

ΕΚΤΑΚΤΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 30ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2001

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΟΝΟΜΗ

Ε Π Ι Σ Η Μ Η Υ Π Ο Δ Ο Χ Η
ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗ ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ κ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΚΟΝΟΜΗ

Κύριε Συνάδελφε,

Με ξεχωριστή τιμή και χαρά σᾶς υποδέχομαι στη σημερινή επίσημη υποδοχή σας στην Ἀκαδημία Ἀθηνῶν.

Γεννηθήκατε στην ἀκριτική Φλώρινα και μετὰ τὴν ἀποφοίτηση ἀπὸ τὸ γυμνάσιο τῆς ἰδιαίτερης πατρίδας σας τὸ 1951 ἀποκτήσατε τὸ δίπλωμα χημείας ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ὅπου μέχρι τὸ 1966 ὑπηρετήσατε ἀπὸ διάφορες θέσεις τὸ Ἐργαστήριο Ἀνοργάνου Χημείας τοῦ ἰδίου Παν/μίου. Ἐνδιάμεσα τὸ 1958 ἀποκτήσατε τὸν τίτλο τοῦ Master of Science τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Illinois τῶν ΗΠΑ και τὸ 1960 τὸν τίτλο τοῦ Διδάκτορος τῆς Φιλοσοφίας (Ph.D.) στὸ ἴδιο Πανεπιστήμιο.

Τὸ 1966-69 διατελέσατε ἑκτακτος ἐντεταλμένος καθηγητῆς και ἀπὸ τὸ 1969-94 τακτικὸς καθηγητῆς τῆς Ἀναλυτικῆς Χημείας τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν. Στὶς Η.Π.Α. διατελέσατε εἰδικὸς ἐρευνητῆς (1961-62), ἐπίκουρος καθηγητῆς (1962-64) και τὸ 1974-75 ἐπισκέπτῆς καθηγητῆς τοῦ Παν/μίου τοῦ Illinois.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ διδακτικὸ σας ἔργο βοηθήσατε τὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν ἀπὸ διάφορες θέσεις και ἐτιμήσατε τὰ ἀξιώματα ποὺ σᾶς ἐμπιστεύτηκαν οἱ συνάδελφοί σας. Ἐχετε πλούσιο συγγραφικὸ ἔργο τὸ ὁποῖο πραγματεύεται διάφορες πρωτοποριακὲς μεθόδους ποὺ ἀναπτύξατε μὲ δική σας πρωτότυπη συμβολή στὶς τεχνικὲς ποὺ χρησιμοποιήσατε. Τὸ ἐκπαιδευτικὸ σας ἔργο εἶναι ἀξιόλογο και ἐπίσης τὸ συγγραφικὸ ποὺ μαρτυρεῖται ἀπὸ τὶς θετικὲς κριτικὲς γι' αὐτὸ τῆς διεθνοῦς ἐπιστημονικῆς κοινότητος.

Με συναισθήματα χαράς σās υποδέχομαι σήμερα και σās εύχομαι υγείαν ώστε να συνεχίσετε το έργο σας στους κόλπους του άνωτάτου Ίδρύματος τής χώρας μας.

Παρακαλώ τώρα τον συνάδελφο κ. Κοντόπουλο να ευαρεστηθεί να λάβει το λόγο για να παρουσιάσει το έργο του νέου συναδέλφου.

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟ

Με ιδιαίτερη χαρά ανέλαβα να παρουσιάσω τον νέο Άκαδημαϊκό κ. Θεμιστοκλή Χατζηϊωάννου, με τον όποιο υπήρξαμε παλαιότερα συνάδελφοι στη Φυσικομαθηματική Σχολή του Πανεπιστημίου Άθηνων.

Ό κ. Χατζηϊωάννου γεννήθηκε στην άκριτική Φλώρινα το 1927. Πήρε πτυχίο χημικού το 1951 από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Master's το 1958 από το Πανεπιστήμιο του Illinois τών ΗΠΑ και διδακτορικό (PhD) το 1960 από το Πανεπιστήμιο του Illinois.

Άπό φοιτητής ήταν υποβοηθός στα εργαστήρια Όρυκτολογίας και Άνοργάνου Χημείας και άργότερα βοηθός και έπιμελητής του εργαστηρίου Άνοργάνου Χημείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Μετά το διδακτορικό του στην Άμερική υπηρέτησε ως Research Associate στο Πανεπιστήμιο του Illinois και κατόπιν ως έπίκουρος καθηγητής από το 1962 έως το 1964. Στη συνέχεια έξελέγη έκτακτος έντεταλμένος καθηγητής τής Άναλυτικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο Άθηνων το 1966, και τακτικός καθηγητής το 1969.

Άπό το 1994 είναι όμότιμος καθηγητής.

Τό έτος 1974-75 ήταν πάλι στο Πανεπιστήμιο του Illinois ως έπισκέπτης καθηγητής, και τά έτη 1983-1984 και 1989-1990 στο Πανεπιστήμιο τής Washington.

Στο Πανεπιστήμιο Άθηνων διετέλεσε Συγκλητικός το έτος 1976-77 και κοσμήτωρ τής Φυσικομαθηματικής Σχολής το έτος 1980-81. Έπίσης υπήρξε μέλος τής Έπιτροπής Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Ό κ. Χατζηϊωάννου έχει ένα πλούσιο έρευνητικό έργο στην Άναλυτική Χημεία. Παρουσιάζει περίπου 150 έπιστημονικές εργασίες από τις όποιες περίπου 130 περιλαμβάνονται στον κατάλογο του Citation Index. Έπίσης έχει δημοσιεύσει 12 βιβλία έκ τών όποίων 3 στα άγγλικά. Για ένα από αυτά το περιοδικό American Journal of Pharmaceutical Education γράφει: «πρόκειται για ένα έξαιρετικό κείμενο άναφοράς για τά Τμήματα Φαρμακευτικής καθώς και ένα συμπληρωματικό διδακτικό σύγγραμμα που συνιστάται τόσο για προπτυχιακούς όσο και για μεταπτυχιακούς φοιτητές». Έπίσης 4 διδακτικά βιβλία του κ. Χατζηϊωάννου χορηγούνται όχι μόνο στο Πανεπιστήμιο Άθηνων, αλλά και στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, στο

Πανεπιστήμιο και τὸ Πολυτεχνεῖο Πάτρας, στὸ Πανεπιστήμιο Ἰωαννίνων, στὸ Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης καὶ στὸ Γεωργικὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν.

Τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ κ. Χατζηϊωάννου ἀναφέρεται:

1. Στὴν αὐτοματοποίηση στῇ χημικῇ ἀνάλυση. Ἀναπτύσσονται μέθοδοι γιὰ αὐτόματες ὀγκομετρήσεις καὶ κινητικὲς μέθοδοι μὲ φυγοκεντρικὸ μικροανλυτὴ, μὲ ἀναλυτὲς συνεχοῦς ροῆς κλπ.
2. Στὶς κινητικὲς μεθόδους ἀναλύσεως, ὅπως καταλυτικὲς μεθόδους, μεθόδους γιὰ μὴ καταλυόμενες ἀντιδράσεις, καὶ ἐνζυμικὲς μεθόδους.
3. Σὲ καταλυτικὲς ὀγκομετρήσεις.
4. Σὲ ἐκλεκτικὰ ἡλεκτρόδια ἰόντων, ὅπως ἡλεκτρόδια ὑπεριωδιδῶν, χλωραμίνης-Τ, πικρικῶν, νικοτίνης, ἀτροπίνης, κλπ.

Οἱ μέθοδοι τοῦ κ. Χατζηϊωάννου ὑπερέχουν κατὰ πολὺ παλαιότερων μεθόδων, τόσο σὲ ταχύτητα καὶ ἀκρίβεια, ὅσο καὶ στὸν προσδιορισμὸ ἐλαχίστων ποσοτήτων ὠρισμένων χημικῶν οὐσιῶν. Σὰν παράδειγμα ἀναφέρω τὸν προσδιορισμὸ ἰωδίου στὰ φυσικὰ ὕδατα σὲ συγκεντρώσεις μόλις 1-10 μέρη στὸ δισεκατομμύριο (ppb).

Τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ κ. Χατζηϊωάννου εἶναι δημοσιευμένο σὲ πολὺ καλὰ διεθνή περιοδικὰ καὶ ἀναγνωρίσθηκε εὐρύτατα διεθνῶς. Ὑπάρχουν περίπου 1200 ἀναφορὲς τρίτων στὸ ἔργο του. Πολλὲς ἀναφορὲς εἶναι ἰδιαίτερα κολακευτικὲς. Ἀπὸ σημαντικοὺς εἰδικοὺς ἐπιστήμονες, ὅπως εἶναι οἱ καθηγητὲς Malmstadt καὶ Freizer, ὁ κ. Χατζηϊωάννου θεωρεῖται ὁ πατέρας τῆς σύγχρονης Ἀναλυτικῆς Χημείας στὴν Ἑλλάδα.

Ὁ κ. Χατζηϊωάννου εἶναι μέλος διαφόρων Ἑλληνικῶν καὶ Ἀμερικανικῶν Ἐπιστημονικῶν Ἐνώσεων. Ὑπῆρξε μέλος τῆς συντακτικῆς ἐπιτροπῆς τοῦ διεθνοῦς περιοδικοῦ ἀναλυτικῆς χημείας Talanta, τοῦ περιοδικοῦ Reviews in Analytical Chemistry, τοῦ περιοδικοῦ Analyst, τοῦ περιοδικοῦ Analytical Letters καὶ τῆς 10τομης Encyclopedia of Analytical Science.

Τὸ διδακτικὸ ἔργο τοῦ κ. Χατζηϊωάννου ὑπῆρξε πλούσιο. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ διδασκαλία του ἐπὶ 44 ἔτη καὶ τὰ 12 διδακτικὰ του βιβλία, ὀργάνωσε ἐκ βάθρων τὸ ἐργαστήριον Ἀναλυτικῆς Χημείας τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

13 νέοι ἐπιστήμονες ἔκαμαν τὸ διδακτορικὸ τους καὶ 2 ἀκόμη ἔκαμαν τὴν ἐπὶ ὕψηγσία διατριβὴ τους ὑπὸ τὴν ἐποπτεία του.

Γενικὰ ὁ κ. Χατζηϊωάννου προσέφερε πολλὰ στὴν ἐπιστήμη καὶ στοὺς φοιτητὲς τῶν Πανεπιστημίων ὅπου ἐργάσθηκε, καὶ ἐτίμησε τὴν Ἑλλάδα στὴν διεθνή ἐπιστημονικὴ κοινότητα.

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τὸν ἐτίμησε μὲ τὸ νὰ τὸν ἐκλέξει ὡς μέλος της. Γι' αὐτὸ καὶ τὸν καλωσορίζω μὲ χαρὰ στοὺς κόλπους τῆς Ἀκαδημίας καὶ τοῦ εὐχομαι ὑγεία καὶ καλὴ συνεργασία σὲ ὅλους τοὺς τομεῖς.

Η ΧΗΜΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ 20^ο ΣΤΟΝ 21^ο ΑΙΩΝΑ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗ ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΟΥ

Κύριε Πρόεδρε τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν,
Κυρίες καὶ Κύριοι Συνάδελφοι Ἀκαδημαῖκοί,
Κυρίες καὶ Κύριοι,

Εὐχαριστῶ ὀλόψυχα τὰ ἀξιότιμα μέλη τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν τὰ ὅποια μὲ ἐτίμησαν μὲ τὴν ἐμπιστοσύνη τους ἐκλέγοντάς με τακτικὸ μέλος στὴν Ἑδρα τῆς Πειραματικῆς Χημείας.

