

# “Κοινωνική Χημεία”

---

Ομιλητής: Α. ΒΑΡΒΟΓΛΗΣ

*(Τον ομιλητή προλόγισε και παρουσίασε στο ακροατήριο  
ο Διευθύνων Σύμβουλος του Ε.Ι.Ε. Καθηγητής κ. Κ. Σέκερης)*

Ως πριν μερικά χρόνια, υπήρχε ένα όμορφο ακαδημαϊκό έθιμο: ο νεοεκλεγμένος καθηγητής Πανεπιστημίου έπρεπε να δώσει σε ένα γενικό ακροατήριο το εναρκτήριο μάθημά του, το οποίο και έπαιρνε πανηγυρικό χαρακτήρα. Ο ομιλητής είχε τότε την ευκαιρία να αναπτύξει τα επιστημονικά του πιστεύω, να πλέξει το εγκώμιο της επιστήμης του, να κάνει αναδρομές στο παρελθόν, να μνημονεύσει το παρόν και να τολμήσει να προδικάσει το μέλλον.

Στα πλαίσια των εκδηλώσεων του Ε.Ι.Ε., η διοίκηση του οποίου είχε την καλοσύνη να με καλέσει σήμερα εδώ, διείδα στη σημερινή διάλεξη κάποια αναλογία με το εναρκτήριο μάθημα. Βρίσκω έτσι την ευκαιρία για ένα είδος προγραμματικών δηλώσεων, που νομίζω ότι απηχούν όχι μόνο δικές μου, αλλά και γενικότερες απόψεις της χημικής κοινότητας.

Ο τίτλος της διάλεξης ίσως να προβληματίσει μερικούς. Η μεγάλη ανάπτυξη της Χημείας στον αιώνα μας την έχει οδηγήσει, όπως συμβαίνει και με όλους τους επιστημονικούς και τεχνικούς κλάδους, σε μια ποικιλία εξειδικεύσεων: από τις πρόδρομες μορφές της Χημείας, τη μεταλλουργία, την αλχημεία και την ιατροχημεία, σήμερα έχουμε φθάσει σε ένα ευρύ φάσμα χημικών ειδικοτήτων. Ας περιοριστούμε να αναφέρουμε τις κυριότερες υποδιαιρέσεις, που δεν είναι και λίγες: Ανόργανη Χημεία, Οργανική, Φυσική, Αναλυτική, Μακρομοριακή, Πυρηνική, Κολλοειδή, Φαρμακευτική, Βιολογική, Βιομηχανική, Θεωρητική. Εντούτοις, απ’ ό,τι ξέρω, η Κοινωνική Χημεία δεν είχε ως τώρα κάποια υπόσταση. Πρέπει να ομολογήσω ότι πρόκειται για δική μου επινόηση, με σκοπό να υποκαταστήσει έναν ίσως ακριβέστερο, αλλά πιά σχολαστικό και χωρίς φαντασία τίτλο, όπως “Ο ρόλος της Χημείας στη Σύγχρονη Κοινωνία”.

Ως χημικός, είναι αναπόφευκτο να είμαι θετικά προκατειλημμένος υπέρ της Χημείας. Μου προξενεί λοιπόν ανησυχία η αρνητική στάση που καλλιεργείται τα τελευταία χρόνια και τείνει να επιβάλει μια κατάσταση, για την οποία έχει ήδη βρεθεί και ο κατάλληλος όρος: Χημειοφοβία. Με το όνομα αυτό εννοείται η απέχθεια για τη Χημεία γενικά και τα συνθετικά της προϊόντα ειδικότερα, τα “χημικά”, που χωρίς πολλή σκέψη τείνουμε να ταυτίζουμε με δηλητήρια, τον καρκίνο και όποια κακοδαιμονία βάλει κανείς με το νου του, χωρίς να συνειδητοποιούμε ότι τα “χημικά” είναι πολύ περισσότερο φιλικά παρά εχθρικά.

Δεν είναι δύσκολο να ανιχνεύσει κανείς τους λόγους που οδηγούν στη χημειοφοβία. Αρχή γίνεται από το σχολείο, όπου το μάθημα διδάσκεται συνήθως από μη χημικούς και η ύλη είναι κά-θε άλλο παρά ελκυστική. Το ζητούμενο δε θα έπρεπε να περιστρέφεται γύρω από τα στοιχεία και τους νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά αυτών και των ενώσεών τους, που έχουν από καιρό ξεπεράσει τα 10.000.000 . Είναι σα να θέλουμε να εντυπώσουμε στη Λογοτεχνία αρχίζοντας με γραμματική και συντακτικό, χωρίς καλά-καλά να έχουμε μάθει να μιλάμε. Ή, ακόμη χειρότερα, αντί να αφεθούμε στη μαγεία της μουσικής, ας πούμε ενός κουαρτέτου του Μότσαρτ, να είμαστε αναγκασμένοι να αναλύσουμε πρώτα τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου και να εμβαθύνουμε στους λαβύρινθους της θεωρίας της μουσικής. Πόσο πιο ενδιαφέρουσα θα γινόταν η Χημεία, αν ο μαθητής γνώριζε άλλα πράγματα: π.χ. τη δομή της ύλης, όπως μας αποκαλύπτεται από μελέτες των κρυστάλλων με ακτίνες Χ, ή τις εφαρμογές των ενώσεων στην καθημερινή ζωή, μέσω μιας εξελικτικής διαδικασίας από κάποια αρχική ανακάλυψη. Επίσης, θα πρόσφερε ικανοποίηση μια στοιχειώδης γνωριμία με τις λεπτές ισορροπίες των αντιδράσεων που γίνονται αδιάλειπτα στον οργανισμό μας, από τη στιγμή της σύλληψης ως και μετά το θάνατο.

Όπως είναι φυσικό, η δυσκολία της Χημείας, σε συνάρτηση με τη ξηρότητα της διδασκαλίας, κάνουν το μαθητή να χάσει το ενδιαφέρον του. Εφόσον είναι ευσυνειδήτος, περιορίζεται απλώς στην απορνημόνευση και σε σπάνιες μόνο περιπτώσεις προσπαθεί αβοήθητος να διεισδύσει στο νόημα της Χημείας. Ακόμη και οι ασκήσεις, που μπορεί να αποτελέσουν μια λαμπρή διανοητική πρόκληση, είναι τυποποιημένες και σπάνια έχουν σχέση με την πραγματικότητα. Η εξυπνάδα, η φαντασία, η δημιουργική σκέψη είναι αρετές που ελάχιστα χρειάζονται για την επίλυσή τους. Οι παλιότεροι θα θυμούνται σίγουρα με κάποια νοσταλγία τα απίθανα προβλήματα που είχαν να αντιμετωπίσουν οι υποψήφιοι των εισαγωγικών εξετάσεων του Πολυτεχνείου της δεκαετίας του '50! Η ανυπαρξία εργαστηριακών ασκήσεων ή έστω επιδείξεων, ακόμη κι όταν υπάρχει κάποιο υποτυπώδες εργαστήριο, έχει κι αυτή την αρνητική συμβολή της αφού δε νοείται Χημεία χωρίς πείραμα. Τελειώνοντας κανείς το σχολείο δεν έχει λοιπόν λόγους να συμπαθεί ιδιαίτερα τη Χημεία, αφού -κακά τα ψέματα- η γλώσσα της δεν είναι τόσο εύκολη, ούτε η γοητεία της αρκετά εμφανής από μόνη της.

