

# “Τεχνολογίες αιχμής. Προς το τέλος ενός γόνιμου αιώνα. Προοπτικές για τον αιώνα που έρχεται”

---

Ομιλητής: Α. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

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

Ευχαριστώ πάρα πολύ τον συνάδελφο τον κ. Σέκερη. Είναι υπερβολικά αυτά που είπε για τις δυνατότητες μου, και αισθάνομαι σε δύσκολη θέση, γιατί φοβάμαι ότι θα σας απογοητεύσω.

Το σημερινό θέμα έχει σαν άξονα τα επιτεύγματα της επιστήμης στον πιο μοναδικό αιώνα που έχει ζήσει η ανθρωπότητα: τον 20ο αιώνα ο οποίος τελειώνει. Και λέω τον πιο μοναδικό, γιατί υπολογίζουμε περίπου ότι από την εποχή, πριν περίπου 100.000 χρόνια, που ο *homo sapiens sapiens* στάθηκε στα πόδια του, έχουν περάσει περίπου 400.000 γενιές από τον γαλάζιο πλανήτη μας. Αυτό όμως το οποίο συνέβη τον 20ο αιώνα, είναι κάτι το ανεπανάληπτο. Δεν έχει γίνει ποτέ στην ιστορία της ανθρωπότητας. Αρκεί να σκεφτούμε ότι δεν έχουν περάσει ούτε 100 χρόνια από το 1897, όταν ο Thomson στην Αγγλία πρωτομίλησε για το ηλεκτρόνιο. Ακολούθησε μια σειρά από πολύ προικισμένους επιστήμονες. Ο Becquerel, ο Rutherford, ο Bohr, ο Planck, ο Einstein, ο Heisenberg, ο Dirac είναι μερικοί από τους πρωταγωνιστές της επιστημονικής επανάστασης.

Συγχρόνως ενώ η επιστήμη προοδεύει, αρχίζει να γιγαντώνεται και η τεχνολογία, η οποία αξιοποιεί τα επιτεύγματα της. Πιασμένες χέρι-χέρι τώρα προχωρούν και αλλάζουν τελείως τη μοίρα της ανθρώπινης ζωής. Δηλαδή, ενώ θυμόμαστε όλοι τη μιζέρια στην οποία ζούσε η γενιά της μητέρας μας, ή της γιαγιάς μας, η δική μας ζωή σήμερα έχει αλλάξει, χάρη ακριβώς στις εργασίες οι οποίες έγιναν στους τομείς της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας και κυρίως στην πετροχημεία, τη βιοτεχνολογία, τη μικροηλεκτρονική.

Η επανάσταση αυτή συνεχίζεται, και φυσικά με ρυθμούς οι οποίοι είναι εκρηκτικοί, διότι τους μοναχικούς ερευνητές των αρχών αυτού του αιώνα με τα πενιχρά μέσα, έχουν υποκαταστήσει πολυάριθμες ομάδες επιστημόνων, που συνεχώς πολλαπλασιάζονται, όσο ο καιρός περνάει και οι οποίες διαθέτουν φανταστικό εξοπλισμό. Είναι σίγουρο ότι πάμε για μια εποχή που κανείς δεν μπορεί να προβλέψει ότιδήποτε επάνω στις τεχνολογικές εξελίξεις.

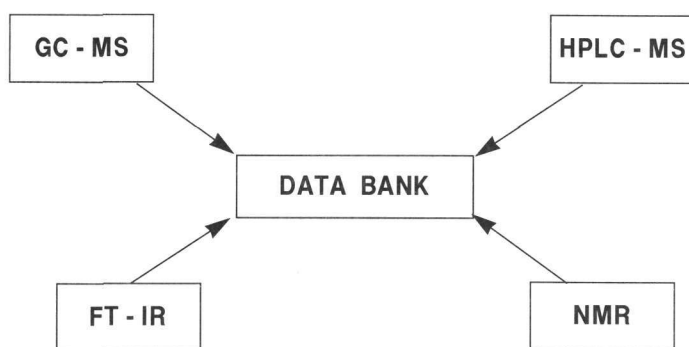
Πιθανόν ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος να μην είχε ξεκινήσει αν δεν είχε δημιουργηθεί στη Γερμανία η χημεία του ακετυλενίου με την οποία παρήχθησαν φθηνά ελαστικά, πλαστικά, συνθετικά νήματα, απορρυπαντικά, χρώματα, φάρμακα, καύσιμα κ.λπ., υλικά απαραίτητα για την πολεμική μηχανή της, δεδομένου ότι η Γερμανία του 1930 δεν διέθετε αποικίες ούτε πρώτες ύλες.

Στο διάστημα του πολέμου και τα επόμενα χρόνια, υπήρξε μια νέα βιομηχανική επανάσταση: η ανάπτυξη της πετροχημείας και η παραγωγή κατά οικονομικό τρόπο πλήθους νέων αγαθών-των οποίων ο κύκλος εργασιών σήμερα υπερβαίνει τα δώδεκα τρισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο. Έτσι τα αγαθά των ολίγων έγιναν προσιτά στους πολλούς και το βιωτικό επίπεδο βελτιώθηκε εντυπωσιακά τουλάχιστον στις περιοχές εκείνες που είχαν την παιδεία και την υποδομή ν'αποδεχθούν τους καρπούς αυτών των γνώσεων. Νομίζω ότι περιττεύει να εξαρθεί η σημασία της μικροηλεκτρονικής στην καθημερινή μας ζωή, αλλά και η συμβολή της στις επικοινωνίες, στην ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας.

Ας εξετάσουμε λίγο πιο συστηματικά το σήμερα και το αύριο στους τομείς που αναμένονται σημαντικές προόδους:

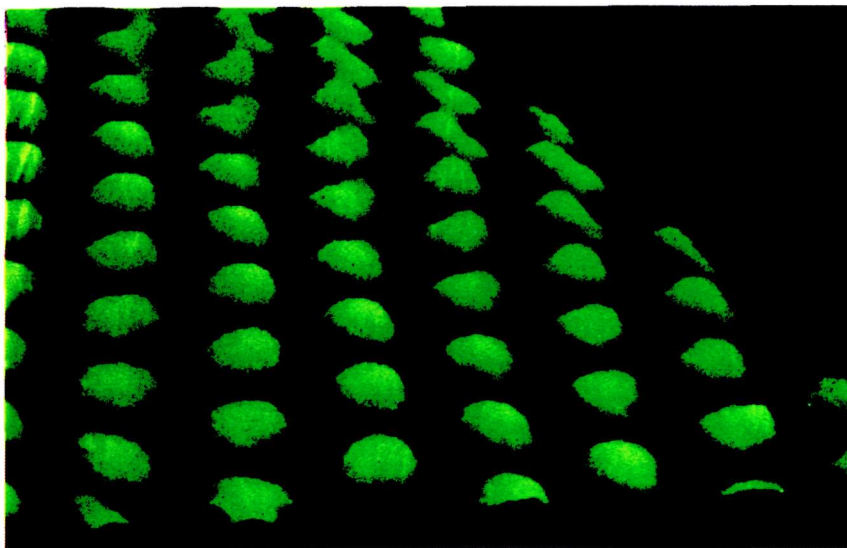
### **Οι αναλυτικές μας δυνατότητες σήμερα και αύριο Προς τη νανοχημεία**

Το σχήμα (1) είναι από μια διαφάνεια η οποία είχε προβληθεί σ' αυτή την αίθουσα, στην ίδια οθόνη, πριν 20 περίπου χρόνια. Τότε λοιπόν ονειρευόμαστε έναν συνδυασμό της αέριας χρωματογραφίας (GC) και της υγρής χρωματογραφίας υπό πίεση (HPLC) με φασματογράφους: μάζας (MS), υπέρυθρου (GC-FTIR), υπεριώδους και NMR. Ο συνδυασμός των παραπάνω οργάνων μ' έναν κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και Data Bank θα ολοκλήρωνε το σύστημα. Αυτά τα συστήματα εδώ και μια δεκαετία αποτελούν τρέχουσα πραγματικότητα.



Σχήμα 1

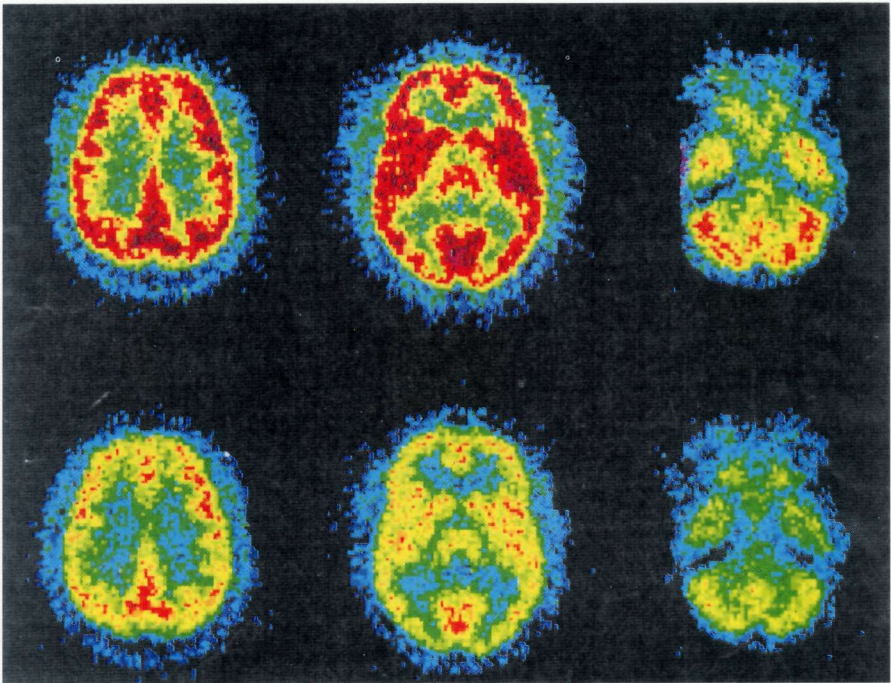
Οι δυνατότητες μας τώρα ως προς την ανάλυση, το διαχωρισμό πολυπλόκων μιγμάτων και προσδιορισμό της δομής, έχουν ξεπεράσει τα όρια και της πιο τολμηρής φαντασίας και ως προς την ακρίβεια, αλλά και την ταχύτητα προσδιορισμού.



Η φωτογραφία έχει ληφθεί με την τελευταία τεχνολογία μικροσκοπίου «αποτελέσματος σήραγγος».

#### Φωτογραφία ατόμων χρυσού

Για πρώτη φορά αντικρίζουμε καθαρά τους δομικούς λίθους της ύλης, τα άτομα που φαντάζουν σαν σφαίρες σε αρμονική διάταξη. Πέρα από εδώ δεν υπάρχει τίποτα απτό. Βρισκόμαστε στα όρια της ορατής ύλης. Ακολουθεί ο κόσμος των υπατομικών σωματιδίων ανάμεσα στην ύλη και στο κύμα. Ένας κόσμος, στο συναρπαστικό βασίλειο των κβαντικών πεδίων, επιστημονικά τεκμηριωμένος, αλλά άυλος. Εδώ, στον απειροστό μικρόκοσμο, στο κατώφλι της ύλης, επικρατεί απόλυτη τάξη, προάγγελος της παγκόσμιας αρμονίας, όπως τ' άτομα διακρίνονται διατεταγμένα σε γραμμές. Αντικρίζοντας το μικρόκοσμο αυτό αισθάνεται κανείς τον ίδιο ίλιγγο που ο Pascal αισθανότανε «στη σιωπή του απέραντου διαστημικού χώρου».



(Από την Ed. D. London - Sc. Amer.)

Η εξέταση των εγκεφαλικών δραστηριοτήτων με τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, PET (Positron Emission Tomography), δίνει εικόνες του εγκεφάλου με τη βοήθεια βραχύβιων ισωτόπων, που εισάγονται στην κυκλοφορία του αίματος. Επειδή ο εγκέφαλος απορροφά μεγαλύτερη ποσότητα ισωτόπων εκεί όπου ο μεταβολισμός (η καύση γλυκόζης) είναι υψηλός, οι εικόνες που φαίνονται στην οθόνη του μηχανήματος PET είναι λαμπρές κόκκινες, σε αντίθεση με τις περιοχές όπου ο μεταβολισμός είναι βραδύτερος και φαίνονται κίτρινες ή μπλε. Στη φωτογραφία φαίνεται καθαρά ότι η κοκαΐνη προκαλεί μείωση του μεταβολισμού της γλυκόζης, όπως φαίνεται από τα μπλε και κίτρινα χρώματα της τομογραφίας χρήστη κοκαΐνης (κάτω). Σ' έναν άνθρωπο που δεν παίρνει ναρκωτικά η εγκεφαλική δραστηριότητα είναι υψηλή, όπως φαίνεται από το λαμπρό ερυθρό χρώμα του PET (άνω). Η κοκαΐνη φαίνεται ότι δρα στο μεσομεταιχμιακό σύστημα, το οποίο κυβερνά τις συγκινήσεις, την πείνα, τη δίψα και το σεξ, και προκαλεί μείωση του μεταβολισμού. Όσο, όμως, χαμηλότερη η μεταβολική δραστηριότητα, τόσο οι χρήστες αισθάνονται εντονότερα τ' αποτελέσματα της κοκαΐνης ή της ηρωΐνης και η εξάρτηση γιγαντώνεται (κάτι ανάλογο προκαλούν και οι αμφεταμίνες, τα βαρβιτουρικά, οι βενζοδιαζεπίνες).

Αν όμως αυτά αφορούσαν τη περασμένη δεκαετία, τώρα μια νέα σειρά οργάνων μάς εισάγει σ' ένα νέο τομέα : την ναυοχημεία. Τα κυριότερα επιτεύγματα στον τομέα αυτόν αναφέρθηκαν σε μια conference που έγινε με την ευκαιρία του ιαπωνικού προγράμματος "Frontier" στο Τόκιο το Γενάρη του 1992. Εκεί είχαν μαζευτεί οι κορυφικοί του κλάδου, ακριβώς για να συζητήσουν τί προοπτικές υπάρχουν για το μέλλον.

Το συμπέρασμα αυτής της συνάντησης ήταν η εδραίωση της πεποιθήσεως ότι είναι δυνατόν πλέον να παρατηρήσουμε και να ελέγχουμε την ύλη σε μοριακή και ατομική κλίμακα, κάτι που είναι συναρπαστικό και συγκλονιστικό από πλευράς δυνατοτήτων. Το πρόβλημα είναι τώρα πότε και πώς η επιστήμη αυτή θα μεταβληθεί και σε εφαρμόσιμη τεχνολογία.

Η συνεργασία φυσικών που ασχολούνται με τη στερεά κατάσταση, με ηλεκτρονικούς, μοριακούς βιολόγους, βιοφυσικούς και χημικούς και οι ανακοινώσεις που έγιναν, δείχνουν ότι δεν είμαστε μακριά για πρακτικές εφαρμογές της ναυοχημείας.

Οι πρώτοι καρποί στην παραπάνω κατεύθυνση άρχισαν να φαίνονται ήδη στη φασματοσκοπία, στη μικροσκοπία, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και την κρυσταλλογραφία με ακτίνες X, για την αποκάλυψη της στερεοδομής των πρωτεϊνικών μορίων.

Στις αιχμές της φασματοσκοπίας βρίσκονται οι εργασίες του Polski και των συνεργατών του. Με τη χρήση μιας νέας συντονισμένης πηγής φωτονίων υπό σύνθλιψη-η οποία υπερτερεί και από τα καλύτερα λέιζερ-παράγεται με τη βοήθεια ενός ισχυρού σαπφείρου τιτανίου ακτίνα λέιζερ στην περιοχή της κυανής ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή περνάει μέσα από ένα καλοσχηματισμένο κρύσταλλο "νιοβικού καλίου". Εκεί μερικά φωτόνια μετατρέπονται σε δίδυμα φωτόνια της μισής συχνότητας με ελάχιστο θόρυβο (τρεις φορές κάτω από τη κβαντική στάθμη). Ετσι ανοίγονται νέοι ορίζοντες στη φασματοσκοπία, που θα μας επιτρέψουν να δούμε καθαρά σε ατομικό και μοριακό επίπεδο. (Σχήμα 2).

Το ενδιαφέρον μας εστιάζεται επίσης στις εφαρμογές της μικροσκοπίας σήραγγος (Scanning Tunneling Microscope). Με αυτό το όργανο είναι δυνατόν να κατευθυνθούμε εκεί που υφίστανται τα καίρια προβλήματα. Δηλαδή στον τομέα της μοριακής βιολογίας, όπου έχουμε να κάνουμε με τον κυκεώνα των μορίων του DNA, των πρωτεϊνικών μορίων, των γλυκοπρωτεϊνών, των υποδοχέων των ορμονών, των νευροδιαβιβαστών, των ομοιοφορικών μορίων και γενικά της διοργάνωσης της ίδιας της ζωής.

