Franklin είχε βγει εκτός συναγωνισμού, αρχικά λόγω της στροφής στα ερευνητικά της ενδιαφέροντα και μετά λόγω του θανάτου της. Το 1982, το βραβείο Νόμπελ Χημείας κέρδισε ο Aaron Klug ο οποίος υπήρξε μέλος της ομάδας της Franklin, συνεργάτης της και συνεχιστής του ερευνητικού της έργου. Πολλοί ισχυρίζονται ότι αν ζούσε, αυτή θα ήταν η δεύτερη ευκαιρία της και ότι θα είχε μοιραστεί το βραβείο με τον Klug.

### Πηγές:

1. Notable chemists who should have won the Nobel <http://cen.acs.org/articles/94/i15/Five-chemists-should-won-Nobel.html>
2. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



## Για τον νομπελίστα που ξέχασες\*

**Μ**ε αφορμή τα ετήσια Σκανδιναβικά βραβεία νόμπελ (που ξεκίνησαν το 1901) θα ήθελα να σου κάνω, αγαπημένε αναγνώστη, την εξής ερώτηση: Πόσα ονόματα επιστημόνων που κέρδισαν το βραβείο νόμπελ χημείας, φυσικής ή ιατρικής τα τελευταία 50 χρόνια μπορείς να θυμηθείς; Υποθέτω κάνα-δυο στην καλύτερη περίπτωση αλλά κάτι μέσα μου ήξει ότι η απάντηση για σχεδόν όλους είναι κανένα. Και το ήμω να υποθέσω (αυθαίρετες είναι οι υποθέσεις μου αλλά ας γίνουν αφορμή να το ψάξετε με τους γύρω σας) πως ούτε οι επιστήμονες δεν γνωρίζουν ονόματα συναδέλφων τους που κέρδισαν αυτή την ύψιστη τιμή. Είναι τόσο περίεργο που είναι σαν να ήμε ότι απόφοιτοι των δραματικών σχολών δεν γνωρίζουν ονόματα ηθοποιών που κέρδισαν όσκαρ ή ότι αθλητές δεν γνωρίζουν χρυσούς ολυμπιονίκες στο άθλημά τους. Ακόμα και στα νόμπελ οικονομικής επιστήμης (τα ξεκίνησε η τράπεζα της Σουηδίας το 1968) τα πράγματα είναι παρόμοια. Μάθαμε τον Χριστόφορο Πισσαρίδη επειδή είναι «δικός μας» και τον Πολ Κρούγκμαν λόγω κρίσης αλλά υποθέτω ότι και εδώ έχουμε όλοι μαύρα μεσάνυχτα. Δεν θα ασχοληθώ με τα νόμπελ ειρήνης διότι είναι ιδιαίτερα περίεργη... πρόεδροι των Ηνωμένων Πολιτειών, διάφοροι διεθνείς οργανισμοί, αμφιλεγόμενες προσωπικότητες και πολλές επικρίσεις.

Από την άλλη αν αναφερθούμε στα βραβεία νόμπελ λογοτεχνίας τα πράγματα είναι ευκολότερα και τα οικεία ονόματα περισσότερα ακόμα και αν εστιάσουμε μόνο στα τελευταία 15 χρόνια: Ορχάν Παμούκ, Χάρρολντ Πίντερ, Γκίντερ Γκρας, Ντάρια Φο για να αναφέρουμε μερικά. Το ότι γνωρίζουμε ένα όνομα δεν σημαίνει πως γνωρίζουμε και το έργο τους και μπορούμε να μιλάμε με τις ώρες για το ποιοι έχουν αδικηθεί κατά καιρούς αλλά το θέμα εδώ είναι άλλο. Το θέμα είναι γιατί άνθρωποι που κυριολεκτικά αλλάζουν τις ζωές μας και την ιστορία του πλανήτη μένουν για το ευρύ κοινό άγνωστοι.

Εντάξει, είναι πιο εύκολο για όλους μας να διαβάσουμε και να απολαύσουμε Μπέκετ, Ελίτ και Νερούντα και καθόλου εύκολο να κατανοήσουμε τη μεθοδολογία της οργανικής σύνθεσης, τη χημεία του γενετικού

μας υλικού, την ανάπτυξη ημιαγωγών και κυκλωμάτων, τη σπουδαιότητα της φασματοσκοπίας, τον μηχανισμό επικοινωνίας κυττάρων, την ανάπτυξη της απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού, την ανακάλυψη θανατηφόρων ιών, την ανάπτυξη της εξωσωματικής και ένα σωρό άλλα που βραβεύτηκαν τα τελευταία 15 χρόνια μόνο. Μπορούμε όμως να τα εκτιμήσουμε όλα αυτά όταν αναλογιστούμε πόσο έχουν συμβάλει στην εξέλιξη μας και στη βελτίωση τόσο της ποιότητας όσο και του προσδόκιμου της ζωής.

Τι φταίει λοιπόν και οι επιστήμονες που φέρνουν επαναστάσεις στον τρόπο που ζούμε και καταλαβαίνουμε τον κόσμο παραμένουν άγνωστοι για σχεδόν όλους; Μα, ακριβώς το ότι δεν έχει γίνει η κατάλληλη προσπάθεια για να μεταδοθεί στο ευρύ κοινό όχι μόνο τι βραβεύτηκε αλλά και γιατί. Κυρίως πρέπει να επικοινωνηθεί πιο καθαρά το πώς η κάθε ανακάλυψη ωφελεί την κοινωνία και καθέναν από εμάς αλλά επίσης πρέπει η επιστήμη εκτός από ενδιαφέρουσα να γίνει και ελκυστική. Οι προσωπικότητες των επιστημόνων του βελθνεκού των νόμπελ και η διαδρομή τους μέχρι την ύψιστη τιμή είναι ήδη υλικό για πολλές απολαυστικές ιστορίες. Ας τους ανακαλύψουμε και ας κάνουμε όλοι εμείς οι επιστήμονες το θέμα της επικοινωνίας ύψιστη προτεραιότητα. Το χρωστάμε στους ήρωες που αλλάζουν τον κόσμο και στην κοινωνία που μόνο κέρδος θα έχει από περισσότερη επιστήμη.

Ας κλείσω με μια πληροφορία που δείχνει ότι στη ζωή βρίσκεις πολλά δραματικά στοιχεία για απολαυστικές εξιστορήσεις: Ένα δημοσιογραφικό λάθος ήταν καθοριστικός παράγοντας για την απόφαση του Άλφρεντ Νόμπελ να θεσπίσει τα βραβεία. Μια γαλλική εφημερίδα ανακοίνωσε τον θάνατό του (ενώ ήταν ο αδερφός του Λούντβιγκ που είχε πεθάνει) αποκαλώντας τον έμπορο θανάτου, πράγμα που τον έκανε να θέλει με κάποιο τρόπο να βελτιώσει τη δημόσια εικόνα του. Μια χαρά τα κατάφερε.