Τι άλλες ευκαιρίες έχουμε άραγε για συναντήσεις με τη Χημεία; Η σωστή απάντηση είναι: αναρίθμητες. Σε όποιον Τομέα της σύγχρονης ζωής και αν στρέψουμε το βλέμμα, τα προϊόντα της Χημείας κυριαρχούν. Οι πιο βασικές μας ανάγκες -Τροφή, Ένδυση, Κατοικία, Υγεία ας προσθέσουμε και την Επικοινωνία- εξυπηρετούνται χάρη στις προόδους της Χημείας. Νέα υλικά με εξαιρετικές ιδιότητες, πολύ ανώτερες από τα φυσικά υλικά, επινοούνται συνεχώς και συμβάλλουν αποφασιστικά στην κατασκευή χρήσιμων οργάνων, συσκευών και αντικειμένων, που βελτιώνουν και ομορφαίνουν τη ζωή μας, ως προς την υλική ποιότητα. Όλα αυτά όμως τα θεωρούμε περίπου αυτονόητα, αφού δε βλέπουμε παρά τελικά προϊόντα, στα οποία η συμβολή της Χημείας, αν και μεγάλης σπουδαιότητας, είναι αφανής. Το ίδιο -ίσως σε μεγαλύτερο βαθμό- ισχύει και με τα προϊόντα της Φύσης, τα οποία μάλιστα δεν τα θεωρούμε καν ως χημικές ουσίες. Αξίζει εδώ να σημειώσουμε ότι δεν υπάρχει ουσιώδης διαφορά μεταξύ φυσικών και συνθετικών προϊόντων. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν χωρίς αμφιβολία ότι οι δυσάρεστες παρενέργειες, όπως μεταλλάξεις, τερατογόνες και καρκινογόνες ιδιότητες, είναι και στις δυο ομάδες προϊόντων στατιστικά όμοιες. Άλλωστε, είναι γεγονός ότι τα ισχυρότερα δηλητήρια και τα καλύτερα εντομοκτόνα είναι φυσικά προϊόντα.

Μια τομάτα είναι ένα περίπλοκο χημικό σύστημα, αλλά ασφαλώς θα ήταν παράλογο αν τη βλέπαμε υπ'αυτό το πρίσμα. Εντούτοις, για να επιτευχθεί η παραγωγή της το χειμώνα, εκτός από τη χημεία της φύσης, χρειάζεται και η συνδρομή της χημείας του ανθρώπου: πλαστικές ύλες για σωλήνες ποτίσματος και καλύμματα των θερμοκηπίων, λιπάσματα, συνθετικές φυτορμόνες, εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα και παρασιτοκτόνα, όλα είναι απαραίτητα για την επιτυχία. Τα περισσότερα από αυτά δεν τα έχουμε ποτέ δει και πολύ περισσότερο δεν ξέρουμε από πού προέρχονται ούτε και πώς γίνονται. Ακόμη και αν επισκεφθούμε ένα εργοστάσιο χημικών προϊόντων, δε θα δούμε και πολλά πράγματα: οι πρώτες ύλες -τα "χημικά"- είναι κρυμμένες σε βαρέλια ή δεξαμενές. Κυκλοφορούν μέσα από σωλήνες προς τα δοχεία ανάμιξης, τις αποστακτικές στήλες και τους αντιδραστήρες, στη συνέχεια διοχετεύονται σε διάφορα μηχανήματα, που διαμορφώνουν τα προϊόντα των αντιδράσεων στις οικείες μορφές των καταναλωτικών αγαθών.

Ενώ λοιπόν τα ίδια τα χημικά τα αγνοούμε πλήρως, από καιρό χτυπούν τα φώτα της δημοσιότητας. Για τα μέσα ενημέρωσης, τα "καλά" νέα είναι τα κακά. Η διαφυγή ενός τοξικού αερίου, μια επιστημονική ανακοίνωση για ίχνη κάποιου καρκινογόνου στα τρόφιμα, ο θάνατος μελισσών από εντομοκτόνα, είναι συχνά θέματα που παίρνουν δυσανάλογα μεγάλη δημοσιότητα και δημιουργούν δυσμενή προδιάθεση για τη Χημεία. Όταν μάλιστα συμβεί κάποιο σοβαρότερο ατύχημα, μια έκρηξη ή μια παρενέργεια φαρμάκου με θανατηφόρες συνέπειες, η κατακραυγή γενικεύεται. Έτσι, καταλήγουμε να ενημερωνόμαστε -και μάλιστα όχι από τους ειδικούς- μόνο για τις κάποιες αρνητικές επιπτώσεις ορισμένων ουσιών. Σπεύδω να προσθέσω ότι αυτές στη μεγάλη πλειονότητα οφείλονται σε αμέλεια δική μας ή παράλειψη λόγω συγκεκριμένης πολιτικής ή ακόμη στην επιδίωξη του εύκολου κέρδους. Αν εξαιρέσουμε τις περιπτώσεις αμέλειας, όλες οι άλλες μπορεί να αντιμετωπισθούν με τη λήψη αυστηρότερων μέτρων -για την προστασία της υγείας μας και του περιβάλλοντος. Τότε όμως τα προϊόντα γίνονται ακριβότερα και οι καταναλωτές δυσανασχετούν. Εξάλλου, εφόσον δεν υπάρχει τρόπος να υποχρεωθούν να τα εφαρμόσουν όλοι οι ανταγωνιστές, αυτομάτως αυτοί θα βρίσκονταν σε πλεονεκτική θέση. Τα πράγματα είναι λοιπόν σύνθετα και οι λύσεις δύσκολες. Τα παραδείγματα αφθονούν, αλλά θα περιοριστώ σε ένα επίκαιρο θέμα, την καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα, όπου έχουν συμβολή πολλά αέρια, μεταξύ των οποίων και το  $\text{CH}_4$ , που παράγεται από φυσικές πηγές σε καθόλου ευκαταφρόνητες ποσότητες. Οι κύριοι όμως υπεύθυνοι αυτού του φαινομένου είναι τα αέρια των διαφόρων ψυκτικών συσκευών, τα οποία όταν διαφύγουν στην ατμόσφαιρα καταφέρνουν να ταξιδέψουν ως τα στρώματα του όζοντος. Εκεί διασπώνται και τα προϊόντα τους διασπούν στη συνέχεια το όζον. Η απλούστερη λύση θα ήταν η άμεση απαγόρευση των ψυκτικών αερίων, αλλά αυτό δεν είναι καθόλου εύκολο. Μετά από πολλές διακρατικές διαβουλεύσεις, έχει καταρτιστεί επιτέλους ένα χρονοδιάγραμμα σταδιακής κατάρνησης των ενόχων και η αντικατάστασή τους από άλλα περισσότερα ασφαλή. Η παρουσία τους όμως θα εξακολουθεί να υπάρχει και θα καταστρέφουν το όζον επί πολλά ακόμη χρόνια, αν αναλογιστούμε ότι μόνο τα φυγεία είναι περίπου 1 δισεκατομμύριο και περιέχει το καθένα κατά μέσον όρο από ένα κιλό αερίων, τα οποία αργά ή γρήγορα θα διοχετευθούν αναπόφευκτα στην ατμόσφαιρα και θα φθάσουν κάποτε ως τη στρατόσφαιρα.

