ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

# Η ΖΩΗ Σ' ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΟΡΙΩΝ

ΒΡΑΒΕΙΟ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



Ίδε ο άνθρωπος

2. Ένα ρεσιτάλ ταπεινοφροσύνης

ΑΘΗΝΑ 2007

1954

# Η ΖΩΗ Σ' ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΟΡΙΩΝ

## ΙΔΕ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

# Η ΖΩΗ Σ' ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΟΡΙΩΝ

## ΙΔΕ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Β' Έκδοση

(ΔΕΚΑΠΕΝΤΕ ΧΡΟΝΙΑ ΜΕΤΑ)

2. Ένα ρεσιτάλ ταπεινοφροσύνης

ΑΘΗΝΑ
2007

*Θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή Κωνσταντίνο Α. Μανάφη για τις εύστοχες παρατηρήσεις και την πολύτιμη συνεργασία του.*

*Στο Εκδοτικό Τμήμα του Ιδρύματος Ευγενίδου για τη φροντίδα της έκδοσης.*

*Στην κ[α] Ελένη Βολίκα του δημιουργικού γραφείου «Μολύβι», που ανέλαβε τον σχεδιασμό των εξωφύλλων.*

*Θεωρώ ακόμα υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω την Έφη Χατζημπαΐλου για την υπομονετική δακτυλογράφηση του κειμένου.*

*Οφείλω, τέλος, να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους «σκεπτικούς» από τους οποίους ερανίστηκα σκέψεις και γνώσεις, αλλά η θύμηση του ονόματός τους έχει χαθεί στα βάθη της μνήμης μου. Λυπάμαι ειλικρινά που δεν μου είναι δυνατόν ν' αναφερθώ ονομαστικά στην πολύτιμη συμβολή τους.*

*Αλέξανδρος Σταυρόπουλος*
*Σχινιάς*
*Φεβρουάριος 2007*

Α΄ ΕΚΔΟΣΗ 1991
Β΄ ΕΚΔΟΣΗ 2007
ISBN set 960-85194-0-3
ISBN τομ.2 960-85194-2-X

Copyright © Ίδρυμα Ευγενίδου – Αλ. Σταυρόπουλος
Απαγορεύεται η ολική ή μερική ανατύπωση του βιβλίου και των εικόνων με κάθε μέσο καθώς και η διασκευή, η προσαρμογή, η μετατροπή και η κυκλοφορία του. (Άρθρο 3 του ν. 2121/1993).

*«Το να νικάς τον εαυτό σου, είναι η πρώτη και η πιο λαμπρή από όλες τις νίκες· το να νικιέσαι από τον εαυτό σου, είναι το χειρότερο και το αισχρότερο απ' όλα».*

*Πλάτων*

*Αφιερώνεται στα παιδιά*

*που από άγνοια ή αδυναμία υπέκυψαν στη σαγήνη των μορίων της εξάρτησης, των ναρκωτικών. Γλίστρησαν έτσι στον καταφορικό δρόμο των τεχνητών παραδείσων, εκεί όπου η θέληση εκμηδενίζεται και η ανθρώπινη αξιοπρέπεια καταρρακώνεται. Δρόμοι που μέσα από μια προσωρινή ευφορία απολήγουν στη θλίψη, στην απελπισία και τελικά στον εκμηδενισμό και στην κόλαση του λευκού θανάτου. Ευτυχώς, τώρα υπάρχουν δρόμοι επιστροφής, δρόμοι λύτρωσης· είναι ανηφορικοί, αλλά όποιος αποφασιστικά θελήσει δύναται να τους ακολουθήσει. Θα είναι το μεγαλύτερο δώρο στα λαμπρά του νιάτα.*

*Αλ. Σταυρόπουλος*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ . . . . . 13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΙΚΑ ΤΟΥ 21ΟΥ ΑΙΩΝΑ
ΕΝΑ ΡΕΣΙΤΑΛ ΤΑΠΕΙΝΟΦΡΟΣΥΝΗΣ

Τι δεν γνωρίζουμε – Μερικά σκληρά, αναπάντητα ερωτήματα, από τα άπειρα που δεν γνωρίζουμε – Ένα μαστίγωμα της αλαζονείας μας. . . . . 15
Η Γένεση του Σύμπαντος . . . . . 18
«Big-Bang»: η Μεγάλη Έκρηξη . . . . . 19
Η δημιουργία των άστρων και των πλανητών . . . . . 25
Πούλσαρς – Άστρα νετρονίων – Μαύρες τρύπες – Κβάζαρς . . . . . 30
Ο κυρτωμένος χωροχρόνος . . . . . 33
Η μυστηριώδης σκοτεινή ύλη και ενέργεια . . . . . 37
Ο ταραχώδης περιδινούμενος κόσμος. Το αεικίνητο διάστημα. Αστρονομία ακτίνων Χ. . . . . 38
Ο απόηχος των γιγαντιαίων εκρήξεων όταν το Σύμπαν βρισκόταν σε νηπιακή ηλικία . . . . . 41
Ανοιχτό ή κλειστό Σύμπαν; . . . . . 44
Ο πλανήτης Γη που ζούμε . . . . . 48
Η ενέργεια και η ύλη . . . . . 50
Τα παιγνίδια της ενέργειας . . . . . 60
Δύο λόγια για τα ηλεκτρόνια, τα άτομα, τα μόρια . . . . . 63
Ο μαγικός αριθμός . . . . . 66
Πώς είναι το άτομο . . . . . 68
Ύλη – Αντιύλη . . . . . 72
Οι γάμοι ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια – Η μαγική οκτάδα . . . . . 74
Το άτομο της ζωής, ο άνθρακας . . . . . 79
Η φυσική πραγματικότητα . . . . . 81
Προξενητές των αντιδράσεων . . . . . 82
Νερό, το θαυμαστό, το πρώτο μόριο του πλανήτη . . . . . 83
Αλκοόλες, μόρια λύτρωσης κι εξευτελισμού . . . . . 86
Κβάντα, τα πακέτα ενέργειας . . . . . 88
Η Κβαντοηλεκτροδυναμική (QED) του R. Feynman και ο χρόνος που τρέχει προς τα πίσω . . . . . 93
Η Αρχή της Αβεβαιότητας ή της Απροσδιοριστίας του Heisenberg . . . . . 93

Η πιθανοκρατική φυσική ..... 97
Η τέταρτη διάσταση: ο αχώριστος σύντροφός μας, ο χρόνος ..... 98
Ο Einstein και ο χωροχρόνος. ..... 101
Προς τη μεγάλη ενοποίηση των φυσικών δυνάμεων ..... 108
Βαρύτητα, ο μεγάλος άγνωστος. Η Θεωρία των Πάντων.
Θεωρίες των Χορδών ..... 115
Ο νέος κόσμος των (μεμ)βρανών (mem-branes) ..... 117
Η Θεωρία των Πολλαπλών Σφαιρών (multiverse)
και των (Μεμ)βρανών (brane) ..... 120

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ
## ΙΔΕ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Τα συστατικά μας και πόσο αξίζουν ..... 123
Πρωτεΐνες, τα θεμέλια της ζωής ..... 126
Οι πρωτεΐνες πολυτελείας. ..... 127
Τα γιγαντιαία μόρια ..... 129
Δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών. ..... 130
Η κρίσιμη αλληλουχία ..... 132
Στερεοδομές – Δομές στον τρισδιάστατο χώρο ..... 133
Μεταβολές χωρίς επιστροφή – Η μετουσίωση ..... 136
Οι αυτόματοι διακόπτες της ζωής ..... 137
Η μονάδα της κάθε μορφής ζωής: το κύτταρο ..... 139
Το απίθανο εργοστάσιο και η θαυμαστή μεμβράνη του κυττάρου ..... 140
DNA, τα νήματα της ζωής – Η νομοθετική εξουσία ..... 146
Η χρωματίνη και οι ιστόνες ..... 154
Αναπαραγωγή του κυττάρου ..... 156
Τι προσπαθούμε να μάθουμε ..... 160
Δημιουργία της προσωπικότητας ..... 164
Το υπεργονίδιο και η αναμφισβήτητη πατρότητα ..... 166
Τα άλματα της γενετικής – Μια νέα εποχή για τη βιολογία –
Η αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος ..... 168
Το γονιδίωμα του αχινού – Ένα νέο κεφάλαιο
της βιολογίας ανοίγει. ..... 169
Γιατί οι άνθρωποι έχουμε, σχετικά, τόσο λίγα γονίδια; ..... 170
Ο ανηφορικός δρόμος για τη διερεύνηση του
πρωτεϊνικού κυκεώνα (proteomics) ..... 173
Μοριακή μονογαμία ..... 173
Μια νέα εποχή στη μοριακή βιολογία. ..... 175
Μια νέα εποχή ξημερώνει ..... 177
Η «σιωπή» των γονιδίων ..... 177
Το πρόγραμμα HAP-MAP χαρτογράφησης (MAP)
των απλότυπων (haplotypes) ..... 179

Η μεγάλη αλυσίδα των όντων .....180
Η συνθετική βιολογία – Μια νέα προσπάθεια .....181
Τα συνθετικά νέα μόρια RNA-DNA: X DNA.....183
Βλαστοκύτταρα (stem cells) – Κλωνοποίηση.....184
Κυνηγώντας την αθανασία μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα.....186
Αναπρογραμματισμός των εμβρυϊκών κυττάρων (E.S.) –
Βλαστοκύτταρα και η αναζήτηση της αθανασίας .....187
Πώς δημιουργούνται αβγά και σπέρμα .....188
Η τελομεράση.....189
Γονίδια πλεονεκτημάτων; .....189
Το δώρο του Ήλιου: οι υδατάνθρακες .....190
Φωτοσύνθεση, η σύλληψη της ηλιακής ενέργειας .....194
Το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα.....196
Αναπνοή, η εύκολη λύση .....199
Τα δραστικά καύσιμα: τα λίπη και τα λάδια .....201
Κορεσμένα – Ακόρεστα λάδια .....205
Τα δώρα των ωκεανών και της ελιάς .....206

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ
## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, Τ' ΑΓΑΘΑ ΚΑΙ ΤΑ ΔΕΙΝΑ ΤΗΣ

Ο πλανήτης Γη σε κρίση .....209
Η υπερθέρμανση του πλανήτη – Το φαινόμενο του θερμοκηπίου .....212
Η εκδίκηση της Θεάς Γαίας .....214
Η τύχη του φυτοπλαγκτόν σ' ένα θερμότερο κόσμο. Μια ανησυχητική
προειδοποίηση.....216
Παραγωγή μεθανίου από τα φυτά .....217
Η αλλαγή του κλίματος.....218
Μια δύσκολη απόφαση .....220
Ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές .....221
Ηλιακή ενέργεια.....221
Ο Ήλιος: Η πιο σημαντική ανανεώσιμη πηγή .....222
Ένας κόσμος διψασμένος .....223
Αιολική ενέργεια .....223
Ενέργεια από τη θάλασσα .....224
Ηλεκτρισμός από τον Ήλιο – Φωτοβολταϊκή παραγωγή .....224
Βιοκαύσιμα – Βιοντίζελ – Βιοαιθανόλη .....226
Η καταστροφή του Τσέρνομπιλ.....230
Πυρηνική ενέργεια – (Παραγωγή υδρογόνου σε μεγάλη κλίμακα).....232
Το υδρογόνο.....233
Σύντηξη .....234
Το παράδειγμα της Ισλανδίας.....236
Υπάρχει πανάκεια; .....237

Φως από το βόρβορο – Τα μικρόβια . . . . . 238
Ο νέος φωτισμός . . . . . 240

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ
## Η ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ

Οι αρρώστιες . . . . . 241
Οι αρχές του παρασιτισμού – Οι μολυσματικές αρρώστιες. . . . . 242
Μικροοργανισμοί: πολύτιμοι συνεργάτες, αδυσώπητοι εχθροί . . . . . 243
Διηθητοί ιοί (virus), τα πρώτα «ζωντανά» μόρια . . . . . 246
Ο HIV και το AIDS. . . . . 247
Ο θαυμαστός μηχανισμός της ανοσίας – Μόρια σε αναγνώριση μορίων. . . . . 249
Αλλεργίες . . . . . 251
Ο εμβολιασμός . . . . . 253
Ένα αντιγριπικό εμβόλιο ευρέως φάσματος . . . . . 254
Μια νέα επανάσταση στην ιατρική – Μονοκλωνικά αντισώματα . . . . . 257
Τώρα που οι παλιές μάστιγες έχουν ξεχαστεί . . . . . 259
Τερατογέννηση – Η επώδυνη σημασία της στερεοδομής
και η θαλιδομίδη . . . . . 262
Βιοτεχνολογία – Η γενετική μηχανική . . . . . 263
Στον πόλεμο κατά της γήρανσης – Οξυγόνο: ζωοδότης και δηλητήριο . . . . . 267
Αδάπανη μακροζωία στους ποντικούς . . . . . 267
Η μεγάλη κατάρα – Οι παθήσεις του εγκεφάλου . . . . . 269
Οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες . . . . . 270
Η ασθένεια του Alzheimer . . . . . 271
Διαβήτης και Alzheimer . . . . . 273
Νευροπροσθετική . . . . . 274
Γνωστικός κορεσμός και ακόρεστες επιθυμίες . . . . . 275
Οι ψυχασθένειες . . . . . 277
Η κατάθλιψη (στρες) . . . . . 278
Αγχωτική νεύρωση . . . . . 281
Έμμονες ιδέες, φοβίες και αυτοεξαναγκασμός . . . . . 282
Η σχιζοφρένεια. . . . . 283
Καταθλιπτικές καταστάσεις και καλλιτεχνική δημιουργία . . . . . 286
Η αναγωγική και η ολιστική άποψη . . . . . 288
Τα μεγάλα βάσανα του ανθρώπου . . . . . 290
Το τσιγάρο και οι συνήθειές μας. . . . . 291
Διατροφή και καρδιαγγειακές παθήσεις. . . . . 294
Χοληστερίνη: ένας ευεργέτης, ένας κακοποιός. . . . . 297
Τα δώρα των ωκεανών και της ελιάς – Ο απόηχος της θάλασσας –
– Οι καρδιές των Εσκιμώων και των Κρητικών. Οι επιφυλάξεις
για κατάχρηση εξευγενισμένου σπορέλαιου . . . . . 303

Ο Βάκχος, η υγεία, η μακροζωία και η σιλουέτα μας . . . . . 305
Υπέρταση . . . . . 306
Η ιδιοπαθής υπέρταση . . . . . 307
Τα εικοσιανοειδή . . . . . 309
Ασπιρίνη, το πιο θαυματουργό, το πιο παλαιό, το πιο φτηνό φάρμακο . . . . . 311
Καρκίνοι, η μεγάλη μάστιγα . . . . . 313
Διαιτολόγιο, καρδιοπάθειες και καρκίνος . . . . . 315
Η διάγνωση του καρκίνου . . . . . 319
Προγεστερόνη και καρκίνος του στήθους . . . . . 321
Η παράταση της ζωής . . . . . 322
Ένας έλεγχος υγείας (Check-up) του 2020 . . . . . 323
Ο μητρικός θηλασμός, μια ευεργεσία . . . . . 324
Μητέρα και παιδί . . . . . 327
Εμμηνόπαυση και συνέπειες . . . . . 329

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ
## ΕΝΑ ΛΟΥΚΟΥΛΛΕΙΟ ΥΓΙΕΙΝΟ ΓΕΥΜΑ ΤΟΥ 2007

Οι γυναίκες και οι σοκολάτες . . . . . 338
Οι μαργαρίνες και το έμφραγμα . . . . . 340
Η παχυσαρκία . . . . . 347
Διαβήτης και παχυσαρκία . . . . . 348

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ
## ΕΤΟΣ 2020. ΑΛΛΑΞΕ ΚΑΤΙ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ; ΕΝΑΣ ΠΕΡΙΠΑΤΟΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Νέες ιδέες για τα βλαστοκύτταρα . . . . . 356
Προς μια νέα επανάσταση στην ιατρική των μεταμοσχεύσεων . . . . . 356
Ένας καινούργιος δρόμος για ξανάνιωμα . . . . . 356
Υπεραγωγιμότητα . . . . . 362
Η βιοτεχνολογία στο φυτικό βασίλειο . . . . . 366
Τα θαυμαστά φυτικά κύτταρα και η βιοτεχνολογία . . . . . 371
Ένα μάθημα φυσικής και χημείας του 2020 . . . . . 377
Η πληροφορική . . . . . 380
Ο νόμος του Μουρ για την τελειοποίηση των υπολογιστών . . . . . 381
Νανοτεχνολογία – Η τεχνολογία του 21ου αιώνα . . . . . 384
Μοριακοί κινητήρες (νανομοτέρ) . . . . . 387
Νανοτεχνολογία και ανθρώπινες ανησυχίες . . . . . 387

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ
## ΕΝΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ ΤΟΥ 2020

Την επόμενη μέρα . . . . . 395

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ
## Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ
## ΠΩΣ ΒΡΕΘΗΚΑΜΕ ΕΔΩ;


Πώς δημιουργήθηκε η ζωή στη Γη; Πώς βρεθήκαμε εδώ; . . . . . 402
Τα πρωτόκτιστα και τα πρωτόβια . . . . . 404
Σημαντικοί σταθμοί για την απομυθοποίηση της δημιουργίας της ζωής. . . . . 407
Είμαστε μόνοι στον κόσμο; . . . . . 409
Η ζωή και το χάος – Η εξέλιξη της ζωής. . . . . 412
Η έννοια του χάους. . . . . 417
Η γένεση της «νέας χημείας» και η ζωή – Βιολογικά και χημικά ρολόγια– – Βιορυθμοί . . . . . 419
Το νερό, ο αέρας, οι δίνες και το χάος – Οι μαγικές διακλαδώσεις . . . . . 426
Η γεωμετρία των θραυσμάτων (fractal geometry) . . . . . 432
RNA, τα πρώτα μόρια με πληροφοριακό υλικό . . . . . 437
Το σεξ και ο θάνατος . . . . . 438
Ο Δαρβίνος και η εξέλιξη. . . . . 441
Η γλώσσα των γονιδίων και η ομιλία μας . . . . . 450
Το σεξ και η μακριά ουρά. . . . . 455
Το κληρονομικό και το επίκτητο . . . . . 458


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ
## ΤΟ ΡΕΚΒΙΕΜ ΤΗΣ ΠΑΡΕΑΣ


Έχει ανάγκη από δημιουργό το Σύμπαν; . . . . . 465
Τύχη και αναγκαιότητα ή σχεδιασμός; . . . . . 470
Στιγμές μεταφυσικής . . . . . 477
Ο άνθρωπος και η θρησκεία . . . . . 481
Οι επιστήμες και η θρησκεία . . . . . 485
Ο Θεός και ο άνθρωπος. . . . . 488
Ένας βιολόγος πεθαίνει . . . . . 492

Βιβλιογραφία . . . . . 495

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

## *ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ*

*«Είναι πολύ σημαντικό να δώσουμε, ευσυνείδητα κι έξυπνα, την ευκαιρία στο πλατύ κοινό ν' αποκτήσει τις εμπειρίες από τις προσπάθειες και τ' αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας. Δεν αρκεί ο καθένας μας ν' απευθύνεται στους ολίγους "ειδικούς" του κάθε τομέα της επιστήμης. Περιορίζοντας τη γνώση σε μια μικρή ομάδα, οδηγούμε σε νέκρωση το φιλοσοφικό πνεύμα του λαού μας, κι αυτό οδηγεί σε πνευματική πενία».*

*Al. Einstein*

*Τώρα, προς το τέλος μιας μακράς θητείας στο χώρο της παιδείας και της έρευνας, θεώρησα «χρέος μου», τις όσες εμπειρίες μού χάρισε το οδοιπορικό αυτό, να προσπαθήσω να τις προσφέρω στον αγώνα για περισσότερη και καλύτερη κατανόηση του βιολογικού μας εαυτού.*

*Στο κείμενο που ακολουθεί καταβάλλεται προσπάθεια να ενοποιηθούν οι γνώσεις που διέπουν τα ζήνα και τ' ανθρώπινα. Η ενοποίηση αυτή απλουστεύει και αναδεικνύει την απέραντη ομορφιά του κόσμου που ζούμε και την καθιστά προσιτή στον καθένα που επιθυμεί να την αποκτήσει. Η αυτογνωσία πάντα μας βοηθάει στον αγώνα για καλύτερη ποιότητα ζωής.*

*Το βιβλίο αποτελείται από δύο μέρη και είναι γραμμένο όσο πιο απλά γίνεται, ώστε οι εκτεταμένες γνώσεις που συσσωρεύτηκαν τα τελευταία χρόνια σχετικά με το «βιολογικό» άνθρωπο και τα προβλήματά του να γίνουν κτήμα όποιου θελήσει.*

*Πιστεύω και ελπίζω η γνώση αυτή να βοηθήσει τους νέους ανθρώπους στην αναζήτηση οδών και διεξόδων μέσα από τ' απέραντα μονοπάτια, που απλόχερα η φύση μάς έχει χαρίσει.*



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

## ΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΙΚΑ ΤΟΥ 21ου ΑΙΩΝΑ ΕΝΑ ΡΕΣΙΤΑΛ ΤΑΠΕΙΝΟΦΡΟΣΥΝΗΣ

*Η επιστήμη δεν γνωρίζει χώρες και έθνη, γιατί η γνώση ανήκει στην ανθρωπότητα και είναι ο πυρσός που φωτίζει τον κόσμο.*

*L. Pasteur*

### *Τι δεν γνωρίζουμε – Μερικά σκληρά, αναπάντητα ερωτήματα, από τα άπειρα που δεν γνωρίζουμε – Ένα μαστίγωμα της αλαζονείας μας*

Αυτό το χειμωνιάτικο βράδυ του Γενάρη είχε συγκεντρωθεί πάλι όλη η παλιά παρέα στο φιλόξενο σπίτι του Καρόλου, στις πλαγιές του Ευβοϊκού. Ήταν εκεί ο Ευκλείδης, θεωρητικός φυσικός, ο Πλάτωνας, καθηγητής της Φιλολογίας, ο Ιπποκράτης, γιατρός ενδοκρινολόγος, η εγγονή του Καρόλου η Μάρθα, που είχε σπουδάσει μουσικολογία και ψυχολογία στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης και ο αρραβωνιαστικός της ο Νίκος, κοινωνιολόγος.

Τη συζήτηση άνοιξε ως οικοδεσπότης ο Κάρολος:

– Βλέπω την καταιγίδα να έρχεται, είπε.

Πράγματι ο Ευβοϊκός είχε σκοτεινιάσει και μολυβιά σύννεφα είχαν σκεπάσει όλον τον ορίζοντα. Η βοή της θάλασσας που είχε φουσκώσει, ταίριαζε με τις Εβρίδες του Μέντελσον που σιγοακουγότανε από το ψηφιακό ηχοσύστημα.

Ο Τοτό, το ρομπότ, αφού σερβίρισε τα ροφήματα, διαθέτοντας αισθητήρια για τις καιρικές συνθήκες άρχισε να ανεβάζει τις τέντες, ώστε να μην σχιστούν από την επερχόμενη θύελλα.

Αφού βυθίστηκαν στις ανατομικές πολυθρόνες τους, έδειχναν όλοι ευτυχείς από την ασφάλεια του χώρου και τη θαλπωρή του τζακιού, όπως οι φλόγες τρεμούλιαζαν συνοδεύοντας τις αναλαμπές από τις αστραπές και τους κεραυνούς της καταιγίδας που είχε πλησιάσει. Παρατηρώντας τους κεραυνούς ν' αυλακώνουν τον ουρανό πριν βυθιστούν στα φουρτουνιασμένα νερά του Ευβοϊκού και τη φανταστική μορφή που έπαιρναν τα γιγάντια δέντρα από τη φωταγώγηση της καταιγίδας, ο Νίκος παρατήρησε:

– Τιτανικές οι δυνάμεις της Φύσης!

– Αυτό δεν είναι τίποτα, παρενέβη ο Ευκλείδης, αν το συγκρίνεις με τις δυνάμεις που απελευθερώνονται σ' έναν σεισμό· θυμηθείτε την τραγωδία του Ινδικού και το τσουνάμι που ακολούθησε ή την ενέργεια που εξαπολύει η λάβα ενός ενεργού ηφαιστείου. Όλ' αυτά όμως δεν είναι παρά παιδικές φωτοβολίδες, αν συγκριθούν με τις τιτανικές δυνάμεις του διαστημικού χώρου, όπως θα έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε.

Οι θεαματικές πρόοδοι που έγιναν στις φυσικές επιστήμες τους τελευταίους αιώνες βασίστηκαν κυρίως στη συμβολή φωτισμένων ανθρώπων, όπως ο Κέπλερ, ο Κοπέρνικος, ο Μάξουελ, ο Νεύτων, ο Μεντελέγιεφ, ο Δαρβίνος, ο Αϊνστάιν, ο Χαμπλ, για να θυμηθούμε μερικούς. Παρά ταύτα, τα μεγάλα ερωτηματικά παραμένουν και πολλαπλασιάζονται όπως η γνώση πλαταίνει. Τα ερωτηματικά καλλιεργούν την καλή επιστήμη, τα άλυτα μυστήρια είναι αυτά που μαστιγώνουν την ανθρώπινη περιέργεια και την προσπάθεια για τη διερεύνησή τους.

Όπως έλεγε πριν ένα αιώνα ο Holms, δικαστής στο Ανώτατο Δικαστήριο των ΗΠΑ: *«Μεγάλες υποθέσεις συχνά δημιουργούν κακούς νόμους»*. Αντίθετα, στις θετικές επιστήμες τα μεγάλα ερωτηματικά δημιουργούν πολύ καλή επιστήμη. Τα άλυτα μυστήρια τροφοδοτούν την επιστήμη με κίνητρα και κατευθύνσεις. Τα κενά στην επιστημονική γνώση συνιστούν ευκαιρίες που θα πρέπει να τύχουν εκμετάλλευσης.

Οι μεγαλύτερες πρόοδοι της επιστήμης συμβαίνουν στα σύνορα άγνοιας και γνώσης, όπως λέει ο Νομπελίστας Φυσικός D. Gross. *«Η επιστήμη δημιουργείται από την άγνοια»*. Και την ακατάσχετη περιέργεια του ανθρώπου, θα πρόσθετα εγώ.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Κάρολος:

– Τον προβληματισμό των σκεπτόμενων ανθρώπων εκφράζει και η δημοσίευση του περιοδικού των επιστημών, με το οποίο γαλουχηθήκαμε όλοι μας: το «Science».

Η εκδοτική επιτροπή του έγκυρου αυτού περιοδικού, με την ευκαιρία συμπλήρωσης 125 χρόνων από την πρώτη του έκδοση, έθεσε στους αναγνώστες του 125 καίρια ερωτήματα σχετικά με το τι δεν γνωρίζουμε σήμερα. Στην τεράστια στερεοσκοπική οθόνη προβλήθηκαν τότε μερικά από τα καυτά ερωτήματα που περιμένουν απαντήσεις:

- Από τι συνίσταται το Σύμπαν; Είναι ένα ή πολλαπλά Σύμπαντα;
- Τι είναι βαρύτητα;
- Είναι δυνατόν να ενοποιηθούν οι νόμοι της Φυσικής;
- Είμαστε μόνοι στο Σύμπαν;
- Ποια είναι η φύση του εσωτερικού του πλανήτη μας; Τι συμβαίνει κάτω από τα πόδια μας;
- Πώς σχηματίζονται οι γαλαξίες, τ' άστρα, οι πλανήτες;
- Ποια είναι η φύση των μαύρων τρυπών, των κβάζαρς με τις φανταστικές ενέργειες, της μυστηριώδους σκοτεινής ύλης, αλλά και της σκοτεινής ενέργειας;



*Έκρηξη πφαισιείου.*

- Είναι τα κουάρκς τα έσχατα υποατομικά σωματίδια;
- Γιατί η ύλη είναι περισσότερη από την αντιύλη στον πλανήτη μας;
- Ποια είναι ακριβώς η φύση της υπεραγωγιμότητας;
- Πώς δημιουργήθηκε η ζωή στη Γη;
- Είναι δυνατόν να επιμηκυνθεί η ζωή μας; Και πόσο;
- Τι ακριβώς μας διαφοροποιεί από τους χιμπατζήδες;
- Μπορεί ένα δερματικό κύτταρο να μεταβληθεί σε νευρώνα;
- Τι ελέγχει την ανάπλαση των οργάνων;

Μερικά ακόμη από τα ζωτικά ερωτηματικά που περιμένουν απάντηση είναι για παράδειγμα:

- Ποια είναι η βιολογική βάση της συνείδησης;
- Γιατί οι άνθρωποι έχουμε τόσο λίγα γονίδια, κάτι περισσότερο από ένα σκουλήκι;
- Αφού ένα μικρό μόνο ποσοστό των γονιδίων προγραμματίζει τη σύνθεση πρωτεϊνών, το υπόλοιπο τι ρόλο έχει;
- Πώς από ένα απλό φυτικό κύτταρο δημιουργείται ένα ολόκληρο φυτό;
- Ποιες γενετικές μεταβολές μας έκαναν αυτό το μοναδικό «σκεπτόμενο» ζωικό είδος;
- Πώς θα εξελιχθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου; Ποια είναι η τύχη του πλανήτη μας;
- Μπορεί να αντικατασταθεί το φθηνό πετρέλαιο; Και πότε;
- Οι θεωρίες του Μάλθου θα εξακολουθήσουν να είναι λαθεμένες;

Αυτά είναι μερικά από τα 125 ερωτήματα που το έγκριτο περιοδικό θέτει, ζητώντας από τους αναγνώστες να τα απαντήσουν. Σίγουρα ακολουθεί ορμαθός

από απορίες που ζητούν απάντηση. Για να ξαναθυμηθούμε το *«ἕν οἶδα ὅτι οὐδέν οἶδα»* του Σωκράτη ή όπως το συμπλήρωσε ο K. Popper: *«Ξέρω ότι δεν ξέρω σχεδόν τίποτα – και ούτε καν αυτό».* Το λόγο τώρα πήρε ο Ευκλείδης:

## Η Γένεση του Σύμπαντος

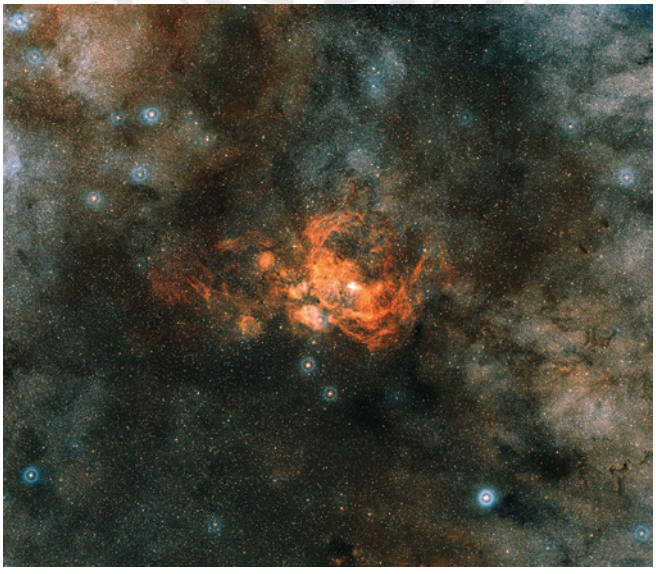
### *Πώς δημιουργήθηκε η ύλη*

*Εκεί, πέρα από μας, εκτείνεται ο απέραντος Κόσμος του Σύμπαντος.*
*Να στοχαστούμε τον Κόσμο αυτόν αποτελεί επίκληση ελευθερίας.*
*A. Einstein*

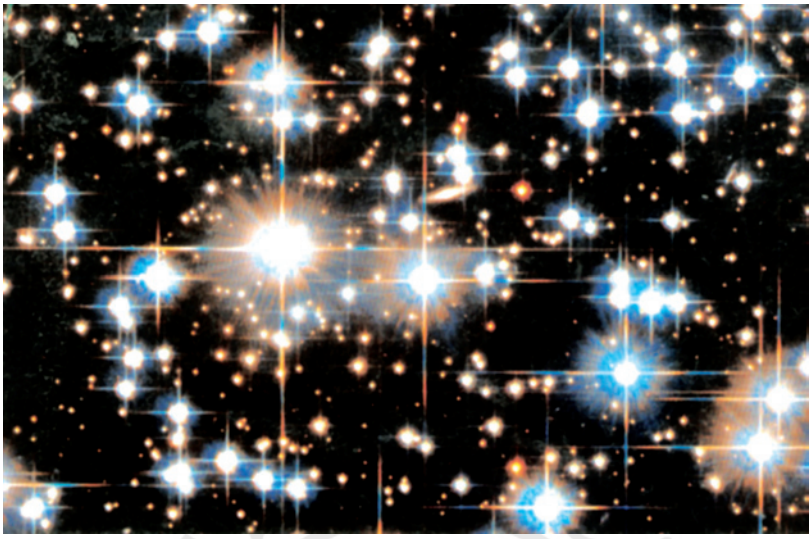
– Όπως έλεγε κι ο Huxley. *«Το γνωστό είναι περιορισμένο, το άγνωστο είναι απεριόριστο».* Ζούμε πάνω σ' ένα νησί, στο μέσο ενός απέραντου ωκεανού από ανεξήγητα. Το καθήκον της κάθε γενιάς είναι να κατακτά λίγη έκταση ακόμη, να προσθέτει κάτι στις γνώσεις μας και να τις ισχυροποιεί.

Πριν πέντε περίπου αιώνες ο Κοπέρνικος, ο Κέπλερ, ο Νεύτων έδειξαν ότι η Γη είναι απλά και μόνον ένας από τους πλανήτες που περιστρέφεται γύρω από ένα ασήμαντο αστέρι, τον Ήλιο, ένα από τα μυριάδες αστέρια του γαλαξία, ενός από τους μυριάδες γαλαξίες του Σύμπαντος. Κι έτσι η γεωκεντρική θεωρία που με φανατισμό υποστήριζαν θρησκείες και οι εγωκεντρικοί άνθρωποι κατέρρευσε.

Ο Hubble έδειξε ότι το Σύμπαν διαστέλλεται και αναπτύσσεται συνεχώς. (Αυτό το διαπιστώνουμε από τη μετατόπιση των φασματικών γραμμών προς το ερυθρό τμήμα του φάσματος). Η ταχύτητα του φωτός είναι απίστευτα μεγάλη, περίπου 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. (Μια ακτίνα φωτός σ' ένα δευ-



*Πορτρέτο κάποιας γωνίας του Σύμπαντος.*



*Φωτογραφία του διαστημικού χώρου (μακράς έκθεσης) από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble.*

τερόλεπτο θα έκανε 7,5 φορές το γύρο του Ισημερινού), αλλά συγχρόνως είναι πεπερασμένη, γιατί κατά τον Einstein τίποτα δεν είναι ταχύτερο από αυτή.

Όταν κοιτάμε τον Ήλιο και τ' άστρα αντικρίζουμε το παρελθόν. Το φως για να διασχίσει την απόσταση του πλανήτη μας από τον Ήλιο χρειάζεται 8,5 λεπτά, δηλαδή αυτό που βλέπουμε αυτήν τη στιγμή έχει ξεκινήσει πριν 8,5 λεπτά από τον Ήλιο. Αντίστοιχα ο αστρονόμος που φωτογραφίζει με τη βοήθεια ενός ισχυρού τηλεσκοπίου έναν γαλαξία που απέχει 250 εκατομμύρια έτη φωτός* δεν βλέπει τον τωρινό γαλαξία, αλλά όπως ήταν την εποχή που στη Γη βασίλευαν οι δεινόσαυροι. Ο αστερισμός του Ωρίωνα για παράδειγμα έχει στα μάτια μας τη μορφή που είχε όταν κυριαρχούσε στον κόσμο η Ρωμαϊκή αυτοκρατορία.

## «Big-Bang»: η Μεγάλη Έκρηξη

*«Ἐν ἀρχῇ ἦν τό χάος. Μετά ἐγένετο φῶς».*
*Βίβλος*

– Σύμφωνα με τη θεωρία του «Big-Bang», της Μεγάλης Έκρηξης δηλαδή, συνέχισε ο Ευκλείδης, πριν δεκατέσσερα περίπου δισεκατομμύρια χρόνια όλη η γνωστή ύλη του Σύμπαντος, με όλους τους γαλαξίες, ήταν συμπιεσμένη σε μια σφαίρα που η ακτίνα της δεν ξεπερνούσε το χώρο που καταλαμβάνει η μύτη μιας βελόνας. Η πυκνότητα αυτή υπολογίζεται μ' έναν αριθμό που ακολουθείται από ενενήντα τρία μηδενικά και προκαλεί τον ίλιγγο στον ανθρώπινο νου. Η

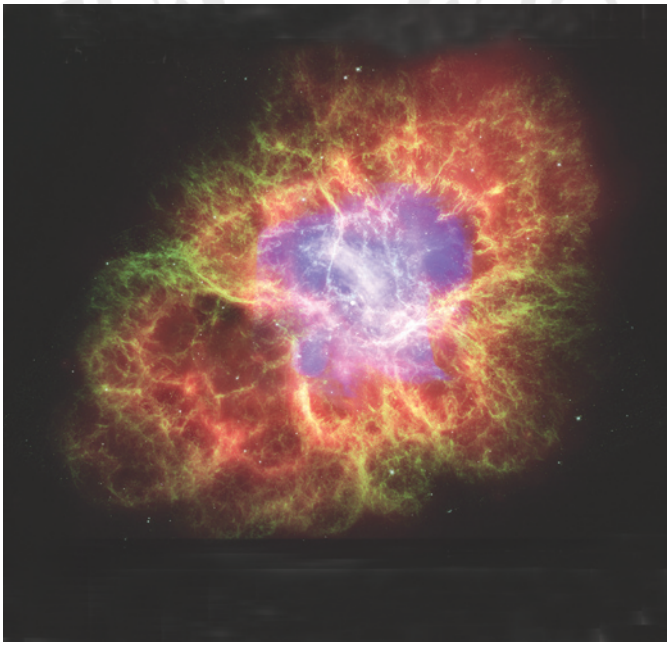
* Ένα έτος φωτός ισοδυναμεί με 9,5 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα, δηλαδή έναν αριθμό που ακολουθείται από 12 μηδενικά.

αντίληψη τέτοιων εννοιών και αριθμών γίνεται πολύ δύσκολα κατανοητή από τον άνθρωπο.

Στον πλανήτη μας για παράδειγμα δεν υφίστανται πυκνότητες μεγαλύτερες από έναν αριθμό με δύο μηδενικά. Γενικότερα, όμως, ο άνθρωπος δεν συνειδητοποιεί εύκολα τους πολύ μεγάλους ή τους πολύ μικρούς αριθμούς, γιατί ο εγκέφαλός του δεν είναι προικισμένος, κι αυτό, γιατί είναι προσαρμοσμένος στις διαστάσεις ενός μικρού πλανήτη όπου ζει. Όταν ο άνθρωπος μιλάει γι' αριθμούς μεγαλύτερους από δώδεκα μηδενικά (τρισεκατομμύρια), δεν έχει καν τον τρόπο να τους εκφράσει, παρά μόνο περιφραστικά. Γι' αυτό, αν σαστίζετε, μην απορείτε, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Στα συμπεράσματα αυτά οι αστροφυσικοί καταλήγουν με βάση τις παρατηρήσεις τους και θεωρητικές υποθέσεις, οι οποίες μεταφράζονται με δυσνόητους μαθηματικούς λογισμούς. Έτσι, άλλωστε, αποκαλύφθηκε πριν έναν περίπου αιώνα και η δομή του ατόμου, αυτού του απειροελάχιστου μοντέλου του αστρικού χώρου. Για ν' αντιληφθεί κάποιος αυτές τις εξαιρετικά μεγάλες πυκνότητες της ύλης, θα πρέπει να τις παραλληλίσει με την αναλογία που υφίσταται ανάμεσα στη δομή του ατόμου (με τον πυκνό πυρήνα του και τα ηλεκτρόνια που περιστρέφονται γύρω από αυτόν) και του γαλαξιακού χώρου (τα ηλιακά συστήματα με τον Ήλιο και τους πλανήτες που τριγυρνάνε γύρω του). Το απειροελάχιστο του ατόμου και το γιγαντιαίο του γαλαξιακού χώρου μοιάζουν πολύ.

Σας θυμίζω ότι, αν την εικόνα ενός ατόμου τη φανταζόμαστε μεγεθυσμένη



*Έκρηξη υπερκαινοφανούς (supernova) και κατακλυσμός κοσμικής ακτινοβολίας.*

στις διαστάσεις ενός ποδοσφαιρικού γηπέδου, τότε ο πυρήνας του ατόμου θα είχε τις διαστάσεις μιας μπάλας του τένις στο κέντρο του γηπέδου, και τα ηλεκτρόνια θα τριγύριζαν στις κερκίδες του. Γύρω απ' αυτήν τη μπάλα, τον πολύ πυκνό πυρήνα, όπου είναι συγκεντρωμένη όλη η μάζα του ατόμου, *η υλική του υπόσταση,* περιφέρονται με μεγάλη ταχύτητα τα ηλεκτρόνια, περίπου όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο. Η ύλη δηλαδή είναι ένας τεράστιος κενός χώρος, αφού και στη δομή του ατόμου, αναλογικά, υπάρχει τόσο κενό, όσο και στο διαστημικό χώρο.

Για να κάνουμε μια παρομοίωση, θα σας δώσω ένα παράδειγμα: ο άνθρωπος, όπως μας είπε ο Κάρολος, αποτελείται βασικά από μόρια νερού, πρωτεΐνης και μερικών ακόμα οργανικών ουσιών, που σε τελευταία ανάλυση συντίθενται από άτομα υδρογόνου, οξυγόνου, άνθρακα, αζώτου, θείου, φωσφόρου και ιχνοστοιχείων· αν φανταστούμε ότι με την εφαρμογή μιας υπερκόσμιας δύναμης συμπιεστεί σαν σφουγγάρι, ώστε να βρούμε τι χώρο καταλαμβάνει η πραγματική υλική του υπόσταση, θα βρεθεί ότι πρόκειται για ένα μικρό σωματίδιο όχι μεγαλύτερο από το κεφάλι μιας μύγας. Αν η ύλη αστεριών, αντίστοιχα, συμπιεστεί από τις τιτανικές δυνάμεις της βαρύτητας, που υφίστανται στα μεγάλα αστέρια, τότε τα τεράστια διάκενα που υπάρχουν συμπιέζονται, ελαχιστοποιούνται και δημιουργούνται τα άστρα νετρονίων – για τα οποία θα μιλήσουμε αργότερα – των οποίων οι πυκνότητες είναι φανταστικές. Όλα τώρα συγκλίνουν στο ότι το Σύμπαν δημιουργήθηκε πριν μερικά δισεκατομμύρια χρόνια μετά την έκρηξη μιας σημειακής ιδιομορφίας ή μοναδικότητας, της *Singularity*, με άπειρη πυκνότητα ύλης.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων:

– Η θεωρία σας θυμίζει τα βιβλικά *«Γεννηθήτω φῶς, καί ἐγένετο φῶς»* ή *«ἐν ἀρχῇ ἦν τό χάος καί μετά ἐγένετο φῶς»*.

– Όχι ακριβώς, γιατί και χρονικά διαφέρουν πολύ, αφού η Βίβλος τοποθετεί τη Δημιουργία χιλιάδες μόνο χρόνια πριν, αλλά αναφέρεται και στο χάος που προϋπήρχε αυτής· εμείς, όμως, δεν έχουμε τη δυνατότητα να γνωρίζουμε τίποτα απολύτως για το τι προηγήθηκε της Μεγάλης Έκρηξης, και έχουμε διαφορετική αντίληψη για το χάος, όπως θα δούμε, απάντησε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Κάποτε, χωρίς να είναι γνωστή η αιτία, σημειώθηκε η φοβερή έκρηξη, το Big-Bang, και η θερμοκρασία ανέβηκε γύρω στους εκατό δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Πριν από τη στιγμή αυτή δεν υπήρχε ούτε ο χώρος ούτε ο χρόνος. Ο κόσμος και ο χρόνος δημιουργήθηκαν την ίδια στιγμή· ο κόσμος, δηλαδή, δεν δημιουργήθηκε σε κάποια στιγμή του χρόνου, αλλά ταυτόχρονα με το χρόνο. Η Μεγάλη Έκρηξη ήταν η αρχή του *χώρου,* του *χρόνου,* της *ύλης* και της *ενέργειας.*

Το Σύμπαν δεν μπορεί να υπήρχε αιώνια, γιατί διαφορετικά θα πρέπει να είχε φτάσει στην τελική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας πριν από άπειρα χρόνια, πράγμα που δεν έχει συμβεί, αφού υπάρχουν σημεία υψηλών θερμοκρασιών, όπως τ' αστέρια που λάμπουν – σαν τον δικό μας τον Ήλιο – και ο απέ-

ραντος διαστρικός χώρος με τα ψυχρά σκοτάδια, τα ερέβη των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Επομένως το Σύμπαν δεν υπήρχε ανέκαθεν.

Τα γεγονότα που προηγήθηκαν της Μεγάλης Έκρηξης τ' αγνοούμε, αφού δεν άφησαν κανένα σημάδι, που θα ήταν δυνατόν να παρατηρηθεί. Ο προηγούμενος χρόνος δεν είναι δυνατόν να οριστεί. Η σύγχρονη φυσική ξεκινάει τις θεωρήσεις της ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, για την ακρίβεια $10^{-43}$ του δευτερολέπτου (ένας αριθμός που την υποδιαστολή ακολουθούν σαράντα τρία μηδενικά). Πριν από τη στιγμή αυτή, προς το παρόν, δεν επιχειρείται διερεύνηση, γιατί δεν είναι δυνατόν να διερευνηθεί.

Ένα δέκατο του δευτερολέπτου αργότερα, η θερμοκρασία είχε πέσει από τους εκατό στους δέκα δισεκατομμύρια βαθμούς. Η θερμοκρασία αυτή είναι χίλιες φορές μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο κέντρο του Ήλιου, εκατομμύρια φορές πιο μεγάλη απ' αυτήν που λιώνουν τα πιο δύστηκτα υλικά στη Γη. Για παράδειγμα, το ανθρακούχο *χάφνιο,* ένα από τα πιο δύστηκτα υλικά (θερμική ασπίδα των διαστημικών λεωφορείων), λιώνει στους τέσσερεις χιλιάδες περίπου βαθμούς Κελσίου.

Μετά τη Μεγάλη Έκρηξη άρχισε η διαστολή του Σύμπαντος, μ' επακόλουθο τη μείωση της θερμοκρασίας. Όπως είναι γνωστό, όταν ο όγκος διπλασιάζεται, η θερμοκρασία μειώνεται στο μισό (είναι η αρχή σύμφωνα με την οποία λειτουργούν όλα τα ψυγεία). Κάθε διαστολή δηλαδή συνοδεύεται από ψύξη (όπως συμβαίνει στη μηχανή του ηλεκτρικού ψυγείου). Αντίθετα, συστολή, σμίκρυνση του όγκου, δηλαδή συμπίεση, σημαίνει θέρμανση, όπως το ξέρει ο καθένας που έχει δοκιμάσει να φουσκώσει το λάστιχο ενός ποδηλάτου με τη χειραντλία. Έτσι, όταν το Σύμπαν διεστάλη, έγινε δύο φορές μεγαλύτερο και η θερμοκρασία του έπεσε στο μισό. Από την αρχική υπερθέρμανση της Μεγάλης Έκρηξης και τη σχετική απόψυξη που ακολούθησε, λόγω διαστολής, σχηματίστηκαν τα πρώτα έμβρυα της ύλης.

Φαίνεται ότι η κατάσταση του Σύμπαντος, οι νόμοι της φυσικής και τα συστατικά της ύλης, ξεκίνησαν από μια εξαιρετικά απλή μορφή. Τότε, ίσως, άρχισε να δημιουργείται η ύλη από ακτινοβολία φωτονίων, τα οποία μετατράπηκαν σε ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια. Όπως όμως το Σύμπαν άρχισε να διαστέλλεται, η βασική ακτινοβολία επεκτάθηκε σε όλο το φάσμα, από τις κοσμικές ακτίνες, τις ακτίνες γ, τις ακτίνες Χ, τις υπεριώδεις, τις ορατές, τις υπέρυθρες και τις ακτινοβολίες, με μεγάλα μήκη κύματος, όπως του ραδιοφώνου και του ραντάρ, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Είχαμε πει κι άλλες φορές ότι η ύλη μετατρέπεται σε ενέργεια, όταν πολλαπλασιαστεί μ' έναν πολύ μεγάλο αριθμό – με είκοσι μηδενικά, που αντιστοιχεί στο τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός – αλλά και, αντίστροφα, η ενέργεια είναι δυνατόν να μετατραπεί σε ύλη, όπως για παράδειγμα όταν ένα φωτόνιο μετατρέπεται σ' ένα ζευγάρι σωματίδια ύλης και αντιύλης, όπως είναι το ηλεκτρόνιο και το θετικά φορτισμένο ηλεκτρόνιο, δηλαδή το ποζιτρόνιο. Πρόκειται

για την κλασική εξίσωση του Αϊνστάιν: $E = mc^2$. Κι όταν ελάχιστο ποσό μάζας μετατρέπεται σε ενέργεια, η ποσότητα ενέργειας που παράγεται – λόγω του πολλαπλασιασμού με το μεγάλο αριθμό με τα είκοσι μηδενικά – είναι κολοσσιαία. Αντίστοιχα χρειάζονται τεράστια ποσά ενέργειας για να δημιουργηθεί ελάχιστο ποσό ύλης, είτε πρόκειται για ηλεκτρόνια, είτε για πρωτόνια, είτε για νετρόνια, τα συστατικά δηλαδή των ατόμων παντός υλικού του Σύμπαντος.

Αυτές οι διεργασίες δημιουργίας των υλικών σωματιδίων συνέβησαν λίγες στιγμές μετά το Big-Bang, όταν, λόγω διαστολής, υπήρξε ψύξη και δεν ήταν πλέον διαθέσιμα και συγκεντρωμένα τα κολοσσιαία ποσά ενέργειας, τα οποία ήταν αναγκαία για να συνεχιστεί η υλοποίησή της.

Πιθανόν, στην αρχή να δημιουργήθηκαν τα νετρόνια, τα νετρίνο, τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια. Αργότερα εμφανίστηκαν τα πρωτόνια, τα οποία, στη συνέχεια, μαζί με τα ηλεκτρόνια δημιούργησαν τα άτομα του υδρογόνου. Όταν κάποτε η θερμοκρασία έπεσε σε μερικές χιλιάδες βαθμούς Κελσίου, τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια δεν είχαν πια αρκετή ενέργεια ώστε να συνεχίσουν να διαφεύγουν από την έλξη που δημιουργεί η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση ανάμεσά τους. Έτσι άρχισαν να συνενώνονται και να σχηματίζουν άτομα.

Τον καιρό εκείνο δεν έπρεπε να υπήρχε στο Σύμπαν παρά το απλούστερο άτομο που αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο: το άτομο του υδρογόνου, το οποίο και σήμερα ακόμα εκτιμάται ότι αποτελεί το 50-60% της ύλης του Σύμπαντος και το κυρίως θερμοπυρηνικό καύσιμό του.

Το αρχικό σύννεφο υδρογόνου, καθώς διασκορπιζόταν, άρχισε να δημιουργεί τους πρωτογαλαξίες, οι οποίοι, στη συνέχεια, με την επίδραση των δυνάμεων της βαρύτητας διασκορπίστηκαν σε τεράστιες σταγόνες, οι οποίες ίσως να υπήρξαν και οι πρωταρχικές μορφές των άστρων, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Το σφαιρικό σύννεφο του υδρογόνου, που αποτελούσε τη μάζα των πρωταστέρων, με την επίδραση της βαρύτητας συμπιεζόταν, με αποτέλεσμα τη συστολή του και φυσικά την αύξηση της θερμοκρασίας του. Με τη συνέχιση της συμπίεσης και της συστολής, η θερμοκρασία έφτασε στο σημείο που άρχισε η σύντηξη πυρήνων υδρογόνου, δηλαδή η πυρηνική αντίδραση, οπότε το άστρο αυτανεφλέγη. Έτσι δημιουργήθηκαν οι σύντροφοί μας στο διαστημικό χώρο, τ' αστέρια, όπως ο Ήλιος. Στο κέντρο του άστρου, στη συνέχεια άρχισαν να δημιουργούνται τα διάφορα βαρύτερα από το υδρογόνο χημικά στοιχεία, που αποτελούνται από περισσότερα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Δηλαδή με τη σύντηξη των ατόμων υδρογόνου άρχισε η δημιουργία ατόμων *πλίου* και *ενέργειας*.

Μέσα σ' αυτό το καμίνι που καίει στην καρδιά των άστρων, δημιουργήθηκαν με σύντηξη και νέα άτομα με περισσότερα πρωτόνια και νετρόνια. Με πολυπλοκότερες δηλαδή αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό των αστεριών, δημιουργούνται στοιχεία βαρύτερα, όπως τα στοιχεία της ζωής, ο *άνθρακας* και το *οξυγόνο*. Σε αστέρια μεγαλύτερα από το δικό μας τον Ήλιο, με περισσότερη και υψηλότερη ενέργεια, όταν εκρήγνυνται για να πεθάνουν, δημιουργούνται ακόμα

βαρύτερα στοιχεία, απαραίτητα κι αυτά για τη ζωή, όπως ο σίδηρος, το κοβάλτιο, το ιώδιο κι όλα τ' άλλα που υπάρχουν στη Γη και στο Σύμπαν.

Τώρα έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθούμε το σχηματισμό γαλαξιών που προέκυψαν από τις «ρυτιδώσεις» των κυμάτων βαρύτητας και συνέβησαν 400.000 χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Είναι η πλησιέστερη για την ώρα θεώρηση μετά το Big-Bang.

Σύμφωνα με την πληθωριστική θεωρία του Alan Guth αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη ακολούθησε μία σύντομη φάση υπερταχείας εκρηκτικής διαστολής, ασύλληπτης ως μέγεθος από το νου μας και συνεχίστηκε αμέσως μετά με την «κανονική» διαστολή του Hubble που συνεχίζεται σήμερα.

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έγιναν με έναν δορυφόρο εφοδιασμένο με όργανα υψίστης ακριβείας, είναι δυνατόν τώρα να μιλάμε με ακρίβεια για την ηλικία του Σύμπαντος. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων, εκφράζεται η εκδοχή ή ότι το Σύμπαν είναι αιώνιο, είναι επίπεδο και θα συνεχίσει να διαστέλλεται στους αιώνες των αιώνων ή ότι απλά ανήκει σ' ένα από τα άπειρα, έναν αριθμό με 500 μηδενικά, Σύμπαντα (multiverse). Κάτι πάντως που με τα υπάρχοντα μέσα δεν μπορεί να ελεγχθεί πειραματικά, ανάγεται δε περισσότερο στη σφαίρα της φιλοσοφίας.

Το Σύμπαν γεννήθηκε, όπως αναφέραμε, σύμφωνα με τους τελευταίους προσδιορισμούς ύστερα από μια κατακλυσμική έκρηξη, *ζούμε σ' ένα βίαιο κόσμο,* τον οποίο η φαντασία δεν δύναται να συλλάβει, πριν 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια: το πολυσυζητημένο Big-Bang, την τρομερή έκρηξη που δημιούργησε το Σύμπαν, όπου τις πρώτες στιγμές ο χώρος και ο χρόνος χωρούσαν σ' έναν όγκο μικρότερο από το στοιχειώδες υλικό σωματίδιο, το κουάρκ.

Το βραβείο Nobel του 2006 δόθηκε στον J. Matter της NASA και στον G. Smoet, του εθνικού εργαστηρίου του Berkley, οι οποίοι επεξεργαζόμενοι τα στοιχεία του δορυφόρου COBE (Cosmic Background Explorer) κατόρθωσαν να δημιουργήσουν «κοσμολογία ακριβείας» προσδιορίζοντας με ακρίβεια το υπόβαθρο της μικροκυματικής ακτινοβολίας, που προήλθε από τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν η θερμοκρασία ήταν χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από τη σημερινή.

Ήταν η πρώτη φορά που υπήρχαν αποδείξεις για τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν άρχιζαν να δημιουργούνται οι πρώτοι γαλαξίες και τ' αστέρια. Ήταν η πρώτη φορά που ο Smoet ανήγγειλε το 1992 ότι προσδιόρισε τις «ρυτιδώσεις», τις διακυμάνσεις της μικροκυματικής ακτινοβολίας, για την οποία ο μεγάλος φυσικός S. Hawking ανέκραξε από το αναπηρικό του καροτσάκι: *«Πρόκειται για τη μεγαλύτερη ανακάλυψη του αιώνα, ίσως και όλων των εποχών»* και ο Smoet ανεφώνησε: *«Είναι σαν ν' αντικρίσαμε το πρόσωπο του Θεού»*, για να λάβει την απάντηση: *«Το ν' αναμειγνύουμε το Θεό με την επιστήμη δεν είναι καλή ιδέα»*.

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες θεωρίες, τη Μεγάλη Έκρηξη ακολούθησαν φανταστικές θερμοκρασίες, μεγαλύτερες από τρισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου, η ύλη τότε κατά μια θεώρηση «έβραζε», βρισκόταν σε αέρια κατάσταση και

σύμφωνα με τη θεωρία της ισχυρής πυρηνικής αλληλεπίδρασης, ήταν σε μορφή κουάρκς και γλουονίων*, τα οποία συνενώθηκαν προς τα σημερινά συστατικά της πάσης ύλης, τα αδρόνια** (ηλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, αντιπρωτόνια, νετρόνια, νετρίνο, κουάρκς, αντικουάρκς). Από αυτά προέκυψαν τα άτομα υδρογόνου, ενός ευρύτατα διαδεδομένου στοιχείου του διαστήματος, που συνιστούν και σήμερα το πυρηνικό καύσιμο των αστεριών, όπως ο φωτοδότης Ήλιός μας.

Πολύ αργότερα, πριν 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, μια σουπερνόβα, ένας «υπερκαινοφανής», εξερράγη και σήμανε την έναρξη της κατάρρευσης του πρώτου ηλιακού νέφους, από το οποίο γεννήθηκε το Ηλιακό μας Σύστημα. Μια περαιτέρω τυχαία μικρή σχετικά σύγκρουση δημιούργησε τον πλανήτη Γη και τη Σελήνη.

Σήμερα η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης εδραιώνεται όλο και περισσότερο. Πλήθος οι νεότερες επιβεβαιώσεις. Βέβαια συγχρόνως πυκνώνουν και τα ερωτηματικά όπως: τι ακριβώς εξερράγη και γιατί, ποια η φύση της έκρηξης; Τι συνέβη το πρώτο μικροδευτερόλεπτο μετά την έκρηξη; Γιατί το Σύμπαν διαστέλλεται;

– *Το Σύμπαν είναι πολύ πιο ανεξήγητο, πιο παράξενο απ' όσο μπορούμε να φαντασιούμε*. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και στην αντίπερα όχθη, το μικρόκοσμο του ατόμου, των ηλεκτρονίων, των κουάρκς, ίσως και των παλλόμενων χορδών, τον κόσμο της αντιύλης και των μυστηριωδών νετρίνο. Ο κόσμος των κβάντα, αυτών των «πακέτων» ενέργειας όπως θα σας εξηγήσω, συνέχισε ο Ευκλείδης, είναι πολύ παράδοξος, τρελός, με την κοινή ανθρώπινη λογική, η οποία λειτουργεί σύμφωνα με τις καθημερινές εμπειρίες μας. Όπως είπε ο Νομπελίστας φυσικός ο Feynman:

*«Μην προσπαθείτε να κατανοήσετε την κβαντομηχανική, αυτό συνιστά τη γοητεία της. Χαλαρώστε και απολαύστε την».*

Το φτωχό ανθρώπινο μυαλό αντιλαμβάνεται τον «Κόσμο μας» μετρημένο σε μέτρα, χιλιόμετρα, ώρες, αλλά είναι ανίκανο να συνειδητοποιήσει τόσο τις διαστημικές αποστάσεις και καταστάσεις όσο και τις απεριόριστα μικρές στο μικρόκοσμο των ατόμων και των μορίων.

## Η δημιουργία των άστρων και των πλανητών

*Η φαντασία είναι πιο σημαντική από τη γνώση, γιατί η γνώση είναι περιορισμένη, ενώ η φαντασία αγκαλιάζει ολόκληρο τον κόσμο.*

*A. Einstein*

Όλα συγκλίνουν σήμερα στην ιδέα ότι τα άστρα δημιουργούνται από συνεχή κλασμάτωση του διαστρικού νεφελώματος. Τα περισσότερα από τα βαριά

*Gluon= ένα υποθετικό στοιχειώδες σωματίδιο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα κουάρκς για να τα συγκολλά (glue), να τα συγκρατεί ανάμεσά τους.

**Από την ελληνική λέξη αδρός, πυκνός.



*Κοσμογονία: Δημιουργία νέων αστεριών.*

στοιχεία, που υπάρχουν σ' ένα τυπικό νέφος ανάμεσα στ' άστρα, βρίσκονται υπό μορφή κόκκων. Αυτή η διαστρική σκόνη φαίνεται να είναι η στάχτη από το ολοκαύτωμα κάποιου γιγαντιαίου αστεριού, μιας σουπερνόβας, που υπήρξε δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Τα νεφελώματα αυτά καθεαυτά αποτελούν μέρος γιγαντιαίων συμπλεγμάτων, που εκτείνονται σε τεράστιες εκτάσεις (εκατοντάδων ετών φωτός) και καθένα απ' αυτά περιλαμβάνει μάζες εκατό χιλιάδες φορές μεγαλύτερες από του δικού μας Ήλιου. Οι σπειροειδείς βραχίονες του Γαλαξία κινούνται, και με την κίνηση δημιουργούν κύματα σκόνης, *αστρικά νεφελώματα,* όπως το κύμα του ωκεανού που όταν σπάζει στα βράχια δημιουργεί εκατομμύρια σταγόνες αφρού.

Όσον αφορά στη δημιουργία των πλανητών, υποτίθεται ότι το σύννεφο αρχικά παρουσίαζε πολύ σιγανή περιστροφή. Σε μεγάλες αποστάσεις, επομένως, οι ταχύτητες ήταν πολύ μικρές, αλλά, όπως το σύννεφο κατέρρεε, θα πρέπει να στριφογύριζε όλο και πιο γρήγορα, όπως ακριβώς ο παγοδρόμος ή ο χορευτής που έχουν απλωμένα τα χέρια τους στριφογυρίζουν γρηγορότερα όταν μαζεύουν τα μπράτσα τους. Όταν ένα μέρος της ύλης συσπειρωθεί στις σχετικά μικρές διαστάσεις ενός αστεριού και η δυναμική της ενέργεια είναι τόσο χαμηλή, ώστε δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η θερμοπυρηνική αντίδραση, δηλαδή η σύντηξη *υδρογόνου* προς *ήλιον,* τότε υπάρχουν οι προϋποθέσεις για να δημιουργηθούν οι ψυχρότεροι πλανήτες.

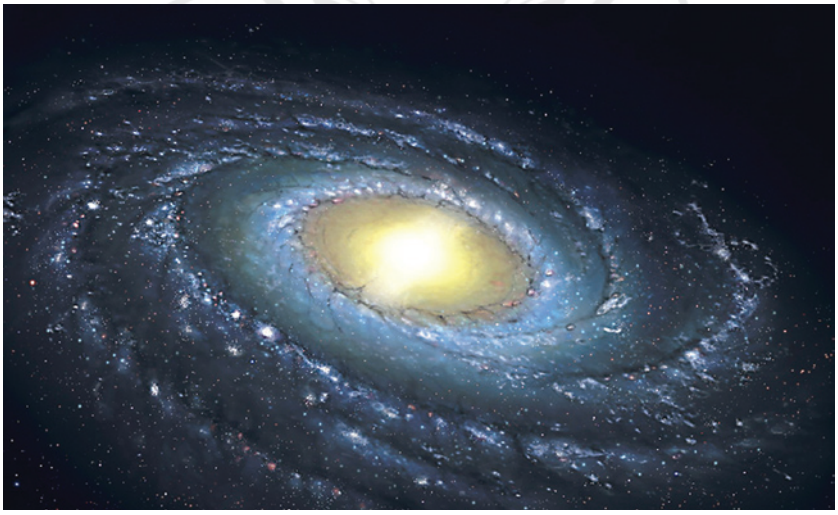
Τ' άστρα γενικά είναι πεδία μάχης ανταγωνιζόμενων δυνάμεων. Η βαρύτητα που τείνει να συνθλίψει ένα άστρο παλεύει εναντίον των δυνάμεων της θερμικής πίεσης και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που τείνουν να το ανατινάξουν – δυνάμεις που με τη σειρά τους αναπτύσσονται από την ενέργεια, την οποία απελευθερώνουν πυρηνικές αντιδράσεις. Οι φυγόκεντρες δυνάμεις αντισταθμίζουν τη βαρυτική έλξη. Τέλος, οι πυρηνικές σχάσεις εξασφαλίζουν το βραδύ ρυθ-

μό ανάλωσης των πυρηνικών καυσίμων των άστρων. Αυτή η πάλη συνεχίζεται σ' όλο το Σύμπαν. Αν οι αντιτιθέμενες δυνάμεις ήταν λιγότερο ή περισσότερο άνισες, η μια ή η άλλη δύναμη θα κυριαρχούσε σε όλα τα φυσικά φαινόμενα και γρήγορα θα έπαυε κάθε δραστηριότητα. Το μεγάλο δράμα που εκτυλίσσεται στους ωκεανούς του χρόνου προέρχεται απ' αυτήν την κοσμική ισοπαλία.

– Παντού η δράση και η αντίδραση. Στο ίδιο το Σύμπαν, ένα Σύμπαν που διαστέλλεται και ψύχεται, δηλαδή αυξάνει η αταξία, η εντροπία του, δημιουργούνται τ' αστέρια, εστίες υψηλής ενεργειακής στάθμης, δηλαδή αρνητικής εντροπίας. Θα έχουμε την ευκαιρία αργότερα ν' ασχοληθούμε με τη σημασία της εντροπίας, συνέχισε ο Ευκλείδης.

Για να διατηρηθεί η θερμοδυναμική ισορροπία, απαιτείται η δαιμονική πυρά των θερμοπυρηνικών συντήξεων πυρήνων ατόμων υδρογόνου – συντήξεων που πραγματοποιούνται παρά την ισχυρή δύναμη που τους αλληλοαπωθεί, λόγω ίδιου φορτίου των πυρήνων και της βαρυτικής έλξης που μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια. Έτσι δημιουργείται συστολή, που φέρνει τα νέφη των ατόμων το ένα κοντά στο άλλο και η υπερθέρμανση αυτή πληροί τις προϋποθέσεις για την έναρξη του θερμοπυρηνικού καμινιού. Κι αν η υπερθέρμανση εξακολουθήσει και οι θερμοκρασίες περάσουν κάποια όρια, ώστε να υπερνικήσουν την ισχυρή δύναμη που συγκολλά τα συστατικά των πυρήνων, τότε αυτά μεταμορφώνονται σε πρωτόνια και νετρόνια, κι αν είναι ακόμα υψηλότερη τότε και αυτά διασπώνται σε κουάρκς και ύστερα... πάλι αντίστροφα: διαστολή, ψύξη..., και πάει λέγοντας.

Η σύντηξη πυρήνων που γίνεται σε αστέρια, όπως και στο δικό μας τον Ήλιο, εκπροσωπεί την παγκόσμια τάση όλων των πραγμάτων να μεταπέσουν σε χαμη-



*Ο σπειροειδής γαλαξίας NGS 5194.*
*Ο γαλαξίας αυτός απέχει δεκαπέντε εκατομμύρια έτη φωτός από τη Γη.*

λότερες ενεργειακές στάθμες, ν' αυξήσουν την εντροπία του Σύμπαντος, αφού η υψηλής ποιότητας ενέργεια που δημιουργείται στο θερμοπυρηνικό καμίνι των αστεριών σκορπίζεται στο χάος, θερμαίνοντας μηδαμινούς πλανήτες, όπως η Γη, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς της, αύξηση δηλαδή της εντροπίας της, πρόσθεσε ο Ευκλείδης, και συνέχισε.

Όπως είπε ο Ηράκλειτος, *«τά πάντα ρεῖ»*· σ' αυτό δεν αποτελούν εξαίρεση τ' άστρα, γιατί κι αυτά *γεννιούνται, ζουν* και *πεθαίνουν,* όπως καθετί στον κόσμο αυτό. Οι γεννήσεις και οι θάνατοι αστεριών αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο για τους σημερινούς αστρονόμους. Όταν ένα άστρο πλησιάζει στο θάνατο, η εσωτερική φωτιά, που τρέφεται από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις (οι οποίες πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του), τελικά σβήνει, γιατί τα καύσιμά του τελειώνουν.

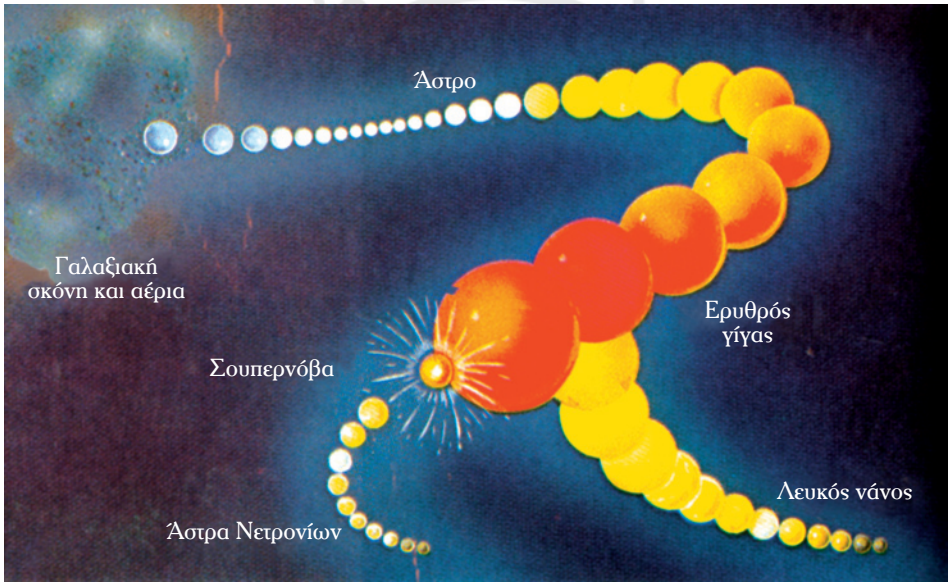
Συνήθως, κοντά στο άστρο, λόγου χάριν στον Ήλιο, δημιουργούνται οι εσωτερικοί, οι κοντινοί πλανήτες, που είναι μικροί και πυκνοί, όπως η Γη. Μακρύτερα βρίσκονται οι εξωτερικοί, οι μακρινοί πλανήτες, που είναι ψυχρότεροι, ελαφρότεροι και μεγαλύτερου μεγέθους, όπως ο Δίας, ο Κρόνος. Αν και οι πλανήτες δείχνουν βαριά ογκώδη αντικείμενα, δεν καταλαμβάνουν παρά το 0,135%



*Η εικόνα αυτή απεικονίζει ένα αντικείμενο πλικίας δεκαπριών δισεκατομμυρίων χρόνων. Είναι το πιο μακρινό αντικείμενο που ποτέ φωτογραφήθηκε από τον άνθρωπο. Ένα νεφέλωμα χαμένο στα βάθη του χρόνου, δεκαπρία δισεκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα. Το φως του ταξιδεύει δεκαπρία δισεκατομμύρια χρόνια για να φτάσει σε μας. Αυτό που βλέπουμε τώρα είναι αυτό που ήταν πριν δεκαπρία δισεκατομμύρια χρόνια. Μια εποχή, που ο πλανήτης μας, ο Ήλιος και πολλά αστέρια δεν είχαν γεννηθεί ακόμα. Μια μέρα ίσως πάμε ακόμα πιο πίσω και φωτογραφήσουμε τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης· και τότε, διερωτάται ο J. Guitton: «θα δούμε, άραγε, το δάχτυλο του Δημιουργού»;*

της συνολικής μάζας του Ηλιακού μας Συστήματος· όπως και τα ηλεκτρόνια στη μάζα ενός ατόμου δεν είναι περισσότερο από 0,1%. Παρόμοια φαίνεται ότι είναι η υφή και όλων των αστρικών συστημάτων.

Η συμπεριφορά των άστρων κατά την πορεία τους προς το θάνατο είναι διαφορετική και εξαρτάται από το μέγεθός τους. Τα μικρά αστέρια, όπως ο δικός μας Ήλιος, καταντούν λείψανα των ζωντανών αστεριών, δηλαδή λευκοί νάνοι, τα μέτρια μετατρέπονται σε αστέρια νετρονίων και μόνο τα μεγάλα μετατρέπονται τελικά σε σουπερνόβες ή σε μαύρες τρύπες. Σε μικρά αστέρια, όπως ο δικός μας ο Ήλιος, οι θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν κατά τη συστολή του νεφελώματος επιτρέπουν την πραγματοποίηση των πιο απλών πυρηνικών συντήξεων, για παράδειγμα τη σύντηξη υδρογόνου προς το στοιχείο ήλιον· κι εδώ θα σας θυμίσω γι' άλλη μια φορά την εξίσωση του Αϊνστάιν: $E = mc^2$, σύμφωνα με την οποία η μάζα του πυρήνα του στοιχείου *ήλιον* υπολείπεται ελάχιστα από τη μάζα των πυρήνων υδρογόνου που συντήχθηκαν για να σχηματιστεί.




*Η συμπεριφορά των άστρων κατά την πορεία τους προς το θάνατο είναι διαφορετική και εξαρτάται από το μέγεθός τους. Τα μικρά αστέρια, όπως ο δικός μας ο Ήλιος, καταντούν λευκοί νάνοι, τα μέτρια μετατρέπονται σε αστέρια νετρονίων και μόνο τα μεγάλα μετατρέπονται τελικά σε σουπερνόβες ή σε μαύρες τρύπες.*

Αυτό το ελάχιστο όμως ποσό μάζας που δεν χάθηκε, αλλά μεταμορφώθηκε σε ενέργεια, αν πολλαπλασιαστεί με τον αριθμό με τα είκοσι μηδενικά, σύμφωνα με την εξίσωση του Αϊνστάιν, αντιπροσωπεύει τεράστιο ποσό ενέργειας.

Αν η μάζα των αστεριών ξεπερνάει τουλάχιστον τρεις ως τέσσερεις φορές τη μάζα του δικού μας Ήλιου, αρχίζουν να μεταμορφώνονται σε εκρηκτικά άστρα,

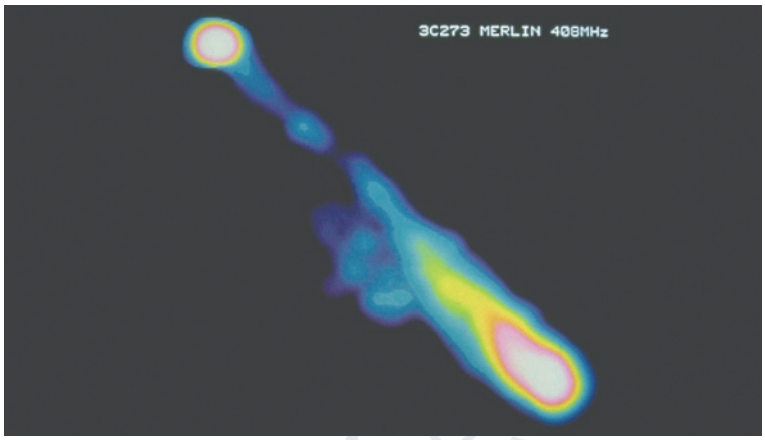
αφού πραγματοποιηθεί μια διαδικασία, κατά την οποία απομακρύνεται η περιφερειακή ύλη από τη μάζα τους. Στο κέντρο του άστρου τότε αρχίζουν να δημιουργούνται βαρύτερα στοιχεία, όπως άνθρακας, οξυγόνο, πυρίτιο, μέχρι και σίδηρος. Ο σίδηρος και τα βαρύτερα στοιχεία, δηλαδή, δεν είναι παρά πυρηνική τέφρα. Ο σχηματισμός όμως στοιχείων βαρύτερων από το σίδηρο συνοδεύεται από απορρόφηση θερμότητας*, δηλαδή πρόκειται για ενδοθερμική αντίδραση, που οδηγεί στην ψύξη του πυρήνα του αστεριού. Έτσι, όχι μόνο δεν απελευθερώνεται ενέργεια από τη σύντηξη, αφού η θερμότητα του αστεριού καταναλίσκεται για τη σύνθεση των βαρύτερων στοιχείων, αλλ' αντίθετα απ' ό,τι συμβαίνει στην περίπτωση ελαφρών πυρήνων, στους οποίους παρατηρείται μείωση της μάζας και έκλυση ενέργειας – όπως κατά τη μετατροπή του υδρογόνου προς ήλιον που συμβαίνει στο δικό μας αστέρι, τον Ήλιο – απαιτούνται τεράστια ποσά ενέργειας για να πραγματοποιηθεί αυτή η ενδοθερμική σύντηξη. Όπως είναι φυσικό, από τον ενδοθερμικό σχηματισμό τους, τα βαρύτερα στοιχεία, για παράδειγμα το ουράνιο, το πλουτώνιο κ.λπ. – όπως πολλές φορές σας είπα – κατά την αντίθετη διαδικασία, δηλαδή τη σχάση των πυρήνων τους, υφίστανται μείωση της μάζας τους και παράγεται ενέργεια. Πρόκειται για την ενέργεια που εκμεταλλευόμαστε στα πυρηνικά εργοστάσια.

Συγχρόνως, από τη μάζα του γέρικου αστεριού αρχίζουν να δραπετεύουν νετρίνο, που παίρνουν κι αυτά μαζί τους ενέργεια. Τώρα πια ο γίγαντας είναι έτοιμος να εκραγεί, να γίνει «σουπερνόβα», υπερκαινοφανής· κι ο πυρήνας του, αποθήκη όλων των στοιχείων του περιοδικού συστήματος, διασκορπίζεται στο διάστημα. Μερικά από τα βαρύτερα στοιχεία που παράγονται κατά το τέλος της ζωής του άστρου, εκτινάσσονται μέσα στα νέφη του γαλαξία και χρησιμεύουν ως πρώτη ύλη για την επόμενη γενιά των άστρων. Αυτά τα στοιχεία, δηλαδή, θα αλληλεξοντωθούν μελλοντικά, σχηματίζοντας νέες γενιές άστρων και πλανητών. Ο δικός μας ο Ήλιος είναι άστρο δεύτερης ή τρίτης γενιάς· σχηματίστηκε πριν περίπου πέντε δισεκατομμύρια χρόνια από περιστρεφόμενο νέφος αερίων, που περιείχε τα υπολείμματα προηγούμενων εκρήξεων, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

## Πούλσαρς – Άστρα νετρονίων – Μαύρες τρύπες – Κβάζαρς

– Τα *πούλσαρς* ανακαλύφθηκαν όταν οι αστρονόμοι χρησιμοποίησαν τα ραδιοτηλεσκόπια για την εξερεύνηση του ουρανού. Τα πούλσαρς (η ονομασία προέρχεται από την αγγλική λέξη *pulse = σφυγμός, παλμός*) είναι παλλόμενες αστρικές ραδιοπηγές. Όπως παρατηρούν οι ραδιοαστρονόμοι, πρόκειται γι' άστρα που

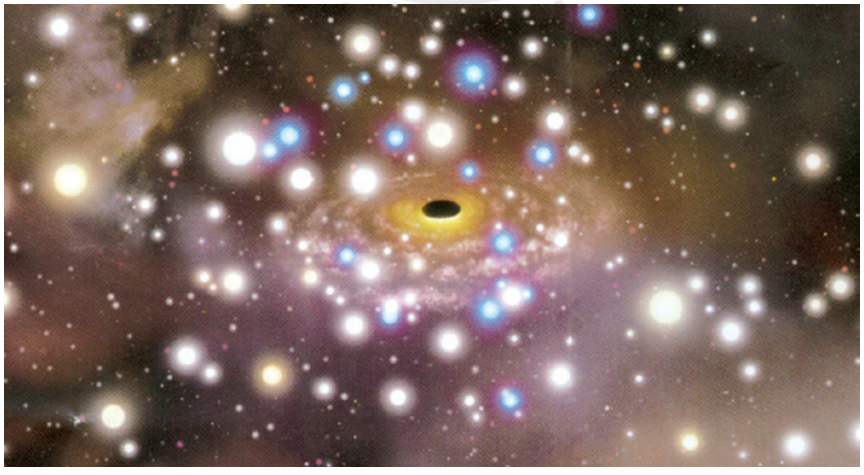
* Για τα βαρύτερα από το σίδηρο στοιχεία, η δημιουργία του πυρήνα τους – αντίθετα με ό,τι συμβαίνει κατά τη δημιουργία των ελαφρότερων, όπως π.χ. του ηλίου από οξυγόνο – συνοδεύεται από αύξηση της μάζας και είναι ενδοθερμική.



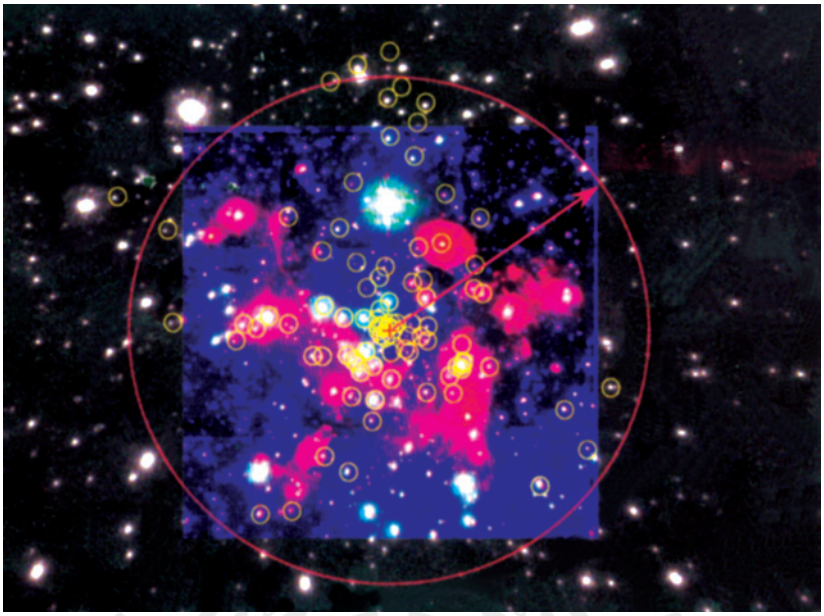

*Μία εικόνα, με ακτίνες Χ, ενός κβάζαρ.*

εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ραδιοκυμάτων με τον κανονικό ρυθμό ρολογιού.

Αλλά, όπως το κάθε τι στον Κόσμο αυτό, έτσι και τα πούλσαρς δεν μένουν σταθερά· κάτω από την πίεση του πεδίου βαρύτητας, που αυξάνεται συνεχώς, η ακτίνα διαρκώς μικραίνει με συνεχή μείωση της απόστασης που χωρίζει τα ηλεκτρόνια (τ' αρνητικά φορτία των ατόμων), από τους πυρήνες τους (με τα θετικά φορτία των πρωτονίων)· όταν η μάζα τους μικρύνει περισσότερο, η εξαιρετικά μεγάλη βαρύτητα, υπερνικώντας και τις πυρηνικές δυνάμεις, καταπλακώνει τα ηλεκτρόνια των ατόμων μέχρι που ολόκληρο το άστρο (αφού εξουδετερωθούν τα ηλεκτρικά τους φορτία) θα μεταβληθεί σ' έναν γιγάντιο ατομικό πυρήνα, ένα *άστρο νετρονίων*. Τ αστέρια νετρονίων έχουν ακτίνα περίπου 15 έως 30 μόνο, χιλιόμετρα. Η ακτίνα αυτή είναι κοντά στην οριακή ακτίνα, όπου ένα άστρο μετατρέπεται σε μαύρη τρύπα. Ένα μπιζέλι από την ύλη του άστρου νετρονίων



*Μια μαύρη τρύπα στο κέντρο ενός γαλαξία.*

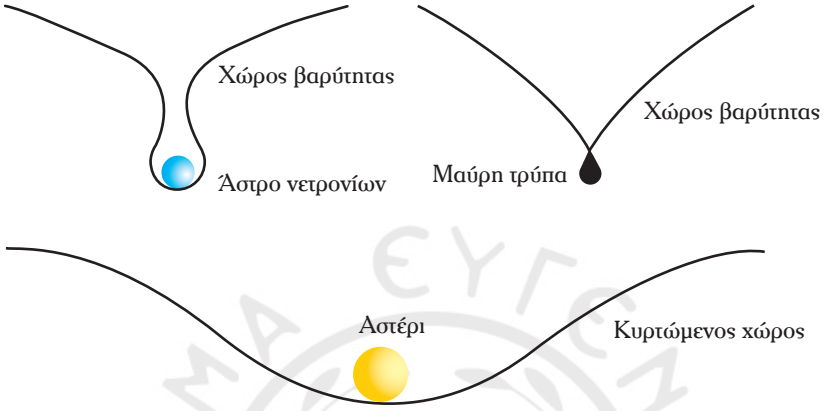


*Εκατό σχεδόν νεαρά ογκώδη αστέρια (κίτρινοι κύκλοι) περιπηγυρίζουν μια δαιμονική μαύρη τρύπα (κόκκινος σταυρός) στο κέντρο του Γαλαξία.*

θα είχε βάρος μεγαλύτερο από οποιοδήποτε τεράστιο δεξαμενόπλοιο, δηλαδή περισσότερο από δέκα εκατομμύρια τόνους. Ένα αστέρι νετρονίων είναι βασικά ένας γιγάντιος ατομικός πυρήνας. Κι όπως το άστρο συνεχώς σβήνει, η βαρύτητα αυξάνει αδιάκοπα. Όσο όμως η βαρύτητα επηρεάζει την ύλη, τόσο περισσότερο αυτομεγεθύνεται και φαίνεται ότι δεν υπάρχει άλλη δύναμη στη φύση ικανή να της αντισταθεί. Όταν όμως η ύλη φτάσει σ' έναν ορισμένο βαθμό πυκνότητας γίνεται τόσο ισχυρή που συμπιέζει και εξαφανίζει την ύλη (τουλάχιστον έξω από το δικό μας Σύμπαν). Στη θέση του χαμένου άστρου μένει τότε μια «μαύρη τρύπα»· ένα αντικείμενο, δηλαδή, που το πεδίο της βαρύτητάς του είναι τόσο έντονο, ώστε ούτε το φως δεν μπορεί να διαφύγει από το πεδίο του. Όταν ένα άστρο εκρήγνυται για να σχηματιστεί μια μαύρη τρύπα, το μόνο που καταλείπει πίσω του είναι το πεδίο βαρύτητάς του. Δεν υπάρχει δυνατότητα εξόδου από το βαρυτικό πεδίο μιας μαύρης τρύπας. Κάτι τέτοιο ίσως φανταζόταν ο Δάντης ότι ήταν γραμμένο πάνω από την είσοδο της κόλασης: *«Lasciate ogni speranza voi qu' entrate»*, δηλαδή, εγκαταλείψτε κάθε ελπίδα εσείς που μπαίνετε εδώ.