Εδώ βέβαια έχουμε μια σημαντική βοήθεια από τη στενή συνεργασία μικροηλεκτρονικής και βιοχημείας. Σκεφτείται ότι τα τελευταία 40 χρόνια , τα τρανζίστορς από τάξη μεγέθους εκατοστών έχουν φθάσει στο  $10^{-4}$  cm. Πάρα πολλά ολοκληρωμένα μικροκυκλώματα έχουν σήμερα περισσότερα από ένα εκατομμύριο τρανζίστορς.

Η μείωση των μεγεθών με τις υπάρχουσες δυνατότητες κατά δέκα έως εκατό φορές, η οποία είναι άκρως πιθανή για τα επόμενα χρόνια, θα μας φέρει σε μεγέθη όπου δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί η κβαντομηχανική κυματοειδής φύση του ηλεκτρονίου. Τα νεότερα τρανζίστορς βασίζονται στο φαινόμενο του συγχρονισμού μονήρων ηλεκτρονίων (Single Electron Tunneling), τα

οποία φαίνεται να πληρούν το νανοηλεκτρονικό όνειρο, ώστε να απαιτείται ένα μόνο ηλεκτρόνιο για κάθε bit πληροφορίας.

Ένα άλλο σημαντικό βήμα αποτελεί η ανακάλυψη των υπεραγωγών που λειτουργούν σε θερμοκρασίες αρκετά υψηλότερες από το απόλυτο μηδέν (270°C). Εδώ βρισκόμαστε σε μια επαναστατική περιοχή την οποία οι θεωρητικοί φυσικοί, δεν συμπαθούν, γιατί θεωρητικά δεν την είχαν προβλέψει. (Υπεραγωγοί είναι, όπως ξέρετε, ουσίες οι οποίες κοντά στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός, παρουσιάζουν μηδενική αντίσταση). Παρά οποιανδήποτε πρόβλεψη, ορισμένα κεραμικά υλικά, όπως μικτά οξειδία του χαλκού, του βαρίου, του υτρίου, ( $YBa_2Cu_3O_7$ ) παρουσιάζουν υπεραγωγιμότητα σε θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες του απόλυτου μηδενός, όπου πλέον δεν είναι ανάγκη να χρησιμοποιήσουμε ήλιο, αλλά το πολύ πιο φθινό και εύχρηστο υγρό άζωτο.

Ορισμένα νεώτερα υπεραγωγίμα υλικά, τα “φουλιρίνια” (Fulerenes) έχουν κάπως περίεργη δομή. Πρόκειται για μια τρίτη μορφή άνθρακα μετά το διαμάντι και το γραφίτη. Πρόκειται συνήθως για δομές με 60 ή 70 άτομα άνθρακα τα οποία στο κέντρο τους είναι δυνατόν να φιλοξενούν άτομα μετάλλων κυρίως της πρώτης ομάδας. όπως π.χ. ρουβιδίου, καϊσίου, καλίου. Οι υπεραγωγίμες αυτές ενώσεις δημιουργούν μια νέα χημεία της οποίας κανείς δεν μπορεί να προβλέψει το μέλλον. (πρβ. σχήμα 3).

Στους υπεραγωγούς βασίζεται ο σύγχρονος “μαγνητοεγκεφαλογράφος” με τον οποίο προσδιορίζονται διαφορισμοί στα απειροελάχιστα μαγνητικά πεδία τα οποία διατρέχουν συνεχώς τον κρανιακό χώρο και διαχέονται στο άμεσο περιβάλλον. Για να συλλάβουμε αυτά τα ασθενικά πεδία ήταν αναγκαίος ένας “υπερευαίσθητος” ανιχνευτής. Τα SQID (Superconducting Quantum Interference Device) έδωσαν αυτή τη δυνατότητα.

Ήδη βρίσκεται προς το τέλος της η κατασκευή ενός “υπερ-μαγνητοεγκεφαλογράφου” με 286 κεφαλές SQID με τον οποίον προσδοκάται ο εντοπισμός των προδρόμων διαδικασιών πριν ακόμα εκδηλωθεί η συγκινησιακή αντίδραση.

Αλλά και μια άλλη, ήδη, εν χρήση τεχνολογία μας επιτρέπει να παρατηρούμε το βάθος του εγκεφάλου, εκεί όπου το μεταχιακό σύστημα, το σύστημα των εστίχτων, της πείνας, των παθών και των ερώτων. Πρόκειται για την τεχνολογία της Positron Emission Tomography (PET). Μ’ ένα ειδικό κράνος όπου υπάρχουν οι ανιχνευτές ποζιτρονίων, είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε τον ανθρώπινο εγκέφαλο σε διάφορες φάσεις του. Η μέθοδος βασίζεται στην ενίαση, στο υποκείμενο πειραματισμού, μιας αλκοόλης, συνήθως βουτανόλης, η οποία αντί να έχει συνηθισμένο οξυγόνο 16, έχει ένα ισότοπό του, το οξυγόνο 15. Στα σημεία του εγκεφάλου που υπάρχει μια εντατική λειτουργία, γίνεται πολύ ζωρή καύση γλυκόζης, και εκπομπή ποζιτρονίων όπως η καύση γίνεται με ισοτοπικό οξυγόνο. (Όπως ξέρετε, ο εγκέφαλος είναι το κατ’ εξοχήν όργανο το οποίο καταναλίσκει τη μέγιστη ποσότητα γλυκόζης, καίει σχεδόν πέντε φορές περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο όργανο του σώματος). Εάν λοιπόν ο εγκέφαλος λειτουργεί κανονικά, τότε παρατηρείται η κόκκινη ένδειξη της εικόνας 4.

Ο εγκέφαλος του ίδιου προσώπου το οποίον είχε το ατύχημα να είναι ναρκομανής, με χρήση κοκαΐνης, παρουσιάζει αντίστοιχα την πολύ διαφορετική εικόνα PET που εμφανίζεται στη εικόνα.

Αυτό το συναρπαστικό επίτευγμα να μπορούμε να παρατηρούμε σε λειτουργία τον ανθρώπινο εγκέφαλο θα μας οδηγήσει ασφαλώς σε μια εξαιρετικά μεγάλη βελτίωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Διότι οι ραγδαίες εξελίξεις στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές μας επέτρεψαν τις εικόνες αυτές. Τώρα όμως αντίστοιχα η δυνατότητα για παρατήρηση του πιο φανταστικού υπολογιστή, του ανθρώπινου εγκέφαλου, κατά την λειτουργία του θα μας βοηθήσει στο μέλλον στον σχεδιασμό των νεώτερων νευρωνικών υπολογιστών. Πρόκειται για ένα μεγαλειώδες πρόγραμμα αλληλοβοηθείας, όπου η μικροηλεκτρονική συμβάλλει στην απεικόνιση των λειτουργειών του εγκεφάλου και αντίστροφα η μελέτη του τελευταίου στην τελειοποίηση των υπολογιστών.

Εάν οι τελευταίες δεκαετίες του αιώνα που φεύγει απομυθοποίησαν το πρόβλημα της δημιουργίας της ζωής, θα έλεγα ότι τον αιώνα που μπαίνει η προσπάθεια θα στραφεί προς την απομυθοποίηση των αισθήσεων και το θέμα αυτό θα το θίξουμε αργότερα.

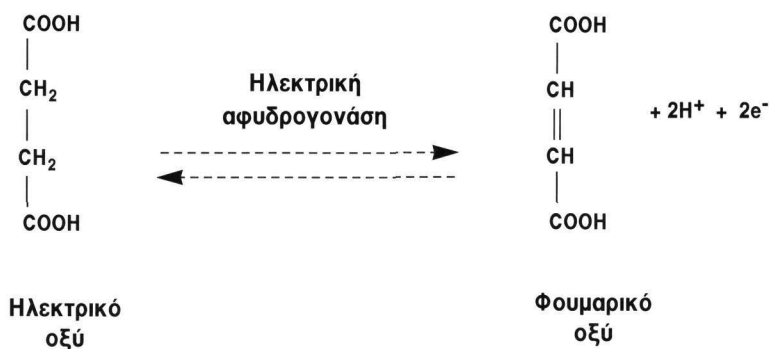
Μέχρι τώρα μιλάγαμε για ψυχές, αισθήματα, σώματα. Αυτά πλέον ίσως-χωρίς να θέλω να υπεραπλουστεύσω- στα επόμενα 20-25 χρόνια θα είναι όλα εντός εισαγωγικών. Ήδη είναι καιρός από τότε που αντί να ισχυριζόμαστε ότι είμαστε ερωτευμένοι, μπορούμε να πούμε ότι έχουμε πλημμυρίσει από γοναδορελίνη, ή αντί του χορτάσαμε, μπορούμε να αναφερόμαστε στο ποσοστό της χολοκυστοκίνινης μας, και ούτω κάθε εξής. Νομίζω ότι πάρα πολύ σύντομα θα μπορούμε να μιλάμε για το πόσο μας αρέσει ένα φαγητό με αριθμούς. Το ίδιο θα μπορεί να συμβεί ακόμα και με την ισχυρότερη των αισθήσεων: την όσφρηση, της οποίας σήμερα οι προσδιορισμοί είναι καθαρά υποκειμενικοί.

## **Προς τα biochips**

Τελειώνοντας σχετικά με τις προόδους της μικροηλεκτρονικής, θα ήθελα ν' αναφερθώ στην συνεργασία της με τη βιοχημεία και με τη φυσική. Μέχρι σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές βασίστηκαν στα "μονολιθικά" ανόργανα τσιπς του πυριτίου ή του αρσενικούχου γαλίου. Σήμερα πλέον προσεγγίζουμε τις άπειρες δυνατότητες των οργανικών μορίων. Οι ανόργανες ενώσεις που είναι γνωστές, είναι μερικές χιλιάδες, μερικές δεκάδες χιλιάδες. Οι γνωστές οργανικές ενώσεις είναι ήδη μερικές δεκάδες εκατομμύρια. Και οι δυνατότητες είναι απεριόριστες.

Εάν λοιπόν μπορούμε να φτιάξουμε ημιαγωγούς οι οποίοι να μη βασίζονται στο πυρίτιο ή το αρσενικούχο γάλλιο, τα ανόργανα δηλαδή μόρια, αλλά σε οργανικά μόρια, τότε θα μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες των οργανικών transistors και των biochips.

Το πρώτο βήμα μπορώ να πω ότι έχει γίνει ήδη με μια μοριακή δίοδο η οποία βασίζεται σε ένα ένζυμο, την ηλεκτρική δεϋδρογονάση. Το ηλεκτρικό οξύ με τη βοήθεια του ενζύμου μετατρέπεται με απόσπαση δύο υδρογόνων-δηλαδή δύο πρωτονίων και δύο ηλεκτρονίων- στο ακόρεστο παράγωγο που είναι το “φουμαρικό” οξύ. Αυτή η αντίδραση δεν είναι αντιστρεπτή. Εάν επομένως, σε ένα υπόστρωμα είχαμε ακινητοποιημένο το ένζυμο και πραγματοποιούσαμε αυτή την αντίδραση, το σύστημα θα δρούσε σαν μια δίοδος λυχνία. Την απλούστερη δηλαδή μονάδα ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. (Υπενθυμίζω ότι η δίοδος βασικά ήταν μια λυχνία η οποία διέθετε ένα ερυθροपुरούμενο νήμα-μέσα σε κενό φυσικά- και στο επάνω μέρος ένα ηλεκτρόδιο, το οποίο εάν μεν εφορτίζετο θετικά η δίοδος λειτουργούσε, γιατί το ηλεκτρόνιο προχωρούσε προς τον θετικό πόλο. Αν εφορτίζετο αρνητικά, η δίοδος ηλεκτρονίων διεκόπτετο).



Επειδή η αντίδραση ηλεκτρικού-φουμαρικού δεν είναι αντιστρεπτή, δηλαδή η μετατροπή φουμαρικού σε ηλεκτρικό δεν γίνεται παρά σε πολύ μικρό ποσοστό, μια τέτοια αντίδραση θα μπορούσε να δράσει όπως μια οργανική δίοδος. Μια πρώτη προσέγγιση, και όχι η μόνη, για την κατασκευή των “biochips”

Οι δυνατότητες στον τομέα αυτόν είναι φανταστικές όπως ανοίγεται ένας νέος κλάδος της οργανικής χημείας. Εδώ πλέον υπάρχει ένας αδυσώπητος αγώνας ανάμεσα σε πανεπιστήμια και στις κολοσιαίες εταιρείες οι οποίες χειρίζονται τα ηλεκτρονικά από την Ιαπωνία μέχρι τη Silicon Valley στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Βέβαια είμαστε ακόμα σε νηπιακή ηλικία, έχουν όμως ήδη αρχίσει πειραματισμοί με ορισμένα βιομόρια που συνίστανται από δέκα χιλιάδες και περισσότερα άτομα, δηλαδή πρωτεΐνες ή μόρια του DNA. Αυτός ίσως είναι ο δρόμος για να δημιουργηθούν μνήμες στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές με βάση οργανικά μόρια.

Συγχρόνως εξελίσσεται η έρευνα στον τομέα των αγώγιμων πλαστικών, όπως τα πολυκετυλένια και τα πολυβινυλιδενο-φαινυλένια. Τα πλαστικά τα έχουμε συνδέσει με ηλεκτρομωτικές ιδιότητες, υπάρχουν όμως και αγώγιμα πλαστικά. Στην οργανική χημεία τίποτα, μα τίποτα δεν είναι παράδοξο.



Προσπάθησα να σκιαγραφήσω πολύ σύντομα τις προσδοκίες μας από τις ραγδαίες εξελίξεις στη μικροηλεκτρονική και της εφαρμογής της στις φυσικές επιστήμες. Υπάρχει όμως μια άλλη επανάσταση-λιγότερο γνωστή-στο θεωρητικό τομέα στην οποία θα πρέπει ν' αναφερθούμε γιατί θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μέλλον:

## **Ανοικτά θερμοδυναμικά συστήματα (Συστήματα μακριά από τη θέση ισορροπίας)**

Αν ο εικοστός αιώνας ξεκίνησε με την κβαντική θεωρία και τις θεωρίες της σχετικότητας, τελειώνει με την εξέταση συστημάτων μη αναστρέψιμων, συστημάτων που βρίσκονται μακριά από τη θέση ισορροπίας, τις θεωρίες του χάους, των διακλαδώσεων (bifurcation) και τη θραυσματική (fractal) γεωμετρία.

Ο 20ος αιώνας τελειώνει με την πεποίθηση που είχε εκφράσει ο Μπότσε, ένας μεγάλος Ινδός φυσικός, στις αρχές του αιώνα, ότι “ο διαχωρισμός των επιστημών σε διαμερίσματα όπως η φυσική, η χημεία, η βιολογία είναι τεχνητός και η αιώνια αλήθεια ανήκει σ' αυτούς που βλέπουν το “ένα” σ' όλες τις μεταβαλλόμενες πολυπλοκότητες του Σύμπαντος”.

Σήμερα, χάρη στη μοριακή βιολογία, χάρη στην ηλεκτρονική, μπορούμε να πούμε ότι οι βασικές γνώσεις περιορίζονται στα ηλεκτρόνια, γενικότερα (τα υπατομικά σωματίδια) και τη θερμοδυναμική, της οποίας οι νόμοι είναι οι ισχυρότεροι τουλάχιστον στον πλανήτη που ζούμε.

Μια επανάσταση, λιγότερο γνωστή, παρ' ότι έχουν δοθεί αρκετά βραβεία Νόμπελ, βρίσκεται σε εξέλιξη. Πρόκειται για τις εργασίες που έκανε ο Il Prigogine και οι συνεργάτες του στο ελεύθερο πανεπιστήμιο των Βρυξελλών σχετικά με τη θερμοδυναμική των χαρακτηριζόμενων ανοικτών συστημάτων, των συστημάτων που βρίσκονται μακριά από τη θέση ισορροπίας.

Όπως ξέρετε, ένας από τους πιο σημαντικούς φυσικούς νόμους γενικής εφαρμογής, είναι ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος. Μεταξύ άλλων αναφέρεται και στην υποβάθμιση της ενέργειας προς άχρηστη θερμότητα. Σε κάθε ενεργειακή μετατροπή δηλαδή, παράγεται συγχρόνως με το ωφέλιμο έργο και υποβαθμισμένη θερμότητα, της οποίας η χρησιμότητα ελαχιστοποιείται όσο η θερμοκρασία της είναι χαμηλότερη.

Εμείς οι άνθρωποι είμαστε ο πιο παρασιτικός οργανισμός που υπάρχει πάνω στον πλανήτη, δεδομένου ότι παρασιτούμε εις βάρος ορυκτών, φυτών και ζώων και δημιουργούμε σημαντικά προβλήματα στο οικοσύστημα και το περιβάλλον. Πρακτικά καταναλίσκουμε οργανωμένη ύλη, που είναι οι τροφές, για να παράγουμε τελικά άχρηστη θερμότητα. Οι ζωικοί δηλαδή οργανισμοί τείνουν να προσλάβουν με τον ευκολότερο δυνατό τρόπο την τάξη, για να την μετατρέψουν σε αταξία, π.χ. σε άχρηστη θερμότητα 36,5°C, που με την ανάσα τους σκορπίζεται στο περιβάλλον, αλλά και ακόμη σε πιο άχρηστες, τις πιο πολλές φορές ιδέες και πράξεις.