Να λοιπόν που από τις αναρίθμητες συναντήσεις με τη Χημεία συνειδητοποιούμε μόνο εκείνες με τις δυσάρεστες επιπτώσεις, ενώ τη συντριπτική θα έλεγα υπεροχή έχουν οι ευτυχείς συναντήσεις. Οι περισσότερες ενώσεις και κατά μείζονα λόγο τα πιο σύνθετα παράγωγά τους γίνονται άμεσα αντιληπτά από τις αισθήσεις μας, επειδή η υλική τους υπόσταση συνοδεύεται από

κάποιο χρώμα, οσμή ή γεύση. Η τέχνη του χημικού συνίσταται στο να μετατρέπει τις διάφορες ενώσεις σε νέες ή σε συνθετότερα υλικά με εξειδικευμένες και χρήσιμες ιδιότητες -είτε αισθητήριες είτε άλλου είδους- ώστε τελικά να έχει ωφέλεια το κοινωνικό σύνολο. “Οι σύγχρονοι αριστοτέχνες της Χημείας γνωρίζουν ότι τα μέταλλα δεν είναι δυνατό να μεταστοιχειωθούν και ότι το ελιξήριο της ζωής είναι μια χίμαιρα. Εντούτοις, έχουν κάνει θαύματα. ανεβαίνουν στα ουράνια, έχουν αποκτήσει νέες και σχεδόν απεριόριστες δυνάμεις”. Το εγκώμιο αυτό των χημικών δεν είναι καθόλου σύγχρονο. Το ανακάλυψα στον “Φρανκεστάιν” της Μαίρυ Σέλλεϋ, γραμμένο το 1818, δηλ. σε μια εποχή που μόλις είχαν τεθεί τα θεμέλια της σύγχρονης Χημείας. Τη δύναμη της Χημείας να επιφέρει θεαματικές μεταμορφώσεις της ύλης απέδωσε με το δικό του τρόπο ο Σουρής πριν 100 χρόνια στο “Φασουλή Φιλόσοφο” με το εξής αμίμητο δίστιχο:

Αν έζης σήμερα και συ κλαψιάρη Ιερεμία,  
Γέλιο τρελό θα σούκανε το κλάμα η Χημεία.

Ίσως εδώ υπάρξει μια ένσταση, οτι δηλ. η μετατροπή του κλάματος σε γέλιο δεν είναι ακριβώς υλικής φύσης. Υπεύθυνες όμως γι’αυτές τις ψυχικές μας διαθέσεις δεν είναι σε τελική ανάλυση παρά ορισμένες ουσίες -χημικά- που παράγει ο οργανισμός με πολύπλοκες διαδικασίες, που μόλις έχουμε αρχίσει να καταλαβαίνουμε. Ο διάσημος Φράνσις Κρικ πολύ πρόσφατα στο βιβλίο του “Η καταπληκτική Υπόθεση” εξηγεί οτι τα συναισθήματά μας, οι αναμνήσεις, οι φιλοδοξίες, η ελεύθερη βούληση, όλα προέρχονται από φυσικοχημικές δράσεις μιας πολυάριθμης συλλογής νευρικών κυττάρων και των συναφών τους μορίων, σε συνδυασμό με ηλεκτρικά φαινόμενα. Αρκετά πιο νωρίς, όμως, ο Α. Koestler, είχε διαισθανθεί ότι “μια σταγόνα λιγότερη ιωδίου στο θυρεοειδή αδένα ή μια μικρή αλλαγή στην ηλεκτρική αντίσταση των γαγγλίων και ο ήρωας γίνεται δειλός, ο πατριώτης προδοτής”.

Ιστορικά, στην εξέλιξη της Χημείας προηγήθηκε η ανάλυση. Η κύρια ερευνητική ασχολία των χημικών υπήρξε αρχικά η ανάλυση των ουσιών και η μέσω αυτής ενστικτώδης προσπάθεια ανακάλυψης νέων στοιχείων. Επίσης, η αρχέγονη μορφή του χημικού επαγγέλματος ήταν ανάλογοι χαρακτήρα, καθώς σχετιζόταν κυρίως με την εξαγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματά τους. Ο Γκαίτε στο μυθιστόρημά του “Εκλεκτικές Συγγένειες”, μας πληροφορεί ότι ένας τιμητικός τίτλος για τους χημικούς της εποχής του ήταν να αποκαλούνται καλλιτέχνες διαζεύκτες. Πράγματι, με λίγη καλή θέληση, μπορούμε να επικαλεστούμε ότι υπάρχει κάποια αναλογία μεταξύ διαζυγίου και χημικής διάσπασης.

Με τον όρο ανάλυση εννοούμε την εξέταση και τον έλεγχο της ύλης -από χημική άποψη- προκειμένου να διαπιστώσουμε τη σύσταση και την καθαρότητά της. Από τα σχετικά συμπεράσματα επωφελούμαστε ποικιλοτρόπως. Η σύσταση ενός μεταλλεύματος, η εξακρίβωση νοθείας στα τρόφιμα, ο έλεγχος της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και των νερών, οι εξετάσεις των σωματικών μας υγρών, όλα είναι αναλυτικές διεργασίες, οι οποίες έχουν τυποποιηθεί μετά από εντατικές έρευνες. Οι χημικοί προσφέρουν συνεχείς υπηρεσίες σ’αυτούς τους τομείς και νομίζω ότι θα ήταν περιττό να τονίσω τη σημασία τους. Περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν ίσως μερικές εξειδικευμένες μορφές της χημικής ανάλυσης. Θα περιοριστώ μόνο στην επιγραμματική παρουσίαση ορισμένων παραδειγμάτων από περιοχές άλλων επιστημών, τις οποίες συνδράμει η Χημεία. Η πιο απλή και διαδεδομένη περίπτωση είναι η μελέτη της σύστασης των υλικών και ιδιαίτερα των ιχνοστοιχείων τους. Αυτού του είδους η ανάλυση βοηθά, μεταξύ άλλων, να εντοπί-

σουμε την προέλευση ενός αντικειμένου -είτε είναι αρχαιολογικό είτε εγκληματολογικό εύρημα, ένα νόμισμα για π.χ. ή μια τρίχα. Επίσης, μπορούμε να αποφανθούμε για την αυθεντικότητα ενός πίνακα ζωγραφικής, από τη σύσταση των χρωμάτων του και να οδηγηθούμε στη σωστή του συντήρηση. Ορισμένα στοιχεία, όπως ο C, το H, το O και το N, απαντούν στη Φύση σε 2 ή 3 ισοτοπικές μορφές, που δεν έχουν σταθερή σχέση. Η ανάλυση αυτών των ισοτόπων ως προς τη σχετική τους αφθονία έχει γίνει δυνατή χάρη στην ανάπτυξη πολύ ευπαθών οργάνων και έχει σημασία στην εξέταση οργανικών κυρίως ενώσεων. Χρησιμοποιείται για την επίλυση παλαιοανθρωπολογικών αλλά και γεωλογικών προβλημάτων, καθώς ο C είναι επίσης συστατικό των ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Ακόμη πιο απαιτητικές, από πλευράς οργάνων και μεθοδολογίας, είναι οι μετρήσεις του ραδιενεργού ισοτόπου του C, που αποτελεί φυσιολογικό συστατικό της ατμόσφαιρας και των ζωντανών οργανισμών. Ο C αυτός έχει ορισμένο χρόνο ζωής -γύρω στα 50.000 χρόνια- και αυτό μας επιτρέπει να υπολογίσουμε την ηλικία διαφόρων ανθρακούχων υλικών- κυρίως οργανικής προέλευσης- κατάλληλα είναι επίσης τα κονιάματα και τα σιδερένια αντικείμενα, όπου ο C απαντά σε μεγάλες ή μικρές ποσότητες.