Όπως λέει και ο Davis: *«Η βαρύτητα, η μαμή του κόσμου, είναι και ο νεκροθάφτης του»*. Είναι η ώρα της μεγάλης σύνθλιψης, όπου η παντοδύναμη βαρύτητα θα συρρικνώσει το Σύμπαν σε μέγεθος ατόμων. Δηλαδή το διάστημα κυρτώνεται ανάλογα με τη δύναμη της βαρύτητας. Η βαρύτητα «τεντώνει», παραμορφώνει το χώρο και το χρόνο. Σ' ένα οριακό σημείο σμίκρυνσης της ακτίνας, το διάστημα κυρτώνεται τόσο, ώστε να κλειστεί μέσα στον εαυτό του. Τώρα βρισκόμαστε

μπροστά όχι σε ένα, αλλά σε δύο Σύμπαντα. Το μεγάλο Σύμπαν, που βρίσκεται και ο δικός μας ο Κόσμος, με ακτίνα δισεκατομμυρίων ετών φωτός, και ένα άλλο μικρό, παρατιθέμενο σ' αυτό, ακριβώς όπως μια μικρή φούσκα που σχηματίζεται ρουφώντας το λάστιχο ενός μπαλονιού.




*Η κύρτωση του χώρου.*

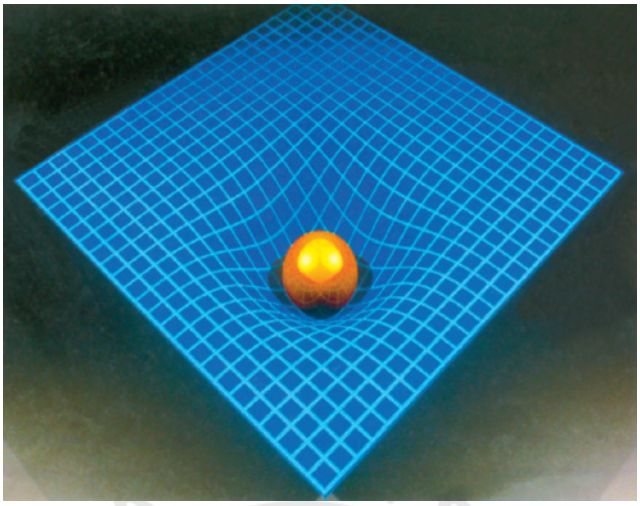
## Ο κυρτωμένος χωροχρόνος

Μια φωτεινή ακτίνα μεταφέρει ενέργεια, η ενέργεια έχει μάζα και κάθε μάζα έλκεται από το πεδίο βαρύτητας.

Η ιστορικής σημασίας παρατήρηση του λόρδου Eddington κατά την έκλειψη του Ήλιου το 1919 όπου το σκοτάδι που επεκράτησε επέτρεψε τη φωτογράφιση. Έτσι ο Eddington παρατήρησε την κύρτωση μιας φωτεινής ακτίνας που πέρασε κοντά στον Ήλιο κατά 1,74 μοίρες. Όσο είχε υπολογιστεί από τη θεωρία του Einstein.

Όταν η γραμματέας του, κοινοποίησε με τηλεγράφημα τα καλά νέα στον Αϊνστάιν, τον ρώτησε πώς θα αισθανόταν αν το πείραμα οδηγούσε σε αρνητικά αποτελέσματα. Κι η απάντηση: *«Θα λυπόμουν πολύ για τον αγαπητό λόρδο, γιατί η θεωρία είναι σωστή»*. Όπως έλεγε ο Αϊνστάιν: *«Όταν ένα τυφλό σκαθάρι κινηθεί στην επιφάνεια μιας σφαίρας δεν αντιλαμβάνεται ότι η απόσταση που κάλυψε είναι καμπύλη. Εγώ ήμουν αρκετά τυχερός που το παρατήρησα»*.

Στις μαύρες τρύπες πιθανόν να επικρατεί αρνητική εντροπία κι ο χρόνος να κυλάει αρνητικά, όπως ο Feynman, ο νομπελίστας φυσικός, υποθέτει. Ο Hawking, ένας από τους μεγαλύτερους μετά τον Einstein φυσικούς, καθηλωμένος στο αναπηρικό καροτσάκι του, ανίατα άρρωστος από εκφυλισμό των κινητικών νευρώνων – αρρώστια που τον αναγκάζει να επικοινωνεί με τους ανθρώπους μόνο μέσω ενός ειδικού κομπιούτερ – υποστήριξε και απέδειξε ότι οι μαύρες τρύπες μπορεί να εκπέμπουν ακτινοβολία. Η βάση των συλλογισμών του ήταν ότι τα



*Η παρουσία στο διάστημα σωμάτων μεγάλου βάρους, όπως είναι τ' αστέρια ή ακριβέστερα ισχυρών πεδίων βαρύτητας, παραμορφώνει, κυρτώνει το χώρο του διαστήματος κατά τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας.*

άτομα και τα μικρότερα από αυτά σωματίδια δεν υπακούουν στους φυσικούς νόμους που διέπουν την ύλη, όπως την αντιλαμβανόμαστε. Όπως λέει ο Hawking: *«Στις μαύρες τρύπες θα υπήρχε η δυνατότητα ενός ταξιδιού στο παρελθόν. Θα μπορούσε κάποιος να ταξιδέψει στο παρελθόν και να σκοτώσει τον πατέρα του ή τη μητέρα του πριν καν να έχει γεννηθεί!...»*.

Σύμφωνα με την αρχή αυτή της κβαντομηχανικής, στην υποατομική κλίμακα, όπου η συμπεριφορά της ύλης είναι απρόβλεπτη, σωματίδια μπορούν να δημιουργηθούν στο κενό από το τίποτα, υπό έναν όρο: να δημιουργούνται σε ζεύγη «φανταστικών» σωματιδίων, που θα συγκρούονται και θα αλληλεξουδετερώνονται. Ο Hawking στήριξε τη θεωρία του με μια σειρά υπολογισμών: αν ένα τέτοιο ζευγάρι εμφανιστεί στα όρια μιας μαύρης τρύπας, είναι δυνατόν το ένα σωματίδιο ν' απορροφηθεί και να χαθεί στα βάθη της, ενώ το άλλο να δραπετεύσει υπό μορφή ακτινοβολίας. Η θεωρία προκάλεσε σάλο, με τον καιρό όμως κερδίζει έδαφος· η θεωρητική αυτή ακτινοβολία πήρε το όνομα του Hawking.

– Η αναζήτηση από τον Hawking και άλλους μεγάλους φυσικούς αυτού που θα συνδέει τους νόμους που ισχύουν για το ασύλληπτα μεγάλο και το ασύλληπτα μικρό, δηλαδή το Σύμπαν και τ' αστέρια με το άτομο και τα υποατομικά σωματίδια, την Κβαντική Θεωρία με τη Θεωρία της Σχετικότητας, συνεχίζεται. Πρόκειται για τη συνένωση των άκρων, το αιώνιο όνειρο των σύγχρονων φυσικών: τη μεγάλη *ενοποίηση των δυνάμεων*, που θα σας διηγηθώ αργότερα, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Πέρα όμως από τα πούλσαρς, τ' άστρα νάνους, τ' άστρα νετρονίων και τις μαύρες τρύπες, πιο δυσεξήγητα ακόμα αντικείμενα ανακαλύφθηκαν στο μακρινό

διάστημα τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για τα κβάζαρς, αντικείμενα που μοιάζουν με κοινούς γαλαξίες σε μάζα και σε απόσταση, αλλά, μολονότι είναι πολύ μικρότερα, έχουν πολύ μεγαλύτερη λάμψη (το όνομά τους, προέρχεται από το quasi stelar radio sources, δηλ. σχεδόν αστρικές ραδιοπηγές ή σχεδόν αστρικά αντικείμενα)· μοιάζουν με τα κοντινά άστρα, αλλά είναι πολύ μακριά και πολύ λαμπερά, αντιπροσωπεύοντας φανταστικές συμπυκνώσεις ενέργειας, που κάθε προσπάθεια ερμηνείας αστοχεί. Το όνομα *«παράλογα αστρικά αντικείμενα»* είναι ίσως το πιο κατάλληλο. Ορισμένα από αυτά έχουν λάμψη μεγαλύτερη από τριακόσια δισεκατομμύρια ήλιους. Υπάρχουν και ορισμένα *υπερκβάζαρς* που είναι εκατό φορές φωτεινότερα από τα συνηθισμένα. Αλλά εδώ, προς το παρόν τουλάχιστον, ο ανθρώπινος νους σταματάει. Θα πρέπει να σημειωθεί ακόμα ότι αν και ο δικός μας Γαλαξίας έχει διάμετρο εκατό χιλιάδες έτη φωτός, αυτά τα μακρινά αντικείμενα παράγουν πολλή περισσότερη ενέργεια από ολόκληρο το Γαλαξία.

Ο Ήλιος παράγει ενέργεια με θερμοπυρηνικές αντιδράσεις, αλλά αυτή η πηγή δεν είναι αρκετά ισχυρή για να δικαιολογήσει την ενέργεια των κβάζαρς. Οι πυρηνικές δυνάμεις δεν φαίνονται ικανές να εξηγήσουν την ενέργεια που παράγουν τα κβάζαρς. Η πιο φανερή εναλλακτική πηγή είναι η δύναμη της βαρύτητας, αναθεωρημένη ίσως για τα πούλσαρς, από τη ραδιενέργεια που εξαπολύουν.

Η ιδέα ότι τα κβάζαρς είναι μεγάλες εκρήξεις σε γαλαξίες ενισχύθηκε με το πέρασμα του χρόνου, όπως και η δοξασία ότι τα πιο απομακρυσμένα από αυτά αντιπροσωπεύουν μία από τις αρχικές φάσεις της ιστορίας του Σύμπαντος μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Η συμπύκνωση της ύλης κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, η οποία δημιουργεί κβάζαρς, άστρα νετρονίων, ίσως και μαύρες τρύπες, αποτελεί τώρα ένα από τα καθημερινά προβλήματα των αστρονόμων.

Η μέχρι τώρα ζωή του Γαλαξία αποτελεί ένα απλό φτερούγισμα του χρόνου, σε σχέση με τα αβυσσαλέα χρονικά διαστήματα του μέλλοντος. Με το σημερινό σπάταλο ρυθμό ακτινοβολίας, άστρα, όπως ο Ήλιός μας, μπορούν να καίνε ακόμα για δισεκατομμύρια χρόνια, αφού ύστερα από διάφορες εσωτερικές περιπέτειες θ' αρχίσουν να ησυχάζουν και να συμβιβάζονται σε μια ταπεινότερη μορφή ύπαρξης: τη μορφή του *λευκού νάνου*.

– Η διάμετρος του Σύμπαντος πρόσθεσε ο Ευκλείδης, υπολογίζεται σε δεκαεφτά δισεκατομμύρια ($17x10^9$) έτη φωτός, όπως είπαμε και ένα έτος φωτός αντιστοιχεί με εννιάμισι τρισεκατομμύρια ($9,5x10^{12}$) χιλιόμετρα, δηλαδή εξήντα τρεις χιλιάδες φορές την απόσταση Γης-Ήλιου. (Ο Ήλιος απέχει από τη Γη 8,5 λεπτά φωτός και ο Πλούτωνας 5,5 ώρες. Ο επόμενος γαλαξίας, της Ανδρομέδας, απέχει 2,25 εκατομμύρια έτη φωτός). Το μέγεθος αυτών των μεγάλων αριθμών είναι δύσκολο να συνειδητοποιηθεί από το ανθρώπινο μυαλό.

Από εκεί, μακριά, από το διάστημα, ολόκληρος ο δικός μας Γαλαξίας θα φαινότανε σαν ένα ασήμαντο αστεράκι και πλάι του ο κοντινός μας γαλαξίας, της *Ανδρομέδας,* ένα δεύτερο άστρο στο μαύρο φόντο του διαστημικού χώρου, τόνισε ο Ευκλείδης.



*Διασιρική σκόνη στο Γαλαξία της Ανδρομέδας (φωτογραφία από τηλεσκόπιο υπέρυθρων).*

Οι γαλαξίες με τα διάφορα σχήματα, ελλειψοειδείς, σπειροειδείς κ.λπ., όπως και τ' άστρα και οι πλανήτες, δεν φαίνεται να είναι σκορπισμένοι στην τύχη στο διάστημα, αλλά σχηματίζουν συναθροίσεις γαλαξιών. Υπάρχουν πολλά συμπλέγματα με πεντακόσιους και περισσότερους γαλαξίες ή και με πιο λίγους. Ο δικός μας Γαλαξίας ανήκει σ' ένα μικρό σύμπλεγμα, που περιλαμβάνει είκοσι πέντε γαλαξίες.

Η συνηθισμένη διάμετρος ενός γαλαξία είναι εκατό χιλιάδες έτη φωτός (ένας αριθμός με δεκαοχτώ μηδενικά), και περιλαμβάνει εκατό έως διακόσια δισεκατομμύρια ήλιους (άστρα), που μαζί με τους πλανήτες τους – κατά μέσον όρο πέντε για κάθε άστρο – ο πληθυσμός του πλησιάζει το τρισεκατομμύριο. Αν επρόκειτο να μετρηθούν, με ρυθμό ενός αστεριού κάθε δευτερόλεπτο, θα χρειάζονταν δυόμισι χιλιάδες χρόνια για να συμπληρωθεί η μέτρηση. Ίσως οι υπολογισμοί μας αυτοί να φαίνονται αστείοι μετά 50 χρόνια, όταν χρησιμοποιηθούν νέα μέσα παρατήρησης!

Πάντως παρά το μέγα πλήθος τους, μόλις το 1% του συνολικού όγκου του Γαλαξία καταλαμβάνεται από ορατή αστρική ύλη. Πρόκειται για εξαιρετικά μικρή πυκνότητα ύλης μέσα στον κενό χώρο. Η εικόνα θυμίζει, στην αντίπερα όχθη, τον *μικρόκοσμο* του ατόμου, όπου τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται σχετικά πολύ μακριά από τον πυρήνα του.

Ο δικός μας Γαλαξίας ανήκει στους μέτριου μεγέθους σπειροειδείς. Η Γη βρίσκεται περίπου τριάντα χιλιάδες έτη φωτός από τον πυρήνα του Γαλαξία (όση εί-

ναι περίπου η ακτίνα του) ανάμεσα στους δύο σπειροειδείς βραχίονες. Πράγματι αυτό που βλέπουμε τη νύχτα δεν είναι το χυμένο γάλα της θεάς Ήρας, όπως θέλανε οι πρόγονοί μας, αλλά η εσωτερική όψη των δύο γειτονικών σπειροειδών βραχιόνων.

Τ' αστέρια που σχηματίζουν το «γαλατόδρομο» δεν είναι κατανεμημένα συμμετρικά. Οι μυριάδες των άστρων που τον αποτελούν, όπως κι ο πυρήνας του, δεν είναι ορατά από τη Γη γιατί είναι κρυμμένα πίσω από αστρική σκόνη.

– Όπως είναι γνωστό, συνέχισε ο Ευκλείδης, η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, από την ανατολή προς τη δύση, με ταχύτητα περίπου 1.600 χιλιομέτρων την ώρα και περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο με εξήντα εφτά φορές μεγαλύτερη (108.000 χιλιόμετρα την ώρα). Η Σελήνη κινείται γύρω από τη Γη με ταχύτητα 3.700 χιλιομέτρων την ώρα. Μια ένδειξη των κινήσεων αυτών αποτελεί η διαδοχή μέρας και νύχτας, του χειμώνα και του καλοκαιριού.

Στο σημείο αυτό παρενέβη η Μάρθα και ρώτησε:

– Πώς είναι δυνατόν να μην αισθανόμαστε αυτές τις φανταστικές ταχύτητες με τις οποίες τριγυρνάει ο πλανήτης μας;

– Επειδή πρόκειται για ομαλή κίνηση, είπε ο Ευκλείδης, όπως δεν αντιλαμβανόμαστε και την κίνηση του αεροπλάνου, αν η κίνησή του δεν επιταχύνεται και δεν υπάρχουν σημεία αναφοράς, π.χ. σύννεφα ή το έδαφος. Αντίστοιχα, το Ηλιακό μας Σύστημα περιφέρεται περίπου με την ίδια ταχύτητα γύρω από το κέντρο του Γαλαξία και συμπληρώνει μια πλήρη περιφορά κάθε διακόσια πενήντα εκατομμύρια χρόνια (έχει συμπληρώσει από τη γέννησή του περίπου είκοσι περιστροφές). Τέλος, και ο γαλαξίας απομακρύνεται συνεχώς στο απώτερο διάστημα με το ένα τρίτο της ταχύτητας του φωτός ($36 \times 10^7$ χιλιόμετρα την ώρα).

## Η μυστηριώδης σκοτεινή ύλη και ενέργεια

– Μόλις μερικές δεκάδες χρόνια πριν, συνέχισε ο Ευκλείδης, οι αστρονόμοι και οι κοσμολόγοι ανακάλυψαν ότι η «συνήθης ύλη», δηλαδή τα κουάρκς, συστατικό των πρωτονίων και νετρονίων, των ατόμων από την οποία συνίστανται τα αστέρια και οι γαλαξίες είναι λιγότερο από 4% του συνόλου της ύλης του Σύμπαντος. Διάφορες παρατηρήσεις και ανεξήγητα προς το παρόν φαινόμενα συγκλίνουν στην ύπαρξη της *σκοτεινής ύλης*, μιας αόρατης, μυστηριώδους ύλης, της οποίας αγνοούμε τη σύσταση. Η εξωτική αυτή ύλη υπολογίζεται ότι αποτελεί περισσότερο από το 20% του Σύμπαντος – πέντε φορές περισσότερο απ' ό,τι η ορατή. Συγχρόνως εκτός από τη μυστηριώδη σκοτεινή ύλη, προέκυψε κι ένα δεύτερο μυστήριο, η *σκοτεινή ενέργεια* σε ποσοστό 76%, η παρουσία της οποίας κάνει να ωχριά το μυστήριο της σκοτεινής ύλης και στην οποία αποδίδεται η διαστολή του Σύμπαντος. Οι τελευταίες παρατηρήσεις με ακτίνες Χ ισχυροποιούν την πεποίθηση ότι υφίσταται και συνίσταται από «κάτι άλλο» από τα συνηθισμένα άτομα. Η μυστηριώδης αυτή ύλη δεν αλληλεπιδρά με ηλεκτρομαγνητικά πεδία κι έτσι ούτε εκπέμπει ούτε ανακλά το φως. Ίσως να πρόκειται για «υποκινούμενες»

δομές, όπου η αρχική σκοτεινή ύλη καταρρέει σε συμπλέγματα που σχηματίζουν ασύλληπτου μεγέθους *βαρυτικές σκαλωσιές,* μέσα στις οποίες συγκεντρώνονται αέρια: λίκνα δημιουργίας αστεριών. Γι' αυτό προς το παρόν «ουδέν σχόλιο». Είμαστε πεπεισμένοι για την ύπαρξή της ελάχιστα όμως κατανοούμε γι' αυτήν.

Πέρα απ' αυτά η εμφάνιση της ζωής, με την απίθανη βιοχημεία της και τις συνθετικές ικανότητες φυτών και ζώων, μιας χημείας που εμάς τους φτωχούς χημικούς μας κάνει να καταρρέουμε (παρά τους πανάκριβους εξοπλισμούς και τις πολύπλοκες συσκευές των εργαστηρίων μας). Ποιος από μας μπορεί ν' ανταγωνιστεί ένα ραδίκι που φωτοσυνθέτει ή ένα σφουγγάρι στο βάθος της θάλασσας που συνθέτει εκατοντάδες πολύπλοκες οργανικές ουσίες ή ποιος από μας μπορεί να φτιάξει το μάτι ενός μυρμηγκιού;

Ακόμη μένουμε ενεοί όταν αναλογιζόμαστε την ύπαρξη του εγκεφάλου μας, του πιο πολύπλοκου συστήματος που δημιουργήθηκε στη Γη, με τα δισεκατομμύρια νευρώνες και τις μυριάδες διασυνδέσεις τους, ενός οργάνου, το οποίο με τη βοήθεια των ορμονών των νευροδιαβιβαστών και των ενζύμων που παράγονται δημιουργούν τις απίστευτες ικανότητες, αλλά και τις κακίες που μας χαρακτηρίζουν!!

– Οι συζητήσεις αυτές πραγματικά δικαιολογούν αυτό που είπατε: *«Ένα ρεσιτάλ ταπεινοφροσύνης»*, παρατήρησε η Μάρθα.

## Ο ταραχώδης περιδινούμενος κόσμος. Το αεικίνητο διάστημα. Αστρονομία ακτίνων Χ

– Η ανακάλυψη της αστρονομίας των ακτίνων Χ πριν 40 χρόνια, συνέχισε ο Ευκλείδης, επέτρεψε την αποκάλυψη εντελώς νέων και ακραίων φαινομένων στον κοσμικό χώρο.

Από το τεράστιο ηλεκτρομαγνητικό, ηλιακό φάσμα, που ξεκινάει από την κοσμική ακτινοβολία και τις ακτίνες γ με μήκος κύματος μερικά δισεκατομμυριοστά του μέτρου έως τα μικροκύματα και τα κύματα του ραδιοφώνου μήκους χιλιάδων μέτρων, οι αισθήσεις μας αντιλαμβάνονται μόνον μια απειροελάχιστη σχισμή από το ιώδες μέχρι το ερυθρό.

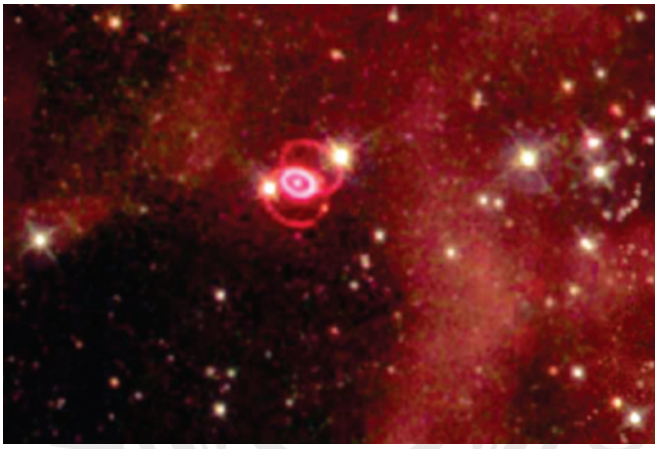
Από τη μικρή αυτή σχισμή του φάσματος, που η ασθενική όρασή μας μας επιτρέπει να παρατηρούμε τον κόσμο, φαίνεται απλά μια στατική εικόνα τ' ουρανού με τ' άστρα και τους γαλαξίες.

Οπλισμένοι όμως τώρα με τα τηλεσκόπια των ακτίνων Χ, οι αστρονόμοι, σε παρατηρητήρια που εγκαταστάθηκαν σε δορυφόρους, έξω από την ενοχλητική για παρατηρήσεις ατμόσφαιρα της Γης, βρέθηκαν μπροστά στην εικόνα ενός πολύ διαφορετικού βίαιου Σύμπαντος, γεμάτου από παλλόμενα, αναφλεγόμενα σώματα όπου οι εκρήξεις είναι συνεχείς. Εκεί οι γνωστοί νόμοι της φυσικής φθάνουν στα όριά τους.

Ο εξωτικός αυτός πληθυσμός, ορατός μόνο με ακτίνες Χ, περιλαμβάνει κοσμικούς επιταχυντές όλων των διαστάσεων που κινούνται με ταχύτητες φωτός,

άστρα νετρονίων τόσο πυκνών, ώστε μια κουταλιά (του γλυκού) από το υλικό τους ζυγίζει όσο ολόκληρο το Κολοσσαίο της Ρώμης, δηλαδή τρισεκατομμύρια τόνους, αλλά και να πλησιάσουμε γνωστικά τις δαιμονικές μαύρες τρύπες, των οποίων τη φύση προσπαθούμε να κατανοήσουμε.

Με τις ακτίνες Χ αντικρίσαμε για πρώτη φορά τα φωτεινά αέρια που τριγυρνάνε στα πεδία βαρύτητας των γαλαξιών, με θερμοκρασίες εκατομμυρίων βαθμών. Μέσα σ' αυτήν την αφθονία των υπέρθερμων αερίων οι γαλαξίες φαίνονται σαν απλά σημαδάκια. Αλλά και αυτές οι παρατηρήσεις δεν περιλαμβάνουν τη «σκοτεινή ύλη», την κύρια πρώτη ύλη του Σύμπαντος και τη «σκόνη» από τα



*Σχηματισμός της Supernova 1987 Α.*



*Καινούργια αστέρια γεννιούνται.*

βαριά μέταλλα που γεννιούνται μέσα στα πυρηνικά καμίνια του φλεγόμενου κόσμου από τις εκρήξεις των υπερκαινοφανών (supernova).

Εξάλλου, παρατηρήσεις των πρώτων αστεριών που γεννήθηκαν μετά τη Μεγάλη Έκρηξη και των διακυμάνσεων της κοσμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας, δείχνουν ότι τ' αστέρια αυτά, τα οποία δεν περιέχουν μέταλλα (πληθυσμοί ΙΙΙ όπως χαρακτηρίζονται) έχουν εξαιρετικά μεγάλες μάζες.

Όπως παρατηρήθηκε από τις κινήσεις των υπερκαινοφανών αστεριών το Σύμπαν διαστέλλεται ολοένα και ταχύτερα (αντί να επιβραδύνεται η διαστολή του σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής). Υφίστανται άραγε κάποιες δυνάμεις αντιβαρύτητας που δρουν; Αν η συνήθης υλική μάζα και η «σκοτεινή ύλη» αντιπροσωπεύουν το 30% του Σύμπαντος, το υπόλοιπο φαίνεται να είναι η μυστηριώδης σκοτεινή ενέργεια αντιβαρύτητας. Μήπως υφίστανται και άλλα υποατομικά σωματίδια που αγνοούμε; Εδώ όμως δεν υπάρχουν προς το παρόν απαντήσεις.



*Το νεφέλωμα Sagittarius.*
*Το αέριο υδρογόνο λάμπει από την υπεριώδη ακτινοβολία των νεογέννητων αστεριών.*

Τώρα οι κυνηγοί των μυστηριωδών *νετρίνο* σχεδιάζουν ένα ταξίδι στις αβύσσους των πόντων για να εξιχνιάσουν τη φύση των μυστηριωδών αυτών σωματιδίων που δεν διαθέτουν ούτε μάζα ούτε ηλεκτρικό φορτίο ή μαγνητικό πεδίο, δεν έλκονται από τη βαρύτητα και περνούν αδιάφορα μέσα από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Με άλλα λόγια έχουν τη δυνατότητα να διαπερνούν τη γήινη σφαίρα ξεκινώντας από τον Β. Πόλο και να βγαίνουν στο Ν. Πόλο σαν να διασχίζουν κενό χώρο. Μόνο κατά τη σύγκρουση με άλλο νετρίνο δηλώνουν την παρουσία τους. Πρόκειται για ταξιδιώτες φαντάσματα, που διασχίζουν τον κοσμικό χώρο και διαπερνούν το κορμί μας. Τώρα κατασκευάζεται ένα εργαστήριο σε βάθος 3.000 μέτρων στη Μεσόγειο, ώστε να μην παρεμβαίνουν άλλες ακτινοβολίες,

προκειμένου να συλλάβουν νετρίνο, των οποίων η μελέτη, ίσως, οδηγήσει σε νέες, απρόσμενες ανακαλύψεις. Μερικά ακόμη κρίσιμα ερωτήματα, στα οποία καλούνται οι κοσμολόγοι ν' απαντήσουν! Αλλά είναι μήπως μόνον αυτά;

Εκατοντάδες δισεκατομμύρια άστρα στο Γαλαξία μας, εκατοντάδες δισεκατομμύρια γαλαξίες με τ' άστρα τους και κάθε αστέρι με τους πλανήτες του– 150 πλανήτες έχουν εντοπιστεί μόνον στη μικρή γειτονιά του δικού μας μικρού αστεριού, του Ήλιου.

Όπως οι δυνατότητες για εξερεύνηση πλανητών εκτός του Ηλιακού μας Συστήματος διευρύνονται, έχουν εντοπιστεί υπεργήινοι πλανήτες με μάζες 5-20 φορές μεγαλύτερες από της Γης, οι οποίοι τριγυρνάνε γύρω από αστέρια του τύπου του δικού μας Ήλιου, οι λεγόμενοι καυτοί Ποσειδώνες. Για την ώρα έχουν εντοπιστεί περίπου 170 νέοι πλανήτες, που η περιστροφή τους γύρω από τον « ήλιό τους» διαρκεί από 2 έως 15 γήινες ημέρες. Σταγόνα στον ωκεανό των μυριάδων γαλαξιών, με τους ήλιους και τους πλανήτες τους.

## Ο απόηχος των γιγαντιαίων εκρήξεων όταν το Σύμπαν βρισκόταν σε νηπιακή ηλικία

– Παρατηρήσεις που προέκυψαν από τη συνεργασία των μεγαλύτερων αστεροσκοπείων στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη, συγκλίνουν ότι στο απώτερο διάστημα συμβαίνουν εκρήξεις από τις οποίες δημιουργούνται ακτίνες γ υψηλής ενέργειας, λαμπερά πυροτεχνήματα τ' ουρανού που διαρκούν μέχρι και δέκα λεπτά. Προέρχονται ίσως από μακρινούς γαλαξίες –όταν υπερμεγέθη αστέρια πολλαπλάσια του δικού μας Ήλιου– συγκρούονται μεταξύ τους. Οι εκρήξεις αυτές συνέβησαν πριν 12,8 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν το δικό μας Σύμπαν είχε ηλικία 890 εκατομμυρίων ετών, διήγε δηλαδή τη νηπιακή ηλικία του. Θα πρέπει να σας θυμίσω, γι' ακόμη μια φορά, είπε ο Ευκλείδης ότι *κοιτάζοντας τ' άστρα αφουγκραζόμασε το παρελθόν.*

*Η κοσμολογία διανύει περίοδο επανάστασης.* Από τις πρόσφατες ακριβείς μετρήσεις των κοσμικών μικροκυμάτων, των μετατροπών της υπέρυθρης ακτινοβολίας μεγάλων γαλαξιών, τις ακριβέστερες μετρήσεις της διαστολής του Σύμπαντος, προκύπτει *ότι η κοσμολογία δεν είναι αυτή που είχαμε προβλέψει.* Η συνεχής επιτάχυνση της διαστολής, σαν ένα τεράστιο μπαλόνι που συνεχώς φουσκώνει, η ύπαρξη σκοτεινής ύλης και της ακόμη πιο μυστηριώδους σκοτεινής ενέργειας καθιστούν βαθύτερη την άγνοιά μας σχετικά με το τι συνέβη κατά τη γένεση του Σύμπαντος ή ποια θα είναι η τελική μοίρα του. Σύμφωνα με τους γνωστούς νόμους της φύσης ανακαλύπτονται συνεχώς χαρακτηριστικά που μας φαίνονται «αφύσικα» ή καλύτερα «μη φυσικά» σύμφωνα με τις γνώσεις μας. Για παράδειγμα οι γαλαξίες, που αλλάζουν συνεχώς μορφή και σχήμα, ενώ για τους πιο κοντινούς πλανήτες αποκαλύπτονται φαινόμενα που σκεπάζονται από μυστήριο, όπως για παράδειγμα οι δακτύλιοι του Δία. Οι τελευταίες παρατηρήσεις δείχνουν φεγγαράκια διαμέτρου 40-100 μέτρων με μορφή «S», σαν προπέλες,

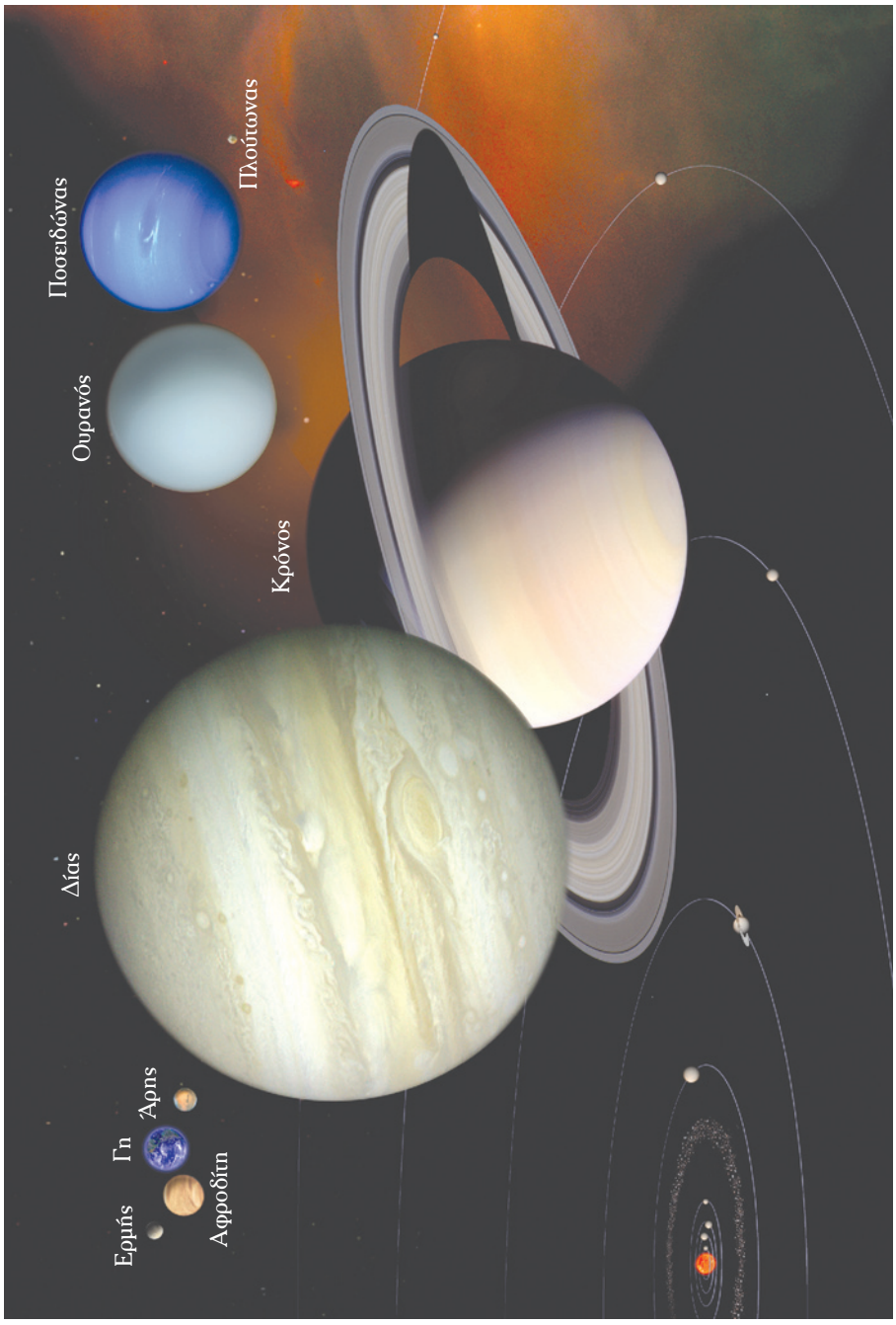


*Κοσμογονία. Ο διαστημικός χώρος όπως διαστέλλεται (φωτογραφία από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble).*

να δημιουργούν αυτό που θεωρούμε ως δακτύλιους του Δία. Είναι μια πρώτη αποκάλυψη των δακτυλίων. Ένας τιτανικός χορός στο διάστημα.

Ο Κοπέρνικος μας έπεισε *ότι η Γη δεν είναι το κέντρο του κόσμου* κι ο Δαρβίνος *ότι ο άνθρωπος βιολογικά δεν είναι κάτι ιδιαίτερο*. Στη συνέχεια οι αστρονόμοι διαπίστωσαν πως ο Ήλιος δεν είναι παρά ένα ασήμαντο αστέρι ανάμεσα σε μυριάδες άλλα όπως κι ο Γαλαξίας στον οποίο ανήκει, ανάμεσα σε άπειρους άλλους γαλαξίες. Όπως έλεγε ο Pascal, ο Γάλλος φιλόσοφος: *«Αισθάνομαι χαμένος στην απεριόριστη απεραντοσύνη του διαστήματος, όπου κανείς δεν γνωρίζει κάτι και κανείς δεν ξέρει κάτι για μένα. Είμαι τρομοκρατημένος. Η αιώνια σιωπή του ατέρμονος διαστήματος με συνεγείρει»,* ενώ ο Primack συμπληρώνει: *«Ακόμη ένα σφυροκόπημα στον ανθρωποκεντρισμό μας· τίποτα δεν φαίνεται να έχει κάποια σχέση με το κύριο συστατικό του Διαστήματος: τη σκοτεινή ύλη και ενέργεια, που δεν μοιάζουν με τίποτα γνωστό».*

Φτωχό ανθρώπινο μυαλό. Πόσο αδύναμο είσαι να συλλάβεις το απεριόριστα μεγάλο: το Διάστημα, το Σύμπαν ή τα σύμπαντα και στην αντίπερα όχθη το πολύ μικρό, τα κβάντα, το άτομο και το μικρόκοσμό του με τα ηλεκτρόνια, τον πυρήνα, τα κουάρκς! Απαιτούνται τριακόσιες χιλιάδες άτομα κολλημμένα το ένα πλάι στο άλλο, προκειμένου να σχηματιστεί το πάχος μιας τρίχας και το καθένα απ' αυτά ενέχει έναν ολόκληρο κόσμο καθώς τα ηλεκτρόνια τριγυρνούν γύρω από τον πυρήνα του, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο· κι εμείς σκαρφαλωμένοι πάνω σ' αυτό το ασήμαντο βραχάκι – τον πλανήτη μας – ζούμε και πλέουμε νυχθημερόν με τα προβλήματά μας, τα οποία θεωρούμε τα πιο σημαντικά του κόσμου, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.




*Το Ηλιακό μας Σύστημα.*

**Ανοιχτό ή κλειστό Σύμπαν;**

– Ένα από τα πιο σημαντικά ερωτήματα, που περιμένουν επιβεβαίωση, είναι αν το διάστημα είναι κλειστό ή ανοιχτό σύστημα. Αν το σύστημα είναι ανοιχτό όλα θα τελειώσουν ήσυχα με τη συνεχή διαστολή, την πτώση της θερμοκρασίας και το θάνατο των αστεριών, μετά την εξάντληση των πυρηνικών τους καυσίμων. Κάτι σαν δικαίωση της εφιαλτικής θεωρίας του «W rmetodt», του θερμικού θανάτου του Clausius. Ο κοσμολόγος E. Harrison περιγράφει με λυρισμό τον εκφυλισμό του Σύμπαντος:

«Τα *άστρα αρχίζουν να ξεθωριάζουν σαν τ' αναμμένα κεριά που σβήνουν ένα-ένα. Στα βάθη του διαστήματος οι μεγάλες ουράνιες πόλεις, οι γαλαξίες, ανάστατες από ενθυμήματα αιώνων, πεθαίνουν σιγά-σιγά. Δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια περνούν και το σκοτάδι μεγαλώνει. Καμιά φορά φωτεινές εκλάμψεις διαπερνούν την επερχόμενη κοσμική νύχτα και αιφνίδιες δραστηριότητες καθυστερούν τη διαδικασία, που οδηγεί το Σύμπαν στη μοίρα του: να γίνει νεκροταφείο γαλαξιών».*

Τα ισχυρά ραδιοτηλεσκόπια που εγκαταστάθηκαν στο διαστημικό χώρο, συνέχισε ο Ευκλείδης, τα επόμενα χρόνια ίσως μας δώσουν την απάντηση. Πάντως, οι έρευνες τα τελευταία χρόνια συγκλίνουν μάλλον στο ότι το διάστημα δεν είναι ούτε επίπεδο ούτε ανοιχτό. Στην περίπτωση του κλειστού θετικά κυρτωμένου διαστήματος, υπολογίζεται ότι η διαστολή θα συνεχιστεί γι' ακόμα εξήντα δισεκατομμύρια χρόνια· θα επακολουθήσει συστολή που θα οδηγήσει σ' ένα νέο Big-Bang μετά από εκατόν τριάντα δισεκατομμύρια χρόνια κ.ο.κ.. Πρόκειται για τη θεωρία του «παλλόμενου Σύμπαντος». Παρόλο που η θεωρία είναι ελκυστική, αφού περιλαμβάνει την έννοια της αιωνιότητας, δεν μπορεί να αιτιολογηθεί εύκολα, γιατί, αν οι υπολογισμοί μας είναι σωστοί, δεν υπάρχει αρκετή ύλη στο Σύμπαν, ώστε να ξεκινήσει η συρρίκνωση που υποθέτουμε. Το Σύμπαν, όπως είπαμε, είναι αραιοκατοικημένο. Η αντίληψη αυτή, όμως, ίσως μεταβληθεί μετά την αποκάλυψη της μυστηριώδους σκοτεινής ύλης, της *διαλείπουσας ακτινοβολίας* της σύγχρονης κοσμολογίας, αόρατης στο μάτι, ορατής όμως από τα υπέρυθρα τηλεσκόπια, που έχουν κιόλας αρχίσει να στέλλουν τα μηνύματά τους· και τα πρώτα μηνύματα είναι θετικά, διαπιστώνουν, δηλαδή, την ύπαρξη ύλης αόρατης στο ανθρώπινο μάτι. Σ' αυτήν την περίπτωση, η ποσότητα της ψυχρής, σκοτεινής ύλης εξασφαλίζει την πιθανότητα ν' αρχίσει η συστολή, η συσπείρωση της ύλης, και αντίθετα από το Big-Bang όλα να συμπυκνωθούν σε μια νέα τρομακτική κατάρρευση, όπου και πάλι ο *χώρος*, ο *χρόνος,* η *ύλη* και η *ενέργεια,* θα πάψουν να υφίστανται. Βέβαια υπάρχουν ακόμα πολλά κενά· υπάρχει όμως η ελπίδα ότι οι τεράστιες δυνατότητες που μας παρέχουν οι διαστημικές κατακτήσεις και η μικροηλεκτρονική θα δώσουν απαντήσεις πάνω στα ερωτήματα αυτά στο άμεσο μέλλον, πρόσθεσε ο Ευκλείδης, και συνέχισε.

– Εκτός από τη θεωρία, η οποία αποδίδει στη Μεγάλη Έκρηξη τη δημιουργία του Σύμπαντος, έχει προταθεί και η Θεωρία της Μόνιμης Σταθερής Κατά-

στασης. Μια σταθερή δηλαδή δημιουργία ύλης, που τροφοδοτεί τους γαλαξίες με αέριο υδρογόνο και σχηματίζει νέους γαλαξίες στο διάστημα. Με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει ανάγκη να υποθέσουμε μια ορισμένη χρονική στιγμή για την αρχή του Σύμπαντος. Αν η θεωρία ήταν σωστή θα έπρεπε το Σύμπαν να είναι παντού ομοιογενές και οι ραδιοπηγές να είναι σκορπισμένες με την ίδια σχεδόν πυκνότητα σε όλες τις αποστάσεις. Οι τελευταίες ραδιομετρήσεις δείχνουν ότι υπάρχουν στο Σύμπαν διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας, και αυτό δεν συνηγορεί καθόλου υπέρ της Θεωρίας της Μόνιμης Σταθερής Κατάστασης. Όπως λέει ο Ph. Morrison του τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνιας:

*«Προσωπικά απεχθάνομαι τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης και θα προτιμούσα το Σύμπαν σε μια μόνιμη σταθερή κατάσταση, αλλά ως φυσικός είμαι υποχρεωμένος να παραδεχτώ ότι οι αποδείξεις συσσωρεύονται υπέρ αυτής».*

Υπάρχουν πραγματικά πειραματικές διαπιστώσεις, συνέχισε ο Ευκλείδης, όπως: αφού το Σύμπαν διαστέλλεται, η θερμοκρασία που επικρατεί στο διαστημικό χώρο θα πρέπει να μειώνεται συνεχώς. Η θερμοκρασία του θα πρέπει θεωρητικά να είναι –270,3 βαθμούς· η θεωρητική αυτή τιμή επιβεβαιώθηκε πειραματικά. Υπέρ της εκδοχής αυτής συνηγορεί, ακόμα, η ανακάλυψη από τον Hubble, της μετατόπισης των ακτινοβολιών προς το ερυθρό μέρος του φάσματος· πρόκειται για το φασματικό «ταχύμετρο» του διαστημικού χώρου, όπως χαριτωμένα το χαρακτήρισε, και αξίζει τον κόπο να αφιερώσουμε δύο λόγια, γι' αυτό, τόνισε ο Ευκλείδης.



*Το απώτερο διάστημα με κάποιους γαλαξίες. Σ' έναν απ' αυτούς βρίσκεται και το δικό μας Ηλιακό Σύστημα, στο οποίο τριγυρνάει κι ο πλανήτης μας.*

Παρά τα δεκατέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τη Μεγάλη Έκρηξη, τ' αποτελέσματά της είναι ακόμα ορατά. Σαν τους κύκλους που προκαλεί μια πέτρα, πέφτοντας στο νερό, το Σύμπαν διαστέλλεται, οι γαλαξίες απομακρύνονται ο ένας απ' τον άλλο και τα διάκενα ανάμεσά τους μεγαλώνουν.

Μετά την ανακάλυψη του μεγάλου πλήθους των γαλαξιών, μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι ότι: το Σύμπαν δεν είναι σταθερό, αλλά διευρύνεται, διαστέλλεται και οι γαλαξίες απομακρύνονται συνεχώς από το κέντρο, όπου αρχικά υποτίθεται ότι πραγματοποιήθηκε η Μεγάλη Έκρηξη. Διαστέλλεται, δηλαδή, σαν ένα φανταστικό μπαλόνι που συνέχεια φουσκώνει, και όσο φουσκώνει, τόσο οι γαλαξίες –αν τους φανταστούμε σαν στίγματα πάνω στο μπαλόνι– απομακρύνονται μεταξύ τους και μάλιστα, όσο περισσότερο απέχουν, τόσο ταχύτερα απομακρύνονται.

Αν μια πηγή φωτός πλησιάζει προς έναν παρατηρητή, όλες οι φασματικές γραμμές μετατοπίζονται προς την κυανή περιοχή του φάσματος. Αντίθετα, αν η πηγή απομακρύνεται, παρατηρείται μετατόπιση προς την ερυθρά περιοχή (πρόκειται για το γνωστό στους φυσικούς φαινόμενο Doppler). Στο φως όμως των μακρινών γαλαξιών παρατηρείται μετατόπιση των φασματικών γραμμών προς το ερυθρό, και όπως παρατήρησε ο Hubble: υπάρχει σχέση ανάμεσα στην απόσταση του Γαλαξία και την ερυθρά μετατόπιση. Οι κοντινοί γαλαξίες απομακρύνονται σχετικά βραδύτερα από τους μακρινούς, οι οποίοι παρουσιάζουν ισχυρότερη μετατόπιση προς το ερυθρό. Καθετί που διαστέλλεται, ψύχεται· σ' αυτόν τον κανόνα δεν κάνει εξαίρεση και το φως. Αυτή ακριβώς η ψύξη σημαίνει ακτινοβολία με χαμηλότερη ενέργεια, μικρότερης συχνότητας, δηλαδή μετατόπιση της ακτινοβολίας προς το ερυθρό.

Υπάρχουν όμως και πολλά άλλα επιχειρήματα, όπως αυτά που υποστήριξαν οι Winberg, Glascow, Shalam, αλλά και όσα καθημερινά συσσωρεύονται από πολλούς ερευνητές, με ολοένα και γοργότερους ρυθμούς, σχετικά όμως είναι λίγα για να λύσουν όλες τις απορίες και τις κάποιες αντιφάσεις. Κενά, δηλαδή, έχει και η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης που αφήνει πολλά ανεξήγητα, όπως την ακτινοβολία που «λούζει» ομοιόμορφα το Σύμπαν.

Έτσι, προτάθηκε μια άλλη εκδοχή της, η Θεωρία της Διόγκωσης. Η μόνη διαφορά από όσα πρεσβεύει η προηγούμενη είναι ότι όλα συνέβησαν στα απειροελάχιστα κλάσματα του πρώτου δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Η Θεωρία της Διόγκωσης αφήνει περιθώρια για την παράλληλη δημιουργία πολλών κόσμων, όπως σε μια διαστημική σαπουνάδα η κάθε φυσαλίδα της θα μπορούσε να γεννήσει ένα Σύμπαν με λιγότερες ή περισσότερες από τις τέσσερεις διαστάσεις του δικού μας Κόσμου. Ακόμα και στο δικό μας Κόσμο θα μπορούσε να γεννηθεί ένα καινούριο Σύμπαν. Σ' εμάς θα γινόταν αντιληπτό σαν μια μαύρη τρύπα. Θα διογκωνόταν και θα εξαπλωνόταν σε μια πέμπτη διάσταση, στην οποία θα ήταν αδύνατο να εισχωρήσουμε.

Διαγράφοντας ο Hawking την ιδέα ότι το Σύμπαν αλλοιώνεται από παροδικές «διακοπές», από ανωμαλίες στην ισχύ των φυσικών νόμων του, μπορούμε να

απαντήσουμε στο γιατί λειτουργεί και, κατά συνέπεια, γιατί υπάρχει. Κατά τον Hawking, η Μεγάλη Έκρηξη ίσως να μην έγινε ποτέ. *Το Σύμπαν δεν είχε αρχή κι ούτε θα έχει τέλος· είναι αιώνιο και απεριόριστο. Κι ούτε δημιουργός του υπήρξε ποτέ, γιατί δεν θα είχε τίποτα να δημιουργήσει*.

Η θεωρία είναι ανατρεπτική, όχι μόνο για την επιστήμη, αλλά για όλη την ανθρώπινη κοσμοθεωρία· ένα Σύμπαν απεριόριστο, αυθύπαρκτο και αιώνιο. Όμως ο Hawking είναι ο πρώτος που τολμάει να το πει, όταν όλη η επιστήμη αναζητεί με κάθε μέσο τη μαγική συνταγή της Γένεσης. Η έρευνα χρειάζεται τόσο το θάρρος όσο και την ευφυΐα. Και ο Hawking, που τα έχει και τα δύο, στέλνει με το κομπιούτερ του το μήνυμα: *«Ο βασιλιάς είναι γυμνός...»,* τόνισε ο Ευκλείδης, και συνέχισε.

– Το διαστημικό τηλεσκόπιο «Hubble» – όπως ονομάστηκε προς τιμή του διάσημου αστρονόμου – διαμέτρου 2,4 μέτρων, έχει τοποθετηθεί σε τροχιά 611 χιλιομέτρων πάνω από τη Γη, εκεί όπου δεν υπάρχουν οι δυσχέρειες που δημιουργεί η ατμόσφαιρα, και μπορεί να διερευνά το μακρινό αστρικό χώρο με μεγαλύτερη ευκρίνεια από οποιοδήποτε γήινο τηλεσκόπιο, συνεχώς τριακόσιες εξήντα πέντε μέρες το χρόνο, ενώ θα δύναται ν' αναλύει όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και ιδιαίτερα τις υπεριώδεις ακτινοβολίες, που η ζώνη του όζοντος δεν επιτρέπει να φτάσουν στη Γη. Όπως είπε με ποιητική διάθεση ένας αστρονόμος: *«Θα μας επιτρέψει ν' αγγίξουμε το χέρι του Δημιουργού του Κόσμου»*. Αν και μικρότερο από πολλά γήινα τηλεσκόπια, διεισδύει σε απόσταση δεκατεσσάρων εκατομμυρίων ετών φωτός στο παρελθόν του Σύμπαντος και, όπως έχει προβλέψει ο L. Spitzer, ένα τέτοιο ισχυρό όργανο δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει τις γνώσεις μας για τον Κόσμο που ζούμε, αλλά για ν' ανακαλύψουμε νέα φαινόμενα που δεν φανταζόμαστε τώρα, και ίσως να τροποποιήσει βαθιά τις βασικές παραδοχές μας για το χώρο και το χρόνο. Κι αν αυτό δεν γίνει με το «Hubble», ίσως γίνει με το σχεδιαζόμενο γιγάντιο τηλεσκόπιο διαμέτρου δώδεκα μέτρων, που θα εγκατασταθεί στο φεγγάρι στο άμεσο μέλλον. Η ανθρώπινη περιέργεια για την κατάκτηση της γνώσης δεν έχει όρια, ευτυχώς για την ανθρωπότητα.

Ο «Explorer», ένας δορυφόρος που εκτοξεύτηκε στο διάστημα το 1989, ατενίζοντας τα ερέβη και τον ουρανό ψηλά από τη θολή γήινη ατμόσφαιρα με τα ευαίσθητα όργανά του, με τα οποία θα μετράει τη μικροκυματική ακτινοβολία που άφησε πάνω του το Big-Bang και θα παρατηρεί την υπέρυθρη ακτινοβολία που προέρχεται από την πρώτη γενιά των άστρων, θα προκαλέσει επανάσταση στις γνώσεις μας για το Σύμπαν.

Αλλά, νομίζω, πήραμε μια γεύση για το αφάνταστα μεγάλο, το *Σύμπαν,* τον Κόσμο που ζούμε, τώρα θα πρέπει να σας μεταφέρω και στο απειροελάχιστο, στο μικρόκοσμο των ατόμων, των *κβάντα* και την *Κβαντική Θεωρία*, τόνισε ο Ευκλείδης.

– Με μεγάλη ευχαρίστηση θα ξαναθυμηθώ τα κβάντα, είπε παρεμβαίνοντας ο Κάρολος. Θυμάμαι τότε που ο M. Planck εξήγγειλε τη νέα επαναστατική θεωρία:

την *Κβαντική Θεωρία,* για την οποία λίγο αργότερα ένας από τους πιο σημαντικούς θεμελιωτές της, ο N. Bohr, είπε: *«Αυτός που δεν συγκλονίστηκε από την Κβαντική Θεωρία, ασφαλώς δεν την κατάλαβε».*

– Μα η Κβαντική Θεωρία, είπε ο Ευκλείδης, πέρα από την επαναστατική θεωρητική της σημασία, είχε λαμπρές επιδόσεις σε πρακτικές εφαρμογές, όπως στα τρανζίστορ, στις ακτίνες λέιζερ, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, τους υπεραγωγούς, την πυρηνική ενέργεια.

– Ακόμα εξηγεί τους χημικούς δεσμούς, τη δομή των πυρήνων, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, τις μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των στερεών, τη δομή των άστρων και πλήθος ακόμα από σημαντικά φυσικά φαινόμενα· έθεσε, δηλαδή, τα θεμέλια της σημερινής άνετης ζωής μας, συμπλήρωσε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Όπως λέει ο R. Feynman: *«Θα πρέπει κάποιος να έχει χάσει την "κοινή αίσθηση" για να είναι ικανός να καταλάβει τι συμβαίνει σ' επίπεδο ατόμων».* Τελικά, το 1926 προτάθηκε μια θεωρία «μη κοινής αίσθησης», για να εξηγήσει τη «νέου τύπου συμπεριφορά» των ηλεκτρονίων. Η θεωρία φαινόταν αλλήθωρη, αλλά δεν ήταν· πρόκειται για την «κβαντομηχανική». Ο όρος «κβάντουμ» αναφέρεται στην ιδιαίτερη θεώρηση της φύσης που εναντιώνεται στην κοινή αίσθηση. Με την κβαντομηχανική εξηγείται γιατί ένα άτομο οξυγόνου συνδυάζεται με δύο άτομα υδρογόνου και σχηματίζεται νερό, αλλά και πλήθος άλλων φαινομένων. Έτσι, η κβαντομηχανική αποτελεί τη βάση και της χημείας, η οποία με τον τρόπο αυτό συσχετίζεται ή ταυτίζεται με τη φυσική και οι δύο με τη βιολογία, τη μοριακή βιολογία.

– Για σας, είπε ο Πλάτων, όλ' αυτά είναι ευκολονόητα, δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με μένα, γι' αυτό θα σε παρακαλέσω να τα κάνεις πιο ευκολοχώνευτα.

– Θα προσπαθήσω, είπε ο Ευκλείδης. Ας το πιάσουμε απ' την αρχή:

Η μεγάλη επανάσταση στον τομέα των φυσικών επιστημών συμπίπτει με το τέλος του 19ου αιώνα, πριν εκατό περίπου χρόνια από σήμερα. Υπήρξε ευτυχής συγκυρία να υπηρετήσουν συγχρόνως τόσοι πολλοί και τόσο προικισμένοι άνθρωποι στα πεδία της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας, που από την εποχή εκείνη θεμελιώθηκαν ουσιαστικά ως επιστήμες. Ο Thomson, ο Rutherford, ο Becquerel, οι Curie, ο Pasteur, ο De Broglie, ο Shr dinger, ο Heisenberg, ο Pauli, ο Einstein, είναι μερικοί από την ομάδα αυτή των εκλεκτών της εποχής εκείνης. Καρποί όλων αυτών των προσπαθειών υπήρξαν οι ανακαλύψεις: του ατόμου, του ηλεκτρονίου, των ακτινοβολιών, των χημικών αντιδράσεων, των ζυμώσεων, της λειτουργίας του κυττάρου, τόνισε ο Ευκλείδης, και συνέχισε:

## Ο πλανήτης Γη που ζούμε

– Ορισμένοι αβιολόγητοι θέτουν ως στόχο και προορισμό της ζωής τους τον πλουτισμό, την απληστία, την επικράτηση. Άλλοι επιλέγουν τη δημιουργία. Τυχεροί και ευτυχείς οι δεύτεροι. Αλλά όπως καθετί στον κόσμο αυτό κερδίζεται, δεν

χαρίζεται, έτσι και η δημιουργία προϋποθέτει γνώση βαθιά, γνώση των φυσικών επιστημών και των νόμων που τις διέπουν.

Κάποιο βράδυ με πανσέληνο αν βγεις στην ύπαιθρο, συνέχισε ο Ευκλείδης, και παρατηρήσεις το φεγγάρι όπως φαίνεται στον ουρανό, αναλογίσου: αν ήθελες να κάνεις ένα πορτοκάλι για παράδειγμα να αιωρείται πάνω απ' το κεφάλι σου τι θα κατάφερνες; Απλά θα έπεφτε στο κεφάλι σου ελκόμενο από το πεδίο βαρύτητας της Γης.

*Είναι τραγικό που δεν μάθαμε στους μαθητές μας, στους συνανθρώπους μας τα τεράστια προβλήματα, τα προκλητικά ερωτηματικά του κόσμου που ζούμε, τα φαινόμενα που καθημερινά βιώνουμε και θεωρούμε αυτονόητα. Είναι ευθύνη της παιδείας μας που δεν διεγείρουμε το πιο συναρπαστικό ανθρώπινο χαρακτηριστικό, αυτό που μας διαφοροποιεί απ' όλα τ' άλλα ζωικά είδη: την περιέργεια, θεμέλιο της προόδου και των εξελικτικών διαδικασιών.*

Βρισκόμαστε πάνω στη φλούδα ενός πορτοκαλιού, σ' ένα βραχάκι του Σύμπαντος, χαμένοι στο άπειρο του διαστήματος, ενός πορτοκαλιού που για χυμό έχει πυρακτωμένη λάβα από λιωμένο σίδερο και νικέλιο και άλλα σπάνια στοιχεία, κληρονομιά των τιτανικών πυρηνικών δυνάμεων της δημιουργίας του Σύμπαντος, δυνάμεων που αντιλαμβανόμαστε όταν ένας σεισμός μας ταρακουνήσει και μας τρομοκρατήσει, όπως τελευταία ο σεισμός του Ινδικού και το φονικό τσουνάμι που ακολούθησε ή κάποιο ηφαίστειο ξεχύσει την πυρακτωμένη λάβα του στην επιφάνεια του πλανήτη, τη λάβα που στο πέρασμά της κατακαίει τα πάντα.



*Έκρηξη ηφαιστείου.*
*Ζούμε πάνω στη φλούδα ενός πορτοκαλιού που έχει για χυμό πυρακτωμένη λάβα.*

Ξέρουμε πως η Γη μοιάζει μ' ένα κρεμμύδι ακτίνας 6.300 χιλιομέτρων και αποτελείται από τεκτονικές πλάκες. Σε βάθος 2.800 χιλιομέτρων υπερτερούν οι βράχοι και μετά ακολουθούν τα τηγμένα μέταλλα, κυρίως σίδηρος. Πρόκειται για μια κόλαση από τηγμένα μέταλλα που ξεκινάει από τα 3.470 χιλιόμετρα. Το πυρηνικό καμίνι, πυροδοτημένο από τα βάθη των αιώνων, δουλεύει ακατάπαυστα. Υπολογίζεται ότι τα επόμενα 40-50 χρόνια η τελειοποίηση των σεισμικών μεθόδων και η απομίμηση στο εργαστήριο των συνθηκών που επικρατούν θα ρίξουν φως στις διεργασίες που συντελούνται κάτω από τα πόδια μας και τις οποίες δεν γνωρίζουμε.

– Η *τεκτονική των πλακών* έφερε στην επιστήμη της γεωλογίας επανάσταση. Είναι κάτι σαν τη *Θεωρία των Πάντων* για την οποία θα μιλήσουμε αργότερα, είπε ο Ευκλείδης. Η συστηματική δουλειά των γεωλόγων του 19ου και 20ου αιώνα συσσώρευσε χαρτογραφήσεις και στοιχεία που οδήγησαν σε γόνιμες υποθέσεις για τις διεργασίες που διεξάγονται σε μεγάλο βάθος. Το εσωτερικό της Γης δεν είναι παρά ένα μωσαϊκό από πετρώδεις πλάκες στην επιφάνεια ενός ημίρρευστου ωκεανού από λιωμένο μάγμα. Οι κινήσεις των τεκτονικών πλακών καθορίζουν κοσμογονικά φαινόμενα για την επιφάνειά της όπως τους σεισμούς και τις εκρήξεις των ηφαιστείων όταν αυτές συγκρούονται μεταξύ τους ή όταν ανοίγουν ρωγμές και η πύρινη λαίλαπα ανεβαίνει στην επιφάνεια.

Φαίνεται ότι μέσα στα 4,55 δισεκατομμύρια χρόνια που δημιουργήθηκε η Γη συνέβησαν κοσμογονικά γεγονότα όπως η εξαφάνιση της Παγγαίας, αυτής της υπερηπείρου, η οποία χωρίστηκε πριν 250 εκατομμύρια χρόνια. Από αυτή τη μοναδική ξηρά δημιουργήθηκαν οι πέντε ήπειροι.

Πάνω στον πλανήτη μας, στριμωγμένοι ζούμε έξι δισεκατομμύρια θνητοί. Συστατικά μας είναι μια αρμαθιά από πρωτεϊνικά μόρια φουσκωμένα με νερό. Δηλαδή μόρια υδρογόνου και οξυγόνου σ' έναν αριθμό που ακολουθείται από 26 μηδενικά (ασύλληπτο για τον ανθρώπινο νου, κι όμως αληθινό). Ευτελή στοιχεία του αστρικού χώρου όπως: ο άνθρακας, που τον αντιλαμβανόμαστε μόνον όταν ένα τραγικό γεγονός απανθρακώσει κάποιον συνάνθρωπό μας, το ασβέστιο, το άζωτο, ο φώσφορος, ο σίδηρος και μερικά ιχνοστοιχεία, συστατικά που κληρονομήσαμε από το Σύμπαν κατά την κοσμογονία δημιουργίας του πλανήτη, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τη ζωή. *Είμαστε παιδιά των άστρων, παιδιά της γαλαξιακής σκόνης.*

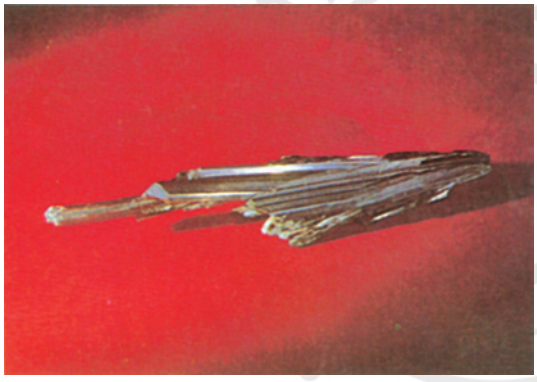
Καταδικασμένοι οι άνθρωποι να βιώνουμε τις τσαχπινιές των *πρωτεϊνικών μορίων*, των *ορμονών* και των *νευροδιαβιβαστών* μας, των βιοαμινών της *νοραδρεναλίνης*, της *σεροτονίνης*, της *ντοπαμίνης*, που πυροδοτούν τα πάθη, τον έρωτα, το μίσος, τις προσδοκίες στο αδυσώπητο παιχνίδι με *τα πιο ισχυρά κίνητρα που όρισε η φύση: την αποτελεσματική αναπαραγωγή και την εξέλιξη*.

## Η ενέργεια και η ύλη

– Το Σύμπαν, συνέχισε ο Ευκλείδης, αποτελείται από *ύλη* και *ακτινοβόλο ενέργεια*. Πρόκειται για ένα σύστημα από υλικά σώματα και ακτινοβολίες που δι-

ακινούνται. Μερικά απ' αυτά τα φωτεινά αστέρια, όπως ο Ήλιος, παράγουν ενέργεια, ενώ οι πλανήτες, ετερόφωτα αντικείμενα, όπως η Γη, την απορροφούν.

Η *ύλη* εμφανίζεται με άπειρα σχήματα, χρώματα και διαστάσεις. Οι θάλασσες, οι στεριές, ο αέρας, οι ζωντανοί οργανισμοί, αλλά και το καθετί που ο άνθρωπος μπορεί ν' αγγίξει ή να αισθανθεί είναι υλικό. Η ύλη άλλες φορές εμφανίζεται πολύχρωμη σαν τα κοράλλια της θάλασσας, συμμετρική σαν τους κρυστάλλους του αλατιού, άμορφη σαν το γυαλί, λαμπερή και διάφανη σαν το διαμάντι, μαλακιά σαν το σφουγγάρι, σκληρή σαν το ατσάλι, αόρατη σαν τον αέρα, η παρουσία του οποίου γίνεται αντιληπτή μόνο όταν φυσάει –οπότε τα μόριά του μετακινούνται– ακόμα περισσότερο όταν λυσσομανάει και υψώνει τα κύματα της θάλασσας. Τότε συνειδητοποιούμε ότι ζούμε στο βυθό μιας θάλασσας από αέρα, όπως τα ψάρια βαθιά στον ωκεανό. Αντίθετα η *ενέργεια,* «αόρατη» κι «ανέγγιχτη», μόνο με τη φαντασία μπορεί να συλληφθεί από τον ανθρώπινο νου και, τελικά, διαπιστώνεται μόνο από τ' αποτελέσματά της, όπως από τη δυνατότητά της να μετατοπίζει υλικά αντικείμενα. Είναι η δύναμη που προκαλεί το βράσιμο του νερού,



*Κρύσταλλοι αντιμονίτη.*



*Κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη.*



*Κρύσταλλοι γύψου.*

διατηρεί την κυκλοφορία του αίματος σ' έναν ζωντανό οργανισμό, βοηθάει ένα φυτό να μεγαλώσει, φωτίζει ή γκρεμίζει μια πολιτεία.

Ενέργεια είναι το καθετί που έχει σχέση με εργασία, παράγει εργασία ή προέρχεται από εργασία. Η ενέργεια είναι συνώνυμη με τη δράση, γι' αυτό μιλάμε γι' ανθρώπους ενεργητικούς, δραστήριους, ακίνητους. *Άφθαρτη σε απόλυτη τιμή,* όπως και η *ύλη,* μπορεί να υφίσταται μεταμορφώσεις και να εμφανίζεται με διαφορετικές μορφές. Η θερμότητα, το φως, ο ηλεκτρισμός, οι μαγνητικές δυνάμεις, η κίνηση των μηχανών, η πυρηνική ενέργεια, η χημική ενέργεια αποθηκευμένη στα καύσιμα και στα τρόφιμα, αποτελούν διαφορετικές μορφές ενέργειας που μετατρέπονται η μία στην άλλη, αλλά που τελικά το *άθροισμά* τους μέσα στο Σύμπαν παραμένει σταθερό.

Σημασία έχουν και οι ρυθμοί με τους οποίους απελευθερώνεται η ενέργεια. Κατά την έκρηξη για παράδειγμα της ατομικής βόμβας, ελευθερώνονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας σε ελάχιστα κλάσματα του δευτερολέπτου και αυτό ισοδυναμεί με καταστροφή. Η ίδια ποσότητα ενέργειας, αν ελευθερωθεί υπό έλεγχο και σε μεγάλο χρονικό διάστημα, αποτελεί εκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας για ειρηνικούς σκοπούς, όπως στα πυρηνικά εργοστάσια, που τελικά τη μετατρέπουν σε πολύτιμη *πλεκτρική ενέργεια.*

Η ύλη, αντίθετα από την ενέργεια, υπήρξε για τον άνθρωπο μια έννοια πολύ πιο εύκολα αντιληπτή, αφού υποπίπτει χειροπιαστά στις ανθρώπινες αισθήσεις. Είναι σαφές λόγου χάριν να βλέπεις ένα αυτοκίνητο να έρχεται καταπάνω σου και να αισθάνεσαι τι θα συμβεί αν σε χτυπήσει, αλλά είναι δύσκολο να διανοηθείς ότι το αυτοκίνητο, καθώς κινείται, διαθέτει μιαν ασύλληπτη ιδιότητα, που μοιάζει να εξαφανίζεται μόλις ακινητοποιηθεί.

Όταν ο άνθρωπος ξεκίνησε να εξετάζει τα κινούμενα αντικείμενα, άρχισε να συλλαμβάνει την έννοια της ενέργειας και να την αναπτύσσει έτσι, ώστε τελικά να την αντιμετωπίζει ως τη δύναμη που αγκαλιάζει όλο το Σύμπαν. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, ώστε η ενέργεια να γίνει αντιληπτή σε όλη την πολυμορφία της και να τεθεί στην υπηρεσία της καθημερινής ζωής, συνθέτει ένα από τα πιο συναρπαστικά επιτεύγματα του ανθρώπου.

Για πολλά χρόνια πίστευαν ότι μόνο η ύλη διαθέτει μάζα και καταλαμβάνει χώρο, πράγμα που δεν συνέβαινε με την ενέργεια. Η ενέργεια θεωρούταν *άυλη.* Στις αρχές όμως του 20ου αιώνα (1905), ο Einstein έδειξε ότι και η ενέργεια έχει ιδιότητες ανάλογες με την ύλη. Το φως, για παράδειγμα, όπως και η ύλη, ως μορφή ενέργειας υπόκειται σε δυνάμεις έλξης. Σύμφωνα με αστρονομικές παρατηρήσεις, μια ακτίνα φωτός που είχε ξεκινήσει από κάποιο μακρινό αστέρι, όταν πέρασε κοντά από τον Ήλιο –όπως παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης – συνέκλινε προς αυτόν σαν να διέθετε μάζα. Το φαινόμενο οφείλεται στην έλξη που εξασκείται στην ακτίνα από το ισχυρό πεδίο βαρύτητας του Ήλιου. Εδώ όμως θα χρειαστεί να σας επαναλάβω μια απλή εξίσωση, για να μπορέσουμε να καταλάβουμε τα παρακάτω, κατέληξε ο Ευκλείδης.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Κάρολος.

– Η συζήτηση αυτή μου φέρνει στο νου την προειδοποίηση που έκανε στον Hawking ο εκδότης του: *«Αν περιλάβεις έστω κι έναν μαθηματικό τύπο στο βιβλίο σου θα χάσεις το μισό σου αναγνωστικό κοινό».*

– Δυστυχώς, είπε ο Ευκλείδης, δεν γίνεται αλλιώς· για να γίνουν κατανοητά ορισμένα θέματα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την απλή, αλλά κοσμοϊστορικής σημασίας, εξίσωση του Αϊνστάιν που συνδέει την ύλη με την ενέργεια.

Στο κέντρο της μεγάλης επίπεδης οθόνης της τηλεόρασης, που καταλάμβανε έναν ολόκληρο τοίχο του λίβινγκ-ρουμ και χρησίμευε για την παγκόσμια δορυφορική τηλεόραση, τους προσωπικούς υπολογιστές και τις τηλεσυσκέψεις, εμφανίστικε τώρα η κλασική εξίσωση του Αϊνστάιν: $E = mc^2$, που δείχνει ότι η *ενέργεια* (Ε) είναι ισοδύναμη με την *ύλη,* η οποία χαρακτηρίζεται από τη *μάζα* της (m), αρκεί η τελευταία να πολλαπλασιαστεί μ' έναν πολύ μεγάλο αριθμό, που είναι το τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός ($c^2$), έναν αριθμό με είκοσι μηδενικά.

Η εξίσωση αυτή του Αϊνστάιν εξηγεί γιατί ο Ήλιος λάμπει. Όταν πρωτογράφτηκε στο μαυροπίνακα, στο Πανεπιστήμιο του Salzburg το 1909, συνάντησε την παγερή σιωπή του ακροατηρίου των φυσικών. Χρειάστηκε να περάσουν τριάντα έξι ολόκληρα χρόνια για ν' αντιληφθεί η ανθρωπότητα, από τις ατομικές βόμβες και τα πυρηνικά εργοστάσια, τη σημασία της καινούριας σελίδας, που άνοιγε στην ανθρώπινη ιστορία το κεφάλαιο της *πυρηνικής ενέργειας. Η ατομική εποχή χάραζε.*

Μια άλλη έκφραση του ίδιου νόμου, συνέχισε ο Ευκλείδης, είναι ότι η ενέργεια *συμπεριφέρεται* όπως η ύλη. Ένα τεντωμένο ελατήριο ζυγίζει λίγο περισσότερο απ' αυτό που δεν έχει παραμορφωθεί, ένα πυρωμένο σίδερο ζυγίζει, αν και ανεπαίσθητα, κάτι περισσότερο από το ίδιο, ψυχρό. Μια ηλιαχτίδα που έχει ακτινοβόλο ενέργεια έλκεται από τ' αστέρια, όπως οποιοδήποτε υλικό που έχει μάζα. Ο Ήλιος και όλα τ' αστέρια, καθώς ακτινοβολούν, χάνουν από τη μάζα τους. Οι έννοιες αυτές ήταν τόσο καινούριες, τόσο επαναστατικές, τόσο ασύλληπτες για τον ανθρώπινο νου, ώστε χρειάστηκε να περάσουν χρόνια πολλά μέχρι να συνειδητοποιηθεί η κοσμογονική σημασία τους. Οι νέες όμως ιδέες πάντα πολεμούνται έντονα! Το γεγονός ότι «*η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο*» ή κι άλλες έννοιες, όπως για παράδειγμα «*ο άνθρωπος είναι μέρος του ζωικού βασιλείου*», όταν εκφράστηκαν πολεμήθηκαν έντονα. Σήμερα όμως αποτελούν δεδομένα που δεν αμφισβητούνται από κανέναν, ίσως από ελάχιστους αδαείς.

– Οι στίχοι του W. Jansen είναι πάντα επίκαιροι, παρατήρησε ο Πλάτων:

*«Όποιος προηγήθηκε με τη σκέψη πρώτα*
*περίγελως γινόταν για χρόνια από τα πλήθη,*
*κι' όταν η ανακάλυψη γίνει τελικά νοητή,*
*τότε όλοι τη λένε αυτονόητη».*

–Από την εξίσωση του Αϊνστάιν, συνέχισε ο Ευκλείδης, καθίσταται φανερό

ότι, κι όταν ακόμα μια ελάχιστη ποσότητα ύλης μετατρέπεται σε ενέργεια, προκύπτει τεράστιο ποσό ενέργειας, αφού η ποσότητα αυτή πολλαπλασιάζεται μ' έναν τόσο μεγάλο αριθμό· κάτι ασύλληπτο για τον ανθρώπινο νου. Ακόμα και σήμερα πολύ δύσκολα συνειδητοποιεί κάποιος ότι, αν ένα κιλό κάρβουνο καεί στη θερμάστρα δίνει μόλις εφτά χιλιάδες θερμίδες, ενώ αν ήταν δυνατό να μετατραπεί η μάζα του σε ενέργεια, σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, θα έδινε είκοσι τρία δισεκατομμύρια θερμίδες. Ποσότητα ικανή να θερμάνει ένα σπίτι για χίλια χρόνια.

Ο αμύητος θεωρούσε μέχρι πριν λίγα χρόνια τις απόψεις αυτές ως μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας. Μέχρι που ήρθε το μεγάλο φονικό της Χιροσίμα. Εκεί, τέσσερα μόλις κιλά ουρανίου υπήρξαν αρκετά για να καταστρέψουν όλη την πόλη. Σήμερα, εκατοντάδες πυρηνικά εργοστάσια σ' όλο τον κόσμο παράγουν ευεργετική ηλεκτρική ενέργεια με τον τρόπο αυτό.

Έχει διαπιστωθεί, κατά τη σύντηξη πυρήνων ελαφρών στοιχείων, όπως *υδρογόνου* προς βαρύτερα, όπως το *ήλιον* που υπάρχει στον Ήλιο – απ' όπου και η ονομασία του – η μάζα του πυρήνα του τελευταίου υπολείπεται ελαφρά από το άθροισμα των μαζών των ατόμων υδρογόνου που το συνιστούν. (Η ιδιότητα αυτή σχετίζεται με την ενέργεια σύνδεσης των συστατικών του πυρήνα των ατόμων). Κατά τη δημιουργία δηλαδή των πυρήνων ορισμένων ατόμων, απελευθερώνεται μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας υπό μορφή ακτινοβολίας. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από μετατροπή μικρής ποσότητας ύλης σε ενέργεια, σύμφωνα με την εξίσωση του Αϊνστάιν.

Αυτή η αντίδραση πραγματοποιείται στον Ήλιο και στ' άλλα φωτεινά αστέρια. Πιο συγκεκριμένα, στον Ήλιο κάθε δευτερόλεπτο 657 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε 653 εκατομμύρια τόνους του στοιχείου «ήλιον». Η διαφορά μάζας (τέσσερα εκατομμύρια τόνοι) πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό με τα είκοσι μηδενικά. Αυτό που προκύπτει είναι η ενέργεια που κάνει τον Ήλιο να λάμπει τόσο έντονα, ώστε όποιος αποφασίσει να τον αντικρίσει με γυμνά μάτια θα χάσει το φως του. Η παραγωγή του ηλιακού υδρογονικού αντιδραστήρα είναι φανταστική για τ' ανθρώπινα δεδομένα: ένας αριθμός σε ίππους με είκοσι τρία μηδενικά ($5 \times 10^{23}$), όταν η ανθρώπινη δύναμη ανέρχεται μόλις σε 0,1 έως 0,15 του ίππου κι ενός μεσαίας κατηγορίας αυτοκινήτου σε περίπου εκατό ίππους. Από την ενέργεια αυτή ένα ελάχιστο ποσοστό (ένα στα δύο δισεκατομμύρια), αφού διασχίσει την απόσταση των εκατόν πενήντα εκατομμυρίων χιλιομέτρων που μας χωρίζει από τον Ήλιο, φτάνει ύστερα από 8,5 λεπτά και στη Γη. Αυτό όμως το ελάχιστο ισοδυναμεί με εκατόν πενήντα δισεκατομμύρια τόνους πετρελαίου και είναι *χίλιες φορές περισσότερο από τις συνολικές ανάγκες της ανθρωπότητας σε ενέργεια*. Η ευεργετική αυτή ενέργεια ζεσταίνει τον πλανήτη, δημιουργεί τις βροχές και τους ανέμους και πυροδοτεί τη φωτοσύνθεση, δηλαδή τις χημικές εκείνες δράσεις των φυτών, με τις οποίες ζουν κι αναπτύσσονται τα ίδια και κοντά τους τα ζώα κι εμείς.

Το παγκόσμιο πρόγραμμα ITER που ξεκινάει τώρα (2007) στο Cadarache της Γαλλίας, σκοπό έχει να μιμηθούμε την αντίδραση αυτή για παραγωγή ενέργειας στον ενεργειοδιψή κόσμο μας. Η μεγάλη ελπίδα της ανθρωπότητας. Αλλά γι' αυτό θα μιλήσουμε εκτενώς ένα άλλο βράδυ, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Το καύσιμο δηλαδή του Σύμπαντος είναι το υδρογόνο και ευτυχώς τα αποθέματα του Ήλιου σε υδρογόνο είναι αρκετά για να καίει ακόμα τεσσεράμισι δισεκατομμύρια χρόνια.

Με τις επαναστατικές αυτές θεωρίες του Αϊνστάιν, που σήμερα θεωρούνται αυταπόδεικτες, χάραξε και η αυγή της ατομικής και διαστημικής εποχής με όλες τις συνέπειες, από τη βόμβα της Χιροσίμα έως τις ειρηνικές εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας και τα διαστημικά ταξίδια. Τώρα, τις τιτάνιες αυτές δυνάμεις που κρύβονται μέσα στα άτομα, ο άνθρωπος τις έχει στη διάθεσή του για το καλό ή το κακό. Δυστυχώς ή ευτυχώς, όμως, αυτές οι μετατροπές με τη σημερινή τεχνολογία δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν παρά σε ορισμένες λιγοστές περιπτώσεις και με ειδικές συνθήκες· οι ειρηνικές εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας είναι μία από τις περιπτώσεις αυτές· η ισορροπία του τρόμου των πυρηνικών οπλοστασίων είναι η άλλη· είναι αυτή η ισορροπία που απέτρεψε και αποτρέπει τη δυνατότητα για μια νέα παγκόσμια σύρραξη.

Η παραπάνω εξίσωση, αποτελεί μια από τις βασικές εξισώσεις τις Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας και μαζί με τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας όπως και της Κβαντομηχανικής, που εδραιώθηκαν με τη συνεργασία πολλών διάσημων φυσικών τα τελευταία χρόνια, συνιστούν τις βάσεις της σύγχρονης φυσικής και φιλοσοφίας.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η *ύλη* και η *ενέργεια* δεν είναι μόνο *ισοδύναμες,* αλλά μπορούν και να μετατραπούν *η μία στην άλλη.* Υπάρχουν πολλά πειράματα που επιτρέπουν την παρακολούθηση του φαινομένου της μετατροπής της ενέργειας σε ύλη και αντίστροφα. Αν λόγου χάρη συναντηθεί ύλη με αντιύλη, όπως για παράδειγμα ένα κανονικό ηλεκτρόνιο με ένα ηλεκτρόνιο που έχει θετικό φορτίο, δηλαδή ένα *ποζιτρόνιο,* τότε τα δύο αυτά υλικά σωματίδια εξαϋλώνονται και σχηματίζεται έντονη ακτινοβολία. Έτσι η ύλη ταυτίστηκε με την ενέργεια και η ενέργεια δεν είναι παρά σκέτη δράση.

Στο σημείο αυτό παρενέβη η Μάρθα, κοιτάζοντας και το Νίκο:

– Σας πιστεύω, είπε, αλλά δεν το αισθάνομαι.

– Αν αυτό δεν το αισθάνεται αυτόματα ο άνθρωπος, απάντησε ο Ευκλείδης, οφείλεται στο γεγονός ότι μερικά από τα αισθητήρια όργανά του είναι μυριάδες φορές πιο ευαίσθητα στην ενέργεια απ' ό,τι στην ύλη. Αντιλαμβανόμαστε, λόγου χάρη, το φως με πολύ πιο μεγάλη ευαισθησία απ' ό,τι τη βαρύτητα. Για να αισθανθούμε κάτι στο δέρμα μας, αυτό πρέπει ν' αντιστοιχεί σε άμμο βάρους τουλάχιστον ενός δέκατου του γραμμαρίου που πέφτει από ύψος ενός μέτρου, ενώ το μάτι μπορεί ν' αντιληφθεί το ασήμαντο ποσό ενός φωτονίου ακτινοβόλου ενέργειας, ενός κβάντουμ. Η όρασή μας, δηλαδή, είναι μυριάδες φορές πιο ευαίσθητη από την αφή. Αν όσο καλά βλέπουμε το φως, ήταν δυνατόν να αισθαν-

θούμε ταυτόχρονα και την πίεση των φωτονίων, τότε θ' αντιμετωπίζαμε την ύλη και την ενέργεια ως δύο διαφορετικούς τρόπους αντίληψης ενός και του αυτού πράγματος. Αν, δηλαδή, αντιλαμβανόμαστε την ύλη με την ίδια οξύτητα με την οποία αισθανόμαστε την ακτινοβόλο ενέργεια, θα βρίσκαμε ίσως την ταύτισή τους αυταπόδεικτη και διόλου παράδοξη. *Η πενιχρότητα γενικά των ανθρώπινων αισθήσεων και του διανοητικού μας πεδίου στη σύλληψη του υποατομικού μικρόκοσμου και του υπεργαλαξιακού απείρου, δημιουργεί πολλές δυσχέρειες για την κατανόηση πλήθους φυσικών φαινομένων.*

Η λέξη φως, συνέχισε ο Ευκλείδης, αναφέρεται στην ακτινοβόλο ενέργεια, μια ενέργεια υπό διακίνηση (transit). Όλα ανεξαιρέτως τα σώματα, όταν θερμανθούν σε υψηλές θερμοκρασίες και πυρακτωθούν, ακτινοβολούν φως. Ο Ήλιος, η λάβα των ηφαιστείων, ο ηλεκτρικός λαμπτήρας, το αναμμένο κερί, η ηλεκτρική θερμάστρα, το αναμμένο τζάκι εκπέμπουν ακτινοβόλο ενέργεια. Το γεγονός ότι το φως αποτελεί μορφή ενέργειας φαίνεται καθαρά από τ' αποτελέσματα. Αν για παράδειγμα το ηλιακό φως εστιασθεί με ένα φακό, μπορεί ν' ανάψει φωτιά. Έτσι ο Αρχιμήδης έκαψε το στόλο των Καρχηδονίων.

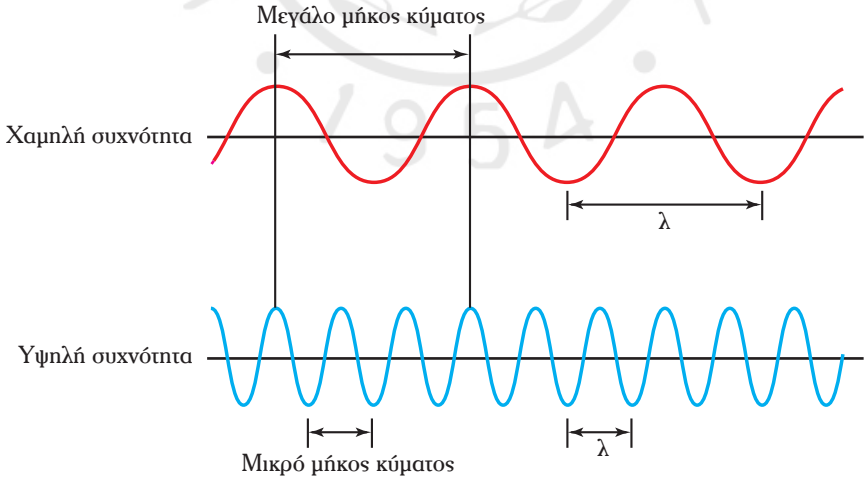
Οι ηλιαχτίδες που παράγονται στο πυρακτωμένο καμίνι του Ήλιου, προσφέρουν το έναυσμα για κάθε ενεργειακή εκδήλωση στη Γη, αφού απορροφηθούν από τα φυτικά κύτταρα που τις συλλαμβάνουν. Χωρίς την ηλιακή ενέργεια δεν είναι δυνατόν να νοηθεί ζωή στον πλανήτη μας. Όλα ξεκινούν και ανάγονται εκεί άμεσα ή έμμεσα. Οι παλμοί της καρδιάς μας, η σταθερή θερμοκρασία του σώματός μας, η σκέψη ενός σοφού μέχρι και οι σεξουαλικές μας δραστηριότητες, αλλά και οι δραστηριότητες κάθε ζωικού ή φυτικού οργανισμού, βασίζονται σε τελευταία ανάλυση στην ηλιακή ενέργεια.