\* Απόσπασμα από το βιβλίο του Δρ Σπύρου Κιτσινέλη "Lab Story" ISBN 978 - 618 - 5195 - 02 - 1 ([www.the-nightlab.com](http://www.the-nightlab.com))

**Αστέριος Παντοκράτορας**, Καθηγητής Μηχανικής Ρευστών στην Πολυτεχνική Σχολή Ξάνθης, [apantokr@civil.duth.gr](mailto:apantokr@civil.duth.gr)

## Ψωμί για το λαό και τοξικά αέρια για τον εχθρό.

### Η τραγική ιστορία του Γερμανού Χημικού Φριτς Χάμπερ\*

**Ο** Α' παγκόσμιος πόλεμος είχε αρχίσει παρά τους αγώνες του γάλλου σοσιαλιστή ηγέτη Ζαν Ζωρές ενάντια στον πόλεμο. Στις 31 Ιουλίου του 1914 ο Ραούλ Βιλσάιν, ένας γάλλος εθνικιστής, πυροβόλησε και σκότωσε τον Ζαν Ζωρές σε ένα καφέ στην οδό Μονμάρτρης. Ήρθαν Χριστούγεννα του 1914, τα πρώτα Χριστούγεννα στα χαρακώματα. Την παραμονή των Χριστουγέννων τα πυρά σταμάτησαν. Από το γερμανικό τμήμα ο στρατιώτης Μέκελ ο οποίος μιλούσε αγγλικά φώναξε στους Βρετανούς και σύντομα ξεκίνησε μια ζωήρη συζήτηση. Ένας βρετανός στρατιώτης βγήκε από τα χαρακώματα και συνάντησε τον γερμανό στρατιώτη. Έσφιξαν τα χέρια και αλληλοεχύθησαν "Καλά Χριστούγεννα", στην ουδέτερη ζώνη. Το γεγονός μαθεύτηκε και επεκτάθηκε ταχύτατα,

σχεδόν αστραπιαία σε ολόκληρο το δυτικό μέτωπο. Ξεπέρασαν το ένα εκατομμύριο οι στρατευμένοι της Γερμανίας, της Αυστροουγγαρίας, της Γαλλίας και της Βρετανίας, που παραμέρισαν τις εντολές των στρατηγών. Βγήκαν από τα χαρακώματα, ευχήθηκαν "Καλά Χριστούγεννα", τραγούδησαν την "Άγια Νύχτα", έπαιξαν ποδόσφαιρο και ανταλλάξαν υποτυπώδη δώρα. Ήταν η πιο αυθόρμητη ανακωχή της παγκόσμιας ιστορίας και πιθανότατα η πρώτη προσπάθεια από τους λαούς της Ευρώπης για τη δημιουργία της σημερινής Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η γιορτή δεν επαναλήφθηκε τα επόμενα Χριστούγεννα. Για να αποφευχθούν παρόμοια φαινόμενα, τα στρατηγεία των χωρών που συμμετείχαν στον πόλεμο διέταξαν ανηθείς βομβαρδισμούς τις ημέρες των Χριστουγέννων.



**Μετά τη λήξη του Α' παγκοσμίου πολέμου ο Χάμπερ βρέθηκε σε μια περίεργη θέση. Από τη πλευρά των συμμάχων καταζητούνταν ως εγκληματίας πολέμου λόγω της χρήσης των πολεμικών αερίων και από την άλλη πλευρά τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ για την παρασκευή της αμμωνίας και των λιπασμάτων.**

Στις αρχές του 1915, η Γερμανία κατέστρωσε ένα άκρως απόρρητο σχέδιο για τη χρήση χημικών αερίων, ενάντια στα συμμαχικά στρατεύματα. Ο προγραμματισμός έγινε για την εφαρμογή του σχεδίου τον Απρίλιο του 1915. Ο γερμανός καθηγητής χημείας Φριτς Χάμπερ (Fritz Haber), υπεύθυνος του προγράμματος, πρότεινε να γίνει εφαρμογή σε μεγάλο αριθμό στρατευμάτων αλλά οι στρατιωτικοί αρνήθηκαν και πρότειναν μια εφαρμογή σε μικρή κλίμακα. Στις 22 Απριλίου του 1915 ο Χάμπερ εμφανίστηκε στο πολεμικό μέτωπο του Υγρ του Βελγίου και έδωσε εντολή για τη χρήση αερίου χλωρίου, ενάντια στα γαλλικά, αγγλικά και καναδικά στρατεύματα. Τα γερμανικά αεροπλάνα απελευθέρωσαν 160 τόνους χλωρίου. Η διεύθυνση του ανέμου ήταν ευνοϊκή για τους γερμανούς και το θανατηφόρο νέφος έφτασε σύντομα στα εχθρικά στρατεύματα. Το αποτέλεσμα ήταν δραματικό. Οι σπμιοί έκρυσαν τα πάντα και εκατοντάδες στρατιώτες βρέθηκαν σε κωματώδη κατάσταση ή νεκροί και μέσα σε μία ώρα έπρεπε να εγκαταλείψουν τις θέσεις τους. Πριν τελειώσει η μέρα 15.000 άντρες κείτονταν στο πεδίο μάχης με πολλούς νεκρούς. Ένα τεράστιο κενό δημιουργήθηκε μεταξύ των Γερμανών και των συμμαχικών στρατευμάτων, χωρίς οι Γερμανοί να το χρησιμοποιήσουν με αποτέλεσμα ο Χάμπερ να δηλώσει "αν με είχαν ακούσει για μεγάλης κλίμακας ενέργεια αντί για πειραματισμούς, σήμερα θα είχαμε νικήσει".

Μετά την πρώτη επίθεση στο Υγρ ο Χάμπερ προετοιμάστηκε για επίθεση με αέρια στο ανατολικό μέτωπο ενάντια στους Ρώσους. Η γυναίκα του Κλάρα τον ικέτευσε να σταματήσει αλλά ο Χάμπερ αρνήθηκε, διότι ήταν βαθιά πεισμένος ότι με τη χρήση των αερίων βοηθούσε την πατρίδα του. Το ίδιο βράδυ που ο Χάμπερ αναχώρησε για το ανατολικό μέτωπο η Κλάρα (Clara Immerwahr) αυτοκτόνησε με το υπηρεσιακό πιστόλι του συζύγου της. Η Κλάρα ήταν η ίδια χημικός, κάτοχος διδακτορικού, αλλά μετά το γάμο της έπαψε να ασκεί το επάγγελμά της χημικού. Ήταν η πρώτη γυναίκα που απέκτησε διδακτορικό δίπλωμα σε γερμανικό πανεπιστήμιο. Ήταν ειρηνίστρια και αντίθετη με την ενασχόληση του συζύγου της με τα δηλητηριώδη αέρια. Μετά το θάνατό της δεν έγινε αυτοψία, όπως απαιτείται, και ο θάνατός της αποσιωπήθηκε από τον τύπο της εποχής για να προστατευτεί η φήμη του συζύγου της. Η ζωή της ξεχάστηκε μέχρι τη δεκαετία του 1970, οπότε η επιστημονική κοινότητα έδειξε ενδιαφέρον για την ύπαρξη και τη στάση της. Από τη γερμανική ένωση ενάντια στα πυρηνικά όπλα απονέμεται βραβείο στη μνήμη της και το πανεπιστήμιο του Ντόρτμουντ χρηματοδοτεί ερευνητικό πρόγραμμα προς τιμήν της. Μπορεί να χρειάστηκε αρκετός χρόνος αλλά η γενναία στάση της δεν ξεχάστηκε.

Η χρήση πολεμικών αερίων είχε απαγορευτεί από τη Συνθήκη της Χάγης ως έγκλημα πολέμου, αλλά η χρησιμοποίησή τους δικαιολογήθηκε με το έωλο επιχείρημα ότι οι σφαίρες των γαλλικών τουφεκίων εξαπέλυαν και αυτές αέρια κατά την πρόσκρουσή τους. Για αυτόν το λόγο, η χρήση πολεμικών αερίων από την Γερμανία πηλόγωσε ανεπανόρθωτα τις διπλωματικές σχέσεις με τις ουδέτερες μέχρι εκείνη την στιγμή δυνάμεις, όπως οι ΗΠΑ. Η πρώτη χώρα που εξέφρασε την οργή της ήταν η Βρετανία η οποία θέλησε να απαντήσει με το ίδιο ακριβώς νόμισμα, δημιουργώντας εταιρίες με σκοπό την ανάπτυξη χημικών ουσιών. Τελικά η απάντηση δόθηκε, όταν Βρετανικά στρατεύματα στις 24 Σεπτεμβρίου του

1915 κατέλαβαν το χωριό του Λοός και προήλασαν για να διασπάσουν την γραμμή άμυνας των Γερμανών, κοντά στα προάστια του Λανς, εκτοξεύοντας εναντίον τους 150 τόνους αερίων χλωρίου. Από την επίθεση πέθαναν 600 Γερμανοί στρατιώτες, ωστόσο μην έχοντας υπολογίσει τον άνεμο, το αέριο μεταφέρθηκε πάνω από τις δικές της δυνάμεις προκαλώντας έτσι μεγαλύτερες απώλειες στην ίδια παρά στο αντίπαλο, οδηγώντας την επίθεση σε αποτυχία. Ο ασκός του Αιόλου είχε ανοίξει. Εκτός από τους νεκρούς, σημαντική ήταν και η ψυχολογική βία που ασκούσε η απειλή της χρήσης των αερίων τόσο σε στρατιώτες όσο και στον άμαχο πληθυσμό. Αρκετοί στρατιώτες, θύματα χημικών όπλων, εφόσον επιβίωσαν ήταν πολύ δύσκολο ακόμα και να βρουν δουλειά μετά τον πόλεμο λόγω προβλημάτων υγείας που τους είχαν δημιουργήσει.