Εὐχαριστῶ τὸν ἀξιότιμο πρόεδρο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν κ. Νικόλαο Κονομῆ γιὰ τὸν ἐγκάρδιο χαιρετισμὸ του καὶ τὰ φιλόφρονα λόγια μὲ τὰ ὅποια μὲ ὑποδέχθηκε στὸ Ἀνώτατο Πνευματικὸ Ἰδρυμα τῆς χώρας. Ἐπίσης εὐχαριστῶ θερμὰ τὸ διακεκριμένο συνάδελφο κ. Γεώργιο Κοντόπουλο γιὰ τὴν εὐμενὴ παρουσίαση τῆς ἐπιστημονικῆς μου προσπάθειας καὶ τοῦ ἔργου μου.

Τὴ στιγμή αὐτή, τὴν τόση συγκινητικὴ γιὰ μένα, εὐλαβικὰ στρέφω τὴ σκέψη μου στοὺς ἀείμνηστους γονεῖς μου, στοὺς ὁποίους ὀφείλω ὄχι μόνον τὸ ζῆν ἀλλὰ ἐν πολλοῖς καὶ τὸ εὖ ζῆν, διότι μὲ βοήθησαν στὴν ἐπιλογή καὶ τὴ σωστὴ ἱεράρχηση τῶν ἀξιῶν τῆς ζωῆς. Αἰσθάνομαι, ἐπίσης, ἔντονη τὴν ἐπιθυμία νὰ ἐξάρω τὴν εὐεργετικὴ ἐπίδραση τῶν δασκάλων καὶ καθηγητῶν μου στὸ χαρακτήρα καὶ τὴν προσωπικότητά μου. Θέλω νὰ εὐχαριστήσω καὶ ἀπὸ τὸ βῆμα αὐτὸ τόσο τοὺς φοιτητές μου, πού μὲ τὸ ἐνδιαφέρον καὶ τὸ ζῆλο τους στὰ μαθήματα τῆς Ἀναλυτικῆς Χημείας, τὴν ὁποία τοὺς ἐδίδαξα, ἀποτέλεσαν τὴν κινητήρια δύναμη τῆς ὅλης προσπάθειάς μου, ὅσο καὶ τοὺς συνεργάτες μου στὸ Ἐργαστήριον Ἀναλυτικῆς Χημείας τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, οἱ περισσότεροι τῶν ὁποίων ὑπῆρξαν καὶ φοιτητές μου, γιὰ τὴν ἀγαστὴ καὶ καρποφόρα συνεργασία μας. Τέλος, εἶμαι ἰδιαιτέρως εὐγνώμων στὴ σύζυγό μου Σεμέλη Ἰακωβίδου-Χατζηγιάννου γιὰ τὴν πολύτιμη καὶ ὀλόψυχη βοήθειά της στὸ ὅλο ἔργο μου.

* * *

Ἡ Χημεία διαδραμάτισε πρωτεύοντα καὶ ἀποφασιστικὸ ρόλο στὴν τεράστια ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξη καὶ τὴν τεχνολογικὴ πρόοδο πού ἐπετεύχθησαν κατὰ τὸν 20^ο αἰῶνα. Τὸν ἴδιο καθοριστικὸ ρόλο ἀναμένεται νὰ διαδραματίσει ἡ Χημεία καὶ κατὰ τὸν 21^ο αἰῶνα, ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ αἰῶνας τῆς ἔρευνας καὶ τῆς τεχνολογίας. Στὸν

περιορισμένο χρόνο τῆς ὁμιλίας μου θὰ προσπαθήσω νὰ περιγράψω τὴ Χημεία τοῦ παρόντος, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὶς δικαιολογημένες προσδοκίες μας γιὰ τὸ μέλλον. Ἐπιλεκτικὰ καὶ περιεκτικὰ θὰ ἀναφερθῶ καὶ σὲ ὀρισμένα ἐπιτεύγματα ποὺ ὀδήγησαν σὲ ἀπονομὲς βραβείων Nobel Χημείας.

Παλαιότερα ἀρκετὲς ἀπὸ τὶς ἀνακαλύψεις τῶν χημικῶν θὰ μποροῦσαν νὰ ἀποδοθῶν καὶ στὴν τύχη, ἡ ὁποία βεβαίως εὐνοοῦσε τὰ μυαλὰ ποὺ ἦταν ἐκπαιδευμένα, ἀλλὰ καὶ ἔτοιμα σὲ κάθε στιγμή νὰ παρατηρήσουν καὶ ὅχι ἀπλῶς νὰ ἰδοῦν ἓνα φαινόμενο, καὶ ἀρκετὲς φορὲς οἱ χημικοὶ ἀρκοῦνταν σὲ τυχαῖες ἀνακαλύψεις. Στὴ σημερινὴ ἐποχὴ ὅμως, τὸ ὑψηλὸ ἐπίπεδο τῶν γνώσεων τῶν χημικῶν γιὰ τὶς ιδιότητες τῆς ὕλης καὶ τοὺς νόμους ποὺ διέπουν τὴ συμπεριφορὰ της, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν πρόοδο σὲ ἄλλες ἐπιστῆμες (ιδίως στὴν Πληροφορικὴ καὶ τὴν Ὁργανολογία) καὶ τὶς νέες τεχνολογικὲς ἀνακαλύψεις, ἐπιτρέπουν στοὺς χημικοὺς νὰ ἔχουν συγκεκριμένους ὑψηλοὺς στόχους καὶ νὰ τοὺς ἐπιτυγχάνουν. Ἀποφεύγοντας, κατὰ τὸ δυνατό, νὰ ἀναφερθῶ σὲ ἐπὶ μέρους κλάδους τῆς Χημείας, ποὺ σήμερα εἶναι πολλοί, θὰ ἀναφερθῶ ἀρχικὰ σὲ δύο περιοχὲς τῆς Χημείας, τὴν Ἀνάλυση καὶ τὴ Σύνθεση, καὶ στὴ συνέχεια θὰ ἀσχοληθῶ μὲ τὴ συμβολὴ τῆς Χημείας στὴν ἀνάπτυξη ἄλλων Ἐπιστημῶν καὶ Τεχνολογιῶν.

A. Ἀνάλυση

Μὲ τὴν ἀνάλυση ἀσχολεῖται ἡ Ἀναλυτικὴ Χημεία, ποὺ ἔχει ὡς ἀντικείμενο ἔρευνας τὸ χημικὸ χαρακτηρισμὸ τῆς ὕλης, μὲ κύριο σκοπὸ τὸν καθορισμὸ τῆς ποιοτικῆς καὶ ποσοτικῆς συστάσεως ἑνὸς χημικοῦ συστήματος (ποιοτικὴ καὶ ποσοτικὴ ἀνάλυση). Ἡ λέξις *χαρακτηρισμὸς* χρησιμοποιεῖται μὲ τὴν εὐρεία τῆς ἔννοια, ἀναφέρεται δὲ καὶ στὴν εὕρεση τῆς μορφῆς, μὲ τὴν ὁποία ἓνα συστατικὸ βρίσκεται στὸ δείγμα (δομὴ), καθὼς καὶ τοῦ τρόπου, μὲ τὸν ὁποῖο αὐτὸ εἶναι ἐνωμένο. Ἐπιστήμονες πολλῶν εἰδικότητων ἀπευθύνουν θεμελιώδεις ἐρωτήσεις στὸν Ἀναλυτικὸ Χημικὸ καὶ ἡ προσφορὰ τῆς Ἀναλυτικῆς Χημείας στὴν ἀνάπτυξη τῶν ἄλλων ἐπιστημῶν εἶναι μεγάλη. Ἔτσι, γιὰ παράδειγμα, ἡ ἀνάλυση καὶ πιστοποίηση τῆς ταυτότητας καὶ τῆς καθαρότητος ἑνὸς φαρμάκου γιὰ τὸν ὑπεύθυνον ποιοτικοῦ ἐλέγχου μιᾶς φαρμακευτικῆς βιομηχανίας, ἡ ἀνάλυση βιολογικῶν δειγμάτων γιὰ τὸ βιολόγο, ὁ προσδιορισμὸς τῶν ρυπαντῶν γιὰ τὸν περιβαλλοντολόγο, ἡ ἀνάλυση τῶν βιολογικῶν ὑγρῶν τῶν ἀσθενῶν γιὰ τὸν παθολόγο ἱατρό, ἡ χημικὴ ἀνάλυση τῶν πειστηρίων ἑνὸς ἐγκλήματος γιὰ τὸν ἱατροδικαστή, οἱ ἀναλύσεις διαστημικῶν δειγμάτων γιὰ τὸν ἀστροφυσικὸ καὶ ἡ ἀνάλυση ἀρχαιολογικῶν εὕρημάτων γιὰ τὸν ἀρχαιολόγο, ἀποτε-

λοῦν τὴν προσφορὰ τοῦ Ἀναλυτικοῦ Χημικοῦ πρὸς τοὺς παραπάνω ἐπιστήμονες. Ἡ προσφορὰ βεβαίως εἶναι γενικότερη καὶ ἀφορᾷ ὅλους μας.

Γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση ὅλων τῶν «ἀναλυτικῶν προβλημάτων», ποὺ ἐπιτείνει ἡ βιομηχανικὴ καὶ τεχνολογικὴ πρόοδος καὶ ἡ ἀνάγκη βελτιώσεως τῆς ποιότητος ζωῆς, ἀπαιτεῖται ἓνα μεγάλο καὶ ποικίλο ὄπλοστάσιο ἀναλυτικῶν μεθόδων. Ἡ Ἀναλυτικὴ Χημεία στὴν προσπάθειά της νὰ ταυτοποιήσει καὶ νὰ προσδιορίσει ποσοτικὰ τὴν ὕλη ἀξιοποιεῖ κάθε χαρακτηριστικὴ τῆς ιδιότητα. Ἱστορικὰ ἡ ἀνάπτυξη τῶν ἀναλυτικῶν τεχνικῶν ἀκολούθησε στενὰ τὴν ἀνάπτυξη τῆς τεχνολογίας τῶν σκευῶν καὶ τῶν ὀργάνων μετρήσεως. Προηγήθηκαν οἱ κλασικὲς τεχνικὲς ἀναλύσεως, μὲ πρώτη τὴ σταθμικὴ ἀνάλυση, ποὺ διακρίνεται γιὰ τὴν ἀκρίβειά της, καὶ ἐπόμενη τὴν ὀγκομετρικὴ ἀνάλυση, μὲ τὴν ὁποία μειώθηκε σημαντικὰ ὁ χρόνος τῶν ἀναλύσεων. Ἀκολούθησαν οἱ ἐνόργανες τεχνικὲς ἀναλύσεως ποὺ βασίζονται στὴ μέτρηση φυσικῶν καὶ φυσικοχημικῶν ιδιοτήτων τῶν πρὸς ἀνάλυση δειγμάτων.