Η μορφή που διακινείται μέσα στο διάστημα, η ακτινοβόλος ενέργεια, μπορεί ν' αναπαρασταθεί με τα κύματα της θάλασσας ή με τα κύματα που προκαλεί μια πέτρα όταν πέφτει στην επιφάνεια μιας ήρεμης λίμνης. Όπως είναι γνωστό, οι περισσότερες επικοινωνίες γίνονται με τη βοήθεια κυμάτων. Υπάρχουν κύματα ηχητικά, φωτεινά, ραδιοφωνικά, τηλεοπτικά, του ραντάρ και αστρονομικά από μακρινά αστέρια.

Τα κύματα είναι δυνατόν να χαρακτηριστούν από την απόσταση ανάμεσα στις κορυφές τους, το μήκος κύματος (λ), όπως ονομάζεται ή από τον αριθμό των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο κάθε δευτερόλεπτο. Πρόκειται για τη συχνότητά τους (ν), την τόσο γνωστή συχνότητα των ραδιοφωνικών σταθμών, της τηλεόρασης κ.λπ.. Τα χαρακτηριστικά δηλαδή των κυμάτων είναι το *μήκος* και οι *συχνότητές* τους. Αυτά είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα. Όσο δηλαδή πιο μεγάλο είναι το μήκος κύματος τόσο μικρότερη είναι η συχνότητα· δηλαδή, όσο πιο μικρή είναι η απόσταση ανάμεσα σε δύο κορυφές, τόσο μεγαλύτερη ενέργεια περικλείει η ακτινοβολία, αφού η συχνότητα συνταυτίζεται με την ενέργεια. Για παράδειγμα, η υπεριώδης ακτινοβολία του Ήλιου έχει μικρότερο μήκος κύματος, δηλαδή μεγαλύτερη συχνότητα και πολύ ενέργεια, γι' αυτό, αν η ηλιοθεραπεία παραταθεί προκαλεί ηλίαση και εγκαύματα.

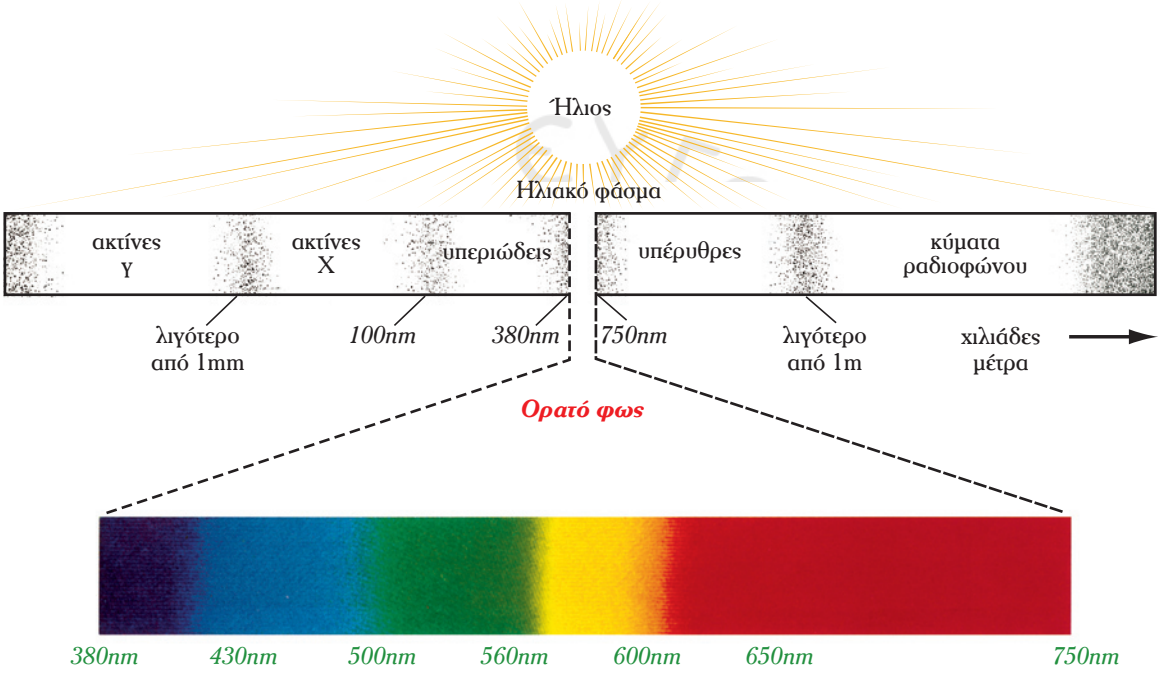


*Η ακτινοβόλος ενέργεια είναι ενέργεια υπό διακίνηση (transit). Ο τρόπος που διακινείται μέσα στο διάστημα μπορεί να αναπαρασταθεί από καμπύλη, που μοιάζει με τα κύματα της θάλασσας ή με τα κύματα που δημιουργεί μια πέτρα όταν πέσει στην επιφάνεια μιας ήρεμης λίμνης.*




*Δύο μορφές κυμάνσεων. Μία με τριπλάσιο μήκος κύματος και μία με τριπλάσια συχνότητα.*

Στο Σύμπαν κυκλοφορούν ακτινοβολίες με εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία. Τα μήκη κύματός τους κυμαίνονται από ελάχιστα εκατομμυριοστά του χιλιοστού του μέτρου, όπως οι κοσμικές ακτινοβολίες από το μακρινό Σύμπαν, έως και ολόκληρα μέτρα, όπως τα κύματα του ραδιοφώνου, της τηλεόρασης, με μια ενδιάμεση όπως είπαμε μικρή χαραμάδα, το ορατό για τον άνθρωπο φως. Οι ακτίνες γ, οι ακτίνες Χ, οι υπεριώδεις, οι ορατές, οι θερμικές και υπέρυθρες, τα μικροκύματα, αποτελούν μερικά γνωστά παραδείγματα του εκτεταμένου ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ακτινοβολιών.




*Από αυτή την ιεράσια ποικιλία ακτινοβολιών που ξεκινάει από την καταστρεπτική για τη ζωή κοσμική ακτινοβολία, μήκους κύματος ελάχιστων τρισεκατομμυριοστών του εκατοστού του μέτρου ($10^{-12}$ cm), ως τα μακρά κύματα του ραντιάρ και του ραδιοφώνου, μήκους δεκάδων μέτρων ($10^{2}$ cm), το ανθρώπινο μάτι δεν συλλαμβάνει παρά μια πολύ λεπτή οπτική, από το ιώδες μέχρι το ερυθρό (3,8 cm έως 7,5 x $10^{-5}$ cm).*

Ο ήχος, επίσης, μεταδίδεται με κυμάνσεις. Δεν υπάρχει δηλαδή διαφορά ανάμεσα στον ήχο και το φως. Είναι απλώς θέμα μήκους κύματος. Τα μικρά μήκη κύματος, όπως του φωτός, είναι γρήγορα κι ευαίσθητα σε αλληλεπιδράσεις και αυτοκαταστρέφονται εύκολα. Αντίθετα, τα μεγάλου μήκους κύματα, όπως του ραδιοφώνου ή τα ηχητικά, είναι αργά και υπόκεινται σε λιγότερες αλληλεπιδράσεις. Έτσι δεν μπορούμε να δούμε τι συμβαίνει από την άλλη πλευρά της γωνίας του δρόμου αλλά, μπορούμε ν' ακούσουμε ένα ηχηρό γεγονός, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Το ηλεκτρομαγνητικό (ηλιακό) *φάσμα* που φιλτράρεται από τη ζώνη όζοντος, η οποία περιβάλλει προστατευτικά τον πλανήτη μας, αρχίζει από την καταστρεπτική κοσμική ακτινοβολία ή τις ακτίνες Χ με απειροελάχιστο μήκος κύματος (έναν δεκαδικό αριθμό, όπου την υποδιαστολή ακολουθούν δώδεκα μηδενικά: $0,10^{-12}$ του μέτρου), μέχρι τα μακρά κύματα του ραδιοφώνου και του ραντάρ, που φτάνουν το ένα μέτρο και περισσότερο. Δυστυχώς, από την τεράστια αυτή ποικιλία ακτινοβολιών οι ανθρώπινες αισθήσεις (όραση, ακοή) δεν έχουν την ικανότητα ν' αντιληφθούν παρά μόνο μια μικρή σχισμή (περίπου από σαράντα έως ογδόντα εκατομμυριοστά του εκατοστού του μέτρου), την ποικιλία ακτινοβολιών ανάμεσα στο μενεξεδί και το πορφυρό, όπως αυτές εμφανίζονται στο ουράνιο τόξο ή τη λεπτή μεμβράνη της σαπουνόφουσκας που έχει δύο επιφάνειες, την εσωτερική και την εξωτερική. Για ορισμένα μήκη κύματος, οι κορυφές των κυμάτων που ανακλώνται από τη μια επιφάνεια της μεμβράνης συμπίπτουν με τις κοιλιές που ανακλώνται από την άλλη. Αυτό το φαινόμενο, που άλλοτε προστίθενται οι κορυφές των κυμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση της έντασής τους και άλλοτε συμπίπτουν οι κοιλιές με τις κορυφές με αποτέλεσμα την αλληλοαναίρεση, ονομάζεται *συμβολή*. Στην περίπτωση της σαπουνόφουσκας, όταν γίνεται αλληλοαναίρεση, αυτά τα μήκη κύματος λείπουν από το φάσμα του φωτός που ανακλάται, με αποτέλεσμα να βλέπουμε τα υπόλοιπα χρώματα.

Παρόλο όμως που τ' ανθρώπινα οπτικά αισθητήρια είναι τόσο αδύναμα στα χρώματα – ένα χρυσόψαρο για παράδειγμα, αντιλαμβάνεται τη ζωή πολύ πιο πολύχρωμη αφού διακρίνει πολύ περισσότερα χρώματα από εμάς. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί μεγάλη ποικιλία από τις αόρατες γι' αυτόν ακτινοβολίες, όπως τις μικρού κύματος δραστικές ακτίνες Χ, που παράγονται στο εργαστήριο για ενδοσκοπήσεις του σκελετού και των οργάνων του σώματός του, μέχρι τα μεγάλου μήκους κύματα του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, που υλοποιήθηκαν χάρη στις θαυμαστές ανθρώπινες εφευρέσεις. Ενδιάμεσα βρίσκονται οι τόσο εξυπηρετικές ακτίνες του ραντάρ και των μικροκυμάτων για το μαγείρεμα.

Απ' αυτήν τη μικρή χαραμάδα στο απέραντο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, συνέχισε ο Ευκλείδης, προσπαθεί ο άνθρωπος να κατανοήσει και να ερμηνεύσει έναν απεριόριστο από πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα κόσμο. Πρέπει να ομολογηθεί ότι ο σκοπός της προσπάθειας αυτής είναι σημαντικός και τα αποτελέσματα εντυπωσιακά, αν ληφθεί μάλιστα υπόψη ότι όλη αυτή η γνώση αποκτήθηκε τα τελευταία εκατό χρόνια. Οι αδυναμίες των φτωχών ανθρώπινων αισθήσεων κάνουν ακόμα πιο σεβαστές τις επιτυχίες και τις επιτεύξεις του ανθρώπου.

– Ήθελα να ρωτήσω, παρενέβη ο Πλάτων, η θαλπωρή που δημιουργούν οι φλόγες ενός αναμμένου τζακιού οφείλεται σε ακτινοβολίες;

– Σίγουρα, αποκρίθηκε ο Ευκλείδης. Ακτίνες ερυθρές και υπέρυθρες είναι αυτές που σου θερμαίνουν την καρδιά και το κορμί.

– Είναι οι ηλιακές φλόγες που αποθηκεύτηκαν στα μόρια της κυτταρίνης του ξύλου και μας αποδίδονται με την καύση, παρατήρησε ο Κάρολος.

– Τότε, είπε ο Πλάτων, ο Ηράκλειτος είχε εξαίρετη ενόραση. Αν στο συλλογιστικό του τη λέξη *φωτιά* την αντικαταστήσουμε με τη λέξη *ενέργεια,* μπορεί να θεωρηθεί ότι οι αντιλήψεις του είναι κοντά σ' αυτές της σύγχρονης φυσικής.

– Έχεις δίκιο, είπε ο Ευκλείδης. Οι Πυθαγόρειοι, ο Δημόκριτος, ο Λεύκιππος, ο Ηράκλειτος, ο Αρίσταρχος και πολλοί άλλοι, που τώρα δεν μου έρχονται στο νου, είχαν μεγαλοφυείς ιδέες, θεμελιώδεις για τη σύγχρονη φυσική.

– Δεν σ' άκουσα ν' αναφέρεις τον Αριστοτέλη, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι θυμάμαι πολύ καλά τα *Φυσικά* του Αριστοτέλη, απάντησε ο Ευκλείδης, αλλά δεν θέλησα να προκαλέσω την αγανάκτησή σου, γιατί ο Αριστοτέλης, ένα από τα μεγαλύτερα μυαλά που πέρασαν από τον πλανήτη, όταν έφυγε από τον κόσμο των ιδεών και προχώρησε στο φυσικό κόσμο δεν τα κατάφερε πολύ καλά.

– Νομίζω μάλιστα, παρενέβη ο Κάρολος, ότι έχει κάποιο μέρος ευθύνης, γιατί, όπως και όλοι σχεδόν οι συμπατριώτες μας, εκτός από τους Πυθαγόρειους, αν και θεμελιωτές του πολιτισμού, δεν μπήκανε στον κόπο του πειραματισμού, προτίμησαν το δρόμο της ανταλλαγής ιδεών. Να σας πω ένα παράδειγμα που μου έρχεται στο νου: ο Αριστοτέλης ισχυριζότανε ότι η ζωή μπορεί να προέλθει από τη λάσπη και την άβια ύλη με τη βοήθεια του αέρα, της φωτιάς, του νερού και του χώματος. Όταν όμως άρχισε να προχωράει σε λεπτομέρειες και να εξηγεί πώς από την πρωινή δροσιά γεννιούνται οι πυγολαμπίδες και από το υγρό έδαφος οι ποντικοί, βρέθηκε σ' έδαφος ολισθηρό και οι αντιλήψεις του αυτές, που επέζησαν σχεδόν δύο χιλιάδες χρόνια, του προσάπτουν ίσως κάποια ευθύνη για την οπισθοδρόμηση που ακολούθησε.

– Ξέρω, απάντησε ο Πλάτων, πως πολλοί τον κατηγορούν ως υπεύθυνο της μεγάλης πνευματικής ανάπαυλας που οδήγησε στο σκοταδισμό του Μεσαίωνα. Αυτά όμως είναι υπερβολικά. Η πνευματική του προσφορά υπήρξε μέγιστη.

– Κανένας δεν αμφισβητεί την πολιτισμική συμβολή του, είπε ο Κάρολος. Πρέπει όμως να παραδεχθούμε ότι, αν με τα εξαιρετικά προσόντα που διέθεταν οι Έλληνες φιλόσοφοι είχε συνεχιστεί η παράδοση των Πυθαγορείων και είχαν προχωρήσει και στο πείραμα, τότε η όψη του κόσμου σήμερα θα ήταν εντελώς διαφορετική· αλλ' ας αφήσουμε τον Ευκλείδη να συνεχίσει.

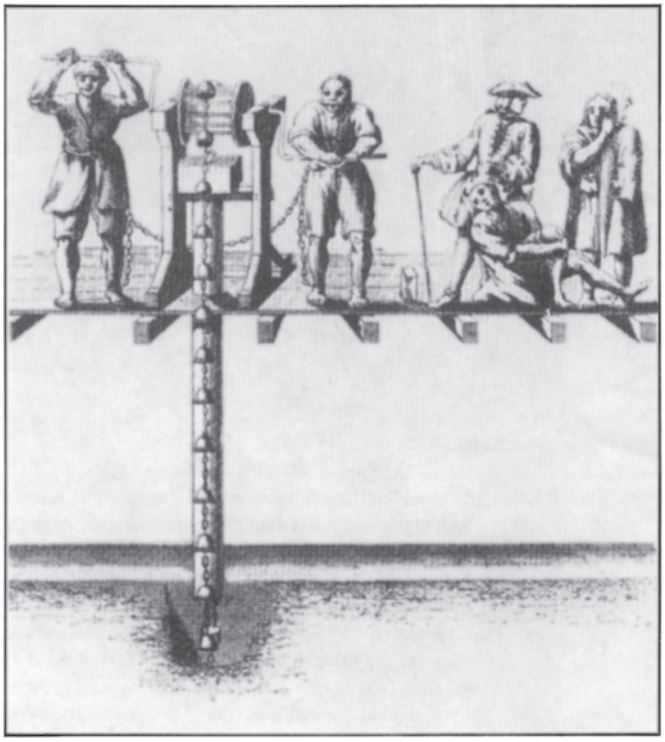
–Όπως σας είπα, η ενέργεια, πολύμορφη και μεταβλητή, άφθαρτη σε απόλυτη τιμή, όπως και η ύλη, έχει την ικανότητα να μεταμορφώνεται και να εμφανίζεται σε διάφορες μορφές: μηχανική, θερμική, χημική, ηλεκτρική, ακτινοβόλος, πυρηνική, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Τα παιγνίδια της ενέργειας

– Ένα αυτοκίνητο που τρέχει, έχει κινητική ενέργεια. Αν όμως σταματήσει στην κορυφή ενός λόφου, τότε διαθέτει «αποθηκευμένη» μηχανική ενέργεια, εξαιτίας της θέσης που βρίσκεται. Αυτήν την ενέργεια, η οποία σε αντιδιαστολή

με την κινητική χαρακτηρίζεται ως ενέργεια θέσης, δεν τη διέθετε το αυτοκίνητο όταν βρισκότανε στους πρόποδες του λόφου. Αν το αυτοκίνητο αφεθεί ελεύθερο, η δυναμική του ενέργεια θα μετατραπεί πάλι σε κινητική. Αν ο λόφος είναι ψηλός, ώστε να προσδοθεί αρκετή κινητική ενέργεια, και αν δεν υπάρχουν εμπόδια, μπορεί ν' ανέβει στην ανηφορική πλαγιά γειτονικού λόφου, μετατρέποντας πάλι την κινητική ενέργεια σε δυνητική κ.ο.κ.. Η δύναμη της βαρύτητας δημιουργεί συχνά δυναμική ενέργεια. Κάθε αντικείμενο που ανυψώνεται από το έδαφος περιέχει δυναμική ενέργεια. Το νερό για παράδειγμα που τρέχει από τα ψηλά βουνά προς την πεδιάδα έχει δυναμική ενέργεια. Αυτή τιθασσεύεται σ' ένα φράγμα και ως υδατόπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλαπλά, όπως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άρδευση.

Με εξαίρεση την πυρηνική ενέργεια, η οποία παράγεται από ουράνιο – ένα στοιχείο που προήλθε από τον ευρύτερο γαλαξιακό χώρο κατά το σχηματισμό του πλανήτη – όλα τα άλλα είδη ενέργειας σε οποιαδήποτε μορφή τους ξεκινάνε από την ηλιακή ενέργεια, γιατί όλοι οι ζωικοί οργανισμοί τρέφονται με φυτικούς ή άλλους ζωικούς οργανισμούς, οι οποίοι επίσης χρησιμοποιούν τα φυτά για τη διατροφή τους. Αυτή η ενέργεια των τροφίμων, αποθηκευμένη στους χημικούς



*Άντληση νερού από φυλακισμένους.*
*Η χημική ενέργεια, η αποθηκευμένη στα τρόφιμα, μετατρέπεται σε μυϊκό έργο.*

δεσμούς των μορίων τους, μετατρέπεται σε ζωική θερμότητα, κίνηση και αναπαραγωγή. Την αποθηκευμένη στα καύσιμα ηλιακή ενέργεια την εκμεταλλευόμαστε καίγοντάς τα για να ζεσταθούμε ή για να παράγουμε ατμό, ο οποίος κινεί κάποια ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια.

– Τι εννοείς, αποθηκευμένη στα καύσιμα ηλιακή ενέργεια; ρώτησε η Μάρθα.

– Θα το καταλάβεις εύκολα, απάντησε ο Κάρολος, αργότερα που θα σας εξηγήσω το θαυμαστό τρόπο με τον οποίο τα φυτά συλλαμβάνουν και αποθηκεύουν στους χημικούς δεσμούς των μορίων τους, της ζάχαρης και του αμύλου, την ηλιακή ακτινοβολία.

– Από τις διάφορες μορφές ενέργειας, συνέχισε ο Ευκλείδης, η ηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο εύχρηστη μορφή, αφού εύκολα μεταμορφώνεται σε όλες τις άλλες, όπως σε θερμική (στην ηλεκτρική κουζίνα, τη θερμάστρα) ή κινητική (στους ηλεκτροκινητήρες, στον ηλεκτρικό σιδηρόδρομο, στα ασανσέρ, στα τρόλεϊ, στη βιομηχανία).

Η ηλεκτρική ενέργεια δημιουργείται όταν με οποιονδήποτε τρόπο πραγματοποιηθεί ροή ηλεκτρονίων, όπως συμβαίνει κατά την τριβή μιας γυάλινης ράβδου σε μεταξωτό ύφασμα (ηλεκτρόνια εγκαταλείπουν το γυαλί και μεταπηδούν στο ύφασμα) ή όταν ένα τυλιγμένο χάλκινο σύρμα (πηνίο) περιστρέφεται μέσα σ' ένα μαγνητικό ή ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Στη δεύτερη περίπτωση, το πρόβλημα είναι να δημιουργηθεί περιστροφή του πηνίου. Αυτό όμως μπορεί να επιτευχθεί είτε μηχανικά, όπως από τα κινούμενα πόδια ενός ποδηλάτη, που ανάβει το φανάρι του ποδηλάτου, είτε από την υδατόπτωση, στην περίπτωση ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου, είτε από τον ατμό που δημιουργείται από την καύση λιγνίτη ή πετρελαίου, είτε από τη σχάση ατόμων ουρανίου στα πυρηνικά εργοστάσια.

Αλλά και η υδροηλεκτρική και η αιολική ενέργεια, έμμεσα προέρχονται από τον Ήλιο, αφού στη θερμική του ενέργεια οφείλεται η εξάτμιση του νερού, η δημιουργία της βροχής και φυσικά των υδατοπτώσεων, και οι διαφορές θερμοκρασιών διαμορφώνουν τα υψηλά και τα χαμηλά βαρομετρικά, τα οποία προκαλούν τους ανέμους.

– Είναι τόσο απλά όλ' αυτά; διερωτήθηκε ο Νίκος.

– Όλα στον Κόσμο αυτόν που ζούμε, παρενέβη σκεπτικός ο Κάρολος, ανάγονται σε απλές ενότητες: η ύλη, η ενέργεια, η ζωή· ύστερα όμως, όπως συντίθενται, γίνονται ή μας φαίνονται πιο πολύπλοκα. Κάποια μέρα θα μιλήσουμε για την αναγωγική και την ολιστική θεώρηση. Αλλά η ώρα πέρασε. Ας συνεχίσουμε λοιπόν αύριο, συζητώντας για τις βασικές ουσίες της ζωής: τα συστατικά μας, τις *πρωτεΐνες,* που είναι οι δομικοί λίθοι της ζωής και τα μόρια του *DNA,* τη νομοθετική και κληρονομική εξουσία του κάθε οργανισμού, τους *υδατάνθρακες* και τα *λιπαρά* που αποτελούν τα καύσιμα των έμβιων όντων.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα όλ' αυτά θα ήταν σκόπιμο να μιλήσουμε πρώτα, και όσο πιο απλά γίνεται, για τη σύσταση των ατόμων.

## Δύο λόγια για τα ηλεκτρόνια, τα άτομα, τα μόρια

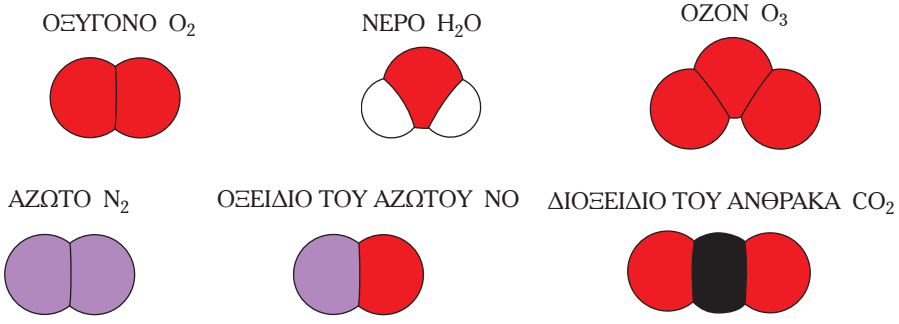
*«Δεν υπάρχει τίποτε πιο φανταστικό*
*από την πραγματικότητα».*

*Dostoyevsky*

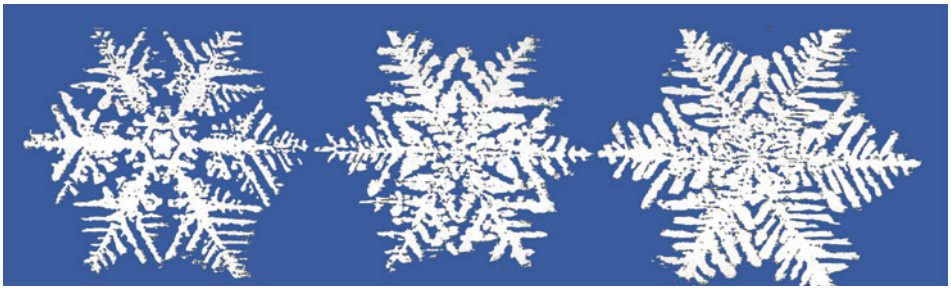
– Αποτελεί αγαλλίαση ν' αντικρίζεις τη φύση, αλλά η χαρά βαθαίνει αν τα βλέμματα δυνηθούν να διεισδύσουν βαθύτερα, κάτω από την επιφάνεια των πραγμάτων, εκεί μέσα στη δομή της ύλης: στα *μόρια,* στα *άτομα,* στα *ηλεκτρόνια,* στα *πρωτόνια,* στα *νετρόνια,* που συνιστούν το καθετί στη Γη και στο Σύμπαν. *Είναι ο μόνος τρόπος να αισθανθεί κάποιος ένα απειροελάχιστο μόριο του Κόσμου αυτού, να κατανοήσει την ταπεινότητα, αλλά και την αιωνιότητά του.* Να κατανοήσει αυτό που ο Dostoyevsky στοχάστηκε, ότι δεν υπάρχει τίποτε πιο φανταστικό από την πραγματικότητα. Η σκέψη είναι ρηχή χωρίς τη βαθύτερη κατανόηση της πραγματικότητας, της αντικειμενικής πραγματικότητας.

Έτσι άρχισε ο Ευκλείδης, στην προσπάθειά του να μυήσει την παρέα στο φανταστικό μικρόκοσμο των μορίων, των ατόμων, των κβάντων· και συνέχισε.

Η ύλη έχει την ικανότητα να παραλλάζει τις ίδιες τις μορφές της. Κανένας ζωγράφος δεν μπόρεσε ν' απεικονίσει τις απειρόμορφες σε ποικιλία, ομορφιά και σχήματα, *χιονονιφάδες.* Πρόκειται για το κοινό μόριο του νερού στην κρυσταλλική του δομή, το *χιόνι.* Εδώ βασιλεύει η τάξη, η αρμονία και η συμμετρία. Τα περισσότερα στερεά είναι κρυσταλλωμένα σε θαυμαστά συμμετρικά σχήματα, αόρατα δυστυχώς τις πιο πολλές φορές με γυμνό μάτι, αλλά ορατά κάτω από το μικροσκόπιο. Αυτή όμως η αρμονία καταστρέφεται άλλοτε εύκολα κι άλλοτε δύσκολα. Αρκεί μια ηλιαχτίδα να γλιστρήσει πάνω στις χιονονιφάδες για να τις λιώσει και να μεταμορφώσει την τάξη σε αταξία, έτσι, όπως αντικρίζουμε το ακαθόριστο σε μορφές και σχήματα νερό στη θάλασσα, τα ποτάμια, τις δροσοσταλίδες ή τον ανθρώπινο ιδρώτα. Την τάξη της στερεάς κρυσταλλικής μορφής διαδέχεται η αταξία. Τώρα πια τα μόρια δεν είναι σφιχτοδεμένα μεταξύ τους σε αυστηρά γεωμετρικά σχήματα, τους κρυστάλλους· τώρα είναι ελεύθερα, κινούνται, γι' αυτό και τα υγρά παίρνουν αμέσως το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει.




*Μερικά από τα μόρια της γης και του αέρα.*



*Χιονονιφάδες.*

Όταν ο πάγος λιώσει γίνεται νερό, κι αυτό με θέρμανση μετατρέπεται σε αέριο, σε ατμό, *τον παντοδύναμο ατμό.* Εδώ τα μόρια του νερού βρίσκονται σε πλήρη αταξία, σε χαοτική κατανομή, αλληλοσυγκρουόμενα συνεχώς. Τώρα χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια, *πίεση,* για να τα συγκρατήσουμε σε μια μεριά. Το πιο κοινό, το πιο αθώο μόριο, το *μόριο του νερού,* είναι δυνατόν, παίζοντας με τη θερμοκρασία, από τους μηδέν ως τους εκατό βαθμούς, να εμφανίζεται σαν πολύμορφο στερεό, υγρό ή αέριο. Το ίδιο συμβαίνει και με πλήθος άλλων υλικών που συναντάμε στη φύση. Στις πιο πολλές όμως περιπτώσεις δεν είναι τόσο εύκολο, όσο στο νερό. Με έντονες πάντως συνθήκες γίνεται εφικτό. Στη λάβα για παράδειγμα ενός ηφαιστείου ή στην πυρά μιας υψικαμίνου οι πέτρες και τα μέταλλα λιώνουν.

Όλα στον κόσμο αυτόν που ζούμε, στη *Γη,* στ' *αστέρια,* στους μακρινούς *γαλαξίες,* έχουν δομηθεί από τους συνδυασμούς των εκατό περίπου στοιχειωδών σωματιδίων, των *ατόμων,* που δημιουργήθηκαν στο πυρηνικό καμίνι της «Μεγάλης Έκρηξης», του Big-Bang, πριν δεκατέσσερα περίπου δισεκατομμύρια χρόνια.

Το απλούστερο σωματίδιο της ύλης είναι το *άτομο,* δηλαδή ένα απειροελάχιστο σωματίδιο, που του έδωσαν αυτό το όνομα γιατί δεν είναι δυνατόν να κατατεμαχιστεί πιο πέρα με οποιοδήποτε από τα συνηθισμένα μέσα που διαθέτουμε, δηλαδή βράσιμο, κάψιμο, διάλυση, ανάμειξη με άλλα συστατικά· το άτομο διατηρεί πάντοτε τις δικές του ιδιότητες. Τα υλικά που αποτελούνται από ένα είδος ατόμων είναι τα *στοιχεία.* Ο χαλκός, ο χρυσός, το ασήμι, το μολύβι, το θειάφι, το ιώδιο, το οξυγόνο, το άζωτο, ο άνθρακας, είναι μερικά από τα γνωστά σ' όλους στοιχεία.

– Τα παραδείγματα, συνέχισε ο Ευκλείδης, είναι άπειρα στην καθημερινή ζωή. Το απλούστερο σωματίδιο σε μια χημική ένωση είναι το *μόριο.* Το μόριο του νερού λόγου χάρη συνίσταται από άτομα των αερίων ουσιών υδρογόνου και οξυγόνου που έχουν συνενωθεί. Αν διαβιβαστεί ηλεκτρικό ρεύμα από μια μπαταρία στο νερό, τότε αυτό αποσυντίθεται πάλι στα συστατικά του στοιχεία, δηλαδή στο αέριο υδρογόνο και το οξυγόνο.

Όταν δύο ή περισσότερα άτομα συνενωθούν μεταξύ τους σχηματίζονται τα μόρια ή, όπως αλλιώς ονομάζονται, οι *χημικές ενώσεις,* νέες μορφές ύλης που

έχουν εντελώς διαφορετικές ιδιότητες από τα στοιχεία που τις συνιστούν. Όμως μια ελάχιστη διαφορά στη δομή του μορίου, όταν ακόμα όλα τα άτομα είναι σχεδόν ίδια, είναι δυνατόν να προκαλέσει έντονες διαφορές, όπως για παράδειγμα το άλικο χρώμα της παπαρούνας, διαφέρει από το μενεξεδί της κενταύριας μόνο κατά ένα υδρογόνο ανάμεσα σε δεκαπέντε άτομα άνθρακα, πέντε οξυγόνου και έντεκα υδρογόνου. Το σίδερο, αν αφεθεί απροστάτευτο, σε λίγο θα μετατραπεί, με το οξυγόνο που υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα, στην καφετιά σκουριά, το *οξείδιο του σιδήρου,* όπως και μια σειρά από βιοχημικές αντιδράσεις μεταμορφώνουν τη φανταχτερή χυμώδη εικοσάρα στη συρρικνωμένη γριά.

Η μετάλλαξη ενός ή δύο ατόμων μέσα σ' ένα μόριο είναι δυνατόν να μετατρέψει ένα αθώο μόριο σε δραστικό δηλητήριο ή να μεταμορφώσει μια βρωμερή ουσία σε μιαν άλλη με υπέροχο άρωμα. Αυτός είναι ο θαυμαστός κόσμος της χημείας, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Όπως κάθε άνθρωπος έχει χαρακτηριστικά δακτυλικά αποτυπώματα, με τα οποία είναι δυνατόν να αναγνωριστεί ασφαλώς ανάμεσα σε εκατομμύρια άλλους ανθρώπους, έτσι και τα *μόρια* και τα *άτομα* έχουν χαρακτηριστικά *φάσματα,* έναν εκλεκτικό τρόπο, που εκπέμπουν ή απορροφούν ένα μέρος από το φως με ορισμένες συνθήκες.

Έτσι, κάθε είδος ατόμων και μορίων εκπέμπει και απορροφά φως με ορισμένα χρώματα. Με μέτρηση αυτών των χαρακτηριστικών είναι δυνατόν να προσδιοριστεί, τόσο για ποιο στοιχείο ή μόριο πρόκειται, όσο και ο τρόπος που συνδέονται μέσα στο μόριο και στο χώρο τα άτομα. Ακόμα, με βομβαρδισμό μορίων με άλλα σωματίδια δημιουργούνται θραύσματα των μορίων χαρακτηριστικά της δομής τους. Οι σύγχρονοι φασματογράφοι μάζας που βασίζονται σ' αυτήν την ιδιότητα δίνουν πληροφορίες για ποιο ακριβώς είδος μορίου πρόκειται.

Τα άτομα είναι αφάνταστα μικρά. Στο πάχος μιας σελίδας του βιβλίου χωράνε περισσότερα από ένα εκατομμύριο άτομα ή, ας το επαναλάβω ακόμη μία φορά, χρειάζονται τριακόσιες χιλιάδες άτομα, κολλητά το ένα πλάι στο άλλο, για να σχηματιστεί το πάχος μιας τρίχας. Σαράντα εκατομμύρια άτομα χαλκού, που υπάρχουν σ' ένα καλώδιο του ηλεκτρικού ρεύματος, διατεταγμένα το ένα δίπλα στο άλλο, καταλαμβάνουν μήκος μόλις ενός εκατοστού.

Αν το *μικροσκόπιο* όπλισε τα μάτια μας για ν' αντικρίσουμε το μικρόκοσμο της ζωής και των κυττάρων, το *ηλεκτρονικό μικροσκόπιο* έκανε ορατούς τους μαγικούς κόσμους των σχημάτων των μορίων και των ατόμων που τα συνιστούν και οι *ακτίνες Χ* τις συγκεντρώσεις των ηλεκτρονίων που αντιστοιχούν στα άτομα. Τώρα, με την εξέλιξη του μικροσκοπίου σάρωσης, τα άτομα και οι δεσμοί τους είναι ορατοί και τα ηλεκτρόνια αισθητά, παρά το απειροελάχιστο μέγεθός τους. Η ανθρώπινη φαντασία και η ανθρώπινη νόηση θριάμβευσαν γι' ακόμα μία φορά. Η πραγματικότητα του 2000 είναι περίπου αυτή που οραματίστηκαν οι σοφοί στις αρχές του 20ου αιώνα.

Η νέα γενιά ηλεκτρονικών μικροσκοπίων έχει διακριτική ικανότητα μικρότερη

από ένα δεκάκις δισεκατομμυριοστό του μέτρου ($10^{-8}$ cm) και μας επιτρέπει να βλέπουμε άτομα, των οποίων η διάμετρος είναι συνήθως δεκάκις δισεκατομμυριοστά του μέτρου, δηλαδή δύο-τρεις φορές πιο μεγάλα από τη διακριτική ικανότητα του μικροσκοπίου.

## Ο μαγικός αριθμός

– Είναι περίεργο, συνέχισε ο Ευκλείδης, ότι, ενώ έχουν χυθεί ποταμοί από μελάνι για να εξυμνηθούν τα θαυμαστά ανθρώπινα επιτεύγματα στις τέχνες και στα γράμματα, ελάχιστα έχουν γραφτεί για τα επιτεύγματα του ανθρώπου στη διερεύνηση αυτού του απίστευτα μικροσκοπικού κόσμου, του κόσμου των ατόμων. Με τις πάμπτωχες αισθήσεις του και τα πενιχρά τεχνικά μέσα που είχε στη διάθεσή του ο άνθρωπος στις αρχές του 20ου αιώνα, κατόρθωσε όχι μόνο να συλλάβει την έννοια του ατόμου, αλλά και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις διαστάσεις αυτής της απίστευτα μικρής υλικής οντότητας· ακόμα περισσότερο, δε να προσδιορίσει τη δομή της και να θέσει τις ιδιότητές της στην υπηρεσία του. Ελάχιστοι είναι οι άνθρωποι, «εκτός των τειχών», που θυμούνται τα ονόματα Avogadro, Thomson, Ratherford, Bohr. Τα τελειοποιημένα σημερινά όργανα μετρήσεων απέδειξαν την ακρίβεια των υπολογισμών τους.

– Ο αριθμός του Avogadro, για παράδειγμα*, που προτάθηκε το 19ο αιώνα, στον οποίο ήδη έχουμε αναφερθεί, είπε ο Κάρολος, εξακολουθεί να εξηγεί τ' ανεξήγητα, αλλά και την έννοια του μεγέθους του ατόμου. Σύμφωνα μ' αυτόν, δεκαοχτώ γραμμάρια νερού, ποσότητα που θα γέμιζε το ένα τέταρτο ενός φλιτζανιού του καφέ, περιέχει ένα φανταστικά μεγάλο αριθμό μορίων· έναν αριθμό με είκοσι τρία μηδενικά.

Η ακρίβεια του αριθμού αυτού έχει εξακριβωθεί πολλές φορές και με διαφορετικές μεθόδους. Είναι ένας από τους πιο χρήσιμους αριθμούς στη χημεία, αλλά και μια ένδειξη των δυνατοτήτων του ανθρώπινου εγκεφάλου να συλλαμβάνει τα ασύλληπτα. Σε μια γουλιά τόσα μόρια νερού, όσα και τ' αστέρια του ουρανού! Είναι οι περίεργοι για τον ανθρώπινο νου *νόμοι των μεγάλων αριθμών* που ισχύουν στον κοσμικό χώρο, αλλά και στο *μικρόκοσμο των ατόμων*.

Αν υποθέσουμε ότι ήταν δυνατό να σημαδέψουμε τα μόρια του νερού που περιέχεται σ' ένα ποτήρι και ύστερα να χύσουμε το νερό του ποτηριού στον ωκεανό και ν' ανακατέψουμε τόσο καλά, ώστε τα σημαδεμένα μόρια να κατανεμηθούν ομοιόμορφα στις εφτά θάλασσες και να πάρουμε ένα δείγμα από τον ωκεανό, θα βρίσκαμε εκεί μέσα, όσο παράξενο κι αν φαίνεται, καμιά εκατοστή από τα σημαδεμένα μόρια νερού. (Στατιστικά όχι 100 ακριβώς, αλλά περισσότερα από 50, λιγότερα από 150, πιθανότερο έναν αριθμό μεταξύ 88 έως 112).

Τα αέρια της εκπνοής κάθε ζωικού οργανισμού αποτελούνται από υδρατμό

* Ένας αριθμός όπου το 6 ακολουθείται από 23 μηδενικά ($6 \times 10^{23}$).

και μόρια διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την καύση των τροφίμων που καταναλίσκει. Το διοξείδιο του άνθρακα συνεχώς ανακυκλώνεται με τη φωτοσύνθεση από τα φυτά, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν τροφή για τα ζώα και τον άνθρωπο, οι οποίοι τα καίνε και έτσι αναπαράγεται το διοξείδιο κ.ο.κ.. Οι πιο διάσημοι φυσικοί χαρακτηρίζονται από μια πλατιά αίσθηση χιούμορ. Έτσι, στις συναθροίσεις τους θέτουν συνήθως για επίλυση νοητικά προβλήματα για να διασκεδάσουν· ένα απ' αυτά είναι η εκπνοή του Καίσαρα: Όταν ο Ιούλιος Καίσαρ δολοφονήθηκε από τον Βρούτο, ξεψυχώντας έβγαλε τη στερνή πνοή του. Το πρόβλημα ήταν, αν η εκπνοή του Ιούλιου Καίσαρα είχε κατανεμηθεί με ομοιογένεια στην ατμόσφαιρα, πόσα μόρια απ' αυτό το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται μέσα στον καθένα από μας σήμερα. Ο λογαριασμός, σύμφωνα με τον αριθμό Avogadro, δείχνει ότι αρκετά μόρια αυτού του ιστορικού διοξειδίου πρέπει να περιέχονται σ' όλους μας.

– Ο αριθμός του Avogadro μας δίνει τη δυνατότητα να κατανοήσουμε το θαυμαστό τρόπο, με τον οποίο λειτουργούν ο εγκέφαλος και οι αισθήσεις μας, η νόηση και τα αισθήματά μας, οι χαρές και οι θλίψεις μας. Ορμόνες, νευροδιαβιβαστές, προσταγλανδίνες, ναρκωτικά, διεγερτικά φάρμακα, φερομόνες, είναι ουσίες οι οποίες σε ελάχιστες δόσεις, πολλές φορές σε δισεκατομμυριοστά του γραμμαρίου και λιγότερο, εξασκούν εξαιρετικά σημαντικές βιολογικές δράσεις. Ας μην ξεχνάμε όμως ότι και το ασύλληπτο από τις αισθήσεις δισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου περιέχει έναν τεράστιο αριθμό μορίων της βιολογικής ουσίας (έναν αριθμό με δεκατέσσερα μηδενικά περίπου), σύμφωνα με τον αριθμό του Avogadro. Μια απλή μέθοδος των τριών το αποδεικνύει. Θα μας χρειαστεί λοιπόν ο αριθμός αυτός στις συζητήσεις μας, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Δεν θέλω να γίνομαι κουραστικός, αλλά νομίζω ότι πρέπει να σας πω δυο λόγια για τον τρόπο με τον οποίο εκφράζουμε τους μικρούς και τους μεγάλους αριθμούς. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν έναν πολύ απλό τρόπο, για τους πολύ μεγάλους ή τους πολύ μικρούς αριθμούς. Βασίζεται στο μέτρημα μηδενικών, δηλαδή το 100 εκφράζεται με $10^2$, το εκατομμύριο $10^6$, το δισεκατομμύριο $10^9$ κ.λπ., αντίστοιχα, οι πολύ μικροί αριθμοί αποδίδονται με αρνητικούς εκθέτες, όπως το 0,1 με $10^{-1}$, το 0,0000001 με $10^{-6}$ κ.ο.κ.. Βέβαια, αριθμοί με είκοσι μηδενικά (τόσα περίπου είναι τ' αστέρια) ή με είκοσι οχτώ μηδενικά (τόσα είναι τα ηλεκτρόνια στο σώμα μας), δεν είναι νοητοί από τον ανθρώπινο εγκέφαλο· τους ακούει, τους λέει, αλλά δεν τους συνειδητοποιεί*.

* Ένα γραμμάριο είναι περίπου το βάρος ενός φυστικιού. Ένα χιλιοστό του γραμμαρίου (ένα mg) είναι το βάρος ενός κόκκου άμμου. Ένα μικρογραμμάριο αντιστοιχεί στο βάρος ενός κόκκου σκόνης που αιωρείται. Ένα μέρος ανά εκατομμύριο (ppm: parts per million) είναι ένα γραμμάριο σ' έναν τόνο υλικού (χίλια κιλά).

Το βάρος μας είναι περίπου 70 κιλά ή 70.000 γραμμάρια (g) ή 70.000.000 χιλιοστά του γραμμαρίου (μιλιγραμμάρια mg) ή 70 δισεκατομμύρια μικρογραμμάρια (μg).

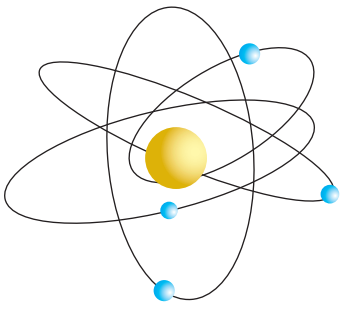
## Πώς είναι το άτομο

– Όπως είπαμε, συνέχισε ο Ευκλείδης, τα εκατό περίπου άτομα, μόνα τους ή συνδυασμένα μεταξύ τους, δομούν ό,τι υλικό υπάρχει στη Γη, στον Ήλιο, στ' αστέρια, στο Σύμπαν. Στην πραγματικότητα, πάνω από το 95% των συνηθισμένων υλικών που πέφτουν στην αντίληψή μας, αποτελούν ενώσεις των δέκα από τα εκατό περίπου στοιχεία. Τα υπόλοιπα στοιχεία είναι σπάνια. Αλλά και τα άτομα των διαφορετικών εκατό στοιχείων δομούνται από συνδυασμούς των ίδιων δομικών υλικών: από *πρωτόνια* και *νετρόνια* που αποτελούν το συμπαγή και μικρού μεγέθους πυρήνα των ατόμων, και από *ηλεκτρόνια* που περιστρέφονται σε απομακρυσμένες από τον πυρήνα τροχιές, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο.

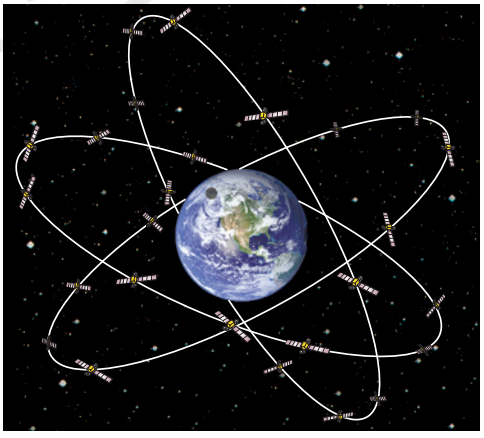
Στη μεγάλη οθόνη της τηλεόρασης φεγγοβολούσαν τώρα τα πρότυπα των ατόμων και του πλανητικού συστήματος.

– Τα πρωτόνια, συνέχισε ο Ευκλείδης, είναι σωματίδια *θετικά* φορτισμένα, τα ηλεκτρόνια, αντίστοιχα, *αρνητικά,* ενώ τα νετρόνια (γνωστά από τη βόμβα νετρονίου), είναι *ουδέτερα* χωρίς ηλεκτρικό φορτίο. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι χίλιες οχτακόσιες φορές πιο μεγάλα από τα ηλεκτρόνια και εκπροσωπούν την κύρια μάζα των στοιχείων. Τα φορτία τους όμως είναι *ίσα* και *αντίθετα.*

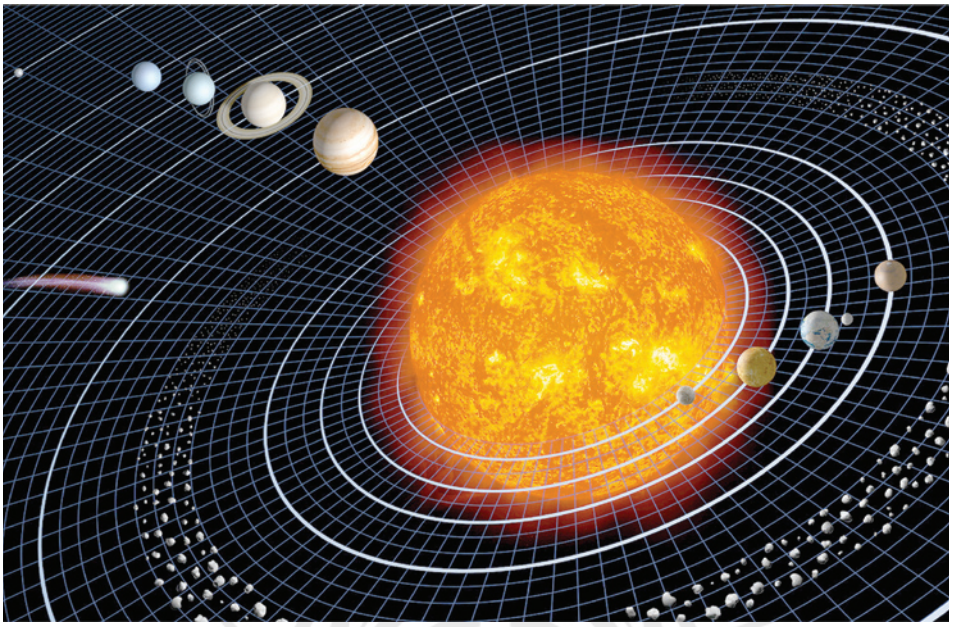
Τα πρωτόνια και τα νετρόνια δεν είναι απλά, αλλά σύνθετα σωματίδια, που, όπως απέδειξε ο νομπελίστας φυσικός Gell Mann (1969), αποτελούνται από τριάδες άλλων ασταθών σωματιδίων, τα *κουάρκς.* Τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκς θεωρούνται σήμερα τα στοιχειώδη σωματίδια. Προς το παρόν, τουλάχιστον, δεν υπάρχουν πιο στοιχειώδη αφού οι παλλόμενες χορδές, της Θεωρίας των Πάντων, για την οποία θα συζητήσουμε αργότερα, προς το παρόν αποτελούν περισ-



*Απλουστευμένη εικόνα του ατόμου με τον πυρήνα και τα ηλεκτρόνιά του.*



*Κινήσεις ενός δορυφόρου του Γαλιλαίου σε τροχιά γύρω από τη Γη. Δεν θυμίζει σήμερα η αντίπερα όχθη του μικρόκοσμου τις κινήσεις των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου;*



*Διάστημα. Το απεριόρισια μεγάλο. Ο Ήλιος με τους πλανήτες του.*

σότερο μαθηματική έκφραση αφού δεν έχει πειραματικά επαληθευθεί.

Τα άτομα έχουν τόσα πρωτόνια, όσα και ηλεκτρόνια, είναι δηλαδή ουδέτερα. Το απλούστερο άτομο είναι του υδρογόνου. Αποτελείται από έναν πυρήνα μ' ένα πρωτόνιο κι ένα ηλεκτρόνιο, που τριγυρνάει σε διάφορες τροχιές μακριά απ' αυτό. Τα εκατό περίπου στοιχεία που βρίσκονται στη φύση συνίστανται όλο και από μεγαλύτερο αριθμό σωματιδίων. Για παράδειγμα, το άτομο του σιδήρου έχει 26 πρωτόνια, 30 νετρόνια και 26 ηλεκτρόνια, ενώ του ουρανίου, πολύ πιο βαρύ, διαθέτει 92 πρωτόνια, 146 νετρόνια και 92 ηλεκτρόνια.

Κάθε άτομο είναι ένα ηλιακό σύστημα σε μικρογραφία, με ηλεκτρόνια που στριφογυρίζουν αέναα γύρω από τα πρωτόνια και τα νετρόνια του πυρήνα. Αντίστοιχα, το Ηλιακό μας Σύστημα μπορεί να είναι ένα σκέτο άτομο στο γαλαξία κι αυτός ένα μόριο στην απεραντοσύνη του Σύμπαντος, που έχει ως κέντρο το σημείο που ξεκίνησε το Big-Bang, δηλαδή η Μεγάλη Έκρηξη, από την οποία δημιουργήθηκε το Σύμπαν όπως ήδη έχουμε αναφέρει, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Η Κβαντομηχανική, η Αρχή της Αβεβαιότητας, ανέτρεψε ή μάλλον τροποποίησε αυτήν την υπεραπλουστευμένη εικόνα των ατόμων. Ίσως και τα διαστημικά ραδιοτηλεσκόπια όπως το «Hubble» και τα νεότερά μας δώσουν νέες πληροφορίες για το Σύμπαν. Αλλά, έτσι κι αλλιώς, τα μοντέλα αυτά, υπεραπλουστευμένα ίσως, είναι πολύ χρήσιμα για μια πρώτη προσέγγιση.

Το άτομο, αν και απειροελάχιστο, είναι σχετικά μεγάλο, αν συγκριθεί με το μι-

κροσκοπικό αλλά βαρύ πυρήνα του που βρίσκεται στο κέντρο του. Η σχέση είναι ένα προς δέκα χιλιάδες· δηλαδή όπως είπαμε σαν μια μικρή μπάλα του τένις στο κέντρο ενός ποδοσφαιρικού γηπέδου. Σ' αυτόν το μικρό πυρήνα έχει σωρευθεί όλη *η υλική υπόσταση* του ατόμου· όλη η μάζα του, κλεισμένη εκεί μέσα στα πρωτόνια και τα νετρόνια που τον συνιστούν, αποτελεί κληρονομιά μιας δαιμονικής ενεργειακής σύντηξης σε κάποιο μακρινό αστέρι του Γαλαξία, όπου γεννήθηκαν τα βαριά άτομα. Όταν ο πυρήνας μεταβάλλεται, όπως για παράδειγμα στο ουράνιο κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις, τότε η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται για το καλό ή το κακό.

Αν συγκρίνει κάποιος το μέγεθος του Ηλιακού μας Συστήματος με τις διαστάσεις του ατόμου, η απόσταση πυρήνα-ηλεκτρονίου είναι σχετικά μεγαλύτερη από την απόσταση Γης-Ήλιου. Αν και τα ηλεκτρόνια συνιστούν μόλις το 0,1% της μάζας του ατόμου, αυτά καθορίζουν βασικά τις ιδιότητές του. Αντίστοιχη πυκνότητα ύλης υφίσταται και στο γαλαξιακό χώρο, όπου επικρατεί κενό, και μόλις το 0,1% του χώρου καταλαμβάνεται από άστρα και πλανήτες. *Η ύλη δηλαδή είναι κατά το πλείστον κενός χώρος.*

Πόση ομοιότητα ανάμεσα στο απειροελάχιστα μικρό και στο ασύλληπτα γιγαντιαίο! Πόση διορατικότητα, πόση φαντασία χρειάστηκαν ο Ratherford και ο Bohr που συνέλαβαν τη δομή του ατόμου, αλλά και ο Einstein που διανοήθηκε και υλοποίησε το μέγεθος των πυρηνικών δυνάμεων και *την ταυτοποίηση ύλης και ενέργειας!*

Στην ηλεκτρονική εποχή που ζούμε όλοι μιλάνε για *ηλεκτρόνια.* Όλοι ξέρουν κι απολαμβάνουν το φαινόμενο που συνοδεύει τη ροή τους, δηλαδή τον *ηλεκτρισμό.* Όλοι έχουμε ακούσει, ίσως κι έχουμε παρατηρήσει, όταν καμιά φορά το βράδυ βγάζουμε το πουλόβερ, καθώς αυτό τρίβεται στα μαλλιά μας, τα ηλεκτρόνια που μεταπηδούν από τις τρίχες μας προς το ύφασμα. Μικροί ηχηροί σπινθηρισμοί είναι η ένδειξη. Το χάιδεμα της γάτας ισοδυναμεί με μεταφορά ηλεκτρονίων από το τρίχωμά της στο χέρι μας, κι αυτό δημιουργεί μια μικρή ευτυχία τόσο στη γάτα, όσο και σ' εμάς: *τη μαγεία της θωπείας.* Η λάμψη των αστραπών και το δέος που νιώθουμε από τους κεραυνούς, οφείλονται επίσης σε έντονες διακινήσεις ηλεκτρονίων – ηλεκτρικές κενώσεις ανάμεσα στα σύννεφα ή τη Γη. Ας μην ξεχνάμε ακόμα ότι όλη η ζωή μας, οι ανέσεις μας, η καλοπέρασή μας, είναι συνυφασμένη με τη ροή των ηλεκτρονίων, δηλαδή τον ηλεκτρισμό. Όλα σήμερα πραγματοποιούνται με το πάτημα κουμπιών. Για να το αντιληφθούμε, ας αναπολήσουμε τι συμβαίνει στο black-out, όταν «κοπεί το ρεύμα» στο σπίτι μας ή στη δουλειά μας.

*Τα ηλεκτρόνια, αόρατα και άπιαστα, κατά περίσταση υλικά σωματίδια ή κύματα, έχουν υποταχθεί στην υπηρεσία του ανθρώπου, εγκλωβισμένα στις μικροσκοπικές μπαταρίες, στα τρανζίστορς, στα κυκλώματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των ρομπότ και της μικροηλεκτρονικής. Η υπόστασή τους έχει υλοποιηθεί στις οθόνες της τηλεόρασης, στο ραδιόφωνο, στα ηλεκτρονικά μικροσκόπια, στους αξονικούς*

*τομογράφους και τα συστήματα μαγνητικού πυρηνικού συντονισμού, αλλά και στις κάμερες ποζιτρονίων, τους μαγνητοεγκεφαλογράφους, που μας επέτρεψαν να βλέπουμε τον εγκέφαλό μας σε λειτουργία και το νευρικό μας σύστημα. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα πάσης μορφής κομπιούτερς και τα ρομπότ, το διαδίκτυο (internet) έχουν εισβάλει και κυβερνούν την καθημερινή μας ζωή,* τόνισε ο Ευκλείδης, και συνέχισε.

Αλλά και οι απίστευτες μεταβολές της ύλης, οι χημικές αντιδράσεις, δεν είναι παρά ανταλλαγές ηλεκτρονίων. Όλα λοιπόν αυτά δεν είναι παρά ηλεκτρικά φαινόμενα, μετακινήσεις ηλεκτρονίων. Ακόμα, σε διακινήσεις ηλεκτρονίων οφείλεται η λειτουργία του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Η μεταβολή στα ποσοστά ιόντων καλίου ($K^+$) και νατρίου ($Na^+$) μέσα και έξω από τη μεμβράνη των νευρώνων (δηλ. των κυττάρων του νευρικού συστήματος) μετατρέπεται τελικά σε ηλεκτρικό παλμό, που μεταδίδεται με τους *νευροδιαβιβαστές* (χημικές ουσίες που παράγονται στους νευρώνες), από σημείο σε σημείο. Αντίστοιχα, τα *αισθητήρια* όργανα μπορούν να στείλουν το μήνυμά τους μ' έναν ηλεκτρικό παλμό, που με τη σειρά του θα προκαλέσει μετατροπή στη συγκέντρωση ιόντων καλίου και νατρίου. Αλλά και το ίδιο το φαινόμενο της ζωής, είτε ως φωτοσύνθεση στα φυτά, είτε ως ανάσα στα ζωικά είδη, δεν συνιστά παρά διακινήσεις ηλεκτρονίων.

Το *κυτόχρωμα «C»* είναι μια πρωτεΐνη που μας δίνει πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί αποκτούν, αποθηκεύουν και χρησιμοποιούν την ενέργεια. Βρίσκεται, με ελαφρές τροποποιήσεις του μορίου του, σε κάθε έμβιο, από τα πρωτόγονα βακτηρίδια μέχρι τα θηλαστικά και λειτουργεί όπως μια σαΐτα ηλεκτρονίων μέσα στις συστοιχίες ηλεκτρονίων, που δρουν στη φωτοσύνθεση ή την αναπνοή.

Χημικές αντιδράσεις, ηλεκτρισμός, νευρικά σήματα, τελικά μεταφράζονται και ενοποιούνται σε μετακίνηση ηλεκτρονίων. *Ο διαχωρισμός φυσικής, χημείας και βιολογίας διατηρείται για λόγους ταξινόμησης της ύλης και μόνον*. Στην πραγματικότητα υφίσταται ενοποίηση των φαινομένων και η ουσία της ζωής φαίνεται να μην είναι τίποτα άλλο, παρά η εκδήλωση ασθενών ηλεκτρικών ρευμάτων, δηλαδή ροής ηλεκτρονίων.

– Και η ίδια η ζωή μας; ψιθύρισε η Μάρθα.

– Ναι, απάντησε ο Κάρολος· ακόμα και η νόηση και τα αισθήματά μας, οι χαρές ή οι λύπες μας, όπως θα κατάλαβες καλύτερα απ' όσα είπαμε όταν μιλήσαμε για τις *ορμόνες,* τους *νευρώνες* και τον *εγκέφαλο.* Αλλά, ας αφήσουμε τώρα τον Ευκλείδη να συνεχίσει.

– Η σύγχρονη φυσική, συνέχισε ο Ευκλείδης, στην προσπάθειά της να εξηγήσει βασικούς νόμους που επικρατούν στη φύση, βασίζεται πάνω σε τρεις κυρίως θεωρίες: της Ειδικής Σχετικότητας, της Γενικής Σχετικότητας (του Einstein) και της Κβαντομηχανικής ή Κυματομηχανικής. Θα έχουμε την ευκαιρία αργότερα να πούμε δυο λόγια γι' αυτές.

Οι Θεωρίες της Σχετικότητας έχουν μεγάλη σημασία για το χώρο του γιγαντιαίου, το χώρο του Σύμπαντος ή τις μεγάλες ταχύτητες, κοντά στα όρια της ταχύτητας του φωτός. Αντίθετα, η Κβαντική Θεωρία δικαιώνεται στο χώρο του απέραντα μικρού, όπως είναι ο χώρος του ατόμου και των υπατομικών σωματιδίων. Τέλος, ο «απτός» για τις αισθήσεις μας χώρος απεικονίζεται ικανοποιητικά από την κλασική νευτώνεια φυσική. Καθεμιά από τις θεωρίες αυτές βοήθησε στην επίλυση αλληλοσυγκρουόμενων θεωρητικών ή πειραματικών δεδομένων και έγινε αιτία να προβλεφθούν γεγονότα, που αργότερα επαληθεύτηκαν πειραματικά και ουδείς σήμερα αμφισβητεί την αξία τους.

Ο πρώτος συσχετισμός μεταξύ της θεωρίας της Ειδικής Σχετικότητας και της Κβαντομηχανικής έγινε από το Γάλλο φυσικό Dirac, που πήρε το Νόμπελ το 1933, και δημιούργησε μια σχετική κβαντοκυματική εξίσωση για το *ηλεκτρόνιο.* Η εξίσωσή του είχε υπόσταση μόνο εάν υφίστατο ένα νέο φανταστικό στην εποχή εκείνη σωματίδιο, με μάζα ίση με του ηλεκτρονίου, αλλά με αντίθετο φορτίο. Η δικαίωση δεν άργησε να έρθει. Το 1932 ανακαλύφθηκε το *αντισωματίδιο* του ηλεκτρονίου, που ονομάστηκε *ποζιτρόνιο* ($e^+$). Σήμερα γνωρίζουμε ότι για κάθε *σωματίδιο* υφίσταται και ένα αντίστοιχο *αντισωματίδιο* και, κατ' επέκταση, για κάθε *ύλη* υφίσταται και *αντιύλη.* Η αλληλεξουδετέρωση σωματιδίων και αντισωματιδίων οδηγεί στη δημιουργία της πολύ δραστικής ακτινοβολίας γ, πρόκειται για τη μετατροπή της ύλης σε ενέργεια.

## Ύλη – Αντιύλη

Η πεποίθηση ότι η ύλη δεν μπορεί να δημιουργηθεί με φυσικά μέσα, κατέρρευσε δραματικά το 1930, όταν αποδείχτηκε ότι *η ενέργεια μετατρέπεται σε ύλη,* και δημιουργήθηκε ύλη στο εργαστήριο. Αντίστοιχα, μία ακτινοβολία, ένα φωτόνιο υψηλής συχνότητας, όταν περάσει κοντά από έναν πυρήνα, μετατρέπεται σε δύο υλικά σωματίδια με αντίθετο φορτίο, ένα ηλεκτρόνιο ($e^+$) και ένα ποζιτρόνιο ($e^-$)· πρόκειται για την υλοποίηση του φωτός. Κάθε είδος σωματιδίου, δηλαδή, έχει κι ένα αντισωματίδιο· όταν τα δύο αυτά συναντηθούν αλληλοεξοντώνονται, εξαϋλώνονται και εμφανίζεται συνήθως φωτεινή ενέργεια. Η παραγωγή *«αντιυδρογόνου»,* δηλαδή της αντιύλης του κανονικού υδρογόνου σε χαμηλές θερμοκρασίες, που είναι συνδυασμός ποζιτρονίου και αντιπρωτονίου, αποτελεί ένα σημαντικό γεγονός που θα επιτρέψει την περαιτέρω έρευνα για τις θεμελιώδεις διαφορές ανάμεσα στην ύλη και την αντιύλη.

Όλοι γνωρίζουμε την υλοποίηση της ενέργειας: τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά σε τροφή, άρωμα, χρώματα, φυλλωσιά, αλλά και αντίθετα, τη μετατροπή της τροφής σε ενέργεια, έρωτα, δουλειά· δεν το αισθανόμαστε όμως· οι αισθήσεις μας δεν έχουν την ικανότητα αυτή, να αισθάνονται δηλαδή *την υλοποίηση* και *την αφυλοποίηση* ενέργειας και ύλης κατά τη συνάντηση ύλης και αντιύλης στο αέναο παιγνίδι ανάμεσά τους. Όπως λέει ο Hawking:

*«Μπορεί να υπάρχουν ολόκληροι αντίκοσμοι και αντιάνθρωποι που αποτελούνται από αντισωματίδια. Αν δείτε μπροστά σας τον αντιεαυτό σας μην τον χαιρετήσετε με χειραψία. Θα εξαφανιστείτε και οι δύο μέσα σε μια μεγάλη λάμψη φωτός».*

– Στα μέσα του 20ου αιώνα, συνέχισε ο Ευκλείδης, όλοι πίστευαν ότι τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια ήταν τα έσχατα συστατικά της ύλης. Τα τελευταία όμως χρόνια, θεωρητικά αλλά και πρακτικά προβλήματα, που προέκυψαν από τη βαθύτερη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων, οδήγησαν στη σκέψη ότι τα πρωτόνια και τα νετρόνια δεν είναι βασικά σωματίδια, αλλά ότι κι αυτά αποτελούνται από μικρότερους δομικούς λίθους, τα *βραχύβια κουάρκς.* Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές των κουάρκς, τουλάχιστον έξι: τρία «αρώματα» και τρία «χρώματα», όπως τα χαρακτηρίζουν με χιούμορ οι θεωρητικοί φυσικοί. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούνται από τρία κουάρκς διαφορετικού χρώματος και αρώματος.

Τα κουάρκς είναι βραχύβια στοιχειώδη σωματίδια με φορτίο ένα τρίτο ή δύο τρίτα του πρωτονίου ή του ηλεκτρονίου και θεωρούνται προς το παρόν οι βασικοί δομικοί λίθοι όλων των στοιχειωδών σωματιδίων του πυρήνα του ατόμου. Πρόκειται γι' αυτό που έγραψε με πολύ χιούμορ ο Swift: *«Έτσι λοιπόν οι φυσικοί παρατηρούν τον ψύλλο που έχει πάνω του ψύλλους μικρότερους για παράσιτα, κι αυτοί πάλι μικρότερους για να τους δαγκώνουν. Κι έτσι πάει λέγοντας, ατέλειωτα, επ' άπειρον».* Τα υποατομικά αυτά σωματίδια, τα *κουάρκς,* αν στο μέλλον δεν τεμαχιστούν ακόμα περισσότερο, ίσως ταιριάζουν περισσότερο στο πρότυπο που είχε οραματιστεί ο Δημόκριτος δυόμισι χιλιάδες χρόνια πριν. Οι χορδές ίσως είναι ένα βήμα παρακάτω.

Οι πρωτοποριακές εργασίες που γίνονται στο Ευρωπαϊκό Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών στη Γενεύη (CERN), έχουν προχωρήσει σημαντικά στη διερεύνηση αυτήν των στοιχειωδών σωματιδίων μέσα στον τεράστιο επιταχυντή που έχει μήκος εφτά χιλιομέτρων. Εκεί μέσα η ύλη συγκρούεται με την αντιύλη και οι ανακαλύψεις διαδέχονται η μία την άλλη.

Το πιο περίεργο από τα υποατομικά σωματίδια μοιάζει να είναι το *νετρίνο.* Θεωρητικά είχε προβλεφθεί από τον Pauli το 1930. Πειραματικά διαπιστώθηκε η ύπαρξή τους μετά από είκοσι δύο χρόνια από τα πειράματα του Cowan στα βάθη ενός χρυσωρυχείου, όπου παγιδεύτηκαν μέσα σε δεξαμενές με οργανικούς διαλύτες, αμόλυντα από άλλα σωματίδια που δεν μπορούν να εισχωρήσουν σε τέτοιο βάθος.

Τα *νετρίνο* δεν διαθέτουν ούτε μάζα, ούτε ηλεκτρικό φορτίο, ούτε μαγνητικό πεδίο. Δεν έλκονται από τη βαρύτητα και δεν επηρεάζονται από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, όταν περνάνε κοντά τους. Μπορεί, όπως είπαμε, να διαπερνάνε τη γήινη σφαίρα, ξεκινώντας από το Βόρειο Πόλο και να βγαίνουν στο Νότιο, σαν να διασχίζουν κενό χώρο, όπως οι σαΐτες στον αέρα, χωρίς να χάνουν παρά ίχνη από την ενέργειά τους. Μόνο κατά τη σύγκρουση με άλλα νετρίνο δηλώνουν την παρουσία τους. Πιθανόν, κάθε στιγμή, δισεκατομμύρια νετρίνο από τον

κοσμικό χώρο να διατρέχουν τη Γη, το σώμα μας. Ένα νετρίνο (αν είχε αισθήσεις) δεν θ' αντιλαμβανόταν τίποτα από τους πλανήτες, παρά μόνο αν υπήρχαν πολλά άλλα νετρίνο γύρω τους· πρόκειται δηλαδή για σωματίδια φαντάσματα. Τώρα έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι τα μυστηριώδη αυτά θεμελιώδη σωματίδια ταλαντεύονται, δηλαδή ένας τύπος είναι δυνατόν να μετασχηματιστεί σ' έναν άλλο τύπο.

Αλλά τώρα, νομίζω, πιο κατάλληλος είναι ο Κάρολος, να μας εξηγήσει πώς από τα σχετικά απλά στοιχεία δημιουργείται ο πολύμορφος, πολύχρωμος και πολυποίκιλος Κόσμος που ζούμε· να μας διηγηθεί πώς παντρεύονται τα στοιχεία, τα άτομα δηλαδή, για να φτιάξουν τα μόρια, κατέληξε ο Ευκλείδης.

## Οι γάμοι ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια – Η μαγική οχτάδα

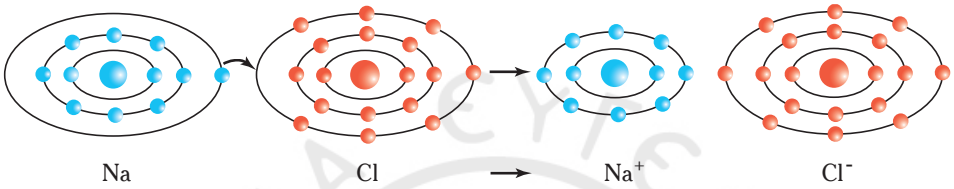
– Γνωρίζω, είπε ο Κάρολος, ότι δεν τα πάτε καλά με τη Χημεία. Θα μας χρειαστεί όμως να έχουμε μια ιδέα πώς συνδυάζονται τα άτομα, προκειμένου να σχηματίσουν μόρια, δηλαδή νέες ουσίες. Γι' αυτό θα προσπαθήσω να σας πω μερικά πράγματα όσο πιο απλά γίνεται.

Το καθένα από τα άτομα, συνέχισε, έχει έναν χαρακτηριστικό αριθμό από ηλεκτρόνια, που είναι κατανεμημένα σε διάφορες τροχιές πιο κοντά και πιο μακριά από τον πυρήνα. Εκείνο που μετράει στις παντρειές μεταξύ των ατόμων είναι τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην εξώτατη από τον πυρήνα τροχιά. Αυτά συναλλάσσονται όταν τα άτομα ενώνονται και σχηματίζουν τα μόρια.

Στην εξώτατη στοιβάδα των ατόμων επιτρέπεται να βρίσκονται από ένα έως οχτώ ηλεκτρόνια· πιο βολικό για τα άτομα είναι να διαθέτουν οχτώ. Έτσι, τα στοιχεία που δεν διαθέτουν οχτάδα, ψάχνουν μετά μανίας – όπως οι καλές παρθένες – να την ολοκληρώσουν με το γάμο. Δηλαδή τα στοιχεία που δεν διαθέτουν τη μαγική οχτάδα, φροντίζουν να την αποκτήσουν. Αυτός είναι ο λόγος που τα στοιχεία τα προικισμένα από τη φύση με οχτάδα ηλεκτρονίων, όπως το *αργόν*, το *νέον*, το *ήλιον*, γνωστά από τις φωτεινές διαφημίσεις, χαρακτηρίζονται ως «ευγενή ή αδρανή», γιατί αδιαφορούν ν' αναζητήσουν χημικούς συντρόφους, αφού δεν έχουν κανένα λόγο να το κάνουν. Αντίθετα, όλα τ' άλλα αγωνίζονται ν' αποκτήσουν την περιπόθητη οχτάδα, γιατί αυτό βολεύει από ενεργειακής πλευράς. Το νάτριο, για παράδειγμα, ένα δαιμονικό, μαλακό, ασημένιο στην όψη μέταλλο, μόλις έρθει σ' επαφή με το νερό, σχηματίζει υδρογόνο και αυταναφλέγεται. Το νάτριο, διαθέτει στην εξώτατη στοιβάδα του ένα ηλεκτρόνιο, ενώ το χλώριο, αυτό το δηλητηριώδες αέριο, αντίστοιχα, εφτά. Όταν αυτά τα δύο συναντηθούν, σπεύδουν να συνενωθούν, μ' εκρηκτικό μάλιστα τρόπο, και να σχηματίσουν ένα καινούριο μόριο: το *χλωριούχο νάτριο,* το γνωστό νόστιμο *αλάτι* της κουζίνας. Είναι η περίπτωση του κεραυνοβόλου έρωτα. Το νάτριο παραχωρεί το μοναδικό εξωτερικό του ηλεκτρόνιο στο χλώριο, που αντίστοιχα έχει εφτά, και σχηματίζουν έτσι μια ευτυχισμένη οικογένεια, αφού το νάτριο μένει με την προηγούμενη

στοιβάδα των ηλεκτρονίων· αυτή όμως είναι συμπληρωμένη με οχτώ ηλεκτρόνια. Έτσι και το χλώριο, αποκτώντας το ηλεκτρόνιο του νατρίου, συμπληρώνει την περιπόθητη οχτάδα.

Βέβαια, το νάτριο, δίνοντας τελικά το ηλεκτρόνιό του στο χλώριο, βρίσκεται μ' ένα πλεόνασμα πρωτονίων, δηλαδή θετικού φορτίου – αφού τα θετικά και αρνητικά φορτία είναι ίσα σ' όλα τα άτομα – ενώ το χλώριο, αντίστοιχα, με πλεόνασμα ενός αρνητικού φορτίου. Αυτά τα φορτισμένα ηλεκτρικά άτομα, θετικά ή αρνητικά, τα ονομάζουμε *ιόντα (κατιόντα* αυτά με το θετικό φορτίο και *ανιόντα* αυτά με το αρνητικό).




*Το νάτριο αντιδρά με το χλώριο με μεταβίβαση ενός ηλεκτρονίου από το νάτριο και σχηματίζονται οι περιπόθητες οχτάδες ηλεκτρονίων. Συγχρόνως το νάτριο αποκτά θετικό φορτίο και το χλώριο αρνητικό. Πρόκειται για τους κρυστάλλους του χλωριούχου νατρίου, του αλατιού της κουζίνας.*

– Όλοι γνωρίζουμε, συνέχισε ο Κάρολος, το ζωογόνο μόριο του αέρα, το *οξυγόνο.* Πραγματικά, ελάχιστα λεπτά μπορούμε να ζήσουμε χωρίς την παρουσία του· τόσο, όσο αντέχουμε σ' ένα μακροβούτι. Το οξυγόνο είναι ένα στοιχείο με ακόρεστη την επιθυμία ν' αποσπάσει ηλεκτρόνια από άλλα άτομα, γιατί έχει στην εξωτερική του στοιβάδα έξι ηλεκτρόνια, χρειάζεται επομένως ακόμα δύο για ν' αποκτήσει την ποθητή οχτάδα. Έτσι συνενώνεται πρόθυμα μ' άλλα στοιχεία. Αν, για παράδειγμα, δεν βρίσκει άλλα στοιχεία να ολοκληρώσει την οχτάδα του, τότε δύο άτομα οξυγόνου (O) με κοινοκτημοσύνη ενός ζευγαριού ηλεκτρονίων αποκτούν οχτάδα, σχηματίζοντας το μόριο του οξυγόνου ($O_2$). Αυτή τη συνένωση του οξυγόνου με άλλα συστατικά, οι χημικοί την ονομάζουν *οξείδωση,* και όταν πραγματοποιείται μ' έντονους ρυθμούς, τη χαρακτηρίζουν ως *καύση*. Πρόκειται για μιαν αντίδραση που πραγματοποιείται με έκλυση θερμότητας· είναι δηλαδή εξωθερμική. Καύση συντελείται σε μια πυρκαγιά ή στην πυρά οποιουδήποτε καυστήρα. Το αυτοκίνητο καίει βενζίνη και παράγει υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα (δυστυχώς όμως και άλλα καυσαέρια). Κάθε λίτρο βενζίνης που καίει το αυτοκίνητό μας παράγει 1.200 λίτρα διοξειδίου του άνθρακα και επιβαρύνει το φαινόμενο θερμοκηπίου.

Οι τεράστιοι πύραυλοι που μας ελευθέρωσαν από τα γήινα δεσμά μας και μας οδήγησαν στο διάστημα καίνε υγροποιημένο υδρογόνο. Οι άνθρωποι, αντίστοιχα, καίνε τα λίπη, τα λάδια, τη ζάχαρη, το άμυλο, συστατικά, που υπάρχουν στα τρόφιμα, με το οξυγόνο της ανάσας τους. Αυτή την καύση τη λέμε απλά *ανάσα* και διαφέρει από το κάψιμο των κούτσουρων στο τζάκι, από το γεγονός ότι η συ-

νένωση του οξυγόνου εδώ πραγματοποιείται μ' έναν θαυμαστό μηχανισμό, ομαλά, χωρίς σκαμπανεβάσματα, χωρίς φλόγες. Τα προϊόντα της αναπνοής όμως είναι και πάλι υδρατμοί και διοξείδιο του άνθρακα που αποδιώχνουμε με την εκπνοή μας, ενώ συγχρόνως παράγεται και ενέργεια, αυτή η ζωτική ενέργεια, που χρειαζόμαστε για να εκδηλώσουμε τη ζωή μας.

Τελικά, συνέχισε ο Κάρολος, το οξυγόνο, στην επιθυμία του να συμπληρώσει την οχτάδα του με ηλεκτρόνια, τα αποσπά από άλλα άτομα και ενώνεται μαζί τους. *Σε διακίνηση ηλεκτρονίων, δηλαδή, μπορεί ν' αποδοθεί η εκτόξευση ενός πυραύλου, η ζεστασιά του κορμιού μας, οι κινήσεις μας, οι λειτουργίες του έρωτα, η δημιουργία της τέχνης και του λόγου, η πυρκαγιά ενός δάσους. Είναι θέμα ρυθμού και ποσοτήτων ηλεκτρονίων που διακινούνται.*

Η συνένωση, η δημιουργία δηλαδή του χημικού δεσμού, άλλοτε είναι αποτέλεσμα κεραυνοβόλου «έρωτα», όπου υπάρχει τελική μεταβίβαση ηλεκτρονίων και δημιουργία ιόντων θετικών και αρνητικών, που η έλξη τους συντηρεί το δεσμό, όπως στο παράδειγμα του χλωριούχου νατρίου κι άλλοτε προέρχεται από συνοικέσιο. Στην πρώτη περίπτωση, όπως είναι φυσικό, η συνένωση είναι σφοδρή, αλλά τα δεσμά του γάμου, ο χημικός δεσμός, μπορεί να διαλυθεί εύκολα, όπως γοργά δημιουργήθηκε. Οι γάμοι από συνοικέσιο δεν έχουν βέβαια τη σφοδρότητα των προηγούμενων, δημιουργούν όμως πιο σταθερές καταστάσεις. Οι παντρειές ανάμεσα στα άτομα, ο σχηματισμός δηλαδή των μορίων, σε τελευταία ανάλυση, δεν είναι παρά ένα παιγνίδι ανάμεσα στα ηλεκτρόνιά τους.

Οι περισσότερες συνενώσεις ατόμων, συνέχισε ο Κάρολος, πραγματοποιούνται με συνοικέσιο. Εδώ βέβαια δεν έχουμε τελική μεταβίβαση ηλεκτρονίων από άτομο σε άτομο. Το νέο σπιτικό χτίζεται με αμοιβαίες συνεισφορές των συνεταίρων. Στην περίπτωση των ατόμων η περιπόθητη οχτάδα αποκτάται με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια αυτά είναι κοινά πλέον ανάμεσα στα άτομα που συνεταιρίζονται και δεν ανήκουν οριστικά σε κανένα από τα δύο. Είναι κοινά για τη νέα οικογένεια, όπως συμβαίνει στο παράδειγμα σχηματισμού του μοριακού οξυγόνου από άτομα οξυγόνου. Σ' αυτές τις περιπτώσεις δεν έχουμε τις βιαιότητες των κεραυνοβόλων ερώτων, δεν έχουμε τελικές παραχωρήσεις ηλεκτρονίων, δεν έχουμε εμφάνιση ηλεκτρικού φορτίου. Όλα είναι πιο ομαλά, πιο ήσυχα, αλλά οι ήρεμοι αυτοί δεσμοί διαλύονται δυσκολότερα. Στις περιπτώσεις της αμοιβαίας συνεισφοράς βασιλεύει περισσότερη σταθερότητα.

Το γεγονός ότι τ' αντικείμενα εμφανίζονται τόσο διαφορετικά στις ιδιότητές τους, οφείλεται στα είδη χημικών δεσμών που δημιουργούνται κατά τη συνένωση των συστατικών τους ατόμων. Στους δεσμούς που δημιουργούνται ανάμεσα στα άτομα με τη βοήθεια των ηλεκτρονίων τους οφείλονται τα σχήματα, η γεωμετρία, οι μορφές που παρατηρούμε στο χώρο και κάνουν τα πράγματα να φαίνονται όπως φαίνονται, να συμπεριφέρονται όπως συμπεριφέρονται και τα έμβια να ενεργούν όπως ενεργούν. Αυτά φαίνονται περίεργα στον αμύητο, αλλά προχωρώντας στις συζητήσεις μας, θα γίνονται πιο κατανοητά.

ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑΤΟΣ



ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΗΣ ΓΛΥΚΕΡΙΝΗΣ



ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ ΟΞΕΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ
(Δραστικό συστατικό του ξιδιού)



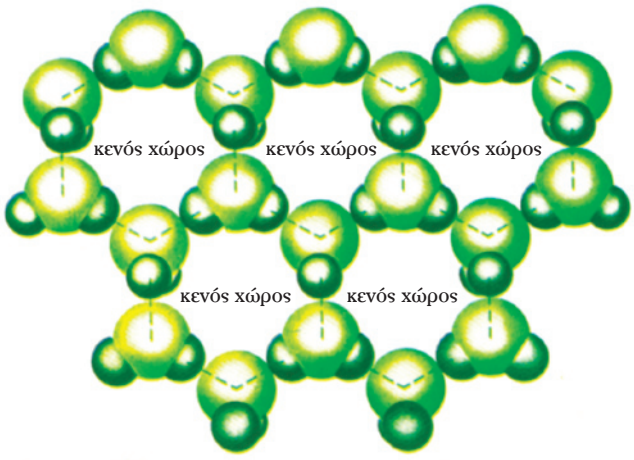
ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ ΟΞΕΙΚΟΥ ΙΣΟΑΜΥΛΕΣΤΕΡΑ






*Εστέρες είναι οι ενώσεις που προκύπτουν από τη συνένωση ενός μορίου αλκοόλης και ενός μορίου οξέος, αφού αποσπασθεί ένα μόριο νερού. Εστέρες της γλυκερίνης με τα λιπαρά οξέα είναι και τα λίπη και τα λάδια.*

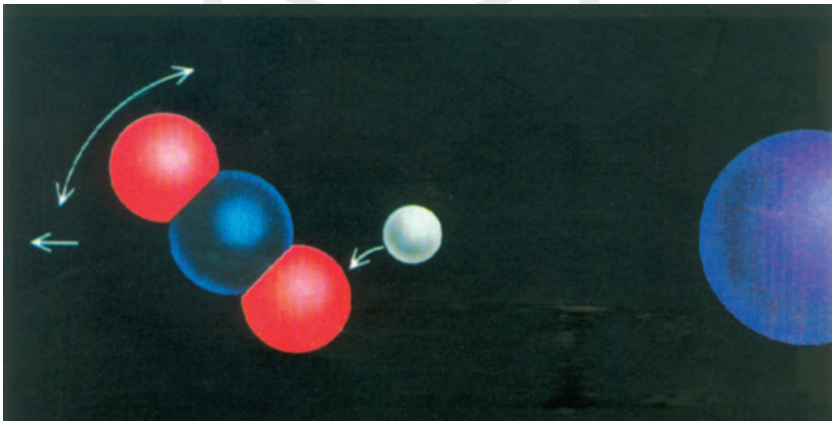
*Ο εστέρας αυτός του οξεικού οξέος (δραστικό συστατικό του ξιδιού) με ισοαμυλική αλκοόλη (μια αλκοόλη που βρίσκεται σε μικρά ποσοστά στο κρασί) έχει χαρακτηριστική μυρωδιά μπανάνας, της οποίας είναι συστατικό.*



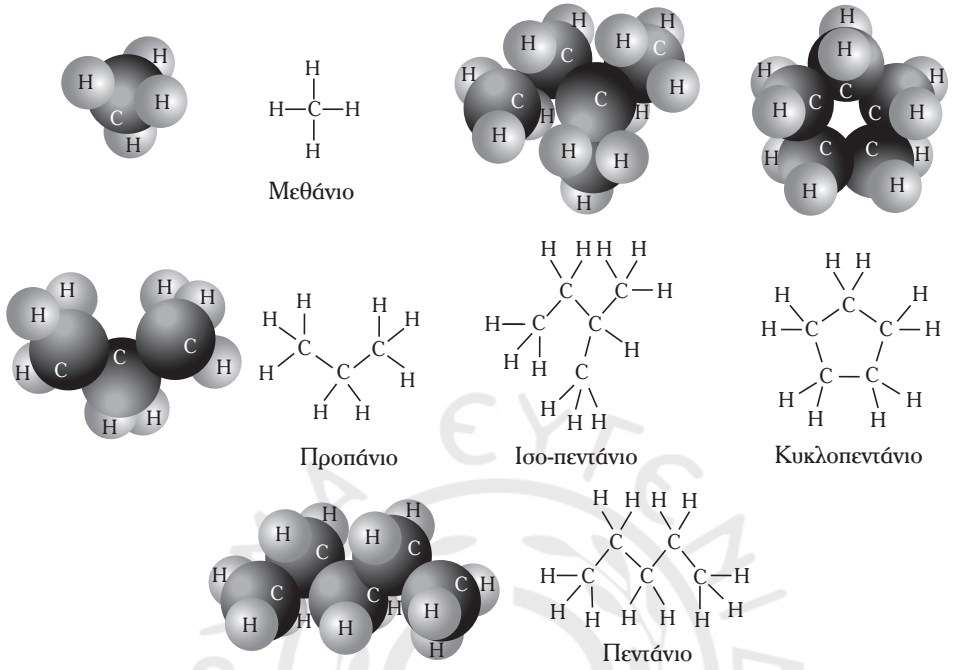

*Ο πάγος σχηματίζει ένα κρυσταλλικό πλέγμα από άτομα υδρογόνου και οξυγόνου, τοποθετημένα σε εξαγωνικά σχήματα από εξαμελείς δακτυλίους. Αυτοί δημιουργούνται από άτομα οξυγόνου που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου. Ανάμεσα στον κενό χώρο υπάρχει αέρας, που, όπως είναι γνωστό, έχει πολύ μικρό ειδικό βάρος. Έτσι ο πάγος, αντίθετα από τις άλλες ουσίες, είναι πιο ελαφρύς από το νερό και επιπλέει.*

Να σας αναφέρω μερικά παραδείγματα για τη σημασία του είδους των χημικών δεσμών ανάμεσα στα άτομα: τα γυάλινα αντικείμενα όταν πέσουν κάτω γίνονται χίλια κομμάτια, τα μέταλλα αναπηδούν και αντηχούν, τα ελαστικά τινάζονται και το σχήμα τους επανέρχεται, όπως το μάγουλό μας αν το ζουλήξουμε, ενώ σ' άλλα η παραμόρφωση είναι μόνιμη, όπως στα πλαστικά· άλλα λαμποκοπάνε στο φως, όπως το χρυσάφι, και άλλα είναι διαφανή, όπως τα διαμάντια· άλλα λιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως ο πάγος, άλλα σε υψηλές, όπως το αλάτι· άλλα αφήνουν το ηλεκτρικό ρεύμα να περνάει εύκολα, όπως ο χαλκός (στα καλώδια) κι άλλα καθόλου, όπως το πλαστικό (που περιβάλλει τα καλώδια του ηλεκτρικού ρεύματος). Όλα εξαρτώνται από τα είδη δεσμών ανάμεσα στα άτομα. Για παράδειγμα σ' ένα ποτήρι που σπάει, αυτό που συμβαίνει είναι η διακοπή των δεσμών πυριτίου, νατρίου, οξυγόνου, που είχαν δημιουργηθεί στο καμίνι σύντηξης των υλικών παρασκευής. Στα παιγνίδια αυτά, ανάμεσα στα άτομα, στα μόρια και στα ηλεκτρόνιά τους, δημιουργείται οτιδήποτε παρατηρούμε, είτε στο κορμί μας, είτε στη Γη και στο Σύμπαν.

Όπως συνενώνονται τα άτομα για να σχηματίσουν τα μόρια, ερωτοτροπούν με άλλα μόρια, για να συνθέσουν με ανάλογους μηχανισμούς άλλα πιο πολύπλοκα. Σε ορισμένες αντιδράσεις ένα μόριο απλώς αλλάζει το σχήμα του· σε άλλες δέχεται άτομα που προέρχονται από άλλα μόρια και, αφού συνδεθούν, αποκτά μια νέα πιο πολύπλοκη δομή. Σε πολλές περιπτώσεις ένα πολύπλοκο μόριο αυτοκαταστρέφεται συνολικά ή μερικά και τ' άτομα που το συνιστούν γίνονται πηγή ατόμων για να σχηματιστούν άλλα μόρια. Έτσι σχηματίζονται οι δεσμοί φωσφόρου-οξυγόνου με οργανικές ενώσεις, οι οποίες διακρίνονται για τη μεγάλη ενέργεια που περικλείουν και, φυσικά, όταν διαλύονται την αποδίδουν πίσω. Για να δημιουργηθεί ο δεσμός απαιτείται ενέργεια που την παρέχει η καύση μορί-



*Σε λιγότερο από ένα τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου τα άτομα συγκρούονται, αλληλεπιδρούν και έτσι γεννιούνται τα μόρια. Με λέιζερ και μοριακές ακτίνες είναι τώρα δυνατόν να διαπιστώσουμε τις κινήσεις των μορίων, καθώς ορισμένες ουσίες (τα άτομα) μεταπέπτουν σε άλλες (νέα μόρια).*




*Τα άτομα του άνθρακα μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας ευθείες ή διακλαδισμένες αλυσίδες ή κυκλικούς δακτύλιους, όπως στους παραπάνω υδρογονάνθρακες.*

ων γλυκόζης (ζάχαρης). Η γλυκόζη έχει συγκεντρώσει μέσα στους δεσμούς της, του άνθρακα και του οξυγόνου, τη φωτεινή ηλιακή ενέργεια. Τα φυτά έχουν τη θαυμαστή ικανότητα να συλλαμβάνουν και ν' αξιοποιούν μ' αυτόν τον τρόπο την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτούς τους δεσμούς επέλεξε η φύση, ώστε ν' αξιοποιήσει την ηλιακή ενέργεια. Πρόκειται για το *παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα,* το μόριο του *Αδενοσινο-τρι-φωσφορικού* οξέος (ATP), που σχηματίζεται με τη δημιουργία και τη διάσπαση του δεσμού φωσφόρου-οξυγόνου, για το οποίο θα μας δοθεί η ευκαιρία να μιλήσουμε εκτεταμένα αργότερα.

Μιας όμως και αναφερθήκαμε σ' αυτό το θαυμαστό μόριο, που φτιάχτηκε δισεκατομμύρια χρόνια πριν και εξακολουθεί να διατηρεί την παντοδυναμία του και σήμερα σε κάθε μορφή ζωής, θα είναι χρήσιμο να σας πω δυο λόγια και για ένα άτομο, που πρωταγωνιστεί σε κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη μας τουλάχιστον, *το άτομο του άνθρακα*, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Το άτομο της ζωής, ο άνθρακας

– Το άτομο του άνθρακα υπάρχει σ' όλες τις οργανικές ενώσεις, φυσικά και στα έμβια. Ο ρόλος που διαδραματίζει στον κόσμο είναι πολύ μεγάλος. Πρόκειται για ένα άτομο που δημιουργείται στ' αστέρια. Όπως θα σας εξηγήσω, τα

στοιχεία δημιουργήθηκαν από σύντηξη πυρήνων υδρογόνου· αφού δηλαδή το υδρογόνο, το πιο απλό στοιχείο, μετασχηματιστεί με σύντηξη πυρήνων του στο «ευγενές» στοιχείο *ήλιον,* το τελευταίο συντήκεται σ' αστέρια, όπως ο Ήλιος, και μετατρέπεται σε άνθρακα.

Η σημασία του άνθρακα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ικανότητά του να σχηματίζει σταθερούς δεσμούς με άλλα άτομα και, κυρίως, άνθρακα και υδρογόνου. Το άτομο δηλαδή του άνθρακα, που διαθέτει τέσσερα ηλεκτρόνια, είναι δυνατόν να συνεταιρίζεται με άλλα δύο, τρία, τριάντα, σαράντα... άτομα άνθρακα και να μοιράζονται με συνεισφορά τα ηλεκτρόνιά τους. Τα άτομα αυτά μπορεί να συνδέονται ανάμεσά τους σε ευθείες αλυσίδες, σε αλυσίδες με διακλαδώσεις, να συμμετέχουν σε δακτύλιους, στους οποίους συμμετέχουν μόνο άτομα άνθρακα και υδρογόνου ή και άλλα άτομα.

Ο άνθρακας, έχοντας τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα, δύσκολα θα έβρισκε να δώσει ή να πάρει τέσσερα ηλεκτρόνια από άλλο άτομο. Έτσι, συνήθως συνεταιρίζεται με άλλα άτομα για να συμπληρώσει την οχτάδα του. Για παράδειγμα, με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων ανάμεσα σ' ένα άτομο άνθρακα και τέσσερα άτομα υδρογόνου (με ένα ηλεκτρόνιο το καθένα), δημιουργείται το σταθερό μόριο του *μεθανίου,* το κυριότερο συστατικό του φυσικού αερίου, αυτής της πλούσιας ενεργειακής πηγής για τη βιομηχανία, το σπίτι και τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Το πετρέλαιο, η βενζίνη, τα πλαστικά, τα χρώματα, τα φάρμακα, τα τρόφιμα και τα τόσα άλλα της σύγχρονης καθημερινής ζωής, δεν είναι παρά ενώσεις του άνθρακα με υδρογόνο ή και οξυγόνο, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η ιδιορρυθμία του άνθρακα να μπορεί να σχηματίζει άπειρα στην κυριολεξία μόρια ως προς τα σχήματα, τις δομές και τις ιδιότητες, έδωσε τη δυνατότητα να δημιουργηθεί απεριόριστος αριθμός οργανικών ενώσεων – έτσι ονομάζονται οι ενώσεις του άνθρακα – που άρχισαν ν' αντιδρούν μεταξύ τους και να δίνουν όλο και πιο εξελιγμένες μοριακές δομές. Είναι αυτά τα μόρια που άρχισαν να συγκεντρώνονται στις αβαθείς λίμνες, από τις οποίες σιγά-σιγά δημιουργήθηκε το υλικό για την «αρχέγονη σούπα», δηλαδή το μέσο από το οποίο αναπήδησαν τα πρώτα αυτοοργανωμένα μόρια με δυνατότητες αναπαραγωγής τους, πρόγονοι της έμβιας ύλης, των ζωντανών οργανισμών. Όλα τα έμβια είναι δομές οργανικής ύλης, ενώσεις του άνθρακα. Κι όπως είπαμε σε πυρκαγιές ή παρόμοια ατυχήματα, η «απανθράκωση» των θυμάτων το πιστοποιεί.

Οι χημικοί, κατά τον προσδιορισμό της δομής βιολογικών μορίων, δρουν σαν ντετέκτιβς, προσπαθώντας ν' αποκαλύψουν την αλληλουχία των ατόμων και των δεσμών τους μέσα στο μόριο. Σήμερα, βέβαια, το έργο τους, χάρη στα όργανα που τους παρέχει η σύγχρονη ηλεκτρονική, έχει διευκολυνθεί αφάνταστα.

Ο μεγάλος σε σχέση με τις ανθρώπινες διαστάσεις χρόνος, που πέρασε από τη δημιουργία της Γης, έδωσε στη φύση τη δυνατότητα να δοκιμάσει μια σχεδόν απεριόριστη ποικιλία από συνταγές και δομές μορίων. Η ζωή φαίνεται να ξεπή-

δησε από το «παιγνίδι» του νερού με τα οργανικά μόρια, κυρίως τα πρωτεϊνικά, κι έτσι συνεχίζεται. Νερό και πρωτεΐνες, αυτή είναι κατά κύριο λόγο η σύσταση του κάθε έμβιου και σήμερα. Οι *πρωτεΐνες,* οι πρωταρχικές ουσίες της ζωής, είναι μόρια που προκύπτουν από το συνδυασμό ατόμων άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου, αζώτου και θείου. Ανάμεσα στις μοριακές δομές που δημιουργήθηκαν τυχαία υπήρξαν τελικά μερικές που απέκτησαν την ικανότητα να *αυτοδιπλασιάζονται·* γι' αυτόν ακριβώς το λόγο αυτά τα μόρια μπορούν να παραχθούν σε μεγάλο αριθμό αντιτύπων. Πρόκειται για τις δομές που χαρακτηρίζονται ως έμβια ύλη. Οι διάφορες αυτές αυτοδιπλασιαζόμενες μορφές, ήρθαν σε ανταγωνισμό με τα μόρια που δεν είχαν αυτήν την ικανότητα κατά τη χρήση των υλικών της «αρχέγονης σούπας» και μ' αυτόν τον τρόπο, κατά τη δαρβίνεια επιλογή, ευνοήθηκε η διατήρηση των μορίων αυτών που είχαν ικανότητα αναπαραγωγής του εαυτού τους. Αυτές οι μορφές τελικά εξελίχθηκαν στους ζωντανούς οργανισμούς.

– Μα είναι δυνατόν, παππού, έτσι απλά να ξεπήδησε απ' το άψυχο, το άβιο, η ζωή; Πού τα βασίζετε όλ' αυτά; ρώτησε ανυπόμονα η Μάρθα.

– Δεν είναι απλή η απάντηση, είπε ο Κάρολος, αλλά, αν έχεις υπομονή και σ' ενδιαφέρει, θα φτάσουμε κι εκεί, και θα δεις ότι σήμερα έχουμε πολλά επιχειρήματα για να υποστηρίξουμε μια τέτοια υπόθεση. Όμως, για τη δημιουργία της ζωής, την εξέλιξη, θα μιλήσουμε αργότερα, είπε ο Ευκλείδης. Αλλά σήμερα το θέμα μας είναι πιο απλό, κι ας συνεχίσουμε μ' αυτό.

## Η φυσική πραγματικότητα

– Στη φύση, συνέχισε ο Κάρολος, σπάνια συναντάμε τα άτομα ή τα μόρια σε καθαρή κατάσταση. Για παράδειγμα ένα μικρό κομμάτι καθαρού χρυσού αποτελείται από μυριάδες αμιγή άτομα χρυσού· το αλάτι της κουζίνας, όπως έχουμε πει, αποτελείται από μόρια χλωριούχου νατρίου, η ζάχαρη από μόρια σακχαρόζης, το μάρμαρα από μόρια ανθρακικού ασβεστίου. Τα καθαρά μόρια τα συναντάμε περισσότερο στα χημικά εργαστήρια. Στη φύση, όμως, συνήθως βρίσκονται μείγματα από διαφορετικά μόρια. Ένας βράχος, για παράδειγμα, αποτελείται τις πιο πολλές φορές από δεκάδες διαφορετικά μόρια. Τα πιο πολλά απ' τα τρόφιμα είναι μείγματα ουσιών. Ο χυμός ενός πορτοκαλιού είναι ένα μείγμα μορίων νερού, χρυσοκίτρινων χρωστικών, αρωμάτων, οξέων και ζάχαρης. Ο ίδιος ο άνθρωπος δεν είναι παρά ένα μείγμα μορίων νερού, πρωτεϊνών, λιπιδίων, DNA, ιχνοουσιών και ιχνοστοιχείων.

Ο κόσμος που ζούμε είναι συγχρόνως και πολύπλοκος και απλός. Είναι πολύπλοκος, γιατί ένα απλό πράσινο φύλλο αποτελείται από μυριάδες διαφορετικά μόρια που η σύστασή τους συνεχώς αλλάζει, όπως τα πράσινα φύλλα της άνοιξης και τα χρυσοκίτρινα του φθινοπώρου· απλός, γιατί με τη βοήθεια της σύγχρονης επιστήμης είναι δυνατόν τα συστατικά αυτά να διαχωριστούν, να πιστοποιηθεί η ταυτότητά τους και τελικά να αναχθούν σε λίγες κατηγορίες ενώσεων, δηλαδή

στα περίπου εκατό απλά στοιχεία. Το πώς, όμως, αντιδρούν τα στοιχεία αυτά μεταξύ τους και κάτω από ποιες συνθήκες σχηματίζουν ενώσεις, ρυθμίζεται κι από άλλους νόμους. Θα μιλήσουμε όμως γι' αυτά αργότερα.

## Προξενητές των αντιδράσεων

– Οι πιο αυθόρμητες αντιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία ή στα μόρια όταν συνενώνονται για να σχηματίσουν νέα μόρια, είναι οι εξωθερμικές, αυτές που κατά την πραγματοποίησή τους εκλύεται θερμότητα· γιατί το σύστημα γλιστράει σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα, αφού αποβάλλει ενέργεια στο περιβάλλον, όπως συμβαίνει με την καύση της βενζίνης σ' ένα αυτοκίνητο ή των τροφίμων από τους ζωντανούς οργανισμούς. Αλλά και οι αντιδράσεις, που κατά την πραγματοποίησή τους προκαλείται αύξηση της αταξίας, δηλαδή αύξηση της εντροπίας, έχουν από τη φύση ένα σημαντικό κίνητρο για να πραγματοποιηθούν. Αν μάλιστα συντρέχουν και οι δύο λόγοι συγχρόνως, δηλαδή η αντίδραση είναι εξωθερμική (εκλύεται θερμότητα) και συνοδεύεται και από αύξηση της εντροπίας, δηλαδή τείνει προς περισσότερο χαοτικές καταστάσεις, τότε αυτή γίνεται τόσο αυθόρμητη, ώστε μπορεί ν' αποβεί εκρηκτική, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Επειδή όμως οι συγκυρίες αυτές δεν συντρέχουν πάντα, η φύση και ο άνθρωπος, κατ' απομίμηση, έχουν δημιουργήσει τις προϋποθέσεις να πραγματοποιούνται και αντιδράσεις ανάμεσα σε μόρια που δεν παρουσιάζουν σημαντική μείωση του ενεργειακού τους περιεχομένου ή και αύξηση της αταξίας· δηλαδή, αντιδράσεις οι οποίες δεν έχουν τις προϋποθέσεις του αυθορμητισμού. Στις περιπτώσεις αυτές βοηθάνε σημαντικά οι *καταλύτες* και προκειμένου για βιοχημικές αντιδράσεις οι *βιοκαταλύτες* ή *ένζυμα* όπως λέγονται.

Οι *καταλύτες* επιταχύνουν αντιδράσεις ανάμεσα σε απρόθυμα μόρια, που, για το λόγο αυτό, θα ήτανε αργές στην πραγματοποίησή τους, οι ίδιοι όμως τελικά δεν συμμετέχουν στην αντίδραση. Μεσολαβούν για την παντρειά, αλλά οι ίδιοι διακριτικά αποχωρούν μόλις ο γάμος πραγματοποιηθεί. Σαν καλοί προξενητές τρέχουν να προσφέρουν τη μεσολάβησή τους σε νέα άτομα ή μόρια. Όπως δηλαδή μέσα σε μεγάλο πλήθος από ανθρώπους που περιφέρονται στους πολυσύχναστους δρόμους μιας μεγαλούπολης ελάχιστοι είναι αυτοί που βρίσκονται σ' ασίγαστο ερωτικό οίστρο, οι ασυγκράτητοι, αυτοί που βρίσκονται σε ενεργειακή υπερένταση, που αναζητούν τον ετερόφυλο και μόλις συναντηθούν εκδηλώνουν άμεσα τον κεραυνοβόλο έρωτά τους. Συνήθως ο συντριπτικός αριθμός ατόμων περνάει αδιάφορα ο ένας πλάι στον άλλο. Ο καταλύτης είναι ένα μόριο που συμβάλλει ώστε και οι πολλοί, που δεν είναι ξαναμμένοι, να διαβούν από πιο χαμηλά μονοπάτια, που οδηγούν προς μια ήρεμη συμβίωση, να επιταχύνουν με τη μεσολάβησή τους τη δημιουργία ευτυχισμένων οικογενειών. Ενώ, δηλαδή, οι χημικές αντιδράσεις αποτελούν προνόμιο των ξαναμμένων, των λιγοστών μορίων που τυχαίνει να βρίσκονται σε υψηλά ενεργειακά επίπεδα, η μεσολάβηση

του καταλύτη επιτρέπει, με το σχηματισμό ενδιάμεσων ενώσεων που διασπώνται και αναδημιουργούνται, να συμμετέχουν και πολύ χαμηλότερου ενεργειακού περιεχομένου μόρια· έτσι η αντίδραση επιταχύνεται. Η παραγωγή πλήθους βιομηχανικών προϊόντων εξαρτάται από τη χρήση καταλυτών. Γι' αυτό η γνώση τους αποτελεί βιομηχανικό μυστικό, που φυλάσσεται ζηλότυπα· πολλές φορές πιο κρυφά και από στρατιωτικά μυστικά.

Τα *ένζυμα,* ειδικά μόρια πρωτεϊνών που η φύση δημιούργησε εξελικτικά σε δισεκατομμύρια χρόνια, είναι απίστευτα εξειδικευμένα, για καθορισμένες μόνο αντιδράσεις, καταλύτες. Ζωή χωρίς ένζυμα είναι αδύνατη, μιας και ενζυματικές είναι όλες οι θαυμαστές αντιδράσεις: από τη σύλληψη του εμβρύου, τη μετατροπή των τροφίμων σε ενέργεια ζωική, τη μεταμόρφωσή τους σε συστατικά του οργανισμού, τη λειτουργία του γνωστικού ή του «αισθηματικού», ακόμα και το θάνατο. Η ζωή εκδηλώνεται με μια αλυσίδα από εκατοντάδες ενζυματικές αντιδράσεις. Τα ένζυμα, δηλαδή, αποτελούν αυτοελεγχόμενους *μίνι-αντιδραστήρες,* οι οποίοι εκτελούν με ακρίβεια το ειδικευμένο έργο τους.

Τα ένζυμα όμως δεν είναι μόνο απαραίτητα για την εκδήλωση της ζωής· σ' αυτά βασίζεται η σύγχρονη χημεία και η βιοτεχνολογία προκειμένου να δημιουργήσουν το πλήθος από τα καταναλωτικά αγαθά, που άλλαξαν ριζικά τον τρόπο της ζωής μας και θα βελτιώνουν συνεχώς την ποιότητά της στα χρόνια που έρχονται.

Αφού όμως αποφασίσαμε να συζητήσουμε προβλήματα τόσο πολύπλοκα, όπως είναι η ζωή και το Σύμπαν, θα πρέπει ν' αναφερθώ και σε ορισμένα μόρια, συστατικά και πρωταγωνιστές της ίδιας της ζωής, όπως είναι το νερό, οι υδατάνθρακες, τα λίπη και τα λάδια, οι πρωτεΐνες, το DNA.

## Νερό, το θαυμαστό, το πρώτο μόριο του πλανήτη

– Το *νερό,* συνέχισε ο Κάρολος, είναι η αφθονότερη ουσία στη Γη και χαρίζει το μοναδικό προνόμιο, ώστε ο πλανήτης μας ν' αποτελεί μια όαση στη γειτονική διαστημική κόλαση. Χάρη στην απεραντοσύνη των ωκεανών, ο πλανήτης φαντάζει γαλάζιος, ενώ στη στεριά, χάρη στο νερό που πυροδοτεί το φαινόμενο που λέγεται βλάστηση, φαίνεται πράσινος.

Τα τρία τέταρτα περίπου της επιφάνειας της Γης αποτελούνται από νερό (ωκεανοί, λίμνες, ποτάμια). Δυστυχώς, το 99% αυτής της τεράστιας ποσότητας είναι θαλασσινό, αρμυρό νερό. Μόλις 1% είναι πόσιμο, αλλά και απ' αυτό το περισσότερο βρίσκεται σε μεγάλα βάθη. Έτσι για τον άνθρωπο απομένει για χρήση μόνο το 0,5%.

Το νερό είναι και το κυριότερο συστατικό κάθε ζωντανού οργανισμού. Στα θηλαστικά και στον άνθρωπο υπερβαίνει το 70% του βάρους τους και σε ορισμένα ψάρια, λαχανικά και φρούτα, ακόμα και το 90%. Ζωή χωρίς νερό δεν νοείται, δεν υφίσταται. Αυτός είναι ο λόγος που μπορούμε να υποφέρουμε την πείνα πολλές μέρες, όχι όμως και τη δίψα. Η στέρηση του νερού είναι ένα από

τα μεγαλύτερα μαρτύρια, που τελικά οδηγεί σύντομα στο θάνατο. Γι' αυτό, ακόμα και το αντίκρισμά του, όταν ροβολάει γάργαρο σ' ένα ρυάκι κι όταν χαϊδεύει την ακρογιαλιά, είναι πάντα ιδιαίτερα ευχάριστο.

Σε κάθε άνθρωπο που έχει βάρος εξήντα κιλά, σχεδόν τα τρία τέταρτα, τα σαράντα πέντε κιλά, είναι νερό. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σ' έναν αριθμό μορίων που για να γραφεί χρειάζονται είκοσι εφτά μηδενικά (σύμφωνα με τον αριθμό του Avogadro). Τα μυριάδες αυτά μόρια βρίσκονται μέσα στο καθένα από τα τρισεκατομμύρια κύτταρά μας, αλλά κυκλοφορούν και έξω απ' αυτά, για παράδειγμα με τη μορφή του αίματος, καθώς και των υγρών του πεπτικού συστήματος, δηλαδή το σάλιο, τα γαστρικά, το παγκρεατικό υγρό. Η ποσότητα αυτών των υγρών υπολογίζεται συνολικά σε οχτώ λίτρα περίπου. Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού απορροφάται από το λεπτό έντερο και εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος. Οι μεμβράνες των κυττάρων είναι περατές στο νερό, καθώς και στα θρεπτικά συστατικά που είναι διαλυμένα σ' αυτό (ζάχαρη, αμινοξέα, αλάτι κ.λπ.).

Η ποσότητα του νερού βρίσκεται σε ισοζύγιο στον οργανισμό· δηλαδή το νερό που εισάγεται είτε υπό μορφή ποτών, είτε υπό μορφή υγρασίας που έχουν τα τρόφιμα ή παράγεται κατά τις βιοχημικές αντιδράσεις (κυρίως τις οξειδώσεις, δηλ. τις καύσεις), αντισταθμίζεται από το νερό που εξέρχεται με την εκπνοή, τα ούρα, τα κόπρανα, τον ιδρώτα. Το ισοζύγιο αυτό ρυθμίζεται με δύο κυρίως μηχανισμούς: της δίψας, που διεγείρει την τάση για κατανάλωση νερού και τη δραστηριότητα των νεφρών, που ρυθμίζουν την εξαγωγή του στα νεφρά, δηλαδή πραγματοποιείται διήθηση των υδατικών διαλυμάτων. Ορισμένες από τις διαλυμένες ουσίες διατηρούνται, ενώ άλλες απορρίπτονται με τα ούρα. Από τα νεφρά περνάνε για επεξεργασία περίπου 180 λίτρα υγρών το εικοσιτετράωρο. Από αυτά τα 178 έως 179 λίτρα απορροφώνται ξανά, ενώ αποβάλλονται, ως ούρα, περίπου δύο λίτρα.

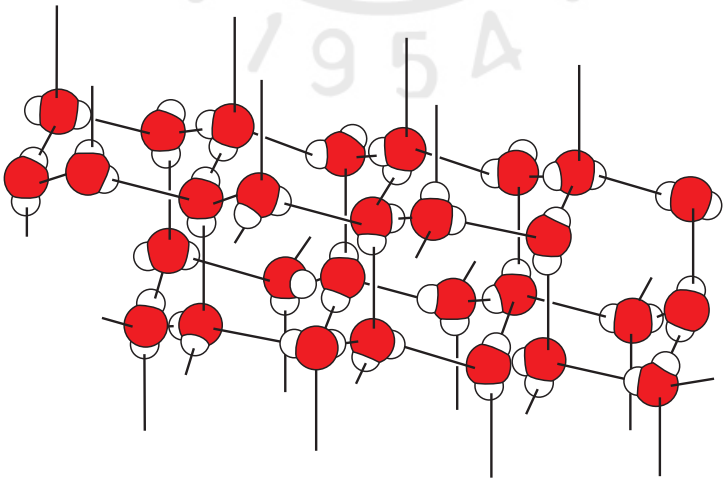
Η λειτουργία των νεφρών ελέγχεται από την ορμόνη της υπόφυσης, τη *βαζοπρεσίνη*. Σε πολλές περιπτώσεις ελλειμματικής παραγωγής βαζοπρεσίνης, όπως στην περίπτωση του σακχαροδιαβήτη, παρατηρείται συχνουρία και το ποσό των ούρων που αποβάλλεται, μπορεί να φτάσει τα είκοσι μέχρι τριάντα λίτρα το εικοσιτετράωρο. Ανάλογα δρουν και οι διουρητικές ουσίες που χορηγούνται σε διάφορες περιπτώσεις, όπως για έλεγχο της αρτηριακής πίεσης.

Αλλά και ως χημική ένωση, ως υγρό, το νερό έχει πολλές ιδιότητες εξαιρετικές, μοναδικές, σε σύγκριση με άλλα παρεμφερή μόρια. Είναι περίεργο ότι ένα τόσο μικρό μόριο, που αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου δεμένα μ' ένα άτομο οξυγόνου ($H_2O$), είναι σε συνήθη θερμοκρασία υγρό και όχι αέριο. Το *υδρόθειο* ($H_2S$), για παράδειγμα, ένα πολύ συγγενικό με το νερό μόριο, που αντί οξυγόνου έχει ένα πιο μεγάλο άτομο, το *θείο* (η μυρουδιά του θυμίζει κλούβιο αβγό), είναι αέριο σε συνηθισμένη θερμοκρασία και γίνεται υγρό στους 33 βαθμούς Κελσίου κάτω από το μηδέν. Το νερό γίνεται πάγος στους 0 βαθμούς, ενώ όταν βράζει, στους 100 βαθμούς, γίνεται αέριο.

Οι ιδιότητες αυτές του νερού διαδραματίζουν τεράστιο ρόλο για τη ζωή του

πλανήτη. Για παράδειγμα, όταν το νερό παγώνει αντί να γίνεται πυκνότερο, όπως καθετί άλλο, γίνεται πιο αραιό. Έτσι ο πάγος επιπλέει στο νερό. Αυτό είναι βασικό για να διατηρείται η ζωή στις πηγές της, στη θάλασσα και στις λίμνες. Το επιφανειακό στρώμα πάγου το χειμώνα προστατεύει τον πυθμένα και η ζωή των ψαριών συνεχίζεται. Η ικανότητα του νερού ν' απορροφά μεγάλο ποσό θερμίδων, βοηθάει στο να διατηρείται κάποια σταθερότητα θερμοκρασίας στον πλανήτη μας, αλλά και στο σώμα μας. Είναι σ' όλους γνωστό πόσο πιο ήπιος είναι ο χειμώνας και πόσο δροσερό το καλοκαίρι κοντά στη θάλασσα.

Οι εξαιρετικές αυτές ιδιότητες οφείλονται στη δομή του μορίου του νερού. Στο μόριό του συνεταιρίζονται, όπως είπαμε, δύο άτομα υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου. Το άτομο του οξυγόνου, που έχει έξι ηλεκτρόνια, συνδυάζεται με το ένα ηλεκτρόνιο καθενός από τα δύο άτομα υδρογόνου και αποκτά έτσι την περιπόθητη οχτάδα. Τα κοινά όμως ζευγάρια ηλεκτρονίων, ανάμεσα στο οξυγόνο και στα υδρογόνα, έλκονται περισσότερο προς το οξυγόνο και γι' αυτόν το λόγο παρουσιάζουν αρνητικό φορτίο κι αντίστοιχα τα υδρογόνα θετικό. Το μόριο δηλαδή έχει «πολικότητα» –μοιάζει μ' ένα μικρό μαγνήτη– που βοηθάει ν' αναπτυχθεί μια δύναμη έλξης ανάμεσα σε δύο, τρία ή περισσότερα μόρια νερού που συνδέονται μεταξύ τους με αυτές τις ελκτικές δυνάμεις. Αυτό το είδος δεσμού λέγεται *δεσμός υδρογόνου* και έχει μεγάλη σημασία, όχι μόνο γιατί δημιουργεί την ευεργετική ιδιορρυθμία του νερού, αλλά γιατί δεσμοί υδρογόνου υπάρχουν και στις πιο σημαντικές για τη ζωή ενώσεις, όπως είναι οι πρωτεΐνες και τα μόρια του DNA. Στην ηλεκτρική πολικότητα του μορίου του οφείλεται το γεγονός ότι πολλές ουσίες, που κι αυτές παρουσιάζουν πολικότητα, είναι διαλυτές σ' αυτό (υδρόφιλες) και άλλες χωρίς πολικότητα, όπως το λάδι ή η βενζίνη, είναι αδιάλυτες και απωθούνται από αυτό (υδρόφοβες ή λιπόφιλες).



*Ο πάγος.*

## Αλκοόλες, μόρια λύτρωσης κι εξευτελισμού

– Οι *αλκοόλες,* συνέχισε ο Κάρολος, είναι γνωστές από τόσο παλιά, όσο και η ανθρώπινη ιστορία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί, όπως οι πανταχού παρόντες σακχαρομύκητες, στον αγώνα τους για επιβίωση καταβροχθίζουν τον οποιοδήποτε σακχαρούχο χυμό, όπως το μούστο, και τον μετατρέπουν σε οινόπνευμα (αλκοόλη ή αιθανόλη) και ενέργεια. Απ' αυτήν τη διαδικασία οι μικροοργανισμοί κερδίζουν την τροφή και την ενέργεια που χρειάζονται. Σ' εμάς μένει το οινόπνευμα.

Το κρασί, η μπίρα αλλά κι άλλα αλκοολούχα ποτά, σε λογικές δόσεις, είναι γνωστά σαν λυτρωτικά από τα βάσανα της καθημερινότητας εδώ και χιλιάδες χρόνια. Είναι ίσως τα πιο απλά ηρεμιστικά. Αυτά που για λίγες ώρες βοηθάνε να ξεχαστούν τα βάσανα. Δυστυχώς, η δράση τους δεν είναι η ίδια σε όλους και είναι εύκολο κάποιος να περάσει από τη χρήση στην κατάχρηση. *Πόσοι άνθρωποι δεν έχουν βουλιάξει μέσα σ' ένα ποτήρι*! Στην πραγματικότητα, όπως θα δούμε και στη λειτουργία του νευρικού συστήματος, η δράση του οινοπνεύματος, παρότι θεωρείται από πολλούς διεγερτική, στην πραγματικότητα είναι περισσότερο καταθλιπτική, δρα δηλαδή ως αναισθητικό.

Οι αλκοόλες –υπάρχει μια μεγάλη οικογένεια τέτοιων ενώσεων, που χαρακτηρίζονται από την κατάληξη *-όλη*– μοιάζουν με το μόριο του νερού, η διαφορά είναι ότι στο μόριο του νερού το ένα από τα δύο υδρογόνα έχει αντικατασταθεί από άτομα άνθρακα και υδρογόνου, μια αλυσίδα δηλαδή από ανθρακοάτομα. Η απλούστερη περίπτωση είναι της μεθυλικής αλκοόλης (από τη λέξη *μέθη* και την κατάληξη *-όλη),* η οποία και σε ελάχιστες δόσεις προκαλεί στον άνθρωπο τύφλωση· η επόμενη αλκοόλη είναι η πολύ γνωστή *αιθυλική* του κρασιού και της μπίρας· η διαφορά τους, από πλευράς χημικής δομής, είναι ελάχιστη, η φυσιολογική τους όμως δράση, όπως όλοι ξέρουμε, είναι εντελώς διαφορετική.

Οι παραπάνω αλκοόλες, συνέχισε ο Κάρολος, όπου η χαρακτηριστική ομάδα του νερού παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο, είναι ευδιάλυτες στο νερό. Οι αλκοόλες όμως με μεγάλη αλυσίδα από ανθρακοάτομα, για παράδειγμα δώδεκα, όπου επικρατεί η αλυσίδα ανθράκων έναντι της αλκοολομάδας, προκαλούν την απώθηση από τα μόρια του νερού, γι' αυτό είναι αδιάλυτες. Απόλυτα αδιάλυτη στο νερό, είναι και η τόσο γνωστή χοληστερίνη ή χοληστερόλη, μια αλκοόλη με είκοσι εφτά άτομα άνθρακα.

Εκτός απ' αυτές τις απλές αλκοόλες υπάρχουν κι άλλες με περισσότερες αλκοολικές ομάδες (ΟΗ), όπως οι *γλυκόλες*, που χρησιμοποιούνται ως αντιψυκτικά για τα ψυγεία των αυτοκινήτων ή η γλυκερίνη, αυτό το παχύρρευστο γλυκό υγρό που διαθέτει τρία άτομα άνθρακα και τρεις αλκοολομάδες. Φυσικά πρόκειται για ένα εξαιρετικά πολικό και υδρόφιλο μόριο που συγκρατεί γερά τα μόρια του νερού, γι' αυτό χρησιμοποιείται στα καλλυντικά και στα τρόφιμα. Η γλυκοβελούδινη γεύση της προδίδει την παρουσία της σε ορισμένα εκλεκτά κρασιά, όπως τα κόκκινα κρασιά της Βουργουνδίας, που έχουν προσβληθεί από βοτρύτη.

Πρόκειται για ένα μύκητα που ευδοκιμεί όταν η υγρασία της ατμόσφαιρας είναι υψηλή, και ο οποίος, τρυπώντας τη φλούδα της ρώγας για να προσεγγίσει το χυμό, βοηθάει έτσι στην εξάτμιση του νερού και τον εμπλουτισμό του κρασιού με γλυκερίνη. Η *γλυκερίνη* είναι από τις πιο διαδεδομένες στη φύση ουσίες, αφού αποτελεί κοινό συστατικό όλων των λιπών και των λαδιών, που γι' αυτό λέγονται και *γλυκερίδια*.

Όλοι έχουμε εμπειρία από τα οξέα· από το *ξίδι* που νοστιμίζει και είναι ένα μικρό οργανικό οξύ με δύο άτομα άνθρακα, ως την οξύτητα του λαδιού, που οφείλεται στο *ελαϊκό* οξύ –ένα οξύ με δεκαοχτώ άτομα άνθρακα– αλλά και άλλα καθημερινής χρήσης προϊόντα, όπως το *κιτρικό* οξύ των λεμονιών και των φρούτων (το ξινό) ή το *γαλακτικό* οξύ του γιαουρτιού. Οξέα παράγει κι ο ίδιος ο οργανισμός μας, όπως τα γαστρικά μας υγρά, που είναι πολύ όξινα γιατί περιέχουν ένα ισχυρό αλλά αραιό οξύ, το *υδροχλωρικό* ή το επικίνδυνο για τους ηλικιωμένους *ουρικό* οξύ. Μερικά οξέα, όταν είναι πυκνά, είναι πολύ επικίνδυνα για τον άνθρωπο, όπως το *βιτριόλι,* δηλαδή το *θειικό* οξύ (γνωστό σε ορισμένες ζηλότυπες για την εκκαθάριση των ερωτικών λογαριασμών τους).

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των οξέων είναι ότι διαθέτουν *θετικά* ιόντα υδρογόνου (ένα άτομο υδρογόνου που έχει χάσει το ηλεκτρόνιό του, δηλαδή το αρνητικό του φορτίο, και μένει με το πρωτόνιο, το θετικό φορτίο). Οι χημικοί το σημειώνουν απλά: $H^+$.

Αλλά και από τις *βάσεις* που είναι το αντίθετο από τα οξέα έχουμε εμπειρίες από την καθημερινή ζωή. Το αίμα, τα αβγά οφείλουν ένα μέρος από τη γλοιώδη γεύση τους στο γεγονός ότι περιέχουν βάσεις. Η *αμμωνία,* προϊόν αποσύνθεσης των ούρων, είναι μια από τις κυριότερες βάσεις. Και οι *αμίνες,* παράγωγα της αμμωνίας, που διαθέτουν και αλυσίδες από άτομα άνθρακα, είναι οι συνηθισμένες οργανικές βάσεις. Τα πιο σημαντικά μόρια του γενετικού κώδικα, για παράδειγμα, δημιουργούνται από συνδυασμούς τεσσάρων βάσεων, των *πουρινών.*

Χαρακτηριστικό των βάσεων είναι ότι έχουν ένα αρνητικό ιόν –οι χημικοί το λένε *υδροξείλιο*– που αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και ένα υδρογόνου με πλεόνασμα ενός ηλεκτρονίου $(OH)^-$. Το νερό, για παράδειγμα (HOH), θα ήταν δυνατόν να δώσει ίσον αριθμό θετικών ιόντων υδρογόνου ($H^+$) και αρνητικών ιόντων υδροξειλίου $(OH)^-$.

Όταν αντιδράσει ένα οξύ με μια βάση, σχηματίζεται αμέσως νερό και άλας. Γίνεται δηλαδή «εξουδετέρωση» των αντίθετα φορτισμένων ιόντων. Κάτι τέτοιο συμβαίνει με τη χρήση ανθρακικού νατρίου (της γνωστής σόδας) για την εξουδετέρωση ενός ταλαιπωρημένου πολύ όξινου στομαχιού. Με τη σόδα, το υδροχλωρικό οξύ του στομαχιού μετασχηματίζεται σε νερό και χλωριούχο νάτριο, το γνωστό μας αλάτι της κουζίνας, και στο ευεργετικό από μηχανικής πλευράς αέριο διοξείδιο του άνθρακα, που η έκλυσή του ανακουφίζει μηχανικά το στομάχι.

Η ανάμειξη ενός λιπαρού οξέος, για παράδειγμα του ελαϊκού (από το ελαιόλαδο) ή του στεατικού (από το ξίγκι) με μια ισχυρή βάση, όπως η καυστική σόδα,

απολήγει στην παραγωγή ενός πολύ γνωστού προϊόντος καθημερινής χρήσης, του *σαπουνιού.*

Τα δομικά υλικά, αλλά και τα πιο πολλά από τα επιτελικά υλικά του οποιουδήποτε οργανισμού, είναι οι πρωτεΐνες. Δομικός λίθος των απειράριθμων πρωτεϊνικών μορίων είναι τα είκοσι αμινοξέα, μόρια που διαθέτουν συγχρόνως και *όξινη* και *βασική* ομάδα· ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο. Κάτι σαν απειροελάχιστη μπαταρία με θετικό και αρνητικό πόλο.

Αισθάνομαι όμως ότι εξάντλησα την υπομονή σας, καιρός τώρα να πάρει τη σκυτάλη ο Ευκλείδης και να μας πει ό,τι νομίζει χρήσιμο, σχετικά με την ενέργεια, κατέληξε ο Κάρολος.

## Κβάντα, τα πακέτα ενέργειας

– Επειδή συνεχώς ακούω για τα κβάντα, την Κβαντική Θεωρία, και ως φιλόλογος έχω συγκεχυμένη ιδέα, θα ήθελε ο Ευκλείδης να με φωτίσει; παρενέβη ο Πλάτωνας.

– Θα το κάνω ευχαρίστως, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Οι θεωρίες του Einstein και του M. Planck έδωσαν νέες διαστάσεις στην αντιμετώπιση της ενέργειας και διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο σε δύο επαναστατικές θεωρίες του 20ου αιώνα, στις οποίες βασίζεται η σύγχρονη φυσική: τη Θεωρία της Σχετικότητας και την Κβαντική Θεωρία. Οι γνώσεις όμως αυτές, που ενδιέφεραν μόνο μια μικρή μειονότητα ειδικευμένων επιστημόνων, άφηναν τελείως αδιάφορους τους πολλούς, που γι' αυτούς ήταν αόριστες έννοιες ανάμεσα στο υπαρκτό και το ανύπαρκτο. Χρειάστηκε ο ορυμαγδός από την τραγική έκρηξη της Χιροσίμα, οι εφαρμογές της ηλεκτρονικής και της σύγχρονης τεχνολογίας, για να στρέψουν οι πολλοί την προσοχή τους στο επιβλητικό οικοδόμημα που είχε στηθεί από τη γενιά αυτή των επιστημόνων.

Στις δεκαετίες 1910-1930 οι θεαματικές πρόοδοι σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα, όπως ήταν επόμενο, δημιούργησαν και συγχύσεις και κενά και αντιφάσεις. Ένα πλήθος από φυσικά φαινόμενα δεν ήταν δυνατόν να ερμηνευθούν, για παράδειγμα με την Ατομική Θεωρία του Bohr, ενώ ακόμα και τα χρωματιστά φάσματα εκπομπής των απλών στοιχείων δεν ήταν δυνατόν να ερμηνευθούν με τις θεωρίες της εποχής εκείνης.

Σύμφωνα, λοιπόν, με την Κβαντική Θεωρία, η εκπομπή ή η απορρόφηση ενέργειας (ακτινοβόλου ενέργειας) δεν πραγματοποιείται κατά τρόπο συνεχή αλλά ασυνεχή, κατά στοιχειώδη ποσά ενέργειας αδιαίρετα. Τα πακέτα αυτά ενέργειας τα ονόμασε ο M. Planck *κβάντα* (quanta) ή *φωτόνια.* Η βασική ιδέα στη θεωρία του θα μπορούσε να θεωρηθεί επέκταση στον ενεργειακό χώρο της τόσο παλαιάς ενόρασης του Δημόκριτου (460-370 π.Χ.) στο χώρο της ύλης, ο οποίος με την Ατομική Θεωρία του συνέλαβε την έννοια του ατόμου, δηλαδή της συνεχούς πλήρωσης του χώρου με απειροελάχιστα, αόρατα σωματίδια, ελεύθερα κι

ανεξάρτητα, που δεν είναι δυνατόν να υποδιαιρεθούν πιο πέρα, τα *άτομα*. Στη σημερινή θεώρηση πάντως τα άτομα του Δημόκριτου ταιριάζουν πιο πολύ με τα κουάρκς ή τα λεπτόνια, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Κατά τον Planck, το ενεργειακό περιεχόμενο ενός συστήματος δεν είναι μεταβλητό κατά συνεχή τρόπο, αλλά η μεταβολή του πραγματοποιείται κατά βαθμίδες ενέργειας, όπως ακριβώς και η δυναμική ενέργεια ενός ανθρώπου, ο οποίος ανεβαίνει τα κάθετα σκαλοπάτια μιας κατακόρυφης σκάλας. Η απορρόφηση ή εκπομπή ενέργειας από ένα σύστημα συνεπάγεται τη μετάβαση από μία στάθμη ενέργειας σε μιαν άλλη. Απορρόφηση ενέργειας από το σύστημα απολήγει σε κέρδος ενέργειας για το σύστημα, δηλαδή μετάπτωσή του σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη. Αντίθετα, εκπομπή ενέργειας από το σύστημα οδηγεί σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη. Οι δύο ενεργειακές στάθμες μπορεί να είναι παραπλήσιες ή απομακρυσμένες. Η απόσταση ανάμεσα στις δύο ενεργειακές στάθμες δίνεται από τη συχνότητα της ακτινοβολίας που απορροφάται ή εκπέμπεται. Κάθε άτομο συνιστά ένα τέτοιο ενεργειακό σύστημα.

Τα ηλεκτρόνια, καθώς περιφέρονται συνεχώς γύρω από τον πυρήνα, κατέχουν καθορισμένες ενεργειακές στάθμες, άλλες πλησιέστερα στον πυρήνα και άλλες πιο απομακρυσμένες. Οι στάθμες αυτές ενέργειας ονομάζονται *ηλεκτρονικές στοιβάδες* ή *ηλεκτρονικό νέφος*. Η καθεμιά από τις ηλεκτρονικές αυτές στοιβάδες αντιστοιχεί σε μια ενεργειακή στάθμη. Οι πλησιέστερες προς τον πυρήνα ηλεκτρονικές στοιβάδες έχουν τη μικρότερη ενέργεια και είναι οι σταθερότερες. Επειδή όμως είναι γενικό αξίωμα στη φύση ότι σταθερότερα συστήματα είναι αυτά που περικλείουν μικρότερη ενέργεια, έπεται ότι όλα τα φυσικά συστήματα θα τείνουν προς χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες.

Στην κανονική ή θεμελιώδη κατάσταση του ατόμου το κάθε ηλεκτρόνιο κινείται στην πλησιέστερη προς τον πυρήνα τροχιά, την οποία είναι δυνατόν να καταλάβει. Αυτή ενέχει την ελάχιστη ενέργεια. Οι άλλες καταστάσεις περιέχουν ένα πλεόνασμα ενέργειας, συγκρινόμενες ως προς τη θεμελιώδη κατάσταση, και ονομάζονται *καταστάσεις διέγερσης του ατόμου*. Σύμφωνα λοιπόν με το αξίωμα που έχει αναφερθεί, ηλεκτρόνια που αναγκάστηκαν να καταλάβουν υψηλότερες ενεργειακές στάθμες με εξωτερική προσφορά ενέργειας, λόγου χάρη με θέρμανση ή με ηλεκτρικούς σπινθήρες, τείνουν να την αποβάλουν υπό μορφή εκπομπής ακτινοβολίας και να μεταπέσουν σε χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες.

Τα άτομα, θεμελιώδεις μονάδες για τη δομή του κάθε υλικού στη Γη και στο Σύμπαν, τείνουν προς τις χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες. Δεν είναι παράδοξο ότι το ίδιο συμβαίνει και με τα μόρια που δομούνται από άτομα ή τα μακρομόρια που δημιουργούνται από τα μόρια. Μακρομόρια όμως και νερό δομούν τη στοιχειώδη μονάδα ζωής, το *κύτταρο*. Τα κύτταρα στη συνέχεια σχηματίζουν ιστούς, οι ιστοί τα όργανα, τα όργανα τους πολυκύτταρους οργανισμούς, τον *άνθρωπο*. Γιατί η συνισταμένη όλων αυτών, δηλαδή ο άνθρωπος, θα ήταν διαφορετική από τις συνιστώσες της, γιατί αυτός θα ξέφευγε από τον παγκόσμιο νόμο; Έτσι δεν εί-

ναι καθόλου παράδοξη η αναζήτηση και από τον άνθρωπο της πιο αναπαυτικής, της πιο ξεκούραστης, της πιο παρασιτικής θέσης: της θέσης με τη χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη· η *παντοδυναμία της ήσσονος προσπάθειας*. Όπως έχουμε πει πολλές φορές, όλα στον κόσμο αυτό, ύλη και ενέργεια, τείνουν προς τις χαμηλότερες στάθμες. Αλίμονο όμως, οι κοινωνικές υποχρεώσεις άλλα επιτάσσουν! τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Το μοντέλο του ατόμου που προτάθηκε από τον Bohr, δηλαδή ο πυκνός θετικός πυρήνας στο κέντρο και γύρω-γύρω σε τροχιές τα αρνητικά ηλεκτρόνια που γυρνάνε αδιάκοπα, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο, και οι τροποποιήσεις και οι βελτιώσεις που ακολούθησαν την εξαγγελία του, δεν ήταν δυνατόν να εξηγήσουν πολλά φυσικά φαινόμενα. Ήταν φανερό ότι πολλά ακόμα στοιχεία ήταν ελλιπή.

Η συμπεριφορά, για παράδειγμα, των ηλεκτρονίων, όταν διέρχονται ανάμεσα από τα ιόντα που συνιστούν το κρυσταλλικό πλέγμα, παρόλο που θεωρούνται σωματίδια αρνητικά φορτισμένα, είναι ανάλογη με εκείνη των ακτίνων Χ, οι οποίες όμως αποτελούν τμήμα της άυλης, της κυματικής δέσμης ακτινοβολιών. Η ύλη δηλαδή παρουσιάζεται υπό διπλή υφή: στα ηλεκτρικά, μαγνητικά ή τα πεδία βαρύτητας, συμπεριφέρεται ως σωματίδιο, στο οποίο το ηλεκτρικό φορτίο – η βαριά και αδρανής μάζα – είναι συγκεντρωμένο σύμφωνα με τις αντιλήψεις της κλασικής φυσικής· στην αλληλεπίδραση όμως με ύλη, τα ίδια σωματίδια συμπεριφέρονται σαν να επρόκειτο για άυλα κύματα. Και τα άυλα φωτόνια, όμως, υπό ορισμένες συνθήκες συμπεριφέρονται σαν να είχαν υλική υπόσταση· για παράδειγμα, όταν συγκρούονται με τα ηλεκτρόνια – συστατικά των «υλικών» ατόμων – σκορπίζονται σαν να ήταν μπάλες του μπιλιάρδου· όπως δηλαδή το ηλεκτρόνιο, έτσι και το φως έχει διπλή υπόσταση: κύματος και σωματιδίου.

Πολλές φορές μέχρι τώρα έχουμε αναφέρει τη διάσημη εξίσωση του Einstein, που αποκατέστησε μια ποσοτική σχέση ανάμεσα στην ύλη και την ενέργεια. Όσο δηλαδή κι αν δεν είναι αυτονόητο, η ύλη είναι ισοδύναμη με την ενέργεια και η μία μεταπίπτει στην άλλη.

Η απροσδιοριστία των υποατομικών φαινομένων οφείλεται στην αμφισβητήσιμη και διφορούμενη φύση των εξαιρετικά μικρών *υποατομικών σωματιδίων,* που στην πραγματικότητα δεν είναι ούτε σωματίδια ούτε αντικείμενα· είναι ίσως οντότητες με δύο πρόσωπα, που σε ορισμένες περιπτώσεις συμπεριφέρονται σαν σκληρά σκάγια και σ' άλλες σαν άυλα κύματα. Μ' άλλα λόγια, η διερεύνηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα στοιχειώδη συστατικά της ύλης μπορούν και συμπεριφέρονται σαν κύματα, όταν δεν τυχαίνει να συμπεριφέρονται σαν σωματίδια. Τα άτομα-σφαιρίδια, είναι μια όψη της ύλης, όχι όμως η μοναδική· η άλλη πλευρά, η συμπληρωματική, είναι το κύμα. Υλικά σωματίδια και κύματα είναι οι δύο αλληλοσυμπληρούμενες όψεις της ενιαίας πραγματικότητας. Αυτό το δυϊσμό, θεμελιώδες στοιχείο της σύγχρονης φυσικής, ο Bohr τον ονόμασε *Αρχή της Συμπληρωματικότητας* και είναι το κυριότερο αξίωμα της Σχολής της

Κοπεγχάγης (Bohr, Heisenberg, De Broglie, Schr dinger). Το νόημα της αρχής αυτής είναι ότι ένα φαινόμενο μπορεί ν' αντιμετωπιστεί από δύο διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Αυτό που η Σχολή της Κοπεγχάγης αποκαλεί συμπληρωματικότητα θυμίζει τον καρτεσιανό δυϊσμό της ύλης και του πνεύματος, αλλά και το συσχετισμό του Einstein ανάμεσα στην ύλη και την ενέργεια.

Στις υποατομικές και ενδοπυρηνικές διαστάσεις, συνέχισε ο Ευκλείδης, η ανθρώπινη σκέψη πλησιάζει μια πραγματικότητα. Αυτή η δυαδική υπόσταση ηλεκτρονίου-φωτονίου, εκεί όπου η ύλη και η ενέργεια ταυτοποιούνται, είναι χαρακτηριστική για τα όρια, στα οποία τερματίζει η ανθρώπινη αντίληψη. Το ίδιο συμβαίνει και στην αντίπερα όχθη, στον κόσμο του γιγαντιαίου, στο *Σύμπαν,* κι όταν ταχύτητες πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός, ο άνθρωπος προσπαθεί να ατενίσει την άπιαστη για τις αισθήσεις του πραγματικότητα με τις Θεωρίες της Σχετικότητας.

Ένα βήμα ακόμα στην κατανόηση της δυαδικής υπόστασης έγινε το 1925, όταν ο De Broglie διαπίστωσε ότι υφίσταται εκπληκτική αναλογία στις ιδιότητες του ηλεκτρονίου και του φωτονίου, από τη στιγμή που θ' αποδοθεί ένα μήκος κύματος στο κινούμενο ηλεκτρόνιο, και γι' αυτό πήρε το βραβείο Nobel το 1925.

Το σωματίδιο είναι κάτι τελείως διαφορετικό από το κύμα· είναι ένας μικρός βόλος συγκεντρωμένου υλικού, ενώ το κύμα είναι μια άμορφη διαταραχή που μπορεί ν' απλώνεται και να σκορπίζεται. Πώς γίνεται όμως κάτι να είναι ταυτόχρονα και σωματίδιο και κύμα; Όλ' αυτά συσχετίζονται με τη συμπληρωματικότητα: πώς μπορεί ο νους να είναι σκέψεις και νευρικοί (ηλεκτρικοί) παλμοί; Πώς μπορεί ένα μυθιστόρημα να είναι και μια πλοκή και ένας μύθος και μια συλλογή λέξεων; Όπως ακριβώς και στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές η σωματιδιακή όψη είναι ο υλικός μηχανισμός (hardware), ενώ η κυματική όψη αντιστοιχεί με το λογισμικό (software) ή με το νου ή με την πληροφορία, γιατί το κβαντικό κύμα δεν μοιάζει με κανενός είδους κύμα απ' όσα έχουμε συναντήσει· δεν είναι κύμα μιας κάποιας ουσίας ή φυσικού υλικού, αλλά ένα κύμα που μας λέει τι μπορούμε να μάθουμε για το άτομο (την ταχύτητα, τη θέση του) και όχι ένα κύμα του ίδιου του ατόμου. Κανείς δεν ισχυρίζεται ότι ένα άτομο μπορεί συνέχεια ν' απλώνεται γύρω, όπως μια κύμανση· όμως αυτό που έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει στο περιβάλλον του είναι η γνώση που μπορεί ν' αποκτήσει ο παρατηρητής για το άτομο.

Είμαστε όλοι εξοικειωμένοι με το κύμα εγκληματικότητας, που δεν είναι κύμα κάποιας ουσίας αλλά «κύμα πιθανότητας». Εκεί όπου το κύμα εγκληματικότητας είναι εντονότερο, υπάρχει η μεγαλύτερη πιθανότητα να γίνει κακούργημα. Το κβαντικό κύμα είναι κύμα πιθανότητας. Το σωματίδιο, δηλαδή ο υλικός μηχανικός εξοπλισμός, το *hardware,* περιγράφεται ως κύμα που εμπεριέχει την πληροφορία, ενώ το λογισμικό, το *software,* είναι σχετικό με το τι είναι δυνατόν να βρει ο παρατηρητής ότι θα κάνει το σωματίδιο, όταν το παρατηρήσει. Και οι δυο δυνατοί κόσμοι συνυπάρχουν σε μια υβριδική δαιμονική αλληλεμπλοκή,

δυσκολοσύλληπτη από το φτωχό ανθρώπινο νου, η οποία όμως εξηγεί αστραφτερά πλήθος από νοητά, απτά φαινόμενα.

Ενώ κατά τη θεωρία του Νεύτωνα υφίσταται ένας άκαμπτος συσχετισμός αιτίου-αποτελέσματος και κάθε φαινόμενο είναι δυνατόν να προσδιοριστεί από πριν με κάθε λεπτομέρεια, σύμφωνα με τις βασικές αρχές της Κβαντικής Θεωρίας η φύση είναι αφεαυτής μη προβλέψιμη. Κατά τον Heisenberg, στο μικρόκοσμο συμβαίνουν γεγονότα που δεν έχουν σαφώς καθορισμένα αίτια. Η κβαντομηχανική διέψευσε τον ισχυρισμό ότι «κάθε συμβάν» έχει κάποια αιτία. Δεν γίνεται πάντα να είμαστε σίγουροι τι πρόκειται να κάνει ένα σωματίδιο από στιγμή σε στιγμή. Το ηλεκτρόνιο, όπως και το πρωτόνιο, έχει δυαδική υπόσταση. Κάποιες φορές ταιριάζει καλύτερα να σκεφτόμαστε τα σωματίδια σαν κύματα και, αντίστροφα, τα κύματα σαν σωματίδια. Όπως είπε, χαριτολογώντας, κάποιος φυσικός: το ηλεκτρόνιο, Δευτέρα, Τετάρτη, Παρασκευή είναι υλικό σωματίδιο, ενώ Τρίτη, Πέμπτη, Σάββατο έχει ιδιότητες κύματος. Την Κυριακή, ίσως είναι και τα δύο μαζί.

Το τελευταίο, όμως, πρόσθεσε ο Ευκλείδης, αποκλείεται εντελώς από την Κβαντική Θεωρία, γιατί δεν μπορεί να είναι παρά το ένα ή το άλλο, ποτέ συγχρόνως και τα δύο:

«Τα *κύματα είναι κύματα,*
*τα σωματίδια, σωματίδια,*
*αλλά ποτέ δεν γίνεται*
*τα δυο να είναι συνάμα».*

Η γάτα του Schr dinger είναι ένα φημισμένο παράδειγμα από τις εμφανείς αντιφάσεις της κβαντομηχανικής. Σ' αυτό το «νοητικό» πείραμα μια γάτα κλεισμένη μέσα σ' ένα κουτί έχει 50% πιθανότητες να δηλητηριαστεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υφίσταται η δυνατότητα να είναι και νεκρή και ζωντανή μέχρι ν' ανοιχθεί το κουτί και να παρατηρηθεί τι από τα δύο συμβαίνει.

– Αυτή η υπέρθεση των δύο ακραίων θέσεων είναι μια κατάσταση που πασχίζουν να δημιουργούν οι πειραματιστές χρησιμοποιώντας κβαντικά σωματίδια, που θα ήταν δυνατόν να εφαρμοστούν στην πληροφορική με τα κβαντικά computers, συμπλήρωσε ο Νίκος.

– Προσεγγίζοντας το εσωτερικό του μικρόκοσμου, συνέχισε ο Ευκλείδης, όπως και του μακρόκοσμου, αισθανόμαστε την ανάγκη της βαθύτερης γνώσης των πραγμάτων. Δυστυχώς, ο ανθρώπινος νους με τις φτωχές του αισθήσεις, όσο προχωρεί στη διερεύνηση των φυσικών νόμων, της φυσικής αρμονίας, δημιουργεί συνεχώς περισσότερα ερωτηματικά από απαντήσεις, παρόλο που δεν πρέπει να παραγνωριστούν οι προσπάθειες και οι επιτυχίες του. Μια ακόμα σημαντική επιτυχία ήρθε με την Κβαντοηλεκτροδυναμική Θεωρία (QED) του R. Feynman, και τη Θεωρία της Αβεβαιότητας ή Απροσδιοριστίας του Heisenberg.

## Η Κβαντοηλεκτροδυναμική (QED) του R. Feynman και ο χρόνος που τρέχει προς τα πίσω

Ο Feynman, ο νομπελίστας φυσικός, άνθρωπος με πολύ ανθρωπιά και χιούμορ, είναι ο πρώτος που ασχολήθηκε συστηματικά με την αλληλεπίδραση των φωτονίων του φωτός και των ηλεκτρονίων της ύλης. Στα περισσότερα φυσικά φαινόμενα, με τα οποία είμαστε εξοικειωμένοι, αναπτύσσονται αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο φως και τα ηλεκτρόνια, όπως στη χημεία και στη βιολογία. Η Κβαντομηχανική Θεωρία, περιγράφει τα ραδιενεργά φαινόμενα που έχουν σχέση με τις μεταπτώσεις των πυρήνων των ατόμων στα διάφορα ενεργειακά τους επίπεδα.

Δυστυχώς, δεν είναι εύκολο με λίγα λόγια να εξηγήσουμε τη θεωρία του Feynman, ο οποίος υποστήριξε ακόμα ότι το ποζιτρόνιο δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένα ηλεκτρόνιο που κινείται προς τα πίσω μέσα στο χρόνο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, σ' ένα γαλαξία αντιύλης ο χρόνος θα έτρεχε συνέχεια ανάποδα από το δικό μας. Όπως λέει και ο ίδιος:

*«Δεν είναι δυνατόν να εξηγήσω γιατί η φύση συμπεριφέρεται με τόσο παράδοξο τρόπο. Η QED είναι παράλογη από πλευράς "κοινής αίσθησης". Αλλά και η φύση, πρέπει να δεχτούμε, είναι παράλογη και δεν υπάρχει καμιά καλή θεωρία που να εξηγεί γιατί αυτό συμβαίνει».*

– Όποιος ενδιαφέρεται για περισσότερα, υπάρχουν τα βιβλία του Feynman, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Όπως είναι επόμενο, οι δυαδικές αυτές θεωρίες δημιούργησαν την εποχή εκείνη αρκετές απορίες. Οι αντιφάσεις όμως και η σύγχυση της εποχής εκείνης αρχίζουν να βρίσκουν κάποια λύση με την πρόταση της *Αρχής της Απροσδιοριστίας ή Αβεβαιότητας* από τον Heisenberg, τον άνθρωπο που κλόνισε τις θεωρίες του αιτιοκρατικού ντετερμινισμού, που επικρατούσε ως τότε στη φυσική, και δημιούργησε νέους δρόμους στη σύγχρονη φιλοσοφική σκέψη.

## Η Αρχή της Αβεβαιότητας ή της Απροσδιοριστίας του Heisenberg

Το 19ο αιώνα και στις αρχές του 20ου, οι φυσικές επιστήμες ήταν διαποτισμένες με τις ντετερμινιστικές αρχές του Laplace. Αιτιοκρατία παντού. Σύμφωνα με τις αρχές αυτές, ένα σύνολο φυσικών νόμων θα μας επέτρεπε να προβλέψουμε οτιδήποτε συμβαίνει στο Σύμπαν, αρκεί να γνωρίζουμε απόλυτα την κατάσταση του υπό εξέταση συστήματος κάποια χρονική στιγμή. Ο Laplace μάλιστα δεν περιορίστηκε σ' αυτό. Υποστήριξε ότι υπάρχουν παρόμοιοι νόμοι, που προσδιορίζουν ακόμα και την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Το αξίωμα του επιστημονικού δογματισμού, όπως κάθε δογματική θεωρία, καταπολεμήθηκε από πολλούς. Σ' αυτούς προστέθηκαν και απροσδόκητοι σύμμαχοι, όσοι πίστευαν ότι οι παραπάνω θεωρίες περιορίζουν την παντοδυναμία

του Θεού να παρεμβαίνει στον Κόσμο. Οι πρόοδοι όμως στη φυσική, την αστρονομία, τη χημεία, κλόνισαν την αιτιοκρατία και, τελικά, η Κβαντική Θεωρία και η Αρχή της Απροσδιοριστίας, οι οποίες κυριάρχησαν στις σύγχρονες φυσικές επιστήμες, συνετέλεσαν στην πλήρη εκθρόνιση των ντετερμινιστικών θεωριών.

Κατά τη Θεωρία της Αβεβαιότητας, τα στοιχειώδη σωματίδια, όπως τα ηλεκτρόνια, δεν έχουν πια θέσεις και ταχύτητες διαχωρισμένες μεταξύ τους, σαφώς καθορισμένες, οι οποίες είναι δυνατόν να παρατηρηθούν. Αντί γι' αυτές έχουν μια κβαντική κατάσταση που είναι συνδυασμός θέσης και ταχύτητας· ένας αριθμός διαφορετικών πιθανών αποτελεσμάτων, που μας πληροφορεί για το πόσο πιθανό είναι το καθένα απ' αυτά. *Αβεβαιότητα* και *στατιστική* είναι τα θεμέλια της σύγχρονης φυσικής. Της φυσικής, όπου κυριαρχούν οι Θεωρίες της Σχετικότητας και των Κβάντα.

Η Αρχή της Απροσδιοριστίας είχε βαθιά επίδραση για την εικόνα που έχει ο άνθρωπος για τον κόσμο. Αν και πέρασαν περισσότερα από πενήντα χρόνια, οι επιπτώσεις της θεωρίας αυτής, αν και αποδεκτή απ' όλους τους σύγχρονους φυσικούς επιστήμονες, δεν έχουν κατανοηθεί από πολλούς φιλοσόφους και οι αμφισβητήσεις και οι αντιδικίες εξακολουθούν. Όπως παρατήρησε ο Heisenberg:

*«Με το πρότυπο του ατόμου θελήσαμε ν' απεικονίσουμε λεπτομερειακά μιαν αόρατη πραγματικότητα. Πρόκειται για υπερβολή, γιατί δεν υπάρχει δυνατότητα ν' απεικονιστούν οι λεπτομέρειες και πολύ περισσότερο η πραγματικότητα».*

Τι είναι όμως πραγματικότητα; Εδώ ακριβώς βρίσκεται το μεγάλο πρόβλημα της ατομικής φυσικής. Βέβαια, δεν πρόκειται να εξεταστεί το φιλοσοφικό πρόβλημα, αν υπάρχει δηλαδή πραγματικός κόσμος πίσω απ' τις αισθήσεις μας και αν ο κόσμος αυτός είναι προσιτός στον ανθρώπινο νου. Απ' την πλευρά της φυσικής ενδιαφέρει η πειραματική σύγκριση ανάμεσα στη θεωρία και στο πείραμα. Η Κβαντική Θεωρία παρακίνησε πολλούς φυσικούς να διακηρύξουν ότι δεν υφίσταται αντικειμενική πραγματικότητα. Η μόνη πραγματικότητα που υπάρχει είναι αυτή που αποκαλύπτεται από τις παρατηρήσεις μας. Αυτό όμως κανείς δεν μπορεί να το αποδείξει, κατέληξε ο Ευκλείδης.

– Έχω λιγάκι μπερδευτεί, είπε παρεμβαίνοντας ο Πλάτων.

– Θα προσπαθήσω να το κάνω πιο προσιτό, παρόλο που είναι έννοιες οι οποίες χρειάζονται χρόνο και εξοικείωση για να τις κατανοήσουμε, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Για να δούμε οποιοδήποτε αντικείμενο με το μικροσκόπιο, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιήσουμε φως με μήκος κύματος μικρότερο από το μήκος του αντικειμένου που εξετάζεται, γιατί μόνο έτσι μπορεί ν' απεικονιστεί με σαφήνεια, γιατί ο διασκορπισμός του φωτός δημιουργεί εικόνα ασαφή. Για να δούμε λόγου χάριν κάτω απ' το μικροσκόπιο ηλεκτρόνια ενός ατόμου που κινούνται, πρέπει να διαθέτουμε φως, του οποίου το μήκος κύματος να είναι μικρότερο από τη διάμετρο του ηλεκτρονίου ή, αντίστοιχα, για να δούμε τροχιές, φως με μήκος κύματος

τουλάχιστον ίσο με την τροχιά. Φωτόνια όμως τόσο μικρού μήκους κύματος, δηλαδή μεγάλης συχνότητας, περικλείουν μεγάλη ενέργεια, αφού η ενέργεια είναι ανάλογη με τη συχνότητα της ακτινοβολίας, και όταν αυτά επιδράσουν πάνω στο άτομο του οποίου τα ηλεκτρόνια παρατηρούμε, θ' αποδώσουν στα ηλεκτρόνια μεγάλο ποσό ενέργειας. Έτσι, η ενέργεια που θ' αποκτήσει το ηλεκτρόνιο – από το φως που θα χρησιμοποιηθεί για την απεικόνισή του – είναι τόσο μεγάλη, ώστε θα έριχνε το ηλεκτρόνιο έξω από την τροχιά του, δηλαδή θ' αποτύγχανε ο σκοπός για τον οποίο έγινε το πείραμα. Αν, εξάλλου, χρησιμοποιηθεί φως μικρής ενέργειας, ώστε να είναι αμελητέα η ενέργεια που προσφέρεται, τότε θα είχε μεγάλο μήκος κύματος κι έτσι δεν θα ήταν δυνατόν να δούμε καθαρά. Μ' αυτά τα δεδομένα, αποδεικνύεται αδύνατη η απεικόνιση του ατόμου. Το αποτέλεσμα είναι ότι δεν είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε καθαρά ταυτόχρονα και τη θέση και την κίνηση ενός ηλεκτρονίου· δηλαδή, ψάχνοντας για το ηλεκτρόνιο ποτέ δεν το εντοπίζουμε. Είναι τόσο μικρό και τόσο ελαφρύ, ώστε, αν προσπαθήσουμε να εστιάσουμε κάποιο είδος ακτίνας πάνω του, η ένταση του φωτός θα το σπρώξει μακριά. Όσο πλησιάζουμε να προσδιορίσουμε την ταχύτητά του, τόσο λιγότερο ξέρουμε τη θέση του και αντίθετα. Η αρχή αυτή μαθηματικά αποδόθηκε πολύ απλά από τον Heisenberg· ξέροντας όμως την απέχθειά σας για τους μαθηματικούς τύπους, τους αποφεύγω, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η απροσδιοριστία δεν εμποδίζει τον άνθρωπο να θέσει τις ιδιότητες του ηλεκτρονίου στην υπηρεσία του, δημιουργώντας το θαυμαστό κόσμο της μικροηλεκτρονικής. Η αρχή αυτή, βασική για όλες τις νεότερες αντιλήψεις περί ακτινοβολιών, είναι η *Αρχή της Απροσδιοριστίας ή της Αβεβαιότητας* του Heisenberg. Εφόσον δεν υπάρχει τρόπος να δούμε την τροχιά, δεν υπάρχει και φυσική έννοια για να την ορίσουμε. Με άλλα λόγια, τα υποδείγματα είναι περισσότερο «καθορισμένα» απ' ό,τι επιτρέπει η αντικειμενικότητα και περιέχουν λεπτομέρειες περισσότερες απ' όσες είναι δυνατές, όπως είναι ο επακριβής προσδιορισμός της τροχιάς των ηλεκτρονίων του ατόμου. Αυτό βέβαια δεν θα έβλαπτε, αν το υπόδειγμα μπορούσε να εκπληρώσει το σκοπό του, ώστε να προβλέψουμε σωστά τα φυσικά και χημικά φαινόμενα που παρατηρούνται.

Τα άτομα και ο αντικειμενικός κόσμος, κατά τον Heisenberg, δεν υφίστανται στην ατομική στάθμη. Όσο ακριβέστερα μπορεί να προσδιοριστεί η θέση ενός ηλεκτρονίου, τόσο πιο αβέβαιη (απροσδιόριστη) γίνεται η ταχύτητά του και, αντίθετα, αν γίνει γνωστή η ταχύτητά του τότε η θέση του εξαφανίζεται. Η Θεωρία της Αβεβαιότητας απλά πιστοποιεί το γεγονός ότι: η προσπάθεια να μετρήσουμε τη θέση και την ταχύτητα του ηλεκτρονίου θ' αλλάξει τελικά τη θέση και την ταχύτητά του. Έτσι η προσπάθεια θ' αποτύχει. Πρόκειται δηλαδή για συντελεστές που είναι αντιστρόφως ανάλογοι: όσο ο ένας μεγαλώνει, τόσο ο άλλος μικραίνει.

Όπως αναφέρει ο Oppenheimer – ο πατέρας της ατομικής βόμβας – στο ερώτημα, αν η θέση του ηλεκτρονίου παραμένει η ίδια, η απάντηση είναι όχι·

αν η θέση του αλλάζει με τον καιρό, είναι επίσης όχι· αν βρίσκεται σε ηρεμία, και πάλι η απάντηση είναι όχι. Τέλος αρνητική είναι και η απάντηση κατά πόσο κινείται. Μιλάμε απλά για ένα *ηλεκτρόνιο,* δεν μπορούμε όμως να δώσουμε τη σαφή εικόνα του, ούτε ακριβώς να πούμε τι εννοούμε μ' αυτήν τη λέξη. Χρησιμοποιούμε διάφορες εικόνες και το περιγράφουμε πότε σαν σωματίδιο, πότε σαν κύμα. Αλλά γνωρίζουμε ότι καμιά απ' αυτές δεν είναι ακριβής. Απλά και μόνο η προσπάθεια να φανταστούμε την εικόνα των υποατομικών σωματιδίων και να τα ατενίσουμε οπτικά σημαίνει ότι τα έχουμε τελείως παρερμηνεύσει. Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ο κόσμος μας είναι νοητικό υλικό. Η σκληρή απτή εμφάνιση των αντικειμένων υφίσταται μόνο στον μετρίου μεγέθους κόσμο μας, τον υπολογισμένο σε μέτρα, ώρες και κιλά, και μ' αυτόν έχουν εναρμονιστεί οι αισθήσεις μας. Τόσο στον κοσμικό όσο και στον υποατομικό κόσμο, αυτή η οικεία μας και απτή σχέση αποδεικνύεται χιμαιρική.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του A. Eddington στην παραβολή των δύο επίπλων του γραφείου: Το ένα από τα δύο είναι το γνωστό μας έπιπλο, όπως το αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας και στερεώνουμε τους αγκώνες μας για να γράψουμε. Το άλλο γραφείο, όπως το αντιλαμβάνεται ο φυσικός, είναι φτιαγμένο από αφάνταστα μικρές κουκίδες, τα ηλεκτρόνια, που στριφογυρίζουν γύρω από τον πυρήνα των ατόμων τους, από τους οποίους όμως τα χωρίζει μια απόσταση εκατοντάδες χιλιάδες φορές μεγαλύτερη απ' το ίδιο το μέγεθός τους, και ανάμεσά τους υπάρχει το κενό, το τίποτα.

*«... δεν είναι πάντα πιο μικρό το σπίτι απ' το βουνό*
*δεν είναι πάντα πιο μεγάλος από το λουλούδι ο άνθρωπος*
*λανθασμένες είναι όλες οι αποστάσεις*
*που μας δίνει το μάτι και άδικα πιστεύω*
*καυχησιολογούμε λέγοντας*
*"ο κόσμος είναι αυτός"...»,*

είπε, παρεμβαίνοντας ο Πλάτων, και πρόσθεσε:

– Αυθόρμητα, οι αναφορές του Ευκλείδη, μου έφεραν στο νου τον παραπάνω παντοδύναμο, τον προφητικό λόγο του Οδυσσέα Ελύτη.

Όλοι παραδέχθηκαν ότι είναι εξαίρετο, κι ο Πλάτων επωφελήθηκε για να τους θυμίσει τα λόγια του Reevs:

*«Όταν θέλουμε να κάνουμε μια σύνθεση των γνώσεων, όταν θέλουμε να έχουμε μια γενική και σφαιρική άποψη, αντιλαμβανόμαστε ότι ο ποιητικός λόγος είναι πιο δυνατός από τον επιστημονικό».*

– Αλλά, διέκοψα τον Ευκλείδη και τον παρακαλώ να συνεχίσει, πρόσθεσε ο Πλάτων.

– Είναι σημαντικό, αν και περίεργο, συνέχισε ο Ευκλείδης, το γεγονός ότι η θεωρία των πιθανοτήτων μπορεί να προβλέπει με σημαντική ακρίβεια την τελική έκβαση μιας διεργασίας που αποτελείται από μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων περι-

στατικών, τα οποία δεν μπορούν να προβλεφθούν. Με άλλα λόγια, ένας μεγάλος αριθμός από αβεβαιότητες συγκροτεί μια βεβαιότητα ή, αλλιώς, ένας μεγάλος αριθμός από τυχαία γεγονότα δημιουργεί ένα τελικό αποτέλεσμα που υπακούει σε κανονισμούς. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο προσδιορισμός με ακρίβεια της θερμοκρασίας ενός αερίου, παρόλο που τα μόριά του συνεχώς συγκρούονται και αλληλοεξοστρακίζονται τυχαία, καθώς συνεχίζουν τον τρελό χαοτικό τους χορό, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Η πιθανοκρατική φυσική

– Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι στην υποατομική φυσική οι νόμοι της κβαντικής μηχανικής αντικατέστησαν την αιτιότητα με την πιθανότητα. Η μαθηματική εικόνα του ατόμου αναπτύχθηκε πολύ αφηρημένα τα τελευταία χρόνια. Ο ατομικός φυσικός μερικές φορές φαίνεται να ισχυρίζεται ότι μόνο τα μαθηματικά, και όχι το άτομο, αποτελούν πραγματικότητα. Εδώ θα πρέπει να συνειδητοποιηθεί η αντικειμενική δυσχέρεια για την απεικόνιση μιας άπιαστης για τις αισθήσεις μας πραγματικότητας στο χώρο του απειροελάχιστου, εκεί όπου ύλη και ενέργεια ταυτοποιούνται.

Ο άνθρωπος στην εντατική προσπάθειά του να δώσει λύσεις μπορεί να χρησιμοποιεί και να επιλέγει όποια από τα καταξιωμένα πρότυπα ή θεωρίες ταιριάζουν κατά περίπτωση. Το πρότυπο για παράδειγμα του ατόμου σαν σκληρής μπάλας των σφαιριστηρίων, είναι πολύ βολικό για να εξηγηθεί η συμπεριφορά των αερίων. Η θεωρία του Bohr είναι πιο πρόσφορη για να εξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα συνδυάζονται. Κάθε θεωρία προσπαθεί να εξηγήσει φαινόμενα, όταν όμως μια καινούρια θεωρία βλέπει το φως της ημέρας, οι παλαιότερες είτε ξεχνιούνται, είτε διολισθαίνουν σε δευτερεύοντες ρόλους.

Ο αγώνας του ανθρώπου να διερευνά τους φυσικούς νόμους – τη μόνη αντικειμενική πραγματικότητα στον κόσμο – συνεχίζεται σε όλα τα μέτωπα των φυσικών επιστημών και, απρόσμενα, μέσα από τη μαγεία της θεωρίας και των μαθηματικών προκύπτουν συνεχώς εφαρμογές που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής του ανθρώπου.

– Εδώ πάντως, παρενέβη ο Πλάτων, οφείλω, εγώ ο άσχετος, να σας θυμίσω ότι ο Einstein δεν δέχτηκε ποτέ ότι η τύχη κυβερνά το Σύμπαν, γι' αυτό, αν και από τους κυριότερους θεμελιωτές της Κβαντικής Θεωρίας, αντιτάχθηκε στις ιδέες της κβαντικής μηχανικής, που περιέχουν ένα αναπόφευκτο στοιχείο τύχης και αδυναμίας για πρόβλεψη.

– Πολλοί φυσικοί, όπως κι ο Einstein, απάντησε ο Ευκλείδης, υποστηρίζουν ότι η τρέχουσα ερμηνεία της κβαντομηχανικής είναι λανθασμένη και η όποια φαινομενική απροσδιοριστία στον υποατομικό κόσμο αντανακλά μόνο την *άγνοιά* μας για τις αρχές που τη διέπουν και όχι την *απουσία* τους. Ήταν από τις ελάχιστες περιπτώσεις που ο Einstein φαίνεται ότι πλανήθηκε, γιατί η κβαντική μηχανική απέβη σήμερα το θεμέλιο της σύγχρονης φυσικής και τεχνολογίας, αλλά και

της χημείας και της μοριακής βιολογίας, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Η κβαντομηχανική διέψευσε τον ισχυρισμό *ότι κάθε συμβάν έχει μια αιτία*. Δεν γίνεται πάντα να είμαστε σίγουροι τι πρόκειται να κάνει ένα σωματίδιο από στιγμή σε στιγμή. Ο Einstein, ο οποίος δεν συμπαθούσε την ιδέα αυτή, είπε το γνωστό: *«Ο Θεός δεν παίζει ζάρια»*. Κι ο Hawking τον αντέκρουσε: *«Όχι μόνο παίζει, αλλά και τα ρίχνει εκεί, όπου εμείς δεν μπορούμε να δούμε»*.

– Σήμερα, νομίζω, παρενέβη ο Κάρολος, υπάρχει και πειραματική απόδειξη ότι ο Einstein στο σημείο αυτό είχε πλανηθεί.

– Εννοείς, είπε ο Ευκλείδης, το πείραμα του Alain Aspeet στο Παρίσι με τα δύο φωτόνια που εκπέμπονται από το ίδιο άτομο, από το οποίο, τελικά, αποδείχτηκε πειραματικά ότι η αβεβαιότητα του μικρόκοσμου είναι εγγενής. Συμβάντα χωρίς αιτίες, σωματίδια-φαντάσματα, πραγματικότητες που προκύπτουν μόνο με την παρατήρηση. Μια παρατήρηση αποδεκτή χωρίς δυνατότητα αντιρρήσεων, αφού αποδεικνύεται πειραματικά. Πάντως οφείλω να πω, τελειώνοντας, ότι στην τόσο παράξενη αυτή Θεωρία των Κβάντα βασίζεται η ερμηνεία των ημιαγωγών και των ολοκληρωμένων μικροκυκλωμάτων, των βασικών δηλαδή στοιχείων της σύγχρονης ηλεκτρονικής εποχής, όπως του ραδιοφώνου, της τηλεόρασης, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των έξυπνων ρομπότ που τώρα εισβάλλουν στην καθημερινή μας ζωή, αλλά και των κανόνων της χημείας, επομένως και της μοριακής βιολογίας, *της ίδιας της ζωής*.

– Σας ευχαριστώ, είπε ο Πλάτων. Πήρα μια «κβαντική» γεύση.

– Αν εισχωρούσαμε βαθύτερα θα ήταν κουραστικό, και ίσως κοντά στο ακατόρθωτο χωρίς μαθηματικούς τύπους, συμπλήρωσε ο Ευκλείδης.

– Πόσο δίκιο είχε ο Dostoyevsky, μουρμούρισε ο Πλάτων: *«Δεν υπάρχει τίποτα πιο φανταστικό από την πραγματικότητα»*.

– Τώρα, νομίζω, παρενέβη ο Κάρολος, μετά από την Κβαντική Θεωρία που ισχύει στον κόσμο του απειροελάχιστου, θα πρέπει ο Ευκλείδης να ολοκληρώσει μ' αυτά που ισχύουν στον κόσμο του άπειρα μεγάλου, του *Σύμπαντος*· εκεί όπου θριαμβεύουν οι Θεωρίες της Σχετικότητας του Einstein.

– Εδώ, είπε ο Ευκλείδης, ίσως τα πράγματα να είναι ακόμα πιο δύσκολα γι' απλούστευση· θα το προσπαθήσω, πάντως γι' αυτό προετοιμάστηκα, ώστε να μην σας κουράσω. Θ' αρχίσω με τον πιο αχώριστο σύντροφό μας, αλλά και τον πιο άγνωστο, παρόλο που τον θεωρούμε αυτονόητο, το *χρόνο*.

## Η τέταρτη διάσταση: ο αχώριστος σύντροφός μας, ο χρόνος

Ο άνθρωπος είναι το μόνο ζώο που ασχολείται με το *χρόνο* και ενοχλείται απ' αυτόν. Όπως έλεγε ο Γαργαντούας: *η πιο αληθινή απώλεια χρόνου είναι το μέτρημα των ωρών* που μ' αυτό ασχολούνται οι περισσότεροι άνθρωποι. Σ' αυτήν τη στενοχώρια οφείλονται κατά πολύ οι καλές τέχνες, και σχεδόν ολόκληρη η επιστήμη και ένα μεγάλο κομμάτι από τις θρησκείες. Ο χρόνος υπήρξε βασικό

στοιχείο όλων των θρησκειών και συνδυάστηκε με ιδέες, όπως η μεταφυσική, η ανάσταση, η λατρεία των ουράνιων σωμάτων.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων:

– Μέρα και νύχτα, χειμώνας και καλοκαίρι, ζωή και θάνατος. Καθώς παρατήρησε και ο Σαίξπηρ, ο συγγραφέας που τυραννίστηκε από το χρόνο:

*«Κανένα μάρμαρο,*
*κανένα πριγκιπικό μνημείο*
*δεν θα επιζήσει του στίχου αυτού*
*του παντοδύναμου».*

Δεν μπορούμε ούτε να τον σταματήσουμε ούτε να τον προχωρήσουμε ή να τον γυρίσουμε πίσω. Στεκόμαστε ανήμποροι μπροστά του.