Από αριστερά: Fritz Haber (N.X. 1918), Clara Immerwahr (σύζυγος του Fritz Haber, χημικός και ειρηνίστρια, η πρώτη γυναίκα που απέκτησε διδακτορικό δίπλωμα σε γερμανικό πανεπιστήμιο), Carl Bosch (N.X. 1931, επεξέτεινε την εργαστηριακή μέθοδο για την παραγωγή αμμωνίας σε βιομηχανική κλίμακα). Πηγές φωτογραφιών: Haber, Bosch: [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org), Immerwahr: [wikipedia](http://wikipedia)

Είναι γνωστό ότι ένα από τα βασικά χημικά στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών είναι το άζωτο. Το άζωτο υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στην ατμόσφαιρα αλλά είναι πολύ δύσκολη η απόσπασή του από τον αέρα και η μετατροπή του σε υγρή ή στερεή μορφή. Μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα οι επιστήμονες προσπαθούσαν επί 100 χρόνια για τη δημιουργία αζώτου με τεχνητό τρόπο. Μέχρι τότε οι αγρότες χρησιμοποιούσαν το άζωτο που υπάρχει στην κοπριά των ζώων και των φυτών αλλά δεν μπορούσαν να καλύψουν τις τεράστιες ανάγκες για λίπανση των αγρών. Μια άλλη πηγή αζώτου ήταν το νιτρικό νάτριο ή νίτρο της Χιλής που εξορυσσόταν στις ακτές της Χιλής. Το πρόβλημα της παραγωγής αζώτου άρχισε να απασχολεί τον Χάμπερ το 1894 στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης. Το 1905 δημοσίευσε ένα βιβλίο χημείας στο οποίο περιέγραφε τη θεωρητική μέθοδο παραγωγής αμμωνίας με την ένωση υδρογόνου και αζώτου από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η ένωση αυτή απαιτεί πολύ υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις και την ύπαρξη μεταλλικού καταλύτη. Τα επόμενα χρόνια διεξήγαγε συστηματικά πειράματα και το 1909 κατάφερε να δημιουργήσει αμμωνία στο εργαστήριο. Το σύνθημα που ενένησε τον Χάμπερ όλη την περίοδο που αφιέρωσε στην παραγωγή της αμμωνίας ήταν "ψωμί από τον αέρα" εννοώντας την χρήση του αζώτου του ατμοσφαιρικού, αέρα για την παραγωγή λιπασμάτων και την αύξηση της παραγωγής τροφίμων. Ένας άλλος χημικός ο Καρλ Μπος (Carl Bosch) της εταιρείας BASF ανέλαβε να επεκτείνει την εργαστηριακή παραγωγή του Χάμπερ σε βιομηχανική κλίμακα. Έτσι άρχισε η τεχνητή παραγωγή λιπασμάτων με τη μέθοδο Χάμπερ-Μπος.

Η βιομηχανική παραγωγή λιπασμάτων είχε τεράστια επίδραση στην παραγωγή τροφίμων. Η αύξηση του πληθυσμού της γης από 1,6 δισεκα-





τομμύρια το 1900 σε περίπου 6 δισεκατομμύρια στις μέρες μας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την εφεύρεση των Χάμπερ - Μπος. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο αφαιρούνται από την ατμόσφαιρα 100 εκατομμύρια τόνοι αζώτου και μετατρέπονται σε αμμωνία με τη μέθοδο Χάμπερ - Μπος. Υπολογίζεται, επίσης, ότι κάθε δεύτερο άτομο αζώτου στο ανθρώπινο σώμα έχει παραχθεί με τη μέθοδο Χάμπερ - Μπος. Μερικοί ιστορικοί της επιστήμης ισχυρίζονται ότι η ανακάλυψη των Χάμπερ - Μπος είναι σημαντικότερη από την ανακάλυψη της πυρηνικής ενέργειας, του αεροπλάνου και της αεροδιαστημικής. Οι Χάμπερ και Μπος τιμήθηκαν με το βραβείο Νόμπελ χημείας το 1918 και 1931 αντίστοιχα, καθώς το επίτευγμά τους υπήρξε καθοριστικό για τη σημαντική αύξηση της γεωργικής παραγωγής. Οι δύο τους υπήρξαν οι πρώτοι χημικοί βιομηχανίας που τιμήθηκαν με αυτήν τη σπουδαία αναγνώριση.

Ο Χάμπερ γεννήθηκε το 1868 στο Μπρεσλάου, το σημερινό Βρότσλαβ της Πολωνίας, το οποίο τότε ανήκε στη Γερμανία. Οι γονείς του ήταν Εβραίοι και άνηκαν στις πιο παλιές οικογένειες της πόλης. Η μητέρα του πέθανε πάλιν στη γέννα του, αλλιά ο πατέρας του, γνωστός έμπορος στην πόλη, φρόντισε ο γιος του να κάνει καλές σπουδές. Ο Χάμπερ σπούδασε χημεία στα πανεπιστήμια της Χαιδελβέργης και του Βερολίνου. Μετά την ολοκλήρωση των σπουδών του εργάστηκε στη χημική επιχείρηση του πατέρα του και στο ομοσπονδιακό πολυτεχνείο της Ζυρίχης. Μετά από αρκετές αμφιταλαντεύσεις αποφάσισε να ασχοληθεί με την έρευνα και το 1894 διορίστηκε βοηθός στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης. Το 1896 έγινε λέκτορας και το 1906 καθηγητής της φυσικής χημείας. Το 1911 μετακινήθηκε στο Βερολίνο όπου ανέλαβε διευθυντής του ινστιτούτου χημείας, διορίστηκε καθηγητής και έγινε μέλος της πρωσικής ακαδημίας επιστημών.

Μετά τη λήξη του Α' παγκοσμίου πολέμου ο Χάμπερ βρέθηκε σε μια περίεργη θέση. Από τη πλευρά των συμμάχων καταζητούνταν ως εγκληματίας πολέμου λόγω της χρήσης των πολεμικών αερίων και από την άλλη πλευρά τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ για την παρασκευή της αμμωνίας και των λιπασμάτων. Την περίοδο αυτή έζησε για μικρό χρονικό διάστημα στην Ελβετία όπου πληροφορήθηκε την απονομή του βραβείου. Μετά την ανακοίνωση του βραβείου υπήρξαν διεθνείς αντιδράσεις και ορισμένοι καθεσμενοί απουσίαζαν από την τελετή.