Μέτρο αυτής της αποδιοργάνωσης είναι η εντροπία. Εντροπία είναι το μέτρο της αταξίας. Είναι η ροπή η οποία υφίσταται γενικά στη φύση, η τάξη να μετασχηματίζεται σε αταξία. Αυτό το ζούμε καθημερινά. Ένα σπίτι πάρα πολύ δύσκολα χτίζεται, αλλά μπορεί να ανατιναχτεί σε λίγα

δευτερόλεπτα, (στον κόσμο που ζούμε, αυτό είναι πάρα πολύ συνηθισμένο). Οτιδήποτε εάν εγκαταλειφθεί αποδιοργανώνεται και χρειάζεται προσπάθεια για να επαναφερθεί στην τάξη. Συγχρόνως, όλα τα φυσικά φαινόμενα τείνουν προς την εύκολη λύση, ή τουλάχιστον κατά το δυνατόν ευκολότερη. Οι φωτεινές ακτινοβολίες π.χ. ψάχνουν να βρουν την πιο σύντομη διαδρομή. Γι' αυτό το φως διαδίδεται σε ευθεία γραμμή και δεν κάνει γωνίες (ευτυχώς για την όραση μας). Τα ηλεκτρόνια μέσα στα άτομα επιθυμούν και βρίσκονται στη χαμηλότερη δυνατή ενεργειακή στάθμη. Φυσικά και τα ίδια τα άτομα, αφού και τα υπόλοιπα συστατικά, οι πυρήνες τους συμπεριφέρονται ανάλογα. Το ίδιο ισχύει και σε επίπεδο μορίων. Εύκολα πραγματοποιούνται οι πιο αυθόρμητες αντιδράσεις, αυτές δηλαδή που αποβάλλουν ενέργεια, οι εξωθερμικές. Επίσης αυτές που τείνουν προς τη μεγαλύτερη αταξία, προς το χάος. Παρουσιάζουν δηλαδή αύξηση της εντροπίας.

Γιατί ο άνθρωπος, σύνολο μορίων, ατόμων, ηλεκτρονίων, θα ήταν δυνατόν να συμπεριφέρεται διαφορετικά από τα ίδια τα συστατικά του; Γιατί θα επιθυμούσε να καταβάλλει έργο, να βρίσκεται σε ψηλότερες ενεργειακές στάθμες; Γιατί θα προτιμούσε ν' ανέβει αυθόρμητα τις σκάλες ενός ψηλού ουρανοξύστη, όταν υπάρχει ο ανεγκυστήρας, ή ακόμα καλύτερα η αναπαιτική πολυθρόνα; Αυτός είναι ο λόγος που όλοι και όλα επιθυμούν την μέγιστη απόλαυση, καταβάλλοντας το μικρότερο τίμημα.

Δυστυχώς όμως οι κοινωνικές συνθήκες και οι υποχρεώσεις του καθενός προς το κοινωνικό σύνολο είναι εκ διαμέτρου αντίθετες. Εδώ βρίσκεται το μεγάλο κοινωνικό πρόβλημα. Η κοινωνική διαβίωση δημιουργεί υποχρεώσεις τέτοιες που για να εκπληρωθούν πρέπει να βρεθούμε αντιμέτωποι με τους φυσικούς νόμους, με τον ίδιο τον εαυτό μας.

Φαίνεται ότι στη φύση υπάρχει μια θεμελιώδης τάση όλων των υλικών υποστάσεων για συνάθροιση μεταξύ τους, από τα κουάρκ, μέχρι τον άνθρωπο και τα συμπλέγματα των γαλαξιών. Τα υπατομικά σωματίδια, συναθροίζονται για να δημιουργήσουν άτομα. Αν υπάρχουν άτομα κάποτε θα σχηματισθούν μόρια. Ατομα και μόρια δομούν τα άστρα και τους πλανήτες, κι αυτά τους γαλαξίες που συναθροίζονται σε συμπλέγματα γαλαξιών. Τα μόρια προχωρούν σε μακρομόρια και τα τελευταία σε έμβιες μοριακές δομές. Ο σχηματισμός των εμβίων δομών φυσικά δεν κάνει διάκριση: Ο άνθρωπος, όπως και όλοι οι πολυκύτταροι οργανισμοί, αποτελείται από όργανα, τα όργανα από ιστούς, οι ιστοί από κύτταρα. Μερικά τρισεκατομμύρια κύτταρα συνιστούν το ανθρώπινο κορμί. Έχουν όμως όλα τα κύτταρα κάτι κοινό: Τα γονίδια τους που ανεξάρτητα από το ζωικό είδος στο οποίο ανήκουν δεν γνωρίζουν τίποτ' άλλο από την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους.

Όλα λοιπόν γενικώς τείνουν προς την αταξία. Τα έμβια όμως τείνουν από το χάος προς την οργάνωση, προς την αυτοοργάνωση, όπως θα προσπαθήσουμε να δείξουμε όσο πιο σύντομα γίνεται. Πρόκειται δηλαδή περί συστημάτων με αρνητική εντροπία. Και όσο πιο οργανωμένη είναι η ύλη, τόσο η αρνητική εντροπία είναι μεγαλύτερη.

Τα παραδείγματα είναι πάρα πολλά. Γνωρίζουμε π.χ. ότι τα φυτά από τα ακατάστατα μόρια του αέρα και του νερού δημιουργούν αρμονία, τάξη, αρώματα, χρώματα. Κάτι που το χαίρομαστε. Είναι πάρα πολύ εύκολο να καταστρέψεις ένα λουλούδι. Είναι αδύνατον, τουλάχιστον με τα σημερινά μας μέτρα, να το δημιουργήσεις. Ποιός από μας, που επιάρεται μπροστά στα επιστημονικά

και τεχνολογικά επιτεύγματα μας, θα μπορούσε να φτιάξει το μάτι ενός μυρμηγκιού που τόσο εύκολα το πατάμε; Οι δυνατότητες μας είναι μηδαμινές.

Ο Prigogine και οι συνεργάτες του ισχυρίζονται ότι οι παγκόσμιοι νόμοι δεν είναι καθόλου παγκόσμιοι, αλλά εφαρμόζονται μόνο σε ορισμένες περιοχές της πραγματικότητας, και στις τελευταίες η επιστήμη έχει αφιερώσει τις μεγαλύτερες προσπάθειες. Δηλαδή ενώ εμείς γαλουχηθήκαμε με την έννοια της σταθερότητας, της ισορροπίας στα χημικά συστήματα, στα κλειστά συστήματα γενικά, στη αντιστρεψιμότητα και στις γραμμικές σχέσεις, ο Prigogine επικεντρώνεται σε καταστάσεις οι οποίες αφθονούν στη φύση και δεν τις προσέχαμε, όπου η μη αντιστρεψιμότητα παίζει πάρα πολύ σημαντικό ρόλο.

Σε συστήματα ανοιχτά, όπως είναι τα ζωικά συστήματα. Κάθε ζωντανός οργανισμός είναι ένα ανοιχτό θερμοδυναμικό σύστημα, εφόσον έχει την ικανότητα να επικοινωνεί πληροφοριακά με το περιβάλλον, αλλά και να προσλαμβάνει απ' έξω υλικά και ενέργεια και τα χρησιμοποιεί για να εκδηλώσει τη ζωή του.

Είναι περίεργο, αλλά τα συμπεράσματα του Prigogine οδηγούν και σε οικονομικά συμπεράσματα. Διότι ενώ εμείς είχαμε συνηθίσει σε μικρές εισροές και μικρά αποτελέσματα, τώρα μετά τις τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις που άλλαξαν τη ζωή μας, συνηθίσαμε στις μεγάλες εισροές ενέργειας, κεφαλαίων, εργασίας, όπου η πληροφορία και η καινοτομία αποτελούν κρίσιμες δυνάμεις. Και φυσικά ήταν μοιραίο με τις νέες αυτές προοπτικές να αλλάξουν τελείως και τα πρότυπα.

Ο σεισμός που προκάλεσε ο Max Planck στις αρχές του αιώνα εισάγοντας την έννοια των κβάντα και ο Einstein με την ειδική θεωρία το 1905 και τη γενική θεωρία της σχετικότητας το 1915, μας έδωσαν τελείως νέες διαστάσεις. Η φυσική από αιτιοκρατική νευτώνια μετατράπηκε σε πιθανοκρατική. Και συγχρόνως αρχίσαμε να πετάμε πολύ περισσότερο απ' ότι τα φτερά μας μπορούσαν να μας επιτρέψουν.

Βλέπουμε δηλαδή, ότι αυτοί οι νόμοι, τους οποίους εμείς οι άνθρωποι έχουμε υιοθετήσει, οι κλασικοί νόμοι της φυσικής, ισχύουν στο μέτριο κόσμο των δικών μας μέτρων που μετράει σε δευτερόλεπτα, σε εκατοστά, σε γραμμάρια ή χιλιόγραμμα. Δεν έχει όμως καμιά σχέση με τους νόμους της σχετικότητας που εφαρμόζονται στο διαστημικό χώρο ή με τη φυσική των κβάντα που εφαρμόζεται στις υποατομικές περιοχές.

Ετσι λοιπόν ο Prigogine ταραξίζει άλλη μια φορά τα νερά, λέγοντας ότι τα κλειστά συστήματα αποτελούν ένα μέρος της πραγματικότητας του σύμπαντος. Η ζωή ανήκει στα ανοιχτά συστήματα και τα βιολογικά συστήματα είναι ανοιχτά.

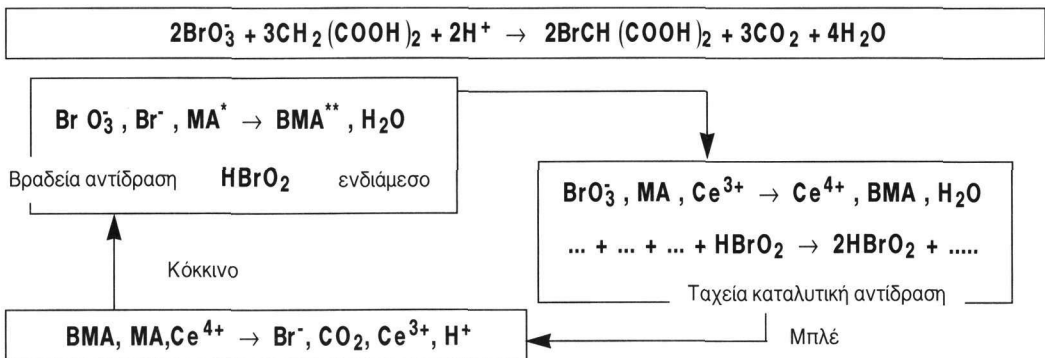
Τα συστήματα που εξετάζονται από τον Prigogine είναι μη αναστρέψιμα συστήματα μακριά από τη θέση της ισορροπίας, με μη γραμμικές σχέσεις, συστήματα που διαθέτουν χρονικότητα. Στη χημεία ή έννοια χρόνος μέχρι τώρα έπαιζε μικρό ρόλο. Από δω και πέρα, με την εισαγωγή των νέων εννοιών, ο ρόλος του γίνεται σημαντικός. Δηλαδή η χρονικότητα εμφανίζεται και δημιουργεί μια μεγάλη ευαισθησία στη ροή του χρόνου. Σε συνθήκες μακριά από τη θέση της ισορ-

ροπίας βλέπουμε ότι πολύ μικρές διαταραχές ή διακυμάνσεις γίνονται γιγάντια κύματα που συντρίβουν δομές και δημιουργούν τις δυνατότητες για αυτοοργάνωση. Με άλλα λόγια για την εμφάνιση της ζωής.

Με διεργασίες αυτοοργάνωσης είναι δυνατόν να προέλθουν αυτόματα από την αταξία και το χάος, η οργάνωση, η τάξη και η αρμονία. Κατά την θεωρία αυτή όλα τα συστήματα περιέχουν υποσυστήματα που συνεχώς δονούνται, κυματίζουν σε κάποια μοναδική στιγμή, ή σημείο διακλάδωσης\*. (Ο όρος “διακλάδωση” είναι από την “bifurcation theory”, που αποτελεί εξέλιξη της κλασικής ευκλείδειας γεωμετρίας).

Σε κάποια μοναδική στιγμή δηλαδή, ή σημείο διακλάδωσης, ένας κυματισμός ή συνδυασμός κυματισμών, αποκτά τόση δύναμη ώστε συντρίβει την προϋπάρχουσα οργάνωση. Και τότε δεν είναι δυνατόν να προκαθορίσουμε εάν το σύστημα θα συντριβεί φτάνοντας σε κατάσταση χάους ή θα μεταπηδήσει σε ανώτερη τάξη και αυτοοργάνωση. Αυτό που ο Prigogine έχει ονομάσει “σκεδαστικές δομές” (dissipative structures) είναι αυτές που δημιουργούν τάξη μέσα από το χάος. Οπως τα νερά που κυλάνε ήρεμα στην πεδιάδα για να μετατραπούν σε μια στροβιλώδη - φαινομενικά χαοτική ροή - καθώς ροβολάνε παρακάτω στα βράχια σε μορφή καταρράκτη, ροή που σε μικροσκοπική κλίμακα υπκρύπτει αυτοοργάνωση.

Εμείς οι χημικοί παλιά, και τώρα ακόμα μαθαίνουμε συνήθως τί συμβαίνει στην κατάσταση ισορροπίας. Αλλά μακριά από την κατάσταση ισορροπίας συμβαίνουν τέρατα και σημεία, τα οποία δεν είχαν παρατηρηθεί στο παρελθόν. Οι παρακάτω εικόνες δίνουν μια γεύση τέτοιων καταστάσεων. (Ορισμένες από αυτές είναι παρμένες από το δικό μας εργαστήριο).

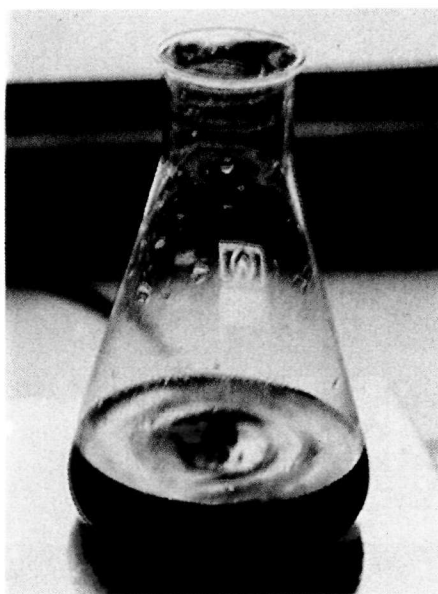


\* MA = Μηλονικό οξύ  
 \*\* BMA = Βρωμομηλονικό οξύ

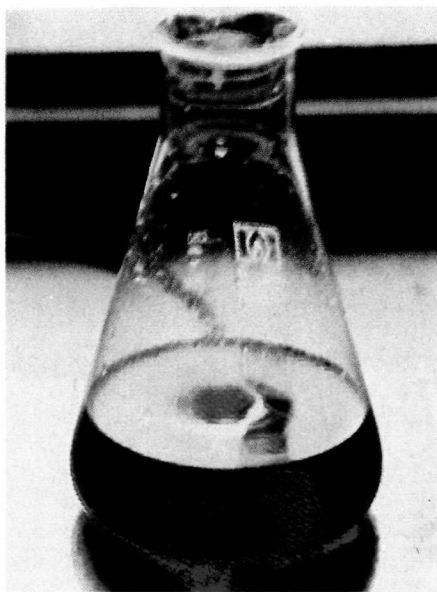
### *Η αντίδραση Belousov - Zhabotiuski*

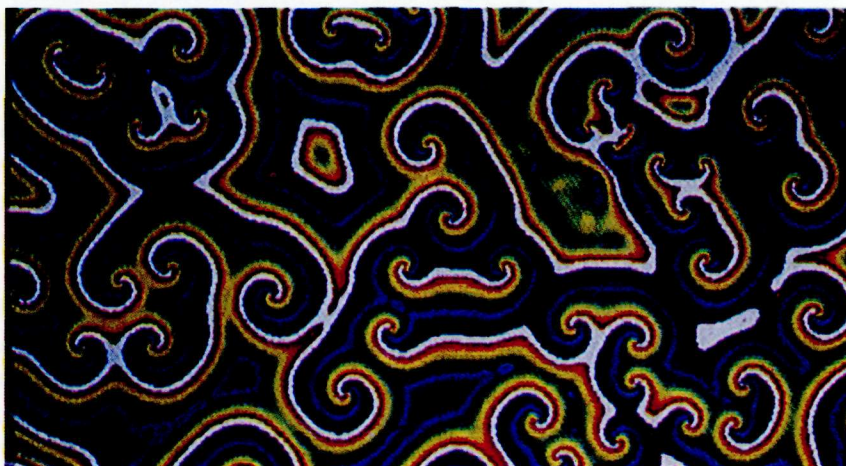
Η απλή κωνική φιάλη της εικόνας 5 περιέχει διαλύματα μιας χρωστικής, μπλονικού οξέος και βρωμικού καλίου. Πρόκειται για τις αντιδράσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται και ως χημικά εκκρεμή ή αντιδράσεις Belousov-Zhabotinski (B-Z) και είναι δημοσιευμένες σε πάρα πολλά περιοδικά.