Τώρα παρενέβη ο Ιπποκράτης:

– Ο M. Arnoldt στο ποίημά του *«Το μέλλον»* αναφέρεται σ' έναν ταξιδιώτη γεννημένο σ' ένα πλοίο που πλέει στο κύλισμα του ποταμού του χρόνου. Στη διάρκεια της ιστορίας, όπως το πλοίο ταξιδεύει έρμαιο κι ακυβέρνητο, ο ταξιδιώτης παρατηρεί πολιτείες και χώρες που δεν θα ξανάβλεπε ποτέ, γιατί ποτέ δεν θα μπορούσε να βρει τη δύναμη να νικήσει το ρεύμα του ποταμού. Θα προχωράει όλο προς τα μπρος. Ποτέ δεν θα γυρίσει στις πηγές του ποταμού απ' όπου ξεκίνησε. Στο τέλος θα καταλήξει μαζί με τις ελπίδες και τα όνειρά του στον άγνωστο ωκεανό:

*«Καθώς η χλωμή ερημιά απλώνεται τριγύρω του...*
*καθώς οι όχθες ξεμακραίνουν και πάνε...*
*καθώς βγαίνουν τ' άστρα κι ο άνεμος της νύχτας*
*φέρνει πάνω απ' το ποτάμι*
*το μουρμουρητό και τ' άρωμα της απέραντης θάλασσας…».*

– Ένα μονάχα αγαθό έχουμε κοινό όλοι πάνω σ' αυτήν τη Γη, πλούσιοι και φτωχοί: το σύνολο του χρόνου που θα μείνουμε, τίποτ' άλλο· ελάχιστοι είναι όμως οι άνθρωποι που έχουν τη συνείδηση ότι ο χρόνος τους είναι η μόνη ανταντικατάστατη περιουσία, είπε ο Κάρολος, και θυμήθηκε τον Βολταίρο στο αίνιγμα που έθετε ο μάγος Ζαντίγκ:

*«Απ' όλα τα πράγματα του κόσμου ποιο* είναι το πιο *μεγάλο και το πιο μικρό, το πιο σύντομο και το πιο μακρύ, το πιο διαιρετό και το πιο εκτεταμένο, το πιο παραμελημένο και το πιο ποθητό, που χωρίς αυτό τίποτα δεν μπορεί να γίνει, που καταβροχθίζει ό,τι είναι μικρό και ζωογονεί ό,τι είναι μεγάλο;».*

Άλλοι απάντησαν ότι η λύση του αινίγματος ήταν η τύχη, άλλοι η Γη, άλλοι το φως. Ο Ζαντίγκ είπε ότι ήταν ο χρόνος:

*«Τίποτα δεν είναι πιο μεγάλο, αφού αυτός είναι το μέτρο της αιωνιότητας. Τίποτα δεν είναι πιο μικρό, αφού δεν μας αρκεί για τα σχέδιά μας. Τίποτα δεν είναι πιο μακρύ γι' αυτόν που περιμένει, για τον άρρωστο που πονάει. Τίποτα δεν είναι πιο*

*σύντομο γι' αυτόν που είναι ευτυχισμένος. Εκτείνεται μέχρι το άπειρο σιγά-σιγά. Όλοι οι άνθρωποι τον παραμελούν κι όλοι λυπούνται για την απώλειά του. Τίποτα δεν γίνεται χωρίς αυτόν. Μας κάνει να ξεχνάμε ό,τι είναι ασήμαντο για το μέλλον και χαρίζει την αθανασία στα μεγάλα!».*

– Γι' αυτό και οι περισσότεροι τον σπαταλάμε ανούσια και τον αφήνουμε να χαθεί ανεκμετάλλευτος, συμπλήρωσε ο Πλάτων. Από τα χαρωπά κι ανέμελα βήματα της νιότης στα γκρίζα και λευκά γεράματα, μια χαραμάδα.

– Εξαίρετος ο ποιητικός λόγος του Arnoldt, εξαίρετος και ο Βολταίρος στο αίνιγμα του Ζαντίγκ, αλλά συναρπαστική η σύλληψη του χρόνου από τον Einstein, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Η χρονική κλίμακα που παίρνουμε υπόψη είναι η διάρκεια της ζωής: λιγότερο από μια ώρα για ένα βακτηρίδιο, λιγότερο από έναν αιώνα για έναν άνθρωπο. Περισσότερο από δισεκατομμύρια χρόνια για ένα αστέρι, λίγα εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου για να εκτελέσει έναν υπολογισμό κάποιος ηλεκτρονικός υπολογιστής. Γι' αυτό υφίσταται ανθρώπινος χρόνος, βιολογικός χρόνος, κοσμικός και μαθηματικός χρόνος. Οι αντιλήψεις αυτές της κοινής λογικής λειτουργούν πολύ καλά με γεγονότα που συμβαίνουν στις συνηθισμένες ανθρώπινες διαστάσεις, όπως στ' αυτοκίνητα που τρέχουν. Είναι όμως άχρηστες όταν τα αντικείμενα κινούνται με ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός ή αφορούν στις δυνάμεις του διαστημικού χώρου ή του διαστημικού χρόνου.

Ο Νεύτων πίστευε στον *απόλυτο χρόνο*. Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γεγονότων είναι σίγουρο, χωρίς αμφιβολίες, αρκεί να χρησιμοποιείται ένα ρολόι ακριβείας. Ο χρόνος θεωρείτο κάτι εντελώς διαφορετικό και ανεξάρτητο από το χώρο. Αυτό πίστευε και ο Αριστοτέλης, αλλ' αυτή είναι και η γνώμη της μεγάλης πλειοψηφίας των ανθρώπων.

Επειδή χρονικά διαστήματα δισεκατομμυρίων χρόνων είναι αδιανόητα από τον ανθρώπινο νου, συνέχισε ο Ευκλείδης, ας προσπαθήσουμε να τα φέρουμε στις δικές μας διαστάσεις.

Για να συνειδητοποιήσουμε την έννοια του κοσμικού χρόνου, ας παραστήσουμε τα δεκαπέντε δισεκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τη δημιουργία του Σύμπαντος μ' έναν γήινο ημερολογιακό χρόνο, ο οποίος έχει 365 μέρες ή 8.760 ώρες ή 325.600 λεπτά ή 31.536.000 δευτερόλεπτα. Στην κλίμακα αυτή η ηλικία της Γης (τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια) αντιστοιχεί σε τρεισήμισι μήνες αυτού του έτους (εκατόν δώδεκα μέρες για την ακρίβεια)· *η εμφάνιση του homo sapiens (πριν εκατό χιλιάδες χρόνια) σε τρεισήμισι λεπτά· η γνωστή ανθρώπινη ιστορία (πέντε χιλιάδες χρόνια) σε δέκα και μισό δευτερόλεπτα· τέλος η τεχνολογική εποχή μας αντιστοιχεί στο τελευταίο δευτερόλεπτο αυτής της χρονιάς, και η ζωή ενός ανθρώπου (εκατό χρόνια) σε 0,21 εκατοστά του δευτερολέπτου αυτού του χρόνου.*

– Απίστευτο! μουρμούρισε ο Πλάτων.

– Πόσο σημαντικό θα ήταν, είπε ο Κάρολος, αν μπορούσαμε να διαφοροποι-

ήσουμε τον υποκειμενικό από τον αντικειμενικό χρόνο! Ο πρώτος μετριέται από τις αισθήσεις μας· περνάει γοργά ή με απελπιστική βραδύτητα σε συνάρτηση με τα συναισθήματα της στιγμής, χαρούμενα, λυπητερά, βασανιστικά, όπως λέει ο Ελύτης, όταν αισθάνεται πάνω στ' αλβανικά βουνά ν' απλώνεται το ανοιξιάτικο φως και να εκτοπίζει τα σκοτάδια του πολέμου: *«Και πέρασαν μέρες πολλές μέσα σε λίγες ώρες»*. Το δεύτερο είδος χρόνου μετριέται από ρολόγια ή παλλόμενα άτομα, όπως στα απίστευτης ακριβείας ατομικά ρολόγια, που χρησιμοποιούνται στο διάστημα και στα επιστημονικά εργαστήρια.

– Ο άνθρωπος, παρενέβη ο Ιπποκράτης, στον αγώνα του με το χρόνο και το θάνατο διολισθαίνει μερικές φορές και σε λύσεις τραγικές, λόγου χάρη στη χρήση ναρκωτικών, οι οποίες, με τις απατηλές διοράσεις που δημιουργούν, μοιάζει να μας βοηθάνε να προχωρούμε ή δίνουν την ψευδαίσθηση ότι προχωρούμε προς το μέλλον. Για έναν ναρκωμένο ο χρόνος μηδενίζεται, περνάει απαρατήρητος. Κλείνει τα μάτια και τα ξανανοίγει ώρες ίσως αργότερα. Το αντίθετο κάνουν τα διεγερτικά ναρκωτικά, όπως το χασίς ή η μεσκαλίνη, που επιταχύνουν φαινομενικά το χρόνο. Πολλές φορές, ακόμα, ο άνθρωπος επιθυμεί τις ευτυχισμένες στιγμές να τις κρατήσει για πάντα.

– Να κρατήσει το χρόνο να μην κυλάει, συμπλήρωσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ευτυχώς, μια φτηνή φωτογραφική μηχανή μπορεί να μας προσφέρει κάτι, που οι μεγαλύτεροι γλύπτες ή ζωγράφοι της αρχαιότητας δούλεψαν αμέτρητα χρόνια για να πετύχουν. Ο αυτοκράτορας Αδριανός, για παράδειγμα, προσπάθησε ν' απαθανατίσει με τη βοήθεια της σμίλης και του χρωστήρα την πραγματική εικόνα της χαμένης του αγάπης, αλλά και ο καθένας μας τη λατρευτή αυτοπροσωπογραφία του. Σήμερα ένα κλικ της φωτογραφικής μηχανής είναι αρκετό.

– Στην καθημερινή μας ζωή, είμαστε συνηθισμένοι να χωρίζουμε το χώρο σε τρεις διαστάσεις ή κατευθύνσεις: πλάγια, μπροστά και πάνω. Οι διαστάσεις αυτές, βέβαια, είναι σχετικές με τη θέση του παρατηρητή. Σ' αυτές θα πρέπει να προστεθεί μια τέταρτη, η διάσταση του αχώριστου συντρόφου μας, του *χρόνου,* είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Ο Einstein και ο χωροχρόνος

– Ο Einstein, με τη θεωρία της σχετικότητας είναι ο πρώτος που απέρριψε την ιδέα του απόλυτου χρόνου. Η θεωρία αυτή βοήθησε ν' αλλάξουμε ριζικά τις ιδέες μας για το *χώρο* και το *χρόνο.* Ο χρόνος δεν είναι πια διαχωρισμένος και ανεξάρτητος από το χώρο, αλλά ενωμένος μ' αυτόν στην έννοια του *χωροχρόνου*.*

* Ένα υπεραπλουστευμένο παράδειγμα του χωροχρόνου είναι: Θα είμαι στις έξι το απόγευμα στην οδό Πατησίων 550, στο δεύτερο όροφο.

Αν θέλουμε να ορίσουμε την ακριβή θέση ενός πολυελαίου μέσα σ' ένα δωμάτιο, αρκεί να ορίσουμε τρεις διαστάσεις: το πλάτος, το μήκος και το ύψος. Στη θεωρία της σχετικότητας μπαίνει και μια τέταρτη διάσταση, ο *χρόνος*. Ένα γεγονός δηλαδή είναι κάτι που συμβαίνει σε συγκεκριμένο σημείο μέσα στο χώρο, αλλά και σε συγκεκριμένη στιγμή μέσα στο χρόνο. Προσδιορίζεται επομένως από τέσσερεις διαστάσεις, τρεις για το χώρο και μία για το χρόνο. Ο χώρος και ο χρόνος συνυπήρχαν ανέκαθεν, και συνεχίζουν να συνυπάρχουν προς όλες τις κατευθύνσεις, από παντού για πάντα. Ο χώρος και ο χρόνος, όχι μόνο επηρεάζουν το καθετί, αλλά και επηρεάζονται απ' οτιδήποτε συμβαίνει μέσα στο Σύμπαν.

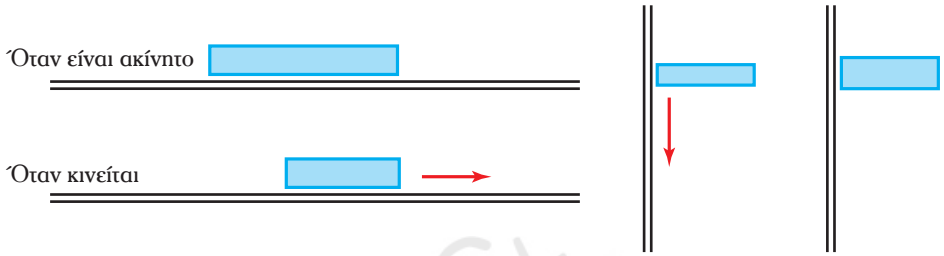
Η βαθύτερη κατανόηση του χώρου και του χρόνου προκάλεσε μια επαναστατική αλλαγή στην εικόνα του ανθρώπου για τον Κόσμο. Η πρώτη επαφή με τις θεωρίες της σχετικότητας δημιουργεί την εντύπωση σ' ένα μελετητή ότι τις καταλαβαίνει, απλώς όμως δεν τις πιστεύει. Ένας φυσικός χρειάζεται χρόνια για να προσαρμοστεί στις ιδέες της σχετικότητας και να «αισθάνεται» άνετα μ' αυτές, όχι γιατί είναι εξαιρετικά πολύπλοκες, αλλά γιατί είναι πολύ παράξενες. Αποτελούν ίσως τις πιο σημαντικές συλλήψεις του ανθρώπινου μυαλού, που κανείς την εποχή που αναγγέλθηκαν δεν πίστευε ότι θα επιβεβαιωθούν. Τα τελευταία όμως χρόνια πληθώρα πειραμάτων επιβεβαίωσαν μέχρι κεραίας την ακρίβεια των θεωριών αυτών και μάλιστα στο ύστατο εργαστήριο, το εργαστήριο του Σύμπαντος.

Μία από τις πιο βαθιές παρατηρήσεις του Einstein στη Θεωρία της Σχετικότητας είναι η κατάργηση του διαφορισμού στις έννοιες του χρόνου και της απόστασης, δηλαδή του χώρου. Αυτή η σκέψη απεικονίζεται στον όρο *χωροχρόνος* ή τη γνωστή *τέταρτη διάσταση*. Για παράδειγμα, οι έννοιες *της συστολής του μήκους* ενός αντικειμένου, περιορισμού δηλαδή του χώρου που καταλαμβάνει, σε συνάρτηση με τη διαχρονική μετακίνησή του, δηλαδή την ταχύτητά του ή, ακόμα, *της επιβράδυνσης του χρόνου* σε συνάρτηση με την ταχύτητα, δεν είναι έννοιες αυτονόητες για τα μεγέθη που έχει συνηθίσει ο άνθρωπος και τις συνθήκες του πλανήτη στον οποίο ζει.

Οι έννοιες αυτές έχουν σημασία για ταχύτητες παραπλήσιες με αυτές του φωτός ή τις συνθήκες που επικρατούν σε διαστημικούς χώρους. Ακόμα είναι εύκολα αντιληπτές με απλές μαθηματικές εξισώσεις, παράδοξες, όμως, αν εξετάζονται σύμφωνα με τις καθημερινές εμπειρίες μας. Γι' αυτό ας δούμε καλύτερα ένα δυο παραδείγματα, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας, όταν μετράμε ένα αντικείμενο που κινείται, το μήκος του φαίνεται βραχύτερο απ' ό,τι όταν βρίσκεται σε ακινησία. Μια ράβδος για παράδειγμα μήκους ενός μέτρου, όταν αρχίσει να ταξιδεύει κατά τη διεύθυνση της πιο μεγάλης διάστασής της, αρχίζει να χάνει σε μήκος. Αυτό σε μικρές ταχύτητες δεν γίνεται αισθητό, αν όμως η ταχύτητα της ράβδου φτάσει λόγου χάρη τα 270.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, το μήκος της θα έχει γίνει μόνο 43,6 εκατοστά του μέτρου, ενώ αν η ταχύτητά της πλησιάσει το 99% της

ταχύτητας του φωτός, το μήκος της θα είναι μόνο 14,6 εκατοστά. Όσο πιο γρήγορα δηλαδή κινείται η ράβδος, τόσο πιο κοντή φαίνεται. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την κλασική φυσική που δέχεται ότι οι ράβδοι και ακίνητες όταν είναι αλλά και όταν κινούνται έχουν το ίδιο μήκος.




*Τα κινούμενα αντικείμενα φαίνεται να συστέλλονται κατά μήκος του άξονα που κινούνται.*

Για έναν επιβάτη που ταξιδεύει μέσα στο τρένο, αυτό έχει το σωστό του μήκος, αφού ο χρόνος είναι ο ίδιος σ' όλο του το μήκος· για έναν παρατηρητή, όμως, που βρίσκεται έξω από το τρένο, το μήκος του έχει μικρύνει, αλλά σε αντιστάθμισμα έχει επεκταθεί στο χρόνο. Ο χρόνος είναι διαφορετικός στη μια άκρη του τρένου από την άλλη (για τον επιβάτη που είναι μέσα και τον παρατηρητή που είναι έξω από το τρένο). Αυτό που ο παρατηρητής ονομάζει καθαρό μήκος φαίνεται σαν συνδυασμός ενός μήκους και ενός χρονικού διαστήματος. Αλλά κι ο χρόνος επιβραδύνεται τόσο, όσο ταχύτερα μετακινείται ένα αντικείμενο. Έτσι, χώρος και χρόνος χάνουν το διαφορισμό τους και γίνονται μια ενιαία έννοια.

Κατά τον Einstein, ο χρόνος είναι ελαστικός και συστέλλεται ή διαστέλλεται σε συνάρτηση με την κίνηση. Κάθε παρατηρητής έχει τη δική του προσωπική κλίμακα ροής του χρόνου, που γενικά μπορεί να είναι διαφορετική από κάποιου άλλου. Όταν ο χρόνος διαστέλλεται, ο χώρος συστέλλεται. Αν βρίσκεστε μέσα σ' ένα τρένο που περνά με μεγάλη ταχύτητα από κάποιο σταθμό, το ρολόι του σταθμού πάει πίσω σχετικά με το δικό σας ρολόι. Ο χρόνος του σταθμού για σας έχει διασταλεί. Αντίθετα η αποβάθρα σας φαίνεται κάπως μικρότερη.

Η σχετικότητα επιτρέπει ένα περίεργο είδος ταξιδιού στο μέλλον. Πρόκειται για το πολυσυζητημένο νοητικό πείραμα των δίδυμων αδερφών. Ο ένας μένει στη Γη, ο άλλος ξεκινάει μ' ένα διαστημόπλοιο που τρέχει με το 99,95% της ταχύτητας του φωτός για ένα ταξίδι σ' ένα αστέρι που απέχει είκοσι πέντε έτη φωτός, και επιστρέφει. Έτσι στη Γη περνούν περίπου πενήντα χρόνια. Ο αδερφός που έμεινε στη Γη, γέρος πια, πάει να συναντήσει τον ταξιδευτή αδερφό του, που πηδάει ζωηρός και νέος από το διαστημόπλοιο. Γι' αυτόν –σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας– πέρασε μόνο ένας χρόνος, αφού ο χρόνος επιβραδύνθηκε μέσα στο ταχυκίνητο διαστημόπλοιο, αλλά και η απόσταση υπέστη συστολή μισό έτος φωτός.

Και τα δύο συμφωνούν ότι ο αστροναύτης είναι τώρα σαράντα εννέα χρόνια

πιο νέος από το δίδυμο αδερφό του. Ένας διαστρικός δηλαδή ταξιδιώτης θα μπορούσε να επιστρέψει στη Γη, αλλά ποτέ στην εποχή του.

Με άλλα λόγια, αυτό που ένας παρατηρητής ορίζει ως καθαρό μήκος, ένας άλλος το βλέπει ως συνδυασμό μήκους (χώρου) και χρόνου. Έτσι, χώρος και χρόνος χάνουν την ιδιαιτερότητά τους και αποκτούν μια ενοποιημένη αντίληψη, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Τα τελευταία χρόνια η κατασκευή ατομικών ρολογιών απόλυτης ακρίβειας και τα διαστημικά ταξίδια έδωσαν την ευκαιρία για πολλές αποδείξεις της θεωρίας του Einstein. Έτσι, όταν οι Αμερικανοί αστροναύτες έκαναν το γύρο της Σελήνης το 1969, προσδιορίστηκε ότι έζησαν με ρυθμό βραδύτερο από το δικό μας κατά μερικά εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου, ακριβώς όπως η θεωρία προέβλεπε. Βέβαια η ταχύτητά τους ήταν πολύ μικρή σχετικά με την ταχύτητα του φωτός. Ο ρυθμός δηλαδή ενός κινούμενου ρολογιού επιβραδύνεται σε σύγκριση μ' ένα ακίνητο ρολόι και μηδενίζεται αν το ρολόι φτάσει να κινείται με την ταχύτητα του φωτός. (Τα πιο γρήγορα αντικείμενα που έχει κατασκευάσει ο άνθρωπος, οι διαπλανητικοί πύραυλοι, αναπτύσσουν ταχύτητες δέκα χιλιάδες φορές μικρότερες από του φωτός).

Το 1972 ένας από τους ειδικούς επιστήμονες του ναυτικού των ΗΠΑ, υπεύθυνος να διατηρεί την ακρίβεια του χρόνου, έκανε το γύρο του κόσμου με αεροπλάνο. Στο ταξίδι συνοδευόταν από τέσσερα ατομικά ρολόγια (ακτίνας καισίου), που η αξιοπιστία τους για ένα ταξίδι αυτής της διάρκειας είναι μερικά δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου ($2\text{-}3 \times 10^{-9}$ sec). Αυτά τα ρολόγια σε σύγκριση με αντίστοιχα ρολόγια που έμειναν στην Washington, έδειξαν απώλεια χρόνου τόση, όση ακριβώς προβλέπεται από τη Θεωρία της Σχετικότητας.

Οι αστρονόμοι μετρούν εδώ και πολλά χρόνια σε έτη φωτός, δηλαδή υπολογίζουν αποστάσεις σε μονάδες χρόνου, σε έτη φωτός, στην απόσταση δηλαδή που διανύει το φως σ' ένα χρόνο. Έτσι προσδιορίζεται πόσο μακριά βρίσκεται ένα αστέρι, δηλώνοντας το χρόνο που χρειάζεται το φως να φτάσει από εκεί στη Γη. Ένα δευτερόλεπτο χρόνου εκτιμάται στην τεράστια απόσταση των τριακοσίων χιλιάδων χιλιομέτρων (η Αθήνα απέχει από το Παρίσι δυόμισι χιλιάδες χιλιόμετρα). Η απόσταση που διατρέχει το φως στη διάρκεια ενός έτους υπολογίζεται σε 945 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα. Έτσι, όπως είπαμε, ο Ήλιος απέχει από εμάς 8,5 λεπτά φωτός, το πιο κοντινό αστέρι 4,27 έτη φωτός και ο πλησιέστερος γαλαξίας 2,25 εκατομμύρια έτη φωτός.

Αν υποθέσουμε ότι ο Ήλιος καταστράφηκε πριν ένα δευτερόλεπτο και σταμάτησε να λάμπει, το γεγονός αυτό δεν μπορεί να γίνει γνωστό στη Γη παρά μόνο μετά από οκτώ λεπτά και κάτι. Ο χρόνος δηλαδή που χρειάζεται ένα φωτεινό σήμα να διανύσει την απόσταση Γης-Ήλιου. Είναι σαφές ότι όταν κοιτάμε το Σύμπαν ατενίζουμε το παρελθόν. Ό,τι βλέπουμε και ό,τι ακούμε ανήκουν στο παρελθόν. Οι ήχοι που ακούμε τώρα παρήχθησαν ένα δευτερόλεπτο νωρίτερα αν η ηχητική πηγή απέχει από μας τριάντα εκατοστά του μέτρου. Αυτό γίνεται

καλύτερα αντιληπτό στη διάρκεια μιας καταιγίδας όταν η λάμψη μιας αστραπής σε απόσταση για παράδειγμα είκοσι χιλιομέτρων γίνεται αντιληπτή σαν βροντή ένα λεπτό αργότερα. Το φως, βλέπετε, ταξιδεύει πολύ πιο γρήγορα από τον ήχο. Αντίστοιχα, όταν κοιτάμε το διάστημα βλέπουμε γεγονότα που συνέβησαν αιώνες ή και εκατομμύρια χρόνια πριν.

Είναι πραγματικά ένα σοκ αυτό που δημιούργησε η Θεωρία της Σχετικότητας και η ανακάλυψη ότι ακόμα και ο αντικειμενικός χρόνος δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από το χώρο, δηλαδή το *χωροχρόνο.* Τα δύο αυτά μεγέθη δεν είναι δυνατόν να εξεταστούν χωριστά· είναι δύο εκδοχές μίας και της αυτής οντότητας: του χωροχρόνου, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Βέβαια, η έννοια του *τετραδιάστατου χωροχρόνου* δεν είναι εύκολα νοητή από τον άνθρωπο, που είναι συνηθισμένος να ζει και να αντιλαμβάνεται στον τρισδιάστατο χώρο. Όπως ακριβώς τα δισδιάστατα είδωλα των ηθοποιών του κινηματογράφου, αν θεωρηθούν σαν υπαρκτές οντότητες, θα ήταν αδύνατο να συνειδητοποιήσουν την τρίτη διάσταση, έτσι, αντίστοιχα, κι εμείς δεν αισθανόμαστε την τέταρτη διάσταση. Για τα είδωλα η πραγματικότητα εκπροσωπείται από δύο διαστάσεις. Έτσι, αυτό που μπορούμε ν' αντιληφθούμε στον τρισδιάστατο δικό μας κόσμο είναι οι κινούμενες «σκιές» των τετραδιάστατων αντικειμένων, που έχουν επιβραχυνθεί.

Ένας συντελεστής που βοηθάει να φαίνεται η σχετικότητα τόσο δυσνόητη και συγκεχυμένη είναι η τεράστια ανομοιότητα ανάμεσα στην αίσθηση του χώρου και του χρόνου. Το ανθρώπινο μάτι μπορεί να παρατηρήσει αντικείμενα που απέχουν μερικά εκατοστά του μέτρου ή μπορεί, ακόμα, από το ύψος που πετάει ένα αεροπλάνο ν' ατενίσει μια τεράστια θέα σε αποστάσεις δεκάδων χιλιομέτρων. Για να συνειδητοποιήσουμε όμως ακόμα μεγαλύτερους χώρους, πρέπει να προσφύγουμε στην κλιμάκωση, την *αναγωγή*· λόγου χάρη για πολύ μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιούνται γεωγραφικοί χάρτες. Είναι όμως δύσκολο να φανταστούμε πόσο λίγο χρόνο χρειάζεται το φως να καλύψει αυτές τις αποστάσεις (μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου), αφού σ' ένα λεπτό κάνει το γύρο της Γης εφτάμισι φορές. Έτσι η νόησή μας ποτέ δεν συνειδητοποιεί ότι τα μακρινά αντικείμενα δεν τα βλέπουμε «τώρα», αλλά κοιτάζοντας στο παρελθόν. Θα πρέπει να συνειδητοποιηθεί ότι τα μακρινά αντικείμενα δεν είναι προσιτά σε μας τη στιγμή που τα βλέπουμε. Το «ακριβώς τώρα», για παράδειγμα παρατηρώντας το Άλφα του Κενταύρου, του πιο κοντινού σε μας αστεριού – σε απόσταση τεσσάρων ετών φωτός – είναι μια χωρίς σημασία έκφραση.

Όπως έχουμε ξαναπεί, παρατηρώντας με τα τηλεσκόπια το διάστημα κοιτάζουμε στο παρελθόν. Η πραγματικότητα είναι *εδώ και την ίδια ώρα.* Όσο πιο μακριά από εδώ, τόσο πιο μακριά από το τώρα, τόσο πιο βαθιά στο παρελθόν, μακριά, πολύ μακριά, στην εποχή που έγινε η Μεγάλη Έκρηξη, όταν δημιουργείτο το Σύμπαν. Όπως είπε και ο Hubble, ένας από τους κυριότερους θεμελιωτές της θεωρίας του Big-Bang, για το φως της Μεγάλης Έκρηξης:

*«Εκεί στο βάθος του διαστημικού χώρου, όπου η απόσταση συναντάει το χρόνο, για ν' αποκαλύψει τις πρώτες στιγμές της δημιουργίας του».*

Στο βασίλειο της υπερβαρύτητας, όταν οι θερμοκρασίες ήταν ακόμα πολύ υψηλές, εκεί στο κατώφλι της ύπαρξης όπου ο χώρος και ο χρόνος παύουν να διακρίνονται, αφού πρωτοδημιουργήθηκαν την πρώτη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης.

Όταν χρησιμοποιούμε τη λέξη «παρελθόν», εννοούμε όλα εκείνα τα συμβάντα για τα οποία μπορούμε κατ' αρχήν, τουλάχιστον, να γνωρίζουμε ή να πληροφορούμαστε κάτι. Με παρόμοιο τρόπο, η λέξη «μέλλον» περιλαμβάνει όλα εκείνα τα μέλλοντα να συμβούν, στα οποία μπορούμε, ίσως, κατ' αρχήν να επιδράσουμε και τα οποία θα προσπαθούσαμε να τ' αλλάξουμε ή να τα εμποδίσουμε. Στην κλασική θεωρία δεχόμαστε ότι το μέλλον και το παρελθόν χωρίζονται μεταξύ τους από ένα απειροστά μικρό διάστημα, *την παρούσα στιγμή*. Στη Θεωρία της Σχετικότητας μέλλον και παρελθόν χωρίζονται από ένα «πεπερασμένο» χρονικό διάστημα, του οποίου η διάρκεια εξαρτάται από την απόσταση από τον παρατηρητή.

Όπως έγραφε ο Einstein σε κάποιο γράμμα σ' ένα φίλο του που έχασε το παιδί του:

*«Η διάκριση σε παρελθόν, παρόν και μέλλον, όσο κι αν εξακολουθεί να υπάρχει, δεν είναι παρά μια πλάνη».*

Η Θεωρία της Σχετικότητας δίνει μόνο μια μικρή ιδέα για τις παραξενιές του χρόνου. Το Σύμπαν δεν είναι μόνο πιο παράξενο απ' ό,τι φανταζόμαστε, είναι, όπως έλεγε ο Haldane: *«Πιο παράξενο απ' ό,τι μπορούμε να φαντασιούμε»*. Η υποκειμενική αντίληψη για το χρόνο διαφέρει τόσο ριζικά από το μοντέλο του φυσικού, ώστε ακόμα και οι φυσικοί διερωτώνται μήπως έχει παραλειφθεί κάποιο στοιχείο ζωτικής σημασίας.

Στον αντικειμενικό κόσμο δεν υπάρχει παρελθόν, παρόν και μέλλον. Κανένα όργανο δεν μπορεί να καθορίσει το παρόν, γιατί το παρόν είναι καθαρά ψυχολογική αντίληψη. Στον κόσμο του φυσικού δεν χρειάζεται η ροή του χρόνου, ούτε η έννοια του «τώρα». Η Θεωρία της Σχετικότητας αποκλείει την ύπαρξη ενός «παγκόσμιου παρόντος» για όλους τους παρατηρητές, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

– Αλλά και μετά τον Einstein πλειάδα θεωρητικών φυσικών συνεχίζει την προσπάθεια να διεισδύσει στα μυστικά που διέπουν το απέραντα μεγάλο και το ελάχιστα μικροσκοπικό, εκεί όπου δρουν οι άγνωστες δυνάμεις της βαρύτητας και οι ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.

Ο Dirac (Νόμπελ 1933), ο οποίος πρότεινε ενοποίηση της Θεωρίας της Σχετικότητας με την Κυματομηχανική του Schr dinger, αναγκάστηκε να προτείνει την έννοια της *αρνητικής μάζας* και, συνεπώς, της *αρνητικής ενέργειας*· έννοιες που ξεπερνάνε την ανθρώπινη φαντασία. Είναι αυτό που ονομάζεται *αντιηλε-*

*κτρόνιο* και που το παραδεχόμαστε ως εξαιρετικά βραχύβιο· πρόκειται για *το ποζιτρόνιο* του Anderson, που όταν έρθει σ' επαφή μ' ένα συνηθισμένο ηλεκτρόνιο εξαϋλώνεται, μετατρέπεται σε ακτινοβολία γ.

Σε ενίσχυση της θεωρίας του Dirac, όπως είπαμε, ήρθε ο Feynman (1949), ο οποίος υποστήριξε ότι το *ποζιτρόνιο* δεν είναι τίποτ' άλλο παρά ένα ηλεκτρόνιο που κινείται προς τα πίσω μέσα στο χρόνο (η ίδια εξήγηση ισχύει και για τα άλλα αντισώματα). Σύμφωνα με την εκ πρώτης όψεως παραδοξότητα αυτή, σ' έναν γαλαξία αντιύλης ο χρόνος θα έτρεχε συνέχεια ανάποδα από το δικό μας.

Ο Dobbs, προσπαθώντας να προσφέρει μια λογική εξήγηση στη θεωρία του Feynman, πρότεινε τον κόσμο με τις *πέντε διαστάσεις:* τρεις για το χώρο και δύο χρονικές. Οι αγγελιοφόροι που δρουν στη δεύτερη χρονική διάσταση ονομάστηκαν από τον Dobbs *ψιτρόνια*. Το ψιτρόνιο έχει φανταστική μάζα (κατά τη μαθηματική έννοια) και μπορεί – σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας – να ταξιδεύει επ' αόριστον ταχύτερα από το φως, χωρίς απώλεια της φανταστικής του ορμής. Τα ψιτρόνια θα πρέπει, ενδεχομένως, να παίζουν για την ενέργεια τον ίδιο ρόλο που παίζουν τα φωτόνια για την όραση.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων:

– Μου θυμίζεις αυτό που είπε ο Ιησουίτης φυσικός, ο Teillard de Chardin:

*«Φτάνοντας οι φυσικοί στα όρια των αναλύσεών τους δεν ξέρουν πλέον πολύ καλά αν οι δομές που αντιμετωπίζουν είναι η ουσία της ύλης που μελετούν ή αντανάκλαση της ίδιας της σκέψης τους».*

Θυμάμαι ακόμα, πρόσθεσε ο Πλάτων, τα λόγια του A. K stler:

*«Τους νόμους του κόσμου αυτού τους εκφράζουμε με εξισώσεις που αναφέρονται στη συμπεριφορά πολύ αφηρημένων πεδίων, συχνά τόσο αραχνοϋφαντων, όσο μπορεί να είναι η τετραγωνική ρίζα μιας πιθανότητας».*

– Δεν συμφωνώ απόλυτα, απλώς η σκέψη δεν πλάτυνε, ακόμα, όσο πρέπει, για να συλλαμβάνουμε ασύλληπτες για μας έννοιες, *ίσως απαιτούνται ακόμα εκατομμύρια εξελικτικών διαδικασιών για ν' αναπτυχθεί ο εγκέφαλος και οι αισθήσεις μας*, απάντησε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Ο Feynman, στην προσπάθειά του ν' αντιμετωπίσει τα μεγάλα προβλήματα που παρουσιάζονται στο συνδυασμό των Θεωριών της Κβαντικής Μηχανικής με τη βαρύτητα, στη διάσημη σήμερα θεωρία του για την *άθροιση των ιστοριών*, βρήκε μια μόνη διέξοδο: την έννοια του φανταστικού, του αρνητικού χρόνου.

Δεν πρόκειται για εφεύρημα συγγραφέα μυθιστορημάτων επιστημονικής φαντασίας, αλλά για μαθηματική έννοια ανάλογη με τα μαθηματικά των φανταστικών αριθμών. Στο φανταστικό χρόνο, αφού κάποιος μπορεί να κατευθυνθεί προς τα εμπρός, προς το μέλλον, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να πηγαίνει και προς τα πίσω, προς το παρελθόν. Στο «φανταστικό», δηλαδή, χρόνο, δεν μπορεί να υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στην κατεύθυνση προς στο μέλλον και το παρελθόν, αντίθετα με το δικό μας κόσμο.

Από πού όμως προέρχεται αυτή η διαφορά, και γιατί θυμόμαστε το παρελθόν και όχι το μέλλον, προς το παρόν δεν υπάρχει απάντηση. Ο Hawking στο εξαίρετο βιβλίο του *«Το χρονικό του χρόνου»* δίνει την πιο γλαφυρή περιγραφή του αρνητικού χρόνου:

*«Φανταστείτε ένα γυάλινο ποτήρι που πέφτει από το τραπέζι και γίνεται κομμάτια στο δάπεδο. Κινηματογραφώντας το γεγονός και παρακολουθώντας μετά την ταινία, μπορείτε εύκολα να βρείτε αν προβάλλεται κατά την ορθή φορά ή την αντίθετη. Αν για παράδειγμα προβάλλεται κατά την αντίθετη φορά, θα δείτε το παράδοξο τα κομμάτια του γυαλιού στο δάπεδο να συγκεντρώνονται ξαφνικά σ' ένα σημείο και να σχηματίζουν ένα ποτήρι, που ανυψώνεται και στέκεται πάνω στο τραπέζι».*

Κάτι τέτοιο, πρόσθεσε ο Ευκλείδης, όπως ξέρουμε από την καθημερινή εμπειρία μας, δεν συμβαίνει. Το απαγορεύει ο παντοδύναμος Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος. Σε κάθε κλειστό σύστημα, με την πάροδο του χρόνου η αταξία, η *εντροπία,* πάντοτε αυξάνεται. Το σπάσιμο του ποτηριού είναι πιθανότατο, ο ανασχηματισμός του από τα συντρίμμια του είναι άκρως απίθανος.

Οι περισσότεροι φυσικοί νόμοι θα επέτρεπαν, ώστε το Σύμπαν να προχωράει εξίσου καλά προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Η εντροπία είναι μεγάλη εξαίρεση. Όπως λέει ο Hawking: *«Σην τάση για εντροπία θεμελιώνεται η ψυχολογική μας εμπειρία γι' αυτό που ξέρουμε ως χρόνο». Είναι το βέλος του χρόνου*, αφού αυτή συνεχώς αυξάνεται. Θα έχουμε όμως την ευκαιρία ένα άλλο βράδυ αν το αναλύσουμε καλύτερα.

Προς το παρόν, οι κάτοικοι του μικρού αυτού πλανήτη αρκούνται να ζουν το παρόν, όπως το ζουν, και ν' ατενίζουν το μέλλον. Το ταξίδι στο μέλλον, στο οποίο παραδινόμαστε όλοι είκοσι τέσσερεις ώρες το εικοσιτετράωρο, είναι το μοναδικό ταξίδι μέσα στο χρόνο. Οι πιο πολλοί άνθρωποι δεν ζουν τη στιγμή, το σήμερα· ασχολούνται με το τι θα κάνουν ή τι θα συμβεί σε λίγο, αύριο, του χρόνου. Είναι άραγε δυνατόν να τροποποιήσουμε τους ρυθμούς αυτούς;

Εκτός από τα διαστημικά ταξίδια με μεγάλες ταχύτητες η προσωρινή αναστολή της ζωής ίσως είναι δυνατόν να μας επιτρέψει κάποτε ταξίδια στους αιώνες του μέλλοντος, για να βλέπουμε τι μας περιμένει πέρα από τη φυσιολογική διάρκεια της ζωής μας. Οι μελλοντικοί πρόοδοι στην κατανόηση του χρόνου θα φωτίσουν περισσότερο αυτά τα θεμελιώδη προβλήματα ύπαρξης, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Προς τη μεγάλη ενοποίηση των φυσικών δυνάμεων

– Με τις σημερινές γνώσεις μας στη φυσική έχουμε καταλήξει στην κατάταξη όλων των γνωστών δυνάμεων που υπάρχουν στη φύση σε τέσσερεις μεγάλες κατηγορίες: τη *δύναμη της βαρύτητας,* την *ηλεκτρομαγνητική δύναμη,* την *ασθενή δύναμη,* στην οποία οφείλεται η ραδιενέργεια και η ακτινοβολία β των στοιχεί-

ων, και την *ισχυρή δύναμη,* η οποία συγκολλά γερά τα δομικά υλικά του πυρήνα των ατόμων.

Η πυρηνική δύναμη, που είναι εξαιρετικά ισχυρή, μειώνεται απότομα, όταν ξεπεραστεί η πολύ μικρή απόσταση, μικρότερη από τη διάμετρο του πυρήνα, που χωρίζει τα συστατικά του, τα *αδρόνια.* Η πυρηνική δύναμη εκφράζεται με τα *μεσόνια* ή *πιόνια,* τα οποία πηγαινοέρχονται ανάμεσα στα πρωτόνια και στα νετρόνια, αναπτύσσοντας την πυρηνική δύναμη, η οποία τα «συγκολλά» με τη βοήθεια των σωματιδίων που παίζουν το ρόλο των μεσαζόντων, δηλαδή τους «φορείς πεδίων», τα *γλοιόνια.*

– Φαντάζομαι ότι η λέξη προέρχεται από τα αγγλικά, glue (κόλλα), παρατήρησε ο Κάρολος.

– Η αγγλική όμως λέξη, παρενέβη ο Πλάτων, έχει τη ρίζα της στα ελληνικά· *γλοίον* σημαίνει κολλώδης ουσία.

– Το φαινόμενο του ήχου, συνέχισε ο Ευκλείδης, δεν είναι παρά κίνηση ατόμων στον αέρα. Έτσι ο ήχος ταυτίστηκε με την κίνηση. Ακόμα, τα θερμικά φαινόμενα γίνονται νοητά ως φαινόμενα κίνησης των μορίων. Έτσι, η κίνηση, ο ήχος και η θερμότητα συσχετίστηκαν. Αργότερα τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα ταυτίστηκαν με τα φαινόμενα της οπτικής, δηλαδή του φωτός. Το φως, όπως πρότεινε ο Maxwell, δεν είναι παρά ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Φαινόμενα τόσο διαφορετικά, όπως μια αστραπή ή η εκπομπή ραδιενέργειας από ένα στοιχείο, οφείλονται και εξηγούνται με την ίδια δύναμη.

Μόνο η *βαρύτητα* δεν γίνεται ακόμα νοητή σε σύγκριση με άλλα φαινόμενα. Για τις δύο πρώτες δυνάμεις, δηλαδή τη βαρύτητα και τις *ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις,* επειδή εξασκούνται σε μακροσκοπική κλίμακα, έχουμε καθημερινή εμπειρία από τα αποτελέσματά τους. Όλοι γνωρίζουμε τι θα συμβεί, αν πέσουμε από ψηλά, και όλοι έχουμε συνείδηση των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων. Ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός, το φως, οι ακτίνες Χ, οι υπεριώδεις ακτίνες, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα που ευθύνονται για τις φυσικές και χημικές ιδιότητες της ύλης, εξασκούνται όμως και στα φωτόνια, τα οποία δεν έχουν μάζα και είναι αισθητά ως ορατή ακτινοβολία.

Οι άλλες δύο δυνάμεις εξασκούνται στις μικροσκοπικές αποστάσεις μέσα στα υποατομικά σωματίδια και δεν υποπίπτουν στις αισθήσεις άμεσα· πιο συγκεκριμένα: η *ισχυρή δύναμη* είναι υπεύθυνη για τη σύνδεση των νετρονίων και των πρωτονίων μέσα στους πυρήνες των ατόμων· τη δύναμη αυτή δεν την αισθάνονται παρά τα πρωτόνια και τα νετρόνια που συγκολλούν τόσο ισχυρά τα κουάρκς μεταξύ τους, ώστε τα τελευταία να μην είναι δυνατόν να εντοπιστούν μοναχικά και ελεύθερα· η *ασθενής δύναμη,* τείνει να συνδυαστεί με την ηλεκτρομαγνητική δύναμη, γι' αυτό λέγεται και *ηλεκτρασθενής δύναμη.*

Η αρμονία της δύναμης του ατόμου δεν θα ήταν τόσο κομψή, αν η δύναμη που συνδέει το ηλεκτρόνιο με το πρωτόνιο δεν είχε απεικονιστεί σ' έναν πολύ απλό νόμο: το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης του Νεύτωνα και των ηλεκτρικών

φορτίων του Coulomb. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, οι δυνάμεις που εξασκούνται ανάμεσα σε δύο σώματα είναι ανάλογες με το γινόμενο των μαζών τους, αντίστροφα όμως ανάλογες από το τετράγωνο της απόστασης που αυτά απέχουν. Δηλαδή όσο πιο μεγάλα είναι τα μήλα και ακόμα πιο σημαντικό, όσον πλησιέστερα βρίσκονται μεταξύ τους, τόσο μεγαλύτερη είναι η εξασκούμενη δύναμη. Πρόκειται για ένα νόμο που μας επιτρέπει να προβλέπουμε με ακρίβεια τις εκλείψεις των αστεριών και πλήθος από ουράνια φαινόμενα, αλλά και τη συμπεριφορά των ηλεκτρικών φορτίων, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Όπως λέει ο Hawking: *«Βλέπουμε το Σύμπαν έτσι όπως είναι, γιατί, αν ήταν διαφορετικό, δεν θα βρισκόμαστε εδώ να το παρατηρούμε».* Και αυτό θα μπορούσε να συμπληρωθεί: Αν δεν υπήρχε η ισχυρή δύναμη ανάμεσα στα συστατικά του πυρήνα, αν οι πυρήνες του ατόμου ήταν συνδεδεμένοι μεταξύ τους με πιο ασθενικές δυνάμεις, τότε δεν θα υπήρχε χημεία, ούτε θα συνέτρεχαν οι προϋποθέσεις για να δημιουργηθεί ζωή και βιολογικός κόσμος. Αν δεν υπήρχε η ηλεκτρική δύναμη που συνδέει ασθενικά τα ηλεκτρόνια και τους πυρήνες για να σχηματιστούν τα άτομα, πάλι δεν θα υπήρχαν οι ευαίσθητες ισορροπίες για να σχηματιστούν μακρομόρια και από αυτά *η ίδια η ζωή.* Κι αν δεν υπήρχε βαρύτητα, η οποία επιδρά στο καθετί, δεν θα υπήρχε Κόσμος και Σύμπαν. Αν, για παράδειγμα, η βαρύτητα ήταν λίγο ισχυρότερη απ' ό,τι είναι, όλα τα άστρα θα βρίσκονταν στην κατάσταση του κυανού γίγαντα. Η ισορροπία ανάμεσα στις δυνάμεις αυτές είναι κρίσιμη για να είναι ο κόσμος που ζούμε αυτός *που είναι.*

Η δύναμη της βαρύτητας είναι εξαιρετικά αδύνατη, η πιο αδύνατη από τις τέσσερεις δυνάμεις που αλληλεπιδρούν, αλλά γίνεται εξαιρετικά μεγάλη, αν αναχθεί στο φανταστικό αριθμό σωματιδίων που απαρτίζουν ένα αστέρι ή έναν πλανήτη. Είναι τόσο αδύνατη που δεν θα την αντιλαμβανόμαστε, αν δεν διέθετε δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά: τη μεγάλη εμβέλεια και το γεγονός ότι είναι πάντοτε ελκτική· γι' αυτό και οι δράσεις της αθροίζονται. Έτσι, οι αδύνατες βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ των διαφορετικών σωματιδίων που αποτελούν δύο μεγάλα σώματα, όπως ο Ήλιος και η Γη, προστίθενται και παράγουν σημαντικές δυνάμεις. Αντίθετα, όταν εξετάζουμε τα στοιχειώδη σωματίδια είναι τόσο ασθενής, ώστε μπορεί ν' αγνοηθεί.

Στην καθημερινή πρακτική θεωρούμε ότι η ύλη και η δύναμη είναι εντελώς διαφορετικά πράγματα. Οι δυνάμεις δρουν μεταξύ υλικών σωμάτων μέσω της βαρύτητας ή ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων με άμεση φυσική επαφή, ενώ η ύλη θεωρείται μόνο «πηγή» δύναμης και όχι ως μέσο για τη διάδοσή της. Έτσι, ο Ήλιος ασκεί βαρυτική έλξη στη Γη μέσα από τον κενό χώρο· κάτι που μπορεί να περιγραφεί με τη γλώσσα πεδίων, για παράδειγμα του βαρυτικού πεδίου του Ήλιου, το οποίο κατά τ' άλλα είναι ένα αόρατο και ασύλληπτο, αλλ' αντιδρά με τη Γη και ασκεί την ελκτική του δύναμη.

Μόνο με τη βαρύτητα μπορούμε να εξηγήσουμε τη δομή των αστρικών σμηνών και των γαλαξιών, καθώς και τη γενική διαστολή που επικρατεί στο Σύμπαν.

Μια αρχικά ομοιόμορφη κατανομή άστρων καταλήγει σε πολυπλοκότερη οργάνωση, όπου ένα πυκνό πλήθος άστρων συγκεντρώνεται κοντά στο βαρυτικό κέντρο. Αυτή η τάση των βαρυτικών συστημάτων να οργανώνονται αυτόματα αποτελεί ένα καλό παράδειγμα αυτοοργάνωσης, και βρίσκεται σε αντίθεση με τη συμπεριφορά ενός αερίου, στο οποίο οι βαρυτικές δυνάμεις που δρουν είναι αμελητέες.

– Μήπως προς την αυτοοργάνωση δεν τείνει καθετί το υλικό ή το έμβιο και κατ' εξοχήν το τελευταίο; Αλλά θα μας δοθεί η ευκαιρία να τα συζητήσουμε κι αυτά, είπε παρεμβαίνοντας ο Κάρολος.

– Η Γη, συνέχισε ο Ευκλείδης, δεν καταρρέει επειδή οι δυνάμεις βαρύτητας εξουδετερώνονται από την αντοχή των υλικών της, που σε τελευταία ανάλυση δεν είναι παρά ηλεκτρικές δυνάμεις. Όπως προκύπτει από τις τελευταίες ερευνητικές προσπάθειες στο διευρωπαϊκό ερευνητικό κέντρο στο Cern, οι συγκρούσεις ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων που πραγματοποιούνται στο μεγάλο αντιδραστήρα, δείχνουν ότι στο Σύμπαν υπάρχουν μόνο τρεις οικογένειες θεμελιωδών σωματιδίων, δύο είδη κουάρκς και τα ηλεκτρόνια. Τ' άστρα, οι πλανήτες, τα μόρια, τα άτομα, εμείς οι ίδιοι, είμαστε κατασκευασμένοι από μείξη αυτών των τριών συστατικών με συμμετοχή και του ουδέτερου νετρίνο.

Η σύγχρονη φυσική αναγκάστηκε να επικαλεστεί την ύπαρξη περισσότερων από εκατό υποατομικών σωματιδίων για να ερμηνεύσει διάφορα φαινόμενα. Με όσα όμως γνωρίζουμε τεκμηριώνεται ότι η φύση είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Ο πιο φιλόδοξος στόχος της σύγχρονης φυσικής εστιάζεται στην ανακάλυψη ενός απλούστερου υπόβαθρου για το πλήθος σωματιδίων που επικαλείται η σύγχρονη φυσική.

Η ενοποίηση των δυνάμεων είναι το όνειρο της σύγχρονης φυσικής. Μήπως όλες οι δυνάμεις θα μπορούσαν ν' αντιμετωπιστούν ως διαφορετικές εκδηλώσεις μιας απλής βασικής δύναμης; Η θεωρία της μεγάλης ενοποίησης τείνει προς την εξεύρεση μιας μαθηματικής έκφρασης με την οποία να περιγράφονται όλες οι γνωστές φυσικές δυνάμεις. Ο συσχετισμός της βαρύτητας με τις άλλες δυνάμεις και τους νόμους της Κβαντομηχανικής και της Θεωρίας της Σχετικότητας πιθανόν να βοηθήσει στην απλούστευση. Αυτό άλλωστε υπήρξε και το όνειρο του Einstein. Προς την κατεύθυνση αυτή εργάζονται εντατικά οι φυσικοί στα ερευνητικά κέντρα σ' όλο τον κόσμο· οι γιγάντιοι επιταχυντές που υπάρχουν και οι ακόμα μεγαλύτεροι που βρίσκονται υπό κατασκευή ελπίζεται ότι θα βοηθήσουν στην κατεύθυνση αυτή στο προσεχές μέλλον, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Από τις τέσσερεις βασικές δυνάμεις, χρονικά, η βαρύτητα μελετήθηκε πρώτη. Ο Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης του Νεύτωνα υπήρξε ένας από τους πιο σημαντικούς της φυσικής. Η αποκάλυψη ενός νόμου σχετικού με δυνάμεις που μπορούσαν να εξασκηθούν συγχρόνως, τόσο σε γήινες, όσο και σε αστρονομικές αποστάσεις, υπήρξε εξαιρετικά γόνιμη κατάκτηση του ανθρώπου. Πραγματικά

με το νόμο του Νεύτωνα, εκτός από τις γήινες εφαρμογές, επαληθεύτηκαν όλες οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και του Kepler σχετικά με τις τροχιές των πλανητών. Επέκταση των γνώσεων αυτών αποτελεί η Θεωρία της Σχετικότητας.

Μια εξίσου σημαντική ενοποίηση υπήρξε στο πεδίο του ηλεκτρομαγνητισμού, όπου με τις διαφορικές εξισώσεις, τις γνωστές ως εξισώσεις του Maxwell για το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, συνδέθηκαν η δύναμη που εξασκείται στη μαγνητική βελόνα μιας πυξίδας και το φως που εκπέμπεται από ένα κερί ή τον Ήλιο.

Κατά την τελευταία δεκαετία οι Weinberg και Salam (Νόμπελ 1979) κατόρθωσαν να ενοποιήσουν σ' ένα ενιαίο μαθηματικό πρότυπο την ασθενή δύναμη με τον ηλεκτρομαγνητισμό. Έχουμε τώρα ελπίδες να υπάρξει ενοποίηση των άλλων δυνάμεων με την ηλεκτρασθενή δύναμη και την ισχυρή πυρηνική. Στον τομέα για τη μεγάλη ενοποίηση εργάζονται τώρα εντατικά πολλοί ερευνητές και τα πειράματά τους συγκλίνουν στην προσπάθεια για τη διάσπαση του πρωτονίου.

Είναι περίεργο το γεγονός ότι σ' αυτήν τη σύνθεση δεν μπόρεσε να περιληφθεί η δύναμη που είναι γνωστή από πολύ παλιά, η *βαρύτητα*. Ο Einstein είχε προβλέψει την ύπαρξη κυμάτων βαρύτητας, φορέων μετάδοσης της βαρύτητας, που πρέπει να προκαλούν εναλλακτικά συστολή και διαστολή του χώρου. Η βαρύτητα φαίνεται ότι «τεντώνει» και παραμορφώνει το χώρο και το χρόνο. Η δράση της βαρύτητας στο διάστημα εκδηλώνεται με ταχύτητα ίση με των ηλεκτρομαγνητικών κυμάνσεων, ενώ στα πεδία βαρύτητας επιδρούν κβάντα ενέργειας ανάλογα με τα φωτόνια. Πρόκειται για τα *γκραβιτόνια* ή *βαρυτόνια*, όπως ονομάζονται.

Οι προσπάθειες για την «υπερμεγάλη», όπως λέγεται, ενοποίηση, δηλαδή την ενοποίηση και της βαρύτητας με τις άλλες τρεις δυνάμεις, συνεχίζονται από την εποχή του Einstein, χωρίς όμως επιτυχία μέχρι σήμερα. Μία από τις προσπάθειες αυτές αποτελεί η εισαγωγή της *Θεωρίας της Υπερβαρύτητας* (supergravitation). Η θεωρία αυτή είναι επέκταση της Θεωρίας της Γενικής Σχετικότητας του Einstein, διαφέρει όμως απ' αυτή γιατί εφαρμόζεται στο μικροσκοπικό κβαντικό πεδίο. Η υπερβαρύτητα βασίζεται σ' ένα νέο είδος συμμετρίας και σχετίζεται και με τις δύο τάξεις στοιχειωδών σωματιδίων, δηλαδή τα *αδρόνια* και τα *λεπτόνια,* στα οποία ανήκουν τα ηλεκτρόνια, τα ποζιτρόνια, τα πρωτόνια, τα νετρόνια, τα κουάρκς και τα νετρίνο.

Τα νετρίνο παράγονται βαθιά μέσα στο σώμα των αστεριών και οι διαδικασίες παραγωγής τους απασχολούν ζωηρά τους αστρονόμους, επειδή είναι δυνατόν να εξηγήσουν γιατί ο ήλιος λάμπει, αλλά ίσως βοηθήσουν και στη μεγάλη ενοποίηση των δυνάμεων. Οι καινούριοι ανιχνευτές νετρίνο και η διαστημική περιπέτεια σίγουρα θα βοηθήσουν να κατανοηθεί ένα ακόμα μυστήριο: το πρόβλημα της σχετικής ελλειμματικότητας σε νετρίνο, που προσδιορίστηκε ότι υφίσταται στον Ήλιο.

Η σύγχρονη φυσική, θεμελιωμένη στην Κβαντική Θεωρία και στις αρχές της Ειδικής και Γενικής Σχετικότητας, προχωρεί με γοργά βήματα. Τώρα διαθέτει ακόμα τρία όπλα: τη διαστημική εμπειρία, τους κολοσσιαίους επιταχυντές και

τη μικροηλεκτρονική. Θα πρέπει ακόμα ν' αναφερθεί ότι από τη μελέτη της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης προκύπτει ενοποίηση των τριών δυνάμεων, εκτός της βαρύτητας, κατά τα πρώτα κλάσματα του δευτερολέπτου μετά το Big-Bang. Τα επόμενα χρόνια, όταν τα γιγαντιαία ραδιοτηλεσκόπια και τ' αστρονομικά εργαστήρια εγκατασταθούν μόνιμα στο διαστημικό χώρο, χωρίς τις ατμοσφαιρικές γήινες παρεμποδίσεις, θα δείξουν αν οι προσπάθειες αυτές θα μας οδηγήσουν στην τελική ενοποίηση.

– Το Hubble βρίσκεται από καιρό σε διαστημική τροχιά, παρατήρησε ο Κάρολος.

– Ο Νεύτων, συνέχισε ο Ευκλείδης, προβληματιζόταν: *«Από πού προέρχεται όλη αυτή η τάξη και η ομορφιά που βλέπουμε στον κόσμο;»*. Η συμμετρία φαίνεται ότι παίζει βασικό ρόλο στην οργάνωση του φυσικού κόσμου. Η σφαιρικότητα του Ήλιου, η κανονικότητα των κρυστάλλων, η αρμονικότητα μιας χιονονιφάδας, το επίπεδο συμμετρίας που διαχωρίζει κάθε έμβιο σε δύο κατοπτρικά είδωλα, όπως αριστερό-δεξί χέρι, μάτια, αφτιά), είναι χαρακτηριστικά της τάσης για συμμετρία, αρμονία που επικρατεί στον Κόσμο που ζούμε.

Λιγότερο φανερές, συνέχισε ο Ευκλείδης, συμμετρίες κρύβονται στο μικρόκοσμο των υποατομικών σωματιδίων και είναι δυνατόν να περιγραφούν με τη μαθηματική θεωρία των «ομάδων», που αποκάλυψε τη λεπτή κομψότητα, με την οποία αυτές οι αφηρημένες συμμετρίες αποκαλύπτουν τις εσωτερικές διεργασίες της ύλης. Όλη η υποπυρηνική έρευνα θεμελιώνεται στην ακλόνητη πεποίθηση ότι *μέσα στην καρδιά της πολυπλοκότητας βρίσκεται η απλότητα*. Έτσι οι φυσικοί αναζητούν περιπαθώς αυτό που κρύβεται πίσω από τις συμμετρίες. Όπως είπε ένας διάσημος φυσικός: *«Φαίνεται ότι η φύση προσπαθεί να μας πει κάτι»*. Η θεωρία των ομάδων υποδεικνύει μια φυσική προέλευση ολόκληρης της οικογένειας των συμμετριών από μια βασική κύρια συμμετρία.

Η εδραίωση μιας θεωρίας, όπως δηλαδή η μεγάλη ενοποίηση, θα σημάνει το θρίαμβο της θεωρητικής φυσικής, θα μας επιτρέψει να καταγράψουμε όλα τα μυστικά της φύσης με μία και μόνο εξίσωση, έναν παντοδύναμο μαθηματικό τύπο του Σύμπαντος.

– Όπως λέει ο J. Whaler:

*«Κάποια μέρα σίγουρα θ' ανοίξει μια πόρτα και θα φανερωθεί ο αστραφτερός μηχανισμός του κόσμου σε όλη την ομορφιά και την απλότητά του»*.

ή όπως του είπε ο Keats: *«Η ομορφιά είναι αλήθεια αλλά και αντίστροφα, η αλήθεια είναι ομορφιά»*, συμπλήρωσε ο Πλάτωνας.

– Πόσο κοντά είμαστε σε μια τέτοια λύση; διερωτήθηκε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Φαίνεται ότι με τις σχετικά χαμηλές ενέργειες που διαθέτουμε στα γήινα εργαστήριά μας δεν είναι δυνατόν να πλησιάσουμε αυτήν την απλότητα. Πιστεύεται ότι όσο αυξάνει η ενέργεια των διαδικασιών που μελετάμε, τόσο περισσότερο

εμφανείς θα γίνονται η ενότητα και η απλότητα. Η ιδέα ότι η περίπλοκη φυσική κατάσταση του σήμερα προήλθε με ψύξη από μια πολύ απλή κατάσταση, που ίσχυε στην πολύ θερμή αρχέγονη κατάσταση, είναι πειστική και κομψή. Ίσως πρόκειται για τον αστραφτερό κεντρικό μηχανισμό που φαντάστηκε ο Whaler. Γι' αυτό σήμερα καταναλίσκονται τόσα χρήματα και πολύτιμες ώρες εργασίας προικισμένων ανθρώπων για την κατασκευή επιταχυντών υπερυψηλής ενέργειας.

Ο LEP (Large Electron Positron collider) που βρίσκεται στο Cern στα γαλλοελβετικά σύνορα κοντά στη Γενεύη – σ' ένα γιγάντιο τούνελ εκατό μέτρα κάτω από τη γη, το οποίο έχει περίμετρο 26,7 χιλιόμετρα, διάμετρο τέσσερα μέτρα και συνίσταται από εκατοντάδες χιλιάδες πανάκριβους μηχανισμούς – είναι ένας τεράστιος αντιδραστήρας μέσα στον οποίο συγκρούονται ηλεκτρόνια με ποζιτρόνια, με ενέργεια σχεδόν εκατό δισεκατομμυρίων ηλεκτρονικών βολτ, και δημιουργούνται εκατομμύρια σωματίδια $Z_0$. Εξάλλου, τα διαστημικά τηλεσκόπια, όπως το «Hubble», και τα ερευνητικά διαστημόπλοια, όπως ο «Explorer», αρχίζουν να φέρνουν πολύτιμες πληροφορίες.

Τα πειράματα στον τεράστιο αυτό αντιδραστήρα στο Cern έδειξαν ότι σε αρκετά υψηλές ενέργειες δεν υφίσταται διάκριση ανάμεσα στις ηλεκτρομαγνητικές και τις ασθενείς δυνάμεις. Έτσι, πάρα πολλές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε σωματίδια περιγράφονται τώρα με την ενοποιημένη «ηλεκτρασθενή» δύναμη.

Τώρα υποθέτουμε ότι, αν διαθέταμε ακόμα υψηλότερες ενέργειες, θα ήταν δυνατή η ενοποίηση της ηλεκτρασθενούς με την ισχυρή δύναμη και, τέλος, με συνθήκες εξαιρετικά υψηλής ενέργειας και της ίδιας της βαρύτητας, της ασθενέστερης από τις τέσσερεις δυνάμεις. Έτσι θα ήταν δυνατόν να φτάσουμε στην απόλυτη ενοποίηση όλων των δυνάμεων σε μία.

Προς το παρόν οι φυσικοί φαντάζονται ότι λίγο πριν από $10^{-43}$ δευτερόλεπτα (ένας αριθμός όπου την υποδιαστολή ακολουθούν σαράντα τρία μηδενικά) από τη Μεγάλη Έκρηξη ίσως και η δύναμη της βαρύτητας ήταν ενοποιημένη με τις άλλες τρεις. Εδώ όμως, το φτωχό, αλλά πολυσύνθετο μυαλό του πιο περίεργου όντος που αναπτύχθηκε στο Ηλιακό μας Σύστημα, σταματάει, προς το παρόν τουλάχιστον.

Το πρωτόνιο είναι ίσως το πιο μακρόβιο συστατικό της ύλης, πιο μακρόβιο κι από τα δεκατέσσερα περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ($13,7 \times 10^9$ χρόνια) που συνέβη η Μεγάλη Έκρηξη, αφού υπολογίζεται ότι ο χρόνος που απαιτείται για να αποσυντεθούν τα μισά πρωτόνια μετριέται μ' έναν αριθμό χρόνων με τριάντα δύο μηδενικά ($10^{32}$). Τώρα οι φυσικοί αγωνίζονται μήπως και βρουν κάποιο πρωτόνιο να πεθαίνει. Σ' αυτήν την περίπτωση οι κοσμολογικές μας αντιλήψεις θ' αλλάξουν ριζικά. Τα επόμενα χρόνια σίγουρα θ' αποδειχθεί ότι δεν κυνηγάμε χίμαιρες. Θα έρθει μια ακόμα μεγάλη στιγμή για τον άνθρωπο, κατέληξε ο Ευκλείδης.

– Για την ώρα, είπε ο Πλάτων, ας αρκεστούμε στον προφητικό λόγο του ποιητή, ο οποίος οραματίζεται:

*«Έναν Κόσμο νά δεῖς σ' ένα Σπυρί τῆς Ἄμμος*
*ἕναν Οὐρανό στό Ἀγριολούλουδο,*
*τό Ἄπειρο νά κρατήσεις μέσα στήν παλάμη σου*
*τήν Αἰωνιότη σέ μιάν ὥρα μέσα».*

– Όπως βλέπετε, πρόσθεσε ο Πλάτων, ο Ελύτης από το μετερίζι φτάνει περίπου στους ίδιους προβληματισμούς με τους μεγάλους φυσικούς.

– Και πόσο παραστατικά, παρατήρησε ο Ευκλείδης.

## Βαρύτητα, ο μεγάλος άγνωστος. Η Θεωρία των Πάντων. Θεωρίες των Χορδών

– Ο Νεύτωνας εξέφρασε το μεγαλειώδη Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης, είπε ο Ευκλείδης, που εξηγεί τη δύναμη που εξασκείται ανάμεσα σε όλα τα αντικείμενα στο Σύμπαν. Η δύναμη που συγκρατεί τ' αστέρια και τους γαλαξίες στις τροχιές τους. Δύναμη πανταχού παρούσα στο Σύμπαν και που το μέγεθός της εξαρτάται από τις μάζες των σωμάτων και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Είναι η δύναμη που κρατάει τον πλανήτη μας σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο και τη Σελήνη γύρω από τη Γη. Αλλά και το βαρυτικό πεδίο της Γης ελκύει προς το κέντρο του οτιδήποτε βρίσκεται στο πεδίο της από το μήλο του Νεύτωνα μέχρι τα κεραμίδια που πέφτουν από ψηλά και σπάνε στο έδαφος ή το κεφάλι μας. Όσοι ξεφύγουν από το πεδίο αυτό, όπως οι αστροναύτες στο διάστημα, τότε αιωρούνται και κινούνται άνετα στον κενό χώρο. *Ο νόμος του Νεύτωνα ενοποίησε Γη και Ουρανό με τη δύναμη της βαρύτητας. Ήταν η πρώτη μεγάλη ενοποίηση.*

*Για την τόσον οικεία δύναμη αυτή, δεν γνωρίζουμε τίποτα, παρά τις ατέρμονες προσπάθειες των φυσικών όλων των εποχών*. Γι' αυτό καταβάλλονται συνεχώς προσπάθειες να προταθούν νέες πιο αξιόπιστες θεωρίες όπως αυτές που θα περιγράψουμε σήμερα, πρόσθεσε ο Ευκλείδης.

Είναι ακατανόητο, για παράδειγμα, πώς ένας μικρός μαγνήτης μπορεί να συγκρατεί τα βαριά κλειδιά μας να μην πέσουν κατά γης κολλημένα επάνω του, υπερνικώντας τη δύναμη της βαρύτητας που εξασκεί η κολοσσιαία σφαίρα της Γης και το βαρυτικό της πεδίο που διατηρεί το φεγγάρι σε τροχιά. Πώς είναι δυνατόν η βαρύτητα να είναι συγχρόνως τόσο ισχυρή, ώστε να συγκρατεί τους πλανήτες σε τροχιά, όσο και τόσο ασθενής ώστε ένας μικρός μαγνήτης να υπερνικά τη γήινη βαρύτητα;

Πρόκειται ίσως για το πρόβλημα της «ιεραρχίας» όπως χαρακτηρίζεται. Η δύναμη της βαρύτητας παρότι είναι η πρώτη που ανακαλύφθηκε, είναι η ολιγότερο κατανοητή. Το πρόβλημά της έγκειται στο ότι είναι πολύ ασθενής(!), όσο κι αν αυτό φαίνεται παράδοξο εκ πρώτης όψεως. Αν συγκριθεί για παράδειγμα με την άπωση ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόνια είναι ασθενέστερη με έναν συντελεστή όπου το 1 ακολουθείται από 43 μηδενικά.

Η επινόηση περισσότερων από τις γνωστές τρεις διαστάσεις (πλάτος, μήκος,



*Ένας μικροσκοπικός μαγνήτης υπερνικά τη βαρύτητα.*

ύψος και την τέταρτη, τον αχώριστο σύντροφό μας το χρόνο) έως έναν αριθμό με 11 ίσως και με 20 διαστάσεις, συνιστά έννοιες μυστηριώδεις, ακατανόητες για το φτωχό ανθρώπινο μυαλό, απαραίτητες όμως για τη μαθηματική έκφραση των νέων θεωριών. Σύμφωνα με τις θεωρίες αυτές η δύναμη της βαρύτητας υποβαθμίζεται, κατακερματίζεται καθώς διαμοιράζεται στις επί πλέον αυτές διαστάσεις, όπως τα νερά του ορμητικού χειμάρρου όταν αυτός διακλαδίζεται σε μέγα πλήθος από ρυάκια και η δύναμή του διασκορπίζεται. Οι μυστηριώδεις για τις ανθρώπινες αισθήσεις νέες διαστάσεις είναι δυνατόν για παράδειγμα να είναι κύκλοι σ' ένα τρισδιάστατο πλέγμα, εκεί που διασταυρώνονται τα τέλια της σίτας. Για βοήθεια ας θυμηθούμε την τρισδιάστατη ψευδαίσθηση που μας δημιουργούν οι δισδιάστατοι ήρωες στην οθόνη του κινηματογράφου.

Στην αγωνιώδη προσπάθεια του ανθρώπου για την ενοποίηση των τεσσάρων δυνάμεων υφίσταται ακόμα η αδυναμία να περιληφθεί και η βαρύτητα σ' αυτές. Η κατανόηση της φύσης της βαρύτητας που ασχολείται με το μεγάκοσμο και η συμφιλίωσή της με την κβαντομηχανική που ασχολείται με το μικρόκοσμο, συνιστούν πρόκληση για τους σύγχρονους φυσικούς. Όλες οι απόπειρες ενοποίησής της με τις υπόλοιπες τρεις δυνάμεις (ηλεκτρομαγνητική, ισχυρή, ασθενή) έχουν αποβεί άκαρπες. Ο Einstein που το προσπαθούσε τα τελευταία χρόνια της ζωής του, έφυγε με τον καημό της αδυναμίας εξεύρεσης μιας θεωρίας, η οποία θα ενοποιούσε όλες τις δυνάμεις. Όπως έλεγε:

*«Μια θεωρία, η οποία θα ενοποιούσε όλους τους φυσικούς νόμους του Σύμπαντος, θα μας επέτρεπε "να διαβάσουμε το μυαλό του Θεού"».*

Η βαρύτητα όμως δεν λέει να συμφιλιωθεί με το μικρόκοσμο. Η κβαντική φυσική δεν μπορεί να εξηγήσει τη συμπεριφορά σωμάτων με μεγάλη μάζα, όπως οι γαλαξίες και η Θεωρία της Σχετικότητας τη συμπεριφορά των υποατομικών σωματιδίων. Η συμφιλίωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας με την Κβαντική Θεωρία είναι το μεγάλο πρόβλημα της σύγχρονης φυσικής.

– Αντίθετα, οι βιολόγοι με τη δαρβινική θεωρία της φυσικής επιλογής εξηγούν τη ζωή από τα μικρόβια έως τις φάλαινες συμπλήρωσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Δυστυχώς δεν έχουμε φθάσει ακόμα στη *Θεωρία των Πάντων*. Η *Θεωρία των Χορδών* είναι μια απόπειρα στην κατεύθυνση αυτή. Για να εξηγηθούν τα ανεξήγητα. Σύμφωνα με αυτήν τα πιο θεμελιώδη αδιαίρετα αντικείμενα που συνιστούν την κάθε είδους ύλη είναι *χορδές*, μικροσκοπικές παλλόμενες ίνες ενέργειας, δονούμενοι μονοδιάστατοι κλειστοί κύκλοι είτε υπό μορφή βρόχων, κάτι σαν τις θηλιές των σχοινιών στην περίπτωση των υποθετικών για την ώρα μονάδων βαρύτητας, των *βαρυτονίων* (gravitons), είτε υπό μορφή παλλόμενων ινών, με ελεύθερα άκρα, που επενεργούν στις πυρηνικές δυνάμεις του ατομικού μικρόκοσμου, τα *κουάρκς*. Αν ένα άτομο είχε το μέγεθος του Ηλιακού μας Συστήματος η χορδή θα είχε το μέγεθος ενός δέντρου.

Όπως οι χορδές του βιολιού παλλόμενες ανάλογα με τη θέση του δαχτύλου του βιολιστή διαχέουν διάφορες νότες που τελικά συνιστούν τη μελωδία που εκπέμπεται, οι πανταχού παρούσες χορδές δημιουργούν την κοσμική «συμφωνία» που προσπαθούμε να κατανοήσουμε. Η Θεωρία των Χορδών που σήμερα εκφράζεται με πέντε παραλλαγές φιλοδοξεί να περιγράψει κάθε μορφή ύλης και τις φυσικές δυνάμεις, από τα υποατομικά σωματίδια που συνιστούν το άτομο μέχρι τη Γη και το Σύμπαν, από τη γέννηση του χρόνου μέχρι το ύστατο δευτερόλεπτο. Στον 20ο αιώνα περάσαμε από το άτομο στους δομικούς υποατομικούς λίθους, τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια, τα νετρόνια και στα συστατικά τους, τα κουάρκς, που θεωρούσαμε τα έσχατα σωματίδια. Τώρα οι χορδές, οι παλλόμενες αυτές ίνες ενέργειας, προτείνονται ως ύστατα συστατικά και των κουάρκς, κατ' επέκταση και του συνόλου των υλικών του Σύμπαντος. Όλη η φαινομενική πολυπλοκότητα γίνεται προσπάθεια να συμπιεστεί σ' ένα *Νόμο των Πάντων*.

## Ο νέος κόσμος των (μεμ)βρανών (mem-branes)

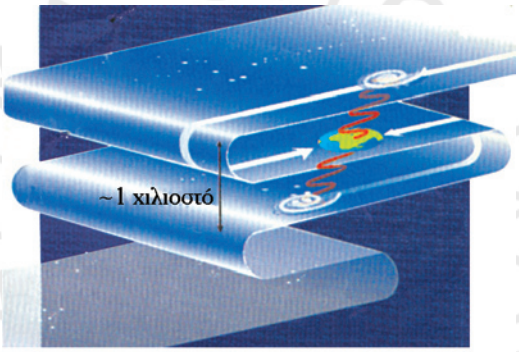
Η ύπαρξη όμως πέντε διαφορετικών θεωριών των χορδών αδυνάτιζε την αξιοπιστία τους, μέχρις ότου ο Ε. Γουίκεν εξέφρασε μια νέα θεωρία, που την ονόμασε Θεωρία «Μ*», η οποία με θαυμαστό τρόπο ενοποίησε τις πέντε θεωρίες

* Το όνομα της Μ δημιούργησε πολλά ερωτηματικά για το τι αυτό σημαίνει. Άλλοι είπαν ότι προέρχεται από τη λέξη Μαγική, Μυστηριώδης, Μητρική, Δαιμονική (Monstrous), Μαύρη, Μανιώδης.

σε μία, εισάγοντας όμως μια ενδέκατη (μυστηριώδη) διάσταση. Όπως δηλαδή σ' ένα χώρο με ανακλαστικούς καθρέπτες ένα αντικείμενο φαίνεται πολλαπλό, αλλά δεν πρόκειται παρά για τη θεώρηση του ίδιου πράγματος από διαφορετικές γωνίες. Η αξιοπιστία της θεωρίας των χορδών έδειχνε ν' αποκαθίσταται με τις εργασίες του Γουίκεν.

Συγχρόνως με τις Θεωρίες των Χορδών εισήγετο και η Θεωρία των Παλλόμενων Μεμβρανών ή για συντομία *Βρανών*. Τρισδιάστατες παλλόμενες μεμβράνες που αιωρούνται στο χώρο. Τώρα πλέον είναι δυνατόν να θεωρήσουμε πολλαπλά Σύμπαντα (multiverse) σε παράλληλες μεμβράνες.

Είναι δυνατόν να φανταστούμε τώρα παγιδευμένοι στο δικό μας Σύμπαν όπως είναι μια φέτα ψωμιού μέσα σ' ένα καρβέλι, ανάμεσα σε άλλες φέτες του καρβελιού. Οι χορδές και οι παλλόμενες μεμβράνες συνιστούν τον κόσμο που ζούμε, από τα υποατομικά σωματίδια μέχρι τους γαλαξιακούς χώρους.




*Κοσμικό origami*:*
*Ένα Σύμπαν από διπλωμένες μεμβράνες που επιτρέπει στη βαρύτητα να γλιστράει μέσα από μια επιπλέον διάσταση.*

Προχωρώντας τη σκέψη πιο μακριά, είναι δυνατόν να υποστηριχτεί ότι η Μεγάλη Έκρηξη, το γνωστό Big-Bang, δεν ήταν παρά σύγκρουση δύο κόσμων, δύο βρανών, που συνέβη 13,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, της οποίας όμως είχαν προηγηθεί άλλες, ενώ νέες είναι δυνατόν να συμβούν στο μέλλον.

Έτσι το Big-Bang δεν ήταν ένα πρωτόγνωρο μέγα συμβάν. Ο κόσμος υπήρξε ανέκαθεν και θα συνεχίσει τη μυστηριώδη πορεία του στα βάθη του χρόνου.

Πάντως η Θεωρία των Χορδών παρέχει σήμερα τις καλύτερες ενδείξεις για μια ενοποιημένη θεωρία όλων των φυσικών νόμων, αλλά δεν παύει προς το παρόν να συνιστά μια αλληλουχία μαθηματικών συναρτήσεων. Δυστυχώς *θεωρία που δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί πειραματικά, έστω αστρονομικά, δεν είναι επιστήμη, είναι φιλοσοφία.* Ίσως να πρόκειται για μια αυταπάτη της φαντασίας

* Origami: Η τέχνη των Ιαπώνων να φτιάχνουν ψεύτικα λουλούδια διπλώνοντας το χαρτί.

και των μαθηματικών. Προς το παρόν όμως δεν έχουμε τίποτα καλύτερο, προκειμένου να εξηγήσουμε τ' ανεξήγητα και να συμφιλιώσουμε την Κβαντική Θεωρία με τη βαρύτητα. Κάθε στοιχειώδες σωματίδιο δημιουργείται από τις δονήσεις των υποκειμένων χορδών και τα χαρακτηριστικά των δονήσεων αυτών καθορίζουν και τις ιδιότητές του, λόγου χάρη τη μάζα και το φορτίο του. Ο διαφορετικός τρόπος που πάλλονται οι χορδές δίνει και τη μορφή ενός ηλεκτρονίου ή ενός φωτονίου. Τα μικρά πολυδιάστατα σχήματα προσδιορίζουν τις είκοσι παγκόσμιες σταθερές, την ίδια την αρμονία του Σύμπαντος. Οι χορδές είναι δυνατόν να κινούνται σε τρεις, τέσσερεις ή και περισσότερες διαστάσεις, που είναι δυνατόν μαζί με τη διάσταση του χρόνου να φθάσουν τις 10 ή τις 11, γιατί σύμφωνα με τη θεωρία αυτή υπάρχουν πολύ περισσότερες διαστάσεις από αυτές που υποπίπτουν στις αισθήσεις μας. Οι περίεργες αόρατες διαστάσεις αυτές μπορεί να είναι πολύ μικρές, όσο τα άτομα ή άπειρα μεγάλες, διαστημικές. Προς το παρόν πάντως δεν υφίσταται καμία πειραματική διάταξη που θα μπορούσε να επαληθεύσει τη θεωρία αυτή που αναφέρεται κυρίως σε ενέργειες πολύ υψηλότερες από αυτές που εμπίπτουν στις σημερινές δυνατότητες.

Όταν τεθεί το 2007 σε λειτουργία ο νέος γιγαντιαίος επιταχυντής υψηλών ενεργειών (LHC) των ευρωπαϊκών χωρών CERN, στα γαλλοελβετικά σύνορα, υπάρχει ελπίδα, από την ενεργειακή συμπεριφορά συγκρουόμενων πρωτονίων να κατανοήσουμε κάτι περισσότερο για τις ασύλληπτες από τις αισθήσεις μας αυτές διαστάσεις. Προς το παρόν όλες αυτές οι προσπάθειες συνιστούν μαθηματικές εκφράσεις.

Πάντως πρέπει να συνειδητοποιηθεί ότι το κλειδί για την ενοποιημένη θεωρία παραμένουν τα μαθηματικά. Η παρούσα κατανόηση των νόμων της φύσης, με την ακρίβεια που τους διέπει και την παγκοσμιοποίησή τους, είναι δυνατή μόνον με τη βοήθεια των μαθηματικών όρων.

Αυτή όμως η ανάληψη ελέγχου της φυσικής από τα μαθηματικά, ενέχει και κινδύνους γιατί θα μπορούσε να μας οδηγήσει σε σφαίρες σκέψης με μαθηματική τελειότητα, αλλά και να μας απομακρύνει από τη φυσική πραγματικότητα. Σ' αυτά τα ιλιγγιώδη ύψη για τη νόησή μας, θα πρέπει να σταθμίσουμε τα ίδια βαθιά φιλοσοφικά ερωτήματα που προβλημάτιζαν τον Πλάτωνα και τον Καντ: *Τι είναι πραγματικότητα; Μήπως κατοικεί στη σκέψη μας, εκφρασμένη σε μαθηματικούς τύπους ή βρίσκεται έξω απ' αυτήν;*

Κατά τον Πλάτωνα ο ουράνιος αιθέρας και τα κλασικά στοιχεία γη, αέρας, φωτιά και νερό, συντίθενται από άτομα πολυεδρικού σχήματος, των οποίων οι όψεις είναι ταυτόσημες με κανονικά πολύγωνα. Πρόκειται για τα Πλατωνικά στερεά, τα οποία είναι πέντε: τετράεδρο, κύβος, οκτάεδρο, δωδεκάεδρο και εικοσάεδρο. Ήδη έχουν διαπιστωθεί μικροσκοπικά συμπλέγματα με τις παραπάνω δομές. Η Θεωρία των Χορδών, όπου θριαμβεύει η ομορφιά των μαθηματικών, επαναφέρει στη μνήμη μας τους προβληματισμούς αυτούς των πρωτοπόρων της διανόησης. Αλλά διέκοψα τον Ευκλείδη.

## Η Θεωρία των Πολλαπλών Σφαιρών (multiverse) και των (Μεμ)βρανών (brane)

***Το Σύμπαν που ανήκουμε είναι μοναδικό ή ένα τυχαίο Σύμπαν ανάμεσα σε μυριάδες άλλα αυτοτελή Σύμπαντα;***

– Οι φυσικοί που μελετούν τη θεωρία των χορδών, συνέχισε ο Ευκλείδης, και οι νεότεροι κοσμολόγοι, καταλήγουν με διάφορους μαθηματικούς υπολογισμούς, αλλά και κάποιες παρατηρήσεις και θεωρητικά αδιέξοδα, ότι το Σύμπαν στο οποίο ανήκει και το δικό μας, δεν είναι το μοναδικό, αλλά σύμφωνα με τη Θεωρία των Χορδών ένα από τις μυριάδες (έναν αριθμό που ακολουθείται από 500 μηδενικά) Σύμπαντα.

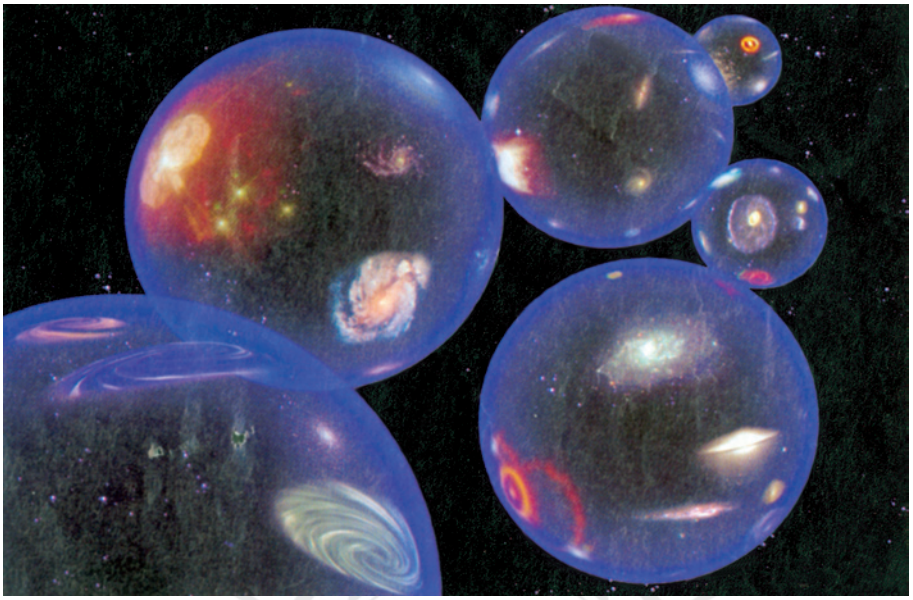
Είναι πάντως μια άποψη που δεν είναι δυνατόν ν' αποδειχθεί με τα σημερινά μέσα που διαθέτουμε, όπως λέει ο Νομπελίστας Φυσικός D. Gross:

*«Πρέπει να υπάρχει κάτι που πρέπει ν' ανακαλυφθεί, για να δικαιολογηθούν οι σταθερές του Σύμπαντος και τ' αξιώματα που λείπουν. Η Θεωρία των Χορδών είναι ένα εύρημα και δεν έχουμε προς το παρόν καλύτερο. Είναι η μόνη θεωρία στην κατεύθυνση της μεγάλης ενοποίησης της Θεωρίας των Πάντων».*

Υφίστανται ακόμη θεωρίες που υποστηρίζουν ότι δεν υφίσταται ένα μόνο Σύμπαν (universe), αλλά πολλαπλά διαστελλόμενα Σύμπαντα (multiverse). Φανταστείτε πολλαπλές σφαίρες, σαν ιπτάμενα μπαλόνια, όπου κάθε μια περικλείει ένα Σύμπαν, μέρη μιας ευρύτερης φυσικής ύπαρξης*. Μια εκδοχή ακόμα όπως εκφράστηκε από τον Ashtekar, γνωστή ως *κβαντική βαρύτητα βρόχων*. Κατ' αυτήν ο χώρος και ο χρόνος δεν είναι συνεχείς, αλλά αποτελούνται από θεμελιώδεις αδιαίρετους δομικούς λίθους, κάτι ανάλογο με τα πακέτα ενέργειας, τα κβάντα, του A. Planck. Εδώ πρόκειται για τα κβάντα χώρου και χρόνου. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτών οι βρόχοι, οι θηλιές παράγουν μια κβαντική γέφυρα ανάμεσα σε δύο μεγάλα κλασικά Σύμπαντα: ένα που διαστέλλεται και το δεύτερο που συστέλλεται. Έτσι το Big Bang δεν είναι παρά η στιγμή που το προηγουμένως συστελλόμενο Σύμπαν, αντέστρεψε με πάταγο τη συστολή του και ακολούθησε ο ορυμαγδός του Big-Bang. Υπάρχει ακόμη η εκδοχή, σύμφωνα με την πληθωριστική θεωρία ότι κάθε μαύρη τρύπα, είναι η απαρχή δημιουργίας μιας νέας Μεγάλης Έκρηξης, ενός νέου Big-Bang, από το οποίο προκύπτει ένα νέο Σύμπαν.