Για όλες τις αντιδράσεις ο Χάμπερ ήταν υπερήφανος για τις υπηρεσίες που προσέφερε στην πατρίδα του κατά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο, για τις οποίες εξάλλου και παρασημοφορήθηκε. Του δόθηκε ο βαθμός του

λοχαγού από τον Κάιζερ, γεγονός σπάνιο για έναν επιστήμονα μεγάλης ηλικίας. Πίστευε ότι ο επιστήμονας πρέπει να υπηρετεί την ανθρωπότητα σε καιρό ειρήνης και την πατρίδα του σε καιρό πολέμου. Δικαιολόγησε τη χρήση των αερίων στον Α' παγκόσμιο πόλεμο με το σκεπτικό ότι η χρήση τους θα είχε ως αποτέλεσμα τη συντόμηση του πολέμου και την σωτηρία χιλιάδων στρατιωτών.

Με την άνοδο του αντισημιτισμού στη γερμανική κοινωνία, ο Χάμπερ, που ήταν Γερμανοεβραίος έπεσε σε δυσμένεια παρά την τεράστια «προσφορά» στην πατρίδα του. Στις αρχές του 1933, όταν πήγε να εργαστεί στο ινστιτούτο που διηύθυνε, ο φύλακας του απαγόρευσε την είσοδο λέγοντας: «δεν επιτρέπεται η είσοδος στους Εβραίους» και παρά το γεγονός ότι πολύ νωρίτερα είχε προδώσει την πίστη του και είχε γίνει προτεστάντης. Έτσι υποχρεώθηκε να φύγει από τη Γερμανία το 1933. Πήγε στο Κέμπριτζ για λίγους μήνες και εξέτασε την προοπτική να εργαστεί εκεί αλλιά ποτέ πια δεν εγκαταστάθηκε κάπου μόνιμα. Τον Ιανουάριο του 1934, σε ηλικία 65 ετών, ο Φριτς Χάμπερ, απογοητευμένος από την καταστροφική πορεία των επιστημονικών επιτευγμάτων του στην ίδια του την πατρίδα, πέθανε από καρδιακή προσβολή σε ένα ξενοδοχείο της Βασιλείας στην Ελβετία. Η σορός του αποπεφώθηκε και οι στάχτες του είναι θαμμένες μαζί με εκείνες της πρώτης του συζύγου, της Κλάρας, στο κοιμητήριο της Βασιλείας. Τα μέλη της οικογένειας του Χάμπερ διέφυγαν επίσης από τη ναζιστική Γερμανία. Η δεύτερη σύζυγός του Σαρλότ εγκαταστάθηκε στην Αγγλία με τα δύο τους παιδιά. Ο γιος του Χέρμαν από την Κλάρα μεταστάτευσε στις ΗΠΑ κατά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο και αυτοκτόνησε το 1946 από ντροπή για την εμπλοκή του πατέρα του στην παραγωγή και χρήση των πολεμικών αερίων. Κάποιοι συγγενείς του πέθαναν στα ναζιστικά στρατόπεδα συγκέντρωσης.

Ο Χάμπερ χαρακτηρίζεται ως τραγικό πρόσωπο, με την αρχαιοελληνική σημασία του όρου, που προσπαθεί χωρίς επιτυχία σε όλη του τη ζωή να ξεφύγει από την εβραϊκή του καταγωγή και τα ηθικά διλήμματα των επιστημονικών του ερευνών. Ο Αϊνστάιν χαρακτήρισε τη ζωή του Χάμπερ ως «την τραγωδία του Γερμανοεβραίου. Την τραγωδία του έρωτα χωρίς ανταπόκριση» υπονοώντας ότι προσέφερε υπερβολική αγάπη στην πατρίδα του η οποία όμως τελικά δεν βρήκε ανταπόκριση.

*\* Αναδημοσίευση από το βιβλίο: «Τα Νεκρά περιστερία και η μεγάλη έκρηξη. Μικρές ιστορίες από το χώρο της Επιστήμης», Αστέριος Παντοκράτορας, Εκδ. Επίκεντρο, Β' έκδοση, Θεσσαλονίκη, 2014*

## Νόμπελ Χημείας και Φιλοτελισμός

Γεγονότα, επέτειοι, σπουδαίες και ξεχωριστές προσωπικότητες, αλλιά και τόποι, μνημεία ήθη και έθιμα είναι το πεδίο μέσα από το οποίο αντλούνται τα θέματα των γραμματοσήμων. Από την άλλη, η Χημεία ως θεματικό αντικείμενο δεν είναι κάτι σπάνιο στο φιλοτελικό χώρο. Υπάρχουν πάρα πολλές εκδόσεις γραμματοσήμων από όλο τον κόσμο που αφορούν διάσημους χημικούς ή απεικονίζουν όργανα και σκευή ή μοντέλα χημικών μορίων ή εφαρμογές της Χημείας και της χημικής τεχνολογίας. Δεν είναι λίγοι και οι χημικοί φιλοτελιστές οι οποίοι δραστηριοποιούνται ποικιλοτρόπως. Στο περιοδικό Chemistry International της IUPAC υπάρχει από το 2007 μία μόνιμη στήλη με τίτλο Stamps International (γράφει ο Daniel Rabinovich, καθηγητής Ανόργανης Χημείας στο Πανεπιστήμιο Charlotte της Β. Καρολίνας και φιλοτελιστής) στην οποία σε κάθε τεύχος παρουσιάζει ένα γραμματόσημο (ή μια θεματική ενότητα γραμματο-

σήμων) σχετικά με τη Χημεία.

Η ιστορία των βραβείων Νόμπελ, που μετράει ήδη 116 χρόνια, μας έχει δώσει ένα μεγάλο πλήθος γραμματοσήμων σχετικών με το βραβείο Νόμπελ (B.N.), πολλά από τα οποία είναι αφιερωμένα στα Νόμπελ Χημείας (N.X.). Οι αντίστοιχες θεματικές συλλογές συνήθως αποτελούν υποσύνολο των φιλοτελικών θεματικών συλλογών με αντικείμενο τη Χημεία, ή με αντικείμενο τα βραβεία Νόμπελ γενικώς. Όπως θα ήταν αναμενόμενο, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός γραμματοσήμων που απεικονίζουν τον Alfred Nobel (πχ φωτ. Νο 1-2). Οι περισσότεροι από τους Νομπελίστες Χημείας έχουν τιμηθεί με την έκδοση τουλάχιστον ενός γραμματοσήμου, συνήθως από τη χώρα καταγωγής τους (πχ Νο 3, 23, 28, 34, 47, 50, 53, 63). Υπάρχουν και αλλοί που έχουν απεικονιστεί περισσότερες φορές, με «πρωταθλήτρια» στον τομέα αυτόν την Marie Curie η οποία έχει τιμηθεί πολλές φορές τόσο



από την πατρίδα της (Πολωνία) και τη δεύτερη πατρίδα της (Γαλλία), όσο και από πηλίκους άλλων χωρών<sup>1</sup>. Η Σουηδία, η χώρα των βραβείων Νόμπελ, έχει εκδώσει ποικίλα γραμματόσημα με θέμα τα Ν.Χ. (πχ No 2, 5-7, 15-20, 22-23, 31, 35, 39, 43, 49, 50). Στο γραμματόσημο, συνήθως απεικονίζεται ο Νομπελίστας, αλλά υπάρχουν και γραμματόσημα στα οποία απεικονίζεται το αντικείμενο του επιστημονικού έργου του Νομπελίστα με ή χωρίς σαφή αναφορά στο όνομα του τελευταίου (πχ No 5, 22, 23, 29, 31, 32, 35, 36, 45, 49, 56, 58, 61, 62). Περισσότερο ποικίλες συνθέσεις απεικονίζουν τόσο τον επιστήμονα όσο και το επιστημονικό του αντικείμενο (πχ No 3, 8, 27, 33, 42, 50, 53, 64). Αφορμή για την αφιέρωση ενός γραμματοσήμου στον Νομπελίστα συνήθως είναι η βράβευσή του (πχ. No 63, 64) ή η επέτειος της

βράβευσής του (πχ No 3, 21), ο θάνατος ή η επέτειος του θανάτου του (πχ No 30), αλλά και άλλες γενικότερες αφορμές όπως η συμπλήρωση των 100 χρόνων Β.Ν. (2001) (πχ No 1, 24, 26, 55), το διεθνές έτος Χημείας (2011)<sup>2</sup> (πχ No 2, 51, 56, 58), το διεθνές έτος Κρυσταλλογραφίας (2013) (πχ No 61) και το διεθνές έτος Φωτός (2015) (πχ No 62).