Το αντίθετο της ανάλυσης είναι η σύνθεση - και όχι μόνο στη Χημεία. Ο Γκαίτε είχε τη διορατικότητα να επισημάνει την αξία της χημικής σύνθεσης στο ίδιο μυθιστόρημα που αναφέραμε, σε μια εποχή όπου δε γίνονταν συνθέσεις, δεν είχε επιτευχθεί ούτε η παρασκευή της ουρίας. Προφητικά αναφέρει ότι η ένωση των ουσιών απαιτεί μεγαλύτερη δεξιοτεχνία και έχει περισσότερη αξία από την αποσύνθεση, ώστε ένας καλλιτέχνης συζεύκτης θα ήταν πολύ ευπρόσδεκτος από την ανθρωπότητα. Η προσφορά των χημικών στο κοινωνικό σύνολο υπήρξε πραγματικά ανεκτίμητη στα χρόνια που ακολούθησαν. Αναπόφευκτα, λοιπόν, μερικά από τα αποτελέσματα της ερευνητικής συνθετικής εργασίας των χημικών αξίζουν να παρουσιαστούν κάπως διεξοδικότερα. Με την ευκαιρία αυτή, δε θα ήταν άσκοπο να αναφερθεί ότι οι θεράποντες της Χημείας δεν υπερβαίνουν τους δυο σε χίλιους εργαζόμενους και από αυτούς βέβαια δεν ασχολούνται όλοι σε δημιουργικούς τομείς.

Ας ξεκινήσουμε με κάτι το φαινομενικά άχρηστο, που δίνει όμως ομορφιά στη ζωή μας και στην ουσία ήταν ανέκαθεν απαραίτητο. Εννοώ τα χρώματα. Ως τα μέσα του περασμένου αιώνα υπήρχαν λίγα φυσικά χρώματα για τη βαφή υφασμάτων, τα περισσότερα φυτικά και ελάχιστα ζωικά. Σε αντίθεση, τα χρώματα επίστρωσης ή πιγμέντα, που ανήκουν κυρίως στον ανόργανο κόσμο, ήταν από καιρό γνωστά σε αρκετή ποικιλία και χρησιμοποιούνταν στη ζωγραφική, στην υαλουργία και στη σμαλτοποιία. Χάρη στα χρώματα αυτά έχουν δημιουργηθεί αναρίθμητα καλλιτεχνήματα, η γνωριμία με τα οποία ως πριν λίγα χρόνια δεν ήταν εύκολη υπόθεση, αφού έπρεπε να επισκεφθούμε τα Μουσεία για να τα απολαύσουμε. Η ανάπτυξη φωτοπαθών χρωμάτων, στα ερευνητικά εργαστήρια ελάχιστων εξειδικευμένων εταιριών, οδήγησε σε μια πραγματική εποποιία της Χημείας, την έγχρωμη φωτογραφία. Μέσω αυτής έγινε δυνατή στη συνέχεια η εκτύπωση - με άλλα, καινούργια χρώματα- βιβλίων που φέρνουν στο σπίτι μας κάθε είδους έργα Τέχνης, συμπεριλαμβανομένων βέβαια και των φυσικών- ένα λουλούδι ή έναν κρύσταλλο όπως φαίνεται στο πολωτικό μικροσκόπιο. Όλα αυτά τα χρώματα είναι οργανικά, όπως και οι βαφικές ύλες, δηλ. ενώσεις που περιέχουν απαραίτητα άνθρακα. Στη Φύση συναντούμε μια τεράστια ποικιλία οργανικών χρωστικών στα έμβια όντα, με διάφορη λειτουργικότητα. Τα περισσότερα όμως δεν είναι κατάλληλα για τη βαφή ινών. Άλλα ξεθωριάζουν από τον ήλιο και άλλα καταστρέφονται από το πλύσιμο, τον ιδρώτα ή το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Η τυχαία παρασκευή ενός συνθετικού χρώ-

ματος, της μωβεΐνης, το 1856 από ένα νεαρό Άγγλο φοιτητή, τον Γ. Πέρκιν, σηματοδοτεί την έναρξη μιας νέας εποχής, στον κόσμο των χρωμάτων αρχικά και στη χημική βιομηχανία γενικότερα, στη συνέχεια. Ο Πέρκιν δεν έχασε καιρό μετά την ανακάλυψη του κατάφερε γρήγορα να την αξιοποιήσει, προχωρώντας στη βιομηχανική της παραγωγή. Σήμερα είναι καταγεγραμμένα γύρω στα 100.000 χρώματα, από τα οποία αρκετά έχουν άλλο προορισμό, μη βαφικό. Για παράδειγμα, έχει προκαλέσει αίσθηση η πρόσφατη σύνθεση μιας οργανομεταλλικής χρωστικής που περιέχει ρουθίνιο· σε συνδυασμό με ένα γνωστό λευκό πιγμένο, το διοξειδίο του τιτανίου, το σύστημα είναι σε θέση να μετατρέπει πολύ αποτελεσματικά το ηλιακό φως κατευθείαν σε ηλεκτρισμό. Έτσι, ελπίζεται ότι θα παρακαμφθεί η σημερινή οδός, που βασίζεται στα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου και είναι πολύ ακριβή, επειδή το πυρίτιο πρέπει να έχει εξαιρετική καθαρότητα: σε κάθε δεσεκατομμύριο ατόμων του δεν επιτρέπεται η ύπαρξη παρά μόνο ενός ατόμου άλλου στοιχείου.

Μαζί με τα χρώματα πάνε συνήθως και τα άρωματά. Πρόκειται επίσης για οργανικές πτητικές ενώσεις, μεγάλης ποικιλίας, αλλά και γοητείας. Η Φύση είναι πλούσια πηγή αρωμάτων, τα οποία εμείς επιδιώκουμε απλώς να απομονώσουμε και να αναμιγνύουμε για τη δημιουργία νέων συνδυασμών, πιο ελκυστικών. Συνεπώς, η τέχνη του αρωματοποιού δεν χρειαζόταν ως τώρα πολλή Χημεία. Επειδή όμως αρκετά αρωματικά συστατικά έχουν σχετικά απλή δομή, είναι σήμερα προτιμότερο να φτιάχνουμε ορισμένα με συνθετικούς τρόπους, παρά να τα προμηθευόμαστε από φυσικά αιθέρια έλαια ή άλλες πρώτες ύλες πιο δυσπρόσιτες, όπως εκκρίματα ζώων. Πολύ συχνά τα φυσικά αρωματικά συστατικά είναι πολύπλοκα μίγματα. Στην περίπτωση της φράουλας έχουν ανιχνευθεί πάνω από 800 διαφορετικές ενώσεις. Τα πράγματα πάντως δεν είναι άλλες φορές τόσο περίπλοκα, π.χ. το ροδάκινο έχει μόνο 24 ουσίες, που είναι εύκολο να τις φτιάξουμε συνθετικά και να μιμηθούμε στην εντέλεια το άρωμά του, χωρίς μάλιστα να υπάρχει κάποιος απλός τρόπος για να διαπιστωθεί η συνθετική οδός -παρά μόνο με τη χρησιμοποίηση ευαίσθητων φασματοσκοπικών μεθόδων. Κάτι ανάλογο συμβαίνει στην περίπτωση προσθήκης αλκοόλης στο κρασί, πράξη απαγορευμένη από το νόμο. Μπορούμε με τις κατάλληλες μεθόδους όχι μόνο να καταλάβουμε τη λαθροχειρία, αλλά και να αποφανθούμε αν η αλκοόλη προέρχεται από το πετρέλαιο ή τη ζάχαρη. Με την ευκαιρία, αξίζει να αναφερθεί ότι τα αρωματικά συστατικά του κρασιού ξεπερνούν τα 200 και αποτελούν ανεξάντλητη πηγή ερευνών, δεδομένης της μεγάλης ποικιλίας των κρασιών.