\*Οι αστάθεις δημιουργούνται σε σημεία διακλαδώσεων όταν μια χαρακτηριστική κίνηση ενός συστήματος διαχωρίζεται σε νέες κινήσεις καθώς μια παράμετρος μεταβάλλεται.

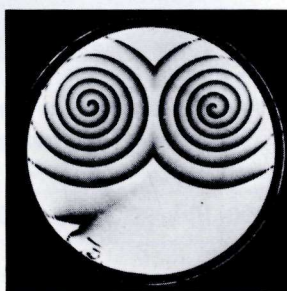
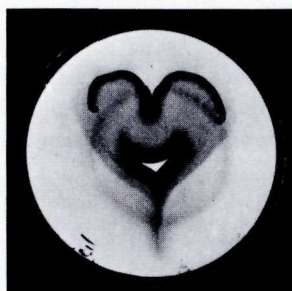


*Αντίδραση Belusov - Zabolinski σε εξέλιξη. Πά ν ω σε φάση «κόκκινη», κ ά τ ω «κυανή». Η μετάπτωση από το κόκκινο στο κυανό είναι περιοδική. Πρόκειται για ένα χημικό εκκρεμές.*



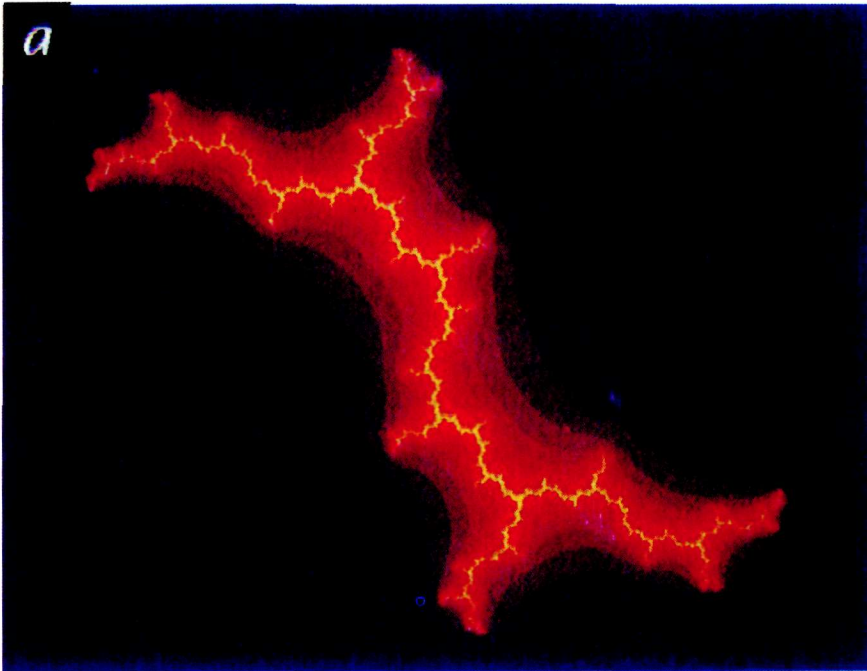


Αντίδραση B-Z σε petri. Φαίνονται τα «κυκλοτερή χημικά κύματα», τα οποία δημιουργούν αρμονικά σχήματα και μαϊάνδρους.



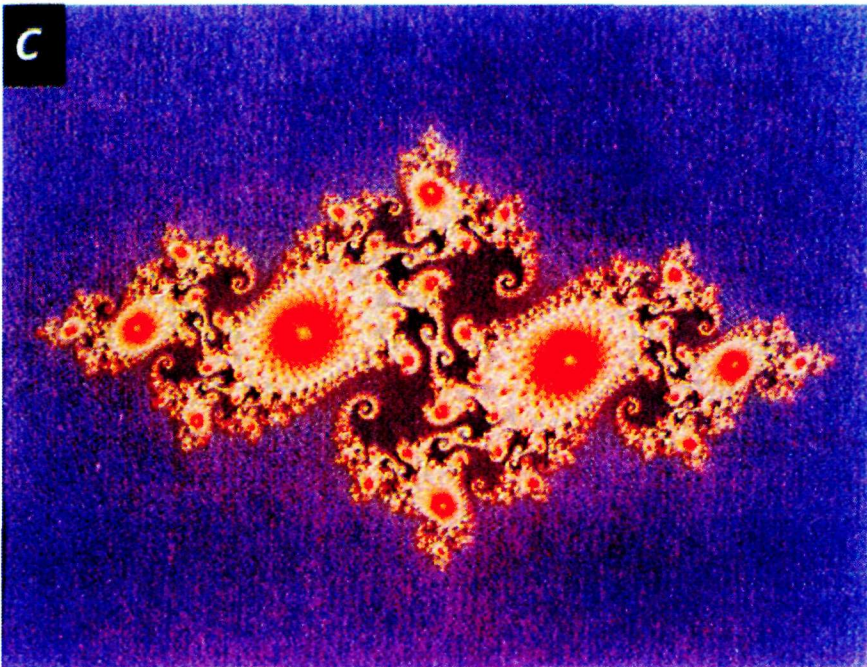
Μερικές χημικές αντιδράσεις παρουσιάζουν περιοδικότητα. Στην πιο πάνω εικόνα φαίνονται τα στάδια μιας αντίδρασης Belusov - Zabolinski σε διάφορους χρόνους μετά την έναρξή της. Στο κάτω μέρος είναι φωτογραφία ενός κοχυλιού που βρίσκεται στους γιαλούς της Σίφνου. Η ομοιότητα είναι χαρακτηριστική. Ίσως ο σχηματισμός του κελύφους ν' ακολουθεί τέτοιους ρυθμούς.



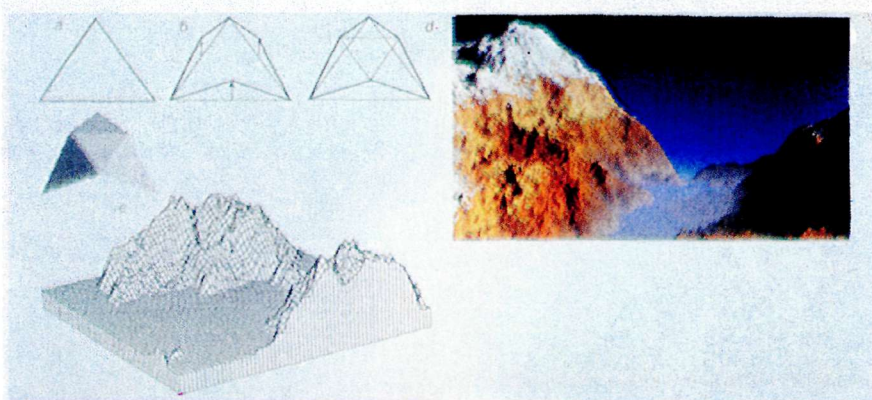


(Από τον H. Jürgens - Sc. Amer.)

Ακολουθώντας έναν απλό νόμο, και σε συνάρτηση με μια «παράμετρο ελέγχου», είναι δυνατόν συνδυαστικά να προκύψουν σχήματα όπως της εικόνας και ακόμα πολυπλοκότερα.

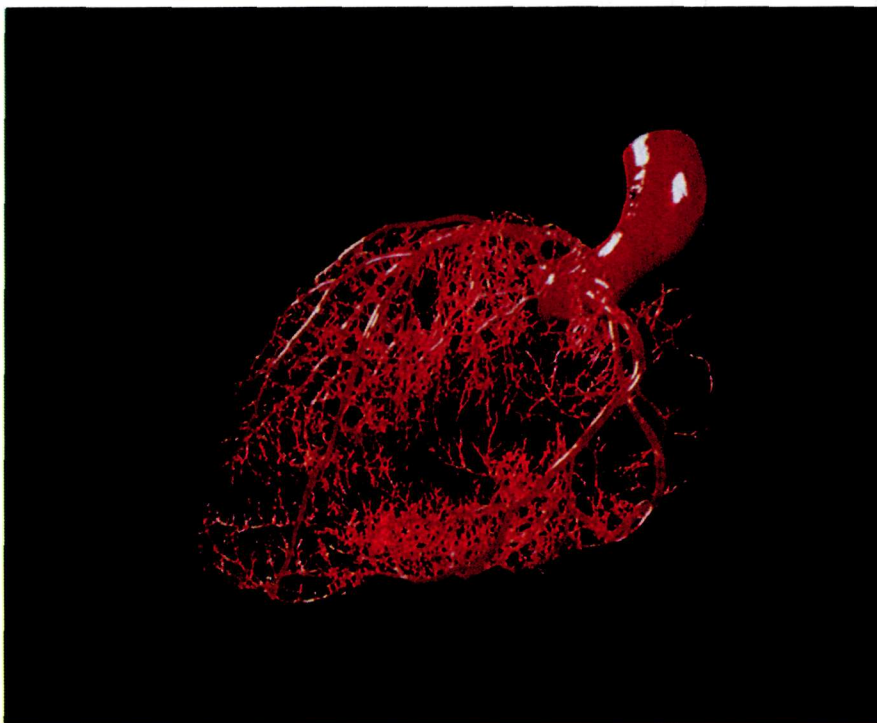


(Από τον Richard F. Voss / IBM Research - Sc. Amer.)



Με τη θραυσματική τοπογραφία είναι δυνατόν ν' αναπαρασταθεί π.χ. τμήμα μιας οροσειράς. Τα μεσαία σημεία των ακμών (πλευρών ενός τριγώνου) (a) συνδέονται με τμήματα γραμμών και κινούνται πάνω-κάτω, έξω απ' το επίπεδο της εικόνας (b). Έτσι δημιουργούνται τέσσερα μικρότερα τρίγωνα, κι αυτό είναι δυνατόν να επαναλαμβάνεται, ακολουθώντας κάποια νομοτέλεια – ο υπολογιστής μ' ένα κατάλληλο πρόγραμμα είναι δυνατόν ν' απεικονίσει τώρα το τμήμα.

(Από Α. Στ. Σταυρού, Η νύκτα του Α)



(Από τον B. Sobel - Sc. Amer.)

Θραυσματική υφή των αιμοφόρων αγγείων της καρδιάς.

(Από Α. Στ. Σταυρού, Η νύκτα του Α)



Αν οι ουσίες  $\text{BrO}_2$ ,  $\text{MA}$ ,  $\text{Ce}^3$ , χρωδική, αναμιχθούν το διάλυμα έχει ένα άλικο κόκκινο χρώμα. Υστερα όμως από ορισμένα δευτερόλεπτα, τα οποία τηρούνται με μαθηματική ακρίβεια, μετατρέπεται σε μπλε. Μετά ορισμένα δευτερόλεπτα ξαναγίνεται κόκκινο. Πρόκειται δηλαδή για ένα χημικό εκκρεμές. Εάν τώρα πάρετε λίγο απ' αυτό το υλικό και το βάλετε σ' ένα σύνθηες τριβλείο απ' αυτά που χρησιμοποιούμε στα βιοχημικά και βιολογικά εργαστήρια, τότε θα σχηματιστούν αυτές οι απίθανες εικόνες τάξης τις οποίες βλέπετε (πρβ. ένθετο σελ. 80).

Αυτές είναι πραγματικές φωτογραφίες τις οποίες θα μπορούσατε κι εσείς να πραγματοποιήσετε εάν επαναλάβετε αυτές τις αντιδράσεις. Βλέπετε δηλαδή από τη χαώδη δομή, όπου τα μόρια συγκρούονται κάτω από τους γνωστούς νόμους που έχουμε μάθει στο σχολείο, τώρα πλέον αυτά τα ακατάστατα μόρια αυτοοργανώνονται σε δομές που μας θυμίζουν κάποιο καλλιτέχνημα.



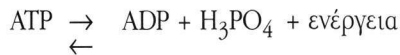
Σχήμα 9

Και δεν είναι τυχαίο ίσως το γεγονός, ότι τα θαλασσινά κοχύλια παρουσιάζουν δομές τελείως ανάλογες, (πρβ. σχ.7). 'Η ακόμα φαίνεται ότι και η δημιουργία των κεράτων των ελαφιών κάποια τέτοια βιοχημική διαδικασία ακολουθούν (πρβ. σχ. 9). Τέτοιες εικόνες έχουν δημιουργηθεί στη φαντασία πολλών λαών. Η φωτογραφία 9α είναι από μια στήλη των Ινκας προ χιλιάδων ετών από σήμερα. Δεν είναι τυχαίο ότι στις αντιδράσεις αυτού του τύπου, της αυτοοργάνωσης, του τύπου Β-Z θα συναντήσουμε τέτοιες δομές συχνότατα και συνθηέςτα. Δεν μπορώ να ξέρω αν πρόκειται για σύμπτωση, αλλά φαίνεται γοητευτική σαν προσέγγιση.

Όσο ο καιρός περνάει αυξάνεται ο αριθμός εργασιών σχετικών με τη χημεία του χάους, δηλαδή τη δημιουργία τάξης μέσα από το χάος, ή το γεγονός ότι το χάος υποκρύπτει και την τάξη. Η ζωή είναι δομημένη ανάμεσα στην τάξη και την αταξία, την εντροπία και την αρνητική εντροπία. Και πάλλεται ανάμεσα στις δύο καταστάσεις. Ο θάνατος δεν είναι τίποτα άλλο παρά μετάβαση από την αρνητική κατάσταση εντροπίας που βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή, σε κατάσταση

αταξίας όπου τα πάντα θα αποδιοργανωθούν. Και επειδή δεν είναι στην ειδικότητα μου να εξηγήσω το τί θα συμβεί μετά θάνατον, το μόνο το οποίο μπορώ να ξέρω είναι ότι θα μετατραπούμε τελικά, μεταξύ άλλων και σε σαράντα περίπου κιλά διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο πιθανότατα θα ανακυκλωθεί με τη βοήθεια των φυτικών οργανισμών και τους φωτοσυνθετικούς μηχανισμούς.

Αυτή η αντίδραση η ρυθμική την οποία είδαμε προ ολίγου. Μπλέ-κόκκινο, κόκκινο-μπλε κ.λπ. έχει πολλές αντιστοιχίες στη ζωή: τους λεγόμενους “καρδιακούς ρυθμούς”. Φαινόμενα που επαναλαμβάνονται και επηρεάζουν σημαντικότερα τη ζωή μας. (Ο χαρακτηρισμός των ρυθμών αυτών ως καρδιακών προέρχεται από το λατινικό *circa diem* που σημαίνει περίπου μian ημέρα. Η περίοδος των γυναικών φερ’ ειπείν ακολουθεί το σεληνιακό κύκλο των 28 ημερών εάν είναι κανονική. Η καρδιά πάλλεται ρυθμικά με 70 περίπου παλμούς το λεπτό. Τα μόρια του αδενοσινοτριφωσφορικού οξέος καθημερινά διασπώνται σε μόρια αδενοσινοδιφωσφορικού και μας παρέχουν την αναγκαία για την εκδήλωση της ζωής μας ενέργεια. Υπολογίζεται ότι κατά την αμφίδρομη αντίδραση:



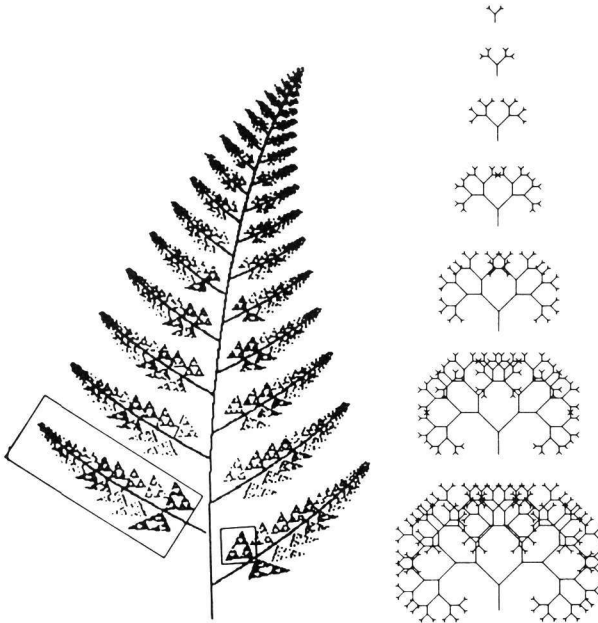
καταναλίσκονται και ανακυκλώνονται περίπου 70 κιλά ATP την ημέρα, δηλαδή όσο είναι και το βάρος του σώματος μας. Πρόκειται για αντιδράσεις παλλόμενες, ρυθμικές οι οποίες είναι πολύ ανάλογες με την αντίδραση B-Z.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η ύλη δεν αποτελεί παθητική ουσία όπως την θεωρούσαμε, αλλά σχετίζεται με αυθόρμητες δραστηριότητες και σε κάθε κλίμακα η αυτοοργάνωση, η πολυπλοκότητα και ο χρόνος παίζουν απρόσμενο και πρωτόγνωρο ρόλο. Η ύλη στην κατάσταση ισορροπίας συμπεριφέρεται κατά τρόπο επαναλαμβανόμενο, ενώ μακριά από τη θέση ισορροπίας υπάρχει πιθανότητα για την εμφάνιση των σκεδαστικών μορφών του Prigogine. Στη θέση ισορροπίας η ύλη είναι τυφλή, μακριά όμως από αυτήν αρχίζει να αποκτά την ικανότητα να αντιλαμβάνεται, να λαβαίνει υπόψη της τί συμβαίνει στον εξωτερικό κόσμο. Όπως την παρουσία ασθενών βαρυτικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων τα οποία πιθανότατα να προέρχονται από τον απώτερο γαλαξιακό χώρο. Γνωρίζουμε ότι το φεγγάρι μπορεί να κινεί ρυθμικά πάνω-κάτω τα νερά στον πορθμό του Ευρίπου. Δεν γνωρίζουμε όμως τί επίδραση έχει π.χ. ο Δίας ή ο Κρόνος με τις ακτινοβολίες τους οι οποίες συνεχώς μας βομβαρδίζουν, και οι οποίες σε συνάρτηση με το χρόνο, μπορεί ν’ αλλάζουν άρδην τις καταστάσεις.