Σ.Κ.

1. Rabinovich, D. (2011), "An IYC Philatelic Tribute to Marie Curie", *Chemistry International*, Vol. 33, No6, p. 44

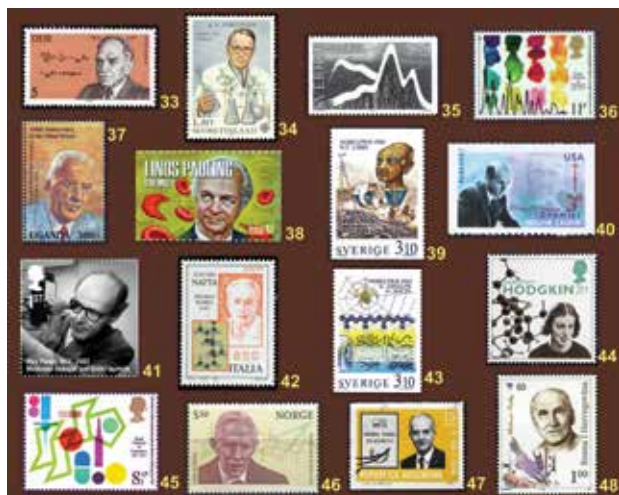
2. Κυριακίδης, Σ. (2011), "Το διεθνές έτος Χημείας & η παγκόσμια φιλοτελική δραστηριότητα", *Χημικά Χρονικά*, 73 (5) σ. 2



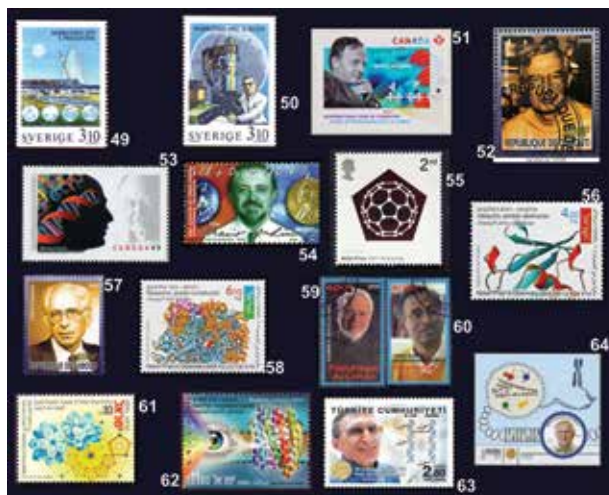
1-2. Alfred Nobel, 3. Vant Hoff (N.X. 1901), 4. Hermann Emil Fischer (N.X. 1902), 5. Electrolytic theory of dissociation - S. Arrhenius (N.X. 1903), 6. Svante Arrhenius (N.X. 1903), 7. William Ramsey (N.X. 1904), 8. Henri Moissan (N.X. 1906), 9. Eduard Buchner (N.X. 1907), 10. Ernest Rutherford (N.X. 1908), 11. Wilhelm Ostwald (N.X. 1909), 12. Marie Curie (N.X. 1911), 13. Paul Sabatier (N.X. 1912), 14. Victor Grignard (N.X. 1912), 15. Alfred Werner (N.X. 1913), 16. Theodore William Richards (N.X. 1914)



17. Richard Martin Willstätter (N.X. 1915), 18. Fritz Haber (N.X. 1918), 19. Walther Nernst (N.X. 1920), 20. Frederick Soddy (N.X. 1921), 21. Fritz Pregl (N.X. 1923), 22. Disperse systems - T. Svedberg (N.X. 1926), 23. Fermentation - H. Euler-Chelpin (N.X. 1929), 24. Adolf Otto Windaus (N.X. 1928), 25. F. Joliot, I. Joliot-Curie (N.X. 1935), 26. Heinrich Otto Wieland (N.X. 1927), 27. Petrus Debye (N.X. 1936), 28. Paul Karrer (N.X. 1937), 29. Vitamin C - W.N. Haworth (N.X. 1937), 30. Richard Kuhn (N.X. 1938), 31. Isotopes as tracers - G. Hevesy (N.X. 1943), 32. Fission of heavy nuclei - Otto Hahn (N.X. 1944)



33. Otto Hahn (N.X. 1944), 34. Artturi Virtanen (N.X. 1945), 35. Electrophoresis - A. Tiselius (N.X. 1948), 36. Partition Chromatography - A. Martin - R. Synge (N.X. 1952), 37. Hermann Staudinger (N.X. 1953), 38. Linus Pauling (N.X. 1954), 39. Carbon 14 age determination - W.F. Libby (N.X. 1960), 40. Melvin Calvin (N.X. 1961), 41. Max Perutz (N.X. 1962), 42. Giulio Natta (N.X. 1963), 43. High polymers - K. Ziegler (N.X. 1963), 44. Dorothy Hodgkin (N.X. 1964), 45. Conformational Analysis - D. Barton (N.X. 1969), 46. Odd Hassel (N.X. 1969), 47. Luis F. Leloir (N.X. 1970), 48. Vladimir Prelog (N.X. 1975)



49. Dissipative structures - I. Prigogine (N.X. 1977), 50. Aaron Klug (N.X. 1982), 51. John Polanyi (N.X. 1986), 52. Jean Marie Lehn (N.X. 1987), 53. Michael Smith (N.X. 1993), 54. Mario Molina (N.X. 1995), 55. 2001 - 100th Anniversary, 56. Ubiquitin - A. Ciechanover - A. Hershko (N.X. 2004), 57. Yves Chauvin (N.X. 2005), 58. Ribosome - Ada Yonath (N.X. 2009), 59. Thomas A. Steitz (N.X. 2009), 60. Venkatraman Ramakrishnan (N.X. 2009), 61. Quasi crystals - Dan Shechtman (N.X. 2011), 62. Rhodopsin - M. Levitt - A. Warshel (N.X. 2013), 63. Aziz Sancar (N.X. 2015), 64. Paul Modrich (N.X. 2015)





## Κατάλογος βραβευθέντων με Νόμπελ Χημείας από το 1901 έως σήμερα

1901, **Jacobus Henricus van 't Hoff**, Ολλανδία, «για την ανακάλυψη των νόμων της χημικής δυναμικής και της ωσμωτικής πίεσης διαλυμάτων»

1902, **Hermann Emil Fischer**, Γερμανία, «για τις εργασίες του επί των συνθέσεων της ζάχαρης και της πουρίνης»

1903, **Svante August Arrhenius**, Σουηδία, «για τη θεωρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης»

1904, **Sir William Ramsay**, Ην.Βασίλειο, «για την ανακάλυψη των ευγενών αερίων στον αέρα»

1905, **Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer**, Γερμανία, «για τις εργασίες του επί των οργανικών βαφών και των υδροαρωματικών ενώσεων»

1906, **Henri Moissan**, Γαλλία, «για τη μελέτη και απομόνωση του στοιχείου φθόριο, και για τον ηλεκτρικό ήβηπα που πήρε το όνομά του»

1907, **Eduard Buchner**, Γερμανία, «για τη βιοχημική του έρευνα και για την ανακάλυψη της ζύμωσης άνευ κυττάρων»

1908, **Ernest Rutherford**, Ην.Βασίλειο/Ν.Ζηλανδία, «για τις έρευνές του επί της αποικοδόμησης των στοιχείων και της χημείας ραδιενεργών ουσιών»