Θα σταθώ όμως κάπως περισσότερο σε μια ιδιότυπη κατηγορία αρωμάτων: τις πτητικές ουσίες που εκπέμπουν τα έντομα. Από μας δε γίνονται αισθητές, επειδή οι ποσότητές τους είναι πολύ μικρές, πολύ πιο κάτω από τα όρια ευαισθησίας των οσφρητικών μας κυττάρων. Τα έντομα όμως, που υπερέρχουν σε πολλά σημεία από τον άνθρωπο, έχουν πιο ανεπτυγμένους μηχανισμούς όσφρησης: ανταποκρίνονται σε απειροελάχιστες ποσότητες και μέσω αυτών των ουσιών αποκαθιστούν μεταξύ τους μια στοιχειώδη επικοινωνία. Ονομάζουμε φερομόνες το σύνολο των ουσιών που εκπέμπουν τα θηλυκά για να προσελκύσουν τα αρσενικά. Οι αρχικές έρευνες είχαν καθαρά ακαδημαϊκό ενδιαφέρον, και οι ερευνητές αντιμετώπιζαν δυσκολία στη συλλογή του υλικού. Με την πρόοδο στις τεχνικές της Χημείας και την επινόηση φασματοσκοπικών μεθόδων μεγάλης χρησιμότητας στην παροχή δομικών πληροφοριών, χρησιμοποιώντας ελάχιστες ποσότητες ουσιών, σήμερα είμαστε σε θέση να μελετήσουμε τις φερομόνες σχετικά εύκολα. Επειδή η συνθετική τους παρασκευή είναι εφικτή, οδεύουμε προς μια εποχή, όπου τα εντομοκτόνα θα α-

ντικατασταθούν από τις φερομόνες - και μάλιστα για κάθε βλαβερό έντομο, θα υπάρχουν ξεχωριστές φερομόνες. Ο καλύτερος τρόπος εφαρμογής τους είναι ο εξής: οι ουσίες εγκλωβίζονται σε μικρά σφαιρίδια αφρώδους πλαστικού ή κάποιου ανάλογου υλικού και το χωράφι ψεκάζεται από τον αέρα. Καθώς θερμαίνονται από τον ήλιο, οι φερομόνες εξατμίζονται οιγά-οιγά και αποπροσανατολίζουν τα αρσενικά, που δεν ξέρουν προς τα που να πρωτοκατευθυνθούν. Αντιμετωπίζοντας λοιπόν φοβερά διλήμματα χάνουν τελικά την ευκαιρία να ζευγαρώσουν και ο πολλαπλασιασμός τους μειώνεται δραστικά. Με τις οσμές επικοινωνούν επίσης πολλά ζώα, ενώ στον άνθρωπο έχει ατονήσει αυτή η ατελής μορφή πληροφόρησης. Πάντως, από πειράματα που έχουν γίνει σε σχέση με τις διαστημικές πτήσεις, έχει διαπιστωθεί ότι εκπέμπουμε, κυρίως με τη διαπνοή, μια ποικιλία ουσιών, γύρω στις 300. Μερικές από αυτές έχουν πολύπλοκη δομή, όπως αυτές που ανήκουν στα στεροειδή, την ίδια κατηγορία με τις σεξουαλικές ορμόνες. Άλλες πάλι είναι απλούστερες, όπως η ακετόνη και το τολουόλιο. Ο καθένας μας φαίνεται ότι έχει τη δική του ταυτότητα ως προς τις εκπεμπόμενες ουσίες, σε αριθμό και σχετική αφθονία.

Η αποθέωση της χημικής σύνθεσης και της χρησιμότητας νέων ενώσεων ανήκει ασφαλώς στα φάρμακα, μια ιδιότυπη κατηγορία χημικών, που μπορεί να θεωρηθούν ως κοινωνικά αγαθά και ταυτόχρονα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας. Χιλιάδες ερευνητών στα εργαστήρια λίγων εταιριών-κολοσσών συνθέτουν ακατάπαυστα οργανικές ενώσεις, με την ελπίδα να φτιάξουν αποτελεσματικά φάρμακα για τις πολυάριθμες ασθένειες που τυραννούν την ανθρωπότητα. Σήμερα ο ερευνητής δεν επαφίεται αποκλειστικά στην τύχη, όπως παλιότερα. Με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι σε θέση να σχεδιάζει δομές ενώσεων με κάποια εγγύα δραστηριότητας, για να αντιμετωπιστεί μια ανωμαλία όπου υπάρχουν δεδομένα του τι περίπου συμβαίνει σε μοριακό επίπεδο. Αυτό βέβαια δε σημαίνει ότι βρίσκονται εύκολα τα νέα φάρμακα. Από 10.000 ενώσεις που πρέπει κατά μέσον όρο να συντεθούν, μόνο μια θα αποτελέσει τελικά το πετυχημένο φάρμακο, με ένα τεράστιο κόστος.

Μια μεγάλη κατηγορία φαρμάκων προέρχονται από τη Φύση από φυτικά κυρίως αλλά και ζωικά προϊόντα. Πολλοί ερευνητές ασχολούνται ειδικά σ' αυτόν τον τομέα, με λαμπρά αποτελέσματα. Συνήθως ξεκινούν με οδηγό λαογραφικές, εθνολογικές και ανθρωπολογικές μελέτες, οι οποίες παρέχουν ενδείξεις θεραπευτικής δράσης για κάποιο συγκεκριμένο φυτό. Τολμηροί επιστήμονες δε διστάζουν να ταξιδέψουν σε απόμακρες περιοχές για να εξοικειωθούν με την τοπική χλωρίδα και τις θεραπευτικές εφαρμογές της. Εκεί θα συλλέξουν τις πρώτες ύλες για να τις μελετήσουν αργότερα στο εργαστήριο, να διαπιστώσουν τι ακριβώς κάνουν, πώς είναι δομημένες και πώς μπορεί να παρασκευασθούν συνθετικά, αυτούσιες ή σε παραλλαγές.

Στη σύγχρονη χημική έρευνα έχει γίνει φανερό ότι κατέχει περίοπτη θέση η οργανική σύνθεση, στην οποία χρωστάμε και την παρασκευή των περισσότερων φαρμάκων. Όταν υπάρχει ήδη για μια ένωση δόκιμος τρόπος παρασκευής της, που περιγράφεται στη χημική βιβλιογραφία, η σύνθεσή της είναι σχετικά απλή διαδικασία, έστω και αν χρειάζονται μερικές εβδομάδες για να ολοκληρωθεί. Εφόσον ακολουθείται πιστά η "συνταγή", μπορεί να εκτελεσθεί από έμπειρους χημικούς χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Την απλή ασπιρίνη μπορεί να παρασκευάσει ακόμη και ένας φοιτητής της Χημείας μέσα σε ένα απόγευμα. Όταν όμως επιχειρείται η σύνθεση μιας ένωσης για πρώτη φορά, τα πράγματα αλλάζουν. Η κάθε απλή αντίδραση που θα δοκιμαστεί παρουσιάζει προβλήματα και ο κανόνας είναι να μην πετυχαίνει με την πρώτη φορά. Όσο η δομή

της ένωσης γίνεται πιο σύνθετη, τόσο τα προβλήματα μεγαλώνουν, σε σημείο ώστε συχνά πρέπει να επινοηθούν τελείως νέες αντιδράσεις.