Συγχρόνως, θα έλεγα με την ανάπτυξη των θεωριών του Prigogine οι οποίες προχωρούν σήμερα στη χημεία του χάους, θα έλεγα ότι αναπτύχθηκε και η λεγόμενη θραυσματική-“fractal” γεωμετρία.

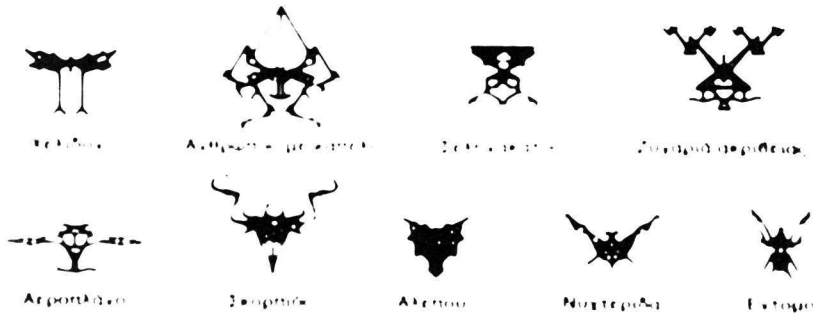
Από ένα μικρό θραύσμα μπορεί να δημιουργηθεί ένα δέντρο, ένα βουνό, μια καρδιά! Όπως βλέπετε ένα κλαρί από ένα δέντρο θα μπορούσε ν’ ανεχθεί σ’ ένα πολύ μικρό θραύσμα το οποίο έχει μια διακλάδωση επαναλαμβανόμενη είναι δυνατόν να μετασχηματισθεί ένα πολυπλοκότερο κλαδί. Οπότε από δω και πλέον δεν είναι πολύ δύσκολο να οδηγηθούμε στο δέντρο. (Σχ. 10).

Ένα βουνο για παράδειγμα, που το νομίζουμε ακανόνιστο, μη δυνάμενο να προσδιοριστεί εύκολα γεωμετρικά, εάν το θεωρήσουμε ότι δημιουργείται από ένα θραύσμα σαν τα Α και Β, (στην κορυφή αριστερά της εικόνας...) τότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτά τα θραύσματα δημιουργούν το βουνό (πρβ. ένθετο Σχ. 8).



Σχήμα 10

Τα αγγεία μιας καρδιάς ανθρώπινης που πάλλεται μπορεί να μεταφραστούν σε κλάσματα πάρα πολύ μικρά, τα οποία συντιθέμενα με διάφορους τρόπους είναι δυνατόν να δώσουν μια καρδιά ή έναν άλλον αδένα (πρβ. ένθετο Σχ. 8).



Σχήμα 11

Και εάν θέλουμε να το επεκτείνουμε, όπως το έχει κάνει ο Dawking, τότε θα μπορούσαμε από ένα θραύσμα να φτιάξουμε είτε ένα χελιδόνι, είτε μια σεληνάκατο, είτε μια ζυγαριά, είτε δεν ξέρω οτιδήποτε άλλο. Εδώ πέρα βέβαια υπάρχει πολύ φαντασία (πρβ. Σχ. 11).

Βέβαια από το σημείο αυτό μέχρι τη δημιουργία αυτοοργανωμένης έμβιας ύλης μας χωρίζει ένα τεράστιο κενό αλλά οι ιδιότητες των συστημάτων μακριά από τη θέση ισορροπίας, η θεωρία των θραυσμάτων και η θεωρία των διακλαδώσεων, η αποκάλυψη των καταλυτικών ιδιοτήτων του RNA, τα ριβοζύμια, μας βοηθούν σημαντικά στην απομυθοποίηση της.

## Τα δάκτυλα των μετάλλων και το DNA

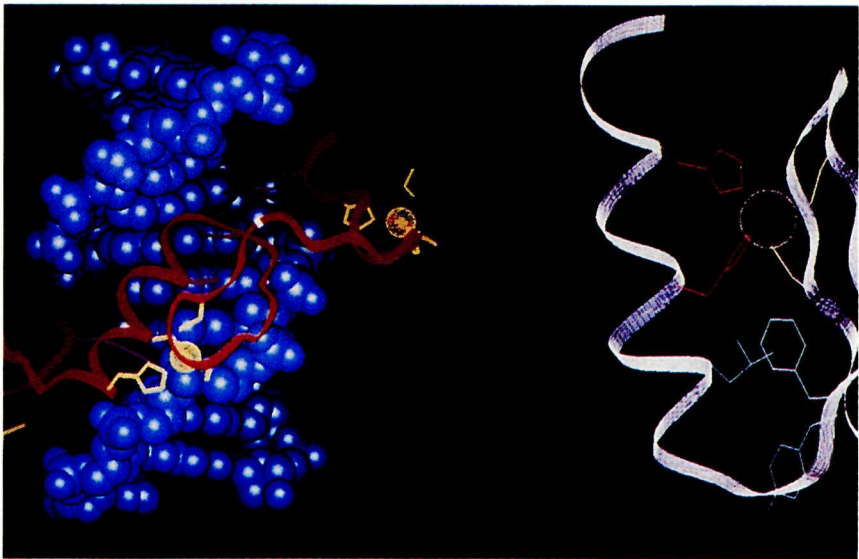
Και τώρα θα ήθελα να περάσω σε ένα θέμα κάπως ειδικότερο. Γύρω στο '85-'86-εάν δεν με απατά η μνήμη μου- οι Rhodes και Klug για πρώτη φορά μίλησαν για τα δάκτυλα ψευδαργύρου. Δηλαδή, εάν σ' ένα κλασικό πρωτεϊνικό μόριο το οποίο διαθέτει μια αλυσίδα σε σχήμα V και μια απλή α έλικα, φανταστούμε ότι υπάρχουν άτομα ψευδαργύρου (το στρογγυλό στην εικόνα) αυτό το άτομο (με τις κίτρινες γραμμές) μπορεί και συνδέεται με τους ηλεκτρονικούς του δεσμούς-επάνω σε μόρια κυστεΐνης-ένα από τα θειούχα αμινοξέα τα πιο σημαντικά-Αντίστοιχα με τους κόκκινους γάντζους-ενώνεται επάνω σε μόρια "ιστιδίνης". Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα αμινοξέα που περιέχουν υδρόφοβες ομάδες, όπως είναι η λευκίνη, η ισολευκίνη κ.λπ. να αναγκάζονται να πάρουν ένα νέο σχήμα. Και τελικά δημιουργείται μια καθορισμένη δομή, μια στερεοδομή της πρωτεΐνης στο χώρο, η οποία στη συνέχεια μπορεί να προσκολληθεί πάνω σ' ένα μόριο DNA και ειδικά να εφαρμόσει όπως το κλειδί με την κλειδαριά σ' ένα συγκεκριμένο ακριβώς γονίδιο δομής στερεοχημικά συμπληρωματικής, (πρβ. Σχ. 13, ένθετο σελ. 86).

Απ' αυτό το συνδυασμό ξεδιαλύνεται ένα μυστήριο. Δηλαδή πώς ενεργοποιείται κάποιο συγκεκριμένο γονίδιο του μορίου του DNA. Ενώ το μόριο του DNA, όπως ξέρετε, έχει άπειρες δυνατότητες διότι είναι πάρα πολύ μεγάλο, αιφνιδιαώς ενεργοποιείται ένα συγκεκριμένο γονίδιο. Το γονίδιο αυτό δεν είναι τυχαίο γιατί η στερεοδομή την οποίαν δημιούργησε ο ψευδάργυρος μπορεί να εφαρμόσει μόνο σ' ένα κομμάτι της έλικας. Και συγκεκριμένα, κάθε άτομο ψευδαργύρου αντιστοιχεί σ'ένα περίπου γύρο της έλικας του DNA.

Αυτό νομίζω ότι είναι πολύ σημαντικότερο απ' ότι το φανταζόμαστε. Θυμάμαι ότι είχαμε διερωτηθεί πάρα πολλές φορές και ρωτάγαμε και συναδέλφους πολύ πιο ειδικούς στο θέμα από μας, γιατί στη γεωργία χρησιμοποιούνται οκτώ ιχνοστοιχεία, όπως ψευδάργυρος, χαλκός κ.λπ. Και γιατί όχι περισσότερα π.χ. 16 ή 32, αφού στο περιοδικό σύστημα περιέχονται περίπου 100. Απάντηση τότε δεν μας δόθηκε.

Εδώ πλέον από τη δράση του ψευδαργύρου (τον ξέραμε και ως ενεργό κέντρο της ινσουλίνης του παγκρέατος) διαπιστώνουμε ότι ο ρόλος των ιχνοστοιχείων είναι πολύ πιο σημαντικός. Η έλλειψη π.χ. ψευδαργύρου είναι δυνατόν να αναστείλει τη δράση ενός συγκεκριμένου γονιδίου το οποίο θα δημιουργούσε ένα μόριο RNA, που με τη σειρά του θα έδινε την εντολή να παραχθεί κάποιο ένζυμο, ενδεχομένως πολύ ζωτικό για μια λειτουργία.

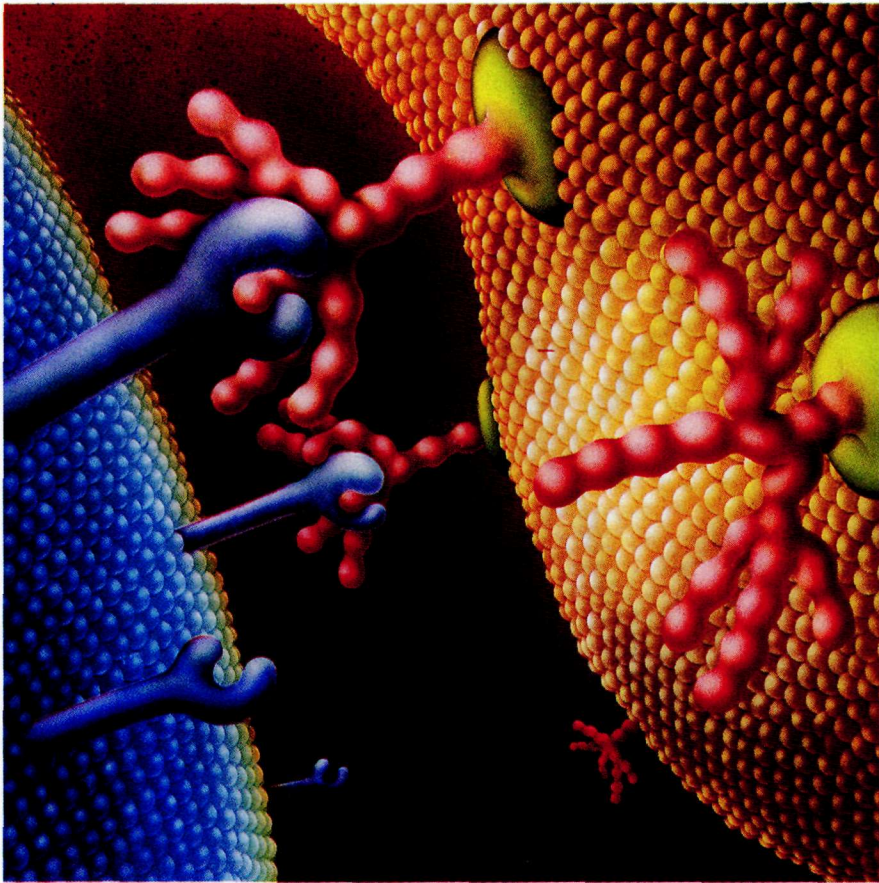
Φυσικά και το φυτικό κύτταρο, το οποίο είναι πολύ τελειότερο και πολυπλοκότερο από το ζωικό, χρησιμοποιεί πολύ περισσότερα ιχνοστοιχεία, όπως αποκάλυψε μια σειρά εργασιών μας. Και θα έλεγα ότι με ελάχιστες εξαιρέσεις- χρειάζονται σχεδόν όλα τα στοιχεία του περιοδικού συστήματος για την πλήρη λειτουργία του φυτικού οργανισμού, όπως αυτά ανευρίσκονται στα παρθένα εδάφη ή τον ωκεανό.



*"Δάκτυλα ψευδαργύρου"*

### ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΙΑΡΧΗΣ

Η πρόβλεψη της δευτερογενούς δομής ενός πρωτεϊνικού μόριου βασίζεται στην πρόβλεψη της τοπικής δομής των τμημάτων του. Η πρόβλεψη της τοπικής δομής γίνεται με τη βοήθεια της ανάλυσης της ακολουθίας των αμινοξέων. Η ανάλυση αυτή γίνεται με τη βοήθεια της ανάλυσης της ακολουθίας των αμινοξέων.



### *Επικοινωνία ανάμεσα σε κύτταρα*

*Όπως μέσα από την κυτταρική μεμβράνη εξέρχονται τα πρωτεϊνικά μόρια (πράσινα) συνδέονται με μόρια υδατανθράκων (ροζ) των οποίων η στερεοδομή αναγνωρίζεται από άλλα κύτταρα (μπλέ) ή άλλα μόρια, όπως π.χ. αντιγόνων, ορμονών, τοξινών κ.λ.π.*

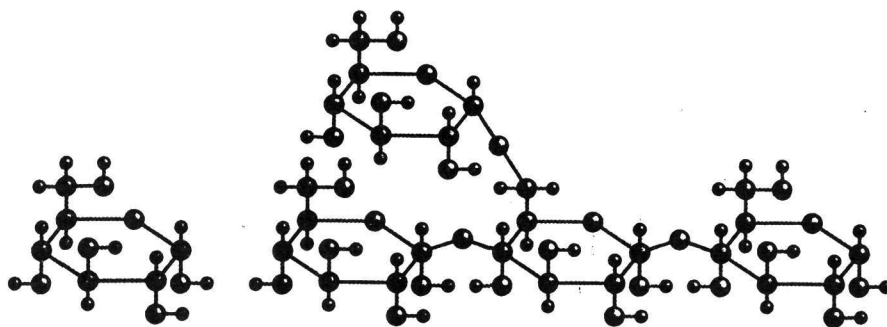
Δεν είναι περίεργο ότι οι ντομάτες είναι άνοστες όταν υπάρχουν ελάχιστα ιχνοστοιχεία. Για να δημιουργηθεί η γεύση, η οποία γεύση βασικά είναι άρωμα. (Η γεύση, όπως ξέρετε, είναι πάρα πολύ φτωχή αίσθηση. Δεν αντιλαμβάνεται παρά το γλυκό, το πικρό, το ξινό, το αλμυρό και το μεταλλικό, όλα τα υπόλοιπα δημιουργούνται με την όσφρηση. Η γαλλίδα νοικοκυρά δημιουργεί νόστιμα φαγητά γιατί έχει επάνω στο ράφι της πλήθος από αρτύματα και μπαχαρικά, και αυτό είναι ακριβώς το οποίο αισθανόμαστε όταν χαρακτηρίζουμε ένα φαγητό σαν νόστιμο και μας αρέσει ή δεν μας αρέσει.

Μια ντομάτα η οποία ζει με 8 ή 10 ιχνοστοιχεία που χρησιμοποιεί η κλασική γεωργία, δεν είναι δυνατόν να δημιουργήσει το άρωμα της, το οποίο είναι ένα μίγμα από 250 τουλάχιστον οργανικές ουσίες, αφού δεν διαθέτει όλον τον ενζυμικό μηχανισμό που απαιτείται.

## Οι νέες αντιλήψεις μας για τους υδατάνθρακες

Θα ήθελα όμως να θίξω και ένα άλλο θέμα, το οποίο προέκυψε την τελευταία κυρίως δεκαετία. Το ρόλο που παίζουν τα σάκχαρα, οι υδατάνθρακες γενικά στη σύγχρονη αντίληψη της βιοχημείας.