Τὴ δημιουργία καὶ τὴ ραγδαία ἐξέλιξη τῶν ἐνοργάνων τεχνικῶν ἀναλύσεως ἐπέβαλαν ὀρισμένες ἐγγενεῖς ἀδυναμίες τῶν κλασικῶν τεχνικῶν. Ἐνδεικτικὰ ἀναφέρονται οἱ παρακάτω:

1. Γιὰ τὴν ἐφαρμογὴ τῶν κλασικῶν τεχνικῶν ἀναλύσεως ἀπαιτοῦνται ποσότητες δειγμάτων ποὺ περιέχουν τὸ ὑπὸ προσδιορισμὸ συστατικὸ σὲ ποσότητες τουλάχιστον μερικῶν χιλιοστῶν τοῦ γραμμαρίου, mg, κάτι ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει οὐσιαστικὸ φραγμὸ, ὅταν ἡ ἀνάλυση ἀφορᾷ σὲ βιολογικὰ δείγματα, ὅπως, γιὰ παράδειγμα ὁρὸ αἵματος ἢ ἐγκεφαλονωτιαῖο ὑγρὸ, δείγματα, ποὺ ἐκ τῶν πραγμάτων, δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ διατεθοῦν σὲ μεγάλες ποσότητες. Ἀντίθετα, οἱ ἐνόργανες τεχνικὲς ἀναλύσεως ἐπιτρέπουν τὸν προσδιορισμὸ ἱχνοποσοτήτων διαφόρων συστατικῶν, σὲ ποσότητες τῆς τάξεως τοῦ μg (10^{-6} g), ἀκόμη καὶ ng (10^{-9} g). Ἡ ἀνίχνευση καὶ ὁ προσδιορισμὸς οὐσιῶν σὲ ποσότητες τῶν fg (10^{-15} g), ἀκόμη καὶ attg (10^{-18} g), εἶναι πλέον κάτι τὸ ἐφικτὸ μὲ τὰ σύγχρονα ἀνιχνευτικὰ συστήματα.

2. Οἱ κλασικὲς τεχνικὲς ἀναλύσεως εἶναι ἀδύνατο νὰ ἐφαρμοστοῦν σὲ περιπτώσεις ὅπου ἀπαιτεῖται ὁ προσδιορισμὸς συστατικῶν μὲ παρόμοιες χημικὲς ιδιότητες. Ἀντίθετα, οἱ ἐνόργανες χρωματογραφικὲς τεχνικὲς ἐπιτρέπουν συνήθως τὴν ταυτοποίηση καὶ τὸν προσδιορισμὸ καθενὸς συστατικοῦ χωριστά.

3. Οἱ κλασικὲς τεχνικὲς ἀναλύσεως εἶναι «καταστροφικὲς» γιὰ τὸ δεῖγμα. Σὲ πολλὲς ὅμως περιπτώσεις, π.χ. σὲ ἀρχαιολογικὰ εὐρήματα καὶ ἔργα τέχνης, ἡ ἀνάλυση πρέπει νὰ πραγματοποιηθεῖ χωρὶς νὰ θίξει τὸ δεῖγμα. Οἱ σύγχρονες ἐνόργανες τεχνικὲς χαρακτηρισμοῦ τῶν ἐπιφανειῶν (φασματοσκοπία ἀνακλάσεως, φασματοσκοπία ἀκτίνων X), ὅπως καὶ οἱ ραδιοχημικὲς τεχνικὲς, ποὺ βασίζονται στὴ νετρονικὴ ἐνεργοποίηση, ἀφήνουν τὸ δεῖγμα οὐσιαστικὰ ἄθικτο.

4. Οί κλασικές τεχνικές αναλύσεως δὲν ἐπιδέχονται αὐτοματοποίηση, ἀπαιτώντας συγχρόνως μεγάλο ἀριθμὸ χειρισμῶν καὶ μάλιστα ἀπὸ ἐξειδικευμένο προσωπικό. Ἀντίθετα, οἱ περισσότερες ἐνόργανες τεχνικές αναλύσεως, χάρις στὰ σύγχρονα μέσα ποὺ διατίθενται, μποροῦν νὰ πραγματοποιηθοῦν αὐτόματα καὶ μὲ τὴν ἐπίβλεψη προσωπικοῦ μὲ σχετικὰ περιορισμένη ἐμπειρία. Τοῦτο εἶναι σημαντικό στὰ ἐργαστήρια ρουτίνας (νοσοκομείων, κρατικὰ ἐργαστήρια ἐλέγχου ποιότητας φαρμάκων, τροφίμων, κ.λπ.).

Γενικά, οἱ κλασικές καὶ οἱ ἐνόργανες τεχνικές αναλύσεως δὲ δροῦν ἀνταγωνιστικά ἀλλὰ ἀλληλοσυμπληρώνονται, καὶ ἐπιβάλλεται ἡ γνώση ὅλων αὐτῶν τῶν τεχνικῶν, ὥστε σὲ κάθε συγκεκριμένο ἀναλυτικὸ πρόβλημα νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ἐπιλογὴ τῆς καταλληλότερης τεχνικῆς.

Σχετικὰ μὲ τὴν αὐτοματοποίηση στὴ χημικὴ ἀνάλυση θὰ ἤθελα νὰ τονίσω τὰ ἑξῆς: Ἡ ραγδαία αὐξηση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν διεξαγομένων αναλύσεων στὴν ἐποχὴ μας, ἰδίως στὴν Κλινικὴ Χημεία, ὅπου οἱ κλινικὲς ἐργαστηριακὲς αναλύσεις ἀποτελοῦν σήμερα ἀπαραίτητο στάδιο στὴ θεραπευτικὴ, καὶ στὸν τομέα τῆς ρυπάνσεως τοῦ περιβάλλοντος, κατέστησαν ἀναγκαία τὴν εἰσαγωγὴ τοῦ αὐτοματισμοῦ στὴ χημικὴ ἀνάλυση. Ὁ βαθμὸς αὐτοματοποιήσεως μιᾶς αναλύσεως ποικίλλει ἀπὸ μία αὐτόματη ζύγιση ἢ δειγματοληψία μέχρι τὴν πλήρη αὐτοματοποίηση ὅλων τῶν σταδίων μιᾶς αναλύσεως, ἀπὸ τὴ δειγματοληψία μέχρι τὴν τελικὴ ἔκφραση τῶν ἀποτελεσμάτων ἀπευθείας σὲ ἐπιθυμητὲς μονάδες συγκεντρώσεως.

Τὰ αὐτοματοποιημένα ἀναλυτικὰ συστήματα ἢ ἐργαστηριακοὶ ἀναλυτὲς ταξινομοῦνται σὲ δύο κατηγορίες: 1) τοὺς ἀναλυτὲς διάκριτων αναλύσεων καὶ 2) τοὺς ἀναλυτὲς ροῆς. Ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει μιὰ νέα μικροτεχνικὴ, ποὺ ἀναπτύχθηκε (1975) ἀπὸ τοὺς Ruzicka-Hansen, γνωστὴ ὡς ἀνάλυση μὲ εἰσαγωγὴ δείγματος σὲ ροὴ (*Flow Injection Analysis, FIA*). Ἡ τεχνικὴ FIA βασίζεται στὴν εἰσαγωγὴ (ἔνεση) ὑγροῦ δείγματος (1-200 μL) σὲ ἓνα κινούμενο, μὴ διαχωριζόμενο συνεχὲς ρεῦμα κατάλληλου ὑγροῦ. Τὸ προῖν τῆς ἀντιδράσεως μετὰ ἀπὸ ἐπιλεγόμενο χρόνο παρακολουθεῖται ἀπὸ ἀνιχνευτὴ συνεχοῦς ροῆς (φασματοφωτόμετρο, ἐκλεκτικὸ ἡλεκτρόδιο ἰόντων, κ.λπ.). Οἱ μέθοδοι FIA εἶναι πλήρως αὐτοματοποιημένες, ταχύτατες, μὲ ἐξαιρετικὴ ἐπαναληψιμότητα.

Πρόσφατη ἐξέλιξη στὴν αὐτοματοποιημένη χημικὴ ἀνάλυση ἀποτελοῦν τὰ ὁλοκληρωμένα συστήματα μικροδιαλύων, ὅπου ὅλη ἡ χημεία μιᾶς ἀναλυτικῆς μεθόδου ἐπιτελεῖται σὲ μικροδιαλύους χαραγμένους σὲ ἐπιφάνειες.

Σὲ μικρὸ ἀριθμὸ ἀναλυτικῶν μεθόδων, ἡ μέτρηση, ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ τὸν προσδιορισμὸ ἐνὸς συστατικοῦ, μπορεῖ νὰ ἐκτελεσθεῖ καὶ ὅταν συνυπάρχουν ἄλλες οὐσίες, ἐπειδὴ αὐτὲς οἱ μέθοδοι εἶναι ἐκλεκτικές, ἢ σπανιότατα, ἀπόλυτα ἐξειδικευμένες

(όπως π.χ. οι άνοσοχημικές μέθοδοι). Συνήθως όμως μία τέτοια μέτρηση παρεμποδίζεται από τις συνυπάρχουσες ουσίες και γι' αυτό πριν από τη μέτρηση προηγείται το στάδιο του διαχωρισμού.

Οι σπουδαιότερες μέθοδοι διαχωρισμού είναι ή καθίζηση, ή εκχύλιση, ή ιονανταλλαγή, ή απόσταξη, ή διαπίδυση, ή ηλεκτροπόθεση και οι διάφορες χρωματογραφικές μέθοδοι.

Η χρωματογραφική ανάλυση, γνωστή συνήθως ως χρωματογραφία, περιλαμβάνει σειρά τεχνικών φυσικού διαχωρισμού και προσδιορισμού των συστατικών μείγματος άνόργανων ή όργανικών ούσιων. Σήμερα ή χρωματογραφία αποτελεί την καλύτερη τεχνική διαχωρισμού και αναλύσεως πολύπλοκων μειγμάτων και άπομονώσεως εύπαθων ούσιων, έγχρωμων και άχρωμων, με εφαρμογές όχι μόνο στη Χημεία, αλλά και σε άλλες έπιστήμες (Βιολογία, Ίατρική, Φαρμακευτική, Γεωπονία, κ.λπ.). Σπουδαιότεροι σταθμοί στην ανάπτυξη της χρωματογραφίας είναι ή σύνθεση της πρώτης ιονανταλλακτικής ρητίνης από τους Adams και Holmes το 1935, ή ανάπτυξη της ύγρης — ύγρης χρωματογραφίας κατανομής από τους Martin και Synge το 1941 (για την εργασία τους αυτή τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel Χημείας, το 1952), ή ανάπτυξη της άεριοχρωματογραφίας από τους Martin και James το 1952, και ή ανάπτυξη της ύγρης χρωματογραφίας ύψηλης άποδόσεως τα τελευταία χρόνια.

Μία άλλη κατηγορία τεχνικών διαχωρισμού είναι οι τεχνικές ηλεκτροφόρσεως, που πετυχαίνουν το διαχωρισμό ούσιων με βάση το λόγο φορτίο/μάζα, χρησιμοποιώντας την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου. Ίδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ή ηλεκτροφόρηση ύψηλης άποδόσεως σε τριχοειδές, που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1990, ή όποια χαρακτηρίζεται από ύψηλή διαχωριστική ισχύ και έξαιρετική άνιχνευσιμότητα και εύαισθησία (ποσότητες 10^{-15} - 10^{-21} mol, fmol-zmol, μερικές έκατοντάδες μορίων).