Οι εντυπωσιακές δομές των περισσότερων φυσικών προϊόντων, σε συνδυασμό με την πιθανή αξιοποίησή τους στη θεραπευτική, τα καθιστούν ένα στόχο-πρόκληση για τους ερευνητές χημικούς. Σε μεγάλο βαθμό η οργανική σύνθεση σήμερα αφορά κυρίως την παρασκευή ενώσεων αυτής της κατηγορίας ή παραλλαγμένων μορφών τους ή βιομιμητικών αναλόγων. Η σύλληψη μιάς τέτοιας σύνθεσης περιλαμβάνει μια ακολουθία πολλών σταδίων, με μία ή περισσότερες αντιδράσεις για το καθένα. Πρόκειται για μια νοητική λειτουργία, όπου εκτός από απέραντες γνώσεις, χρειάζεται επίσης ένα είδος ενόρασης, χάρισμα που απαντάται σε λίγους εκλεκτούς. Δε θα ήταν υπερβολή να πούμε, ότι βρισκόμαστε σε μια δημιουργική έκφραση, που άφοβα μπορεί να συγκριθεί με την καλλιτεχνική δημιουργία. Η ίδια η λέξη-σύνθεση-χρησιμοποιείται επίσης για ένα μουσικό κομμάτι, ένα ζωγραφικό πίνακα, ένα ποίημα και μια χημική ένωση. Εντούτοις, ακόμη και το λαμπρότερο διανοητικό επίτευγμα χημικού σχεδιασμού δεν έχει αντίκρουσμα, αν δεν υλοποιηθεί στη συνέχεια. Εδώ τώρα αρχίζει ο ρόλος του πειραματιστή, που καλείται να εκτελέσει μια αλληλουχία δεξιολογικών διεργασιών, χειρωνακτικών κατά κύριο λόγο, επιστρατεύοντας όμως παράλληλα το κριτικό του πνεύμα και την επινοητικότητα του και εφαρμόζοντας γνώσεις θεωρητικές και πρακτικές. Όλα αυτά είναι δυνατό να γίνουν από ένα μόνο πρόσωπο, κάτι όμως που συμβαίνει πολύ σπάνια. Ο επιμερισμός της εργασίας και η συλλογική προσπάθεια είναι κανόνας στην οργανική σύνθεση, όπου ο ώριμος ερευνητής έχει τον επιτελικό ρόλο και οι νεότεροι είναι οι εκτελεστές-πειραματιστές. Μια ακραία περίπτωση συλλογικότητας, καθώς επίσης και πολυπλοκότητας, δυσκολιών και ανάγκης επιμόρφωσης νέων αντιδράσεων, που οδήγησαν σε νέες θεωρίες, αποτελεί η σύνθεση της βιταμίνης Β<sub>12</sub>. Η ένωση αυτή έχει μια εξαιρετικά περίπλοκη δομή. Είναι ζήτημα αν υπάρχουν χημικοί που να την έχουν απομονωμένη. Για την εργαστηριακή της παρασκευή σε ποσότητα λίγων χιλιοστών του γραμμαρίου απαιτήθηκε μια μακροχρόνια προσπάθεια, όπου συνδυάστηκαν το ταλέντο ενός μεγάλου χημικού, του Robert Burns Woodward, με τις ικανότητες 98 συνεργατών του. Η σύνθεση αυτή δεν επαναλήφθηκε ποτέ, γιατί η απομόρφωση της βιταμίνης από καλλιέργειες μυκήτων είναι πολύ εύκολη. Δεν παύει πάντως να αποτελεί ένα αξιοπερίεργο μνημείο της δημιουργικής δύναμης του ανθρώπου.

Κατά τη σύνθεση ενός φυσικού προϊόντος ο χημικός έχει να συναγωνιστεί τα ασυναγώνιστα. Η κυριότερη δυσκολία που αντιμετωπίζει είναι ότι, ενώ οι βιοχημικές αντιδράσεις στη Φύση έχουν μια απόλυτη εξειδίκευση και σε κάθε στάδιο γίνεται μια μόνο συγκεκριμένη μετατροπή, οι αντιδράσεις στο εργαστήριο δίνουν πολλά προϊόντα. Έτσι, χρειάζεται πάντα να απομονωθεί η επιθυμητή ένωση από ένα μίγμα, με διαδικασίες που έχουν μεγάλες δυσκολίες. Παράλληλα, έχουμε σπατάλη πρώτων υλών, αφού τα υπόλοιπα προϊόντα είναι άχρηστα. Αυτό γίνεται έντονα αισθητό σε μιά αλληλουχία αντιδράσεων, όπου το προϊόν αποτελεί στη συνέχεια την πρώτη ύλη της επόμενης αντίδρασης. Αν υπάρχουν πολλά στάδια, όπως είναι ο κανόνας, μόνο ένα μικρό ποσοστό της αρχικής πρώτης ύλης αξιοποιείται, ενώ το υπόλοιπο καταλήγει στον υπόνομο!

Παρόλη τη δεδομένη υπεροχή της Φύσης στις οργανικές συνθέσεις, είναι γεγονός ότι και ο χημικός έχει μερικά πλεονεκτήματα, που κάπως αντισταθμίζουν τη δυσμενή του θέση και του επιτρέπουν να συνθέτει “δύσκολα” μόρια. Κατ’αρχήν επιλέγει τις καταλληλότερες πρώτες ύλες, αφού δεν είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει μια αυστηρά προκαθορισμένη οδό. Ένα αλκαλοει-



δές με φαρμακευτικό ενδιαφέρον, η καρμποθεκίνη, έχει παρασκευαστεί συνθετικά με πάνω από δέκα τρόπους, από διαφορετικές πρώτες ύλες. Ενώ η Φύση εργάζεται πάντα με υδατικό περιβάλλον, εμείς μπορούμε να διαλέξουμε έναν οργανικό διαλύτη, που συνήθως στο εργαστήριο έχει καλύτερα αποτελέσματα από το νερό. Ανάλογα με την αντίδραση, εφαρμόζουμε ήπιες ή δραστηκές συνθήκες, π.χ. η θερμοκρασία μπορεί να κατέβει στους -100 βαθμούς και η πίεση να ανέβει σε αρκετές χιλιάδες ατμόσφαιρες. Επίσης, έχουμε την ευχέρεια να δοκιμάσουμε την επίδραση μιάς πληθώρας καταλυτών, καθώς και διαφόρων μορφών ενέργειας, εκτός από τη θερμότητα, όπως φωτεινή ακτινοβολία, υπερήχους και πλεκτρισμό.