Ενώ δηλαδή, γαλουχηθήκαμε με την ιδέα ότι η βάση της ζωής είναι το DNA και τα πρωτεϊνικά μόρια, των οποίων η ποικιλία και οι συνδυασμοί είναι κυριολεκτικά αστρονομικοί, είχαμε αγνοήσει και θεωρούσαμε κομπάρσους τα σάκχαρα, στα οποία αποδίδουμε τον ρόλο κυρίως της ενεργειακής πηγής. Όπως φαίνεται όμως από τις τελευταίες εργασίες, ο ρόλος τους είναι πολύ πιο σημαντικός. Οι εργασίες σχετικά με τον ρόλο των “ο λ ι γ ο σ α κ χ α ρ ι ν ώ ν” στη φυσιολογία του φυτικού κυττάρου υπήρξε ίσως το πρώτο ερέθισμα.



ΓΛΥΚΟΖΗ

ΤΕΤΡΑΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ  
(Μία από τις 35.560 μορφές)

Σχήμα 12

Δύο μόρια γλυκόζης του απλούστερου σακχάρου που υπάρχει, αυτό που χρησιμοποιεί ο οργανισμός μας σαν καύσιμο, μπορούν να δώσουν έντεκα διαφορετικούς συνδυασμούς μορίων, γιατί παίζουν ρόλο η στερεοχημεία και ο τρόπος που θα ήταν δυνατόν θεωρητικά να συνδεθούν αυτά τα δύο σάκχαρα. Εάν πρόκειται για τέσσερα μόρια σακχάρου, δηλαδή ένα τετρασακχαρίτη με δομικό λίθο π.χ. τη γλυκόζη, οι δυνατότητες ανέρχονται στον αριθμό των 35.560 δυνατών ενώσεων. Αντιλαμβάνεστε λοιπόν πόσες δομές μπορούν να δημιουργηθούν στο χώρο, στερεοχημικές δομές, σπληνές, θύλακες, απίθανα περίπλοκες (Σχ. 12).

Και εδώ πλέον είμαστε πάρα πολύ κοντά να αντιληφθούμε πώς γίνεται το θαύμα και το ανδρικό σπερματοζώαριο, το ανθρώπινο αναγνωρίζει, συντήκεται απλά και μόνο με το ωάριο το ανθρώπινο και γιατί δεν πραγματοποιούνται συντήξεις γαμετών ζωικών οργανισμών που ανήκουν σε άλλα είδη.

Η μεμβράνη ενός οποιουδήποτε από τα δισεκατομμύρια οργανικά κύτταρα μοιάζει με σάντουιτς το οποίο δημιουργείται από μόρια που διαθέτουν υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες, τοποθετημένες με τις υδρόφιλες προς τα έξω και τις υδρόφοβες προς τα μέσα. Από το σάντουιτς αυτό, πού και πού βγαίνουν πρωτεϊνικά μόρια προς τα έξω. Και αυτά είναι πάρα πολύ κρίσιμα για τις ιδιότητες της μεμβράνης. Τώρα ξέρουμε ότι αυτά τα μόρια τα οποία ονομάζονται συνήθως λεκτίνες ή σελεκτίνες, είναι μόρια πρωτεϊνικά τα οποία συνδέονται πολύ εύκολα με μόρια σακχάρου, όπως π.χ. του ολιγοσακχαρίτη της εικόνας 14 (πρβ. ένθετο σελ. 86). Συνδέονται μάλιστα με αναστρεψιμότητα. Μπορεί δηλαδή να σχηματιστεί ή να αποσχηματιστεί. Και τώρα πλέον ξέρουμε ότι αυτός είναι ο θαυμαστός μηχανισμός που μόρια αναγνωρίζουν άλλα μόρια όπως π.χ. ο μηχανισμός που δρα το αντιγόνο και το αντίσωμα. Οι γλυκοπρωτεΐνες και τα γλυκολιπίδια, παίζουν έναν τεράστιο ρόλο τον οποίον αντιληφθήκαμε την δεκαετία αυτή που τελειώνει, στους μηχανισμούς ανοσοποιήσεως και αποβολής των ξένων πρωτεϊνών.

Με τις εργασίες αυτές ανοίγονται ενδιαφέρουσες προοπτικές στην ιατρική και την ενζυματική χημεία. Είναι ένας νέος δρόμος που θα μας κάνει να κατανοήσουμε πολλά προβλήματα.

Ενώ μέχρι τώρα είχαμε να κάνουμε με τον κυκεώνα τον πρωτεϊνικό, τώρα αντιλαμβανόμαστε ότι έχουμε να κάνουμε και με τον κυκεώνα των υδατανθράκων οι οποίοι διαδραματίζουν πρωταρχικό ρόλο στην αναγνώριση κυττάρου από κύτταρα, μορίου από μόριο. Μια ορμόνη π.χ. η οποία κυκλοφορεί σε μερικά εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μέσα στο αίμα και παράγεται στα επινεφρίδια, μπορεί να δράσει μόνον στις ωοθήκες, γιατί μόνο εκεί υπάρχει μια γλυκοπρωτεΐνη της οποίας η στερεοδομή, δηλαδή ο υποδοχέας που δημιουργεί ταιριάζει σαν κλειδί με κλειδαριά με την ορμόνη αυτή. Το μόριο αυτό είναι δυνατόν να είναι μια ορμόνη, μια τοξίνη, ή ένα αντιγόνο, δηλαδή μια ξένη πρωτεΐνη. Και αυτή είναι και η μεθοδολογία με την οποία δημιουργούνται τα αντισώματα.

Από τις εργασίες των Edelman και Tanagawa για τον μηχανισμό δημιουργίας των αντισωμάτων, αλλά και τον μηχανισμό προσαρμογής και εντοπισμού ορισμένων μορίων, όπως π.χ. ορμονών σε ορισμένους αποκλειστικά υποδοχείς ειδικών κυττάρων που βρίσκονται σε ορισμένα όργανα και μόνον γίνονται κατανοητά πολλά από τα προβλήματα π.χ. της ανοσοποίησης.

Αντί να κατασκευάζει ο οργανισμός, όπως νομίζαμε, αντισώματα επί παραγγελία, σε συνάρτηση με τον εκάστοτε εισβολέα, δηλαδή το αντιγόνο, την ξένη πρωτεΐνη που εισήλθε στον οργανισμό, κατασκευάζει α-ρiογι εκατομμύρια αντισώματα εν επιφυλακή. Φιλοξενούμε δηλαδή μυριάδες λεμφοκύτταρα σε εφεδρεία και καθ' ένα απ' αυτά έχει τη δυνατότητα να συνθέτει ένα ειδικό αντίσωμα. Πρόκειται δηλαδή για τους φρουρούς που αγνοούν το μέλλον, όπως οι φύλακες στην έρημο των Τατάρων, όπου αναμένουν την εισβολή των βαρβάρων, η οποία όμως δεν θα πραγματοποιηθεί ποτέ, και έτσι θα πεθάνουν χωρίς ποτέ να πολεμήσουν, χωρίς να αντικρύσουν ποτέ τους βαρβάρους. Είναι μυριάδες τα λεμφοκύτταρα που μένουν σε επιφυλακή και τα οποία επειδή δεν εμφανίστηκε ο κατάλληλος εισβολέας δεν θα ενεργοποιηθούν ποτέ.



Τώρα πλέον ξέρουμε ότι η αναγνώριση γίνεται με τοκλασικό πρωτεϊνικό μόριο που βγαίνει μέσα από το σάντουιτς της κυτταρικής μεμβράνης και απολύγει σε έναν ολιγοσακχαρίτη που μπορεί να έχει απίθανα σχήματα. Τώρα πλέον με τις γνώσεις αυτές έχουμε νέες δυνατότητες για ν' αντιμετωπίσουμε τις ασθένειες. Τα καρκινικά π.χ. κύτταρα καταλήγουν σε γλυκοπρωτεΐνες που έχουν ανώμαλους υδατάνθρακες. Αντί δηλαδή να είναι μόρια γλυκόζης ή μαννόζης, που είναι συνηθισμένο, μπορεί να υπάρξουν τελείως απίθανοι συνδυασμοί σακχάρων. Πιθανότατα αυτός είναι και ο τρόπος που ένα μεταστατικό κύτταρο αναγνωρίζει ένα άλλο που έχει ήδη εγκατασταθεί με μετάσταση κάπου αλλού. Οι συνέπειες αυτών των γεγονότων στην ιατρική τα επόμενα χρόνια θα είναι σημαντικές.

Αλλά η σημασία της γνώσης αυτής δεν σταματάει στην ιατρική είναι πολύ ευρύτερη. Δεν ξέρω πόσοι από εσάς έχετε επισκεφθεί ένα εργοστάσιο που φτιάχνει λιπάσματα. Εκεί θα βρεθείτε σε μια κόλαση τεχνολογική, όπου υπό πίεση χιλίων ατμοσφαιρών και θερμοκρασίες γύρω στους 500-600 βαθμούς με καταλύτες, προσπαθούμε να εξαναγκάσουμε σε γάμο δυο στοιχεία που δεν το επιθυμούν: το άζωτο και το υδρογόνο, ώστε να σχηματιστεί αμμωνία. Σ' αυτή την τεχνολογική κόλαση φτιάχνουμε σήμερα το κυριότερο από τα αγαθά για την πρωτογενή παραγωγή; τα αζωτούχα λιπάσματα. Χωρίς αυτά δεν ξεκινά καμιά οικονομική ζωή. Γιατί όλοι ξέρουμε ότι από τη γεωργία, από την πρωτογενή παραγωγή ξεκινάει η οικονομική δραστηριότητα.

Η φύση όμως έχει πολύ πιο απλό τρόπο να αξιοποιεί για λογαριασμό των φυτών το ατμοσφαιρικό άζωτο: τα αζωβακτηρίδια. Εάν ξεριζώσουμε ένα φυτό της οικογενείας των ψυχανθών, π.χ. αρακά ή κουκιά, θα παρατηρήσουμε προσκολλημένα στις ρίζες κάτι ροζ μπαλάκια. Πρόκειται για τα λεγόμενα αζωτοβακτηρίδια. Αυτά αθόρυβα μπορούν και δημιουργούν χωρίς πιέσεις και θερμάνσεις από το ατμοσφαιρικό άζωτο αφομοιώσιμες από το φυτό αζωτούχες ενώσεις. Αν και η παραγωγική τους διαδικασία είναι ενεργειοβόρος-απαιτούν 10-20 kg υδατάνθρακες για κάθε κιλό αζώτου, είναι βέβαιον ότι υπάρχουν περιθώρια σημαντικών βελτιώσεων.

Αλλά, τα ριζόβια, τα βακτηρίδια τα οποία παρασιτούν στις ρίζες των ψυχανθών, δεν μπορούν δυστυχώς να επιδώσουν με τις κυριότερες τάξεις φυτικής παραγωγής, όπως τα δημητριακά. Και αυτό ενδιαφέρει άμεσα, γιατί όπως ξέρετε, ο πληθυσμός της Γης αυξάνει κατά τρόπους εκρηκτικούς, και η παραγωγή των βασικών τροφίμων έχει άμεση προτεραιότητα. Το 1992 η αύξηση ανήλθε σε εννενήντα εννιά εκατομμύρια, εκ των οποίων τα εννενήντα δυστυχώς στις υποανάπτυκτες χώρες, και μόνον τα εννέα στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, που έχουν επίτελους την δυνατότητα να τα διαθρέψουν. Έχουμε ανάγκη στις περιοχές αυτές του Νότου, όπου ο πληθυσμός αυξάνεται ασύδοτα, να τους εξασφαλίσουμε την στοιχειώδη τουλάχιστον διατροφή, τις 1.500 θερμίδες που χρειάζονται για να κάψουν κάθε μέρα, και που είναι το ελάχιστο για να επιζήσουν. Αυτό όμως σημαίνει καλαμπόκι, σιτάρι, κ.λπ. Επειδή όμως και εκεί τα εδάφη έχουν εξαντληθεί, καταφεύγουμε στα λιπάσματα, τα οποία όμως απαιτούν και τεχνολογία και ενέργεια. Εκτιμάται ότι η ενέργεια συμμετέχει κατά 87% στο κόστος παραγωγής της αμμωνίας. Έτσι ο κύκλος είναι φαύλος: Επειδή στις υπανάπτυκτες περιοχές δεν έχουν ενέργεια ούτε τεχνολογία, δεν έχουν και λιπάσματα και επαρκή τροφή. Για να τα αποκτήσουν, πρέπει να πληρώσουν πανάκριβα με χρήματα τα οποία δεν έχουν ή τα οποία πρέπει να δανειστούν και ο φαύλος κύκλος διαιωνίζεται.

Εάν λοιπόν με βάση αυτές τις γνώσεις που έχουμε σήμερα επάνω στην αναγνώριση μορίου από μόριο με βάση της γλυκοπρωτεΐνες, μπορούσαμε και προσδιορίσουμε τον τρόπο με τον οποίον τα αζωβακτηρίδια προσκολλόνται στα ψυχανθή και όχι στα δημητριακά, τότε σίγουρα θα δημιουργήσουμε τις προϋποθέσεις για βακτηριακή λίπανση. Με τον τρόπο αυτό δεν δημιουργείται ρύπανση, τρύπα όζοντος, φαινόμενα θερμοκηπίου, κατανάλωση ενέργειας, αλλά αντίθετα θα παράγεται συγχρόνως και οξυγόνο, που όπως ξέρετε, είναι η βάση για την κάθε ζωή.

Έτσι λοιπόν, νομίζω ότι το μέλλον των γλυκοπρωτεϊνών το οποίο χάραξε με το τέλος της δεκαετίας του '80, θα είναι γόνιμο τα επόμενα χρόνια.

Ελπίζω ότι με τα όσα μέχρι τώρα αναφέρθηκαν έχει φωτιστεί ένα μέρος αυτού που λέγεται αυτοοργάνωση, ζωή και ζωντανό.

## **Όσφρηση** **Μια από τις χημικές αισθήσεις**

Θα ήθελα για ολοκλήρωση να αναφερθώ σε μια άλλη περιοχή: την περιοχή των αισθήσεων, και συγκεκριμένα των χημικών αισθήσεων, δηλαδή την όσφρηση και τη γεύση. Βασικά η όσφρηση, είναι μια από τις πιο σημαντικές αισθήσεις, η πιο πληροφορική, αυτή που δημιουργεί τις πιο μόνιμες μνήμες.

Με την όσφρηση ξεκινάει η μητρική σχέση, η σχέση παιδιού και μητέρας είναι βασικά οσμική. Υπάρχουν πάρα πολλά πειράματα. Σας υπενθυμίζω ένα από τα πιο γνωστά. Εάν σε παρθένας ποντικίνες γίνει έγχυση στη μήτρα τους ενός αρώματος, π.χ. λεμονιού, και στη συνέχεια γονιμοποιηθούν, τα ποντικάκια τα οποία θα γεννηθούν θα κατευθύνονται προς οποιαδήποτε ποντική η οποία μυρίζει άρωμα λεμονιού. Αργότερα, όταν φτάσουν σε ηλικία να αναπαραχθούν, εάν αυτά τα ποντικάκια βρεθούν ανάμεσα σε πολλές ποντικίνες, θα διαλέξουν εκείνες οι οποίες έχουν αρωματισθεί με άρωμα λεμονιού. Αυτό εξηγεί λιγάκι αυτό που πολλές φορές απορούμε. Λέμε, μα τί της βρήκε αυτός; Αυτή είναι κακάσχημη, ή αυτός είναι ζαβός. Μα απλούστατα, του θυμίζει το αμνιακό υγρό της μητέρας του, ή άλλες ευχάριστες αναμνήσεις ζωηρά χαραγμένες στο υποσυνείδητο τους.

Ερωτευόμαστε με τη μύτη, κάνουμε sex με τη μύτη. Η περίοδος των γυναικών ρυθμίζεται από την ανδρική ορμόνη που είναι η ανδροστερόνη και παράγεται στις ανδρικές μασχάλες. Συνηθέστατα σε γυναίκες με περίοδο η οποία δεν είναι ομαλή, δεν είναι σεληνιακή δηλαδή, η περίοδος τους ρυθμίζεται εάν μυρίσουν την πιτζάμα του συζύγου τους.

Η πιο παλιά βιομηχανία είναι αυτή της αρωματοποιίας. Φαίνεται ότι τα πετυχημένα αρώματα έχουν κάποια σχέση με τις δομές οι οποίες έχουν ορμονική δράση και παίζουν τεράστιο ρόλο στη ζωή μας. Κατ' αρχήν θα ήθελα να σας θυμίσω πόσο πολύπλοκο είναι ένα άρωμα. Το οποιοδήποτε άρωμα. Το χρωματογράφημα ενός αρώματος αποτελείται από ένα δάσος από καμπύλες που συνιστούν τα διάφορα συστατικά του. Αυτό π.χ. που λέμε ότι "μυρίζει τριαντάφυλλο" δεν είναι τόσο απλό. Είναι η σύνθεση των μνημάτων που δημιουργούν στον εγκέφαλο οι περίπου τριακόσιες ουσίες που συνιστούν το άρωμα του τριαντάφυλλου.