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να επανέλθω στο θέμα της δομής των χημικών ενώσεων, που με την ευρύτερη έννοια υπάγεται στην ανάλυση. Το κατεξοχήν εργαλείο που μεταχειριζόμαστε τόσο για την έπισήμανση δομικών χαρακτηριστικών, όσο και για τις μεταβολές που υφίστανται οι ενώσεις κατά τις αντιδράσεις τους είναι οι φασματοσκοπικές τεχνικές αναλύσεως, που είναι οι συχνότερα και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες τεχνικές στην ανάλυση. Με αυτές λαμβάνουμε το φάσμα άπορροφήσεως, το όποιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαπίστωση της ύπάρξεως χαρακτηριστικών ομάδων, για τη διευκρίνιση της δομής και της συγκεντρώσεως της ούσιας που άπορροφά και για την ταυτοποίησή της. Η διευκρίνιση της δομής γίνεται κυρίως με τη φασματοφωτομετρία υπέρυθρου, τη φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνη-

τικοῦ συντονισμοῦ (NMR) καὶ τῇ φασματομετρίᾳ μαζῶν. Ἀνάλογες πληροφορίες λαμβάνονται ἀπὸ τὸ φάσμα ἐκπομπῆς.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ θὰ ἀναφερθῶ περιληπτικὰ στὴν πολαρογραφία, ἡ ὁποία ἐπινοήθηκε ἀπὸ τὸν J. Heyrovsky (1922), ὁ ὁποῖος γιὰ τὴν ἀνακάλυψη αὐτῇ τιμήθηκε μὲ τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας 1959. Ἡ πολαρογραφία χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα γιὰ τὴν ταυτοποίηση καὶ τὸν ποσοτικὸ προσδιορισμὸ πλήθους ἀνόργανων καὶ ὀργανικῶν οὐσιῶν σὲ ποικιλία δειγμάτων. Σύγχρονη παραλλαγὴ τῆς πολαρογραφίας ἀποτελεῖ ἡ ἀναδιαλυτικὴ βολταμμετρία μὲ αὐξημένη ἀνιχνευσιμότητα.

Θὰ ἀναφερθῶ ἐπίσης ἐπιλεκτικὰ στὸ θέμα τῶν *χημικῶν αἰσθητήρων* γιὰ διάφορα ἰόντα (ἐκλεκτικὰ ἤλεκτρόδια ἰόντων, EHI) καὶ ἀέρια μόρια. Ἡ εἰσαγωγὴ τῶν EHI στὴ χημεία τῶν διαλυμάτων θεωρεῖται ἐξ ἴσου σπουδαία μὲ τὴν εἰσαγωγὴ τῶν λέζερ στὴν ὀπτικὴ φυσικὴ. Βασικὰ πλεονεκτήματα τῶν EHI εἶναι ἡ ταχύτητα μὲ τὴν ὁποία ἀποτελοῦνται μὲ αὐτὰ οἱ ἀναλύσεις, ἡ εὐκολία αὐτοματοποιήσεως τῶν ἀναπτυσσόμενων μεθόδων καὶ ἡ δυνατότητα προσαρμογῆς τους σὲ πολὺ μικροὺς ὀγκοὺς δείγματος. Ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζουν οἱ βιοαισθητήρες.

Προτοῦ τελειώσω μὲ τὴν Ἀνάλυση καὶ συνεχίσω μὲ τὴ Σύνθεση, θὰ ἀναφερθῶ στὸ βραβεῖο Nobel Χημείας 1999, ποὺ ἀπενεμήθη στὸν Καθηγητὴ Ahmed H. Zewail, διότι μὲ τὸ πρωτοποριακὸ ἔργο του στὴ μελέτῃ τῆς δυναμικῆς τῶν ἀντιδράσεων κατέδειξε ὅτι μὲ χρῆση ὑπερταχέων λέζερ μποροῦμε νὰ παρακολουθήσουμε φασματοσκοπικῶς τὴν κίνηση τῶν ἀτόμων ἐνὸς μορίου κατὰ τὴ διάρκεια μιᾶς χημικῆς ἀντιδράσεως, σὲ ἐξαιρετικὰ μικροὺς χρόνους, τῆς τάξεως τοῦ φεμτοδευτερολέπτου ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) (ἀπὸ ὅπου καὶ ὁ ὅρος *φεμτοχημεία*). Ἡ τεχνικὴ τοῦ Zewail μᾶς ἐπιτρέπει νὰ μελετήσουμε τί πραγματικὰ συμβαίνει, ὅταν διασπῶνται χημικοὶ δεσμοὶ καὶ δημιουργοῦνται νέοι, τὴ στιγμὴ ἀκριβῶς ποὺ οἱ διασπάσεις λαμβάνουν χώραν καὶ μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὡς ἡ ταχύτερη κάμερα τοῦ κόσμου.

B. Σύνθεση

Ἡ σύνθεση χημικῶν ἐνώσεων ἀναφέρεται κυρίως σὲ ὀργανικὲς ἐνώσεις, δηλαδὴ ἐνώσεις ποὺ περιέχουν ἄνθρακα, δευτερευόντως δὲ καὶ σὲ ἀνόργανες ἢ καὶ σὲ ὀργανομεταλλικὲς ἐνώσεις. Ἡ γέννηση τῆς Συνθετικῆς Ὀργανικῆς Χημείας σημειώνεται μὲ τὴ σύνθεση τῆς οὐρίας ἀπὸ τὸν Wohler τὸ 1828. Ἐκτοτε ὁ κλάδος αὐτὸς τῆς Χημείας ἀναπτύσσεται μὲ διαρκῶς αὐξανόμενο ρυθμὸ, ἰδίως κατὰ τὸν 20ὸ αἰῶνα. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀργανικῶν ἐνώσεων ποὺ ἔχουν συντεθεῖ ξεπερνᾷ ἤδη τὰ 20.000.000 καὶ στὴν ἐποχὴ μας ἑκατοντάδες χιλιάδες νέων ἐνώσεων συντίθενται ἐτησίως.

Τὸ 1937 ἀρχίζει μιὰ περίοδος, κατὰ τὴν ὁποία δεσπόζει ἡ ἐπιστημονικὴ διά-

νοια τοῦ καθηγητῆ R. B. Woodward (Βραβεῖο Nobel Χημείας, 1965, σύνθεση φυσικῶν προϊόντων). Τὸ ταλέντο τοῦ Woodward στὴ σύνθεση καὶ τὴ διδασκαλία μεταλαμπαδεύτηκε σὲ πολλοὺς ἀπὸ τοὺς μαθητές του, οἱ ὁποῖοι μὲ τὴ σειρά τους σημάδεψαν τὴν ἱστορία τῆς ὀργανικῆς συνθέσεως καὶ δύο ἀπ' αὐτοὺς τιμήθηκαν μὲ βραβεῖο Nobel Χημείας: Ὁ G. Wilkinson (1973, δομὴ Sandwich τοῦ φεροκενίου) καὶ ὁ R. Hoffmann (1981, κανόνες τῶν Woodward καὶ Hoffman). Ἕνας τρίτος, ὁ K. Block τιμήθηκε μὲ τὸ βραβεῖο Nobel Ἰατρικῆς (1964, βιοσύνθεση στεροειδῶν).

Στὰ μέσα τοῦ εἰκοστοῦ αἰῶνα ἡ ἀνάπτυξη νέων ἀναλυτικῶν τεχνικῶν ἔφερε στὸ προσκήνιο ἕνα μεγάλο ἀριθμὸ φυσικῶν προϊόντων, ποὺ ἡ συνθετικὴ παρασκευὴ τους ἀπαιτοῦσε ἕνα συστηματικότερο καὶ πιὸ ἐπιμελημένο σχεδιασμὸ, ἕνα νέο τρόπο σκέψεως. Ἕνας πολὺ πετυχημένος ἐκπρόσωπος αὐτῆς τῆς νέας σχολῆς εἶναι ὁ καθηγητῆς E. J. Corey, ὁ ὁποῖος εἰσήγαγε τὶς ἀρχές τῆς ρετροσυνθετικῆς ἀναλύσεως. Οἱ ἐπιστήμονες ἐφαρμόζουν τὴ λογικὴ τῆς χημικῆς συνθέσεως ἀναλύοντας περίπλοκα μόρια-στόχους καὶ σχεδιάζοντας πιθανὲς συνθετικὲς στρατηγικὲς γιὰ τὴν κατασκευὴ τους. Μὲ τὸ συνδυασμὸ τῆς συστηματικῆς Ὀργανικῆς Συνθέσεως καὶ Ἀναλυτικῆς Χημείας πραγματοποιοῦνται νέες ἀνακαλύψεις καὶ ἐπιτεύγματα. Ὁ Corey ἀπὸ τὸ 1960 ἕως τὸ 1990, ὁπότε ἔλαβε τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας, συνέθεσε ἑκατοντάδες φυσικὰ ἢ σχεδιασμένα μόρια.

Σήμερα ὁ ἀριθμὸς τῶν γνωστῶν συνθετικῶν μεθόδων εἶναι τόσο μεγάλος, ὥστε οἱ ὀργανικοὶ χημικοὶ νὰ ἔχουν τὴ δυνατότητα νὰ συνθέσουν σχεδὸν κάθε μόριο, εἴτε πρόκειται γιὰ μιὰ ἔνωση ποὺ ὑπάρχει στὴ φύση εἴτε γιὰ ἔνωση τῆς δημιουργικῆς φαντασίας τους. Σὲ πολλὰς ὁμῶς περιπτώσεις, τὰ στάδια ποὺ μεσολαβοῦν ἀπὸ τὴν πρώτη ὕλη μέχρι τὸ τελικὸ προϊόν εἶναι τόσο πολλὰ (ἤδη ὑπάρχουν συνθέσεις μὲ 200 καὶ πλέον στάδια), ποὺ ὁ σχεδιασμὸς τῆς καλύτερης συνθετικῆς διαδικασίας νὰ ἀποτελεῖ πρόκληση γιὰ τὸ συνθετικὸ χημικὸ, ὁ ὁποῖος θὰ βασιστεῖ μὲν στὶς γνώσεις του ἀλλὰ ἐκ παραλλήλου πρέπει νὰ ἔχει καὶ δικές του ἐπινοήσεις, οἱ ὁποῖες μποροῦν καὶ νὰ ἀποτελέσουν «τὸ ἀλάτι καὶ πιπέρνι» τῆς ὅλης συνθετικῆς διαδικασίας. Μιὰ «κομφή» λύση σὲ ἕνα πρόβλημα συνθετικῆς Χημείας μπορεῖ νὰ ἀσκεῖ σὲ ἕνα χημικὸ τὴν ἴδια κρυφὴ γοητεία ποὺ ἀσκεῖ μιὰ «κομφή» λύση ἑνὸς μαθηματικοῦ προβλήματος σὲ ἕνα μαθηματικὸ.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ θὰ ἤθελα νὰ ἀναφερθῶ ἐπιλεκτικὰ σὲ ὀρισμένα ἀπὸ τὰ ἐπιτεύγματα τῆς Συνθετικῆς Ὀργανικῆς Χημείας ἀρχίζοντας ἀπὸ τὰ *φουλερένια*, αὐτὲς τὶς νέες ἀλλοτροπικὲς μορφές τοῦ ἀνθρακὰ, γιὰ τὴν ἀνακάλυψη τῶν ὁποίων οἱ καθηγητές R. F. Curl, Jr., Sir H. W. Kroto καὶ R. E. Smalley ἔλαβαν τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας, γιὰ τὸ ἔτος 1996.