Η φυσική υπεροχή στην αποτελεσματικότητα των βιοχημικών αντιδράσεων οφείλεται στις καταλυτικές ιδιότητες των ενζύμων. Εφόσον είναι δυνατό, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε *in vitro* τα ένζυμα σε μια πληθώρα αντιδράσεων, ακόμη και σε περιπτώσεις που δεν έχουν παρατηρηθεί σε βιοχημικά συστήματα. Άλλοτε πάλι, προσπαθούμε να μιμηθούμε τη Φύση χρησιμοποιώντας διάφορα τεχνάσματα. Για παράδειγμα, φτιάχνουμε ενώσεις που έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν στο εσωτερικό τους μικρότερα μόρια, οπότε μεταβάλλεται σημαντικά η δραστητικότητα των τελευταίων. Η συνθετική χημεία έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί μέσω του ανθρώπου νέες μορφές της ύλης, δηλ. ουσίες με ιδιότητες που άλλοτε μοιάζουν με εκείνες των φυσικών προϊόντων και άλλοτε είναι τελείως καινούργιες και απρόβλεπτες. Ο σχεδιασμός των νέων αυτών ενώσεων έχει συγγένεια με την αρχιτεκτονική, καθώς και στις δυο περιπτώσεις πρόκειται για δημιουργικές “κατασκευές”, με τη διαφορά ότι η κάθε μια πραγματοποιείται με το δικό της τρόπο. Η “κατασκευή” μιας ουσίας που δεν έχει προϋπάρξει έχει την πρόσθετη γοητεία ενός κέρατος της Αράθειας, αλλά και τους κινδύνους ενός κουτιού της Πανδώρας, αφού κανείς δεν είναι απόλυτα σίγουρος από πριν τι είδους ιδιότητες ενδέχεται να παρουσιάσει και πως θα αξιοποιηθούν. Η αλήθεια είναι ότι πρόσφατα έχουν γίνει πρόοδοι και σ’ αυτό το πεδίο, ώστε, εκτός από τα φάρμακα σε κάποιο βαθμό είμαστε σε θέση να παρασκευάσουμε ενώσεις με προκαθορισμένες ιδιότητες.

Η Φύση μας παρέχει ανέκαθεν έτοιμα υλικά ή πρώτες ύλες για τις διάφορες κατασκευές μας. Οι απαιτήσεις των καιρών, εντούτοις, έχουν δημιουργήσει την ανάγκη επινόησης νέων υλικών με εξειδικευμένες ιδιότητες που δεν τις έχουν τα φυσικά υλικά. Αυτές μπορεί να είναι μηχανικές, ηλεκτρικές, μαγνητικές, κ.τ.λ. Είναι λοιπόν φυσικό ότι και στον τομέα αυτό, υπάρχουν πάμπολλα εντυπωσιακά επιτεύγματα, παρόλο που τα υλικά είναι συνήθως αφανή-κρυμμένα στα άδυτα των εργοστασίων ή μέσα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Προσωπικά με γοητεύει η πραγματοποίηση ενός παλιού ονείρου των επιστημόνων, τα συνθετικά διαμάντια. Σήμερα έχουν αποκαλυφθεί τα μυστικά τους και φτιάχνονται μαζικά για βιομηχανική χρήση από μεθάνιο ή άλλες απλές οργανικές ενώσεις. Το διαμάντι (το δάκρυ του άνθρακα κατά τον Balzac) είναι πολύτιμο όχι μόνο ως λίθος, αλλά κυρίως ως υλικό. Η σκληρότητά του είναι ασφαλώς γνωστή σε όλους. Όμως το διαμάντι έχει πρωτιές και σε άλλες ιδιότητες, που το κάνουν ένα αξιοζήλευτο υλικό. Οι ακουστικές του ιδιότητες είναι εξαιρετικές και έχουν αξιοποιηθεί στην κατασκευή διαφραγμάτων τουίτερ στα ηχεία, όπου αποτελούν το άκρον άωτον της τελειότητας. Η θερμική αγωγιμότητα του διαμαντιού είναι σχεδόν πενταπλάσια από εκείνη του χαλκού. Γι’ αυτό μας φαίνεται κρύο ένα διαμάντι, όταν το αγγίζουμε. Ένα λεπτό στρώμα συνθετικής διαμαντόσκονης στην επιφάνεια ενός ημιαγωγού αποτελεί το ιδεώδες μέσο για την απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία των ηλεκτρονικών συσκευών.

Είναι γνωστό ότι το διαμάντι δεν είναι παρά μια μορφή καθαρού άνθρακα. Στη φύση το στοιχείο αυτό απαντάται σε δυο σταθερά ισότοπα και σε ένα ραδιενεργό. Από τα σταθερά ισότοπα το ένα αποτελεί το 1% και στις περισσότερες ιδιότητες, όπως θα περίμενε κανείς, το ελάχιστο αυτό ποσοστό δε θα μπορούσε να έχει κάποια σπουδαία επίδραση. Στους θεωρητικούς όμως αρέσει να ασχολούνται με υποθετικά μόρια και καταστάσεις-προνόμιο που πολλοί θα το ζήλευαν. Υπολόγισαν λοιπόν ότι αν έλειπε αυτό το έλασσον ισότοπο του άνθρακα, η θερμική αγωγιμότητα του διαμαντιού θα ήταν μεγαλύτερη. Οι πειραματιστές αποδέχθηκαν την πρόκληση και βάλθηκαν να φτιάξουν διαμάντια χωρίς καθόλου ισότοπο άνθρακα-13. Όταν το κατάφεραν, διαπίστώθηκε ότι πράγματι η αγωγιμότητά τους ήταν αυξημένη κατά 50%.

Ας μείνουμε όμως για λίγο ακόμη σε άλλες, νέες μορφές του άνθρακα. Μια ολόκληρη νέα τεχνολογία έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια βασισμένη στις ίνες του άνθρακα. Με θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία κατάλληλων πρώτων υλών κατορθώνουμε να φτιάξουμε ένα είδος πολυμερούς άνθρακα που αποτελείται από εξάγωνα, όπως οι βενζολικοί δακτύλιοι του γραφίτη, αλλά σε δυο διαστάσεις. Με μορφοποίηση σε ίνες και σε συνδυασμό με άλλα πολυμερή, πετυχαίνουμε την παρασκευή σύνθετων υλικών που μοιάζουν με το οπλισμένο σκυρόδεμα κι έχουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Ήδη έχουν βρει πολυάριθμες χρήσεις, σε πρακτικό και πειραματικό επίπεδο.

Πολύ πρόσφατη είναι η παρασκευή μιας ομάδας νέων αλλοτροπικών μορφών του άνθρακα, των φουλερενίων. Πρόκειται για σφαιρικά μόρια με 60 ή περισσότερα άτομα άνθρακα, που μοιάζουν με μπάλα ποδοσφαίρου. Οι επιστήμονες επιχειρούν να εισδύσουν στα μυστικά αυτών των συναρπαστικών μορίων και είναι ζήτημα χρόνου η εξαγγελία των πρώτων εφαρμογών. Με την ευκαιρία, ας πούμε ότι τα φουλερένια λόγω της μοναδικής δομής τους απομονώνονται απαλλαγμένα από προσμίξεις και ίσως είναι οι καθαρότερες ουσίες που έχουν ποτέ παρασκευαστεί. Από τις πιο ενδιαφέρουσες ιδιότητές τους είναι η δυνατότητα να εγκλωβίζουν τόσο στο εσωτερικό τους όσο και στα μεταξύ τους διάκενα άτομα μετάλλων· οι ενώσεις που προκύπτουν παρουσιάζουν το φαινόμενο της υπεραγωγιμότητας.