Εδώ όμως κινούμεθα σε περιοχές όπου η πειραματική επαλήθευση είναι προς το παρόν αδύνατη. Πρόκειται περισσότερο για φιλοσοφικές προτάσεις με απόπειρες μαθηματικών και στατιστικών επαληθεύσεων, σε μια ακόμη αγωνιώδη προσπάθεια ενοποίησης της βαρύτητας με τις άλλες τρεις δυνάμεις: ηλεκτρομαγνητική, ισχυρή και ασθενική πυρηνική δύναμη. Η ανάλυση των αστρονομικών τιμών πάντως δείχνει όχι μόνο ότι το δικό μας Σύμπαν είναι πεπερασμένο, αλλά επίσης ότι έχει ειδική μάλλον άκαμπτη τοπολογία (είναι ένα από τα μοναδικά

* L. S sskind: «The Cosmic Landscape: String theory and the illusion of intelligent design».



*Τα διογκούμενα πολλαπλά Σύμπαντα (multiverse). Πομφόλυγες, φούσκες διαφόρων μεγεθών και ιδιοτήτων γεννιούνται και διασπείρονται στο διογκούμενο υπόστρωμα υψηλής ενέργειας. Ζούμε σε μία από τις φούσκες αυτές, το δικό μας Σύμπαν και μπορούμε να διακρίνουμε μόνο μικρό μέρος από αυτό.*

σύμπαντα όπου είναι δυνατόν να προείπωμεν το αστρονομικό μέλλον για παράδειγμα την περιοδική επιστροφή του κομήτη του Halley). Κατ' αυτήν τη θεωρία φαίνεται ότι ζούμε σ' ένα μικρό κλειστό σύμπαν ανεξάρτητα αν υφίστανται και άλλα Σύμπαντα. Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι προβληματίζονται αν το Σύμπαν είναι άπειρο ή πεπερασμένο, κάτι για το οποίο ήδη έχουμε αναφερθεί.

– Διαισθητικά μου ταιριάζει καλύτερα η έννοια των πολλαπλών Big-Bang, παρά να δεχτώ ότι αυτό συνέβη μια μοναδική φορά και πάει τελείωσε. Ταιριάζει καλύτερα και με το άπειρο του χρόνου, του χωροχρόνου και με την αιωνιότητα, παρατήρησε ο Κάρολος.

– Η Θεωρία της Υπερσυμμετρίας, είπε ο Ευκλείδης, οι επιπλέον διαστάσεις και οι Θεωρίες των Χορδών, συνδέονται μεταξύ τους και είναι έννοιες που χρειάζονται η μια την άλλη για να κατανοηθούν. Όλ' αυτά οδηγούν σε μια νέα θεώρηση του χώρου και του χρόνου, μια θεώρηση που αν και δεν έχει ακόμη αποκρυσταλλωθεί μαθηματικά, ενέχει την πιθανότητα οι χώροι και οι διαθέσεις τους να μην είναι δεδομένες a priori. Όπως αναφέρει και ο Δ. Νανόπουλος:

*«Κάπου τυχαία (κατά την κβαντική φυσική) δημιουργήθηκε το Σύμπαν, τ' αστέρια, οι γαλαξίες».*

Η ρήση θα πρέπει ίσως να συμπληρωθεί: και η ζωή, συνέχισε ο Ευκλείδης, αλλ' αυτό ας το συζητήσουμε ένα άλλο βράδυ.

Στατιστικά είναι απίθανο να είμαστε ολομόναχοι στο αχανές διάστημα. Σίγουρα θα υπάρχουν σε κάποιο από τις μυριάδες αυτά νησιά του διαστήματος, προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ανάλογων ή έστω διαφορετικών οργανισμών με ανάλογη ευφυΐα ή πλέον ανεπτυγμένη, αφού ο πλανήτης Γη είναι ηλικίας 4,55 δισεκατομμύρια ετών, ενώ άλλοι πλανήτες είναι δυνατόν να έχουν σχεδόν τριπλάσια ηλικία. Πάντως όποιες προσπάθειες έγιναν με γιγαντιαία ραδιοτηλεσκόπια μέχρι τώρα, δεν κατέληξαν σε κάποια επικοινωνία με εξωγήινους πολιτισμούς. Αν ληφθούν υπόψη και οι τεράστιες αποστάσεις που μας χωρίζουν από άλλους κόσμους, το εγχείρημα φαντάζει αδύνατον με τα σημερινά δεδομένα.

Αν όμως μυστήριο περιβάλλει το μακρινό διάστημα πολλά είναι και τα ερωτηματικά σχετικά με το ίδιο το σπίτι μας, το εσωτερικό του διάπυρου πλανήτη, όπως είχαμε την ευκαιρία να συζητήσουμε.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ
## ΙΔΕ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

### Τα συστατικά μας και πόσο αξίζουν

– Οι ζωντανοί οργανισμοί, άνοιξε την κουβέντα ο Κάρολος, έχουν ανάγκη τόσο από υλικά όσο και από πηγές ενέργειας, για να κατασκευάσουν και να συντηρήσουν το χημικό εργαστήριο, που συνιστά τα κύτταρά τους. Οι λειτουργίες του κάθε οργανισμού μπορούν ν' αναχθούν, τελικά, σ' ένα σύνολο από χημικές αντιδράσεις.

Ο κόσμος των έμβιων χαρακτηρίζεται από εξαιρετική διαφοροποίηση στη μορφή, στο σχήμα, στις συνήθειες, αλλά και από εκπληκτική ομοιότητα, τόσο ως προς τη δομή, όσο και ως προς τις λειτουργίες. Οι μηχανισμοί των χημικών αντιδράσεων στις βασικές γραμμές είναι εκπληκτικά παρόμοιοι, από το φυτικό μέχρι το ζωικό βασίλειο, από τη μονοκύτταρη αμοιβάδα ως τα πολυκύτταρα θηλαστικά.

Η ζωή στη στεριά εκδηλώνεται με πλήθος μορφών: από τους απλούστατους φυτικούς μικροοργανισμούς –όπως οι μύκητες, τα βακτηρίδια, οι ζύμες– ή τα ασήμαντα χορτάρια, μέχρι τα τεράστια δέντρα· από τα μικροσκοπικά έντομα, τα ερπετά, τα πτηνά, ως τους πολύπλοκους ανώτερους ζωικούς οργανισμούς, στους οποίους ανήκει και ο άνθρωπος. Αντίστοιχα, στη θάλασσα ζουν: από το αόρατο στο μάτι πλαγκτόν, τα φύκια, τα όστρακα, οι μαρίδες, ο καρχαρίας μέχρι η φάλαινα, το μεγαλύτερο θηλαστικό που υπάρχει.

Παρόλη όμως την τόσο μεγάλη ποικιλία ειδών –υφίστανται περισσότερα από ένα εκατομμύριο είδη ζωικών οργανισμών– και τις μορφολογικές διαφορές που διακρίνουν το ένα από τ' άλλο, είναι αξιοσημείωτη η ομοιότητα των χημικών ουσιών, που συνιστούν όλα τα ζωντανά κύτταρα: νερό, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, νουκλεϊνικά οξέα (δομικοί λίθοι των μορίων του DNA) και ανόργανα άλατα, είναι τα κυριότερα συστατικά του κάθε ζωντανού κυττάρου· όσο κι αν αυτό φαίνεται παράξενο, είναι αληθινό.

Κατά την ανάλυση του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά και όλων των θηλαστικών, ανιχνεύονται έντεκα κύρια στοιχεία: οξυγόνο (65%), άνθρακας (18,5%), υδρογόνο (9,5%), άζωτο (3,3%), ασβέστιο (1,5%), φώσφορος (1%), κάλιο (0,35%), θειάφι (0,25%), χλώριο (0,2%), νάτριο (0,15%) και μαγνήσιο (0,85%). Εκτός όμως από τα κύρια αυτά στοιχεία, σε ίχνη ανιχνεύονται όλα σχεδόν τα

εκατό στοιχεία του περιοδικού συστήματος, όπως: σίδηρος, ιώδιο, ψευδάργυρος, κοβάλτιο, σελήνιο και πολλά άλλα. Δύσκολα ο αμύητος θα συνειδητοποιούσε, βλέποντας το ανθρώπινο σώμα, ότι το κυριότερο συστατικό του στοιχείο, αν αφαιρεθεί το νερό που είναι περίπου 70% του βάρους μας, είναι ο άνθρακας, υπό μορφή οργανικών ενώσεων, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η παρουσία δηλαδή των στοιχείων αυτών δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή στη μορφή των χημικών μορίων που συνιστούν τον οργανισμό, αλλά, όπως είπαμε, τυχαία περιστατικά πολλές φορές μας βοηθάνε να την πιστοποιήσουμε, όπως η απανθράκωση ενός ανθρώπου σε μια πυρκαγιά ή του κρέατος που λησμονήθηκε στο φούρνο, καθώς και του δέντρου που μεταμορφώθηκε σε χρήσιμα ξυλοκάρβουνα ή του καρβουνιασμένου από την πυρκαγιά δάσους.

Αν υπήρχε μια εύκολη διαδικασία ν' απομονωθούν και να πουληθούν τα συστατικά στοιχεία του ανθρώπινου οργανισμού, ως καθαρά χημικά προϊόντα, η αξία τους δεν θα υπερέβαινε τα λίγα Ευρώ, ανεξάρτητα αν προέρχονταν από ένα σοφό ή έναν αδαή, πλούσιο ή φτωχό. Η γνώση όμως της στοιχειακής σύστασης του ανθρώπινου οργανισμού έχει μόνο σχετική σημασία. Πολύ πιο ενδιαφέρουσα είναι η γνώση των μορίων που σχηματίζουν τα στοιχεία αυτά. Έτσι, για παράδειγμα, ένα μεγάλο ποσοστό του υδρογόνου και του οξυγόνου βρίσκεται ενωμένο μέσα και έξω από τα κύτταρα υπό μορφή νερού, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου είναι ενωμένο με άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο στα μόρια των πρωτεϊνών και των νουκλεϊνικών οξέων (DNA).

Αν το νερό είναι το κύριο συστατικό (70-75%) κάθε ζωντανού οργανισμού, πρωταγωνιστές είναι οι οργανικές ουσίες, *ενώσεις,* δηλαδή, του *άνθρακα.* Απ' αυτές, οι *πρωτεΐνες* (17-20%) μαζί με τα νουκλεϊνικά οξέα του DNA αποτελούν τα πιο σημαντικά για τη ζωή μόρια. Τα υπόλοιπα συνιστούν κυρίως ενεργειακά αποθέματα για καύση, όπως το *λίπος* (5-7%) και η *γλυκόζη* (1%), η ζάχαρη δηλαδή του οργανισμού μας. Τα ανόργανα συστατικά συμμετέχουν σε μικρά ποσοστά (1-2%), διαδραματίζουν όμως σημαντικό επιτελικό ρόλο.

Σ' έναν άνθρωπο βάρους για παράδειγμα εξήντα κιλών, τα σαράντα τρία περίπου είναι νερό, δώδεκα πρωτεΐνες, τρία λίπος και από εξακόσια γραμμάρια ζάχαρη και νουκλεϊνικά οξέα. Το υπόλοιπο, περίπου ένα κιλό, συνίσταται από ανόργανα συστατικά. Με την καύση ή την πύρωση κάθε έμβιου όντος, είτε πρόκειται για αρνί, είτε για άνθρωπο, το νερό εξατμίζεται, ενώ τα οργανικά συστατικά καίγονται και μετασχηματίζονται σε υδρατμό και διοξείδιο του άνθρακα –το σπινθηροβόλο αυτό αέριο των αναψυκτικών και της μπίρας– δηλαδή τα υλικά που χρησιμοποιούν τα φυτά για τη φωτοσύνθεση. Ό,τι απομένει από την καύση των έμβιων, είναι ένα μικρό ποσοστό: τα ανόργανα συστατικά, που μετασχηματίζονται σε ένα περίπου κιλό τέφρα, δηλαδή τ' απομεινάρια των ανόργανων συστατικών μας. Στους πολιτισμένους εκείνους τόπους που έχουν την αγαθή συνήθεια ν' αποτεφρώνουν τους νεκρούς, ελαχιστοποιούν το πρόβλημα της ταφής στο ένα εξηκοστό και περισσότερο· ό,τι δηλαδή απομένει από τη σορό μετά την καύση. Η σύσταση της τέφρας και των αερίων που δημιουργούνται κατά την

αποτέφρωση είναι και πάλι η ίδια, είτε πρόκειται για μοσχάρι, ελέφαντα, φάλαινα, είτε για αλαζονικό ηγέτη ή ταπεινό πολίτη των απαρτχάιντ.

Τα κύρια συστατικά της τέφρας είναι ενώσεις του φωσφόρου, του ασβεστίου, του καλίου και του νατρίου. Ο φώσφορος αποτελεί σημαντικό δομικό λίθο των νουκλεϊνικών οξέων, αλλά και συστατικό –μαζί με το ασβέστιο– των δοντιών και των σκελετικών συστατικών του οργανισμού, δηλαδή των οστών. Οι ανάγκες σε ασβέστιο κυμαίνονται περίπου σ' ένα γραμμάριο την ημέρα, γίνονται όμως μεγαλύτερες στην περίοδο της εγκυμοσύνης, όταν σχηματίζεται ο σκελετός του νεογνού. (Δεν φαίνεται άμοιρη η εντύπωση ότι η μητέρα για να «ξεπετάξει» το κάθε παιδί της χάνει ένα δόντι). Το *ασβέστιο* ακόμα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίηση των αντιδράσεων του νευρικού συστήματος. Κύρια πηγή ασβεστίου για τον άνθρωπο είναι το γάλα, τα φρούτα και τα λαχανικά.

Μεγάλη σημασία για τη λειτουργία όλου του νευρικού συστήματος έχει επίσης η παρουσία ιόντων *νατρίου* και *καλίου,* σε ποσότητα περίπου τεσσάρων γραμμαρίων την ημέρα. Πηγή νατρίου είναι το αλάτι και τα ζωικά τρόφιμα, ενώ για τα ιόντα καλίου, τα φρούτα, τα λαχανικά, το κρασί. Αν τα ιόντα αυτά δεν βρίσκονται *ισόρροπα κατανεμημένα* – το νάτριο στα υγρά έξω από τα κύτταρα, το κάλιο στο εσωτερικό των κυττάρων– αν δηλαδή υπάρξει *διαταραχή* στη συγκέντρωση των *ηλεκτρολυτών,* το θανατηφόρο σοκ είναι άμεσο, γιατί το νευρικό σύστημα και μαζί του το μυαλό και η καρδιά δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσουν.

Πέρα όμως από τα παραπάνω ανόργανα συστατικά, ο ανθρώπινος οργανισμός έχει ανάγκη από πλήθος ιχνοστοιχείων. Για ορισμένα απ' αυτά γνωρίζουμε τη σημασία τους, γι' άλλα προς το παρόν την αγνοούμε. Ο *σίδηρος* λόγου χάριν είναι βασικό συστατικό του αίματος, που το καθιστά ικανό να *μεταφέρει* το *οξυγόνο,* το *κοβάλτιο*, κεντρικό άτομο στη βιταμίνη Β-12, που η έλλειψή της προκαλεί αναιμία, ο *ψευδάργυρος,* απαραίτητος για την ινσουλίνη –την ορμόνη που ρυθμίζει το ποσοστό σακχάρου στο αίμα– το *φθόριο* για τα δόντια, το *ιώδιο* για τη λειτουργία του θυρεοειδή. Ορισμένα άλλα ιχνοστοιχεία δρουν ως ενεργά κέντρα σε ενζυματικές δράσεις, ενώ κάθε τόσο αποκαλύπτεται ο ρόλος νέων ιχνοστοιχείων.

Τα έμβια όντα είναι ικανά να διατηρούν τις χημικές δράσεις στο εσωτερικό του σώματός τους, την *ομοιοστασία* τους, σε σχετικά σταθερή κατάσταση, παρά την ύπαρξη μεγάλης ποικιλίας από περιβάλλοντα, στα οποία διαβιώνουν, και τροφίμων που διατρέφονται. Τα υγρά που κυκλοφορούν στο σώμα, όπως το *αίμα,* εφοδιάζουν τα κύτταρα των πολύπλοκων οργανισμών με πρώτες ύλες και οξυγόνο, ενώ απομακρύνουν τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού και συμμετέχουν στους μηχανισμούς που κρατάνε τις συγκεντρώσεις νερού και ιόντων θαυμαστά σταθερές.

Η ζωή είναι συνυφασμένη με τη σύνθεση μεγάλων πολύπλοκων μορίων από απλά συστατικά, όπως *πρωτεϊνών από αμινοξέα,* αλλά και από την αποσύνθεση μεγάλων μορίων προς απλά, δηλαδή *πρωτεϊνών προς αμινοξέα,* όπως συμβαίνει κατά τη διέλευση των τροφίμων από το πεπτικό σύστημα.

Για την ομαλή εκδήλωση της ζωής είναι απαραίτητη η πρόσληψη ορισμένων τροφίμων, τα οποία με σειρά μετασχηματισμών μετατρέπονται τελικά σε ενέργεια και στις διάφορες συστατικές ουσίες του οργανισμού. Το φαγητό αποτελεί την πιο αδυσώπητη ανάγκη και για ορισμένους ανθρώπους το μοναδικό σκοπό της ζωής.

Για την εκδήλωση της ζωής, εκτός από τις κύριες συστατικές ουσίες του οργανισμού, όπως οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα, είναι απαραίτητη και η ύπαρξη ουσιών, που, παρότι χρειάζονται σε ίχνη ελάχιστα, η ζωή χωρίς αυτές είναι αδύνατη. Πρόκειται για τις τάξεις των επιτελικών ιχνοουσιών που πρωταγωνιστούν στο μεταβολισμό της ύλης μέσα στα ζωντανά κύτταρα, εξασκώντας καταλυτική δράση, όπως τα ιχνοστοιχεία, οι βιταμίνες, τα απαραίτητα αμινοξέα και ορισμένα ακόρεστα λιπαρά οξέα, που ο οργανισμός δεν δύναται να συνθέσει και οφείλει να τα προσλάβει από τα τρόφιμα. Άλλες ακόμα σημαντικές ιχνοουσίες, όπως οι ορμόνες και οι νευροδιαβιβαστές, συντίθενται από τον ίδιο τον οργανισμό, όταν είναι υγιής.

Και τώρα, φτάσαμε στα μόρια εκείνα που πρωταγωνιστούν στην εκδήλωση της ζωής, τις *πρωτεΐνες,* είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

## Πρωτεΐνες, τα θεμέλια της ζωής

– Το όνομά τους προέρχεται από την ελληνική λέξη *πρωτείον* και δηλώνει την πρωταρχική σημασία αυτών των ουσιών για την εκδήλωση της ζωής. Τα δύο τρίτα του βάρους του σώματος, αν αφαιρεθεί το νερό, αποτελούνται από πρωτεΐνες. Πρόκειται χωρίς αμφιβολία για τα πιο σημαντικά από τα συστατικά της ζωντανής ύλης· χωρίς τις πρωτεΐνες είναι αδύνατη η ζωή. Από πρωτεΐνες συνίστανται τόσο τα κύρια συστατικά –τα δομικά υλικά των κυττάρων– όσο και οι επιτελικής σημασίας ουσίες, όπως είναι τα ένζυμα, οι *καταλύτες,* για τη διεξαγωγή πολύπλοκων χημικών διεργασιών, που πραγματοποιούν τα κύτταρα. Βεβαίως, όλες οι πρωτεΐνες δεν είναι ένζυμα, αφού τα ίδια τα πρωτεϊνικά μόρια είναι και δομικά συστατικά του κυττάρου. Όλα όμως τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες.

Τα έμβια όντα, ακόμα και τα πιο απλά, συνθέτουν έναν πολύ μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών. Ένα κύτταρο περιέχει συνήθως περισσότερα από δύο χιλιάδες είδη πρωτεϊνικών μορίων. Μερικά απ' αυτά βρίσκονται σ' ένα μόνο ζωικό είδος. Ένας άνθρωπος υπολογίζεται ότι διαθέτει συνολικά περισσότερα από εκατό χιλιάδες διαφορετικά πρωτεϊνικά μόρια.

Ο ελάχιστος οργανισμός, το οποιοδήποτε κύτταρο ζωής, το οποιοδήποτε ένζυμο, η οποιαδήποτε πρωτεΐνη, είναι αποτέλεσμα μιας εμπειρίας, μιας εξελικτικής διαδικασίας, που συνεχίζεται περισσότερο από τρία δισεκατομμύρια χρόνια.

Ο ρόλος των πρωτεϊνών σ' όλα ανεξαιρέτως τα ζωντανά κύτταρα είναι πολλαπλός. Πέρα από το γεγονός ότι είναι τα κυριότερα συστατικά όλων των μορίων του κυττάρου, παρουσιάζουν και εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία βιολογικών δράσεων. Η στρατηγικής σημασίας δράση τους πραγματοποιείται με ίχνη βιολογικά

ενεργών πρωτεϊνών, οι οποίες δρουν είτε ως ένζυμα, είτε ως κύρια συστατικά του αίματος, είτε ως ορμόνες, είτε ως νευροδιαβιβαστές και νευροπεπτίδια. Πρόκειται για τις πρωτεΐνες πολυτελείας.

## Οι πρωτεΐνες πολυτελείας

– Το πορφυρό υγρό, το *αίμα,* συνέχισε ο Κάρολος, βρίσκεται πανταχού παρόν. Όλοι γνωρίζουμε ότι, αν με μια καρφίτσα τρυπηθεί κάποιο, οποιοδήποτε σημείο στο σώμα μας, θ' αναβλύσει μια κόκκινη λαμπερή σταγόνα. Αυτό το άλικο υγρό αποστέλλεται από την καρδιά και στο τελευταίο από τα τρισεκατομμύρια ανθρώπινα κύτταρα για να το τροφοδοτήσει με οξυγόνο, που εισπνέουμε με την ανάσα μας, αλλά και με κάθε λογής θρεπτικά υλικά από τις τροφές, όπως τ' αμινοξέα, καύσιμα, όπως η γλυκόζη, ακόμα όμως και μόρια με πληροφοριακό υλικό, όπως οι ορμόνες και οι νευροδιαβιβαστές. Γι' αυτό οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται δέος, όταν βλέπουν το πορφυρό αυτό υγρό να τρέχει. Ξέρουν, άλλωστε, ότι η αντικατάστασή του είναι δύσκολη. Γι' αυτό και οι αγωνιώδεις εκκλήσεις για αιμοδοσία σε κάθε γωνιά της Γης.

Το αίμα, εκτός από την πορφυρή χρωστική του, την *αιμοσφαιρίνη,* που υπάρχει στα ερυθρά αιμοσφαίρια και είναι επιφορτισμένη με τη μεταφορά του οξυγόνου από τους πνεύμονες προς τα κύτταρα, περιέχει πολλές άλλες πρωτεΐνες, όπως *αλβουμίνες,* που διευκολύνουν τη διέλευση του νερού και άλλων θρεπτικών συστατικών μέσα από τα τοιχώματα των τριχοειδών αγγείων. Περιέχει ακόμα μια σειρά από ειδικές πρωτεΐνες, όπως τις *γ-γλοβουλίνες* των λευκών αιμοσφαιρίων, των *λεμφοκυττάρων,* που μας προστατεύουν από τους εισβολείς με το μηχανισμό δημιουργίας από τον οργανισμό αντισωμάτων εναντίον των εισβολέων. Όταν δηλαδή διεισδύσουν ξένες προς τον οργανισμό πρωτεΐνες ή τοξίνες, όπως από το δάγκωμα φιδιών ή πολυπλοκότερα συγκροτήματα, όπως διηθητοί ιοί ή βακτηρίδια που παράγουν και εισάγουν στον οργανισμό τα αντιγόνα τους, δηλαδή ξένες και επιβλαβείς για τον οργανισμό πρωτεΐνες, αντιδρά στην εισβολή αυτή με το σχηματισμό *αντισωμάτων.* Πρόκειται για πρωτεΐνες και πάλι, που αντιδρούν με τα αντιγόνα και σχηματίζουν με τ' αντισώματα αδρανή μόρια. Έτσι επέρχεται αδρανοποίηση του εισβολέα. Τα αντισώματα παράγονται σε διάφορους ιστούς, όπως στη σπλήνα και στο νωτιαίο μυελό. Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται η δημιουργία ανοσίας σε άτομα που έχουν προσβληθεί από ορισμένες ασθένειες και έχουν γίνει καλά. Σ' αυτήν την περίπτωση, η *εμπειρία* του οργανισμού για την παραγωγή αντισωμάτων προϋπάρχει. Στο μηχανισμό αυτό της αποβολής ξένων πρωτεϊνών οφειλόταν και η αποτυχία των μεταμοσχεύσεων ξένων οργάνων, όπως καρδιάς, κατά τα πρώτα χρόνια εφαρμογής της μεθόδου. Σήμερα οι μηχανισμοί αυτοί ελέγχονται με αδρανοποίηση των μηχανισμών αποβολής. Η πρόοδος στη μελέτη των βλαστοκυττάρων, όπως θα δούμε αργότερα, αποτελεί μια νέα επανάσταση στη μεταμόσχευση οργάνων, χωρίς κινδύνους αποβολής.

Στο αίμα επίσης βρίσκονται οι πρωτεΐνες *φιβρινογόνο* και *πρωτοθρομβίνη,*

οι οποίες και είναι πολύ σημαντικές, γιατί κατά τους τραυματισμούς μ' αυτές δημιουργείται δικτυωτό επικάλυμμα που παρεμποδίζει την εκροή αίματος από την πληγή, δημιουργούν δηλαδή την πήξη του αίματος στο σημείο εκείνο.

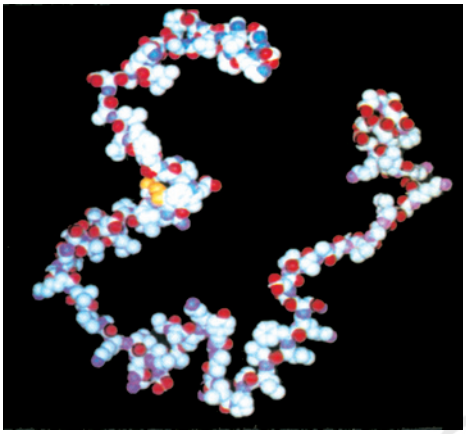
Τα τελευταία είκοσι χρόνια προχωρεί αθόρυβα μια επανάσταση, που η σημασία της στην ιατρική είναι δυνατόν να είναι τόσο σημαντική, όσο και η ανακάλυψη των αντιβιοτικών πριν μισό αιώνα. Βρέθηκε, δηλαδή, ότι η παραγωγή των δύο πιο σημαντικών συστατικών του αίματος, των *ερυθρών* και των *λευκών* αιμοσφαιρίων, πραγματοποιείται με την εντολή μιας σειράς ορμονών, που γι' αυτόν το λόγο ονομάστηκαν *αιμοποιητίνες.* Όλα τα συστατικά κύτταρα του αίματος παράγονται από ένα βασικό προγονικό κύτταρο και με τη βοήθεια ομάδας από ειδικές *αιμοποιητίνες*, οι οποίες διαφοροποιούνται στη συνέχεια στους ειδικούς τύπους (ερυθρά, λευκά αιμοσφαίρια κ.λπ.).

Με τη βοήθεια βιοτεχνολογικών μεθόδων, οι ορμόνες αυτές είναι δυνατόν τώρα να παραχθούν στο εργαστήριο και αργότερα βιομηχανικά σε ποσότητες, ώστε να διατεθούν σε όσους τις έχουν ανάγκη. Μ' αυτόν τον τρόπο, όχι μόνο θα περιοριστούν οι ανάγκες μεταγγίσεων αίματος και μυελού των οστών, αλλά και το ανοσοποιητικό σύστημα θα ενισχυθεί σημαντικά. Οι αιμοποιητίνες, όπως και τόσες άλλες ορμόνες, είναι επίσης πρωτεϊνικά μόρια.

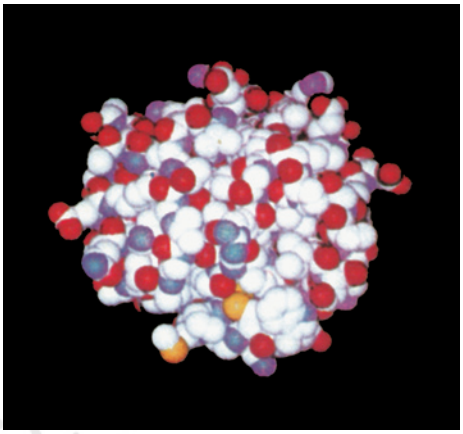
Αλλά και πολλές άλλες ορμόνες, που ρυθμίζουν σημαντικότατες λειτουργίες του οργανισμού, είναι *πρωτεΐνες,* όπως οι εκλυτικοί ορμονικοί παράγοντες (RF) του υποθαλάμου, οι ορμόνες της υπόφυσης, του παγκρέατος, των εντέρων, ορμόνες που ρυθμίζουν τις σεξουαλικές και αναπαραγωγικές διαδικασίες και την ισόρροπη εξέλιξη των ζωικών λειτουργιών. Επειδή η σημασία για τη ζωή των ουσιών αυτών είναι πολύ σημαντική και ενδιαφέρουσα, πρέπει ν' ασχοληθούμε αποκλειστικά κάποιο άλλο βράδυ, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι πρωτεΐνες, ακόμα, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην εκδήλωση των νευρικών και νευροεγκεφαλικών δράσεων, αφού στα νευρικά κύτταρα, τους *νευρώνες,* τα «ένζυμα-αντλίες», τα «ιοντικά κανάλια» των ιόντων (καλίου, νατρίου και ασβεστίου), τα ένζυμα σύνθεσης των νευροδιαβιβαστών και οι υποδοχείς τους είναι πρωτεΐνες. Πρωτεϊνική είναι η φύση και των νευροδιαβιβαστών που σηματοδοτούν τα μηνύματα του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Αλλά και οι ουσίες που ελέγχουν τον πόνο, όπως το πεπτίδιο του πόνου, το *πεπτίδιο P,* όπως λέγεται, οι *ενδορφίνες* και οι *εγκεφαλίνες* ανήκουν στην κατηγορία αυτή.

Η σημασία των πρωτεϊνών ξεκινάει από τη στιγμή κατά την οποία οι δύο γαμετοί, δηλαδή το σπερματοζωάριο και το ωάριο, που συνίστανται από νουκλεϊνικά οξέα και πρωτεΐνες, συνενώνονται και πραγματοποιείται η *σύλληψη.* Αλλά και αυτή η δημιουργία του σπέρματος ελέγχεται μερικώς από άλλες πρωτεϊνικής φύσης ορμόνες. Στη συνέχεια, η ανάπτυξη και η ζωή του νεογνού εξαρτάται κατά μέγιστο ποσοστό από τις πρωτεϊνικής φύσης τροφές που του παρέχονται, καθώς και από την ικανότητά του να συνθέτει τα κατάλληλα *ένζυμα.* Η έλλειψη λειτουργίας μέρους αυτού του πολύπλοκου πρωτεϊνικού συστήματος των κυττάρων, δηλαδή ενζύμων–ορμονών–αντισωμάτων, οδηγεί στην αποδιοργάνωση της ζωής,



*Μόριο πρωτεΐνης πριν συσπειρωθεί.*



*Το μόριο της πρωτεΐνης συσπειρωμένο στην ενεργό μορφή του.*

το θάνατο. Με δυο λόγια, ζωή χωρίς πρωτεΐνες δεν είναι δυνατόν να υφίσταται.

– Με άλλα λόγια, παρατήρησε χαμογελώντας ο Πλάτων, είμαστε πρωτεΐνες φουσκωμένες με νερό, που τις κυβερνούν οι πρωτεΐνες πολυτελείας.

– Είναι μια πεζή θεώρηση, ορθή όμως, αποκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε. Τώρα που επετεύχθη η αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος και γίνεται προσπάθεια για την ανάγνωσή του (genomics), επόμενο μέγα πρόβλημα είναι η βαθύτερη γνώση των πρωτεϊνικών μορίων (proteomics). Το εγχείρημα αυτό είναι πολύ πιο δύσκολο.

## Τα γιγαντιαία μόρια

– Το μεγαλύτερο μέρος από τα κύρια συστατικά όλων των ζωντανών οργανισμών, ζωικών και φυτικών, αποτελείται από γιγαντιαία μόρια που ονομάζονται *πολυμερή,* γιατί στη δομή τους μετέχουν χιλιάδες άτομα. Συνήθως πρόκειται για ουσίες μεγάλου μοριακού βάρους που δημιουργούνται από τη συνένωση των απλών μορίων ενός ή διαφόρων ειδών μορίων των *μονομερών.* Οι τρεις κυριότερες τάξεις φυσικών πολυμερών είναι οι *πολυσακχαρίτες,* οι *πρωτεΐνες* και τα *νουκλεϊνικά οξέα.*

Οι *πολυσακχαρίτες,* δομικοί λίθοι κυρίως του φυτικού βασιλείου, είναι επίσης πολυμερείς ενώσεις. Έτσι, η *κυτταρίνη,* κύριο συστατικό του ξύλου, σκελετική ύλη όλων των φυτικών οργανισμών, η πιο διαδεδομένη στη φύση οργανική ουσία, όπως και το *άμυλο,* η κύρια ενεργειακή αποθεματική πηγή των φυτικών κυττάρων, ανήκουν επίσης στην κατηγορία των μεγαλομοριακών ενώσεων με δομικό λίθο το μόριο της *γλυκόζης,* το μόριο αυτό που συνθέτουν όλα τα φυτά με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, τη φωτοσύνθεση.

Οι *πρωτεΐνες,* οργανικές ουσίες μεγάλου μοριακού βάρους, είναι το κυριότερο συστατικό των κυττάρων. Τα *ένζυμα,* οι καταλύτες των βιοχημικών αντιδράσεων

στους οποίους βασίζεται η εκδήλωση της ζωής, είναι επίσης πολυμερείς ουσίες πρωτεϊνικής μορφής.

Τα *νουκλεϊνικά οξέα,* κύριο συστατικό του πυρήνα των κυττάρων, με τα οποία μεταφέρονται οι γενετικές πληροφορίες από μια γενιά στην επόμενη και τα οποία συνιστούν τη *νομοθετική* κατά κάποιο τρόπο εξουσία του οργανισμού –γι' αυτό η στρατηγική τους σημασία για τον οργανισμό είναι μεγάλη– ανήκουν επίσης στα πολυμερή. Οι πιο πάνω ενώσεις είναι χαρακτηριστικές, τόσο του ζωικού, όσο και του φυτικού βασιλείου.

Μέχρι το 1930 ο άνθρωπος ήταν ικανοποιημένος με τη βιομηχανοποίηση μόνο των φυσικών πολυμερών, όπως τα παραπάνω· του ήταν αρκετή η επεξεργασία τους με φυσικές μεθόδους. Παραδείγματα βιομηχανοποίησης τέτοιων πρώτων υλών είναι τα προϊόντα που προκύπτουν από το βαμβάκι, το λινάρι, το μαλλί, το μετάξι, το φυσικό ελαστικό κ.λπ.. Λίγο αργότερα, τις απλές αυτές επεξεργασίες ακολούθησαν πολυπλοκότερες, δηλαδή επεξεργασίες μετασχηματισμού φυσικών πρώτων υλών, όπως του ξύλου, σε άλλα παρεμφερή προϊόντα με πιο ευνοϊκές ιδιότητες, όπως το ρεγιόν, το σελοφάν κ.λπ..

Η παραγωγή πλήρως συνθετικών πολυμερών, με συνένωση πολλών πολύ απλών και μικρού μοριακού βάρους ενώσεων, των *μονομερών,* όπως λέγονται, στο γιγαντιαίο μόριο του πολυμερούς, είναι επίτευγμα της τελευταίας τεσσερακονταετίας και έχει επηρεάσει βαθύτατα την τεχνολογία, αλλά συγχρόνως ανέβασε και τη στάθμη της ζωής.

Ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται και ως *αιώνας των πλαστικών,* μιας και αυτά, είτε πρόκειται για είδη συσκευασίας διαφόρων προϊόντων, είτε για υφάσματα, είτε για βερνίκια και ελαστικά, κυριαρχούν στην καθημερινή ζωή με ρυθμό ολοένα και μεγαλύτερο. Τα προϊόντα αυτά έχουν ως πρώτη ύλη το πετρέλαιο, γι' αυτό και ονομάζονται *πετροχημικά.* Ένα από τα πιο απλά είναι *το πολυαιθυλένιο*, που παράγεται από τη *νάφθα* (κλάσμα του πετρελαίου) με πυρόλυση και πολυμερισμό του αιθυλενίου. Από πολυαιθυλένιο για παράδειγμα παράγονται είδη συσκευασίας, όπως οι σακούλες, οι φιάλες, οι καλύπτρες θερμοκηπίων, οι σωλήνες άρδευσης, τα παιγνίδια κ.λπ..

### Δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες ανήκουν στα *βιοπολυμερή.* Πρόκειται δηλαδή για ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους στη δομή των οποίων μετέχει μεγάλος αριθμός από μόρια· μόρια όμως με ανάλογη δομή. Με την *υδρόλυση,* δηλαδή το βράσιμο με νερό και οξέα ή με ένζυμα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, διασπώνται τελικά σε κρυσταλλικά μόρια μικρού μοριακού βάρους, τα *αμινοξέα.* Τα αμινοξέα, λιθάρια που δομούν το πρωτεϊνικό μόριο, επομένως και βασικά συστατικά της οποιασδήποτε μορφής ζωής, είναι *είκοσι ειδών* και μοιάζουν με απειροελάχιστες μικρές μπαταρίες, μιας και διαθέτουν συγχρόνως μέσα στο μόριό τους όξινες και βασικές ομάδες, φορτία θετικού και αρνητικού ηλεκτρισμού.

Κάθε ζωντανό κύτταρο συνθέτει τις δικές του πρωτεΐνες. Το πρωτεϊνικό μόριο έχει ως δομικούς λίθους ορισμένα ή και τα είκοσι αμινοξέα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε μακριές αλυσίδες με συγκεκριμένες στερεοδομές στο χώρο. Το μακρύ σαν κλωστή πρωτεϊνικό μόριο δημιουργείται με σύνδεση της όξινης ομάδας του πρώτου αμινοξέος με τη βασική του δεύτερου, όπως οι κρίκοι μιας αλυσίδας. Οι δεσμοί που σχηματίζονται ανάμεσα στα συνδεόμενα αμινοξέα λέγονται *πεπτιδικοί* και, αν συμμετέχουν λίγα αμινοξέα (ως τάξη μεγέθους μέχρι είκοσι), χαρακτηρίζονται ως *πεπτίδια.* Οι πρωτεΐνες δεν είναι παρά μεγάλα πεπτίδια. Στη δομή των μορίων τους συμμετέχουν, δηλαδή, πολλές φορές από εκατό ως χίλια και περισσότερα μόρια αμινοξέων. Το μεγαλύτερο γνωστό πρωτεϊνικό μόριο είναι της *ακτίνης,* συστατικής πρωτεΐνης των μυών, της οποίας το μοριακό βάρος είναι τρία εκατομμύρια και δομείται από είκοσι πέντε χιλιάδες περίπου μόρια αμινοξέων.

Τα πράσινα φυτά μπορούν να συνθέτουν από απλά συστατικά, που βρίσκονται στο έδαφος και στον αέρα, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, όλα εκείνα τα αμινοξέα που τους είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους, όχι όμως, δυστυχώς, και όλα όσα είναι αναγκαία στον άνθρωπο για την ομαλή εκδήλωση της ζωής του. Οι περισσότεροι από τους ζωικούς οργανισμούς, μεταξύ των οποίων και ο άνθρωπος, έχασαν μέσα στη μακρά εξελικτική πορεία ή δεν απέκτησαν την ικανότητα να συνθέτουν όλα τα αμινοξέα. Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει την ικανότητα να συνθέτει τα μισά περίπου από τα αμινοξέα. Γι' αυτό, προκειμένου να παραχθούν οι πρωτεΐνες, οι απαραίτητες για τον οργανισμό, θα πρέπει να εισαχθούν με την τροφή τα «απαραίτητα αμινοξέα», αυτά που δεν μπορεί να παρασκευάσει ο οργανισμός. Τα αμινοξέα, δηλαδή, που δεν είναι δυνατόν να συντεθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό, χαρακτηρίζονται ως «απαραίτητα» (essential aminoacids). Αυτή είναι μία από τις αιτίες που ο άνθρωπος εξελίχθηκε σε παμφάγο. Είναι δηλαδή υποχρεωμένος να παρασιτεί σε βάρος φυτών και ζώων, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Από τα ζώα, τα μηρυκαστικά που έχουν διπλό στομάχι (αγελάδες, πρόβατα κ.λπ.) έχουν την ικανότητα με τη διατροφή τους να συνθέτουν από τροφές φυτικής προέλευσης, κατά το μηρυκασμό, όλα τα απαραίτητα για τα ίδια και κατ' επέκταση για τον άνθρωπο αμινοξέα. Σημαντικό αριθμό απαραίτητων αμινοξέων συνθέτουν επίσης οι θαλασσινοί οργανισμοί. Έτσι, με τη χρήση των ζωικής προέλευσης τροφίμων (κρέας, γάλα, αβγά, ψάρια, όστρακα), ο άνθρωπος μπορεί να συντηρηθεί κατά υγιεινό τρόπο, αναπληρώνοντας τη δική του ανικανότητα για τη σύνθεση όλων των απαραίτητων αμινοξέων. Σ' αυτό ακριβώς έγκειται η αξία αυτών των τροφίμων που είναι τα πιο δύσκολα να παραχθούν και επομένως τα ακριβότερα. Το μεγάλο πρόβλημα των φτωχών κοινωνιών είναι ότι στερούνται κυρίως αυτά τα τρόφιμα.

– Έχω μια απορία, παππού, είπε η Μάρθα. Μίλησες για εκατομμύρια πρωτεϊνικά μόρια, διαφορετικά. Πώς είναι δυνατόν από είκοσι αμινοξέα να δημιουργείται τέτοιος αριθμός;

– Στην πραγματικότητα, αποκρίθηκε ο Κάρολος, ο δυνατός αριθμός πρωτεϊνών είναι αστρονομικός, όπως θα εξηγήσω αμέσως, η φύση όμως έχει εντολές και κωδικούς για τη σύνθεση ορισμένου, μεγάλου βέβαια, αριθμού. Ας το δούμε καλύτερα.

## Η κρίσιμη αλληλουχία

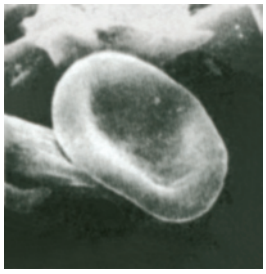
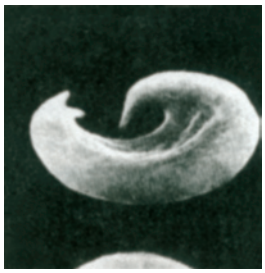
– Μία από τις πρωτεΐνες που απαντούν, για παράδειγμα στο γάλα, ένα από τα μικρότερα πρωτεϊνικά μόρια, συνίσταται από τριακόσια είκοσι περίπου μόρια αμινοξέων. Είναι πολύ εύκολο με τα σημερινά μέσα να διαπιστωθεί σ' ελάχιστο χρόνο το είδος και το ποσοστό αμινοξέων που συνιστούν μια πρωτεΐνη. Αυτό, όμως, δεν επαρκεί στο να μας δώσει μία ιδέα για τις πιθανές ιδιότητες του πρωτεϊνικού μορίου, γιατί σημασία έχει κυρίως η σειρά που συνδέονται τα αμινοξέα μεταξύ τους, η αλληλουχία τους μέσα στο πρωτεϊνικό μόριο. Ο θεωρητικός αριθμός πρωτεϊνών που μπορεί να προκύψει από την αλληλοσύνδεση των είκοσι διαφόρων αμινοξέων μεταξύ τους, αν φανταστούμε ότι συμμετέχουν από μία φορά μόνο και τα είκοσι αμινοξέα, είναι ένας αριθμός με δεκαεφτά μηδενικά. Είναι αυτονόητο, πόσο μεγάλος είναι ο δυνατός αριθμός όταν στη δομή των πρωτεϊνικών μορίων δεν μετέχουν μόνο από μια φορά τα είκοσι αμινοξέα, αλλά μερικά απ' αυτά σε μεγαλύτερο αριθμό, πράγμα που συμβαίνει συνήθως.

*Δηλαδή, όπως από το συνδυασμό των είκοσι τεσσάρων γραμμάτων του αλφάβητου προκύπτουν χιλιάδες λέξεις, κι απ' αυτές δημιουργούνται ατέλειωτες σειρές από νοήματα, έτσι, ακριβώς, και από το συνδυασμό των είκοσι αμινοξέων μπορεί να προκύψει αστρονομικός αριθμός πρωτεϊνικών μορίων.*

Για παράδειγμα, η πρωτεΐνη του αίματος, η *αιμοσφαιρίνη,* συνίσταται από 579 μόρια αμινοξέων και θα μπορούσε θεωρητικά να υφίσταται σε άπειρες μορφές (έναν αριθμό με 167 μηδενικά).

Χαρακτηριστικό, δηλαδή, μιας πρωτεΐνης *δεν είναι μόνο το είδος και ο αριθμός, η ποσότητα κάθε είδους από τα είκοσι αμινοξέα, αλλά και η αλληλουχία των αμινοξέων που τη συνιστούν.* Για να φανεί πόσο σημαντικό είναι το τελευταίο, ας δούμε το παράδειγμα της αιμοσφαιρίνης, της πορφυρής πρωτεΐνης του αίματος, στην περίπτωση ενός υγιούς και κάποιου που πάσχει από δρεπανοειδή αναιμία. Η διαφορά συνίσταται στο ότι στη θέση ενός και μόνου από τα 579 αμινοξέα που συνιστούν το μόριο της αιμοσφαιρίνης, και συγκεκριμένα στη θέση 6 αυτής της αλυσίδας, αντί για το κανονικό αμινοξύ, το *γλουταμινικό οξύ* που περιέχει η κανονική αιμοσφαιρίνη, στην παθολογική περίπτωση υπάρχει ένα άλλο, η *βαλίνη.* Αυτή η μικρή μοριακή διαφορά είναι αρκετή γι' αφάνταστες ταλαιπωρίες και οικογενειακά προβλήματα. Αλλά και η διαφορά ανάμεσα στην αιμοσφαιρίνη του χιμπατζή και του ανθρώπου είναι πάλι ένα αμινοξύ ανάμεσα στα 579, που συνιστούν το μόριο της αιμοσφαιρίνης τους.

Από τους μυριάδες πιθανούς και δυνατούς συνδυασμούς σχηματισμού πρωτεϊνικών μορίων, τελικά μόνο ένας μικρός αριθμός πραγματοποιείται, κι αυτό,

α)  β) 

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| α) | Βαλίνη<br>Val | Ιστιδίνη<br>His | Λευκίνη<br>Leu | Θρεονίνη<br>Thr | Προλίνη<br>Pro | Γλουταμινικό οξύ<br>Glu | Γλουταμινικό οξύ<br>Glu | Λυσίνη<br>Lys |
| β) | Βαλίνη<br>Val | Ιστιδίνη<br>His | Λευκίνη<br>Leu | Θρεονίνη<br>Thr | Προλίνη<br>Pro | Βαλίνη<br>Val | Γλουταμινικό οξύ<br>Glu | Λυσίνη<br>Lys |

*Φωτογραφία με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο: α) Ερυθρά αιμοσφαίρια υγιούς ανθρώπου. β) Ανθρώπου που πάσχει από δρεπανοειδή αναιμία.*

γιατί ο σχηματισμός των πρωτεϊνών μέσα στο ζωντανό κύτταρο γίνεται με βάση το θαυμαστό γενετικό κώδικα, τα *μόρια του DNA,* το αρχέτυπο από νουκλεϊνικά οξέα, που καθορίζει αυστηρά το είδος, τον αριθμό, καθώς και την επακριβή αλληλουχία των αμινοξέων στο μόριο μιας πρωτεΐνης.

Πρόκειται για το γενετικό κώδικα που αποκρυπτογραφήθηκε στη δεκαετία του '60 από τους Crick και Watson και αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις του ανθρώπου για την κατανόηση της ζωής. Αλλά γι' αυτό θα μιλήσουμε κάποια άλλη στιγμή.

## Στερεοδομές – Δομές στον τρισδιάστατο χώρο

– Όπως σας είπα, εξακολούθησε ο Κάρολος, και τα είκοσι αμινοξέα –δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών– έχουν κοινές τις χαρακτηριστικές ομάδες ατόμων που τα συνιστούν. Είναι αυτές που δημιουργούν τον όξινο και το βασικό χαρακτήρα και σχηματίζουν θετικά και αρνητικά φορτία. Οι ομάδες αυτές πρωταγωνιστούν στο πλέξιμο των δεσμών ανάμεσα στ' αμινοξέα και στη βαθμιαία δημιουργία του πρωτεϊνικού μορίου που μοιάζει με μιαν ατέλειωτη κλωστή, όπως το κάθε αμινοξύ ενώνεται με το επόμενο. Πέρα από τις χαρακτηριστικές ομάδες των αμινοξέων, που συνενώνονται μεταξύ τους και δημιουργούν τους δεσμούς του πρωτεϊνικού μορίου και είναι οι ίδιες σε όλα τ' αμινοξέα, το υπόλοιπο του μορίου των αμινοξέων παρουσιάζει ιδιορρυθμίες στα είκοσι διαφορετικά είδη αμινοξέων. Σε ορισμένα, δηλαδή, αμινοξέα υπάρχουν υδρόφιλες ομάδες, που αγαπάνε το νερό και διαλύονται σ' αυτό. Άλλα διαθέτουν αλυσίδες από άνθρακες και υδρογόνα που απωθούν το νερό, είναι υδρόφοβες, όπως το λάδι ή η βενζίνη που το αντιπαθούν, το απωθούν και τελικά δεν ανακατεύονται μ' αυτό. Ορισμένα από τα είκοσι αμινοξέα διαθέτουν και ομάδες με θειάφι, που παίζουν πολύ σημαντι-

κό ρόλο για τις βιολογικές ιδιότητες των πρωτεϊνικών μορίων. Αυτά τα θειούχα αμινοξέα είναι συνδεδεμένα με τις δυσοσμίες της καθημερινής ζωής και κάνουν πολύ αισθητή την παρουσία τους, όπως στα τρόφιμα που αποσυντίθενται ή στ' απορρίμματα και στα αέρια του εντερικού συστήματος, όταν άκαιρα και απρόσκλητα καμιά φορά εξέρχονται στην ατμόσφαιρα.

Αφού όμως, όπως αναφέρθηκε, η διαφορετική αλληλουχία και μόνο των είκοσι αμινοξέων είναι δυνατόν να δημιουργήσει με τους συνδυασμούς τους άπειρους αριθμούς δυνατών πρωτεϊνικών μορίων, γίνεται αντιληπτό τι συμβαίνει καθώς η αλυσίδα των αμινοξέων αναπτύσσεται και υλοποιείται και εναλλάσσονται αμινοξέα που αγαπάνε το νερό, άλλα που το απωθούν, άλλα που διαθέτουν άτομα θείου που ερωτοτροπούν με άλλα άτομα θείου τα οποία βρίσκονται σε άλλες μεριές των πρωτεϊνικών μορίων. Συγχρόνως, επειδή στους κυριότερους δεσμούς που υπάρχουν ανάμεσα στ' αμινοξέα βρίσκονται και άτομα υδρογόνου, αυτά είναι πρόθυμα να σχηματίσουν με άλλα άτομα δεσμούς σε άλλα σημεία της πρωτεϊνικής αλυσίδας, γέφυρες, δεσμούς υδρογόνου, σαν κι αυτούς που πρωταγωνιστούν ανάμεσα στα μόρια του νερού. Αλλά και τα άτομα του θείου κάνουν πολλά παιγνίδια: πλέκοντας και ξεπλέκοντας δεσμούς ανάμεσά τους, αλλάζουν τη *στερεοδομή* του πρωτεϊνικού μορίου, δηλαδή τη δομή του στο χώρο.

Έτσι το πρωτεϊνικό μόριο συστρέφεται, στριφογυρνάει, παίζει με τα μόρια του νερού που το περιβάλλουν και σ' άλλα σημεία δημιουργούνται έλξεις, αλλού απωθήσεις. Μέσα σ' ένα πρωτεϊνικό μόριο, δηλαδή, το ένα αμινοξύ διαδέχεται το άλλο και συνδέονται μεταξύ τους με σταθερούς δεσμούς που ορίζουν την ινώδη μορφή στο χώρο, μία μορφή πολύ ευλύγιστη και ικανή να παίρνει διάφορα σχήματα. Τελικά, η νηματοειδής αυτή δομή, ανάλογα με την αλληλουχία των αμινοξέων με τις υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες της, αναδιπλώνεται πάνω στον εαυτό της κατά τρόπο περίπλοκο στη μορφή, που μοιάζει μ' ένα συμπαγές ψευδοσφαιρικό κουβάρι.

Ο προσδιορισμός της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών, στην οποία οφείλεται το πιο σημαντικό μέρος των ιδιοτήτων τους από λειτουργική άποψη, παραμένει ακόμα ένα εξαιρετικά δυσεπίλυτο πρόβλημα.

Μόλις τα τελευταία χρόνια άρχισε η απεικόνιση αυτή για μερικά μεγάλης σημασίας πρωτεϊνικά μόρια. Τα νεότερα μέσα επιτρέπουν αισιοδοξία για την επιτάχυνση της προσπάθειας αυτής, της οποίας οι καρποί θα είναι θεμελιώδεις για τη διαλεύκανση πολλών λειτουργιών της ζωής. Ίσως να είναι, όπως το υπέθεσε και ο J. Monod, ο νομπελίστας Γάλλος βιολόγος, η «ultima ratio» στην αποκάλυψη των μυστικών της ζωής... Αν υπάρχουν μυστικά.

– Όπως μας εξήγησε ο Ιπποκράτης, συνέχισε ο Κάρολος, οι υποδοχείς των ορμονικών μορίων και των νευροδιαβιβαστών, των *αγγελιοφόρων* αυτών της ζωής, δεν είναι παρά μέρος του πρωτεϊνικού μορίου, του οποίου η στερεοδομή με τους θυλάκους και τις προεξοχές που δημιουργεί είναι απόλυτα ειδικευμένη να υποδέχεται ορισμένης στερεοδομής μόρια. Κάθε υποδοχέας ορμονικών μο-

ρίων αγκαλιάζει ένα και μόνο από αυτά· αυτό που η στερεοδομή του ταιριάζει με τη δική του, όπως το κλειδί με την κλειδαριά. Τα δύο μόρια αναγνωρίζονται, αγκαλιάζονται, χαϊδεύονται, παίζοντας με τους χημικούς δεσμούς τους. Γι' αυτό και αρκούν ελάχιστες ποσότητες ορμονικών ουσιών για την επιτέλεση των βιολογικών τους δράσεων, αφού, όπως κυκλοφορούν με το αίμα, δεν συγκρατιούνται παρά στις ελάχιστες εντεταλμένες θέσεις, όπου υπάρχουν κατάλληλοι υποδοχείς. Όπως ακριβώς συμβαίνει με τα σμήνη των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στους πολυσύχναστους δρόμους με έναν και μόνο προορισμό προς τον οποίο οδεύουν κι εκεί θα σταθμεύσουν.

Συνήθως τα *μόρια-αγγελιοφόροι,* όπως οι ορμόνες και οι νευροδιαβιβαστές, είναι μικρά μόρια που αποτελούνται από δέκα έως εκατό άτομα. Αντίθετα, τα *μόρια-υποδοχείς* είναι γιγάντια πρωτεϊνικά μόρια που αποτελούνται από χιλιάδες άτομα, οι στερεοδομές των οποίων σε ορισμένα σημεία του μορίου δημιουργούν τις θέσεις-φωλιές, όπου φιλοξενούνται τα μόρια-αγγελιοφόροι. Εκεί δεν γίνεται δεκτό παρά μόνο το μόριο που ταιριάζει. Στις τόσο εξειδικευμένες αυτές αντιδράσεις οφείλεται και η καταλυτική δράση των ενζύμων, αλλά και η δημιουργία του πλέγματος *αντιγόνου-αντισώματος* κατά την εισβολή ξένων πρωτεϊνικών μορίων στον οργανισμό. Έτσι η ζωή εκδηλώνεται αρμονικά. Αλλιώς, τα μηνύματα θα ήταν τόσο τρελά, όσο σ' ένα απέραντο φρενοκομείο σχιζοφρενών.

Δυστυχώς, όμως, δεν αποκλείεται και η περίπτωση «απάτης», η χρήση αντικλειδιών, δηλαδή χημικών μορίων που μοιάζουν με το μόριο-αγγελιοφόρο. Το γεγονός αυτό είναι δυνατόν να προκαλέσει τόσο ολέθρια αποτελέσματα, όπως στην περίπτωση των τοξινών –ξένων πρωτεϊνών που προέρχονται από ιούς, μικροοργανισμούς, δηλητηριώδη φίδια– όσο και ευεργετικά, όπως στις περιπτώσεις ορισμένων φαρμάκων.

Ένα παράδειγμα τοξίνης είναι σχετικό με την ασθένεια που προκαλείται από το βακτηρίδιο της χολέρας, τη μάστιγα αυτή της ανθρωπότητας τα παλαιότερα χρόνια, αλλά ακόμα και σήμερα, για ορισμένες περιοχές της Γης. Το βακτηρίδιο αυτό εκκρίνει μια τοξίνη που εξαπατά τους υποδοχείς-μόρια που βρίσκονται στο μικρό έντερο. Η αφομοίωση των τροφίμων εκεί γίνεται με ένζυμα, που η δράση τους απαιτεί αλκαλικό περιβάλλον. Υπό κανονικές συνθήκες, όταν υπάρχει τροφή γι' αφομοίωση, ειδικά μόρια-αγγελιοφόροι δρουν στις μεμβράνες των κυττάρων του λεπτού εντέρου και εκκρίνονται περίπου δύο λίτρα αλκαλικού εντερικού υγρού. Μέρος του υγρού αυτού μετά το τέλος της αφομοίωσης αφοδεύεται με τα περιττώματα. Στην περίπτωση της χολέρας οι υποδοχείς εξαπατώνται από τα μόρια ενός απατηλού αγγελιοφόρου, της *τοξίνης,* που παράγει το βακτηρίδιο. Τότε αρχίζει μια ακατάσχετη εισροή υγρών στο μικρό έντερο, που υπερβαίνει τα είκοσι ή και τα τριάντα λίτρα. Ο οργανισμός, ανίκανος ν' ανταποκριθεί στον κατακλυσμό αυτό των υγρών, αμύνεται με συνεχείς εμετούς και διάρροια, που οδηγούν στην αφυδάτωση και το θάνατο, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Αυτές οι πολυδαίδαλες αναδιπλώσεις του πρωτεϊνικού μορίου καθορίζουν

την τελική δομή του στο χώρο και την επακριβή μορφή των στερεοειδικευμένων περιοχών, με τη βοήθεια των οποίων το πρωτεϊνικό μόριο ασκεί τις βιολογικές δραστηριότητες και τις αναγνωριστικές του λειτουργίες.

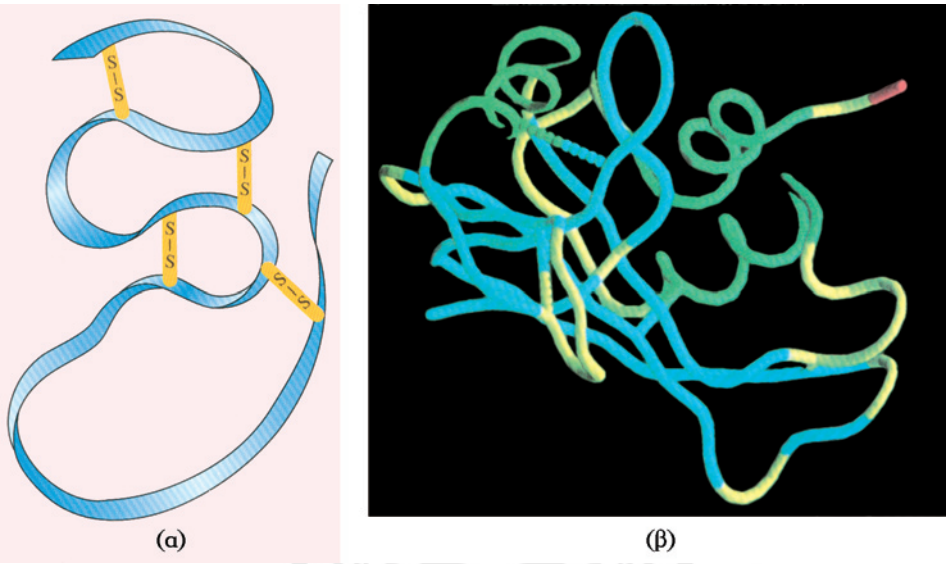
Από τις χιλιάδες αναδιπλωμένες διαμορφώσεις, που είναι καταρχήν εφικτές για την πολυπεπτιδική ίνα, στην πράξη επιλέγεται και εκτελείται μόνο μία. Αυτή καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων και κυρίως την αλληλουχία αμινοξέων με υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες. Οι πρωτεΐνες, δηλαδή, είναι δυναμικά και ευέλικτα μόρια. *Οι δεσμοί τους τεντώνονται, συστρέφονται και δονούνται συνεχώς.* Αυτή η *δυνατότητα* δίνει στα έμβια την *ικανότητα* να κινούνται, να ζουν, να προσαρμόζονται· αυτή η *κινητικότητα* των ατόμων και των χημικών δεσμών μέσα στο πρωτεϊνικό μόριο δίνει τη *δυνατότητα* να κλείνονται ή ν' ανοίγονται οπές μέσα στο πρωτεϊνικό μόριο: τα περίφημα *κανάλια νατρίου* και *καλίου,* που στην ύπαρξή τους βασίζεται η λειτουργία του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Το μόριο, δηλαδή, της πρωτεΐνης αποτελεί ένα αριστουργηματικό τρισδιάστατο αρχιτεκτόνημα, εξαιρετικής πολυπλοκότητας, που δομείται από μια σχετικά μονοδιάστατη αλυσίδα, της οποίας κρίκοι είναι τα αμινοξέα. Η κίνηση αποτελεί μία από τις πιο εντυπωσιακές ιδιότητες της ζωντανής ύλης και, σε πολλές περιπτώσεις, το κυριότερο χαρακτηριστικό του ζωντανού οργανισμού. Σήμερα είναι γνωστό ότι οι διάφορες κινήσεις των κυττάρων, που πραγματοποιούν οι *μυικές ίνες,* αλλά και τα *λεμφοκύτταρα,* έχουν κοινούς μηχανισμούς, που οφείλονται στις πολυδαίδαλες διπλώσεις και αναδιπλώσεις των πρωτεϊνικών μορίων.

Η κίνηση, δηλαδή, των κυττάρων προκαλείται σε όλα τα είδη από ομάδες συσταλτικών πρωτεϊνών, των οποίων η λειτουργία ελέγχεται από μεγαλύτερες ομάδες πρωτεϊνών. Αυτές οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων δίνουν τη βάση για τις τόσο διαφοροποιημένες κινήσεις των κυττάρων και μακροσκοπικά των ιστών, των μυών και του συνόλου των οργάνων. *Έτσι, η κίνηση, από την πιο απλή ως το χορό, μεταφράζεται, τελικά, σε μοριακό επίπεδο σε μυριάδες διπλώσεις και αναδιπλώσεις των πρωτεϊνικών μορίων.*

## Μεταβολές χωρίς επιστροφή – Η μετουσίωση

Οι πρωτεΐνες είναι γενικά πολύ εύθραυστα και ευπαθή μόρια και υπόκεινται σε μετατροπές, πολλές φορές μη αντιστρεπτές, και όταν ακόμα οι συνθήκες είναι πολύ ήπιες, δηλαδή μετατροπές τέτοιες που το μόριο δεν μπορεί να ξαναγυρίσει στην αρχική του κατάσταση, και γι' αυτό τις χαρακτηρίζουμε ως *μετουσιώσεις.* Επακόλουθό τους η μεταβολή των ιδιοτήτων και κυρίως των βιολογικών ιδιοτήτων της πρωτεΐνης. Με τη θέρμανση λόγου χάριν του αβγού οι πρωτεΐνες πήζουν, ενώ με την ψύξη του δεν επανέρχονται στην αρχική κατάσταση. Η μετουσίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί και με την προσθήκη οινοπνεύματος, ακόμα με τις ακτίνες Χ, με τα μικροκύματα ή και με απλό χτύπημα, όπως στην περίπτωση του χταποδιού, που, όπως χτυπιέται για να μαλακώσει, το χτύπημα προκαλεί τη διαφοροποίηση των δεσμών υδρογόνου και τη δημιουργία λιγότερο συνεκτικού

μορίου. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει με το ίσιωμα των κατσαρών μαλλιών ή, αντίστροφα, με το κατσάρωμά τους. Γενικά, κατά τη μετουσίωση διαφοροποιούνται οι δεσμοί υδρογόνου, αλλάζουν οι αναδιπλώσεις του πρωτεϊνικού μορίου και η πρωτεΐνη μεταπίπτει από μια κατάσταση τάξης προς μια μορφή αταξίας. Η μετουσίωση, δηλαδή, συνοδεύεται από αύξηση της εντροπίας και συνήθως συνεπάγεται απώλεια της βιολογικής δραστηριότητας της πρωτεΐνης.




*Μετουσιωμένες πρωτεΐνες.*
*α) Ίσια μαλλιά, β) κατσαρά μαλλιά. Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η περμανάντ.*

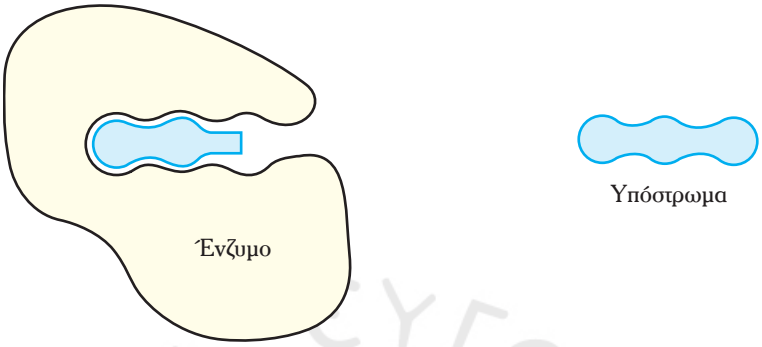
## Οι αυτόματοι διακόπτες της ζωής

– Μέσα στον οργανισμό, συνέχισε ο Κάρολος, συντελείται ολόκληρη αλυσίδα από ενζυματικές αντιδράσεις. *Η ίδια η εκδήλωση της ζωής δεν είναι παρά μια αλυσίδα από εκατοντάδες ενζυματικές αντιδράσεις.*

Οι βιοκαταλύτες, τα κανονικά ένζυμα, δεν μπορούν να δράσουν, αν παρίστανται ουσίες που δρουν ως *δηλητηριαστές,* δηλαδή ουσίες που εξασκούν χαλινωτική δράση. Πολλά από τα δραστικά δηλητήρια, όπως τα ιόντα κυανίου, εξασκούν ενέργεια παρεμπόδισης της ενζυματικής δραστηριότητας, γι' αυτό, αν εισαχθούν στον οργανισμό ίχνη υδροκυανίου, ο θάνατος επέρχεται ακαριαία.

Τα ένζυμα, που είναι πρωτεϊνικά μόρια και διαθέτουν, φυσικά, μια συγκεκριμένη στερεοχημική δομή, έχουν ορισμένη ενεργοποιημένη θέση μέσα στο μόριό τους, προς την οποία έλκεται το υπόστρωμα, δηλαδή η ουσία πάνω στην οποία δρουν. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τις τυχαίες συγκρούσεις μεταξύ των μορίων υποκαθιστά η έλξη μεταξύ του υποστρώματος και της ενεργού επιφάνειας του

ενζύμου. Ο σχηματισμός αυτός δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, παρά μόνο αν το μόριο του ενζύμου διαθέτει εξωτερικό τμήμα ακριβώς συμπληρωματικό της μορφής του μορίου του, *όπως το κλειδί με την κλειδαριά*.




*Ένζυμο και υπόστρωμα πρέπει να ταιριάζουν όπως το κλειδί με την κλειδαριά.*

Μέσα σε κάθε κύτταρο υπάρχει ένα εξαιρετικά εκτεταμένο «κυβερνητικό» δίκτυο, που διασφαλίζει τη λειτουργική συνεκτικότητα του πολύπλοκου ενδοκυτταρικού χημικού εργοστασίου. Οι στοιχειώδεις «κυβερνητικές» πράξεις εξασφαλίζονται από ένζυμα, δηλαδή τις στερεοειδικευμένες πρωτεΐνες, που παίζουν το ρόλο ανιχνευτή και ολοκληρωτή της χημικής πληροφορίας.

Επιπλέον, τα ένζυμα έχουν την ιδιότητα ν' αναγνωρίζουν εκλεκτικά μία ή και περισσότερες ενώσεις που η σύνδεσή τους με την πρωτεΐνη (το ένζυμο) έχει ως αποτέλεσμα να τροποποιεί, δηλαδή να επιτείνει ή να αναστέλλει τη δραστηριότητά τους απέναντι στο υπόστρωμα. Οι ενώσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως *αναστολείς* (repressors).

Μέσα στο ζωντανό κύτταρο τα υλικά για τη βιοσύνθεση, όπως τα μόρια των αμινοξέων ή της γλυκόζης, προσφέρονται άφθονα. Έτσι, με την παρουσία των ενζύμων θα μπορούσε η σύνθεση ορισμένων ουσιών να προχωρεί συνεχώς. Η συσσώρευση, όμως, ορισμένων *μεταβολιτών* (προϊόντων ενζυματικών δράσεων) δεν επιτρέπεται να είναι ασύδοτη, προκειμένου να συνεχίζεται ομαλά η λειτουργία του κυττάρου. Αυτήν τη λεπτή ισορροπία ρυθμίζουν *ειδικά ένζυμα,* τα οποία αναστέλλουν τη σύνθεση μόλις αυτή ξεπερνάει κάποιο όριο. Πτώση του ποσοστού της ουσίας επαναδραστηριοποιεί το ένζυμο κ.ο.κ.. Ο *κολιβάκιλλος,* για παράδειγμα, ζει μέσα στο εντερικό σύστημα του ανθρώπου και καταναλίσκει *λακτόζη* (το σάκχαρο που υπάρχει στο γάλα), την οποία αφομοιώνει και καίει με τη βοήθεια ενός ειδικού ενζύμου. Επειδή όμως ο άνθρωπος δεν πίνει συνεχώς γάλα, αλλά κυρίως το πρωί, ο βάκιλλος προσαρμόζεται σ' αυτήν την κατάσταση. Δεν συνθέτει ένζυμα, παρά μόνο τη στιγμή που υπάρχει λακτόζη στο έντερο. Η παρουσία του μορίου λακτόζης επισύρει την κινητοποίηση του μηχανισμού για τη σύνθεση του κατάλληλου ενζύμου, ενώ η απουσία της τη διακόπτει. Αλλά

και, γενικότερα, τα βιοχημικά αυτά συστήματα θυμίζουν στη λογική τους πολύ τα συστήματα ανάδρασης, feedback όπως τα λένε στην ηλεκτρονική. Ένα χονδροειδές τέτοιο σύστημα είναι ο θερμοστάτης του καλοριφέρ· όταν η θερμοκρασία φτάνει στο επιθυμητό, διακόπτει την κυκλοφορία του ζεστού νερού, και μόλις κατέβει την επαναφέρει.

Ο μικρότερος όμως αυτόματος διακόπτης της ηλεκτρονικής ζυγίζει μερικά εκατοστά του γραμμαρίου. Το βάρος, αντίστοιχα, ενός ειδικευμένου ενζύμου είναι χίλια τρισεκατομμύρια φορές μικρότερο. Ο αριθμός αυτός δίνει μια ιδέα της κυβερνητικής ισχύος, δηλαδή του πληροφοριακού υλικού, που μπορεί να διαθέτει ένα κύτταρο, εφοδιασμένο με κάμποσες χιλιάδες τέτοια ένζυμα.

– Ελπίζω να μη σας ζάλισα πολύ, κατέληξε ο Κάρολος. Ήταν μια δύσκολη περιγραφή.

– Απίστευτα όμως ενδιαφέρουσα, είπε ο Ιπποκράτης. Πρώτη φορά συνειδητοποίησα ορισμένα θέματα πολύ χρήσιμα στη δική μου δουλειά, την *ενδοκρινολογία.*

–Ύστερα απ' όσα είπαμε, δεν απομένει παρά να μιλήσουμε αύριο για τη γέννηση και την οργάνωση αυτών των μορίων μέσα στη δομική μονάδα της ζωής, το *κύτταρο,* πρόσθεσε ο Κάρολος.

– Θα είναι πολύ ενδιαφέρον, είπαν όλοι μ' ένα στόμα.

## Η μονάδα της κάθε μορφής ζωής: το κύτταρο

Την επόμενη μέρα την κουβέντα άνοιξε ο Κάρολος:

–Ένα πολύπλοκο σύστημα, άρχισε, είναι δυνατόν να κατανοηθεί πλήρως με βάση τα απλά συστατικά του, με τη συστηματική αναγωγή πολύπλοκων πληροφοριών ή συστημάτων σε απλά συστατικά.

– Μα αυτή είναι η πολυσυζητημένη «αναγωγική» θεωρία, παρενέβη ο Πλάτων.

– Ναι, συμφώνησε ο Κάρολος, αλλά το γεγονός ότι η μοριακή βιολογία είναι κατηγορηματικά αναγωγική, δεν σημαίνει ότι αγνοεί και τον *ολισμό.*

– Καλά, είπε ο Πλάτων, θα το συζητήσουμε αργότερα.

– Το κύτταρο, συνέχισε ο Κάρολος, είναι η απλούστερη μονάδα ζωής, της κάθε μορφής ζωής. Από τη μονοκύτταρη αμοιβάδα ως τον ελέφαντα, από τους μικροοργανισμούς της θάλασσας ως τη φάλαινα, τα έντομα, τα φίδια, τα φυτά, τον άνθρωπο. Το ανθρώπινο κορμί, για παράδειγμα, δομείται από έξι περίπου τρισεκατομμύρια τέτοιες μονάδες. Τα κύτταρα σχηματίζουν τους ιστούς, οι ιστοί τα όργανα και τους μυς και ο συνδυασμός τους τον οργανισμό.

– Αν ήθελε κάποιος ν' ακριβολογήσει, παρατήρησε ο Ευκλείδης, το ύστατο συστατικό του οργανισμού είναι τα *υποατομικά σωματίδια* (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια, κουάρκς), αφού το κύτταρο συνίσταται από μόρια, κι αυτά δομούνται από συνδυασμούς ατόμων. Κοινό όμως συστατικό των ατόμων είναι τα υποατομικά σωματίδια.

– Τα υποατομικά όμως σωματίδια, παρατήρησε ο Κάρολος, δεν προσφέρονται για τη διάκριση ανάμεσα στην έμβια και την άβια ύλη. Η παρουσία τους είναι κοινή και στα δύο. Έτσι, ως μονάδα ζωντανής ύλης θεωρείται το *κύτταρο.* Αυτό διαθέτει τα χαρακτηριστικά της ζωής: αντιδρά στους ερεθισμούς, μετατρέπει την τροφή σ' ενέργεια, αυξάνεται, αναπαράγεται και πεθαίνει. Πρόκειται για ένα απειροελάχιστο μικρό σακί γεμάτο με διάφορα γιγαντιαία οργανικά μόρια. Γιγαντιαία σε ατομική κλίμακα, αλλά αόρατα για τη φτωχή ανθρώπινη όραση· ορατά μόνο κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τα μόρια αυτά αλληλαντιδρούν σύμφωνα με τους συνηθισμένους νόμους της φυσικής και της χημείας με μιαν απίστευτη συνέπεια, με νομοτέλεια, με κανόνες της δικής τους κυβερνητικής.

Ορισμένα κύτταρα, συνέχισε ο Κάρολος, ζουν μόνα τους και κινούνται ελεύθερα σαν ανεξάρτητες οντότητες, άλλα ανήκουν σε χαλαρά οργανωμένες κοινότητες και άλλα βρίσκονται καθηλωμένα στο ίδιο σημείο, συστατικά ενός μεγαλύτερου οργανισμού. Τα σχήματα και οι λειτουργίες τους, επίσης, είναι πολυποίκιλες. Υπάρχουν κύτταρα ηπατικά, εγκεφαλικά, επιδερμικά κι ένα σωρό άλλα, η δομή τους, όμως, και τα συστατικά τους είναι πάντα τα ίδια. Νεοσχηματισμένα κύτταρα αντικαθιστούν συνεχώς τα γερασμένα ή κατεστραμμένα. Κάθε δευτερόλεπτο υπολογίζεται ότι πενήντα εκατομμύρια κύτταρα του ανθρώπινου σώματος πεθαίνουν, για ν' αντικατασταθούν από ισάριθμα καινούρια.

Τα κύτταρα είναι συνήθως πολύ μικρά. Η κορυφή του βλασταριού ενός φυτού περιέχει περισσότερα από τρεισήμισι χιλιάδες φυτικά κύτταρα. Παρόλο, όμως, που τα κύτταρα είναι μικρά σε μέγεθος, περικλείουν πολύ μεγάλο αριθμό μορίων. Κάθε κύτταρο περιέχει περίπου χίλια τρισεκατομμύρια μόρια νερού και μυριάδες πρωτεϊνικά μόρια. Υπάρχουν όμως και κύτταρα μεγάλου μεγέθους, όπως το αβγό, στο οποίο είναι ορατά τα δύο βασικά συστατικά του κυττάρου, το *κυτόπλασμα* (ασπράδι) και ο *πυρήνας* (κρόκος). Ανάμεσα στις ακραίες αυτές περιπτώσεις, υπάρχουν κύτταρα κάθε μεγέθους και σχήματος.

## Το απίθανο εργοστάσιο και η θαυμαστή μεμβράνη του κυττάρου

– Τα αντικείμενα και τα φαινόμενα που περιγράφονται σ' ένα βιβλίο φυσικής, συνέχισε ο Κάρολος, είναι πολύ απλούστερα από την οργάνωση ενός απλού κυττάρου, από αυτά που συνιστούν το ανθρώπινο σώμα. Οι ιδιότητες και τα φαινόμενα, στα οποία υπακούει ένας βράχος, ένα σύννεφο, ένας γαλαξίας, ένα άτομο, περιγράφονται σχετικά εύκολα από τους μαθηματικούς τύπους της φυσικής και της χημείας. Ένα κύτταρο, αν και βασικά υπακούει στους νόμους αυτούς, δεν είναι εύκολο ν' αποδοθεί μόνο από τα μοντέλα αυτά. Το κύτταρο, ο σάκος αυτός, όπως αποκαλύφθηκε κάτω από τις μεγεθύνσεις του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, δεν είναι απλώς ένας σάκος για μόρια, αλλά συνιστά μιαν απίστευτα σοφά οργανωμένη πολύπλοκη μονάδα.

Παρά τη μεγάλη ποικιλία τους, η βασική δομή όλων των κυττάρων είναι η ίδια. Όλα τα κύτταρα έχουν ένα βασικό σχέδιο: ένα λεπτό εξωτερικό τοίχωμα, τη

*μεμβράνη,* που τα κάνει να μοιάζουν με κελί. Η θαυμαστή αυτή μεμβράνη απομονώνει το κύτταρο από τον εξωτερικό κόσμο και εξασφαλίζει την επικοινωνία ανάμεσα στον εσωτερικό και τον εξωτερικό περίγυρο του κυττάρου. Σ' αυτήν την ιδιότητα οφείλεται η λατινική ονομασία του κυττάρου, *cella, cell,* δηλαδή κελί.

Η μεμβράνη περικλείει τα δύο κύρια τμήματα του κυττάρου: το εξώτερο ζελατινώδες υλικό, το *κυτόπλασμα,* και στο βάθος, γύρω στο κέντρο του, τον *πυρήνα.* Στο κυτόπλασμα βρίσκονται όλα τα *οργανίδια,* εντεταλμένα με την παραγωγή υλικών και ενέργειας, τη σύνθεση και αποσύνθεση ουσιών, ακόμα και τη συσκευασία τους. Ο πυρήνας αποτελεί το κέντρο ελέγχου που εξασφαλίζει την κληρονομική επιβίωση, αλλά και τον εντολέα για όλες τις δραστηριότητες του κυττάρου.

Η μεμβράνη έχει τη θαυμαστή ιδιότητα να επιτρέπει να εισχωρεί στο κύτταρο ό,τι του είναι χρήσιμο και ν' αποβάλλει ό,τι του είναι περιττό· χωρίς αυτήν την εκλεκτική διαπερατότητα δεν θα μπορούσε να υπάρξει βιώσιμο κύτταρο. Σ' αυτά τα *διπλής κυκλοφορίας* κανάλια πραγματοποιείται συνεχώς εναλλαγή των υλικών με γοργό ρυθμό: η *σύνθεση* και η *αποσύνθεση.* Πρόκειται, δηλαδή, για τους ελεγκτές κυκλοφορίας και τα γραφεία τηλεπικοινωνιών των κυττάρων. Δέχονται και μεταδίδουν μηνύματα από και προς το εσωτερικό του κυττάρου.

Η μεμβράνη του κυττάρου αποτελείται από πρωτεϊνικά μόρια και λιπίδια (λιπαρές ουσίες). Τα τελευταία είναι μόρια που διαθέτουν από τη μια μεριά μακριές υδρόφοβες ουρές –αλυσίδες από άτομα άνθρακα που απωθούν το νερό– και από την άλλη άκρη κεφαλή με μικρές ισχυρά υδρόφιλες ομάδες –διαλυτές στο νερό– όπως φωσφορικές ομάδες και σάκχαρα. Έτσι τα μόρια των *φωσφολιπιδίων* ή των *γλυκολιπιδίων,* όπως λέγονται, από το ένα μέρος του μορίου τους απωθούν το νερό, ενώ η άλλη άκρη τους, υδρόφιλη, είναι διαλυτή σ' αυτό. Στη μεμβράνη, που είναι ένα είδος σάντουιτς, είναι ενωμένες κεφάλι με κεφάλι δύο σειρές από τα παραπάνω λιπίδια, των οποίων οι υδρόφοβες ουρές ανεμίζουν προς το υδατικό εξωτερικό και το εσωτερικό του κυττάρου, ενώ οι υδρόφιλες κεφαλές τους αντικρίζουν η μία την άλλη. Αυτός είναι ο καλύτερος συνδυασμός που η φύση ανακάλυψε, δισεκατομμύρια χρόνια πριν, για ν' απομονώσει τα πολύτιμα μόρια των θρεπτικών υλικών, που αναπτύχθηκαν στην αρχέγονη σούπα από το περιβάλλον· αυτό που εξελίχθηκε στα κύτταρα των πρωτόβιων κι αργότερα στους πιο εξελιγμένους πολυκύτταρους οργανισμούς.

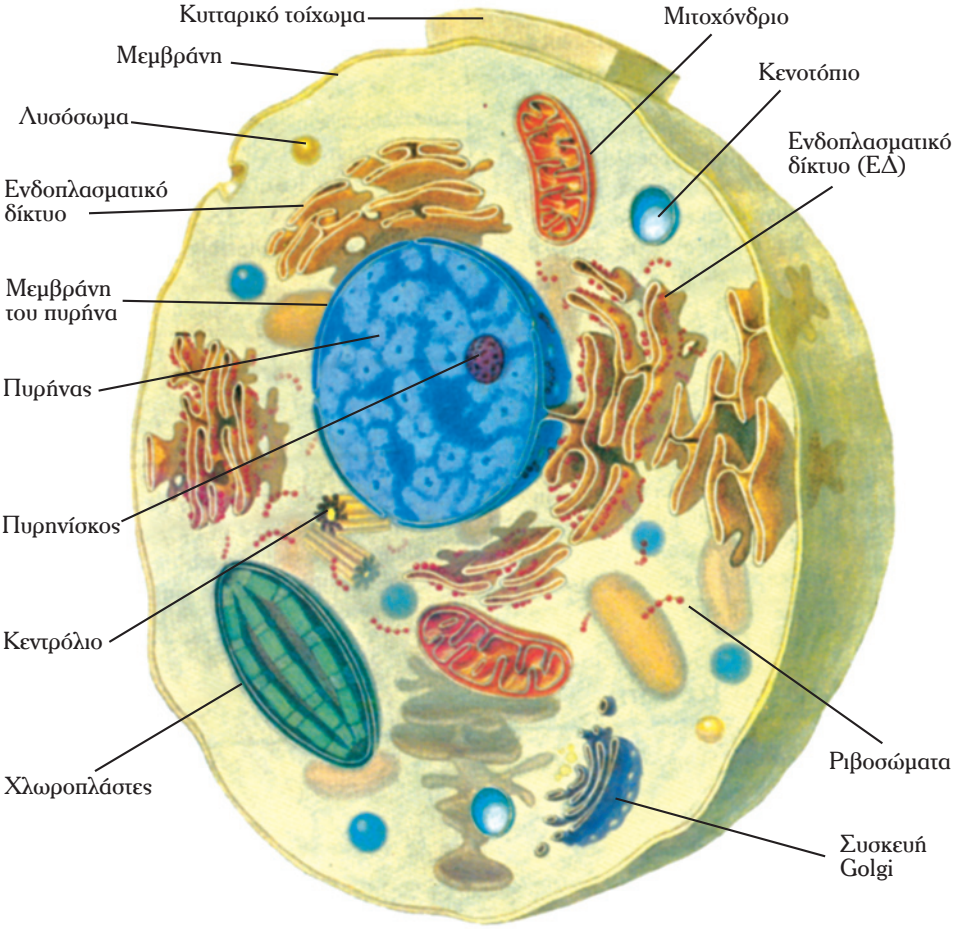
Το κύτταρο, όμως, εντελώς απομονωμένο από το περιβάλλον δεν είναι δυνατόν να επιβιώσει, έχει ανάγκη επικοινωνίας και για εισαγωγές και για εξαγωγές. Έτσι η μεμβράνη δεν είναι τελείως αδιαπέραστη. Σε διάφορα σημεία της είναι ενσωματωμένα πρωτεϊνικά μόρια, που εξασφαλίζουν ανάμεσα στις στερεοδομές τους εκλεκτική διαπερατότητα για ορισμένα είδη ιόντων και μορίων, αλλά και ορισμένες άλλες βασικές λειτουργίες του κυττάρου. Έτσι, για παράδειγμα, στα νευρικά κύτταρα υπάρχουν ενσωματωμένα στις μεμβράνες τους πρωτεϊνικά μόρια που η στερεοδομή τους δημιουργεί *πύλες, κανάλια* και *αντλίες κυκλοφορίας*

διαφόρων ιόντων, όπως νατρίου, καλίου, ασβεστίου και χλωρίου. Άλλα πρωτεϊνικά μόρια διαθέτουν φωλιές, τους *υποδοχείς,* που είναι δυνατόν να υποδεχτούν και να φωλιάσουν *μόρια-μηνύματα* του εξωτερικού κόσμου από ερεθίσματα των αισθητήριων οργάνων ή εσωτερικά μηνύματα, όπως οι ορμές, οι ορμόνες ή οι νευροδιαβιβαστές. Ορισμένες ακόμα πρωτεΐνες της μεμβράνης συνιστούν ένζυμα που βοηθάνε τη φωτοσύνθεση, όπως στα φυτικά κύτταρα.