Τὰ *φουλερένια* παράγονται ὅταν ἐξαερωμένα ἄτομα ἀνθρακὰ, ποὺ λαμβάνονται

κατὰ τὴν πρόσπτωση ἀκτίνων λέηζερ σὲ ἐπιφάνεια ἄνθρακα, συμπυκνώνονται σὲ ἀτμόσφαιρα ἀδρανοῦς ἀερίου καὶ σχηματίζουν μόρια, τὰ γνωστὰ ὡς πλειάδες ἢ συμπλέγματα (clusters). Τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ καθορισμένο ἀριθμὸ ἀτόμων ἄνθρακα, ποὺ κυμαίνεται ἀπὸ λίγα ἄτομα μέχρι καὶ ἑκατοντάδες ἀτόμων, σὲ πολυεδρικές δομές, οἱ ὁποῖες μὲ τὴ συμμετρία τους σὲ μοριακὸ ἐπίπεδο εἶναι πηγὴ αἰσθητικῆς ἀπολαύσεως, ὅπως γενικῶς συμβαίνει καὶ μὲ τὰ συμμετρικὰ ἀντικείμενα. Σὲ μεγαλύτερη ἀναλογία ἀπομονώνεται τὸ μόριο μὲ 60 ἄτομα ἄνθρακα (συμβολίζεται ὡς C_{60}). Ἡ δομὴ ποὺ προτάθηκε γιὰ τὸ φουλερένιο C_{60} ἐνθουσίασε τοὺς χημικούς, γιὰτὶ ἀντιστοιχεῖ σὲ ἓνα τρισδιάστατο ἀρωματικὸ σύστημα, στὸ ὁποῖο ἐναλλάσσονται ἅπλοι καὶ διπλοὶ δεσμοί, ποὺ ἔχει μεγάλη σημασία στὴ Θεωρητικὴ Χημεία. Ἡ ἔρευνα γιὰ τὴν ἐπιβεβαίωση τῆς προταθείσας δομῆς καὶ τὴν εὕρεση τῶν ιδιοτήτων παραγῶγων τοῦ C_{60} στὴ δεκαετία τοῦ 1990 ἦταν ἐντατικὴ καὶ καρποφόρα, διότι βρέθηκε ὅτι τὸ μόριο C_{60} μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ ὡς δομικὴ μονάδα γιὰ τὴν παρασκευὴ νέων προϊόντων, ὅπως ἀνόργανων ὑπεραγωγῶν, ὀργανικῶν πολυμερῶν καὶ βιολογικῶς δραστικῶν μορίων.

Τὰ φυσικὰ προϊόντα ἀποτελοῦσαν ἀνέκαθεν στόχους συνθέσεως καὶ πρόκληση γιὰ τοὺς χημικούς. Ἀνταποκρινόμενοι στὴν πρόκληση αὕτῃ οἱ συνθετικοὶ χημικοὶ συνέθεσαν ἓνα μεγάλο ἀριθμὸ πολύπλοκων φυσικῶν ἐνώσεων στὴν περίοδο 1970-2000. Χαρακτηριστικὸ παράδειγμα εἶναι μιὰ πολὺ γνωστὴ ἔνωση, τὸ Taxol, ποὺ ἀπομονώθηκε τὸ 1971 ἀπὸ δένδρο τοῦ Εἰρηνικοῦ καὶ ἀπὸ τὸ 1992 ἐπετράπη ἡ κλινικὴ του ἐφαρμογὴ στὴ θεραπεία τοῦ καρκίνου τῶν ὠοθηκῶν. Χρειάσθηκαν δύο δεκαετίες ἐρευνητικῶν προσπαθειῶν γιὰ νὰ ἐπιτευχθεῖ ἡ συνθετικὴ παρασκευὴ του, ἀπὸ δύο ἀνεξάρτητες ἐρευνητικὲς ὁμάδες, τῶν καθηγητῶν Κ. Νικολάου καὶ Danishefsky. Στὸ σημεῖο αὐτὸ θὰ ἤθελα νὰ τονίσω ὅτι ὁ κ. Νικολάου εἶναι ὁ ὀργανικὸς χημικὸς ποὺ μπόρεσε νὰ φέρει τόσο κοντά, ἁρμονικὰ συνεργαζόμενες, τὶς βασικὲς ἐπιστῆμες τῆς Χημείας καὶ τῆς Βιολογίας, στὴν ὑπηρεσία τοῦ ἀνθρώπου (Ίατρικὴ). Ἡ συνεισφορὰ τοῦ κ. Νικολάου στὸ πεδίο τῆς σύγχρονης ὀργανικῆς συνθέσεως, μέσω τῶν πρωτοποριακῶν ὀλικῶν συνθέσεων βιολογικὰ δραστικῶν φυσικῶν προϊόντων, εἶναι ἀνεκτίμητη. Ἡ σύνθεση τόσο ἀρχιτεκτονικὰ περίπλοκων μοριακῶν δομῶν, κατέστη δυνατὴ μέσω τῆς ἀναπτύξεως νέων συνθετικῶν μεθόδων καὶ συνακόλουθα μὲ τὴ διεύρυνση τῆς γνώσεως γύρω ἀπὸ τὸ συγκεκριμένο πεδίο ἔρευνας.

Ἡ ποσότητα ποὺ λαμβάνεται στὴν ἐργαστηριακὴ σύνθεση μιᾶς φυσικῆς ἐνώσεως εἶναι πολλὲς φορὲς ὀλίγα ἑκατοστὰ τοῦ γραμμαρίου καὶ ἡ παραγωγὴ της σὲ βιομηχανικὴ κλίμακα εἶναι προβληματικὴ, μερικὲς φορὲς καὶ ἀνέφικτη. Κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια, τὸ πρόβλημα αὐτὸ ἐπιλύεται ὅλο καὶ πιὸ συχνὰ μὲ τὶς μεθόδους τῆς γενετικῆς μηχανικῆς, ὥστε ἡ ἔνωση νὰ παράγεται ἀπὸ μικροοργανισμούς, φυτὰ ἢ

ζώα, στα όποια έχουμε μεταφέρει τα γονίδια που υπαγορεύουν τη σύνθεση της συγκεκριμένης ένωσης. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή της ινσουλίνης και διαφόρων πεπτιδικών ενώσεων.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να αναφερθώ στην πεπτιδοχημεία, στην ανάπτυξη της οποίας συνέβαλε σημαντικά με νέες μεθόδους συνθέσεως πεπτιδίων ο μακαριστός συνάδελφος Λεωνίδας Ζέρβας και πολλοί από τους μαθητές του. Στο δεύτερο ήμισυ του είκοστού αιώνα συντέθηκαν και μελετήθηκαν χιλιάδες πεπτίδια, μερικά από τα όποια χρησιμοποιούνται φαρμακευτικώς, όπως η ινσουλίνη, ή όποια κρατά στη ζωή εκατομμύρια διαβητικούς. Για τον προσδιορισμό της αλληλουχίας των αμινοξέων των πρωτεϊνών και της διαλευκάνσεως της συντάξεως της ινσουλίνης ο F. Sanger έλαβε το βραβείο Nobel Χημείας το 1958. Η εισαγωγή το 1976 της μεθόδου συνθέσεως των πεπτιδίων σε στερεά φάση έδωσε νέες δυνατότητες στην πεπτιδική Χημεία και στη Χημεία των νουκλεϊνικών οξέων και χάρισε στον R. B. Merrifield το βραβείο Nobel Χημείας (1984, μέθοδος για την παρασκευή πεπτιδίων και πρωτεϊνών).

Η σύνθεση των πεπτιδίων σε στερεά φάση οδήγησε στη σύνθεση και άλλων διαφορετικών μορίων με την ίδια τεχνική και εξελίχθηκε σε έναν νέο τομέα, τη Συνδυαστική Χημεία (Combinational Chemistry, γνωστή και ως Combichem). Η τεχνική αυτή, σε αντίθεση με την κλασική βήμα προς βήμα οργανική σύνθεση σε διάλυμα, προσφέρει τη δυνατότητα της παράλληλης (ταυτόχρονης) συνθέσεως και μελέτης των ιδιοτήτων χιλιάδων διαφορετικών μορίων με συνακόλουθη μείωση δαπανών. Σήμερα, η εφαρμογή της Συνδυαστικής Χημείας είναι η ένδεδειγμένη λύση στο πρόβλημα της αυξανόμενης ζήτησεως νέων μορίων για βιολογικές δοκιμές και την παρασκευή νέων φαρμάκων. Η ζήτηση αυτή γίνεται όλοένα και μεγαλύτερη μετά τον πρόσφατο πλήρη χαρακτηρισμό του ανθρώπινου γονιδιώματος. Ο τελικός στόχος είναι η θεραπεία ασθενειών, όπως ο καρκίνος, το AIDS, η αρθρίτις, ο διαβήτης κ.ά.

Οι συνθέσεις άνοργάνων ενώσεων περιλαμβάνουν λίγα στάδια, γι' αυτό δεν χρειάζονται ειδικό προγραμματισμό. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει μια κατηγορία του ενός σταδίου για την παραγωγή διαμεταλλικών ενώσεων που ξεφεύγουν από τις γνωστές στοιχειομετρίες, καθώς αποτελούνται από συσσωματώματα ατόμων. Μερικές από τις ενώσεις αυτές έχουν αξιοσημείωτες ηλεκτρικές, μαγνητικές και οπτικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η ένωση CsBi_4Te_6 , που παρασκευάστηκε πρόσφατα από τον Έλληνα Χημικό Μ. Κανατζίδη, η όποια έχει την ενδιαφέρουσα ιδιότητα να ψύχεται κατά τη διαβίβαση ηλεκτρικού ρεύματος, φθάνοντας τους -140°C .

Τέλος, δεν πρέπει να παραλειφθεί μια σύντομη αναφορά στην Οργανομεταλλική Χημεία, η όποια συνέτεινε στην ανακάλυψη μεγάλου αριθμού συνθετικών αντιδρά-

σεων. Ἡ σημαντικὴ ἀνάπτυξη τῆς Χημείας τῶν πολυμερῶν ὀφείλεται σὲ μεγάλο βαθμὸ στοὺς ὀργανομεταλλικοὺς καταλύτες.

Συμβολὴ τῆς Χημείας στὴν ἀνάπτυξη ἄλλων Ἐπιστημῶν καὶ Τεχνολογιῶν

1. Ἡλεκτρονικὴ Τεχνολογία

Ἡ Χημεία καὶ ἡ ἄρρηκτα συνδεδεμένη μὲ αὐτὴ Ἐπιστήμη τῶν Ὑλικῶν συνέβαλαν τὰ μέγιστα στὸ τεχνολογικὸ θαῦμα τὸ ὁποῖο βιώνουμε πλέον σὲ καθημερινὴ βία: στὴν ἡλεκτρονικὴ τεχνολογία καὶ στὶς παράγωγες καὶ συναφεῖς τεχνολογίες τῆς πληροφορικῆς καὶ τῶν τηλεπικοινωνιῶν. Παρακάτω δίνονται χαρακτηριστικὰ παραδείγματα.