Τώρα αρχίζουμε να καταλαβαίνουμε πώς λειτουργεί η όσφρηση, η οποία είναι και η αίσθηση των ενστίκτων. Το οσφρητικό νεύρο έχει τις εξής ιδιαιτερότητες. Πρώτον είναι το μόνο απ' όλα τα νευρικά κύτταρα που αναπαράγεται, ενώ τα νευρικά κύτταρα συνεχώς πεθαίνουν και δεν αναγεννώνται, γι' αυτό η όσφρηση παραμένει, καίτοι βέβαια με την ηλικία εξασθενίζει κι αυτή. Δεύτερον, έχουν άμεση επικοινωνία με τον εγκέφαλο. Δηλαδή όταν μυρίζουμε, οι οσμηρές ουσίες φθάνουν στα οσφρητικά τριχίδια της μύτης, τα οποία συνίστανται από μόρια πρωτεϊνών και γλυκοπρωτεϊνών. Αυτά τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες καταλαμβάνουν έκταση περίπου πέντε τετραγωνικών χιλιοστών στα δύο ρουθούνια και ανέρχονται σε εκατό εκατομμύρια περίπου.

Αυτά τα κύτταρα έχουν το προνόμιο να επικοινωνούν κατευθείαν με τον εγκέφαλο. Και μάλιστα με τον εγκέφαλο εκείνον ο οποίος είναι ο πιο σημαντικός, ο πιο παλιός, ο λεγόμενος "ρινεγκέφαλος" ή "ερπετόμορφος εγκέφαλος" και είναι ο ίδιος σ'ένα σκουλήκι, τον άνθρωπο, έναν ελέφαντα, ή έναν καρχαρία.

Ο ρινεγκέφαλος είναι το κέντρο των ενστίκτων: Ερωτες, μίσση, πάθη, πείνα από εδώ ξεκινάνε. Η μυρωδιά λοιπόν πάει κατ' ευθείαν στο μεταιχμιακό σύστημα και από εκεί στον υποθάλαμο και την υπόφυση, δηλαδή τα κέντρα ενεργοποίησης του ορμονικού συστήματος και επηρεάζει δραστικά τη συμπεριφορά μας. Γι' αυτό και η σημασία του είναι μεγάλη. Ας μην ξεχνάμε ότι αυτό που λέμε «ευτυχία» δεν είναι σε τελευταία ανάλυση παρά ορμονική ισορροπία.

Στη Γαλλία, την περίοδο της γερμανικής κατοχής, οι γυναίκες εστερούσαν το φαγητό, αλλά οι βιομηχανίες καλλυντικών και αρωμάτων ήταν οι μοναδικές που παρουσίαζαν ανοδική πορεία. Μια γυναίκα έχει απόλυτη ανάγκη να αρωματιστεί. Είναι έμφυτο, το έχει μέσα της. Είναι γραμμένο στους κωδικούς της πριν γεννηθεί, είναι το όπλο της για την κατάκτηση του ετερόφυλου.

Τώρα, ποιο άρωμα διαλέγει; Εδώ πλέον, με τα μέσα που ανέφερα στην αρχή της σημερινής ομιλίας, με τον μαγνητοεγκεφαλογράφο, με την positron emission tomography, και γενικά με τα ηλεκτρονικά μηχανήματα που έχουμε στη διάθεση μας σήμερα, αρχίζουμε να τα κατανοούμε κάπως. Οι συνεργάτες μου κι εγώ είμαστε σ' έναν τέτοιο τομέα έρευνας, ο οποίος πραγματικά μπορώ να πω ότι είναι συναρπαστικός. Όταν αναφερόμαστε στις οσμές οι χαρακτηρισμοί μας είναι τελείως υποκειμενικοί. Αν ερωτηθούμε τί μυρίζει κάτι, θα απαντούσαμε υποκειμενικά: σαν ξύλο, σαν λουλούδι, σαν κρεμμύδι, σαν χορτάρι, αλλά δεν μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε αντικειμενικά π.χ. με κάποιον αριθμό.

Είναι βέβαιο ότι προχωράμε τώρα κάπως πιο αντικειμενικά στην κατεύθυνση αυτή, γιατί αρχίζουμε να διαβάζουμε την επίδραση αυτών των ουσιών στον ρινεγκέφαλο και θ' αρχίσουμε να καταλαβαίνουμε γιατί ορισμένα εμπορικά προϊόντα πετυχαίνουν και ορισμένα άλλα αποτυγχάνουν.

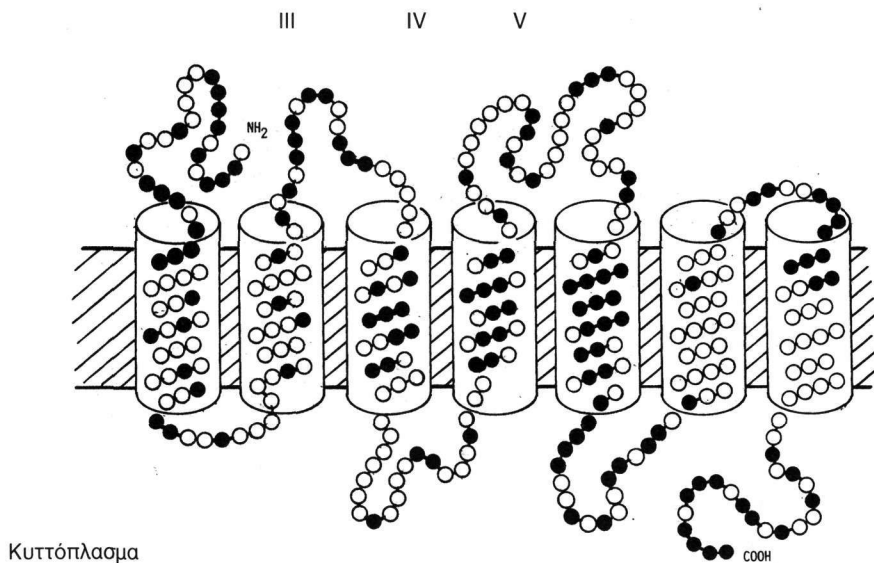
Σήμερα, όταν βγει ένα καινούργιο προϊόν, που είναι αρωματισμένο συνήθως γίνεται ένα "panel test", ερωτάται δηλαδή ένας στατιστικά σημαντικός αριθμός απόμων, για το αν αρέσει και πόσο του αρέσει το προϊόν. Αν οι αριθμοί είναι ενθαρρυντικοί το προϊόν κυκλοφορεί. Αυτή όμως είναι μια τελείως τυχαία και λανθασμένη μέθοδος, γιατί αν το ίδιο πείραμα γίνει την επόμενη εβδομάδα, με έναν άλλον κωδικό, με μίαν άλλη μορφή, οι απαντήσεις κατά πάσαν πιθανότητα θα είναι τελείως διαφορετικές, και κυρίως από το γυναικείο φύλο, το οποίο μυρίζει τελεί-

ως διαφορετικά σε συνάρτηση με τον κύκλο της περιόδου τον οποίο διανύει. Αλλιώς μυρίζει μια γυναίκα όταν είναι στην ωοφορία, αλλιώς μετά την περίοδο, οπότε οι αισθήσεις είναι εντονότερες και ο σεξουαλισμός είναι μεγαλύτερος, ακριβώς λόγω υπερ-ανάπτυξης της όσφρησης.

Δεν αποτελεί υπερβολή ότι κατά την πρώτη δεκαετία του 2.000, όπως ήδη έχουμε στην ταυτότητα μας τα δακτυλικά μας αποτυπώματα, τα οποία είναι τα δικά μας και κανενός άλλου, θα έχουμε και το ιδιοσμοφορικό μας πορτραίτο. Δηλαδή ο καθένας από μας θα έχει μια εικόνα. Κανείς δεν μυρίζει το ίδιο με έναν άλλον. Εάν πολλές φορές λέμε: αυτός μου είναι αντιπαθής, χωρίς να μας έχει κάνει τίποτα, φταίει η μύτη μας. Ή εάν λέμε ότι αυτός μας αρέσει, πάλι η μύτη μας παίζει το ρόλο της. Μας θυμίζει κάτι αγαπτό. Η όσφρηση είναι η ισχυρότερη μνήμη. Ολοι θυμόμαστε τις χαρακτηριστικές μυρωδιές του πατρικού μας σπιτιού.

Ας ριξουμε όμως τώρα μια ματιά στους μηχανισμούς με τους οποίους δημιουργείται η όσφρηση. Κατ' αρχήν βέβαια θα πρέπει να υπάρξουν ουσίες με κάποια πτητικότητα ώστε να εγκατασταθούν και να ερεθίσουν τους υποδοχείς-δηλαδή τα μόρια των πρωτεϊνών ή των γλυκοπρωτεϊνών-που βρίσκονται στα όσφρητικά τριχίδια.

Στη συνέχεια χάρη στην ανακάλυψη που έγινε από την Axel το '92, έχουμε μια πρώτη ιδέα για το πώς μεταφέρεται το όσφρητικό μήνυμα. Γιατί δεν είναι πάρα πολύ απλό το γεγονός ότι ανιχνεύουμε αμέσως τριακόσιες ουσίες που συνιστούν ένα απλό άρωμα και μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε αμέσως ότι πρόκειται π.χ. για τριαντάφυλλο ή γαρύφαλο, κρεμμύδι ή λεβάντα.



Κυττόπλασμα

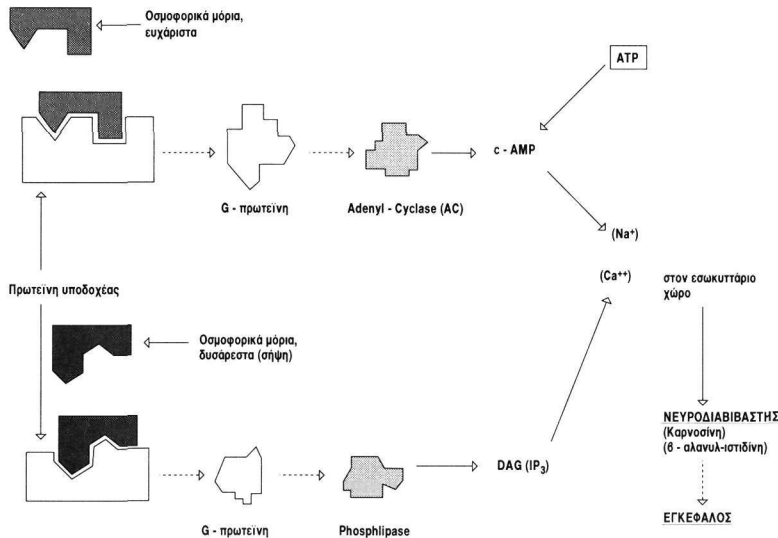
Σχήμα 15

Όπως αναφέραμε, η θαυμαστή κυτταρική μεμβράνη συνίσταται από μόρια φωσφορολιπιδίων τοποθετημένα σε μια διμοριακή στοιβάδα υπό μορφή σάντουιτς. Η στοιβάδα διακόπτεται από την παρουσία πρωτεϊνικών μορίων που μπαμβογαίνονται μέσα από την κυτταρική μεμβράνη, όπως φαίνεται στο Σχ. 15 ένα τέτοιο πρωτεϊνικό μόριο με την αμινομάδα στην αρχή και την καρβοξυλομάδα στην άλλη άκρη της.

Στο σχήμα διακρίνεται η αλληλουχία των αμινοξέων και συγκεκριμένα οι μαύρες μπίλιες είναι οι θέσεις οι οποίες υποδέχονται τα οσμοφορικά μόρια. Δηλαδή δεν είναι μόνο οι γλυκοπρωτεΐνες οι οποίες έχουν κατάλληλους υποδοχείς για να τα αναγνωρίσουν, αλλά και το ίδιο το πρωτεϊνικό μόριο με τη χαρακτηριστική αλληλουχία των αμινοξέων του.

Φαίνεται δηλαδή τώρα στη συνέχεια ότι όταν φθάσει το οσμοφορικό μόριο στη μύτη μας, τα οσφρητικά νεύρα της μύτης μας δουλεύουν όπως ένα τηλεφωνικό κέντρο το οποίο ενεργοποιεί, π.χ. τις θέσεις των σχημάτων 3, 4 και 5 κ.ο.κ., το ερέθισμα μιας από τις τριακόσιες ουσίες που συνιστούν την οσμή, υπόθεση που είχαμε εκφράσει στην αίθουσα αυτή νομίζω προ είκοσι περίπου ετών.

Ο μηχανισμός, σήμερα πλέον έχει σχετικά αποσαφηνιστεί. Το μήνυμα δηλαδή το οσφρητικό δίνεται κατά τον εξής τρόπο. Ας υποθέσουμε ότι ο υποδοχέας, η πρωτεΐνη ή η γλυκοπρωτεΐνη η οποία διασχίζει την κυτταρική μεμβράνη δέχεται ένα οσμοφορικό μόριο, π.χ. ένα από τα συστατικά του τριαντάφυλλου. Αυτό λοιπόν, όπως αναφέραμε, έρχεται και φωλιάζει σε κάποιον υποδοχέα που του ταιριάζει όπως το κλειδί στην κλειδαριά. (Η διαίσθηση του Emil Fischer το 1915 δικαιώνεται απόλυτα). Τότε ενεργοποιείται μια από τις πρωτεΐνες αυτές, τις οποίες στη βιοχημεία τις χαρακτηρίζουμε σαν G πρωτεΐνες. Αυτή με τη σειρά της ενεργοποιεί ένα ένζυμο, την αδενολυλ-κυκλάση, η οποία δίνει το έναυσμα για την παραγωγή ενός δευτερεύοντος αγγελιοφόρου, του γνωστού κυκλικού AMP, μετασχηματίζοντας μόρια του παγκόσμιου ενεργειακού νομίσματος, του αδενοσινωτριφωσφορικού οξέος (ATP).



Σχήμα 16

Ένας άλλος ανάλογος μηχανισμός δημιουργείται με την βοήθεια φωσφολιπάσης, η οποία απολήγει στην παραγωγή 1,4,5-τριφωσφορικής ινοσιτόλης (IP<sub>3</sub>). Και στις δυο περιπτώσεις πρόκειται για ένα κλασικό παράδειγμα ενίσχυσης, όμως αντί η ενίσχυση να γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο, όπως στους μυριάδες ηλεκτρικούς ενισχυτές του ραδιοφώνου ή της τηλεόρασης, γίνεται ενίσχυση του χημικού σήματος, όπου ένα μόριο οσμοφορικό σηματοδοτεί την παραγωγή χιλιάδων μορίων του κυκλικού AMP ή IP<sub>3</sub>, μηχανισμός γνωστός και από τις ορμονικές δραστηριότητες.

Αυτό αποτελεί το μήνυμα για το νευρώνα για να ενεργοποιηθεί. Αρχίζουν τότε να εξέρχονται από τον νευρώνα ιόντα ασβεστίου και να εισέρχονται μόρια νατρίου. Αυτό όμως, όπως γνωρίζετε, ισοδυναμεί με έναν ηλεκτρικό παλμό. Και αυτό το ηλεκτρικό μήνυμα προχωράει κατευθείαν προς τον εγκέφαλο. Ο παλμός δηλαδή μεταδίδεται με τη βοήθεια ενός νευροδιαβιβαστή, π.χ. της καρνοσίνης (β-αλανυλ-ιστιδίνης), από νευρώνα σε νευρώνα και τελειώνει στα εγκεφαλικά κύτταρα, σε ορισμένα για κάθε περίπτωση εγκεφαλικά κέντρα, εκεί όπου διαφυλάσσεται η ανίσχυρη οσφρητική μνήμη (πρβ. Σχ. 16).

Είχαμε την ευκαιρία προηγουμένως να αναφέρουμε ότι τρώμε με τη μύτη μας, αλλά φαίνεται όμως ότι η μύτη μας έχει και αυτιά. Μπορεί να φαίνεται λίγο παράδοξο αυτό, κι όμως υπάρχει εξήγηση όπως τη φαντάζεται με χιούμορ ο David Jones.

Γνωρίζουμε ότι όσο πιο μεγάλος είναι ένας ζωικός οργανισμός, τόσο τ' αυτιά του είναι δυνατόν να συλλαμβάνουν ήχους πιο χαμηλών συχνοτήτων. Ένας ελέφαντας, για παράδειγμα, ερεθίζεται με ήχους ενός ΚHz. Ο άνθρωπος, ο οποίος είναι μικρότερος, φτάνει στα 15 ΚHz, η νυχτερίδα στα 150 ΚHz. Βέβαια δεν ξέρουμε προς το παρόν τί συμβαίνει από εκεί και κάτω, αλλά εφόσον το φαινόμενο συνεχίζεται, όσο μικραίνει ο οργανισμός, είναι πιθανόν να αυξάνονται και οι συχνότητες στις οποίες "ακούει". Έτσι θα πρέπει να υποθέσουμε ότι ένα έντομο ακούει σε συχνότητες μερικών Megahertz και αντίστοιχα ένα βακτηρίδιο σε Gigahertz. Αλλ' όταν φτάσουμε σε Gigahertz, όπως ξέρετε, φθάνουμε στα όρια εκεί που λειτουργούν οι ενδομοριακές δονήσεις, η περιστροφή (rotation) των ατόμων εντός του μορίου.