1909, **Wilhelm Ostwald**, Γερμανία, «για τις εργασίες του επί της κατάλυσης και τις έρευνές του επί της χημικής ισορροπίας και της ταχύτητας των αντιδράσεων»

1910, **Otto Wallach**, Γερμανία, «για την εργασία του στο πεδίο των αλκαλικών ενώσεων»

1911, **Maria Skłodowska-Curie**, Πολωνία/Γαλλία, «για την ανακάλυψη των στοιχείων ράδιο και πολώνιο, και τη μελέτη της επί του ραδίου»

1912, **Victor Grignard**, Γαλλία, «για την ανακάλυψη του αντιδραστήριου Γκρινιάρ», **Paul Sabatier**, Γαλλία, «για τη μέθοδο της υδρογονοποίησης οργανικών ενώσεων»

1913, **Alfred Werner**, Ελβετία, «για την εργασία του πάνω στη σύνδεση ατόμων σε μόρια»

1914, **Theodore William Richards**, ΗΠΑ, «για τους υπολογισμούς του ατομικού βάρους μεγάλου αριθμού στοιχείων»

1915, **Richard Martin Willstätter**, Γερμανία, «για την έρευνά του επί των φυτικών χρωστικών ουσιών»

1916, Δεν απονεμήθηκε

1917, Δεν απονεμήθηκε

1918, **Fritz Haber**, Γερμανία, «για τη σύνθεση της αμμωνίας»

1919, Δεν απονεμήθηκε

1920, **Walther Hermann Nernst**, Γερμανία, «για την εργασία του στη θερμοδυναμική»

1921, **Frederick Soddy**, Ην.Βασίλειο, «για την εργασία του στη χημεία της ραδιενέργειας και στην έρευνα των ισοτόπων»

1922, **Francis William Aston**, Ην.Βασίλειο, «για την ανακάλυψη των ισοτόπων σε ένα μεγάλο αριθμό μη ραδιενεργών στοιχείων και για τη διατύπωση του κανόνα των ακεραίων»

1923, **Fritz Pregl**, Αυστρία, «για την εφεύρεση της μεθόδου μικροανάλυσης των οργανικών ουσιών»

1924, Δεν απονεμήθηκε

1925, **Richard Adolf Zsigmondy**, Γερμανία/Ουγγαρία, «για την επίδειξη της ετερογενούς φύσεως των κολλοειδίων και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν»

1926, **The (Theodor) Svedberg**, Σουηδία, «για την εργασία του πάνω στα συστήματα διασποράς»

1927, **Heinrich Otto Wieland**, Γερμανία, «για τις έρευνές του στα χολικά οξέα και στις συγγενείς ουσίες»

1928, **Adolf Otto Reinhold Windaus**, Γερμανία, «για την έρευνά του πάνω στις στερόλες και τη σχέση τους με τις βιταμίνες»

1929, **Arthur Harden**, Ην.Βασίλειο, **Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin**, Σουηδία, «για τις έρευνές τους στη ζύμωση της ζάχαρης και στα ένζυμα»

1930, **Hans Fischer**, Γερμανία, «για τις έρευνές του επί της αιμίνης και της Χλωροφύλλης»

1931, **Carl Bosch**, Γερμανία, **Friedrich Bergius**, Γερμανία, «για τις συνεισφορές τους στις χημικές μεθόδους υψηλών πιέσεων»

1932, **Irving Langmuir**, ΗΠΑ, «για τις εργασίες του επί της χημείας επιφανειών»

1933, Δεν απονεμήθηκε

1934, **Harold Clayton Urey**, ΗΠΑ, «για την ανακάλυψη του δευτερίου»

1935, **Frédéric Joliot**, Γαλλία, **Irène Joliot-Curie**, Γαλλία, «για τη σύνθεση νέων ραδιενεργών στοιχείων»

1936, **Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye**, Ολλανδία, «για τις εργασίες του επί της μοριακής δομής μέσω μελετών των διπολικών ροπών και

της περιθλάσης των ακτίνων-Χ και των ηλεκτρονίων στα αέρια»

1937, **Walter Norman Haworth**, Ην.Βασίλειο, «για τις εργασίες του επί των υδατανθράκων και της βιταμίνης C», **Paul Karrer**, Ελβετία, «για τις εργασίες του επί των καροτινοειδών, φλαβινών και των βιταμινών Α και Β2»

1938, **Richard Kuhn**, Γερμανία, «για τις εργασίες του επί των καροτινοειδών και των βιταμινών»

1939, **Adolf Friedrich Johann Butenandt**, Γερμανία, «για τις εργασίες του επί των ορμονών φύλλου», **Leopold Ruzicka**, Κροατία/Ελβετία, «για τις εργασίες του επί των πολυμεθυλενίων και ανωτέρων τερπενίων»

1940, Δεν απονεμήθηκε

1941, Δεν απονεμήθηκε

1942, Δεν απονεμήθηκε

1943, **George de Hevesy**, Ουγγαρία/Γερμανία, «για τις εργασίες του επί της χρήσης των ισοτόπων ως ικνηθετών για την μελέτη χημικών διεργασιών»

1944, **Otto Hahn**, Γερμανία, «για την ανακάλυψη της σχάσης βαρέων πυρήνων»

1945, **Artturi Ilmari Virtanen**, Φινλανδία, «για τις έρευνές του επί της γεωργικής χημείας και τις χημείας των τροφίμων»

1946, **James Batcheller Sumner**, ΗΠΑ, «για την ανακάλυψη της δυνατότητας κρυστάλλωσης των ενζύμων», **John Howard Northrop**, ΗΠΑ, **Wendell Meredith Stanley**, ΗΠΑ, «για την παρασκευή ενζύμων και πρωτεϊνών ιών σε καθαρή μορφή»

1947, **Sir Robert Robinson**, Ην.Βασίλειο, «για τις έρευνές του επί των φυτικών παραγώγων, ιδιαίτερα των αλκαλοειδών»

1948, **Arne Wilhelm Kaurin Tiselius**, Σουηδία, «για τις έρευνές του επί της ηλεκτροφόρησης και ανάλυσης προσρόφησης»

1949, **William Francis Giauque**, ΗΠΑ, «για τις συνεισφορές του στο πεδίο της χημικής θερμοδυναμικής»

1950, **Otto Paul Hermann Diels**, Δ. Γερμανία, **Kurt Alder**, Δ. Γερμανία, «για την ανακάλυψη και ανάπτυξη της διενικής σύνθεσης (αντίδραση Diels - Alder)»

1951, **Edwin Mattison McMillan**, ΗΠΑ, **Glenn Theodore Seaborg**, ΗΠΑ, «για τις ανακαλύψεις τους στη χημεία των υπερουράνιων στοιχείων»

1952, **Archer John Porter Martin**, Ην.Βασίλειο, **Richard Laurence Millington Synge**, Ην.Βασίλειο, «για την ανακάλυψη της χρωματογραφίας κατανομής»

1953, **Hermann Staudinger**, Δ. Γερμανία, «για τις ανακαλύψεις του στο πεδίο της χημείας των μακρομορίων»

1954, **Linus Pauling**, ΗΠΑ, «για τις έρευνές του πάνω στη φύση του χημικού δεσμού»

1955, **Vincent du Vigneaud**, ΗΠΑ, «για τις εργασίες του επί των ενώσεων του θείου, και συγκεκριμένα για την πρώτη σύνθεση πολυπεπτιδικής ορμόνης»

1956, **Sir Cyril Norman Hinshelwood**, Ην.Βασίλειο, **Nikolay Nikolaevich Semenov**, Σοβιετική Ένωση, «για τις έρευνές τους επί των μηχανισμών των χημικών αντιδράσεων»

1957, **Alexander R. Todd**, Ην.Βασίλειο, «για τις εργασίες του επί των νουκλεοτιδίων και των συνενζύμων τους»