Ἡμιαγωγὰ ὑλικά-ὑπολογιστές. Ἡ παραγωγή ὑπερκαθαρῶν ὑλικῶν, ὅπως τοῦ γερμανίου καὶ τοῦ πυριτίου, καὶ ἡ ἐλεγχόμενη εἰσαγωγή σὲ αὐτὰ ἀπειροελάχιστων προσμείξεων στοιχείων τῆς 3^{ης} καὶ 5^{ης} ομάδας τοῦ περιοδικοῦ συστήματος ὁδήγησαν στὴν παραγωγή ἡμιαγωγῶν. Ἡ ἐπίτευξη παραγωγῆς τῶν ὑλικῶν αὐτῶν μὲ τὶς ἐπιθυμητὲς ἡλεκτρικὲς ιδιότητες, ὁδήγησε ἀρχικῶς στὴν παραγωγή τῶν κρυσταλλο-λυχνιῶν (τρανζίστορ) καὶ στὴ συνέχεια τῶν πρώτων ὀλοκληρωμένων κυκλωμάτων. Τὰ προϊόντα αὐτὰ ἀποτέλεσαν τὸ ἐφαλτήριο μιᾶς τεχνολογικῆς ἐξελίξεως ποὺ συνεχίσθηκε μὲ ἐκθετικὰ ἀυξανόμενους ρυθμοὺς καὶ ὁδήγησε στοὺς μικροεπεξεργαστές, τὴν καρδιὰ τῆς σύγχρονης τεχνολογίας τῶν υπολογιστῶν.

Ὀπτικὲς ἴνες. Ἡ ἀντικατάσταση τῆς ροῆς ἡλεκτρονίων ὡς μέσου κωδικοποιήσεως τῆς πληροφορίας μὲ τὴ ροὴ φωτονίων καὶ συνεπῶς τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν μὲ φωτοαγωγὰ ὑλικά, ὅπως οἱ ὀπτικὲς ἴνες, ἀποτελεῖ πλέον μιὰ ὥριμη τεχνολογία. Στὴν τεχνολογία αὐτὴ συνέβαλε οὐσιαστικὰ ἡ Χημεία μὲ τὴν παραγωγή ὀπτικῶν ἰνῶν μὲ τὰ ἐπιθυμητὰ χαρακτηριστικὰ διαθλάσεως καὶ ὀπτικῆς καθαρότητος ἀπὸ ἀνόργανα καὶ ὀργανικὰ ὑλικά.

Ἀγώγιμα πολυμερῆ. Ἐχουμε ἐξοικειωθεῖ στὸν ἀντίκτυπο ποὺ ἔχουν ἐπιστημονικὲς ἀνακαλύψεις στὸν τρόπο σκέψεως τοῦ ἀνθρώπου. Τὸ ἴδιο θὰ συμβεῖ καὶ μὲ τὴν ἀπρόσμενη ἀνακάλυψη τῶν ἀγώγιμων πολυμερῶν. Μέχρι πρὶν ἀπὸ λίγα χρόνια γνωρίζαμε ὅτι τὰ πλαστικά, ποὺ εἶναι ὀργανικὰ πολυμερῆ, σὲ ἀντίθεση μὲ τὰ μέταλλα, δὲν ἄγουν τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, γι' αὐτὸ καὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς μονωτικὰ ὑλικά στὰ συνήθη ἡλεκτρικὰ καλώδια. Ὅμως, τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας γιὰ τὸ 2000 ἀπονεμήθηκε στοὺς καθηγητὲς A. Heeger, A. MacDiarmid καὶ H. Shirakawa γιὰ τὴν «ἀνακάλυψη καὶ ἀνάπτυξη ἀγώγιμων πολυμερῶν».

Ἐνδιαφέρουσα ἂν ὄχι συναρπαστικὴ εἶναι ἡ ἱστορία τῆς ἀνακάλυψεως τῶν ἀγώ-

γυμιών πολυμερών, ή όποία έχει λίγο άπ' όλα, ένα λάθος στο Έργαστήριο, μιá τυχαία συνάντηση δύο έπιστημόνων κατά τή διάρκεια διαλείμματος για καφέ σέ ένα σεμινάριο και μιá γονιμοποιό διεπιστημονική συνεργασία Χημικών με Φυσικούς σέ διεθνές επίπεδο. Δυστυχώς ό χρόνος δέν έπιτρέπει τήν αφήγηση τής ιστορίας.

Ή τεχνολογία τών άγώγιμων πολυμερών βρίσκεται και θά βρίσκεται για μεγάλο χρονικό διάστημα σέ εξέλιξη και σχετικώς λίγα προϊόντα έχουν ήδη γίνει γνωστά στο εύρύ κοινό. Αποτελεί τεχνολογία πού ένδέχεται νά άνατρέψει στο σύνολό της τή συμβατική ήλεκτρονική τεχνολογία με τήν είσαγωγή τών «όργανικών ήμιαγωγών» και συνεπώς τών «όργανικών τρανζίστορ» και τών «όργανικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων».

2. Φαρμακευτική

Ή Χημεία είναι στενά συνδεδεμένη με τή Φαρμακευτική Έπιστήμη και κατά τó παρελθόν σημαντικές έπιστημονικές μορφές ύπῆρξαν Φαρμακοποιοί-Χημικοί, όπως ό μακαριστός συνάδελφος Γεώργιος Τσατσάς.

Ή Φαρμακευτική Χημεία είναι στην πράξη Συνθετική Όργανική Χημεία τών φαρμάκων, συμπληρούμενη άπό φυσικοχημική και φαρμακολογική μελέτη τους.

Γιά τó σχεδιασμό άποτελεσματικότερων φαρμάκων χρησιμοποιούνται σήμερα τεχνικές χημειομετρίας. Με τή χημειομετρία άναπτύχθηκαν τεχνικές ποσοτικής σχέσεως δομής-δραστικότητας, οι όποιες ύποβοηθούν στο σχεδιασμό καταλληλότερων φαρμάκων. Έκτός άπό τή σύνθεση νέων φαρμάκων, ή Χημεία προσφέρει στη Φαρμακευτική βελτιωμένα έκδοχα για τó σχεδιασμό φαρμακομορφών ειδικής χορηγήσεως και άποδεσμεύσεως.

Ό ρόλος τής Άναλυτικής Χημείας στη Φαρμακευτική Έπιστήμη είναι πολύ σημαντικός και καθοριστικός, έτσι ώστε, νά άναπτυχθεί ιδιαίτερος εξειδικευμένος κλάδος τής Φαρμακευτικής, ή Φαρμακευτική Άνάλυση, πού άσχολείται με τόν έλεγχο (ποιοτικό και ποσοτικό) τών πρώτων ύλών, τών ένδιάμεσων προϊόντων και τών τελικών μορφών τών φαρμάκων (σκευασμάτων). Οι διάφοροι έλεγχοι και δοκιμασίες ποιότητας πού περιγράφονται στις Έθνικές Φαρμακοποιίες και στην Ευρωπαϊκή Φαρμακοποιία συνεχώς άναβαθμίζονται και γίνονται αυστηρότεροι άκολουθώντας τις εξελίξεις και τήν πρόοδο τής Άναλυτικής Χημείας.

Τά τελευταία χρόνια άναπτύχθηκε σημαντικά ένας νέος τομέας, ή μέτρηση — παρακολούθηση τών θεραπευτικών επιπέδων φαρμάκων στα βιολογικά υγρά (Therapeutic Drug Monitoring, TDM), πού διευκολύνει και καθοδηγεί τόν κλινικό ιατρό στην εξατομίκευση τού θεραπευτικού σχήματος πού έφαρμόζει στον άρρωστο. Για

τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀναπτύχθηκαν εὐαίσθητες καὶ ἐξειδικευμένες ἀναλυτικὲς τεχνικὲς.

Πρόσφατα οἱ φαρμακευτικὲς βιομηχανίες ἄρχισαν νὰ χρησιμοποιοῦν συνδυαστικὴ χημεία γιὰ τὴν ταχεῖα καὶ παράλληλη σύνθεση καὶ μελέτη μεγάλου ἀριθμοῦ παρόμοιων ἐνώσεων μὲ πιθανὴ φαρμακολογικὴ δράση (μεγάλος ἀριθμὸς ἀπὸ παράλληλες ἀντιδράσεις σὲ πολυάριθμα πρόδρομα μόρια καὶ σὲ διάφορους συνδυασμούς). Οἱ ἀντιδράσεις αὐτὲς ἐκτελοῦνται σὲ κατάλληλα τροποποιημένη στερεὴ ἐπιφάνεια. Μὲ τὴν προσέγγιση αὐτή, ἡ διαδικασία γιὰ τὴν ἀνακάλυψη νέων φαρμάκων ἐπιταχύνεται σημαντικὰ σὲ σχέση μὲ τὴν κλασικὴ προσέγγιση ποὺ περιλαμβάνει τὴ σύνθεση μιᾶς ἐνώσεως, τὴ μελέτη τῶν ιδιοτήτων τῆς, τὴ μετέπειτα τροποποίηση τῆς δομῆς τῆς καὶ ἐπανάλυψη τοῦ κύκλου.

3. Τοξικολογία

Βασικὸς κλάδος τῆς Τοξικολογίας ποὺ ἐξυπηρετεῖ τὶς ἀνάγκες γιὰ ποιοτικὸ καὶ ποσοτικὸ προσδιορισμὸ τοῦ τοξικοῦ παράγοντα σὲ διάφορα ὑποστρώματα εἶναι ἡ *Ἀναλυτικὴ Τοξικολογία*, ποὺ χρησιμοποιεῖ τὶς γνώσεις τῆς Ἀναλυτικῆς Χημείας στοὺς ἐπιμέρους κλάδους τῆς Τοξικολογίας. Ἡ ἀνάπτυξη νέων ἀναλυτικῶν μεθόδων εἶχε ὡς συνέπεια καὶ τὴ δυνατότητα ἀπομονώσεως καὶ προσδιορισμοῦ τῶν δηλητηρίων στὰ διάφορα βιολογικὰ ὑγρὰ καὶ ἄλλα πειστήρια. Ἡ Ἀναλυτικὴ Τοξικολογία χρησιμοποιεῖται εὐρέως στὴ Δικαστικὴ Τοξικολογία, ἡ ὁποία ἐξυπηρετεῖ τὸ ἔργο τῆς δικαιοσύνης σὲ περιπτώσεις αἰφνιδίων θανάτων, ὅποτε ἀπαιτεῖται ἡ ἀνίχνευση καὶ ταυτοποίηση τοῦ δηλητηρίου, ὁ ποσοτικὸς προσδιορισμὸς του στὰ βιολογικὰ ὑγρὰ καὶ σπλάγχνα τοῦ θανόντος καὶ τὸ κυριότερο ἡ ἐρμηνεία καὶ ἀξιολόγηση τοῦ ἀποτελέσματος ἀπὸ ἀναλυτικὸ τοξικολόγο, προκειμένου νὰ διερευνηθεῖ ἡ αἰτία τοῦ θανάτου.

Ἐφαρμογὲς βρίσκει ἐπίσης ἡ Ἀναλυτικὴ Τοξικολογία στὴ Δικαστικὴ Τοξικολογία ποὺ ἀφορᾷ ζῶντα ἄνθρωπο καὶ κλασικὰ παραδείγματα ἐδῶ ἀποτελοῦν: α) ἡ ὁδήγηση ὑπὸ τὴν ἐπήρεια οἶνοπνεύματος (προσδιορισμὸς οἶνοπνεύματος στὸ αἷμα καὶ στὸν ἐκπνεόμενο ἀέρα-Alcotest), β) ὁ ἔλεγχος φαρμακοδιεγέρσεως (doping) στὰ οὖρα, γ) ὁ ἔλεγχος ψυχοδραστικῶν οὐσιῶν στὰ οὖρα. Τὰ τελευταῖα χρόνια ὁ προσδιορισμὸς ψυχοδραστικῶν οὐσιῶν σὲ τμήματα τριχῶν τῆς κεφαλῆς κυρίως ἔχει ἐπιτρέψει τὴ διάκριση χρηστῶν ποὺ ἔχουν κάνει πρόσφατη ἐφάπαξ λήψη ναρκωτικῆς οὐσίας ἀπὸ τοὺς χρόνιους χρήστες. Μιὰ τέτοια ἀνάλυση εἶναι σὲ θέση νὰ δώσει πληροφορίες καὶ ἀπαντήσεις στὸ θεμελιῶδες ἐρώτημα «ἀπὸ πότε ἔχει ἀρχίσει ἡ λήψη δόσεων ναρκωτικῆς οὐσίας ἀπὸ τὸν τοξικομανῆ», μὲ τὸ ὁποῖο συχνὰ ἔρχεται ἀντιμέτωπη ἡ Δικαιοσύνη.