Η καθαρότητα, από γενικότερη άποψη έχει σοβαρές επιπτώσεις στις ιδιότητες των υλικών. Ο πολύ καθαρός σίδηρος είναι άχρηστος, ενώ μια σωστή αναλογία χαλκού-κασσιτέρου μας δίνει μπρούντζο με μηχανικές ιδιότητες πολύ ανώτερες από εκείνες των καθαρών μετάλλων. Κράμα Ti με μόνο 0,1% Ru έχει 100πλάσια αντοχή στη διάβρωση από το καθαρό Ti. Η απόλυτη καθαρότητα είναι πιθανότατα ανέφικτη, υπάρχουν όμως αρκετοί τρόποι που μας επιτρέπουν να περιορίζουμε τις ανεπιθύμητες προσμίξεις στο ελάχιστο ή και αντίστροφα, να προσθέτουμε ίχνη μιας επιθυμητής ουσίας με ελεγχόμενο τρόπο. Ένα παράδειγμα και των δύο περιπτώσεων συναντούμε στο πυρίτιο. Το στοιχείο αυτό είναι πολύ διαδεδομένο στη λιθόσφαιρα, αλλά για να παρασκευαστεί αρκετά καθαρό χρειάζεται πολύς κόπος, με ανάλογη αύξηση της εμπορικής του αξίας. Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε φωτοβολταϊκά στοιχεία, όπως είδαμε, πρέπει να περιέχει ελάχιστες προσμίξεις. Ανάλογης καθαρότητας είναι και το πυρίτιο που χρησιμοποιείται στις ηλεκτρονικές εφαρμογές. Για να αποκτήσει όμως τις επιθυμητές ιδιότητες ημιαγωγού, είναι απαραίτητο να υποστεί μια κατεργασία, κατά την οποία αποθέτονται στην επιφάνειά του ή εμφυτεύονται στο εσωτερικό του, σε ίχνη, άτομα άλλων στοιχείων, όπως του βορίου. Ο κατάλογος των επιτευγμάτων της Χημείας, ιδιαίτερα στα νέα υλικά, είναι εντυπωσιακός. Θα μπορούσε να συνεχιστεί με πολλά ακόμη παραδείγματα, αλλά όπως όλοι οι κατάλογοι, θα καταντούσε βαρετός.

Ως εδώ, έγινε φανερό ότι έχει δοθεί έμφαση στα πρακτικά αποτελέσματα της χημικής έρευνας, για να δικαιωθεί κάπως και ο τίτλος της ομιλίας. Εντούτοις, νιώθω υποχρεωμένος να παρατηρήσω, ότι ένα μεγάλο μέρος της έρευνας γενικότερα έχει να κάνει με “άχρηστα” πράγματα, που μας βάζουν στον πειρασμό να αναρωτηθούμε γιατί να γίνονται, συχνά μάλιστα με κρατική επιχορήγηση. Σε μια σχετική ερώτηση, πριν πολλά χρόνια, ο Benjamin Franklin απάντησε με μια άλλη ερώτηση: σε τι χρησιμεύει ένα μωρό; Θα αρκούσε κανείς να απαντήσει ότι οι σπουδαιότερες ανακαλύψεις στον καιρό τους ήταν απλώς αξιοπερίεργα επιτεύγματα, χωρίς πρακτικές προοπτικές· η “αξιοποίησή” τους ήλθε πολύ αργότερα. Αλλά και χωρίς εφαρμογές, μόνο η αύξηση των γνώσεών μας θα ήταν αρκετή για να δικαιολογήσει μια “άγονη” έρευνα. Ένας κόσμος όπου θα είχαν θέση μόνο χρήσιμα πράγματα, θα ήταν ασφαλώς πολύ φτωχότερος και θλιβερότερος από τον κόσμο που ζούμε.

Ως κατακλείδα της ομιλίας μου, θα ήθελα να δώσω μια πνευματική διάσταση στην κατεξοχήν υλική επιστήμη που είναι η Χημεία. Για να επανέλθουμε στον Φρανκεστάιν, θα συναντήσουμε μια ακόμη σπουδαία παρατήρηση, ότι θα γινόταν πολύ μέτριος χημικός, όποιος παρακολουθούσε μόνο αυτό το τμήμα της ανθρώπινης γνώσης. Αυτό ισχύει για κάθε εξειδικευμένη μορφή γνώσης, που πρέπει να συμπληρώνεται και να εξισορροπείται με κάτι άλλο, εκ διαμέτρου ίσως αντίθετο. Οι θετικές επιστήμες καλό είναι να αντλούν από τις ανθρωπιστικές, αλλά και αντίστροφα. Δε θα ήταν ωστό ένας χημικός να μην έχει διαβάσει τους κλασικούς ποιητές, ούτε όμως και ένας φιλόλογος να αγνοεί τους νόμους της Θερμοδυναμικής.

Αλήθεια, συμβιβάζονται Χημεία και Λογοτεχνία; Στο ερώτημα αυτό η απάντησή μου είναι σαφώς καταφατική. Καθώς τα λογοτεχνικά έργα αντικατοπτρίζουν τους ρυθμούς της ζωής, δεν είναι περίεργο το γεγονός ότι πολλοί λογοτέχνες είναι ενήμεροι για τη χημική κοσμογονία που άρχισε κατά τα μέσα του περασμένου αιώνα και συνεχίζεται με ολοένα και πιο έντονους ρυθμούς ως σήμερα. Χημικά φαινόμενα, έννοιες και ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί από γνωστούς συγγραφείς και ποιητές με τη μορφή παρομοιώσεων, μεταφορών και ποιητικών εικόνων, αλλά και σε απευθείας αναφορές σε πειράματα, ακόμη και κατά φορές και σε τύπους ή χημικές εξισώσεις. Θα χρειαζόταν ασφαλώς μια άλλη διάλεξη για μια ολοκληρωμένη παρουσίαση των σχέσεων Χημείας και Λογοτεχνίας. Περιορίζομαι να επισημάνω δυο κοινά χαρακτηριστικά Χημείας και Λογοτεχνίας: τη δημιουργικότητα και τη φαντασία που τις διέπουν. Εξάλλου, Χημεία και Ποίηση έχουν κατά τον Κόλεριτζ μια ακόμη κοινή ιδιότητα: και οι δυο είναι δυνατό να αποκαλύψουν κρυμμένες αρμονίες, που δε γίνονται άμεσα αντιληπτές. Ο ίδιος ποιητής έγραφε ότι “Η Χημεία είναι ποίηση, υλοποιημένη και πραγματωμένη”.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να σας δώσω μια γεύση του πώς συνδυάζονται Χημεία και Λογοτεχνία με ένα όμορφο ποίημα, που προσφέρεται για ανάλυση και προβληματισμό. Εδώ θα αρκεστώ στη απαγγελία του, με την πληροφορία ότι είναι γραμμένο το 1895, από το Γάλλο Ρενέ Συλλύ-Πρυντόμ.

Rene Sully - Prudhomme  
(1839 - 1907)

## Ο ΓΥΜΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ

Τριγυρισμένος από χημικά ποτήρια, παράξενα σπειράματα,  
Φούρνους και φιάλες με στριφτούς λαιμούς,  
Ο χημικός, εμβαθύνοντας στα καπρίτσια των έλξεων,  
Τους καθορίζει επιδέξια τις ακριβείς τους συναντήσεις.

Ελέγχει τις αγάπες τους, ως τώρα κρυμμένες,  
Ανακαλύπτει και κατευθύνει τις κρυφές τους συγγένειες,  
Τις ενώνει και προκαλεί απότομα διαζύγια,  
Και αποφασιστικά οδηγεί τα τυφλά πεπρωμένα τους.

Δίδαξε με, λοιπόν, να διαβάζω ως τον πάτο του αποστακτήρα σου,  
Σοφέ εσύ, που κατανοείς αυτές τις ισχυρές δυνάμεις,  
Και το εσωτερικό του κόσμου, πέρα απ'όλα τα χρώματα.

Οδήγησέ με, σε παρακαλώ, σ'αυτό το σκοτεινό βασίλειο:  
Είναι ενάντια σε εσωτερικές δυνάμεις που παλεύω.  
Οι εξωτερικές μορφές, υπερβολικά όμορφες, γεννούν μόνο θλίψεις.