1958, **Frederick Sanger**, Ην.Βασίλειο, «για τις εργασίες του επί της δομής των πρωτεϊνών, και συγκεκριμένα της ινσουλίνης»

1959, **Jaroslav Heyrovský**, Τσεχοσλοβακία, «για την ανακάλυψη και ανάπτυξη των πολλαρογραφικών μεθόδων ανάλυσης»

1960, **Willard Frank Libby**, ΗΠΑ, «για τη μέθοδο χρήσης του άνθρακα-14 για ραδιοχρονολόγηση»

1961, **Melvin Calvin**, ΗΠΑ, «για τις έρευνές του επί της αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα από τα φυτά»

1962, **Max Ferdinand Perutz**, Ην.Βασίλειο, **John Cowdery Kendrew**, Ην.Βασίλειο, «για τις μελέτες τους επί των δομών των σφαιρικών πρωτεϊνών»

1963, **Karl Ziegler**, Δ. Γερμανία, **Giulio Natta**, Ιταλία, «για τις ανακαλύψεις τους σχετικά με τα πολυμερή»

1964, **Dorothy Crowfoot Hodgkin**, Ην.Βασίλειο, «για τους προσδιορισμούς των δομών σημαντικών βιοχημικών ουσιών με τεχνικές ακτίνων-Χ»

1965, **Robert Burns Woodward**, ΗΠΑ, «για τα επιτεύγματά του στην οργανική σύνθεση»

1966, **Robert S. Mulliken**, ΗΠΑ, «για τις εργασίες του επί των χημικών δεσμών και της ηλεκτρονιακής δομής των μορίων»

1967, **Manfred Eigen**, Δ. Γερμανία, **Ronald George Wreyford Norrish**, Ην.Βασίλειο, **George Porter**, Ην.Βασίλειο, «για τις μελέτες των υπερταχείων χημικών αντιδράσεων»

1968, **Lars Onsager**, ΗΠΑ/Νορβηγία, «για την ανακάλυψη των σχέσεων οι οποίες





φέρουν το όνομά του»

1969, **Derek H. R. Barton**, *Hv.Βασίλειο*, **Odd Hassel**, *Νορβηγία*, «για τις συνεισφορές τους στην ανάπτυξη της έννοιας της διαμόρφωσης»  
1970, **Luis F. Leloir**, *Αργεντινή*, «για την ανακάλυψη των γλυκοκουκλετιδίων και του ρόλου τους στη βιοσύνθεση των υδατανθράκων»  
1971, **Gerhard Herzberg**, *Καναδάς*, «για τις συνεισφορές του επί της ηλεκτρονιακής δομής και γεωμετρίας των μορίων, και ειδικά των ελεύθερων ριζών»  
1972, **Christian B. Anfinsen**, *ΗΠΑ*, «για τις εργασίες του επί της ριβονουκλεάσης», **Stanford Moore**, *ΗΠΑ*, **William H. Stein**, *ΗΠΑ*, «για τη συνεισφορά τους στην κατανόηση της διασύνδεσης χημικής δομής και καταλυτικής δραστηριότητας του μορίου της ριβονουκλεάσης»  
1973, **Ernst Otto Fischer**, *Δ.Γερμανία*, **Geoffrey Wilkinson**, *Hv.Βασίλειο*, «για τις εργασίες τους επί της χημείας των οργανομεταλλικών ενώσεων»  
1974, **Paul J. Flory**, *ΗΠΑ*, «για τις θεμελιώδεις εργασίες του, θεωρητικές και πειραματικές, επί της φυσικοχημείας των μακρομορίων»  
1975, **John Warcup Cornforth**, *Αυστραλία/Hv.Βασίλειο*, «για τις εργασίες του επί της στερεοχημείας των ενζυμικών καταλυόμενων αντιδράσεων», **Vladimir Prelog**, *Κροατία/Εθβετία*, «για τις έρευνές του επί της στερεοχημείας των οργανικών μορίων και αντιδράσεων»  
1976, **William N. Lipscomb**, *ΗΠΑ*, «για τις μελέτες του επί των δομών των βορανίων»  
1977, **Ilya Prigogine**, *Βέλγιο*, «για τις συνεισφορές του στη θερμοδυναμική εκτός ισορροπίας»  
1978, **Peter D. Mitchell**, *Hv.Βασίλειο*, «για τη διατύπωση της χημειοσμωτικής θεωρίας»  
1979, **Herbert C. Brown**, *ΗΠΑ*, **Georg Wittig**, *Δ. Γερμανία*, «για την ανάπτυξη της χρήσης ενώσεων που περιέχουν βόριο και φωσφόρο σε αντιδραστήρια οργανικής σύνθεσης»  
1980, **Paul Berg**, *ΗΠΑ*, «για τις θεμελιώδεις του έρευνες επί της βιοχημείας των νουκλεϊνικών οξέων, κατά κύριο λόγο επί του ανασυνδυασμένου DNA», **Walter Gilbert**, *ΗΠΑ*, **Frederick Sanger**, *Hv.Βασίλειο*, «για τις συνεισφορές τους σχετικά με τον προσδιορισμό των αλληλοσυνδέσεων των βάσεων στα νουκλεϊνικά οξέα»  
1981, **Kenichi Fukui**, *Ιαπωνία*, **Roald Hoffmann**, *ΗΠΑ*, «για τις θεωρίες τους σχετικά με την πορεία των χημικών αντιδράσεων»  
1982, **Aaron Klug**, *Ν.Αφρική/Hv.Βασίλειο*, «για την ανάπτυξη της κρυσταλλογραφικής ηλεκτρονιακής μικροσκοπίας»  
1983, **Henry Taube**, *ΗΠΑ*, «για τις εργασίες του επί των μηχανισμών των αντιδράσεων μεταφοράς ηλεκτρονίων»  
1984, **Robert Bruce Merrifield**, *ΗΠΑ*, «για την ανάπτυξη μεθοδολογίας χημικής σύνθεσης επί στερεάς μήτρας»  
1985, **Herbert A. Hauptman**, *ΗΠΑ*, **Jerome Karle**, *ΗΠΑ*, «για τα επιτεύγματά τους στην ανάπτυξη απευθείας μεθόδων για τον προσδιορισμό των κρυσταλλικών δομών»  
1986, **Dudley R. Herschbach**, *ΗΠΑ*, **Yuan T. Lee**, *ΗΠΑ/Ταϊβάν*, **John C. Polanyi**, *Καναδάς/Ουγγαρία*, «για τις συνεισφορές τους σχετικά με τη δυναμική θεμελιωδών χημικών διεργασιών»  
1987, **Donald J. Cram**, *ΗΠΑ, **Charles J. Pedersen**, *ΗΠΑ*, **Jean-Marie Lehn**, *Γαλλία*, «για την ανάπτυξη και χρήση μορίων με αλληλεπιδράσεις, εξειδικευμένες λόγω δομής, υψηλής εκλεκτικότητας»  
1988, **Johann Deisenhofer**, *Δ. Γερμανία*, **Robert Huber**, *Δ. Γερμανία*, **Hartmut Michel**, *Δ. Γερμανία*, «για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης δομής ενός φωτοσυνθετικού κέντρου αντιδράσεων»  
1989, **Sidney Altman**, *Καναδάς/ΗΠΑ*, **Thomas Cech**, *ΗΠΑ*, «για την ανακάλυψη των καταλυτικών ιδιοτήτων του RNA»  
1990, **Elias James Corey**, *ΗΠΑ*, «για την ανάπτυξη της θεωρίας και μεθοδολογίας της οργανικής σύνθεσης»  
1991, **Richard R. Ernst**, *Εθβετία*, «για τις συνεισφορές του στην ανάπτυξη του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) υψηλής ανάλυσης»  
1992, **Rudolph A. Marcus**, *ΗΠΑ/Καναδάς*, «για τις συνεισφορές του στη θεωρία μεταφοράς ηλεκτρονίων στα χημικά συστήματα»  
1993, **Kary B. Mullis**, *ΗΠΑ*, «για τις συνεισφορές τους στην ανάπτυξη μεθόδων στα πλαίσια της Χημείας με βάση το DNA - για την εφεύρεση της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR)», **Michael Smith**, *Καναδάς*, «για τις συνεισφορές τους στην ανάπτυξη μεθόδων στα πλαίσια της Χημείας με βάση το DNA - για τη θεμελιώδη συμβολή του στην ανάπτυξη της θεσικατευθυνόμενης μεταλλοεξίχνεισης που βασίζεται σε ολιγονουκλεοτίδια και για τις μελέτες του στις πρωτεΐνες»  
1994, **George A. Olah**, *Ουγγαρία/ΗΠΑ*, «για τις συνεισφορές του στη χημεία των καρβοκατιόντων»*