Έτσι λοιπόν είναι δυνατόν, ενώ εμείς δεν αντιλαμβανόμαστε τίποτα σ' αυτές τις ηχητικές περιοχές- ξέρουμε άλλωστε πόσο πιο ισχυρή είναι η ακοή των ζώων σε σχέση με τον άνθρωπο- ένα βακτηρίδιο, να αισθάνεται τα ερεθίσματα αυτών των απόηχων. Ένα βακτηρίδιο δηλαδή είναι πιθανόν να ακούει τις δονήσεις των μορίων. Έτσι ίσως εξηγείται η δυνατότητα των εντόμων να ανιχνεύουν από απόσταση τα μόρια των φερομονών, μορίων δηλαδή που παράγονται σε ελάχιστες ποσότητες κάτω από τα φτερά των εντόμων - που αντιστοιχούν με τις δικές μας μασχάλες - και τα χημικά αυτά μηνύματα διαχέονται στον αέρα, τα συλλαμβάνει στους υποδοχείς του ο ετερόφυλος και έλκεται για αναπαραγωγή. Αυτό το εκμεταλλευόμαστε όμως εμείς οι άνθρωποι με κατάλληλες παγίδες για την καταπολέμηση των εντόμων.

Έτσι δικαιολογείται ο ισχυρισμός ότι η μύτη μας έχει "αυτιά". Δεν υφίστανται δηλαδή διαφορές αισθητές μεταξύ όσφρησης και ακοής. Όλα είναι σχετικά σ' αυτό τον κόσμο. Είναι απίθανο, για παράδειγμα, το πόσο θα απογοητευθείτε από την τερατώδη εικόνα που θα αντικρύσετε, αν δείτε τη γλώσσα της αγαπημένης σας υπό το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Ευτυχώς η φύση μας όπλισε να βλέπουμε μια μικρή σχισμή του φάσματος των ακτινοβολιών. Δηλαδή σ' ένα φάσμα που ξεκινά από  $10^{-12}$  του εκατοστού και φθάνει στα  $10^{10}$  μέτρα, εμείς βλέπουμε από μια πολύ μικρή σχισμή ανάμεσα στα 3.500 και 8.000 Angstrom. Βέβαια είναι κατόρθωμα για τον άνθρωπο ότι κατάφερε να μπορεί να εποπτεύει όλη αυτή την τεράστια περιοχή, ενώ η φύση του έδωσε τόσο πολύ πενιχρές αισθήσεις, τις οποίες όμως με την περιέργεια και την επιμονή γιγάντωσε.

Θα ήθελα να τελειώσω απαντώντας στο ερώτημα που μου ετέθη προ της διαλέξεως από συναδέλφους: Σε τί τομείς έρευνας εργαζόμαστε τώρα. Θα έλεγα-γιατί ο χρόνος δεν επιτρέπει να μπούμε σε λεπτομέρειες-ότι εδώ και πολλά χρόνια μαζί με τους εξαιρετους συνεργάτες μας, δουλεύουμε στα πλαίσια ενός γενικού προγράμματος υπό τον τίτλο “Βελτίωση της ποιότητας της ζωής”. Κάτω από αυτή την ομπρέλλα προσπαθούμε να βοηθήσουμε όσο επιτρέπουν οι πενιχρές δυνάμεις μας, στις κατευθύνσεις των προβλημάτων που έχει δημιουργήσει ο υπερπληθυσμός, η αύξηση του αριθμού των υπερηλίκων, η ρύπανση του περιβάλλοντος, ο υποσιτισμός (στις υποανάπτυκτες περιοχές) και ο υπερσιτισμός (στις ανεπτυγμένες χώρες).

Χρειάστηκε ένα εκατομμύριο χρόνια για να δημιουργηθεί το πρώτο δισεκατομμύριο ανθρώπων. Το επόμενο δισεκατομμύριο δημιουργήθηκε σε μόλις 130 χρόνια, το τρίτο σε 30, το τέταρτο σε 15 και το πέμπτο σε 7,5 χρόνια. Αντιλαμβάνεστε ότι με τους ρυθμούς αυτούς, έστω και ελαφρά χαλινωμένους, ότι το 2010 ο πληθυσμός θα προσεγγίσει τα δώδεκα δισεκατομμύρια, Ο,τι μέτρα και να πάρουμε, αφού δεν μπορούμε να περάσουμε το μήνυμα της αυτοσυγκρατήσεως στις υπανάπτυκτες περιοχές, όπου δεν υπάρχει επικοινωνία, δεν υπάρχει παιδεία, δεν υπάρχει βιβλίο, δεν υπάρχει δάσκαλος. Υπάρχει μόνο κάποιος απεσταλμένος του Υψίστου, ο οποίος περνάει το μήνυμα: να πολλαπλασιάζονται ασύδοτα.

Σ' αυτό το φιλόδοξο πρόγραμμα λοιπόν, της βελτίωσης της ποιότητας της ζωής, η συμβολή της ομάδας μας είναι περιορισμένη και έχει εντοπισθεί στην ανάπτυξη της γεωργίας κατά κατακόρυφο τρόπο, αφού η Γη είναι περιορισμένη και τα εδάφη συνεχώς υφίστανται διάβρωση (erosion) ενώ το νερό συνεχώς λιγοστεύει. Προσπαθούμε να δουλέψουμε ανεξάρτητα από το έδαφος-υδροπονικά-και προσπαθούμε να δώσουμε και τη βιοχημικά σωστή διατροφή στα φυτά μελετώντας όλες τις παραμέτρους τις οποίες ανέφερα: ιχνοστοιχεία, ιχνοουσίες, αυξητικούς παράγοντες κ.λπ.

Ένα δεύτερο πρόγραμμα αναφέρεται στις “φερομόνες”, δηλαδή τη σύνθεση αυτών των σεξουαλικών ουσιών και γενικότερα ελκυστικών ουσιών των εντόμων, ώστε να αποφύγουμε την καταπόλεμση με τα εντομοκτόνα. Ηδη φέτος σε συνεργασία με το Υπουργείο Γεωργίας, ελπίζουμε να αποφευχθεί το ράντισμα ή να περιοριστεί σημαντικά σ' ένα μέρος του νησιού της Κρήτης και των Παξών, όπου η καταπόλεμση του δάκου θα πραγματοποιηθεί με παγίδες και φερομόνες, χωρίς να γίνει ψεκασμός εντομοκτόνων. Αυτό το πρόγραμμα έχει πάρα πολλές δυνατότητες και μπορεί να επεκταθεί και σε πολλές άλλες καλλιέργειες, ώστε ν' αποφευχθεί ο ασύδοτος ραντισμός εντομοκτόνων που τόσα προβλήματα προκαλεί στο οικοσύστημα και την υγεία.

Μια άλλη κατεύθυνση είναι προς την παραγωγή πιο υγιεινών-χαμηλών θερμίδων, αντιχοληστερινικών-τροφίμων, δεδομένου ότι για τις καρδιοπάθειες και τον καρκίνο η συμβολή της κακής διατροφής είναι σημαντική.

Τέλος θα ήθελα ν' αναφερθώ στην πιο παλιά δραστηριότητα μας στον τομέα της ανάλυσης των δευτερογενών μεταβολιτών των φυτών, κυρίως των αρωματικών ουσιών και με την ανασύνθεση ορισμένων από τα συστατικά τους.

Τα τελευταία χρόνια επανήλθε στην επικαιρότητα η πανάρχαια αντίληψη των θεραπευτικών ιδιοτήτων των αιθέρων ελαίων. Τάση που εδράζεται στην παράδοση, στις δοξασίες και πολλές φορές τον κομπογιαννιτισμό και τον τσαρλατανισμό. Ετσι η αρωματοθεραπεία-όταν εφαρμόζεται από γνώστες γιατρούς-έχει αρχίσει να κατακτά κάποιο έδαφος στη θεραπευτική.

Εμείς ασχολούμεθα με μια νέα τάση, που λέγεται "aromachologie" ή "osmotherapy". Στα ελληνικά ίσως θα μπορούσε ν' αποδοθεί ως "αρωματοαισθησιασμός". Αφορά στην επίδραση του αρώματος διά της εισπνοής ή απλής μαλάξεως (massage) στη τροποποίηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς και διαθέσεως. Υφίστανται δύο λόγοι να υποψιαστεί κανείς μια τέτοια δραστηριότητα:

Πρώτον, το πολύπλοκο της συστάσεως των αρωμάτων και η πιθανή εξήγηση αυτής της πολυπλοκότητας. Δεύτερον, το γεγονός ότι μετά την εισπνοή τα αρωματικά συστατικά του αρώματος ανευρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος.

Είδαμε ότι το άρωμα το φυσικό είναι ένα μίγμα εξαιρετικά πολύπλοκο. Γιατί όμως αυτή η πολυπλοκότητα; ένα τριαντάφυλλο πρέπει να φτειάζει 300 ουσίες που συνιστούν το άρωμα του: Διερωτώμαστε γιατί, αφού η φύση ούτε άσκοπα δουλεύει, ούτε σπαταλάει, ούτε όταν υπάρχει απλός δρόμος επιλέγει τον πολύπλοκο.

Μια απάντηση συνήθως είναι: για να προσελκύσει το έντομο τάδε και να γονιμοποιηθεί. Αλλά γιατί να μην χρησιμοποιήσει ένα-δύο μόρια, γιατί πρέπει να συνθέσει τριακόσια, όπως τα έντομα το μόριο της φερομόνης;

Μια υπόθεση μοιάζει να έχει κάποια βάση, χωρίς να είναι αποδεδειγμένη ακόμη. Η δική μας υπόθεση είναι ότι πιθανόν πριν ένα δισεκατομμύριο χρόνια-τάξη μεγέθους-ένα φυτό προσεβλήθη από έναν μύκητα. Το φυτό πάλαιψε π.χ. χίλια χρόνια και δημιούργησε μια ουσία για να καταπολεμήσει αυτόν τον μύκητα. Ο μύκητας στη συνέχεια αμυνόμενος άρχισε να μεταλλάσσεται, όπως πάντα συμβαίνει στον αδυσώπητο αγώνα για επιβίωση. Ετσι ύστερα από ακόμα χίλια χρόνια απέκτησε ανοσία στην αμυντική ουσία του φυτού και μπόρεσε να το ξαναπροσβάλλει. Το φυτό τότε μετά από χίλια χρόνια έφτιαξε μια νέα ουσία, δραστική κατά του μεταλλαγμένου μύκητα κ.ο.κ. Οι εντολές όμως αυτές είχαν αποτυπωθεί ανεξίτηλα στον γενετικό κώδικα του φυτού και συνεχίζουν να υφίστανται και σήμερα. Φυσικά το παραπάνω είναι ενδεικτικό, αφού το φυτό έχει χιλιάδες εχθρούς και υποχρεώνεται να συνθέτει δραστικές αμυντικές ουσίες συνεχώς. Η πολυπλοκότητα δηλαδή της συστάσεως του αρώματος δημιουργεί πιθανότητες βιολογικές δράσης για κάποια από τα συστατικά του.



Το δεύτερον βασίζεται στο γεγονός ότι όταν μυρίσουμε μια ευχάριστη μυρωδιά δεν τελειώνει εκεί η δράση της, αλλά όπως έχει προσδιοριστεί ότι ύστερα από μερικά δευτερόλεπτα τα συστατικά της, εκατοντάδες στερεοειδικευμένα μόρια, κυκλοφορούν στο αίμα μας και διά του αίματος είναι δυνατόν να προχωρήσουν προς κάθε γωνιά του σώματος. Στους ενδοκρινείς αδένες, στον εγκέφαλο, παντού. Επομένως, η επίδραση την οποία μπορεί να εξασκήσουν στον ανθρώπινο οργανισμό, μπορεί να είναι σημαντική. Για παράδειγμα, από στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι εάν μυρίσει κανείς λεβάντα, μπορεί να κοιμηθεί ευκολότερα.

Με το οπλοστάσιο το οποίο διαθέταμε και του οποίου προσπάθησα με πολύ πενήχρα μέσα να δώσω μια φτωχή εικόνα σήμερα, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ελπίδα να ανακουφίσουμε αυτούς που καταφεύγουν στα αναβολικά και τα καταπραϊντικά λόγω άγχους και των άλλων καταθλίψεων που συνεπάγεται ο σημερινός τρόπος ζωής, με τη βοήθεια των δευτερογενών μεταβολιτών των φυτών. Ας μην λησμονείται το γεγονός ότι τα αντικαταθλιπτικά και τα ψυχοφάρμακα είναι δυστυχώς τα πρώτα σε κατανάλωση.

Φυσικά κανείς δεν περιμένει θεραπεία για παθολογικές οργανικές παρανοϊκές ή σχιζοφρενικές καταστάσεις με τη μυρωδιά της λεβάντας ή του χαμομηλιού, ή αυτά που η γιαγιά μας πίστευε, αλλά πιστεύω ότι είναι δυνατόν να υπάρξει βοήθεια στις συνηθισμένες περιπτώσεις κατάθλιψης που οφείλονται βασικά στο νοογενές κενό-για να το πω απλούστερα: στην ακορεστότητα που δημιουργεί η σημερινή καταναλωτική κοινωνία που μας σπρώχνει συνεχώς να θέλουμε όλο και περισσότερα. Αυτό το σύμπλεγμα καταναλωτισμού που δημιουργεί το νοογενές κενό, το οποίο το ενισχύει η τηλεόραση, η οποία δεν προσφέρει παρά εγκλήματα και πορνό από το πρωί ως το βράδυ, και ειδικότερα στα παιδιά.

Είμαι βέβαιος, ότι τώρα που μπορούμε και έχουμε προσπέλαση κατευθείαν στον ανθρώπινο εγκέφαλο και παρακολουθούμε καθαρά τη λειτουργία του, είμαι βέβαιος ότι όπως ξετυλίγονται τα νήματα αυτά, πολύ σύντομα θα μπορούμε να ανακουφιστούμε στα συνηθισμένα καθημερινά άγχη και καταθλίψεις, με πολύ απλούστερα μέσα από τα συνθετικά χημικά μόρια της φαρμακευτικής τα οποία σήμερα χρησιμοποιούμε.

Φοβάμαι όμως ότι ο ενθουσιασμός μου σχετικά με τις δυνατότητες που μας παρέχει η επιστήμη και η τεχνολογία, ίσως ετόνισαν την αλαζονεία μας, γι' αυτό θα ήθελα να τελειώσω κάπως πιο προσγειωμένος στην πραγματικότητα.

Το ξετύλιγμα των μυστικών της φύσης συνοδεύεται με παράλληλη διεργασία περιτυλίγματος. Και οποιαδήποτε προσπάθεια να συλλάβουμε τη γυμνή αλήθεια, σημαίνει αυτοσυντριβή τελικά. Οπως λέει ο Α. Koestler : “Η Ουρανία, όπως και οι άλλες Μούσες κρατάνε πάντα ένα τελευταίο πέπλο για να τυλίγονται μέσα”.

Μάθαμε πολύ περισσότερα. Και αυτά που μάθαμε μας έπεισαν ότι αυτά που ξέρουμε είναι ακόμη πολύ λιγότερα. Το “Εν οίδα ότι ουδέν οίδα” του Σωκράτη, όπως το εξέφρασε πιο έντονα ο Ρορρεγ που ασχολείται με την φιλοσοφία της επιστήμης: “Ξέρω ότι δεν ξέρω τίποτα και ούτε καν αυτό”, αποτελεί αδήρητη εμπειρία για όποιον βρίσκεται στα ερευνητικά μονοπάτια.

Έτσι λοιπόν εμείς που είμαστε τώρα στο γέρμα της ζωής μας, μακαρίζουμε εσάς τους νεότερους που έχετε την δυνατότητα να πλεύσετε στους ωκεανούς μιας αλήθειας που ακόμα δεν έχει ανακαλυφθεί. Είναι πολλές οι αλήθειες που δεν ξέρουμε.

Θα ήθελα να σας πω, ότι όπως νοιώθουμε αλαζονικά όταν πατάμε τα κουμπιά των ηλεκτρονικών υπολογιστών και βλέπουμε τους εγκεφάλους στις οθόνες μας, νοιώθουμε εξίσου ταπεινοί μπροστά σε ένα χορταράκι που φωτοσυνθέτει, διότι εμείς, χημικοί, με εμπειρίες στην χημεία, μόλις εκατοπενήντα χρόνων, δεν μπορούμε να προσεγγίσουμε καθόλου την εμπειρία των δισεκατομμυρίων ετών που διαθέτει το πιο απλό αγριόχορτο, το οποίο μπορεί και συνθέτει εκατοντάδες πολύπλοκα μόρια χωρίς ρύπανση, χωρίς θόρυβο, χωρίς εγκαταστάσεις, χωρίς τεχνολογία ευεργετώντας το περιβάλλον.

Η διερεύνηση του θαυμαστού, του γοπητευτικού αυτού κόσμου αποτελεί πρόκληση για τις γενιές τις δικές σας.

Σας ευχαριστώ για την υπομονή σας.