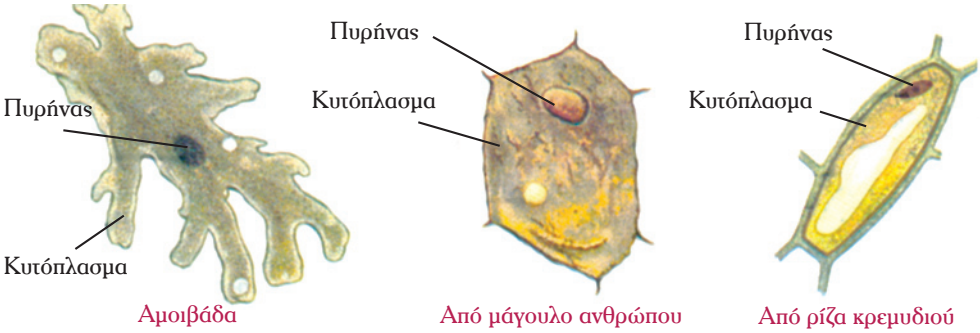
– Τα πρωτεϊνικά μόρια με βιολογική δράση, συνέχισε ο Κάρολος, που παρεμβάλλονται, είναι συνήθως ενωμένα με μόρια πολυσακχαριτών, τα οποία βρίσκονται πάντα σ' επαφή με τον εξωτερικό περίγυρο των κυττάρων. Πρόκειται για τις *γλυκοπρωτεΐνες.* Ορισμένα από τα λιπίδια, επίσης, είναι συνδεδεμένα με μόρια σακχαριτών (γλυκολιπίδια). Τα μόρια αυτά των σακχάρων παίζουν σημαντικό ρόλο στη δομική οργάνωση των πρωτεϊνών της μεμβράνης. Αλλά, ακόμα, δημιουργούν δεσμούς με τα γειτονικά τους κύτταρα, όπως πραγματοποιούνται οι συγκολλήσεις. Έχουν ακόμα σχέση με το ρυθμό της κυτταρικής αύξησης, τη γονιμοποίηση, τις ανοσοποιητικές λειτουργίες και το νευρικό σύστημα. Οι αλληλουχίες των υδατανθράκων πάνω στις κυτταρικές μεμβράνες χρησιμεύουν σαν «ντετέκτιβ» διαφόρων τύπων οργάνων και κυττάρων. Ακόμα είναι αυτοί που «προδίδουν» τους εισβολείς, *διηθητούς ιούς* ή *βακτηρίδια,* και προσδιορίζουν τις θέσεις ή τις συστοιχίες των κυττάρων όπου αυτοί πρέπει να προσκολληθούν, ώστε ν' αρχίσει η διαδικασία της προσβολής. Πρόκειται δηλαδή γι' *αληθινούς πράκτορες* της κυτταρικής επικοινωνίας.

Η μεμβράνη περιβάλλει το κυτόπλασμα, μέσα στο οποίο είναι σκορπισμένα χιλιάδες *ριβοσώματα.* Τα ριβοσώματα αποτελούν ουσιώδη εξαρτήματα του μηχανισμού αποκρυπτογράφησης του γενετικού κώδικα. Πρόκειται για τα εργοστάσια σύνθεσης πρωτεϊνών. Τα ριβοσώματα έχουν την ικανότητα να συνθέτουν από απλά υλικά (τ' αμινοξέα των τροφών) έως τα πολύπλοκα πρωτεϊνικά μόρια (δομικές πρωτεΐνες, ένζυμα, ορμόνες-πεπτίδια), σύμφωνα με τις εντολές του γενετικού κώδικα του DNA.

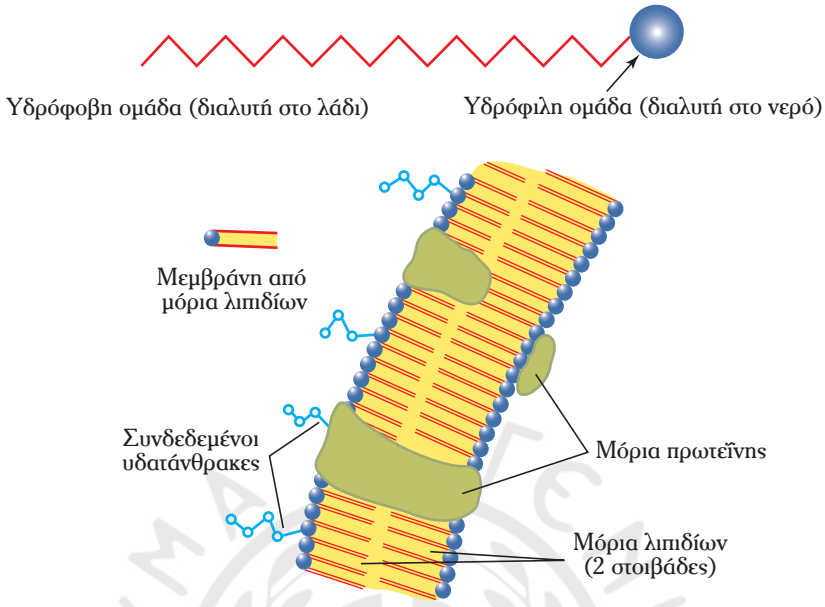
Μεγάλη σημασία έχουν ακόμα δύο οργανίδια του κυττάρου: τα *λυσοσώματα* και τα *μιτοχόνδρια.* Τα λυσοσώματα είναι σάκοι γεμάτοι ένζυμα, που περιβάλλονται από μεμβράνη, γι' αυτό αποσυνθέτουν ιούς, βακτηρίδια, καθώς και φθαρμένα τμήματα του ίδιου του κυττάρου. Μέσα στο ίδιο το κύτταρο υπάρχουν οι ικανότητες για τη σύνθεση και την αποσύνθεση, τη *ζωή* και το *θάνατο.* Τα μιτοχόνδρια θυμίζουν τομή υπερωκεάνιου με το πλήθος των θαλάμων, των μεσότοιχων και των διαμερισμάτων του. Πρόκειται για τις μονάδες παραγωγής ενέργειας, απαραίτητης για την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και τις άλλες λειτουργίες του κυττάρου. Υπάρχουν περίπου πενήντα έως πέντε χιλιάδες εργοστάσια ενέργειας (μονάδες όπως της ΔΕΗ) σε κάθε κύτταρο. *Όλα τα μιτοχόνδρια στα κύτταρά μας προέρχονται από το ωάριο της μητέρας μας· τα σπερματοζωάρια είναι μικρά για να περιέχουν και μιτοχόνδρια. Έτσι, όλα τα μιτοχόνδρια κατάγονται από τα θηλυκά· αυτό βοηθάει στην ανίχνευση της μητρικής προγονικής καταγωγής μας.* Η πρώτη




*Το κύτταρο, μονάδα κάθε μορφής ζωής, και τα οργανίδιά του.*

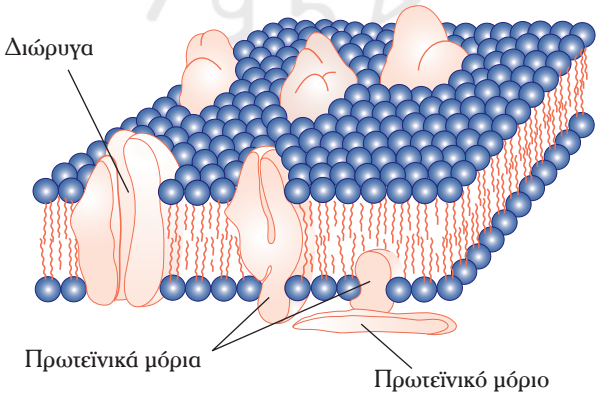



*Κύτταρα από διάφορους οργανισμούς.*




*Η μεμβράνη των κυττάρων.*

*Τα μόρια των λιπαρών ουσιών σχηματίζουν μια διμοριακή στοιβάδα με τις υδρόφιλες ομάδες στο εξωτερικό και τις υδρόφοβες στο εσωτερικό. Μεταξύ αυτών διεισδύουν πρωτεϊνικά μόρια και μόρια υδατανθράκων και σχηματίζεται ένα είδος «σάντουιτς». Ορισμένοι υδατάνθρακες, όπως αμινοσάκχαρα, πιθανόν παίζουν ρόλο πληροφοριακών μορίων που παρέχουν οδηγίες στα κύτταρα πώς θα συνδυαστούν και θα σχηματίσουν ορισμένες δομές μέσα στο σώμα. Πιθανόν ακόμα να δρουν στον αναγνωριστικό μηχανισμό για ξένες πρωτεΐνες που εισέρχονται στον οργανισμό.*



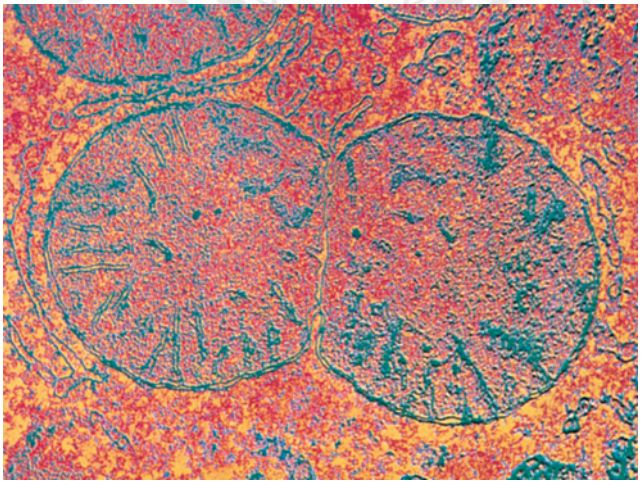

*Απεικόνιση της μεμβράνης των κυττάρων με το μόριο των λιπιδίων και της πρωτεΐνης. Διακρίνονται οι διώρυγες εισόδου-εξόδου των ιόντων νατρίου-καλίου.*

ύλη που χρησιμοποιούν τα μιτοχόνδρια είναι η τροφή, που απορροφά το κύτταρο. Εκεί χρησιμοποιείται μια ειδική διαδικασία για να οξειδωθούν τα μόρια της γλυκόζης, τα οποία προμηθευόμαστε από τα φρούτα, το ψωμί, τα ζυμαρικά, τα γλυκά, ενώ συγχρόνως εκλύεται η ενέργεια που κλείνουν μέσα τους. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς ενός μορίου, που για συντομία λέγεται *ATP*. Πρόκειται για το γνωστό «*παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα*», με το οποίο εναλλάσσεται η ενέργεια σε κάθε έμβιο, φυτικό ή ζωικό.

Το κύτταρο διαθέτει ακόμα συστήματα «συσκευασίας» των πρωτεϊνικών μορίων, όπως η συσκευή Golgi, αλλά και δίκτυο μεταφοράς των υλικών, όπως το ενδοπλασματικό δίκτυο, έναν λαβύρινθο από μικροσήραγγες, που υποβοηθούν τη συστηματική διακίνηση των πρωτεϊνών. Ειδικά και μόνον στα φυτικά κύτταρα υπάρχουν και οι χλωροπλάστες, όπου συλλαμβάνεται η ηλιακή ενέργεια.

Η οργάνωση αυτή του κυττάρου, με τις εξελίξεις δισεκατομμυρίων ετών, έδωσε στα κύτταρα, σχεδόν απίστευτες για τον ανθρώπινο νου δυνατότητες, ν' αναπτύσσονται και να δημιουργούν από απλά και τυχαία μόρια, που βρίσκουν στο περιβάλλον τους, απεριόριστης πολυπλοκότητας χημικές δομές.

Για τα *ζωικά* κύτταρα οι πρώτες ύλες είναι σάκχαρα, αμινοξέα, πουρίνες και λιπίδια, τα οποία προέρχονται από την αποικοδόμηση των τροφίμων στο πεπτικό σύστημα και με το αίμα διανέμονται σ' όλα τα κύτταρα. Για τα *φυτικά* κύτταρα ο μηχανισμός είναι πιο κατακόρυφος, πιο πολύπλοκος, γιατί ξεκινάει από τα μόρια που υπάρχουν στον αέρα (διοξείδιο του άνθρακα) και στη γη (νερό, νιτρικά, φωσφορικά άλατα και ιχνοστοιχεία), που μετατρέπονται, τελικά, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, στα πολύπλοκα οργανικά μόρια που συνιστούν



*Μιτοχόνδριο. Το παγκόσμιο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας του κυττάρου. Κάθε κύτταρο, από τα τρισεκατομμύρια κύτταρά μας, διαθέτει μερικές χιλιάδες τέτοια εργοστάσια όπου πρωταγωνιστεί το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα: το μόριο του ATP.*

τη μορφή, το σχήμα, το χρώμα, το άρωμα, την αρμονία του φυτού. Τα κύτταρα είναι δυναμικές οντότητες που απαιτούν συνεχώς και σταθερά την προμήθεια πρώτων υλών από το περιβάλλον και τις χρησιμοποιούν ως δομικούς λίθους για να συνθέσουν τα συστατικά τους. Στο επίκεντρο αυτής της δραστηριότητας βρίσκεται μεγάλος αριθμός από ένζυμα, που καταλύουν τις χημικές αντιδράσεις του κυττάρου. Και κάτι που είναι ακόμα πιο αξιοσημείωτο: τα πρωτεϊνικά αυτά ένζυμα έχουν συντεθεί από το ίδιο το κύτταρο· πρόκειται δηλαδή για ένα απίθανο χημικό εργοστάσιο.

Η ενέργεια γι' αυτές τις δραστηριότητες προέρχεται από τον Ήλιο, άμεσα για τα φυτικά κύτταρα, έμμεσα για τα ζωικά, που διατρέφονται με φυτά.

## DNA, τα νήματα της ζωής – Η νομοθετική εξουσία

– Και τώρα, συνέχισε ο Κάρολος, ας προχωρήσουμε στο κέντρο του *κέντρου* της ζωής, τον *πυρήνα* (nucleus) του κυττάρου· εκεί, όπου βρίσκεται το *επιτελείο* και δίνονται οι *εντολές* για την όποια δραστηριότητα του κυττάρου. Γι' ακόμα μια φορά φαίνεται ότι επαληθεύονται τα παλαιά λατινικά ρητά: *«το απλό είναι σφραγίδα του αληθινού»* ή *«το ωραίο αντιπροσωπεύει την ακτινοβολία της αλήθειας»*. Κάτι που εξέφρασαν αιώνες αργότερα ο Watson, μαζί με τον Crick, όταν αποκρυπτογράφησαν το γενετικό κώδικα και το ρόλο του μορίου του DNA, ανοίγοντας το δρόμο σε μία από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις του ανθρώπου για την κατανόηση της ζωής *σ' επίπεδο μορίων: «Το αληθινό είναι ωραίο, και το μόριο του DNA είναι ωραίο»*.

Όλοι έμειναν σιωπηλοί και κρέμονταν από το στόμα του Κάρολου.

– Στο βάθος, λοιπόν, περίπου στο κέντρο του κυτοπλάσματος, συνέχισε ο Κάρολος, βρίσκεται ο πυρήνας, όπως ο κρόκος μέσα στο ασπράδι-κυτόπλασμα του αβγού. Πρωταγωνιστές εδώ είναι τα μόρια των νουκλεϊνικών ή πυρηνικών οξέων ή, όπως είναι πιο γνωστά, τα *μακρομόρια,* που δημιουργούνται από τα νουκλεϊνικά οξέα, *τα μόρια του DNA.* Αν και το συνολικό ποσό τους στον ανθρώπινο οργανισμό δεν ξεπερνά το 1%, ο ρόλος τους είναι κρίσιμος για την εκδήλωση της ζωής.

*Αν τα πρωτεϊνικά μόρια αντιπροσωπεύουν τις* «πρῶτες τῇ τάξει» *ουσίες για την εκδήλωση της ζωής και την «εκτελεστική» του οργανισμού «εξουσία», τα μόρια των νουκλεϊνικών οξέων συνιστούν το «νομοθετικό σώμα» του οργανισμού –που έχει την ευθύνη και για την κληρονομικότητα– αλλά συγχρόνως πρωταγωνιστούν και κατά τη σύνθεση των πρωτεϊνικών μορίων και φυσικά και των ενζύμων, που με τη σειρά τους ελέγχουν όλες τις λειτουργίες της ζωής, αλλά και τις ιδιομορφίες του κάθε έμβιου.*

Οι ανακαλύψεις των τελευταίων χρόνων στον τομέα των νουκλεϊνικών οξέων και των πρωτεϊνικών μορίων οδήγησαν στην καθιέρωση της *μοριακής βιολογίας*. Αποτελεί την εξέλιξη της επιστήμης της βιολογίας, που εξηγεί την κληρονομικότη-

τα με τη βοήθεια των μορίων. Αναφέρεται, δηλαδή, στα συστατικά των κυττάρων και τα εξετάζει σ' επίπεδο μοριακό (όπως μορίων πρωτεΐνης, DNA). Η πρόοδος στην επιστήμη αυτή έδωσε το έναυσμα για την ανάπτυξη μιας τεχνολογίας αιχμής: της «*βιοτεχνολογίας*»· μιας τεχνολογίας που καθημερινά αλλάζει την ανθρώπινη ζωή και οι επιδράσεις της γίνονται προοδευτικά όλο και πιο σημαντικές.

– Η σύγχρονη γενετική, που συνδέεται βαθύτατα με τη μοριακή βιολογία, συνέχισε ο Κάρολος, στη σημερινή της καθημερινή πράξη είναι αποφασιστικά αναγωγική, όπως φαίνεται από αυτά που θα σας πω.

Το μόριο των νουκλεϊνικών ή πυρηνικών οξέων, δημιουργείται, όπως συνηθίζει η φύση, από το συνδυασμό απλών μορίων· δηλαδή μορίων ενός σακχάρου –της δεσόξυ-ριβόζης (desoxy-ribose)– φωσφορικού οξέος και μιας από τις τέσσερεις πουρινικές βάσεις. Παρότι δεν είναι ευχάριστη η αναγραφή ονομάτων, που ο αμύητος δεν έχει συνηθίσει, είναι τόση η σημασία των τεσσάρων αυτών πουρινικών βάσεων, που αξίζει μια μικρή προσπάθεια. Οι *βάσεις** της ζωής είναι: η Adenine (A), η Guanine (G), η Cytosine (C), η Thymine (T). Απ' αυτό το απλό σχετικά δομικό υλικό δομείται το τεράστιο *μόριο του DNA* (το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των συστατικών του: **D**esoxy-riboso **N**ucleinic **A**cid)· και μοιάζει με μια ελικοειδή σκάλα. *Είναι* η *σκάλα της ζωής*, στην οποία είναι γραμμένοι οι κωδικοί της ζωής μας. Πρόκειται για το κληρονομικό υλικό του κάθε ανθρώπου, τον προγραμματισμένο ηλεκτρονικό του υπολογιστή, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Προκειμένου για τα πρωτεϊνικά μόρια, όπως έχει αναφερθεί, χρησιμοποιείται ένα αλφάβητο που δημιουργείται από το συνδυασμό των είκοσι μορίων των αμινοξέων. Το αλφάβητο του γενετικού κώδικα έχει μόνο τέσσερα γράμματα: τις παραπάνω τέσσερεις βάσεις. Μόνο οι τέσσερεις αυτές βάσεις είναι παρούσες μέσα στο μόριο του DNA, αλλά τα «ν» ζευγάρια αυτών των βάσεων είναι δυνατόν να σχηματίσουν $2^{v}$ συνδυασμούς. Ένα μετρίων διαστάσεων γονίδιο διαθέτει περίπου χίλια ζευγάρια βάσεων. Έτσι αυτό έχει τη δυνατότητα να εμφανιστεί με $1.000^{4}$ συνδυασμούς. Πρόκειται δηλαδή για δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων συνδυαστικές δυνατότητες. *Αυτόν τον τόσο απλό τρόπο επέλεξε η φύση για ν' αποτυπώσει την πιο πολύμορφη, την πιο πολύπλοκη λειτουργία της: τη ζωή, την κληρονομικότητα, αλλά και την εξέλιξη.*

Η δομή του μορίου του DNA, ενός από τα μεγαλύτερα γνωστά μόρια, είναι σχετικά απλή, αφού πραγματοποιείται με τη συνένωση του ενός μετά του άλλου των σχετικά απλών μορίων των νουκλεϊνικών οξέων. Η σειρά βεβαίως που συνδέονται, η αλληλουχία, είναι και εδώ, όπως στις πρωτεΐνες, πολύ κρίσιμη. Πρέπει να πάρουμε υπόψη ότι ο δυνατός αριθμός αλληλουχιών που μπορεί να δημιουργηθούν, λόγου χάρη από το συνδυασμό είκοσι μορίων των τεσσάρων

* Η λέξη βάση έχει την έννοια της ουσίας με αλκαλικές, βασικές ιδιότητες, όπως λέγονται στη χημεία· είναι δηλαδή το αντίθετο του όξινου χαρακτήρα.

βάσεων, είναι $20^4$ ή εκατόν εξήντα χιλιάδες. Βέβαια δεν νομιμοποιούνται όλες.

Αν στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές η επεξεργασία των στοιχείων είναι ηλεκτρονική, στα ζωντανά κύτταρα είναι χημική. Εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι ορισμένα είδη μορίων είναι ικανά να «πολυμερίζονται», να σχηματίζουν δηλαδή με συνένωση μεταξύ τους μακριές αλυσίδες απεριόριστου μήκους, όπως τα νουκλεϊνικά οξέα στο μόριο του DNA.

Συγκεκριμένα, τα μόρια του σακχάρου από ένα μόριο νουκλεϊνικού οξέος σφιχτοδένονται με τα μόρια του φωσφορικού οξέος του επόμενου κ.ο.κ.. Έτσι σχηματίζονται δύο αλυσίδες πολύ μακριές, όπου εναλλάσσονται μόρια σακχάρου-φωσφορικού οξέος-σακχάρου κ.ο.κ.. Οι μακριές αυτές αλυσίδες σχηματίζουν τελικά τα κάγκελα και την κουπαστή μιας ελικοειδούς κλίμακας, που μοιάζει με τις σκάλες υπηρεσίας στις πολυκατοικίες. Σκαλοπάτια της σκάλας αυτής είναι τα μόρια των τεσσάρων βάσεων, που συνδυάζονται ανά δύο για να σχηματιστεί το κάθε σκαλοπάτι. Τα σκαλοπάτια αυτά αποτελούν το πιο κρίσιμο σημείο του μορίου.

Η ιδιοτυπία είναι ότι για να σχηματιστεί το σκαλοπάτι χρειάζονται δύο βάσεις, των οποίων όμως ο συνδυασμός δεν είναι τυχαίος. Συγκεκριμένα, τα σκαλοπάτια, που οι νόμοι της ζωής επιτρέπουν, είναι μόνο δύο: **AT** ή **GC**. *Κάθε άλλος συνδυασμός, όπως AG ή CA δεν νομιμοποιείται*. Για απλούστευση: αν τα φανταστούμε χρωματιστά αφενός γαλάζια, αφετέρου κίτρινα ή πράσινα, για να σχηματιστεί ένα σκαλοπάτι χρειάζονται συνδυασμοί διαφορετικών χρώματων, *γαλάζιο-κίτρινο* ή *πράσινο-κίτρινο*. Οι συνδυασμοί κίτρινο-κίτρινο, πράσινο-πράσινο ή γαλάζιο-γαλάζιο δεν νομιμοποιούνται, απαγορεύονται.

Στην οθόνη τώρα λαμποκοπούσαν τα φωτεινά σύμβολα του DNA.

– *Ο παράνομος συνδυασμός AG ή CA,* συνέχισε ο Κάρολος, *δεν είναι δυνατός παρά σε περιπτώσεις γενετικών λαθών, που οδηγούν σε μεταλλάξεις και ανωμαλίες. Μετάλλαξη* είναι η κάθε αλλοίωση ή παραλλαγή στην αλληλουχία των βάσεων, (A, T, C, G), που συνιστούν το μόριο του DNA. Θα πρέπει πάντως ν' αναφερθεί ότι υπάρχουν και ορισμένες μεταλλάξεις, οι «σιωπηρές», που δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα.

*Απαιτούνται έξι δισεκατομμύρια βάσεις για να χαρακτηριστεί γενετικά μια ανθρώπινη ύπαρξη.* Η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας αυτών των βάσεων και η χαρτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος βρίσκονται τώρα στο ζενίθ της προσπάθειας Αμερικανών, Ευρωπαίων και Ιαπώνων μοριακών βιολόγων, που χάρη και στις νεότερες γενιές ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν ολοκληρωθεί σε πρώτη φάση. Πόσα έχουμε να μάθουμε από την προσπάθεια αυτή!

Το DNA ενός βακτηριοφάγου –διηθητού ιού ικανού να καταστρέψει βακτηρίδια– του οποίου το μοριακό βάρος είναι της τάξης των εκατόν τριάντα εκατομμυρίων, αποτελείται περίπου από διακόσιες εξήντα χιλιάδες απλά μόρια νουκλεϊνικών οξέων, που το καθένα δομείται από δέκα εκατομμύρια πεντακόσιες χιλιάδες άτομα άνθρακα, οξυγόνου, υδρογόνου, αζώτου και φώσφορου.

Στο μεταξύ οι προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή έχουν ξεκινήσει με

## ΤΟ ΑΛΦΑΒΗΤΟ ΤΟΥ DNA

*Το μόριο του νουκλεϊνικού οξέος (νουκλεοτίδιο, όπως επίσης λέγεται) δημιουργείται από το συνδυασμό τριών ειδών μορίων: σακχάρου (Σ), φωσφορικού οξέος (P) και μιας οργανικής βάσης (πυριμιδίνης ή πουρίνης). Το σάκχαρο είναι συνήθως μια πεντόζη, η ριβόζη ή δεσόξυ-ριβόζη (δεσόξυ σημαίνει τη στέρηση ενός οξυγόνου· η δεσόξυ-ριβόζη, δηλαδή, έχει ένα οξυγόνο λιγότερο από τη ριβόζη). Για απλούστευση τα σάκχαρα αυτά συμβολίζονται:*



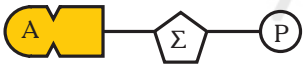

*Νουκλεϊνικά οξέα που περιέχουν ως μόριο σακχάρου ριβόζη λέγονται ριβονουκλεϊνικά οξέα (Ribo Nucleic Acids) και για συντομία RNA. Αντίστοιχα, αυτά που περιέχουν δεσόξυ-ριβόζη: δεσοξυριβο-νουκλεϊνικά οξέα (Desoxyribo-Nucleic Acid) και για συντομία DNA. Οι οργανικές βάσεις, κύρια συστατικά του μορίου των νουκλεϊνικών οξέων, είναι κυρίως δύο πυριμιδίνες: η κυτοσίνη (Cytosine) και η θυμίνη (Thymine), που συμβολίζονται αντίστοιχα:*



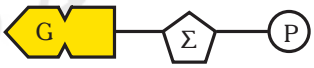

*και οι δύο πουρίνες, η γουανίνη (Guanine) και η αδενίνη (Adenine), που συμβολίζονται:*



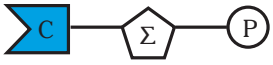

*Αντί της θυμίνης σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει ένα συγγενικό μόριο, της ουρακίλης, που συμβολίζεται με «U». Τα νουκλεοτίδια ή νουκλεϊνικά οξέα, λοιπόν, συντίθενται από ένα μόριο πυριμιδίνης ή πουρίνης, το οποίο συνενώνεται με το μόριο του σακχάρου, και το τελευταίο με το φωσφορικό οξύ, και μπορεί να συμβολίζεται ως εξής:*



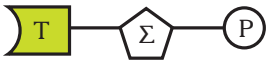

A: Νουκλεοτίδιο αδενίνης




G: Νουκλεοτίδιο γουανίνης

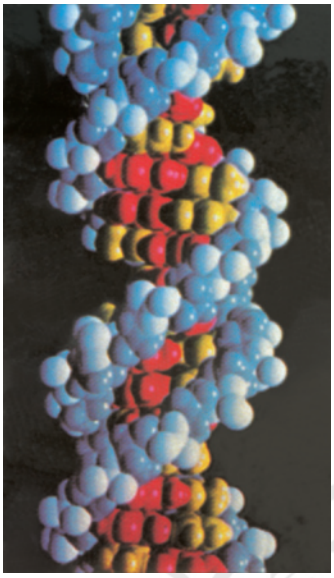



C: Νουκλεοτίδιο κυτοσίνης

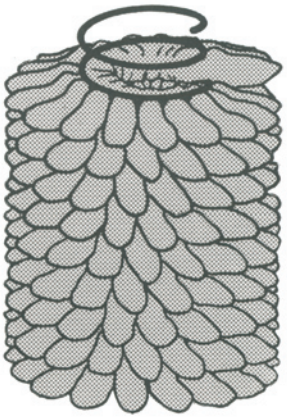



T: Νουκλεοτίδιο θυμίνης

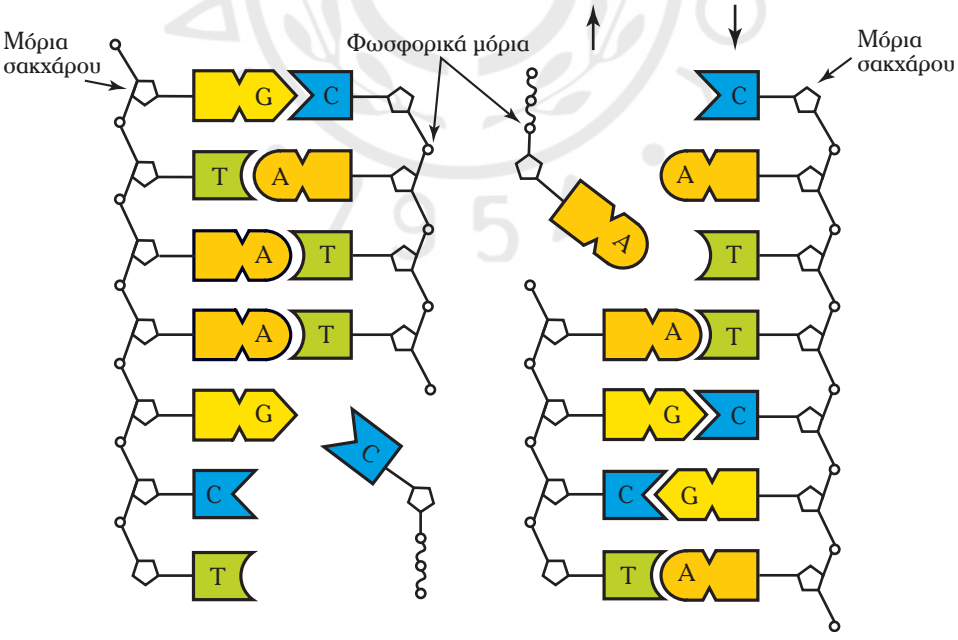
*Οι επιτρεπόμενοι από τη φύση συνδυασμοί είναι μόνο G-C και A-T, κανένας άλλος δεν νομιμοποιείται.*



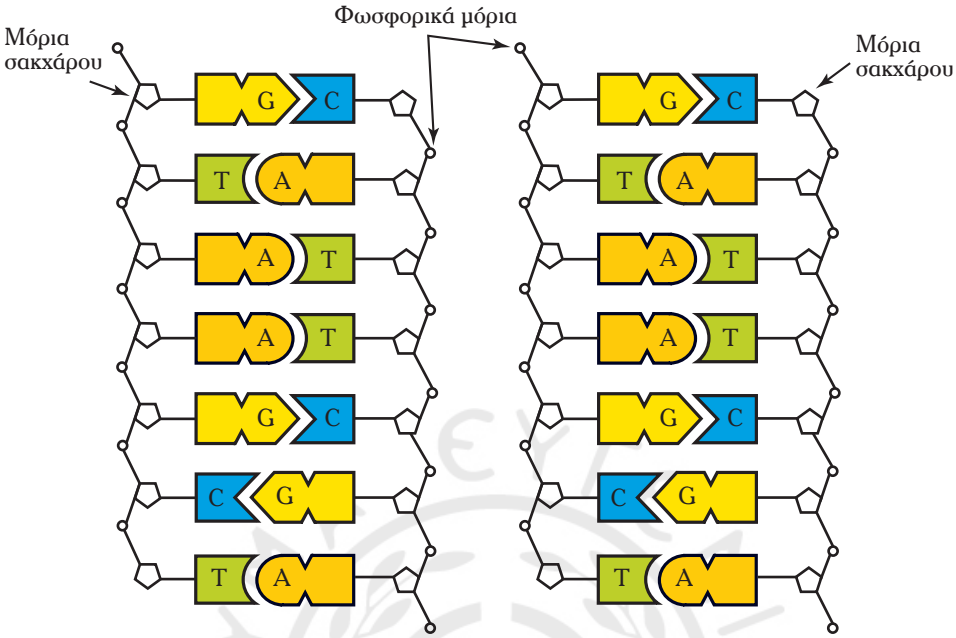
*Πρότυπο μορίου DNA.*



*Σχηματική παράσταση του μορίου του διπθιτού ιού της «μωσαϊκής του καπνού». Διακρίνεται στη μέση το ελικοειδές μόριο του DNA, που περιβάλλεται από πρωτεϊνικά μόρια (νουκλεοπρωτεΐνη).*




*Έτσι προχωράει η ανατύπωση του μορίου του DNA σε ακριβές φωτοαντίγραφο του αρχικού.*




*Η ανατύπωση τμήματος του μορίου του DNA σε ακριβές φωτοαντίγραφο του αρχικού έχει πραγματοποιηθεί.*

απλούστερους σχετικά οργανισμούς, όπως φυτικούς (arabidopsis) και ζωικούς (αχινούς, σκουλήκια).

Τα σκουλήκια είναι από τους πιο αρχέγονους και σχετικά απλούς πολυκύτταρους οργανισμούς, αφού διαθέτουν μόνο εκατό εκατομμύρια περίπου ζευγάρια βάσεων στο DNA τους, και είναι από τους πρώτους οργανισμούς των οποίων θα ολοκληρωθεί η χαρτογράφηση και θα γίνει η πλήρης αποκρυπτογράφηση της ακολουθίας των βάσεων του γονιδιώματός τους. Οι έρευνες αυτές θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση και του ανθρώπινου γονιδιώματος, δηλαδή του συνόλου του γενετικού υλικού μας.

– Μου φαίνεται φρικτό, είπε η Μάρθα, να παρομοιάζετε το γενετικό υλικό ενός σκουληκιού με το δικό μου.

– Δεν καταλαβαίνω γιατί σ' ενοχλεί το γεγονός ότι κάθε ζωντανό βγήκε από την ίδια μήτρα, το ίδιο καλούπι, κι αυτή την αναλογία επωφελούμεθα για να βγάλουμε συμπεράσματα για το δικό μας καλό, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε.

Αν έστω κι ένα γράμμα στις μυριάδες αυτές αλληλουχιών είναι λάθος, τα αποτελέσματα είναι καταστροφικά για τον οργανισμό αυτόν. Γι' αυτό, για ν' αποφευχθούν τα λάθη, η φύση έχει επινοήσει για έλεγχο και επανόρθωση τρία ενζυμικά συστήματα. Έτσι πραγματοποιείται το ακατόρθωτο, συγκριτικά με τις ανθρώπινες δυνατότητες, σε τόσα δισεκατομμύρια λέξεις τα λάθη να είναι ασήμαντα. Τα λάθη σε ορισμένες σπάνιες περιπτώσεις οδηγούν σε εξελικτικές βελτιώσεις, συνήθως όμως αποτελούν παραλείψεις, «παραρράματα» του γενετικού κώδικα, και

οδηγούν σε σοβαρές γενετικές ατέλειες και παθήσεις και τις πιο πολλές φορές εξαφάνιση του μειονεκτικού οργανισμού. Ορισμένες χημικές ουσίες, η ραδιενεργός ακτινοβολία, οι κοσμικές ακτίνες Χ, δρουν ως ισχυρά μεταλλαξιογόνα και αυξάνουν σημαντικά τις πιθανότητες μιας τέτοιας αθέμιτης ζεύξης.

Αυτή η δυνατότητα ζεύξης με ασθενείς δεσμούς υδρογόνου ορισμένων μόνο βάσεων μεταξύ τους, αποτελεί τη βάση της φυσιολογικής λειτουργίας των μορίων του DNA. Σ' αυτήν οφείλεται η αρχή της *αμεταπτωσίας* –για την οποία θα έχω την ευκαιρία να σας μιλήσω– δηλαδή η αρχή που βασίζεται στον πανομοιότυπο τρόπο μεταβίβασης των κληρονομικών ιδιοτήτων και τον αποκλεισμό του λάθους, εκτός από σπάνιες εξαιρέσεις.

Η διαδοχή, η αλληλουχία με την οποία το ένα σκαλοπάτι διαδέχεται το άλλο, είναι τόσο κρίσιμη, όσο και η αλληλουχία των αμινοξέων στο πρωτεϊνικό μόριο. Για παράδειγμα, η διαδοχή GC-AT-AT έχει τελείως άλλο νόημα από την αλληλουχία AT-GC-GC.

Ένα και μόνο μόριο DNA στον άνθρωπο έχει χιλιάδες σκαλοπάτια, και κάθε τρία συνεχόμενα σκαλοπάτια, που χαρακτηρίζονται ως *τριπλέτα* ή *κωδόνιο,* περιέχουν και από μια γενετική πληροφορία. Δηλαδή όλα τα χαρακτηριστικά της ζωής περιγράφονται από το γενετικό πρόγραμμα. Πρόκειται για ένα σύνολο από βιολογικές οδηγίες που έχουν απομνημονευτεί και προδιαγράφονται στην ακολουθία των βάσεων των νουκλεϊνικών οξέων μέσα στα μόρια του DNA, δηλαδή στα γονίδια.

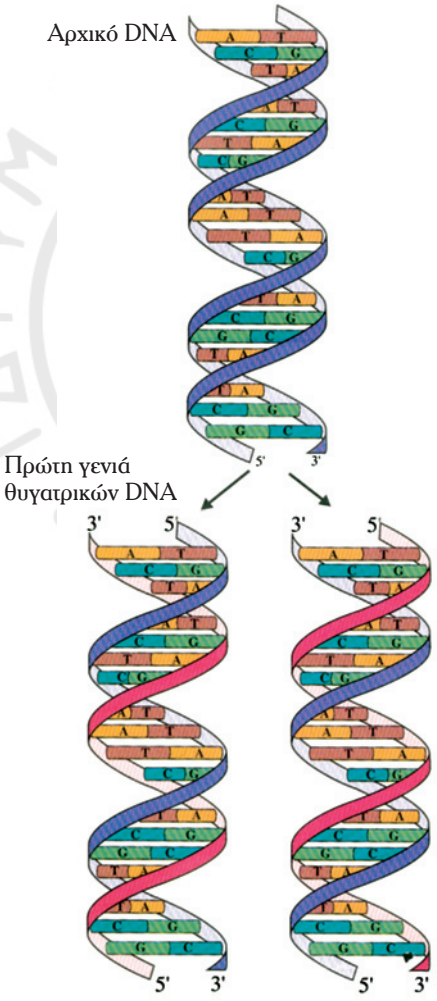
*Τα γονίδια συνιστούν τμήμα του μορίου του DNA και προσδιορίζουν ένα ειδικό χαρακτηριστικό στη λειτουργία του οργανισμού, ανάλογα με την αλληλουχία των βάσεων που τα συνιστούν. Σ' αυτήν την αλληλουχία των βάσεων είναι αποτυπωμένα τα κληρονομικά μηνύματα. Κάθε ζωντανό ον, άσχετα από το πόσο διαφορετικό εμφανίζεται από τ' άλλα, ως προς την εξωτερική του εμφάνιση, «ομιλεί» την ίδια γλώσσα σ' επίπεδο γονιδίων. Ο γενετικός κώδικας είναι παγκόσμιος.*

Ένας κρύσταλλος είναι ένα ευρύ σύμπλεγμα από άτομα ή μόρια τοποθετημένα με αρμονία, τάξη και συμμετρία στον τρισδιάστατο χώρο, και το σύνολο αυτό αναπαράγεται κανονικά· αυτό προσδίδει στα στερεά το σχήμα τους. Αυτό που το μόριο του DNA έχει παραπάνω από έναν κρύσταλλο είναι η δυνατότητα που παρέχει, ώστε η πληροφορία που περιέχει να είναι δυνατόν να διαβαστεί. Εκεί έχει προδιαγραφεί από τη στιγμή της σύλληψης αν θα γεννηθεί ποντικός ή ελέφαντας, άνθρωπος ή καρχαρίας. Ακόμα, αν τα μάτια μας θα είναι γαλανά ή μαύρα, τα μαλλιά μας σγουρά ή ίσια, μια ρυτίδα, μια κρεατοελιά, αλλά κι αν πρόκειται για έναν οξύθυμο ή έναν ήρεμο άνθρωπο, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Παρότι ένα κοπάδι αγελάδων φαίνεται ν' αποτελείται από μέλη που δεν έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ο ιδιοκτήτης του κοπαδιού μπορεί να διακρίνει τις διαφορές ανάμεσά τους, τόσο εύκολα, όσο διακρίνει ο καθένας πόσο διαφορετικός είναι ο ένας άνθρωπος από τον άλλο. Παρότι η συνταγή της ζωής είναι *απλή* και η *ίδια* για κάθε έμβιο, η κάθε ζωική, αλλά ιδιαίτερα η κάθε

ανθρώπινη ύπαρξη είναι μοναδική στη λεπτομέρεια.

Το ελάχιστο γενετικό φορτίο σ' ένα κύτταρο είναι συνήθως μία ή δύο χιλιάδες γονίδια που κυβερνούν τη σύνθεση ζωτικών για τη ζωή ουσιών. Το DNA ενός πολύ συνηθισμένου κολοβακτηριδίου, του E. Coli, περιέχει τέσσερεις χιλιάδες γονίδια, εντοπισμένα σ' ένα μοναδικό μόριο του DNA, μήκους ενός χιλιοστού του μέτρου περίπου. Ένα γονίδιο μαζί με εκατοντάδες ή χιλιάδες άλλα παρόμοια συγκροτούν ένα *χρωμόσωμα.* Τα 46 χρωμοσώματα ενός ανθρώπινου κυττάρου, που το μήκος τους φτάνει το ένα μέτρο, περιέχουν χίλιες φορές περίπου περισσότερο DNA απ' ό,τι ενός βακτηριδίου. Αν ξεδιπλώναμε και βάζαμε το ένα πίσω από το άλλο το συνολικό DNA που υπάρχει στον ανθρώπινο οργανισμό, θα




*Οι σκάλες της ζωής. Το μόριο DNA και η αναπαραγωγή του.*

καλύπταμε ένα μήκος εκατόν πενήντα εκατομμυρίων χιλιομέτρων, όση, δηλαδή, η απόσταση Γης–Ήλιου. Και επειδή αυτό μπορεί να φανεί παράδοξο (το πολύ μικρό, όπως είναι τα άτομα, ο άνθρωπος δεν το συλλαμβάνει), σας αναφέρω ένα άλλο παράδειγμα πιο χειροπιαστό. Αν μελετήσετε τις ρίζες ενός μόνου φυτού, για παράδειγμα της σίκαλης, θα βρείτε περισσότερα από δεκατρία εκατομμύρια ριζίδια, με συνολικό μήκος εξακόσια πενήντα χιλιόμετρα. Στα ριζίδια αυτά της σίκαλης υπάρχουν λεπτές τρίχες που υπολογίζεται ότι φτάνουν στα δεκατέσσερα δισεκατομμύρια, με συνολικό μήκος έντεκα χιλιάδες πεντακόσια χιλιόμετρα, σχεδόν η απόσταση από το Νότιο στο Βόρειο πόλο. (Η διάμετρος της Γης είναι δεκατρείς χιλιάδες χιλιόμετρα).

Τα *χρωμοσώματα,* οι γνωστοί φορείς της κληρονομικότητας, είναι συνδυασμοί γονιδίων, δηλαδή γιγαντιαίων μορίων DNA που περιβάλλονται από μόρια πρωτεΐνης. Οι πληροφορίες που είναι δυνατόν ν' αποθηκευτούν σ' ένα μονό χρωμόσωμα, μπορεί να είναι της τάξης των δέκα εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων. Ο όρος «χρωμόσωμα» προέρχεται από την κλασική βιολογία και οφείλεται στην ιδιότητα των συστατικών αυτών του πυρήνα του κυττάρου να χρωματίζονται με ορισμένες χρωστικές, που χρησιμοποιούν οι βιολόγοι για να τα εντοπίσουν και να τα μελετήσουν.

## Η χρωματίνη και οι ιστόνες

– Η χρωματίνη, συνέχισε ο Κάρολος, είναι το κύριο συστατικό των χρωμοσωμάτων. Πρόκειται για συνδυασμό του DNA με πρωτεΐνες (νουκλεοπρωτεΐνες). Ουσιαστικά τα μόρια του DNA είναι «περιτυλιγμένα» με ιστόνες, πρωτεΐνες με δομικούς λίθους τη λυσίνη και την αργινίνη. Τώρα η προσοχή πολλών εργαστηρίων έχει στραφεί στην αποκωδικοποίηση των μορίων ιστόνης και του ρόλου της κατά την «ανάγνωση-αναγνώριση» από άλλες πρωτεΐνες.

Μια νέα βασική γνώση ενδοσυνεννόησης και της χημείας που πραγματοποιείται ανάμεσα στα νουκλεοσώματα για αναγνώριση.

*Πόση σοφία χρειάστηκε μέσα στο βιολογικό χρόνο των δισεκατομμυρίων ετών προκειμένου να τελειοποιηθούν οι μηχανισμοί αυτοί! Ένα ακόμα βήμα του ανθρώπου στον ανηφορικό δρόμο της γνώσης και μια ακόμη ένδειξη του μεγέθους της άγνοιάς μας!*

Όπως είπαμε, το σύνολο των γονιδίων ενός κυττάρου συνιστά αυτό που λέμε γονιδίωμά του. Αν αυτό παρομοιαστεί με μια βιβλιοθήκη, τότε, κάθε χρωμόσωμα αντιστοιχεί σ' έναν τόμο. Κάθε διπλοειδές κύτταρο περιέχει δύο τέτοια βιβλία που προέρχονται το ένα από τον πατέρα και το άλλο από τη μητέρα, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η χημεία πριν την ανακάλυψη των ατόμων και των μορίων δεν ήταν παρά ένα είδος μαγείας. Η κληρονομικότητα πριν από την ανακάλυψη των γονιδίων δεν ήταν παρά μυστήριο. Τώρα όλα είναι πιο φωτεινά. Υπάρχουν οι αποδείξεις σήμερα ότι τα γονίδια δεν ρυθμίζουν μόνο την οργανική ζωή, την όψη των ζω-

ντανών οργανισμών, αλλά και τη συμπεριφορά τους. *Τα γονίδια, δηλαδή, δεν προσδιορίζουν μόνο αυτό που φαινόμαστε, αλλά και το πώς συμπεριφερόμαστε, ακόμα και τους τρόπους με τους οποίους αντιδρούμε στις προκλήσεις του κόσμου που μας περιβάλλει· με δύο λόγια, αυτό που είμαστε. Αντίθετα, φαίνεται ότι ο εξωτερικός κόσμος δεν μπορεί να επηρεάσει τη δραστηριότητα των γονιδίων (απ' έξω).* Αυτό αποτελεί ένα βαρυσήμαντο συμπέρασμα της μοριακής βιολογίας, που χρειάζεται να μας προβληματίσει.

Έτσι δημιουργήθηκε και προχώρησε εξελικτικά η ζωή: από τα ηλεκτρόνια στα άτομα και τα μόρια· από το DNA και τις πρωτεΐνες στις ελικοειδείς κλίμακες, τα θαλασσινά κοχύλια και τις ανθρώπινες υπάρξεις.

Το μόριο του DNA, που είναι πολύ ντελικάτο, περιβάλλεται από προστατευτικά πρωτεϊνικά μόρια. Όταν ο βιολόγος προσπαθεί να το απογυμνώσει απ' αυτόν τον προστατευτικό του εξοπλισμό για να το απομονώσει, επειδή η αλυσίδα των ατόμων μέσα στο μόριό του είναι τόσο μακριά και λεπτή, κόβεται σε διάφορα σημεία ακόμα και με τις πιο ήπιες συνθήκες κι αυτό δημιουργεί σημαντικές δυσχέρειες για τον προσδιορισμό της αλληλουχίας των δομικών του συστατικών.

Το πλάτος του μορίου του DNA είναι εξαιρετικά μικρό σε σύγκριση με το μήκος του –περίπου είκοσι εκατομμυριοστά του μέτρου (μόλις ορατό στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο)– το οποίο σε μερικά μόρια DNA μπορεί να φτάσει ξεδιπλωμένο το ένα χιλιοστό του μέτρου. Αν ενωθούν κατά μήκος τα μόρια DNA που υπάρχουν σ' ένα μόνο κύτταρο, το μήκος τους φτάνει περίπου στο ένα μέτρο και συνίσταται από τρία περίπου δισεκατομμύρια σκαλοπάτια (τάξη μεγέθους). Γι' αυτό και χαρακτηρίζεται και ως το «νήμα» της ζωής. Το βάρος όμως του μορίου του DNA σ' ένα κύτταρο –το οποίο συνήθως δεν υπερβαίνει το ένα εκατομμυριοστό του γραμμαρίου– δεν ξεπερνάει το ένα τρισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου. Όπως σας ξαναείπα, ένα λάθος σ' ένα από τα σκαλοπάτια αυτά, για παράδειγμα αν ένα ζευγάρι GC βρίσκεται στη θέση εκείνη, που όφειλε (γενετικά) να είναι AT, είναι αρκετό για να δημιουργηθεί ένα ατελές ανθρώπινο πλάσμα.

Τα μόρια του DNA που περιέχονται λόγου χάρη σ' ένα *γαμετοκύτταρο* ή *γαμέτη,* όπως χαρακτηρίζονται τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια, περιέχουν τόσες πληροφορίες που θα γέμιζαν περίπου τέσσερεις χιλιάδες τόμους των πεντακοσίων σελίδων διαφορετικής ύλης. Είναι σαφές ότι η σειρά των σκαλοπατιών μέσα στο μόριο του DNA αντιπροσωπεύει μια τεράστια βιβλιοθήκη πληροφοριών. Για παράδειγμα, ας συνειδητοποιήσουμε ότι όταν τρώμε μια μπριζόλα καταβροχθίζουμε το ισοδύναμο περισσότερων από εκατό δισεκατομμύρια αντίτυπων μιας μεγάλης εγκυκλοπαίδειας, που είναι γραμμένη στους κωδικούς των μορίων του DNA, των κυττάρων που συνιστούν την μπριζόλα.

Στον άνθρωπο χρειάζονται 46 χρωμοσώματα (23 μητρικά και 23 πατρικά). Αυτά διαθέτουν περίπου εκατό χιλιάδες γονίδια. Για την ακρίβεια, τα γαμετοκύτταρα ή οι γαμετοί, δηλαδή τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια, αποτελούνται από 22 χρωμοσώματα και, επιπλέον, ένα από τα δύο χρωμοσώματα που εκφράζουν

το φύλο, *τα σεξ-χρωμοσώματα.* Στα *θηλυκά,* αυτά τα δύο χρωμοσώματα είναι του ίδιου τύπου (XX). Στ' *αρσενικά* είναι ενός από τους δύο τύπους (XY) και (YX). Τα παραπάνω χρωμοσώματα ρυθμίζουν το φύλο του παιδιού.

Με τα χρωμοσώματα μεταβιβάζεται από τους γονείς στους απογόνους όλο το κληρονομικό υλικό, από το σχήμα των φρυδιών, το χρώμα των ματιών και του δέρματος, ως και τις λεπτομέρειες μιας ρυτίδας, αλλά, όπως σας είπα, και τον τρόπο συμπεριφοράς και αντιδράσεων (σύμφωνα με την αλληλουχία των βάσεων που απαρτίζουν τα μόρια του DNA, δηλ. των συστατικών μορίων των χρωμοσωμάτων).

Αν κάποιος υπολογίσει ότι οι δυνατοί συνδυασμοί των 23 μητρικών με τα 23 πατρικά χρωμοσώματα είναι περισσότεροι από οχτώ εκατομμύρια, καθίσταται σαφές πόσο υπεισέρχεται ο παράγοντας τύχη για τις κληρονομικές ιδιότητες των απογόνων. Κατά την αναπαραγωγή, δηλαδή, ένα από τα μυριάδες διαφορετικά σπερματοζωάρια, του οποίου η κεφαλή αποτελείται από χρωμοσώματα και πρωτεΐνες, ενσφηνώνεται στα τοιχώματα του ωαρίου, που τα κύτταρά του περιέχουν επίσης τα δικά του χρωμοσώματα, δηλαδή μόρια DNA και πρωτεΐνες. Έτσι, τα ανδρικά χρωμοσώματα συνδυάζονται με ανάλογα χρωμοσώματα του ωαρίου. (Για να επιτευχθεί η σύζευξη τα δύο χρωμοσώματα πρέπει ν' ανήκουν, προς το παρόν τουλάχιστον, στο ίδιο ζωικό είδος). Έτσι με τη βοήθεια των μορίων DNA μεταβιβάζονται όλες οι κληρονομικές πληροφορίες και, σύμφωνα με την αρχή της αμετατροπίας, ξεκινάει η διαίρεση σε 2, 4, 8, 16 χιλιάδες, εκατομμύρια, τρισεκατομμύρια κύτταρα του νέου οργανισμού, που αρχίζουν να διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες των μορίων του DNA. Η ανθρώπινη μοίρα του *όντος* που συνελήφθη στη μήτρα έχει γραφτεί από τη στιγμή εκείνη, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε:

## Αναπαραγωγή του κυττάρου

### *Η δικτατορία των γονιδίων*

– Τα τρόφιμα και ο αέρας με το οξυγόνο του είναι οι μόνες πρώτες ύλες για την τροφοδότηση του συνόλου των χημικών αντιδράσεων, με τις οποίες εκδηλώνεται η ζωή και η αναπαραγωγή της. Βέβαια, όπως όλοι γνωρίζουμε, πολλά από τα ίδια είδη τροφίμων καταναλώνονται από διαφορετικούς ζωικούς οργανισμούς με τελείως όμως διαφορετικό το τελικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, και το αρνί και το μοσχάρι τρώνε το ίδιο χορτάρι, αλλά εξακολουθούν το ένα να το μεταμορφώνει σε αρνίσιο και το άλλο σε μοσχαρίσιο οργανισμό. Όπως θα δούμε αργότερα υφίσταται μια σειρά οδηγιών που περιλαμβάνονται στο γενετικό κώδικα, δηλαδή στα μόρια του DNA, που προσδιορίζουν αν θα δημιουργηθεί αρνί, μοσχάρι, ποντικός, φάλαινα, δέντρο, χορτάρι, μικροοργανισμός ή άνθρωπος. Ακόμα περισσότερο, ποιος συγκεκριμένος άνθρωπος.

Όπως όλοι ξέρουμε, ο άνθρωπος καταναλίσκει μεγάλη ποικιλία τροφίμων με διαφορετική σύσταση. Παρόλ' αυτά, η ανασύσταση των κυττάρων του (που

βασικά είναι πρωτεΐνες και νερό) είναι μονότυπη και δεν παραλλάσσει. Για σκεφτείτε η προσωπικότητά μας να εξαρτάται και να μεταβάλλεται ανάλογα με το φαγητό που καθημερινά επιλέγουμε! *Η πιστή αναγραφή οφείλεται στο γενετικό κώδικα, με τον οποίο έχουμε προικοδοτηθεί από τη στιγμή της σύλληψης.*

Όπως είπαμε, ο συνδυασμός των είκοσι αμινοξέων κατά τη σύνδεσή τους στο πρωτεϊνικό μόριο, θεωρητικά μπορεί να δώσει άπειρο αριθμό δυνατών πρωτεϊνών (ως προς το μοριακό βάρος, την αλληλουχία σύνδεσης και τη στερεοδομή). Στην πραγματικότητα, όμως, το κύτταρο συνθέτει μόνο ορισμένες, αυστηρά καθορισμένες, πρωτεΐνες, περίπου εκατό χιλιάδες είδη (τάξη μεγέθους). Αυτό οφείλεται στο πληροφοριακό υλικό που περιλαμβάνεται στο μόριο του DNA. Η μόνη διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στα μόρια του DNA, είναι η διαφορετική αλληλουχία των *νουκλεοτιδίων,* η αλληλουχία δηλαδή των τεσσάρων βάσεων στην ελικοειδή κλίμακα. Η αλληλουχία αυτή καθορίζει το ποια συγκεκριμένη πρωτεΐνη θα συντεθεί, και προσδιορίζει και ελέγχει την αλληλουχία των αμινοξέων κατά την πρωτεϊνική σύνθεση. Κι εδώ, τώρα, ήρθε η ώρα να δώσω μιαν απάντηση στο ερώτημα που βασάνιζε τους ερευνητές πριν ανακαλυφθεί το μόριο του DNA, δηλαδή, πώς γίνεται η επιλογή και η σύνθεση από τον οργανισμό ορισμένου μόνον αριθμού πρωτεϊνών από τις μυριάδες δυνατές που θα ήταν πιθανόν να συντεθούν, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ο γενετικός κώδικας εκφράζεται με τριπλέτες. Κάθε τρία νουκλεοτίδια, δηλαδή, ακριβέστερα, κάθε τρεις συνεχόμενες βάσεις των νουκλεοτιδίων, κάθε τρία συνεχόμενα σκαλοπάτια της κλίμακας του μορίου του DNA, αποτελούν την τριπλέτα ή το κωδόνιο. Καθένα από τα είκοσι αμινοξέα –τους δομικούς δηλαδή λίθους των πρωτεϊνικών μορίων– χαρακτηρίζεται από δικές του τριπλέτες. Κάθε τριπλέτα του μορίου του DNA μπορεί να σημαίνει την εντολή να προστεθεί στην πρωτεϊνική αλυσίδα το ένα ή το άλλο από τα είκοσι αμινοξέα ή ακόμα την έναρξη ή το τέλος της πρωτεϊνικής σύνθεσης. Δεδομένου ότι οι βάσεις που συμμετέχουν στη δομή του μορίου του DNA είναι τέσσερεις και συνδυάζονται ανά τρεις, οι δυνατοί συνδυασμοί ανέρχονται σε 64 ($4^3 = 64$). Το γενετικό λεξικό δηλαδή διαθέτει 64 λέξεις, από τρία γράμματα η καθεμιά. Επειδή ο αριθμός των αμινοξέων είναι μόνο είκοσι, ορισμένα αμινοξέα εκφράζονται με περισσότερες από μια τριπλέτες, όπως το αμινοξύ *αλανίνη* με τρεις: GCA, GCC, GCG· επίσης ορισμένες τριπλέτες εκφράζουν την αρχή και το τέλος της πρωτεϊνικής αλυσίδας, όπως UAA, DAG, UGA, που σημαίνει τέλος ή AUG έναρξη. (U: συμβολίζει μια πυριμιδινική βάση, την *ουρακίλη,* που είναι παρεμφερής με τη *θυμίνη:* T). Ορισμένες τριπλέτες φαίνονται χωρίς νόημα ή, πράγμα πιθανότερο, αγνοούμε προς το παρόν το μήνυμά τους. Ίσως παίζουν το ρόλο των σημείων στίξης στην ανάγνωση της νουκλεϊνικής αλυσίδας.

Τίθενται τώρα δύο ερωτήματα: πώς υλοποιείται η πληροφορία που υπάρχει στο μόριο του DNA για να πραγματοποιηθεί η αναπαραγωγή του κυττάρου «καθ' εικόνα και ομοίωση», και πώς γίνεται η πρωτεϊνική σύνθεση; Δύο ερωτή-

ματα που είναι *αλληλένδετα:* πώς από τον πυρήνα του κυττάρου που βρίσκεται ακινητοποιημένο το DNA υλοποιείται το μήνυμα της πιστής αναπαραγωγής, και πώς φτάνει στα ριβοσώματα, τα εργοστάσια πρωτεϊνικής σύνθεσης που είναι έξω στο κυτόπλασμα του κυττάρου; Αφού στα κύτταρα συγκεντρωθούν τα απαραίτητα υλικά που προέρχονται από τα τρόφιμα, όπως σάκχαρα, φωσφορικό οξύ και οι βάσεις αδενίνη, γουανίνη, θυμίνη, κυτοσίνη, αρχίζει η διχοτόμηση των σκαλοπατιών που συνιστούν το μόριο του DNA, με αποχωρισμό των δύο βάσεων του κάθε σκαλοπατιού, που συνδέονται μεταξύ τους με ασθενή δεσμό υδρογόνου, όπως ακριβώς ανοίγει ένα φερμουάρ. Έτσι σχηματίζονται δύο μισές σκάλες που καθεμιά είναι, σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί, συμπληρωματική της άλλης. Αν, δηλαδή, από το ένα τμήμα της ημιέλικας η αλληλουχία βάσεων είναι για παράδειγμα TC-GA, από την άλλη πλευρά θα είναι AG-CT και τα πλήρη σκαλοπάτια αντίστοιχα TA-CG, GC-AT.

Με τη βοήθεια των αποθηκευμένων στα κύτταρα απλών ουσιών (σακχάρων, πουρινών, φωσφορικού οξέος), κάθε σκάλα σχηματίζει τη συμπληρωματική της, αφού, όπως έχουμε πει, μόνο έτσι είναι δυνατόν να συνδυαστούν οι βάσεις, δηλαδή ή θα γίνει το γνήσιο, το σωστό σκαλοπάτι ή κανένας άλλος συνδυασμός δεν είναι εφικτός. *Το μόριο του DNA, δηλαδή, αυτοφωτοαντιγραφείται, δημιουργεί φωτοκόπιες.* Έτσι, ακριβώς, εξασφαλίζει η φύση, με τρόπο εξαιρετικά απλό και αλάνθαστο, τη δημιουργία νέων κυττάρων πανομοιότυπων του μητρικού και την αμετατροπία, που υφίσταται ως βασικός βιολογικός νόμος στη βιόσφαιρα. Έτσι, η γενετική πληροφορία είναι μονοσήμαντη, απαράβατη. Όπως γράφει ο J. Monod, στο βιβλίο του *«Τύχη και αναγκαιότητα»:*

*«Πρέπει να θεωρείται ο μη αντισυρεπτός χαρακτήρας της εξέλιξης ως έκφραση της δεύτερης αρχής μέσα στη βιόσφαιρα. Η εξέλιξη λοιπόν στη βιόσφαιρα είναι κατ' ανάγκη μη αντισυρεπτή διεργασία, η οποία ορίζει μια κατεύθυνση μέσα στο χρόνο. Κατεύθυνση που είναι αυτή που επιτρέπει ο νόμος της αύξησης της εντροπίας. Η μετάδοση, δηλαδή, της γενετικής πληροφορίας είναι μονοσήμαντη, απαράβατη, και ο μηχανισμός αποκωδικοποίησης σαφώς μη αντισυρεπτός. Δεν έχει παρατηρηθεί, ούτε είναι δυνατόν να διανοηθεί κάποιος ότι θα μπορούσε η πληροφορία να μεταβιβαστεί κατ' αντίστροφη έννοια, δηλαδή από την πρωτεΐνη στο DNA. Αυτό καθιερώνει την αρχή της δαρβινικής φυσικής επιλογής και των εξελικτικών διαδικασιών της έμβιας ύλης».*

– Μιλήσατε για τη δεύτερη αρχή και την εντροπία, είπε ο Νίκος, θα ήθελα να μου εξηγήσετε γιατί τ' ακούω συχνά.

– Πρόκειται για τον παντοδύναμο Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής και θα έχουμε την ευκαιρία να το αναλύσουμε εκτενώς ένα άλλο βράδυ, απάντησε ο Ευκλείδης.

– Ένα γονίδιο, δηλαδή, συνέχισε ο Κάρολος, είναι μια σειρά από κωδικοποιημένα σύμβολα, όπως ο δίσκος ενός υπολογιστή· και τα γονίδια είναι δυνατόν

ν' αντιγραφούν στα διάφορα σημεία του χρωμοσώματος, που βρίσκονται όπως ακριβώς τα διάφορα τμήματα του δίσκου του υπολογιστή.

Κάθε γονίδιο έχει επιλεγεί σύμφωνα με την ικανότητά του να συνεργάζεται μ' επιτυχία με τους πληθυσμούς άλλων γονιδίων, που συνευρίσκονται στον ίδιο οργανισμό. Έτσι, επειδή κάθε γονίδιο φέρνει την πληροφορία για τη σύνθεση ενός πρωτεϊνικού μορίου, και φυσικά και των ενζύμων και των πρωτεϊνικών μορίων, που είναι επίσης πρωτεϊνικά μόρια πολυτελείας με εξειδικευμένη καταλυτική δράση, συνεργαζόμενα τα γονίδια αρμονικά μεταξύ τους δημιουργούν μια σειρά ενζύμων και ορμονών που συνεισφέρουν στην πραγματοποίηση των χημικών δράσεων, οι οποίες συνιστούν την ομαλή εκδήλωση της ζωής. Το DNA, δηλαδή, παράγεται από το κύτταρο μόνο κατά τη στιγμή διπλασιασμού του κυττάρου, τη *μίτωση,* όπως λέγεται, και δημιουργείται ακριβές αντίγραφο του μητρικού κυττάρου· έτσι η αμετατροπία του διατηρείται από γενιά σε γενιά.

Η μίτωση, κατά την οποία ένα κύτταρο μετατρέπεται σε δύο πανομοιότυπα κύτταρα, πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, τη *μεσόφαση,* όταν το κύτταρο αναπτύσσεται, και δεύτερη φάση, κατά την οποία το κύτταρο διαιρείται σε δύο κύτταρα. Ο κύκλος περιλαμβάνει δύο κρίσιμα σημεία. Το πρώτο όπου το κύτταρο αποφασίζει την «ανατύπωση» των μορίων του DNA και το δεύτερο που αναφέρεται στην απόφαση του κυττάρου να διαιρεθεί σε δύο πανομοιότυπα αντίγραφα.

Όπως αποκαλύφθηκε τελευταία, πρωταγωνιστής και για τις δύο κρίσιμες αυτές αποφάσεις –που πραγματοποιούνται συνεχώς– είναι το μόριο μιας πρωτεΐνης, της *cdc-2,* ένα κοινό μόριο που υπάρχει σε κάθε μορφή ζωής από τη μονοκύτταρη αμοιβάδα έως τον άνθρωπο. Η ανακάλυψη αυτή έχει κεφαλαιώδη σημασία για την ιατρική και κυρίως για τη θεραπεία του καρκίνου και την επούλωση πληγών και τραυμάτων.

Το μόριο του DNA είναι δυνατόν να διαβαστεί εκατομμύρια φορές, αλλά γράφεται μόνο μία, όταν στοιχειοθετείται, δηλαδή κατά τη σύλληψη, και όπως αυτό κληρονομείται από γενιά σε γενιά, είναι δυνατόν να θεωρηθεί αθάνατο. Τα μηνύματα που περιέχει στο μόριό του το DNA είναι αιώνια, αν συγκριθούν με τη σύντομη ανθρώπινη ζωή. Κι αυτό θα πρέπει να το συγκρατήσουμε. Ιδιαίτερα απευθύνομαι στον Ευκλείδη, που ως θεωρητικός φυσικός είχε το βάρος στη συζήτηση για τη δημιουργία του Σύμπαντος, του πνεύματος, και την εγγραφή πνευματικών ιδιοτήτων στα ηλεκτρόνια, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Υπάρχουν δεδομένα ότι στις αγελάδες κάποιο γονίδιο (το Η-4) έχει αντιγραφεί τουλάχιστον είκοσι δισεκατομμύρια φορές, με ακρίβεια αντιγραφής που φτάνει τουλάχιστον το 99%. Ποια άριστη δακτυλογράφος θα μπορούσε να δακτυλογραφήσει ένα βιβλίο διακοσίων πενήντα χιλιάδων σελίδων κάνοντας ένα μόνο λάθος; Όταν ο μάγειρας κάνει κάποιο λάθος, καθώς εφαρμόζει τη συνταγή, δημιουργείται ένα νέο είδος φαγητού. Βέβαια, ένα τέτοιο λάθος συνήθως οδηγεί σε κακόγευστα αποτελέσματα, καμιά φορά όμως, αν και σπάνια, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια νέα σπεσιαλιτέ.

Παραμένει ανεξιχνίαστο, προς το παρόν, πώς πραγματοποιείται το ξετύλιγμα αυτών των δύο σφιχτοδεμένων ελίκων του μορίου του DNA με ρυθμό δέκα έως δύο χιλιάδες συστρέψεων το λεπτό. Στα βακτηρίδια, για παράδειγμα, η αντιγραφή γίνεται με ρυθμούς δύο χιλιάδων βάσεων το δευτερόλεπτο, χωρίς να διακοπεί καθόλου το τεράστιο νήμα της κάθε έλικας του DNA.

– Ίσως τώρα καταλαβαίνω γιατί μιλάμε για ένα *«ρεσιτάλ ταπεινοφροσύνης»*, το ίδιο αισθάνθηκα κι όταν μιλάγαμε για το Σύμπαν και τα Πολυσύμπαντα, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Υπάρχει όμως μια διαφορά: το DNA είναι πειραματικά αποδεδειγμένο. Τα Πολυσύμπαντα είναι προς το παρόν μια θεωρία χωρίς πειραματικές βάσεις, πρόσθεσε ο Κάρολος.

**Τι προσπαθούμε να μάθουμε**

– Η ετεροσεξουαλική αναπαραγωγή, συνέχισε ο Κάρολος, απαιτεί την παρουσία ωαρίων και σπερματοζωαρίων. Τα πρώτα είναι σχετικά μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με τα δεύτερα. Και τα δύο δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Απαιτείται ένα κοινό μικροσκόπιο· ακόμα, αρκεί κι ένας καλός φακός. Ακραία περίπτωση ωαρίου, ως προς το μέγεθος, συνιστά το αβγό της κότας και της στρουθοκαμήλου, ενώ το γυναικείο ωάριο είναι από τα μικρότερα. Η διάμετρός του είναι όσο το πάχος μιας τρίχας. Εκεί μέσα, όμως, είναι δυνατόν να είναι κλεισμένο το μισό κληρονομικό υλικό: ενός παράφρονα εγκληματία, όπως ο Χίτλερ ή ενός σοφού ειρηνιστή, όπως ο Einstein.

Το αβγό διαθέτει πλούσια αποθέματα από θρεπτικά συστατικά για χρήση του εμβρύου: λίπη, πρωτεΐνες, ιχνοουσίες, ιχνοστοιχεία· είναι αυτά που κάνουν τόσο θρεπτικό ένα αβγό. Το ωάριο και το σπερματοζωάριο είναι τα μόνα κύτταρα που περιέχουν το μισό γενετικό υλικό (23 χρωμοσώματα) απ' όλα τα κύτταρα του οργανισμού. Είναι *απλοειδή*, όπως χαρακτηρίζονται. Όταν το ωάριο γονιμοποιηθεί από το σπερματοζωάριο τότε συμπληρώνεται το συνολικό ποσό του γενετικού υλικού που διαθέτει ο οργανισμός (46 χρωμοσώματα), σχηματίζοντας, δηλαδή, τα κανονικά *διπλοειδή* κύτταρα. Μετά τη γονιμοποίησή του το ωάριο διαιρείται και δημιουργούνται δύο κύτταρα, τα *βλαστομερή,* όπως λέγονται. Στη συνέχεια αυτά διαιρούνται για να δώσουν τέσσερα κ.ο.κ..

Τα τρισεκατομμύρια κύτταρα που συνιστούν το σώμα μας προέρχονται από μερικές δωδεκάδες γενιές κυττάρων που διπλασιάζονται. Αυτά τα κύτταρα κατατάσσονται σε περίπου 210 διαφορετικά είδη. Είναι αυτά που θα ξεκινήσουν από ένα να γίνουν 2, 4, 8, 16, 32 κ.ο.κ.. Ύστερα από 20 διπλασιασμούς, που δεν είναι μεγάλος αριθμός, έχουν γίνει εκατομμύρια, μετά από 40, υπερβαίνουν το τρισεκατομμύριο. Βέβαια λειτουργούν μηχανισμοί αναστολής που περιορίζουν τον ασύδοτο πολλαπλασιασμό και τον συγκρατούν στα «νόμιμα» όρια, αλλιώς πρόκειται για πάθηση, τον *καρκίνο.*

Κάτι που απαιτεί αποσαφήνιση και δεν το γνωρίζουμε ακόμα, είναι οι μηχανι-

σμοί ανάδρασης που επικρατούν στην παραγωγή ορισμένων ουσιών από τα κύτταρα· πώς δηλαδή το κύτταρο γνωρίζει πότε ν' αρχίσει και πότε να σταματήσει τη σύνθεση. Από ένα σημείο όμως και πέρα, τα κύτταρα παύουν να είναι ομοιογενή και αρχίζουν να διαφοροποιούνται σε ποικίλους τύπους. Οι λειτουργίες εκείνες που ελέγχουν το ξεδίπλωμα του προγράμματος για την ανάπτυξη του οργανισμού, χαρακτηρίζονται ως *επιγένεση*. Από εδώ και κάτω το έμβρυο ακολουθεί το δικό του μορφογενετικό πρόγραμμα. Η εμβρυική ανάπτυξη πρέπει να θεωρηθεί ως μια προγραμματισμένη διαδικασία, που εκφράζεται από τις αλληλουχίες των γονιδίων. Έτσι, αρχίζουν να δημιουργούνται τα κύτταρα, τα *πνευμονικά,* του *δέρματος,* τα *εγκεφαλικά,* τα *μυϊκά* κ.λπ.. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει περίπου διακόσια διαφορετικά είδη κυττάρων. Πολλά κύτταρα διαθέτουν κοινά ορισμένα από τα πρωτεϊνικά μόρια, διαφέρουν όμως ως προς τις πρωτεΐνες «πολυτελείας», που χαρακτηρίζονται από την εξειδίκευσή τους (αιμοσφαιρίνη, ορμόνες, νευροπεπτίδια, ένζυμα).

Τον τελευταίο καιρό οι εμβρυολόγοι σημείωσαν ένα σημαντικό βήμα στην αποκάλυψη των μηχανισμών που ελέγχουν το μυστηριώδη διαφορισμό, που οδηγεί στο σχεδιασμό του σώματος, μελετώντας κυρίως ένα είδος βατράχου. Από αυτόν απομονώθηκε μια οικογένεια γονιδίων, τα *ομοιοκυτιακά γονίδια* (homeobox genes). Τα γονίδια αυτά υποδιαιρούνται στο έμβρυο, από τις πρώτες ώρες δημιουργίας του, σε ομάδες κυττάρων με τη δυνατότητα να μετασχηματιστούν σε ειδικούς ιστούς και όργανα. Η ακριβής θέση ενός τέτοιου γονιδίου μέσα σ' ένα χρωμόσωμα, αντιστοιχεί με τη θέση που εκφράζεται στο σώμα. Όλα αυτά τα γονίδια φαίνεται ότι έχουν κοινή εξελικτική προέλευση.

– Τα ομοιοκυτιακά γονίδια, συνέχισε ο Κάρολος, το ζωτικό αυτό τμήμα του μορίου του DNA, διαδραματίζουν το ρόλο του μοριακού αρχιτέκτονα που συντονίζει το έργο του ορθού κτισίματος του οργανισμού. Είναι αυτά που φαίνεται ότι ρυθμίζουν γιατί η μύτη μας βρίσκεται στο κέντρο του προσώπου, τα δάκτυλά μας στις άκρες των χεριών μας, γιατί μια νεογέννητη καμηλοπάρδαλη μοιάζει στη μαμά της. Ο W. G ring στο Biozentrum στη Βασιλεία της Ελβετίας, ο οποίος μελέτησε συστηματικά τα γονίδια αυτά, κατάφερε να παράγει δροσόφιλα –τις διάσημες μυγίτσες των βιολογικών εργαστηρίων– οι οποίες στη θέση της κεραίας τους είχαν ένα πόδι! Δεν επρόκειτο για δυσπλασία, αλλά για σωστή δομή σε λάθος θέση.

Μελέτες επιβεβαίωσαν ακόμα μια φορά ότι η φύση, αφού βρει ένα πετυχημένο μονοπάτι, το εφαρμόζει συνεχώς, είτε πρόκειται για τον αρχαιότατο πρόγονό μας τα σκουλήκια, είτε για τα ψάρια, τα έντομα, τα ποντίκια, είτε για τον άνθρωπο, χωρίς να προσπαθεί να βρει νέες στρατηγικές.

Βέβαια, ακόμα είμαστε μακριά από το να εξετάσουμε πώς από ένα γονιμοποιημένο αβγό δημιουργείται ένα ψάρι, μια κότα ή ένας άνθρωπος. Μια χαραμάδα όμως έχει κιόλας φανεί. Μια πρόκληση για τους νέους ερευνητές να προχωρήσουν παρακάτω.

Παραμένει πάντως αίνιγμα, προς το παρόν, το είδος του μηχανισμού ανάδρασης με τον οποίο τα γονίδια ελέγχουν την ανάπτυξη ενός μέρους του σώματος, γνωρίζοντας πότε να ξεκινήσουν και πότε να σταματήσουν να ενεργούν. Αν κάποιος δεν θεωρήσει ότι όλες οι πληροφορίες υπάρχουν στο γονότυπο του ζυγώτη, δηλαδή του προϊόντος σύντηξης σπερματοζωαρίων και ωαρίων, τότε είναι αναγκαίο να συμπεράνει ότι ο μεταζυγωτικός οργανισμός αναπτύσσει χαρακτηριστικά που χρησιμεύουν στο να πυροδοτούν περαιτέρω ανάπτυξη. Ένα παράδειγμα είναι η ανάπτυξη των νευρικών κυττάρων. Αυτή υφίσταται ήδη σ' ένα έμβρυο μήκους τεσσάρων χιλιοστών και ηλικίας τεσσάρων εβδομάδων. Περίπου μετά από 49 μέρες από τη σύλληψη γίνεται φανερή η ανταπόκριση του ανθρώπινου εμβρύου σε ερεθισμό ψηλάφισης, που συνίσταται σε τάση γι' απομάκρυνση του κεφαλιού από το σημείο ερεθίσματος. Στους έξι μήνες το παιδί είναι σε θέση ν' αποκρίνεται σε ακουστικά ερεθίσματα και φτάνει στην πλήρη διοργάνωση στους τέσσερεις μήνες μετά τη γέννηση.

Φαίνεται ότι οι αναπτυσσόμενες νευρικές ίνες καθοδηγούνται από ένα είδος χημικών επαφών που τις προσανατολίζει προς τα ορθά μονοπάτια ανάμεσα σε δισεκατομμύρια κύτταρα του εγκεφάλου, που είναι διαφορετικά από πλευράς χημικής σύστασης.

Η διαφοροποίηση των κυττάρων είναι αποτέλεσμα της διχοτόμησης του μητρικού σε δύο θυγατρικά κύτταρα, που έχουν τη δυνατότητα ν' ακολουθήσουν διαφορικά μονοπάτια μεταβολισμού.

Πιστεύεται ότι η επιλογή των μονοπατιών ίσως είναι αποτέλεσμα εκλεκτικής ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης ορισμένων γονιδίων, η οποία οδηγεί στη σύνθεση πρωτεϊνών «πολυτελείας». Πρόκειται για ένα πρόβλημα που αναμένεται να εξιχνιαστεί τα επόμενα χρόνια. Αυτή είναι η πιο μεγάλη πρόκληση για τους μοριακούς βιολόγους.

Το πρόβλημα είναι η εξεύρεση μιας μοριακής εξήγησης των αλλαγών που επέρχονται στις διαδοχικές κυτταρογενέσεις: πώς δηλαδή ένα γονιμοποιημένο ωάριο είναι δυνατόν να έχει την ικανότητα να δημιουργεί γενιές διαφόρων ειδών κυττάρων που διαφέρουν τόσο πολύ η μια από την άλλη, όπως νευρικά κύτταρα, μυικά, ηπατικά, οπτικά, εγκεφαλικά κ.λπ. ή, ακόμα, τι είναι αυτό που δίνει την εγκεφαλικότητα στο εγκεφαλικό κύτταρο ή τη μυικότητα στο μυικό; Πώς τα κύτταρα ενός εμβρύου είναι προικισμένα με το ίδιο ακριβώς κληρονομικό υλικό, δηλαδή το ίδιο σύνολο μορίων DNA; Πώς κατορθώνει η φύση να επιτυγχάνει τόση ποικιλία από τόση ομοιότητα; Τι ελέγχει την κληρονομικότητα; Ποιο είναι το νήμα που δένει αναπόδραστα όλους τους ζωντανούς οργανισμούς; Φαίνεται πως η απάντηση βρίσκεται και πάλι στο μόριο του DNA, *το μεμβράνη στον πολύγραφο της ζωής,* όπως το χαρακτηρίζει ο J. Monod, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Από τις τελευταίες έρευνες προκύπτει ότι η ανάπτυξη εξειδικευμένων κυττάρων είναι δυνατόν να οφείλεται στη δραστηριότητα κάποιου χημικού μηχανι-

σμού, που ελέγχει τη λειτουργία των διαφόρων τμημάτων του μορίου του DNA, δηλαδή των γονιδίων. Αν αυτό αποδειχθεί, τότε, η πανομοιότυπη και πλήρης σειρά γονιδίων μπορεί να παρομοιασθεί με το πληκτρολόγιο ενός πιάνου. Όπως στο πιάνο ή στη γραφομηχανή παράγεται με την επιλογή ορισμένων πλήκτρων ο κατάλληλος συνδυασμός ήχων ή γραμμάτων, έτσι και το κύτταρο κατορθώνει με την *αλληλουχία των γονιδίων μέσα στο μόριο του DNA* να καθορίζει τα ειδικά χαρακτηριστικά των κυττάρων στους πολυκύτταρους οργανισμούς, δηλαδή το είδος των κυττάρων που θα δημιουργηθούν (εγκεφαλικά, ηπατικά κ.λπ.).

Το DNA ενός γονιμοποιημένου ωαρίου είναι ισοδύναμο με το μικροσκοπικό φωτοαντίγραφο του σήματος στην περίοδο της εφηβείας του, καίτοι υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι τα γονίδια μοιάζουν περισσότερο με συνταγή παρά με φωτοαντίγραφο. Τα γονίδια, θεωρούμενα ως σύνολο, συνιστούν μια ομάδα οδηγιών για να πραγματοποιηθεί μια πορεία, όπως ακριβώς οι λέξεις μιας συνταγής της μαγειρικής, που όλες μαζί είναι ένα σύνολο οδηγιών για την κατασκευή κάποιου φαγητού. Είναι παράδοξο, αλλά μόλις το 1% από τις γενετικές πληροφορίες, για παράδειγμα στ' ανθρώπινα κύτταρα, αξιοποιείται πραγματικά. Κανείς για την ώρα δεν ξέρει γιατί συνευρίσκεται το υπόλοιπο 99%. Σήμερα, σχετικά με τα παραπάνω προβλήματα, υποστηρίζονται τρεις απόψεις, χωρίς όμως τελικά να έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως και να έχουν γίνει γενικότερα αποδεκτές.

Η πρώτη άποψη υποστηρίζει ότι τα κληρονομικά χαρακτηριστικά του κυττάρου προσδιορίζονται από το σχηματισμό συμπλεγμάτων μορίων ανάμεσα σε ειδικές πρωτεΐνες και το μόριο του DNA. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, ειδικές πρωτεΐνες μένουν σφιχτοδεμένες με ορισμένα τμήματα του μορίου του DNA, όταν γίνεται η διχοτόμηση και η αναπαραγωγή του χρωμοσώματος (χωρίς όμως να υπάρχει προς το παρόν εξήγηση με ποιο μηχανισμό είναι δυνατόν να επιτευχθεί αυτό). Αυτά τα συμπλέγματα φαίνεται ότι ρυθμίζουν την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση ορισμένων γονιδίων, που πρωταγωνιστούν στην ανάπτυξη.

Κατά τη δεύτερη άποψη, οι ίδιες οι γενετικές ακολουθίες μέσα στο μόριο του DNA μεταβάλλονται κατά ειδικό τρόπο και οι μεταβολές αυτές στα στοιχεία παραμένουν και ακολουθούν τους κανονικούς ρυθμούς ανάπτυξης.