4. Βιοϊατρική

Τὰ ἐκπληκτικὰ ἐπιτεύγματα τῆς βιοϊατρικῆς ἔρευνας κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη σὲ τομεῖς, ὅπως ἡ κλινικὴ ἄνοσολογία καὶ ἡ μοριακὴ βιολογία, ὀφείλουν πολλὰ στὴ Χημεία, καθὼς βασίζονται κυρίως στὴν ἀνάπτυξη νέων ἀναλυτικῶν μεθόδων ὑψηλῆς εὐαισθησίας καὶ ἰδίως ὑψηλῆς ἐξειδικεύσεως. Πολλὲς χημικὲς ἀνακαλύψεις ἀποτελοῦν ἀναντικατάστατο γνωστικὸ κεφάλαιο τῆς Ἱατρικῆς. Παρακάτω δίνονται χαρακτηριστικὰ παραδείγματα.

Ἀνοσοχημικοὶ προσδιορισμοί. Ἡ σύγχρονη θεραπευτικὴ ἔχει καθιερώσει μιὰ σειρὰ κλινικῶν ἀναλύσεων σὲ βιολογικὰ δείγματα (ὀρὸς αἵματος, πλάσμα, οὖρα, σπέρμα, ἐγκεφαλονωτιαῖο ὑγρὸ, κ.λπ.), εἴτε γιὰ διαγνωστικούς σκοπούς, εἴτε γιὰ τὴν παρακολούθηση τῆς θεραπευτικῆς ἀγωγῆς τῶν ἀσθενῶν. Τὸ ἀναλυτικὸ πρόβλημα στὶς ἀνάγκες αὐτὲς ἔγκειται στὶς πολὺ μικρὲς συγκεντρώσεις τῶν προσδιοριζομένων οὐσιῶν (ppm ἢ ppb), τὴν περιορισμένη ποσότητα τοῦ δείγματος (μερικὰ μL ἕως 0,5 mL) καὶ τὴν πολυπλοκότητα τῶν βιολογικῶν δειγμάτων. Ὡς λύση στὸ πρόβλημα αὐτὸ ἦρθε ἡ ἀνάπτυξη τῶν ἀνοσοχημικῶν προσδιορισμῶν, στοὺς ὁποίους χρησιμοποιοῦνται ἀντισώματα ὡς ἐκλεκτικὰ ἀντιδραστήρια γιὰ τὸν προσδιορισμὸ οὐσιῶν μὲ ἀντιγονικὲς ιδιότητες, ποὺ δεσμεύονται ἀπ' αὐτά.

Ἡ πρώτη ἀνοσοχημικὴ μέθοδος προτάθηκε ἀπὸ τοὺς Yalow καὶ Berson (1959) καὶ ἀφοροῦσε στὸν προσδιορισμὸ ἰνσουλίνης. Οἱ δύο ἐρευνητὲς τιμῆθηκαν γιὰ αὐτὴν τὴν πρωτοποριακὴ τους ἐργασία μὲ τὸ βραβεῖο Nobel Φυσιολογίας καὶ Ἱατρικῆς (1977). Ἡ τεχνικὴ αὐτὴ ἔμελλε νὰ ἔχει τόση σπουδαιότητα στὴν κλινικὴ ἀνάλυση, ὥστε εἶχε ἡ ἀνάπτυξη τῆς χρωματογραφίας στὴ χημικὴ ἀνάλυση. Πρόσφατα ἐπιτεύχθηκε ὁ συνδυασμὸς χρωματογραφίας καὶ ἀνοσοχημικῶν προσδιορισμῶν («Chromatographic Immunoassays», Anal. Chem. 1991A, April 2001), μιὰ τεχνικὴ ποὺ ἐκμεταλλεύεται τὰ πλεονεκτήματα ἀμφοτέρων τῶν τεχνικῶν.

Ἀλυσιδωτὴ ἀντίδραση τῆς πολυμεράσεως (Polymerase Chain Reaction, PCR).

Ἡ περίφημη ἀλυσιδωτὴ ἀντίδραση τῆς πολυμεράσεως ποὺ σχεδιάστηκε ἀπὸ τὸν Mullis τὸ 1983 καὶ τοῦ χάρισε τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας, τὸ 1993, χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν *in vitro* ἐνίσχυση συγκεκριμένης ἀλληλουχίας DNA καὶ τὴν παραγωγή τεράστιου ἀριθμοῦ πιστῶν ἀντιγράφων μὲ σχετικὰ ἀπλὸ τρόπο. Ἡ ἀντίδραση PCR χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα στὴ βιοϊατρικὴ ἔρευνα, τὴ μοριακὴ βιολογία καὶ τὴ μοριακὴ διαγνωστικὴ γιὰ τὴ διάγνωση γενετικῶν ἀσθενειῶν, τοῦ καρκίνου, τὴν ἀνίχνευση μικροοργανισμῶν καὶ ἰῶν, κ.λπ. Χρησιμοποιεῖται καὶ γιὰ τὴν ἀνίχνευση/προσδιορισμὸ μικροῦ ἀριθμοῦ καρκινικῶν κυττάρων παρουσία μεγάλης περισσειας φυσιολογικῶν κυττάρων γιὰ ἀνίχνευση ὑποτροπῆς τῆς νόσου ἢ γιὰ ἀνίχνευση τυχὸν μετα-

στάσεως. Τέλος, ή PCR προσφέρει πολλές δυνατότητες στην ιατροδικαστική. 'Η έντυπωσιακή ευαισθησία της επιτρέπει την ανάλυση πάρα πολύ μικρών δειγμάτων. 'Ως εκ τούτου, ακόμη και όταν κάποιος ξεκινήσει με ίχνη αίματος που περιέχουν τὰ κατ'άλοιπα ἔστω και ἑνὸς κυττάρου μπορεῖ νὰ ἀποκτήσει ἕνα *DNA ἀποτύπωμα* τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸν ὁποῖο προῆλθε τὸ κύτταρο, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ δακτυλικὸ ἀποτύπωμα (fingerprint) ἑνὸς ἀνθρώπου.

Προσδιορισμὸς τῆς ἀλληλουχίας τοῦ DNA. 'Ενα ἀπὸ τὰ μεγαλύτερα ἐπιτεύγματα τοῦ 20οῦ αἰῶνα εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἀλληλουχίας τοῦ ἀνθρώπινου γονιδιώματος, δηλαδή ἡ ἀποκρυπτογράφηση τῆς σειρᾶς τῶν τριῶν δισεκατομμυρίων νουκλεοτιδίων ποὺ ἀποτελοῦν τὸ γενετικὸ ὕλικὸ τοῦ ἀνθρώπου. 'Η ἀποκρυπτογράφηση ἐπιτεύχθηκε χάρις στὴν ἀνάπτυξη ἀναλυτικῶν τεχνικῶν γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῆς ἀλληλουχίας τῶν νουκλεϊνικῶν ὀξέων, δηλαδή τοῦ DNA (Sanger, βραβεῖο Nobel Χημείας 1980) καὶ ἰδίως τῶν αὐτοματοποιημένων τεχνικῶν τῆς δεκαετίας τοῦ 1990. 'Η ἀποκτηθεῖσα γνώση θὰ ἐπιταχύνει τὴν ἔρευνα γιὰ τὴ μελέτη τῆς παθογένειας ἀσθενειῶν καὶ τὸ σχεδιασμὸ νέων φαρμάκων.

5. Ἀρχαιολογία

Μὲ βάση τὴ φιλοσοφία τῆς διεπιστημονικῆς συνεργασίας γιὰ τὴ μελέτη τοῦ ἀρχαιολογικοῦ ὕλικου ἀναπτύχθηκε ὁ κλάδος τῆς Ἀρχαιομετρίας, βασικοὶ τομεῖς τῆς ὁποίας εἶναι: 1) 'Ο ἐντοπισμὸς θαμμένων ἀρχαιολογικῶν περιοχῶν. 2) 'Η χρονολόγηση τοῦ ἀρχαιολογικοῦ ὕλικου. 3) 'Η μελέτη τῆς χημικῆς συστάσεως τῶν ἀρχαιολογικῶν εὐρημάτων μὲ σκοπὸ τὴν τοπικὴ τοποθέτησή τους καὶ τὴν ἀναγνώριση γνησιότητάς τους ἢ τὴν ἀνακάλυψη πλαστογραφιῶν. 'Η Χημεία ἔχει τὴ δυνατότητα νὰ συνεισφέρει στοὺς τομεῖς 2 καὶ 3 καὶ ἥδη τὸ ἔχει κάνει γιὰ πολλὰ χρόνια.

'Υπάρχει ποικιλία μεθόδων χρονολογήσεως, μετὰξὺ τῶν ὁποίων ξεχωρίζει ἡ μέθοδος ραδιοχρονολογήσεως μὲ ἄνθρακα-14 (C^{14}) τοῦ W. Libby, γιὰ τὴν ὁποία τιμήθηκε μὲ τὸ βραβεῖο Nobel Χημείας 1960. 'Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε εὐρέως στὴν Ἀρχαιολογία, ἐπειδὴ οἱ δυνατότητές της ἐμπίπτουν μέσα στὰ χρονικὰ ὅρια ποὺ ἀφοροῦν στὴν Ἱστορία καὶ τὴν Ἀρχαιολογία.

'Η ἐνόργανη χημικὴ ἀνάλυση, κυρίως μὲ φασματοφωτομετρικὲς καὶ ραδιοχημικὲς μεθόδους, εἶναι τὸ κατεξοχὴν ὄπλο ποὺ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν πιστοποίηση τῆς αὐθεντικότητος ἑνὸς ἀρχαιολογικοῦ εὐρήματος ἢ ἑνὸς ἔργου τέχνης. Μὲ αὐτὴν μπορεῖ ἐπίσης νὰ ἀποκαλυφθοῦν ἀπάτες, ὅπως ἡ ἀπάτη στὰ «χειρόγραφα τοῦ Χίτλερ», τὰ ὁποῖα εἶχε ἀκριβοπληρώσει μιὰ ἀγγλικὴ ἐφημερίδα, πιστεύοντας ὅτι εἶναι γνήσια ἀπὸ τὴ γραφολογικὴ τους ἐξέταση. 'Ομως, ἡ χημικὴ ἀνάλυση ἔδειξε

ὅτι ἡ σύσταση τοῦ χαρτιοῦ δὲν ἀνταποκρινόταν στὶς προδιαγραφὰς κανενὸς ἐργοστασίου χαρτοπολτοῦ τῆς ἐποχῆς.