1995, **Paul J. Crutzen**, *Ολλανδία*, **Mario J. Molina**, *Μεξικό*, **F. Sherwood Rowland**, *ΗΠΑ*, «για τις εργασίες τους επί της ατμοσφαιρικής χημείας, με έμφαση στην καταστροφή του όζοντος»  
1996, **Robert F. Curl Jr.**, *ΗΠΑ*, **Richard E. Smalley**, *ΗΠΑ*, **Sir Harold W. Kroto**, *Hv.Βασίλειο*, «για την ανακάλυψη των φουλλερενίων»  
1997, **Paul D. Boyer**, *ΗΠΑ*, **John E. Walker**, *Hv.Βασίλειο*, «για τη διεκρίνιση του υποκείμενου ενζυμικού μηχανισμού της σύνθεσης της τριφωσφορικής αδενοσίνης», **Jens C. Skou**, *Δανία*, «για την ανακάλυψη ενός ενζύμου μεταφοράς ιόντων, της Na+K+-ATPάσης»  
1998, **Walter Kohn**, *ΗΠΑ*, «για την ανάπτυξη της θεωρίας συναρτησιολογίας πυκνότητας (DFT)», **John A. Pople**, *Hv.Βασίλειο*, «για την ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων στην κβαντική χημεία»  
1999, **Ahmed Zewail**, *Αίγυπτος/ΗΠΑ*, «για τις μελέτες του επί των μεταβατικών καταστάσεων των χημικών αντιδράσεων με τη χρήση Φασματοσκοπίας φεμτοδευτερολέπτου»  
2000, **Alan J. Heeger**, *ΗΠΑ*, **Alan G. MacDiarmid**, *ΗΠΑ/Ν.Ζηλανδία*, **Hideki Shirakawa**, *Ιαπωνία*, «για την ανακάλυψη και ανάπτυξη των αγώγιμων πολυμερών»  
2001, **William S. Knowles**, *ΗΠΑ*, **Ryūji Noyori**, *Ιαπωνία*, «για τις εργασίες τους επί των χειρόμορφων καταλυόμενων αντιδράσεων υδρογόνωσης», **K. Barry Sharpless**, *ΗΠΑ*, «για την εργασία του επί των χειρόμορφων καταλυόμενων αντιδράσεων οξειδώσεως»  
2002, **Kurt Wüthrich**, *Εθβετία*, «για την ανάπτυξη μεθόδων ταυτοποίησης και δομικής ανάλυσης βιολογικών μακρομορίων - για την ανάπτυξη της φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης δομής βιολογικών μακρομορίων σε διάλυμα», **John B. Fenn**, *ΗΠΑ*, **Koichi Tanaka**, *Ιαπωνία*, «για την ανάπτυξη μεθόδων ταυτοποίησης και δομικής ανάλυσης βιολογικών μακρομορίων - για την ανάπτυξη μεθόδων ήπιας εκρόφησης ιονισμού για τη φασματομετρική ανάλυση των μαζών των βιολογικών μακρομορίων»  
2003, **Peter Agre**, *ΗΠΑ*, «για ανακαλύψεις σχετικά με τις διόδους στις κυτταρικές μεμβράνες - για την ανακάλυψη διόδων ύδατος», **Roderick MacKinnon**, *ΗΠΑ*, «για ανακαλύψεις σχετικά με τις διόδους στις κυτταρικές μεμβράνες - για μελέτες στη δομή και το μηχανισμό των ιοντικών διόδων»  
2004, **Aaron Ciechanover**, *Ισραήλ*, **Avram Hershko**, *Ισραήλ*, **Irwin Rose**, *ΗΠΑ*, «για την ανακάλυψη της απόπτωσης των πρωτεϊνών με τη διαμεσοδήθηση της ουβικιτίνης»  
2005, **Yves Chauvin**, *Γαλλία*, **Robert H. Grubbs**, *ΗΠΑ*, **Richard R. Schrock**, *ΗΠΑ*, «για την ανάπτυξη της μεθόδου της μετάθεσης στην οργανική σύνθεση»  
2006, **Roger D. Kornberg**, *ΗΠΑ*, «για την έρευνά του σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα κύτταρα αντιγράφουν γενετικές πληροφορίες που χρησιμοποιούνται στον οργανισμό»  
2007, **Gerhard Ertl**, *Γερμανία*, «για τη μελέτη των χημικών διαδικασιών σε επιφάνειες στερεών»  
2008, **Osamu Shimomura**, *Ιαπωνία*, **Martin Chalfie**, *ΗΠΑ*, **Roger Y. Tsien**, *ΗΠΑ*, «για την ανακάλυψη και την ανάπτυξη της πράσινης φθορίζουσας πρωτεΐνης, GFP»  
2009, **Venkatraman Ramakrishnan**, *Hv.Βασίλειο*, **Thomas A. Steitz**, *ΗΠΑ*, **Ada E. Yonath**, *Ισραήλ*, «για τις μελέτες στη δομή και τη λειτουργία του ριβοσώματος»  
2010, **Richard F. Heck**, *ΗΠΑ*, **Ei-ichi Negishi**, *Ιαπωνία*, **Akira Suzuki**, *Ιαπωνία*, «για τις διασταυρούμενες συζεύξεις που καταλύονται από παλλήδιο στην οργανική σύνθεση»  
2011, **Dan Shechtman**, *Ισραήλ*, «για την ανακάλυψη των ημικρυστάλλινων (quasicrystals)»  
2012, **Robert Lefkowitz**, *ΗΠΑ*, **Brian Kobilka**, *ΗΠΑ*, «για τη μελέτη των G-πρωτεϊνικών υποδοχέων»  
2013, **Martin Karplus**, *ΗΠΑ/Αυστρία*, **Michael Levitt**, *Ν.Αφρική/Ισραήλ*, **Arieh Warshel**, *ΗΠΑ/Ισραήλ*, «για την ανάπτυξη μοντέλων πολυατομικών κλιμάκων για πολυάτομα χημικά συστήματα»  
2014, **Eric Betzig**, *ΗΠΑ*, **Stefan W. Hell**, *Γερμανία/Ρουμανία*, **William E. Moerner**, *ΗΠΑ*, «για την ανάπτυξη της μικροσκοπίας φθορισμού υψηλής ανάλυσης»  
2015, **Tomas Lindahl**, *Σουηδία/Hv.Βασίλειο*, **Paul L. Modrich**, *ΗΠΑ*, **Aziz Sancar**, *Τουρκία/ΗΠΑ*, «για τις μηχανιστικές μελέτες τους πάνω στην αποκατάσταση του DNA»  
2016, **Jean-Pierre Sauvage**, *Γαλλία*, **Fraser Stoddart**, *Hv.Βασίλειο*, **Ben Feringa**, *Ολλανδία*, «για το σχεδιασμό και τη σύνθεση μοριακών μηχανών»

Πηγές: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Nobel\\_laureates\\_in\\_Chemistry](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Nobel_laureates_in_Chemistry)  
[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/)