6. Χημεία τῶν Πολυμερῶν

Ἡ Μακρομοριακὴ Χημεία ἢ Χημεία τῶν Πολυμερῶν εἶναι ἓνας νέος κλάδος τῆς Χημείας. Γεννήθηκε τὸ 1920, ὅταν ὁ Γερμανὸς ἐπιστήμονας Hermann Staudinger (Βραβεῖο Nobel Χημείας 1954) ἀπέδειξε ὅτι οἱ ἰδιάζουσες ιδιότητες ὁρισμένων ὑλικῶν, ὅπως τοῦ καουτσούκ καὶ τῆς κυτταρίνης, δὲν ὀφείλονταν, ὅπως πίστευαν τότε, σὲ συσσωματώματα μικρῶν μορίων ἀλλὰ στὰ πολὺ μεγάλα μόριά τους. Ἡ ἐξέλιξη τοῦ κλάδου αὐτοῦ ἦταν ἀλματώδης μὲ ἀποτέλεσμα, στὶς μέρες μας, νὰ συντίθενται πολυμερῆ μὲ καθορισμένη μακρομοριακὴ ἀρχιτεκτονικὴ καὶ ἐπομένως προκαθορισμένες ιδιότητες. Ἐνα πρόσφατο παράδειγμα, ποὺ εἶναι ἐπίτευγμα τῆς ἐρευνητικῆς ομάδας τοῦ καθηγητῆ Ν. Χατζηχρηστίδη τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, ἀποτελεῖ ἡ σύνθεση ἑνὸς πολυμεροῦς σὲ μοριακὴ κλίμακα, ποὺ ἔχει τὸ σχῆμα τοῦ **Ἀστεριοῦ τῆς Βεργίνας**. Τὸ μόριο αὐτό, μὲ τὴν καθιερωμένη πλέον ὀνομασίαν Vergina Star Polymer, κοσμεῖ τὸ ἐξώφυλλο τοῦ τεύχους Ἀπριλίου 1999 τοῦ περιοδικοῦ Journal of Polymer Science.

Οἱ πρῶτες ὕλες παρασκευῆς τῶν πολυμερῶν εἶναι ἀπλὲς ἀέριες ενώσεις, μὲ 2-4 ἄτομα ἄνθρακα, ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὴν κατεργασία τοῦ πετρελαίου, ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἄμεσα ἢ ἔμμεσα παράγονται σχεδὸν ὅλα τὰ πολυμερῆ, τὰ ὁποῖα σὲ πληθώρα ἐφαρμογῶν ἔχουν ἀλλάξει ριζικὰ τὴ ζωὴ μας. Ἐπιλεκτικὰ ἀναφέρω λέξεις σχετιζόμενες μὲ τὰ πολυμερῆ, ποὺ ἔχουν περάσει στὸ καθημερινό μας λεξιλόγιο καὶ ἔχουν χημικὴ προέλευση: βινύλιο (ἔχει ταυτισθεῖ μὲ τοὺς δίσκους γραμμοφῶνων), τὸ πολυβινυλοχλωρίδιο ἢ PVC (πολυχρησιμοποιούμενο πλαστικό), ἀκρυλικά (λέξη ποὺ σχετίζεται μὲ τὶς συνθετικὰς ἴνες καὶ τὰ χρώματα), πολυεστέρες, μὲ πιὸ γνωστὸ ἀντιπρόσωπο τὸ Terylene (χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν παρασκευὴ συνθετικῶν ὑλῶν. Ἀπὸ τὶς γνωστότερες συνθετικὰς ἴνες εἶναι τὸ πασίγνωστο νάυλον), κ.ἄ.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς κλασικὰς χρήσεις τῶν πολυμερῶν στὴ θέση διαφόρων φυσικῶν πρώτων ὑλῶν, τὰ πολυμερῆ χρησιμοποιοῦνται στὴν Ἱατρικὴ, τὴν Ὀδοντιατρικὴ, τὴ Φαρμακευτικὴ, τὴ Βιολογία, τὴ Μικροηλεκτρονικὴ καὶ στὴν Πληροφορικὴ. Παρακάτω δίνονται χαρακτηριστικὰ παραδείγματα.

Στὴ Χειρουργικὴ, τὰ πολυμερῆ μποροῦν νὰ ἀντικαταστήσουν ἐπιτυχῶς ἐμφερόμενα ἀγγεῖα καὶ ἄλλα μέρη τοῦ σώματος.

Στὴν Ὀδοντιατρικὴ χρησιμοποιοῦνται φωτοπολυμερίζόμενα πολυμερῆ ὡς ἐμφρακτικὰ ὑλικά γιὰ αἰσθητικὰς ἀποκαταστάσεις. Τὸ πλεονέκτημα τοῦ φωτοπολυμερισμοῦ

είναι ο έλεγχόμενος χρόνος έργασίας που επιτρέπει στον όδοντίατρο να αποδίδει στις αποκαταστάσεις τις δομικές και μορφολογικές λεπτομέρειες των όδοντικών ιστών.

Τά τελευταία χρόνια, ή πιό αποτελεσματική θεραπεία με φάρμακα γίνεται με έγκλωβισμό ή δέσμευσή τους σε πολυμερή. Τά φάρμακα αποδεσμεύονται βαθμιαία στους άρρωστους ιστούς, οι όποιοι έντοπίζονται με κατάλληλους άνιχνευτές, που έμφυτεύονται στα πολυμερή.

Τά σημερινά έπιτεύγματα στον τομέα των άγώγιμων πολυμερών προοιωνίζονται την κατασκευή τρανζίστορ και άλλων ήλεκτρονικών άνταλλακτικών που θα συνίστανται από μεμονωμένα μόρια, με αποτέλεσμα τη δραστική αύξηση της ταχύτητας και τη μείωση του μεγέθους και της καταναλώσεως ισχύος των ήλεκτρονικών υπολογιστών (ΗΥ).

7. Περιβαλλοντική Χημεία

Η ύλική πρόοδος που έγινε δυνατή χάρη στα έπιτεύγματα της Χημείας και της Χημικής Τεχνολογίας συνοδεύθηκε από διάφορες άρνητικές έπιπτώσεις, όπως ή ρύπανση, ή μόλυνση και γενικότερα ή ποιοτική υποβάθμιση του περιβάλλοντος (στον άτμοσφαιρικό άέρα, το πόσιμο ύδωρ, τις λίμνες-θάλασσες και ώκεανούς, στα έδάφη), και ή έπιβάρυνση της τροφικής άλυσίδας με ουσίες που ύπονομεύουν την ύγεία μας και μπορεί να έχουν δυσμενή αποτελέσματα σε διάφορα οίκουσυστήματα.

Από τά πολλά και ένδιαφέροντα θέματα της Περιβαλλοντικής Χημείας θα άναφερθώ περιληπτικά σε τρία: 1) τη ρύπανση του περιβάλλοντος με τοξικά μέταλλα (ύδράργυρο, μόλυβδο, κάδμιο κ.ά.), έντοπίζοντας το θέμα στο μόλυβδο. 2) Τό φαινόμενο του θερμοκηπίου που διαταράσσει το κλίμα όλου του πλανήτη. 3) Τό φαινόμενο της καταστροφής της άσπίδας του όζοντος, που άπειλεί να έκμηδενίσει ένα μεγάλο άριθμό όργανισμών της βιόσφαιρας.

Κύριες πηγές μολύβδου για τον άνθρωπο μπορεί να είναι τό νερό που πίνει και τά φυτικά προϊόντα που τρώει, έφόσον είναι έπιβαρημένα με μόλυβδο, και ή βενζίνη, που περιέχει τετρααιθυλομόλυβδο, ή όποία όμως σταδιακά άντικαθίσταται από την άμόλυβδη. Εύτυχώς, ή συνειδητοποίηση του κινδύνου από την τοξικότητα των ενώσεων του μολύβδου έχει όδηγήσει στην έλαχιστοποίηση των πηγών που τον διοχετεύουν στο περιβάλλον.

Κατά τά τελευταία έτη παρατηρείται συνεχής αύξηση του άτμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα με σοβαρό έπακόλουθο την αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι τό λεγόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου, έξαιτίας του όποιου, με όρισμένες προϋποθέσεις, σε 100 χρόνια ή μέση θερμοκρασία της γής ύπολογίζεται να άνεβεί κατά τρεīs

περίπου βαθμούς, με πιθανά παρεπόμενα την τήξη τεραστίων μαζών πάγου, την άνοδο της στάθμης των θαλασσών και την κάλυψη μεγάλων εκτάσεων γης από τα νερά. Πρέπον και φρόνιμο θα είναι, να εφαρμοσθούν το ταχύτερο δυνατόν και σε παγκόσμια κλίμακα, τα μέτρα που συνομολογήθηκαν από την παγκόσμια κοινότητα στη διάσκεψη του Κιότο για τη μείωση του CO_2 .

Ένα άλλο γνωστό περιβαλλοντικό πρόβλημα είναι η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος (σε ύψος 25-35 χιλιομέτρων), το οποίο μάς προφυλάσσει από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου, ή οποία μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του δέρματος. Κατά τα τελευταία έτη το προστατευτικό στρώμα του όζοντος καταστρέφεται από άτομα χλωρίου που δρούν καταλυτικώς, τα οποία σχηματίζονται από τη διάσπαση των χλωροφθορανθράκων που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικές ουσίες στα ψυγεία και στις συσκευές κλιματισμού. Για τη λύση του προβλήματος, πάρθηκαν σε διεθνείς οργανισμούς αποφάσεις για τη δραστική μείωση της παραγωγής των χλωροφθορανθράκων και τελικώς απαγορεύθηκε η χρήση τους, ενώ συγχρόνως καταβλήθηκαν προσπάθειες για την εύρεση νέων αβλαβών ενώσεων, που δε θα περιείχαν χλώριο και θα αντικαθιστούσαν τους χλωροφθοράνθρακες. Παρά την απαγόρευση των χλωροφθορανθράκων, δέν αναμένεται αποκατάσταση του στρατοσφαιρικού όζοντος πριν το τέλος του 21ου αιώνα.

Από τα παραπάνω παραδείγματα καταφαίνονται οι άρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον της υπέρμετρης και άενης οικονομικής ανάπτυξης και της καλπάζουσας τεχνολογίας. Υπάρχει βέβαια ή άλλη όψη του νομίσματος, ή οικολογική προσέγγιση του προβλήματος, ή περιβαλλοντική φωνή, ή οποία όμως συχνά άγνοεί την πραγματικότητα, δηλαδή την ανάγκη να έχουμε ανάπτυξη. Ίσως χρειάζεται μια διαφορετική προσέγγιση, ή προσέγγιση της άειφορίας, με την έννοια ότι είναι ή ανάπτυξη εκείνη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει εν κινδύνω τη δυνατότητα των μελλουσών γενεών να ικανοποιούν τις ανάγκες τους». Η άειφορία σήμερα ήχει σάν ούτοπία, υπάρχουν όμως πολλοί που πιστεύουν ότι μπορεί να γίνει πραγματικότητα υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρξει κινητοποίηση και δράση. Αυτό αναφέρεται και σε ανακοίνωση, που έξεδόθη μετά το τέλος της συνδιασκέψεως των Έπιστημονικών Ακαδημιών του Κόσμου στο Τόκιο, το Μάιο του 2000, με τίτλο «Μετάβαση στην Άειφορία κατά τον 21ο Αιώνα» (Transition to Sustainability in the 21st Century). Ο όμιλών εύελπιστεί ότι ή λέξη άειφορία θα περάσει σύντομα στο καθημερινό μας λεξιλόγιο.

Σας εύχαριστώ.