Κατά την τρίτη, γνωστή και ως άποψη του Holiday, που πρώτος την υποστήριξε –νεότερη και με αρκετά πειραματική υποστήριξη – πρωταγωνιστής στην επιγένεση είναι μια μικρή χημική μεταβολή σε μια από τις τέσσερεις πουρινικές βάσεις, την *κυτοσίνη* (το C του γενετικού αλφαβήτου): αντικατάσταση ενός υδρογόνου της από ένα μεθύλιο, δηλαδή ένα άτομο άνθρακα και τρία υδρογόνου, και μετατροπή της σε μεθυλοκυτοσίνη (M-C). Η εκδοχή αυτή είναι συμβατή και με την πρώτη άποψη, δηλαδή του σχηματισμού συμπλεγμάτων μορίων πρωτεϊνών με μόρια DNA, αφού η χημική τροποποίηση του μορίου του DNA είναι δυνατόν να συνιστά σημαντικό επιγενετικό κίνητρο για την ενεργοποίηση ορισμένων γονιδίων στα υπό ανάπτυξη κύτταρα. Φαίνεται, δηλαδή, ότι η προσθήκη *μεθυλομάδων* στο μόριο του DNA και όχι ειδικών πρωτεϊνικών μορίων, είναι αυτή που

μεταβιβάζεται ανέπαφη από γενιά σε γενιά κυττάρων. Η παρουσία ή η απουσία μεθυλομάδων είναι ο σηματοδότης για την παραγωγή ειδικών πρωτεϊνών, που θ' αντιδράσουν με το μόριο του DNA. Υπάρχουν ακόμα ενδείξεις για τον πιθανό ρόλο που είναι δυνατόν να διαδραματίζει η μείωση της δυνατότητας να πραγματοποιηθεί η μεθυλίωση αυτή σε κύτταρα που γερνάνε, αλλά και τη μετατροπή κανονικών κυττάρων σε καρκινογόνα. Ας μην ξεχνάμε ότι είναι γενικά παραδεκτό σήμερα ότι η γήρανση δεν είναι παρά τυχαία συσσώρευση ελαττωμάτων, λαθών, σε ορισμένα μακρομόρια ή κυτταρικές δομές, τα οποία έτσι καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται.

– Να είναι άραγε θέμα μιας τόσο μικρής διαφοράς τα ανεπιθύμητα γερατειά; διερωτήθηκε ο Ιπποκράτης.

– Προς το παρόν δεν υπάρχει απάντηση, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Δημιουργία της προσωπικότητας

### *Η θαυμαστή σύνθεση των πρωτεϊνικών μορίων*

– Κατά τον ίδιο μηχανισμό που ξεδιπλώνεται το ελικοειδές μόριο του DNA για να αναπαραχθεί, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί και ένα μόριο αγγελιοφόρος, *το μόριο του m-RNA,* όπως συμβολίζεται (m = messenger, αγγελιοφόρος), που αποτελεί πιστό αντίγραφο (συμπληρωματικό) τμήματος του μορίου του DNA.

Το μόριο του RNA αποτελείται από μια έλικα, σε αντίθεση με το μόριο του DNA που έχει διπλή έλικα και παράγεται στον πυρηνίσκο του κυττάρου (στο κέντρο του πυρήνα), μαζί πιθανόν με τα ριβοσώματα.

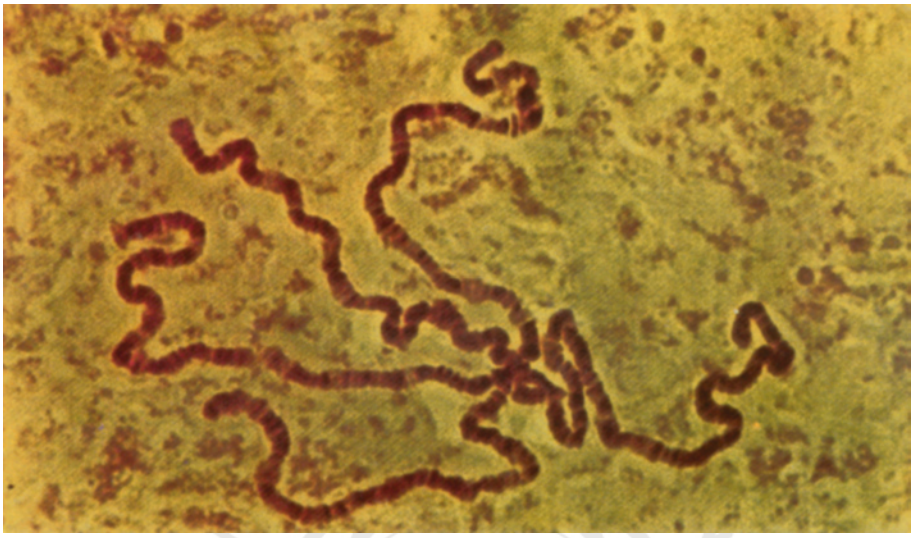
Ο αγγελιοφόρος RNA μεταφέρει την ακριβή και πιστή πληροφορία και εντολή του μορίου του DNA προς τα ριβοσώματα, τα εργοστάσια για πρωτεϊνική σύνθεση των κυττάρων. Στις τριπλέτες τώρα του μορίου του m-RNA έχουν αποτυπωθεί οι εντολές του DNA για το ποια, συγκεκριμένα, πρωτεΐνη θα συντεθεί, αφού, όπως είπαμε, κάθε τριπλέτα αντιστοιχεί σ' ένα αμινοξύ. Ο μηχανισμός γενετικής μεταγραφής θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την αντιγραφή δεδομένων από το σκληρό δίσκο του υπολογιστή σε δισκέτα, ώστε να πραγματοιείται η μεταφορά της πληροφορίας. Λόγω της σημασίας της μεταγραφής για την παραγωγή βλαστοκυττάρων δόθηκε το Nobel Χημείας του 2006 στον R. Kornberg που το «φωτογράφισε».

A C G G A T T C A A G G C A T
U G C C U A A G U U C C G U A

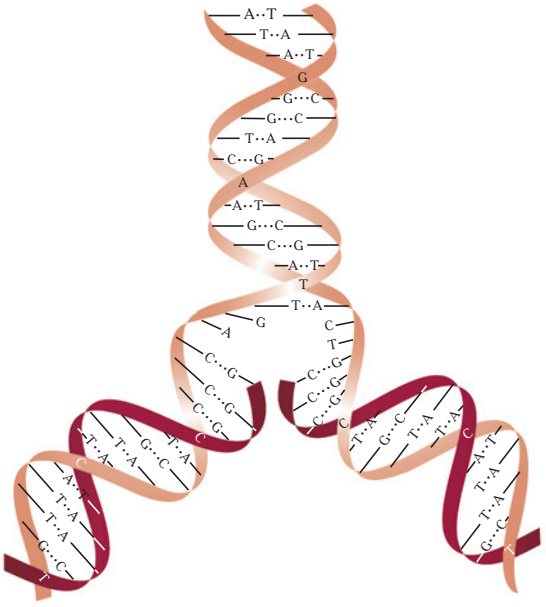
*Βιογραμματική*

*Η αλληλουχία από τις τριπλέτες των «βάσεων» A, G, C, T*, προσδιορίζει και την αλληλουχία των αμινοξέων. Κατά τη σύνθεση του πρωτεϊνικού μορίου, ένα λάθος στη βιογραμματική μπορεί να είναι μοιραίο.*

* Αντί της θυμίνης σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει ένα συγγενικό μόριο, της ουρακίλης, που συμβολίζεται με «U».



*Χρωμοσώματα.*
*Σειρές μορίων DNA και πρωτεΐνης, στις οποίες έχουν αποτυπωθεί οι κληρονομικές ιδιότητες.*



*Κάθε θυγατρική διπλή έλικα αποτελείται από μια παλαιά ημιέλικα (ανοιχτόχρωμη) και μια συμπληρωματική της, που συντίθεται τώρα από τους δομικούς λίθους.*

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο *κώδικας είναι παγκόσμιος.* Σε κάθε ζωντανό οργανισμό οι τριπλέτες αντιστοιχούν στο ίδιο αμινοξύ. Αν λόγου χάρη η αλληλουχία των βάσεων σ' ένα τμήμα του μορίου του m-RNA είναι AAA/CAC/UUU, το αντίστοιχο τμήμα της πρωτεΐνης θα περιλαμβάνει την αλληλουχία των αμινοξέων: Λυσίνη – Ιστιδίνη – Φαινυλανίνη (AAA – CAC – UUU), ανεξάρτητα αν πρόκειται για κουνούπι, καρχαρία, άνθρωπο ή φυτό.

Για τη βιοσύνθεση μιας πρωτεΐνης που αποτελείται, για παράδειγμα, από εκατό αμινοξέα, ο αριθμός των νουκλεοτιδίων, δηλαδή των πουρινικών βάσεων που απαιτείται, είναι θεωρητικά τριακόσια και λόγω της διπλής έλικας του μορίου του DNA εξακόσια. Αν ληφθεί υπόψη ότι ο αριθμός βάσεων σ' ένα απλοειδές ανθρώπινο κύτταρο είναι τρία δισεκατομμύρια, υπάρχουν περίπου πέντε εκατομμύρια γονίδια με οδηγίες για τη σύνθεση πρωτεϊνών, για παράδειγμα των εκατό αμινοξέων. Θεωρητικά, πέντε εκατομμύρια διαφορετικές δυνατότητες σύνθεσης σ' ένα και μόνο σπερματοζωάριο ή ωάριο! Για παράδειγμα, μία από τις πρωτεΐνες του αβγού, η *αλβουμίνη*, δημιουργείται από 386 μόρια αμινοξέων. Αφού καθένα από τ' αμινοξέα εκφράζεται από τρία νουκλεοτίδια, θα χρειάζονταν θεωρητικά 1.158 σκαλοπάτια (386 x 3) για τη σύνθεσή της. Έχει όμως εξακριβωθεί ότι στην πραγματικότητα το αρμόδιο γονίδιο είναι εφτά φορές μεγαλύτερο, αποτελείται δηλαδή από 7.900 νουκλεοτίδια (για ορισμένες άλλες πρωτεΐνες ο αριθμός αυτός είναι δυνατόν να είναι και 52 φορές μεγαλύτερος).

– Απάντηση προς το παρόν, συνέχισε ο Κάρολος στο ερώτημα, γιατί συμβαίνει αυτή η σπατάλη, κάτι που η φύση δεν συνηθίζει, δεν υπάρχει. Ίσως για λόγους αποφυγής σφάλματος ή σταθεροποίησης του μορίου του αγγελιοφόρου. Πάντως, όσο πιο ενεργό είναι το γονίδιο, τόσο περισσότερες πρωτεΐνες παράγει, κι όπως είναι επόμενο και ο αγγελιοφόρος αφθονεί. Για σύγκριση: στην περίπτωση μιας κότας, υπάρχουν 13.000, στο συκώτι μας 20.000 και στον εγκέφαλο περίπου 150.000 μόρια-αγγελιοφόροι (m-RNA). Μια ακόμη πολύ σημαντική ανακάλυψη, για την οποία δόθηκε το βραβείο Νόμπελ χημείας το 1989 στους Alteman και Cech, αναφέρεται στο γεγονός ότι το μόριο του RNA εξασκεί και καταλυτική δράση. Η ανακάλυψη αυτή θα εξασκήσει βαθιά επίδραση στην κατανόηση της προέλευσης της ζωής. Πολλές φορές τίθεται το πρόβλημα, αν η κότα έκανε το αβγό ή αντίστροφα. Στο ερώτημα των βιολόγων, αντίστοιχα, αν έγιναν πρώτα τα μόρια του DNA και ακολούθησαν τα πρωτεϊνικά, θα υπάρξει τώρα μια νέα θεώρηση. Μέχρι σήμερα πιστεύαμε ότι η καταλυτική δράση στα βιολογικά μόρια περιοριζότανε στα ένζυμα, μόρια πρωτεϊνικής δομής. Τώρα, μια νέα σελίδα ανοίγεται, μια σελίδα που προοιωνίζει νέες εφαρμογές τόσο στη μοριακή βιολογία, όσο, ενδεχομένως, και στη σύνθεση νέων ουσιών με τις «ριβοζύμες». Η θεώρηση της καταλυτικής δράσης του αγγελιοφόρου RNA είναι συγκλονιστική.

### Το υπεργονίδιο και η αναμφισβήτητη πατρότητα

– Το υπεργονίδιο, συνέχισε ο Κάρολος, είναι ένα τμήμα του DNA που αποτε-

λείται από πενήντα περίπου γονίδια (από τα πενήντα χιλιάδες περίπου που διαθέτει ένα ανθρώπινο κύτταρο), μια μικρή δηλαδή περιοχή στο έκτο χρωμόσωμα είναι επιφορτισμένη με εξαιρετικές λειτουργίες, όπως έδειξαν οι εργασίες του E. Shell (βραβείο Νόμπελ 1980). Το υπεργονίδιο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση ξένων πρωτεϊνών, συντελεί δηλαδή στον ανοσοποιητικό μηχανισμό (δημιουργία αντισωμάτων), την απόρριψη οργάνων που προέρχονται από μεταμόσχευση, στην προδιάθεση για την εμφάνιση ορισμένων τύπων καρκίνου, στη σύνθεση σημαντικών ορμονών (κορτιζόλης, τεστοστερόνης). Είναι επίσης υπεύθυνο για το ρυθμό, με τον οποίο επιδιορθώνονται οι τυχόν βλάβες των μορίων του DNA. Φαίνεται ότι ο ρυθμός αυτός συντελεί στον καθορισμό του χρόνου ζωής ενός οργανισμού (οι πίθηκοι λόγου χάριν με χαμηλό ρυθμό ζουν δώδεκα χρόνια, ενώ ο άνθρωπος με υψηλότερους ρυθμούς πολύ περισσότερο)· η γήρανση και ο θάνατος εμφανίζονται σαν να είναι προγραμματισμένα στο γενετικό υλικό. Το υπεργονίδιο διαφέρει από άτομο σε άτομο και σε ορισμένα από τα τμήματα του μορίου του υπάρχουν ειδικά γονίδια, που μπορεί ν' αποτελέσουν τη βάση για ένα από τα ακριβέστερα τεστ πατρότητας. Στα επόμενα χρόνια η μελέτη αυτή θα βοηθήσει σημαντικά στην αποκάλυψη σημαντικών λειτουργιών, που σήμερα αγνοούμε.

Ο τελευταίος κοινός πρόγονος των ανθρώπων και των χιμπατζήδων έζησε κατά πάσα πιθανότητα πριν πέντε εκατομμύρια χρόνια, αρκετά πιο πρόσφατα από τον κοινό πρόγονο των χιμπατζήδων και των ουραγκοτάγκων και, ίσως, τριάντα εκατομμύρια χρόνια πριν τον κοινό πρόγονο των χιμπατζήδων, δηλαδή των μαϊμούδων. Οι χιμπατζήδες κι εμείς έχουμε κοινά τα περισσότερα από τα 99% των γονιδίων μας.

Όπως προκύπτει από την ταξινόμηση των πρωτεϊνικών μορίων μιας ομάδας από έντεκα ζώα (πρόβατα, μαϊμούδες, άλογα, καγκουρό, ποντίκια, κουνέλια, σκύλους, χοίρους, ανθρώπους, αγελάδες και χιμπατζήδες), άνθρωποι, χιμπατζήδες και μαϊμούδες βρίσκονται πλησιέστερα. Οι λεπτομέρειες όμως είναι αυτές που προσδιορίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, και, ειδικότερα, τα μόρια του DNA είναι χαρακτηριστικά για κάθε οργανισμό. Για παράδειγμα, από μια πολύ μικρή κυτταρική δομή που προέρχεται από τη ρίζα μιας τρίχας των μαλλιών και από τη μορφή του DNA που ανιχνεύεται εκεί, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η ταυτότητα ενός ατόμου. Δηλαδή, ανάμεσα στις πολυάριθμες αλληλουχίες του DNA που δεν μεταβιβάζουν πληροφορίες, *δεν κωδικοποιούν* –όπως λέγεται στη βιολογική γλώσσα– υπάρχουν και αλληλουχίες με μεγάλο βαθμό διακυμάνσεων από το ένα άτομο στο άλλο. Όταν με κατάλληλο «σηματοδότη» αυτές επισημανθούν, είναι δυνατόν να παραχθεί ένας χάρτης γενετικής ταυτότητας. Τα *γενετικά αυτά αποτυπώματα*, όπως τα δακτυλικά, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις αμφισβήτησης της πατρότητας, σε βιασμούς κ.λπ..

Κάθε ανθρώπινη ύπαρξη είναι γενετικά μοναδική και κάτι παραπάνω: η πιθανότητα διπλοτύπου είναι εξαιρετικά μικρή, έτσι, ώστε κάθε άνθρωπος να είναι γενετικά διαφορετικός απ' όλους τους προηγούμενους, απ' αυτούς που πέρασαν

κι έφυγαν, αυτούς που ζουν ακόμα και απ' αυτούς που ακόμα δεν έχουν γεννηθεί, κατέληξε ο Κάρολος.

– Όλα αυτά τα θαυμαστά που άκουσα, είπε ο Πλάτων, μου θυμίζουν τη φράση του Salvator Dalli, όταν συνειδητοποίησε την ανακάλυψη των Crick και Watson: *«Αυτό, για μένα είναι η αληθινή απόδειξη για την ύπαρξη Θεού».*

– Θα ήθελα να προσθέσω, συνέχισε ο Κάρολος, τις τελευταίες λέξεις του Ph. Kourilsky στο βιβλίο του *«DNA, το νήμα της ζωής»:*

*«Θέλουμε να έχουμε τις ικανότητες των θεών και μας πιάνει φόβος. Όπως και να έχει, δεν είμαστε παρά άνθρωποι. Οι Μοίρες θα συνεχίσουν να κλώθουν το νήμα της ζωής μας».*

– Το πιστεύεις αυτό, Κάρολε; είπαν μ' ένα στόμα Ευκλείδης και Ιπποκράτης.

– Η συζήτησή μας θα το δείξει, αποκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ας μιλήσουμε πρώτα για τα άλματα που πραγματοποιούνται στη Γενετική και τις προοπτικές που διανοίγονται για τη Βιολογία.

## Τα άλματα της γενετικής – Μια νέα εποχή για τη βιολογία – Η αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος

### *Αγώνας δρόμου για προσιτό κόστος, στόχος: 1.000 € για το προσωπικό μας γονιδίωμα*

– Η δόμηση του οποιουδήποτε οργανισμού, συνέχισε ο Κάρολος, ξεκινάει από το κληρονομικό του υλικό, τα μόρια του DNA, τη νομοθετική αυτή εξουσία που δίνει τις οδηγίες στο κύτταρο για το ποια είδη πρωτεϊνικών μορίων θα συντεθούν και όχι μόνον.

Όπως έχουμε αναφέρει, η κληρονομικότητα εκφράζεται σαν πρόγραμμα κωδικογραφημένο μέσα σ' έναν ειρμό χημικών ριζών, που καθορίζεται από τα μόρια του DNA. Το μήνυμα, ο νόμος, περνάει από το γονίδιο στην εκτελεστική εξουσία με τη βοήθεια των μορίων του RNA. Όπως όμως οι νεότερες έρευνες δείχνουν πέρα από τη σύνθεση πρωτεϊνών, υπάρχουν σημαντικά τμήματα των μορίων του DNA, τα οποία δεν «κωδικοποιούν», δεν δίνουν εντολές για τη σύνθεση πρωτεϊνών, και των οποίων ο ρόλος τώρα αρχίζει να αποκαλύπτεται. Είναι ανάγκη να γνωρίζουμε το πλήρες ανθρώπινο γονιδίωμα, έστω και αν μόνο ένα μέρος στα εβδομήντα ενέχει κωδικούς για τη σύνθεση πρωτεϊνών. Τώρα αρχίζουν οι δυσκολίες αποκάλυψης των μυστικών που κρύβουν οι αλληλουχίες του. Θα μιλήσουμε γι' αυτά αργότερα, συνέχισε ο Κάρολος.

Ο 21ος αιώνας ξεκίνησε με αποκωδικοποιημένο το ανθρώπινο γονιδίωμα που αποτελείται από 46 χρωμοσώματα με περίπου 3.000.000.000 βάσεις, τα σκαλοπάτια αυτά των μορίων του DNA, του αλφάβητου με τα τέσσερα γράμματα (A, G, C, T)*, που είναι γραμμένοι οι κωδικοί της κληρονομικότητας, του εγώ μας, της μοίρας μας.

* Αδενίνη, Γουανίνη, Κυτοσίνη, Θυαμίνη (Adenine, Guanine, Cutosine, Thymine).

Τώρα συνεχίζεται με γοργούς ρυθμούς η λεπτομερειακή εξέταση ενός έκαστου από τα χρωμοσώματα και η σύγκρισή τους με αυτά άλλων οργανισμών (χιμπατζήδων, ποντικών, μικροοργανισμών).

Πλησιάζουμε ήδη ένα ορόσημο στις έρευνες για την ανθρώπινη γενετική. Η αποκωδικοποίηση του χρωμοσώματος 1, αποτελεί το τέλος της έρευνας του ανθρώπινου γονιδιώματος μιας και μ' αυτό ολοκληρώνεται ο στόχος του μεγαλεπήβολου σχεδίου *μελέτη του ανθρώπινου γονιδιώματος*, με συμμετοχή εκατοντάδων ερευνητών και εργαστηρίων ανά την υδρόγειο.

Από το 1992 η έρευνα επεκτάθηκε στην αποκωδικοποίηση του γονιδιώματος διαφόρων οργανισμών. Ήδη έχουν αποκρυπτογραφηθεί οι αλληλουχίες περισσότερων από 200 είδη με προοπτική στο άμεσο μέλλον ο αριθμός να φτάσει τα 1200 είδη. Οι συγκριτικές αυτές έρευνες με τη βοήθεια και της βιοπληροφορικής μας παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την προέλευσή μας και τις εξελικτικές διαδικασίες που μεσολάβησαν, αλλά και την εξατομικευμένη γονιδιακή θεραπευτική που θα εφαρμοστεί μελλοντικά.

**Το γονιδίωμα του αχινού –Ένα νέο κεφάλαιο της βιολογίας ανοίγει**

– Αποτελεί θρίαμβο της σύγχρονης βιολογίας η διαπίστωση ότι για το σύνολο των οργανισμών της πανίδας –όσο διαφορετικοί κι αν φαίνονται– ισχύουν οι ίδιες λειτουργίες, συνέχισε ο Κάρολος. Τα κύτταρά τους χρησιμοποιούν τα ίδια γονίδια για το μεταγραφικό έλεγχο και την ενδοκυτταρική επικοινωνία (τα μόρια του DNA).

Ο αχινός, ένας από τους πιο αρχέγονους οργανισμούς του πλανήτη, κατέχει μία προνομιακή θέση στο γενεαλογικό δέντρο και παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, γι' αυτό είναι αγαπητός στους βιολόγους για συγκριτικές μελέτες (βιολογικά, όσο κι αν φαίνεται παράξενο, είναι ο πιο σχετικός με τον άνθρωπο αρχέγονος οργανισμός). Τ' αβγά του (εκτός από πεντανόστιμος μεζές), αναπτύσσονται ταχύτατα με μοναδικό εφόδιο το θαλασσινό νερό, είναι διαφανή (δεν έχουν κέλυφος) και είναι ευχερής η παρακολούθηση της γονιμοποίησης και των λειτουργιών του.



*Ο κόκκινος αχινός, ο βασιλικός των ελληνικών θαλασσών.*

Περισσότεροι από 200 ερευνητές σε διάφορα εργαστήρια ανά την υφήλιο εργάστηκαν εντατικά για την αποκρυπτογράφηση των 23.300 γονιδίων του αχινού. Πολλά από αυτά έχουν κληρονομηθεί και στους ανώτερους οργανισμούς, ορισμένα όμως έχουν «σιωπήσει» ή απωλεσθεί κατά τις εξελικτικές διαδικασίες στο διάβα του βιολογικού χρόνου. Η λεπτομερειακή μελέτη που θ' ακολουθήσει συγκριτικά με τα γνωστά ήδη γονιδιώματα και κυρίως το ανθρώπινο είναι βέβαιο ότι θα επιταχύνει την πρόοδο για την πλήρη κατανόηση του ρυθμιστικού συστήματος των γονιδίων, τα οποία ελέγχουν την αναπτυξιακή εξειδίκευση και τη μορφογενετική λειτουργία, φωτίζοντας έτσι τις εξελικτικές διαδικασίες που ακολούθησαν, για παράδειγμα τις λειτουργίες του ανοσιολογικού και νευρικού συστήματος των ανώτερων οργανισμών και του ανθρώπου. Πρόκειται σίγουρα για μία μεγάλη στιγμή της βιολογίας, αφού *η πολύπλοκη απλότητα αυτού του αρχέγονου οργανισμού*, διανοίγει νέες λεωφόρους έρευνας.

**Γιατί οι άνθρωποι έχουμε, σχετικά, τόσο λίγα γονίδια;**

– Τα γονίδια προσδιορίζουν όλες τις πλευρές της ανθρώπινης συμπεριφοράς και γι' αυτό καταβάλλεται προσπάθεια να προσδιορίσουμε τι είναι καθοριστικό και τι όχι, συνέχισε ο Κάρολος.

Πριν από την αποκωδικοποίηση του DNA, το οποίο όπως αναφέραμε, αποτελείται από περίπου τρία δισεκατομμύρια βάσεις, πιστεύαμε ότι απαιτούνται γύρω στις 100.000 γονίδια για να είναι δυνατόν να εκτελούνται οι μυριάδες κυτταρικές λειτουργίες. Τελικά διαπιστώθηκε ότι έχουμε μόλις 25.000 γονίδια, τον ίδιο περίπου αριθμό μ' ένα κοινό φυτό και λίγο περισσότερα από ένα σκουλήκι.

–Έχω ακούσει, παρενέβη ο Ιπποκράτης, ότι το σιτάρι έχει εκατοντάδες χιλιάδες.

– Δεν το ξέρω αλλά είναι πιθανόν, μην ξεχνάς ότι φωτοσυνθέτει, έχει επομένως πιο πολύπλοκη δουλειά από εμάς που παρασιτούμε εις βάρος του, είπε ο Κάρολος. Αλλά ας ξαναγυρίσουμε στο ερώτημά μας.

Η απάντηση βρίσκεται στο γεγονός ότι τα γονιδιώματα είναι περισσότερο πολύπλοκα απ' ό,τι φανταζόμαστε και είναι φανερό τώρα ότι η παλιά πεποίθηση: *ένα γονίδιο, μια πρωτεΐνη* δεν ισχύει. Είναι φανερό τώρα ότι πολλά γονίδια δύνανται να δημιουργήσουν περισσότερες από μία πρωτεΐνες. Σε συνδυασμό με μόρια του RNA ενορχηστρώνονται πολλά χορογραφικά σενάρια του μπαλέτου που χορεύει μέσα στο κύτταρο. *Δυστυχώς γνωρίζουμε αποσπασματικά τους χορευτές όχι όμως και το μπαλέτο.* Αποτελεί πρόκληση για τους βιολόγους ν' αποκαλύψουν τα μυστικά του κυττάρου και κυρίως τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μόρια και δημιουργούν ένα αρμονικό σύνολο.

Μια ακόμη προσπάθεια του ανθρώπινου νου να προσεγγίσει το μυστηριώδη κόσμο που μας περιβάλλει και τα προβλήματά του.

Παλαιότερα αποτελούσε θέμα ατέρμονων συζητήσεων αν πρωτοδημιουργήθηκαν τα μόρια των πρωτεϊνών ή του DNA, δηλαδή αν η κότα έκανε τ' αβγό ή

αντίστροφα. Σήμερα πιστεύουμε ότι οι πρωτεργάτες για να περάσουμε από την άβια ύλη στο ζωντανό είναι τα μόρια του RNA, τα οποία απεδείχθη ότι έχουν πλέον πολυσχιδή ρόλο απ' αυτόν του ταχυδρόμου του DNA, ο οποίος μεταφέρει τις εντολές του για την πρωτεϊνική σύνθεση. Φαίνεται ότι αυτά διαθέτουν και δράση ανάλογη μ' αυτήν των πρωτεϊνών.

Πολλά από τα 25.000 γονίδια, μόρια του DNA, είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση των περίπου 100.000 πρωτεϊνικών μορίων που συνιστούν τον οργανισμό μας. Όπως έχουμε αναφέρει, είπε ο Κάρολος, σας θυμίζω ότι τα αλφάβητα της ζωής (με τις τέσσερεις βάσεις: A, G, C, T) συνιστούν τα μόρια του DNA, και τα είκοσι αμινοξέα, των οποίων οι συνδυασμοί δίνουν τη δυνατότητα για το σχηματισμό αστρονομικού αριθμού πρωτεϊνικών δομών (ο δυνατός αριθμός που προκύπτει από το συνδυασμό των 20 αμινοξέων είναι ένας ασύλληπτος, αστρονομικός αριθμός με 390 μηδενικά [$10^{390}$]).

Είναι συγκλονιστικό το γεγονός ότι τα περίπου 100 χημικά στοιχεία (που βρίσκουμε και στη Γη) δομούν το Σύμπαν, τ' άστρα, τους γαλαξίες. Αλλά και η ζωή, από τους μικροοργανισμούς στα βάθη των ωκεανών, τα κακότροπα μικρόβια, τις φάλαινες, τα έντομα, τους ανθρώπους έχει δομηθεί με τα δύο αυτά απλά αλφάβητα: των τεσσάρων γραμμάτων του DNA και των είκοσι αμινοξέων των πρωτεϊνών. *Τόσο απλό και τόσο πολύπλοκο*. Πόση σοφία χρειάστηκε, κατ' άλλους τύχη και αναγκαιότητα, για να δημιουργηθεί η ζωή! *Από το απλό στο πολυδαίδαλο, το πολύμορφο*.

Τώρα οι ταχύτητες αποκωδικοποίησης των μορίων του DNA έχουν αυξηθεί σημαντικά (είναι δυνατό να «διαβάζονται» 6.000.000 βάσεις την ώρα), ένα *ακόμα βήμα προς την προσωποποιημένη ιατρική του αύριο* αλλά συγχρόνως και τη διερεύνηση πολλών άλλων μικροοργανισμών (βακτηριδίων, μικροβίων, πιθηκοειδών). Τώρα σε ένα microchip υπολογιστή καταγράφονται εκατομμύρια μόρια DNA καθιστώντας απλή και γρήγορη την ανάγνωση των αλληλουχιών.

Όταν πριν δέκα περίπου χρόνια ξεκίνησε η αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος, τα σκαλοπάτια αυτά της ζωής, της οποιασδήποτε ζωής, το κόστος είχε εκτιμηθεί σε τρία δισεκατομμύρια δολάρια. Οι εργασίες αυτές τελείωσαν αρκετά πιο νωρίς απ' όσο είχε υπολογιστεί και το κόστος επίσης μειώθηκε δραματικά. Το κόστος της αποκωδικοποίησης του γονιδιώματος, για παράδειγμα, του μακάκου (είδος πρωτεύοντος) υπολογίζετο σε 22 εκατομμύρια δολάρια, όμως μια εταιρεία πιστεύει, με τα σημερινά αναλυτικά δεδομένα, ότι το κόστος ανέρχεται μόλις στα 100.000 δολάρια.

– Τώρα οι νέες μέθοδοι ανάλυσης επιτρέπουν να προσβλέπουμε σ' ένα κόστος αποκρυπτογράφησης του προσωπικού μας DNA, το οποίο θα κυμαίνεται σε περίπου 1.000 ευρώ τα επόμενα χρόνια, κάτι που θα δημιουργήσει μια επανάσταση στην ιατρική και τη θεραπευτική, αφού ο καθένας θα μπορεί να διαθέτει την ακολουθία του προσωπικού του γονιδιώματος. Ένα σημαντικό βήμα για την εξατομικευμένη ιατρική και την πρόληψη ασθενειών που συνιστούν μάστιγα για

την ανθρωπότητα, όπως ο καρκίνος και οι νευροεκφυλιστικές παθήσεις, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

Βέβαια, συνέχισε ο Κάρολος προσπαθώντας να εισχωρήσουμε στα μυστικά της ζωής, η αποκωδικοποίηση είναι το πρώτο βήμα. Θα πρέπει όμως να κατανοήσουμε και τι σημαίνουν οι αλληλουχίες αυτές, εγχείρημα πιο δύσκολο και πιο μπερδεμένο, αφού συνδέεται και με τη δεύτερη μεγάλη πρόκληση: τη μελέτη της σημασίας και της δράσης των περίπου 100.000 πρωτεϊνικών μορίων που δημιουργεί ο οργανισμός μας (proteomics).

Η *Βιοπληροφορική*, η εξέταση των προβλημάτων της μοριακής βιολογίας με τη βοήθεια υπολογιστών, θα βοηθήσει την επόμενη φάση των γονιδιακών ερευνών, προσδιορίζοντας το καλύτερο μονοπάτι για την ταυτοποίηση των λειτουργικών στοιχείων του ανθρώπινου γονιδιώματος. Το πρόγραμμα ENCODE: (Encyclopedia of DNA Code Elements) θα βοηθήσει στην κατεύθυνση αυτή.

Ορισμένοι βιολόγοι χαρακτηρίζουν τα τμήματα εκείνα του DNA που δεν κωδικοποιούν, δεν δίνουν δηλαδή εντολές για τη σύνθεση πρωτεϊνικών μορίων ως «απορρίμματα» (junks), άχρηστα. Σύμφωνα όμως με τις νεότερες έρευνες, κάθε άλλο παρά τέτοιος χαρακτηρισμός τους αξίζει. Φαίνεται ότι μεγάλο ποσοστό DNA στο γονιδίωμα ενός οργανισμού ρυθμίζει τη λειτουργία των γονιδίων (δεν πρόκειται για τη δημιουργία νέων γονιδίων). Ίσως δε αυτό είναι που μας κάνει «μοναδικούς» στο ζωικό βασίλειο, δεδομένου ότι ορισμένα από τα τμήματα αυτά έχουν σχέση με τις λειτουργίες του εγκεφάλου και τις καλωδιώσεις και διασυνδέσεις των νευρώνων στο φλοιό. Ίσως είναι τα τμήματα αυτά που ενορχηστρώνουν τις ικανότητές μας έναντι των εξαδέρφων μας των χιμπατζήδων και των άλλων ζωικών οργανισμών.

Η εκδοχή αυτή είναι η πιο εντυπωσιακή στην ιστορία της ανθρώπινης εξέλιξης. Τώρα θα πρέπει να σκύψουμε πάνω στη μελέτη των τμημάτων αυτών του DNA που χαράσσουν τη μοίρα μας. *Μία νέα βιολογία γεννιέται τώρα*. Η μελέτη των πρόσφατα αποκαλυφθέντων γονιδιωμάτων δύο εντόμων που διαβιούν μοναχικά (της φρουτόμυγας και των κουνουπιών), συγκριτικά μ' αυτήν των μελισσών, οι οποίες έχουν κοινοβιακή οργάνωση μέσα στις κυψέλες και συνεργατική εκδήλωση της ζωής τους, έδειξε ότι οι διαφορές βασίζονται σε μοριακό γενετικό επίπεδο, δηλαδή στα μόρια του DNA.

*Έτσι τώρα η κοινωνική, «αλτρουιστική» συμπεριφορά, μεταφράζεται σ' επίπεδο μορίων*. Είναι βέβαιο ότι η εμβάθυνση στη μελέτη των γονιδίων και τις συγκριτικές τους διαφορές θα διαφωτίσει στο μέλλον πολλές ζωτικές απορίες μας.

– Όλ' αυτά δεν συνιστούν υπεραπλουστεύσεις; παρατήρησε ο Νίκος.

– Σε παλαιότερες συζητήσεις μας σχετικά με τις φερομόνες, είπε ο Κάρολος, είχαμε την ευκαιρία να δούμε τα σχετικά με την ιδιαιτερότητα της αλτρουιστικής συμπεριφοράς της μέλισσας, αυτού του χρήσιμου εντόμου, συμπεριφορά που ανάγεται τώρα σ' επίπεδο μορίων: κι ίσως αυτό να είναι μία απάντηση στην απορία σου, είπε στο Νίκο και συνέχισε:

## Ο ανηφορικός δρόμος για τη διερεύνηση του πρωτεϊνικού κυκεώνα (proteomics)

– Αν η μελέτη του γονιδιώματος, της νομοθετικής εξουσίας του οργανισμού του DNA, φαντάζει πολύπλοκη, η ανάλυση των πρωτεϊνικών μορίων που συνιστούν τα θεμέλια της ζωής, την εκτελεστική εξουσία, είναι πολύ δυσκολότερη αν αναλογιστεί κάποιος τις δυσχέρειες απομόνωσης καθαρών ουσιών από τα πολύπλοκα πρωτεϊνικά μείγματα όπως αυτά συνευρίσκονται στον οργανισμό, αλλά και τις τσαχπινιές που έχουν τη δυνατότητα να κάνουν τα μεγάλα αυτά, ανήσυχα, ευκίνητα, εύθραυστα μόρια. Το πρωτεϊνικό μόριο χορεύει έναν χορό τον οποίο τώρα προσπαθούμε να μάθουμε. Οι πρωτεΐνες δηλαδή μπορούν με το παραμικρό ν' αναδιπλώνονται, ν' αλλάζουν συνεχώς σχήματα στο χώρο, να μετουσιώνονται κάτω από την επιφάνεια του κυττάρου και να εμπλέκονται σε ένα πολυδαίδαλο μπαλέτο για να διευθύνουν μια λειτουργία μεταφοράς που λέγεται *ενδοκύτωση* (endocystosis). Τα πρωτεϊνικά μόρια με τους μετασχηματισμούς τους, δημιουργούν θυλάκους έτοιμους να δεχτούν για να φωλιάσουν μόρια ορμονικά, μόρια νευροδιαβιβαστών, ιόντα νατρίου, καλίου, αζώτου, χλωρίου. *Μια απίστευτη χημεία που απολήγει στη χαρά, τον έρωτα, τη λύπη, το θυμό, τον ενθουσιασμό, τη μνήμη, τη συνείδηση κι όλ' αυτά στην τάση να διατηρηθεί η τάξη που λέγεται ζωή*, όταν όλα τείνουν προς την αταξία, την αποδιοργάνωση, το θάνατο, το χάος, όπως ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος, για τον οποίο θα παρακαλέσω τον Ευκλείδη να μας μιλήσει ένα άλλο βράδυ, και η εξελικτική πορεία επιτάσσουν.

Στη Yokohama της Ιαπωνίας χρηματοδοτήθηκε ένα φιλόδοξο πρόγραμμα για τη διερεύνηση της δομής 3.000 πρωτεϊνικών μορίων. Το δαπανηρό αυτό πρόγραμμα περιελάμβανε τεράστιο εξοπλισμό (για παράδειγμα 40 όργανα πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού: NMR όργανα εξαιρετικά πολυδάπανα, πολύπλοκους φασματογράφους μάζας HPLC/MS-MS) και όργανα κρυσταλλογραφίας ακτίνων Χ – για πρωτεΐνες που είναι δυνατό να κρυσταλλωθούν.

Αντικειμενικός σκοπός είναι να δημιουργηθεί μια αντιπροσωπευτική βιβλιοθήκη αναφοράς για να μελετηθούν οι αναδιπλώσεις των παιχνιδιάρικων πρωτεϊνικών μορίων, κάτι που θα επέτρεπε προβλέψεις της δομής σύμφωνα με τις ακολουθίες των αμινοξέων. Δυστυχώς οι αναδιπλώσεις είναι τόσο πολλές, ώστε το πρόγραμμα υποβιβάστηκε από τη μελέτη των 3.000 μορίων μέχρι το 2007 στα 1.600. Συγχρόνως αναζητούνται νέες ιδέες και μεθοδολογίες για τη διερεύνηση της δαιδαλώδους δομής των πρωτεϊνών.

Δεδομένης όμως της σημασίας της διερεύνησης αυτής για την ιατρική και όχι μόνον, ο αγώνας συνεχίζεται σε πολλά μέτωπα ανά την υφήλιο. Ένας αγώνας πολύ σκληρότερος από αυτόν των γονιδίων.

## Μοριακή μονογαμία

– Οι ζυμομύκητες, η συνηθισμένη μαγιά που «ανεβάζει» το ψωμί, συνέχισε ο Κάρολος και πρωταγωνιστεί στην παραγωγή της μπύρας και του κρασιού, πα-

ράγουν περισσότερα από 4.500 είδη πρωτεϊνών, των οποίων η αλληλεπίδραση, η συνεργασία μεταξύ τους είναι εξαιρετικά εξειδικευμένη, αλλιώς τα κύτταρα παύουν να λειτουργούν.

Σήμερα γνωρίζουμε μερικά στοιχεία για τους χορευτές –τα επί μέρους πρωτεϊνικά μόρια– αλλά όπως είπαμε, ελάχιστα για το μπαλέτο και τη χορογραφία που τώρα γίνεται προσπάθεια ν' αποκαλυφθεί. Παραμένουν δηλαδή σχεδόν άγνωστες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων. Τελευταία διαπιστώθηκε ότι πολλά βιοχημικά γεγονότα που συμβαίνουν μέσα στα κύτταρα πραγματοποιούνται από γιγαντιαία συμπλέγματα πρωτεϊνών αλλά και νουκλεϊνικών οξέων (RNA), γεγονός που περιπλέκει περισσότερο το ήδη πολύπλοκο πρόβλημα.

Οι σημαντικές εργασίες της ομάδας Talkington στο Scripps στην Καλιφόρνια σχετικά με το ριβόσωμα 305, *το εργοστάσιο αυτό παραγωγής πρωτεϊνών του κυττάρου*, δίνουν ελπίδες για την αποκάλυψη του τρόπου που συνέρχονται και συνεργάζονται τα συστατικά, ώστε να κάνουν τη μηχανή να λειτουργεί. Στο ριβόσωμα οι αλληλεπιδράσεις αυτές έχουν τελειοποιηθεί με λεπτές διαδικασίες που διαδραματίζονται κατά τη διάρκεια των δισεκατομμυρίων ετών της εξέλιξης και ανοίγουν ένα παράθυρο στον κόσμο των κυτταρικών μηχανών. *Ποιος γνωρίζει πόσες κρίσιμες λειτουργίες κρύβονται μέσα στα πρωτεϊνικά μόρια και τα μόρια του DNA και RNA, που νομίζουμε ότι καταλαβαίνουμε*!

Ο αγώνας τώρα συνεχίζεται σε εκατοντάδες εργαστήρια σε όλο τον κόσμο, εργαστήρια εξοπλισμένα με νέα όργανα και νέες μεθόδους. Η ικανότητά μας με τα νέα μικροσκόπια (AFM) να βλέπουμε μικρά μόρια, όπως αυτά συνδέονται με τα αντίστοιχα πρωτεϊνικά, έχει συνεγείρει όλη την επιστημονική κοινότητα. Ένα ακόμη σημαντικό βήμα στα proteomics.

– Μαζί και με την κατανόηση λειτουργίας του εγκεφάλου, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

– Έχει προγραμματιστεί, συνέχισε ο Κάρολος, η μελέτη 10.000 τρισδιάστατων πρωτεϊνικών δομών μέχρι το έτος 2010 (πρόγραμμα PSH: Protein Structure Initiative), πολλοί όμως είναι αυτοί που αμφιβάλλουν για την επίτευξη του στόχου, αν δεν αναδειχθούν νεότερες τεχνολογικές μέθοδοι.

Η Βιοπληροφορική (Bioinformatics) είναι δυνατόν τώρα να βασιστεί στις αλματώδεις προόδους της επιστήμης των υπολογιστών. Ήδη οι Super-Computers, όπως ο Big-Mac, με 1.000 Desktop, έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται 17,6 Teraflops (17,6 τρισεκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο), ενώ οι κβαντικοί υπολογιστές και οι υπολογιστές της νέας γενιάς, οι οποίοι αντί των κλασικών chips πυριτίου θα βασίζονται στο πιο προνομιακό στοιχείο, το Ίνδιο, υπόσχονται πολλαπλασιασμό των δυνατοτήτων αυτών. Επίσης τα Biochips, chips με βάση οργανικά μόρια αντί πυριτίου, είναι προ των πυλών.

Εξάλλου η σημαντική πρόοδος που συνετελέσθη τα τελευταία δέκα χρόνια στη μικροσκοπία και τη φωτογραφική απεικόνιση μάς επέτρεψε να βλέπουμε ζωντανά κύτταρα και ολόκληρους μικροοργανισμούς σε πραγματικό χρόνο. *Έτσι αντικρί-*

*ζουμε έναν νέο φαντασιακό κόσμο*. Η τελευταία εφαρμογή του μικροσκοπίου ατομικής δύναμης (Atomic Force Microscope – AFM) έχει προκαλέσει επανάσταση στη μελέτη των υλικών και της βιολογίας. Υπάρχει τώρα η δυνατότητα να παρακολουθούμε μικρά ενεργά μόρια όπως αυτά συνδέονται με πρωτεΐνες, ενώ νέα άγνωστα είδη μικροοργανισμών, από τα απύθμενα βάθη των ωκεανών, έρχονται να μας αποκαλύψουν μυστικά από τα τρίσβαθα των βιολογικών εξελίξεων.

Οι μέχρι σήμερα έρευνες καταδεικνύουν ότι για πολλές πρωτεΐνες, η πληροφορία που απαιτείται προκειμένου να προσδιοριστεί η στερεοδομή ενέχεται στην αλληλουχία των αμινοξέων. Για να προσδιοριστούν οι κανόνες αλληλουχίας, ώστε να προσδιοριστεί ποια αναδίπλωση επιλέγεται, καταβάλλεται προσπάθεια δημιουργίας, με τη βοήθεια σύγχρονων υπολογιστών «τεχνητών» αλληλουχιών ιχνοθετημένων αμινοξέων, με τη χρήση μεγάλης ισχύος οργάνων και στατιστικών πληροφοριών, του προσδιορισμού των θέσεων αναδίπλωσης. Με τη μέθοδο αυτή απλοποιείται κάπως το εξαιρετικά πολύπλοκο πρόβλημα. Ο δρόμος όμως ακόμα είναι μακρύς κι ανηφορικός, αλλά οι πρωτεΐνες είναι οι πρωταγωνιστές για την εκδήλωση της ζωής. Η δημιουργία της, η επιμήκυνσή της, η γήρανση ελέγχονται από τα μόρια αυτά, έτσι αξίζει τον κόπο η οποιαδήποτε προσπάθεια.

– Αλλά και στο άλλο μέτωπο, της μελέτης του εγκεφάλου, παρενέβη ο Ιπποκράτης, στις τελειοποιήσεις της PET (Position Emission Tomography) και των οργάνων MRI (μαγνητικού συντονισμού) που επιτρέπουν τη φωτογράφιση του εγκεφάλου εν λειτουργία, έρχεται τώρα να προστεθεί μια νέα απλούστερη δυνατότητα: η τρισδιάστατη παρατήρηση των δραστηριοτήτων του εγκεφάλου με υπέρυθρη φασματοσκοπία (Reflectance Diffuse Optical Tomography – RDOT).

Τώρα μπορούμε ν' ατενίζουμε μ' ελπίδες το μέλλον. *Πόσο τυχερά είναι τα νέα παιδιά που έχουν τη δυνατότητα να περιπλανηθούν στους νέους αυτούς συναρπαστικούς δρόμους που διανοίγονται μπροστά τους!*

## Μια νέα εποχή στη μοριακή βιολογία

### *Η ανακάλυψη του παρεμβατικού (Interference RNA): RNAi*

– Όπως λέει ο R. Kornberg, κάτοχος του Nobel Χημείας του 2006: *«Αν το μυστικό της ζωής μπορεί να παρομοιαστεί με μία μηχανή, η πορεία της αντιγραφής θα ήταν το κεντρικό γρανάζι της μηχανής που καθοδηγεί όλα τ' άλλα»*. Ο Kornberg εργάστηκε για το ρόλο των μορφών του RNA, του πρωταρχικού μορίου της αντιγραφής του DNA, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Για πολλά χρόνια το μόριο του RNA είχε μείνει στη σκιά του διάσημου ξαδέρφου του, του μορίου του DNA. Απεδείχθη τώρα ότι δεν είναι ο παθητικός παίχτης στα μονοπάτια της ζωής, ο απλός αγγελιοφόρος του DNA, αλλά όπως είπαμε, διαδραματίζει έναν πολύ πιο ενεργό ρόλο στη ροή της γενετικής πληροφορίας, ιδιαίτερα υπό τη μορφή του παρεμβατικού, διαμεσολαβητικού (interference) RNAi. *Το κύπαρο απεδείχθη πολύ πιο πολύπλοκο απ' ό,τι πιστεύαμε την εποχή των Crick και Watson*.

Δύο είναι τα χαρακτηριστικά τις δομής του μορίου του DNA για να εκπληρώνει το σημαντικό του ρόλο: α) η ψηφιακή (digital) φύση του και β) η συμπληρωματικότητά του, όπως ο ένας κλάδος της έλικας συνδέεται τέλεια με το σύντροφό του (το ξεδίπλωμα της έλικας του DNA γίνεται με start και stop). Το DNA έχει δύο τύπους ψηφιακής πληροφορίας, πρώτον τα γονίδια που μεταφράζονται σε πρωτεΐνες και είναι οι μηχανές της ζωής και δεύτερον τα ρυθμιστικά δίκτυα που εξειδικεύουν τη συμπεριφορά των γονιδίων. Εδώ ο ρόλος που διαδραματίζουν τα μόρια του RNA φαίνεται ότι είναι καθοριστικός.

Πέρα δηλαδή από τις καταλυτικές του ιδιότητες (ριβοζύμες) και το ρόλο του ως ριβοδιακόπτη στη ρύθμιση των δράσεων των γονιδίων και των ριβοσωμάτων, των εργοστασίων σύνθεσης πρωτεϊνών των κυττάρων, έχουν βρεθεί τόσα πολλά, μη εκφραζόμενα στη σύνθεση πρωτεϊνών, μικρά μόρια RNA (miRNA), ώστε μη γνωρίζοντας ακριβώς το ρόλο που διαδραματίζουν χαρακτηρίζονται συμβολικά, ανάλογα με το μυστήριο που καλύπτει τη «σκοτεινή ύλη» του διαστημικού χώρου: «RNA-σκοτεινή ύλη» η οποία αποδίδεται στα μη εκφραζόμενα μόρια.

Ο R. Breaker, στο Πανεπιστήμιο του Yale, εργαζόμενος με συνθετικά μόρια RNA-βιοαισθητήρια, παρασκευασμένα κατ' απομίμηση των φυσικών προσπάθησε να διερευνήσει αν είναι δυνατόν να υποκαταστήσουν τα φυσικά πρότυπα. Η προσπάθεια στρεφόταν στη δημιουργία μοριακών αισθητηρίων-RNA, των οποίων το σχήμα μεταβάλλεται όταν συνδέονται με ορισμένα μόρια. Αντικειμενικός σκοπός η διερεύνηση των εκκρίσεων των ζωντανών κυττάρων. Τα συνθετικά αυτά αισθητήρια δούλευαν τόσο καλά, ώστε ν' αξίζει τον κόπο η περαιτέρω διερεύνηση. Τα αισθητήρια αυτά ταίριαζαν με τους ριβοδιακόπτες που πρωταγωνιστούν στη ρύθμιση των γονιδίων. Όπως ο ίδιος λέει τώρα είναι δυνατόν να εξηγήσουμε πολλά ανεξήγητα. (Μέχρι τώρα πιστευόταν ότι η ρύθμιση των γονιδίων σ' ανταπόκριση ερεθισμάτων του περιβάλλοντος πραγματοποιούταν με πρωτεϊνικά μόρια).

Οι ριβοδιακόπτες είναι μόρια-αγγελιοφόροι RNA που «αισθάνονται» άμεσα το περιβάλλον. Για παράδειγμα ρυθμίζουν τη σύνθεση βιταμίνης $B_{12}$ από τα κύτταρα δημιουργώντας έναν θύλακα υποδοχής του συνενζύμου παραγωγής της βιταμίνης, έτσι ώστε, όταν παραχθεί αρκετή ποσότητα, να αναστέλλεται η σύνθεσή της. Ο ριβοδιακόπτης RNA είναι δηλαδή ειδικευμένος τύπος *απταμερούς**, του οποίου η σύνδεση με τα μόρια-στόχους μεταβάλλει τη δραστηριότητα του γονιδίου.

Το γεγονός αυτό μαζί με την αποκάλυψη των καταλυτικών ιδιοτήτων του RNA (ριβοζύμες) που απεδίδετο αποκλειστικά στα ένζυμα (πρωτεΐνες με καταλυτικές ιδιότητες), δημιούργησε καινούργιες προοπτικές για την ικανότητα των πολύπλοκων και θαυμαστών αντιδράσεων που πρωταγωνιστούν στην εκδήλωση της ζωής. Οι ιδιότητες αυτές φαίνεται ότι έχουν προωθήσει τους μηχανισμούς αυτόματης επισκευής των ίδιων, αλλά και των μορίων του DNA.

* Απταμερή είναι μικρά μόρια RNA που συνδέονται με πρωτεϊνικά μόρια.

Πριν 2.500 χρόνια ο Αναξαγόρας (500-428 π.Χ.) διείδε ότι το έμβρυο διατρέφεται από τον ομφάλιο λώρο (οι σύγχρονοί του πίστευαν ότι η διατροφή πραγματοποιείται με τη βοήθεια ολόκληρου του σώματος). Λίγο αργότερα ο Διογένης ο Απολλώνιος (460-400 π.Χ.) περιέγραψε μερικές ανατομικές λεπτομέρειες του πλακούντα (η ονομασία προέρχεται από τις πίτες, τις σημερινές πίτσες, από το σχήμα του υπό μορφή πλάκας), μέσω του οποίου όχι μόνον διατρέφεται το έμβρυο από τη μήτρα, αλλά γίνεται και η ανταλλαγή απορριμμάτων του μεταβολισμού και αερίων που παράγονται.

Κανονικά ο πλακούντας, στους ποντικούς τουλάχιστον, και μετά τη γέννηση «αναλίσκεται». Το περίεργο είναι ότι ένα πατρικό γονίδιο προκαλεί επιβράδυνση της αύξησης του εμβρύου και του πλακούντα. Υποτίθεται ότι πρόκειται για μια διαμάχη ανάμεσα στα πατρικά και τα μητρικά γονίδια. Πρωταγωνιστές και πάλι στον αγώνα αυτόν επικράτησης αρσενικού-θηλυκού είναι τα μόρια του RNA. *Όπως φαίνεται η ζωή εξ απαλών ονύχων είναι αγώνας επικράτησης, ακόμη κι ανάμεσα στα γονίδια*! είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Μια νέα εποχή ξημερώνει

– Στις καινούργιες ιδέες που καλλιεργούνται στη Βιολογία τώρα, με αφορμή την ταχεία αντίσταση των μικροβίων στα αντιβιοτικά λόγω μεταλλάξεων, προστέθηκε και η *οριζόντια μεταφορά γονιδίων* (Horizontal Gene Transfer–HGT), δηλαδή χωρίς μεταφορά, από τους ιούς σε βακτηρίδια ή από βακτηρίδιο σε βακτηρίδιο. Μια νέα άποψη, η οποία πιθανόν να επηρεάσει την ορθόδοξη εξελικτική θεώρηση και θα διανοίξει νέες λεωφόρους.

## Η «σιωπή» των γονιδίων

– Η βιολογία εισέρχεται, συνέχισε ο Κάρολος, σε μια νέα εποχή μετά την ανακάλυψη ενός γενικού για όλα τα έμβια μηχανισμού με πρωταγωνιστή το παρεμβατικό RNA (interference RNAi). Πρόκειται για την παρέμβαση του RNA με σκοπό να παρεμποδιστεί η ανάγνωση του γενετικού κώδικα και ο έλεγχος των γονιδίων. Υφίσταται δηλαδή δυνατότητα να εξουδετερωθούν, να «σβήσουν», να τεθούν σε ύπνωση, ορισμένα συγκεκριμένα γονίδια.

Η ιστορία άρχισε με τον Jorgens (1990) ο οποίος κατάφερε να προκαλέσει αλλαγή του χρώματος ενός λουλουδιού, της πετούνιας, επεμβαίνοντας στο κληρονομικό (γενετικό) υλικό της, τα γονίδια τα ικανά να τροποποιήσουν την ανάγνωση των γονιδίων, τα οποία σχετίζονται με το χρώμα. Χωρίς να το ξέρει είχε προχωρήσει στην ανακάλυψη του παρεμβατικού RNA (όταν επεχείρησε να μετατρέψει τη μωβ πετούνια και με έκπληξη είδε ότι το λουλούδι έβγαινε άσπρο). Ακολούθησε από τον Ph. Starp η ανακάλυψη ότι ένα γονίδιο, μπορεί να υφίσταται σε συγκεκριμένα τμήματα (βραβείο Νόμπελ 1993).

Αντίστοιχα οι Garmichael και Sharb στο MIT ανακάλυψαν την ύπαρξη μι-

κρών κλασμάτων με γενετικές πληροφορίες που υπήρχαν στα κύτταρα υπό τη μορφή RNA, ικανών να διαμεσολαβούν στην ανάγνωση βιολογικών πληροφοριών, οι οποίες ήσαν εγγεγραμμένες στο DNA. Ο Fire (Carnegie Inst.) και ο C. Mello ανακάλυψαν τη δυνατότητα μετατροπής του RNA σ' ένα γονίδιο «σιωπηλό», γεγονός τεράστιας σημασίας για την ιατρική. Η παρεμπόδιση έκφρασης πραγματοποιείται με δέσμευση του αγγελιοφόρου RNA (mi RNA), που μεταφέρει την πληροφορία σύνθεσης μιας πρωτεΐνης. Αποτέλεσμα το γονίδιο να «σιωπά». Η σιωπή του οποιουδήποτε γονιδίου είναι πρωταρχικής σημασίας για την ιατρική. *Μια ακόμη νέα εποχή για τη Βιολογία αρχίζει.*

– Δηλαδή η έρευνα στη βιοτεχνολογία καλπάζει, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Χωρίς αμφιβολία, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Το μόριο του μεσολαβητικού RNA (RNAi) συνιστά το δόρυ αιχμής στη βιολογία για την ανακάλυψη νέων μεθόδων θεραπευτικής. Η μελέτη της δράσης του RNAi θα επιτρέψει τη ρύθμιση πολλών βιολογικών δράσεων και κυρίως να δημιουργηθούν μέσα θεραπείας, στα οποία τα γονίδια θα «σκοπεύουν» συμμετέχοντας στις διαδικασίες εκδήλωσης των ανθρώπινων ασθενειών. Η θεραπευτική με μόρια RNAi έχει τη δυναμική να βοηθήσει πάσχοντες όπου οι υφιστάμενοι σήμερα μέθοδοι αδυνατούν, υποσχόμενη την ανακάλυψη νέων τάξεων φαρμάκων.

Μόρια RNA που μεταβάλλουν το σχήμα τους «αισθάνονται» το περιβάλλον και δρουν ως ριβοδιακόπτες επηρεάζοντας έτσι τις δραστηριότητες των γονιδίων. Εξάλλου ο ρόλος των μορίων του RNA ως ενζύμων είναι γνωστός εδώ και είκοσι χρόνια (ριβοζύμες) στην κατάλυση βιοχημικών αντιδράσεων, όπως και η δράση τους ως αντιγόνων, ανάλογη με των πρωτεϊνικών αντιγόνων στις δράσεις ανοσοποίησης. Μόρια RNA, γνωστά ως απταμερή (aptamers) είναι δυνατόν να συζευχθούν στενά με μόρια σ' έναν μηχανισμό ανάλογο της ανοσοποίησης. Όταν ένας ιός εισβάλει στο κύτταρο προσπαθεί να ενσωματώσει το γενετικό υλικό του στη διπλή έλικα του DNA. Το κύτταρο αναγνωρίζει τον εισβολέα RNA, οπότε το διασπά και το απενεργοποιεί. Η σημασία της ανακάλυψης του i-RNA χάρισε στους Fire και Mello το Νόμπελ ιατρικής του 2006.

Την αυτοάμυνα αυτή του οργανισμού χρησιμοποιεί ο M. Czech προκειμένου να κάνει τα γονίδια να σιγήσουν. Αν για παράδειγμα σιγήσουν τα γονίδια καλλιέργειας του λιπώδους ιστού, ο οργανισμός χρησιμοποιεί εντατικότερα την ινσουλίνη, διασπά-καίει ευκολότερα τη γλυκόζη και τα λιπαρά οξέα αντί να τα αποθηκεύει. Αποτέλεσμα, η δυνατότητα μείωσης της παχυσαρκίας, ίσως και επιβράδυνση της γήρανσης.

Ήδη έχουν παραχθεί φάρμακα που δρουν ως αντιθρομβωτικά (βοηθούν τη ρευστότητα του αίματος και παρεμποδίζουν το σχηματισμό θρόμβων, οι οποίοι πρωταγωνιστούν στα εγκεφαλικά επεισόδια και στις καρδιακές προσβολές). Τα νέα αυτά προϊόντα είναι πολύ περισσότερο ειδικευμένα από τα παλιά αντιθρομβωτικά όπως η ασπιρίνη, οι ηπαρίνες και οι ανταγωνιστές της βιταμίνης Κ. Στις έρευνες αυτές βοήθησαν σημαντικά οι έρευνες για τους μηχανισμούς που αναπτύσσονται στις βδέλες και τις αιμοτραφείς νυχτερίδες.

Οι τελευταίες εργασίες δείχνουν ότι ένα μόριο RNA είναι δυνατόν να έχει ενεργό ρόλο ως φάρμακο, αλλά είναι δυνατόν συγχρόνως να αποθηκεύει και τις απαιτούμενες πληροφορίες ώστε να δρα συγχρόνως και ως αντίδοτο.

Στην περίπτωση των παλαιότερων αντιθρομβωτικών το κυριότερο μειονέκτημα ήταν η εν μέρει ανεξέλεγκτη ροή αίματος που μπορούσε να οδηγήσει σε αιμορραγικές καταστάσεις.

Έχει προταθεί ότι η ζωή στη Γη ξεκίνησε με το μόριο του RNA, το οποίο διαδραματίζει και παθητικό ρόλο σαν αποθήκη πληροφοριών όσο και ενεργητικό ρόλο ως ένζυμο που προωθεί την πληροφορία.

Ένα ακόμα μεγάλο βήμα για την παραγωγή ουσιών με φαρμακευτική δράση αλλά ενδεχομένως και νέες ιδέες για τη συνθετική χημεία και τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής. *Τώρα το μόριο του RNA δικαιώνει τη φήμη ως το αρχικό μόριο από το οποίο ξεκίνησε κι εξελίχθηκε η ζωή,* τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

## Το πρόγραμμα HAP-MAP χαρτογράφησης (MAP) των απλότυπων (haplotypes)

– Τα τελευταία χρόνια έχει αναληφθεί μια διεθνής προσπάθεια να ταυτοποιηθούν και να καταχωριστούν οι γενετικές ομοιότητες και διαφορές ανάμεσα στ' ανθρώπινα όντα. Πρόκειται για ένα μνημειώδες βήμα προόδου για την κατανόηση της ανθρώπινης ποικιλότητας και κατ' επέκταση της σημασίας της για την υγεία, την ευαισθησία στις ασθένειες και την ατομική ανταπόκριση στις θεραπευτικές αγωγές. Η βαθύτερη μελέτη του ανθρώπινου γονιδιώματος μάς επέτρεψε να προσδιορίσουμε ότι οι διαφορές DNA ανάμεσα στους ανθρώπους δεν είναι της τάξης του 1%, όπως πιστεύαμε, αλλά ίσως γύρω στο 10%, γεγονός που επεξηγεί τις διαφορές στην εμφάνιση των διαφόρων ασθενειών, στις οποίες άλλοι ανθίστανται και από τις οποίες άλλοι προσβάλλονται. Αλλά και η επιτάχυνση της αποκωδικοποίησης του DNA, όπως είπαμε συνέχισε ο Κάρολος, θα επιτρέψει σύντομα, κατά τρόπο οικονομικά ανεκτό, ο καθένας μας να γνωρίζει το ατομικό του DNA.

Τελευταίες έρευνες, μετά το πρόγραμμα HAP-MAP, από μια διεθνή ομάδα, η οποία χαρτογράφησε σημαντικές διαφορές στα γονιδιώματα 270 ατόμων (copy number variants), έδειξε διαφορές σε 1.000 ζεύγη βάσεων του δείγματος, οι οποίες είχαν σχέση με μεταβολές στην τυχόν εμφάνιση νοσηρών καταστάσεων αλλά και καλοήθους συμπεριφοράς. Το ποσοστό των διαφορών αυτών ανάμεσα στα 270 άτομα (14%), είναι μεγαλύτερο απ' ό,τι πιστευόταν και δημιουργεί νέες προοπτικές για την εξατομικευμένη ιατρική του αύριο.

Οι απλότυποι στο ανθρώπινο γονιδίωμα δημιουργήθηκαν με τους μοριακούς μηχανισμούς της σεξουαλικής αναπαραγωγής και την ιστορία του είδους μας, όπως έχουμε πει. Με εξαίρεση τα σεξουαλικά κύτταρα, τους γαμετούς (σπέρμα και ωάρια), τα χρωμοσώματα στα ανθρώπινα κύτταρα απαντούν κατά ζεύγη. Ένα μέλος του ζεύγους έχει κληρονομηθεί από τον πατέρα και ένα από τη μητέρα. Τα χρωμοσώματα δεν μεταβιβάζονται από γενιά σε γενιά σε ταυτόσημα αντί-

γραφα (σε ακριβείς φωτοτυπίες), αλλά όταν το σπέρμα και το ωάριο συντακούν, τα ζεύγη υφίστανται ανασυνδυασμούς. Τα μέλη κάθε ζεύγους χρωμοσώματος ανταλλάσσουν κάποια τμήματά τους. Το αποτέλεσμα είναι ένα υβριδικό (ανακατασκευασμένο) χρωμόσωμα που περιέχει τμήματα και από τα δύο μέλη ενός ζεύγους χρωμοσώματος και αυτό το ανασυνδυασμένο χρωμόσωμα περνάει στη νέα γενιά. Πρόκειται για τον νέο απόγονο, το παιδί της οικογένειας.

Με την πάροδο των χρόνων και αφού δημιουργήθηκαν πολλές γενιές, τμήματα των αρχαίων χρωμοσωμάτων ανακατεύτηκαν λόγω συνεχών ανασυνδυασμών. Μερικά όμως τμήματα των αρχαίων χρωμοσωμάτων δεν μεταβλήθηκαν και κληρονομήθηκαν αυτούσια, παρεμβαλλόμενα σε σημεία που έχουν πραγματοποιηθεί ανασυνδυασμοί. Αυτά τα αμετάβλητα τμήματα είναι οι απλότυποι που παρέχουν τη δυνατότητα στους γενετιστές για έρευνα των γονιδίων που σχετίζονται με τις εκδηλώσεις ασθενειών και έχουν ευρύτερη ιατρική και γενικότερη σημασία, αλλά και εξελικτικές διαδικασίες.

Όπως οι άνθρωποι με τις μεταναστεύσεις και τις διασταυρώσεις σκορπίστηκαν στις πέντε ηπείρους, οι απλότυποι μεταβλήθηκαν από τόπο σε τόπο από τυχαίο ανακάτωμα, φυσική επιλογή, μεταλλάξεις και άλλους γενετικούς μηχανισμούς. Ως αποτέλεσμα ένας δεδομένος απλότυπος είναι δυνατόν να υφίσταται με διάφορες συχνότητες σε διάφορους πληθυσμούς. Θα πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι πολλές φορές σε δύο άσχετα άτομα υπάρχει διαφορά μόνο σε μια νουκλεϊνική βάση από τα τρία δισεκατομμύρια που συνιστούν το ανθρώπινο γονιδίωμα. Κάθε άνθρωπος διαθέτει χαρακτηριστικά σημεία SNP (Single Nucleotide Polymorphism), δηλαδή μοναδικούς πολυμορφισμούς των νουκλεϊνικών αλληλουχιών. Αυτές οι μικρές παραλλαγές ανάμεσα στα γονίδια, εκτιμάται ότι απαντούν ανά 100-300 βάσεις, θεωρούνται τα «καρυκεύματα» της ζωής, είναι κρίσιμα για την κατανόηση πολλών ασθενειών και την ανακάλυψη νέων φαρμάκων.

Δηλαδή HAP-MAP σημαίνει μόρια DNA που έχουν κληρονομηθεί αμετάβλητα. Έτσι ίσως δοθούν απαντήσεις γιατί ορισμένα άτομα είναι πιο επιρρεπή σε ορισμένες ασθένειες, άλλα πιο ευαίσθητα σε κάποια φάρμακα τα οποία σε άλλους ανθρώπους είναι αναποτελεσματικά. *Έτσι ανοίγεται ο δρόμος για την εξατομικευμένη θεραπευτική σε συνάρτηση με το προσωπικό γονιδίωμά μας*. Η χρήση των νέων γενεών υπερυπολογιστών (super computer) και των ακολουθούντων κβαντικών υπολογιστών, πολύτιμων βοηθών για τη βιοπληροφορική, θα οδηγήσουν σε μια ιατρική επανάσταση και τον εντοπισμό των γονιδίων που ευθύνονται για τις μεγάλες μάστιγες της ανθρωπότητας όπως οι καρκίνοι, οι καρδιοπάθειες, οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες, ο διαβήτης κ.λπ.. Μεγάλες προσδοκίες για μια καλύτερη ζωή.

## Η μεγάλη αλυσίδα των όντων

– Η εμμονή μας να τοποθετούμε τον εαυτό μας στην κορυφή της τεράστιας αλυσίδας των όντων δείχνει ότι έχουμε βαθιά ψυχολογική ανάγκη να θεωρούμε

τον εαυτό μας το αποκορύφωμα, τον Κολοφώνα της Δημιουργίας, συνέχισε ο Κάρολος.

– Τι ταπεινοφροσύνη αλήθεια! παρατήρησε ο Πλάτων.

– Η βιοποικιλότητα σε μυριάδες διαφόρων ειδών εντόμων, φυτών, ζώων θαλασσινών οργανισμών και μικροοργανισμών συνιστούν αδήριτη απόδειξη της τύχης και της αναγκαιότητας σε αυτόν τον αδυσώπητο αγώνα για εξέλιξη, για βελτίωση, σ' αυτόν τον πόλεμο ανάμεσα στην τάξη και την αταξία, τη δημιουργία τάξης από το χάος και αντίθετα, συνέχισε ο Κάρολος.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία σε ένα οικοσύστημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγικότητά του. Τελευταίες μελέτες έδειξαν ότι η μεγαλύτερη παραγωγικότητα είναι αποτέλεσμα συμπληρωματικών δράσεων, τις οποίες χρησιμοποιούν τα διάφορα είδη.

Τώρα λοιπόν έχει αρχίσει μία γιγαντιαία προσπάθεια για την αποκωδικοποίηση του γονιδιώματος 1.200 περίπου οργανισμών από διάφορα είδη, όπως σας είπα. Η συγκριτική μελέτη των διαφορών και των ομοιοτήτων ανάμεσά τους, όχι μόνο θα μας διαφωτίσει για το ρόλο τους, της εξελικτικής τους διαδικασίας, αλλά θα βοηθήσει και στην εδραίωση μεθόδων βελτίωσης των θεραπευτικών μεθόδων.

## Η συνθετική βιολογία – Μια νέα προσπάθεια

– Το Νοέμβριο του 2005, συνέχισε ο Κάρολος, 17 ομάδες επιστημόνων συναντήθηκαν σ' ένα από τα πιο διάσημα Πολυτεχνεία του κόσμου στο MIT, για το πρώτο διεθνές διακολεγιακό συνέδριο με αντικείμενο την κατασκευή μηχανών με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής (Intercollegiate Genetically Engineered Machine – IGEM).

Εκεί βρέθηκαν νεαροί σπουδαστές απ' όλο τον κόσμο, σε ένα διεθνή ανταγωνισμό για την κατασκευή οργάνων και μηχανών, των οποίων τα δομικά υλικά είναι αποκλειστικά βιολογικά, τα «biobricks», τα βιολογικά τούβλα, όπως χιουμοριστικά χαρακτηρίζονται, δηλαδή: βακτηρίδια, οργανίδια του κυττάρου, γονίδια, μόρια DNA, RNA, πρωτεΐνες.

Πρόκειται για την παντρειά της επιστήμης της μηχανικής με τη βιολογία, μία εξέλιξη επέκτασης της βιοτεχνολογίας. Είναι βέβαιο ότι *πολλά έχουν να μάθουν οι μηχανικοί από τους βιολόγους και αντίστροφα.* Οι πρώτοι στόχοι είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα, βιοαισθητήρες, πιο πολύπλοκα συστήματα, χρήσιμα στην πληροφορική, την ιατρική και τη χημεία. Η νέα αυτή τεχνολογία θα οδηγήσει σε νέα βιολογικά συστήματα και οργανισμούς, αλλά και τον ανασχεδιασμό υπαρχόντων. Γι' αυτό απαιτείται αυστηρή προσοχή και δεοντολογία, προκειμένου να τηρηθούν οι κανόνες της βιοηθικής.

Σίγουρα τα οφέλη και οι προσδοκίες είναι μεγάλες για τη δημιουργία ολοκληρωμένων μικροκυκλωμάτων (biochips), νέων φαρμάκων και νέων προϊόντων. Εξάλλου η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας και ο συνδυασμός της με τη συνθετική

βιολογία διανοίγει νέες τεράστιες προοπτικές στη γνώση και τις εφαρμογές. Αρκεί να τις υπηρετήσουμε με σύνεση και προσοχή.

Ας μην ξεχνάμε ότι ένα κύτταρο, ένας μονοκύτταρος οργανισμός, ένα βακτηρίδιο είναι ένα *απίστευτα καλά οργανωμένο εργοστάσιο με απίστευτες δυνατότητες.* Ένα παράδειγμα αποτελεί η τροποποίηση ενός από τα πιο κοινά βακτηρίδια, του αγαπητού στους βιοτεχνολόγους βακτηριδίου της καθημερινής ζωής – (του E. Coli εντεροβακτηριδίου)– ώστε να αντιλαμβάνεται το φως, δυνατότητα που δεν διαθέτει. Τα φυτά και ορισμένα βακτηρίδια χρησιμοποιούν μια τάξη πρωτεϊνών φωτοϋποδοχέων, τα φυτοχρώματα, για να ελέγχουν τη φωτοσύνθεσή τους (την παραγωγή ουσιών με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός). Με τη σύντηξη φωτοϋποδοχέων από ένα κυανοβακτηρίδιο σε «αόμματο» εντεροβακτηρίδιο, το τελευταίο άρχισε να βλέπει φως, γεγονός που είναι δυνατόν να οδηγήσει στη βακτηριακή μικρολιθογραφία υπό τη μορφή βιολογικού φιλμ.

Απεριόριστες είναι οι δυνατότητες της τεχνολογίας αυτής για εφαρμογές στη συνθετική χημεία. Οποιοδήποτε ζωντανό κύτταρο, από το αρχέγονο σφουγγάρι που ζει ακίνητο στο βυθό της θάλασσας, τη μονοκύτταρη αμοιβάδα, τα φυτικά κύτταρα, μέχρι τα κύτταρα των πολύπλοκων ζωικών οργανισμών, οι ικανότητές τους να συνθέτουν πολύπλοκα οργανικά μόρια είναι ανεξάντλητες. Κανένας χημικός που ασχολείται με την οργανική σύνθεση δεν είναι δυνατόν να προσεγγίσει ούτε καν να *διανοηθεί τις ικανότητες αυτές προ των οποίων με τις σημερινές γνώσεις μας μένουμε εμβρόντητοι και ταπεινοί. Η σύγχρονη οργανική σύνθεση που υπηρετούμε, συγκριτικά διανύει προνηπιακή ηλικία.*

Οι ικανότητες αυτές που αναπτύχθηκαν στ' ατέλειωτα χρόνια των βιολογικών εξελίξεων, οφείλονται σε σειρά από ενζυματικές αντιδράσεις όπου οι πρωταγωνιστές είναι οι βιοκαταλύτες, τα ένζυμα: δηλαδή καταλυτικά ενεργές πρωτεΐνες. Εφ' όσον όμως πρόκειται περί πρωτεϊνών το πρόβλημα μετατίθεται και πάλι σε ορισμένα γονίδια, δηλαδή τμήματα του μορίου του DNA, τα οποία δίνουν την εντολή για τη σύνθεση της πρωτεΐνης. Αν για παράδειγμα θέλουμε να φτιάξουμε το πιο ισχυρό και μοναδικό φάρμακο προς το παρόν για την ελονοσία, την *αρτεμισινίνη,* μια πολύπλοκη οργανική ουσία που συνθέτει το φυτό αρτεμίσιο (αλλά δυστυχώς σε μικρές ποσότητες, ενώ οι ανάγκες της ανθρωπότητας είναι τεράστιες), εντοπίζοντας τα γονίδια τα εντεταλμένα με την παραγωγή των ενζύμων, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση της αρτεμισίνης, έχουμε τη δυνατότητα συνθέτοντας τα γονίδια αυτά (κάτι που είναι εφικτό σήμερα) και εν συνεχεία τη μεταφύτευσή τους, για παράδειγμα, σε E. Coli (εντεροβακτηρίδιο, το οποίο πολλαπλασιάζεται με καταπληκτική ταχύτητα), θα ήταν δυνατόν να αυξήσουμε την παραγωγή του φαρμάκου κατά πολλές τάξεις μεγέθους, αλλά και να πετύχουμε τη μείωση του κόστους παραγωγής του.

– Λαμπρό παρουσιάζεται το μέλλον της συνθετικής βιολογίας, στην ιατρική, τη μικροηλεκτρονική και τις μεθόδους παραγωγής. Παράλληλη είναι η ανάπτυξη και της Χημικής Βιολογίας, η οποία θα βοηθήσει τις υπό ανάπτυξη χώρες του τρίτου κόσμου ν' απαλύνουν τις πληγές από τις μάστιγες που επικρατούν εκεί,

όπως το AIDS και την ελονοσία που προσβάλλει το 40% του πληθυσμού των χωρών αυτών. Είναι γνωστό ότι οι πληθυσμοί με προσβολή του ιού HIV [AIDS] είναι πλέον ευπρόσβλητοι από φυματίωση και ελονοσία. Περισσότεροι από 30 εκατομμύρια άνθρωποι αναμένεται να πεθάνουν από φυματίωση τα επόμενα δέκα χρόνια στις χώρες αυτές. Με τη μελέτη βιολογικών συστημάτων σ' επίπεδο μορίων είναι δυνατή η παραγωγή εμβολίων, νέων φαρμάκων, νέων διαγνωστικών μέσων που θ' ανακουφίσουν εκατομμύρια συνανθρώπων μας, παρατήρησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Ο Άρης Πατρινός, ένας άνθρωπος που έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου DNA, μαζί με τον Graig Venter, επίσης πρωταγωνιστή στην κούρσα της αποκωδικοποίησης, θα αποδυθούν μαζί σε ένα νέο, πολύ φιλόδοξο, πρόγραμμα: στη δημιουργία μικροβίων, τα οποία θα είναι προγραμματισμένα να λύσουν περιβαλλοντολογικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα ικανών να διασπούν τα μόρια της κυτταρίνης, του πιο άφθονου φυτικού υλικού, και υποπροϊόντος της γεωργικής παραγωγής προς σάκχαρο (γλυκόζη) και από αυτήν βιο-αιθανόλης ως καυσίμου.

Η επιτυχία και των δύο στα προηγούμενα εγχειρήματά τους δίνει ελπίδες και για το πρόγραμμα αυτό που διανοίγει νέους δρόμους για την ανακούφιση της ανθρωπότητας από τα προβλήματα που η ίδια δημιούργησε· ίσως όμως η σημασία του να είναι πολύ ευρύτερη. Για το πολύ σημαντικό όμως αυτό πρόβλημα θα έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε εκτενώς όταν αναφερθούμε στην ολέθρια επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον και το οικοσύστημα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά και στην αυστηρή δεοντολογία που θα πρέπει να διέπει τις έρευνες αυτές.

Όλοι συμφώνησαν γι' αυτό.

### Τα συνθετικά νέα μόρια RNA-DNA: X DNA

– Άκουσα, είπε ο Νίκος, ότι καταβάλλεται προσπάθεια να συντεθούν νέα μόρια RNA και DNA, χημικά τροποποιημένα, κι από αυτά ενδεχομένως να δημιουργηθούν νέα είδη οργανισμών.

– Πράγματι, αποκρίθηκε ο Κάρολος. Έγινε προσπάθεια προσθήκης βενζολικών δακτυλίων στα μόρια της διπλής έλικας του DNA. Τα νέα αυτά μόρια δύνανται να κωδικοποιήσουν περισσότερες γενετικές πληροφορίες, οι οποίες ενδέχεται να έχουν ευρύτερες εφαρμογές.

– Φοβάμαι ότι ανοίγουμε τους ασκούς του Αιόλου, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

– Βλέπεις η ανθρώπινη περιέργεια και επινοητικότητα δεν έχουν όρια, απάντησε ο Κάρολος.

– Αρκεί να έχουμε υπευθυνότητα και να γνωρίζουμε πού σταματάμε, είπε ο Πλάτων.

– Ο Θεός να βάλει το χέρι του, ψιθύρισε η Μάρθα. Όλες αυτές οι προσπάθειες πρέπει ν' αντιμετωπίζονται με πολλές επιφυλάξεις και δέος, γιατί άκουσα

και κάτι χειρότερο, επιχειρείται η σύντηξη ανθρώπινων κυττάρων ή γονιδίων με ζωικά. Αυτό θα πρέπει να είναι τερατώδες.

– Φυσικά, αποκρίθηκε ο Κάρολος, δεν είναι ηθικό να δημιουργήσουμε «χίμαιρες», εκτός αν πρόκειται αποκλειστικά για την ανακούφιση ασθενών χωρίς ελπίδα θεραπείας, τότε δεν θα έπρεπε να το αποκλείσουμε, αλλά βέβαια υπό αυστηρή επιτήρηση και δρακόντεια νομοθεσία.

– Τι ακριβώς είναι οι χίμαιρες; ρώτησε ο Νίκος.

– Πρόκειται για μυθολογικά τρίμορφα τέρατα, κόρες της Έχιδνας και του Τυφώνος, με ένα κεφάλι λιονταριού κι ένα κατσίκας και ουρά φιδιού, αποκρίθηκε ο Πλάτων.

– Δεν νομίζω ότι είναι στις προθέσεις κανενός τέτοιου είδους παιχνίδια, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Βλαστοκύτταρα (stem cells) – Κλωνοποίηση

– Ο όρος *κλώνος*, από τη γνωστή ελληνική λέξη που αναφέρεται στους βλαστούς, τα κλωνάρια των φυτών, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον H. Weber το 1903 για να περιγράψει μιαν αποικία οργανισμών που παρήχθησαν χωρίς σεξουαλική διαδικασία από έναν απλό πρόγονο, είπε ο Κάρολος. Αντίθετα με τα φυτά, πλήρεις ζωικοί οργανισμοί δεν ήταν δυνατό να αναπτυχθούν απευθείας από ζωικά κύτταρα, τα οποία έχουν αρχίσει να διαφοροποιούνται προς εξειδικευμένες μορφές. Από χρόνια οι βιολόγοι είχαν την απορία εάν πρόκειται για βιολογικό περιορισμό ή τεχνική δυσχέρεια. Για πρώτη φορά ο Gordon μετάμοσχευσε πυρήνες από κανονικά κύτταρα βατράχου σε ωάρια (μη γονιμοποιημένα) από τα οποία είχε αφαιρεθεί ο πυρήνας, δηλαδή το κέντρο των γενετικών πληροφοριών. Στη διαδικασία αυτή κλωνοποίησης είναι δυνατόν θεωρητικά να βασιστεί και η δημιουργία κλωνοποιημένων βρεφών. (Η μη σεξουαλική παραγωγή ενός νέου οργανισμού από ξένο δότη ή από τον ίδιο). Είναι δυνατό να πρόκειται για ομάδα κυττάρων, του αυτού είδους, προερχομένων από τον ίδιο πρόγονο ή ένα ακριβές αντίγραφο, ένα αντίγραφο κάποιου άλλου οργανισμού.

– Τίθεται τώρα το ερώτημα: είναι ικανός ο άνθρωπος να δημιουργήσει βιολογικά αντίγραφα (φωτοτυπίες) του εαυτού του; Η δημιουργία του προβάτου Dolly στα εργαστήρια της Σκωτίας αναθέρμανε τη συζήτηση για δημιουργία Frankenstein ή γενετικά προπροσδιορισμένων ατόμων ή την απόδοση ορισμένων επιθυμητών χαρακτηριστικών στους απογόνους μας, με μεθόδους της γενετικής μηχανικής – διαδικασίες που σίγουρα οφείλουμε να καταδικάσουμε αυστηρά, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

– Την κλωνοποίηση της Dolly, συνέχισε ο Κάρολος, ακολούθησαν κλωνοποιήσεις σε γάτες*, σκύλους και πολλούς άλλους οργανισμούς και μικροοργανισμούς. Κάπου-κάπου ακούγονται προσπάθειες για κλωνοποίηση βρεφών που

* Η τιμή μιας κλωνοποιημένης γάτας στις ΗΠΑ κυμαίνεται σε περίπου 30.000$ (2006).

ακολουθούνται από θύελλα διαμαρτυριών και προβληματισμών για την ηθική τέτοιων εγχειρημάτων. Το θέμα είναι και μεγάλο και αμφίπλευρο.

– Έχουμε το δικαίωμα να επεμβαίνουμε στη φυσική επιλογή και μέχρι πού είναι σκόπιμο να φτάσουμε; παρενέβη η Μάρθα αγανακτισμένη.

– Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι μόνο για ιατρικούς σκοπούς είναι δυνατό να διανοηθούμε τέτοιες επεμβάσεις, απάντησε ο Ιπποκράτης. Μόνο όταν δεν υπάρχουν άλλες λύσεις και όταν πρόκειται, για γενετικής προέλευσης ασθένειες, είναι δικαιολογημένη η έρευνα αυτή που σε πρώτα στάδια χρησιμοποιήθηκαν γονιμοποιημένα κύτταρα, από μόλις γονιμοποιηθέντα έμβρυα, όταν αρχίζουν οι διχοτομήσεις (blastocysts).

Ήδη η έρευνα στρέφεται στη δυνατότητα χρήσης βλαστοκυττάρων (stem cells) στη θεραπευτική. Πρόκειται για ανειδίκευτα κύτταρα που έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν εξειδικευμένα κύτταρα, για παράδειγμα αιμοσφαίρια. Πηγές τους είναι ο μυελός των οστών, κύτταρα από τον ομφάλιο λώρο και από τον πλακούντα ή τους όρχεις. Ήδη υφίσταται Τράπεζα (στο Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών) ομφαλοπλακουντιακού αίματος, από τον ομφάλιο λώρο των νεογέννητων και του πλακούντα. Η λήψη γίνεται με έγγραφη συναίνεση της δότριας. Τα κύτταρα αυτά καταψύχονται στους 190 βαθμούς υπό το μηδέν και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε ασθενείς που πάσχουν από σοβαρά αιματολογικά προβλήματα ή για τη μεταμόσχευση μυελού των οστών. Πιθανόν να είναι ο δρόμος για την καταπολέμηση τραγικών ασθενειών, όπως είναι οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες που καταλήγουν στη νέκρωση εγκεφαλικών κυττάρων, όπως στις περιπτώσεις Alzheimer, Huttington, Parkinson ή τη σκλήρυνση κατά πλάκας, συνέχισε ο Ιπποκράτης.

Οι Crick και Watson μετά την ανακάλυψη του DNA είπαν: *«Ανακαλύψαμε το μυστικό της ζωής»*. Πράγματι ήταν μια από τις μεγαλύτερες στιγμές των ανθρώπινων κατακτήσεων με τεράστιες προεκτάσεις. Σίγουρα τα γονίδια αντιπροσωπεύουν ένα από τα δύο θεμέλια της βιολογίας και της βιοϊατρικής. Το *δεύτερο είναι η βιολογία των βλαστοκυττάρων* (stem cells). Η ανακάλυψη των εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων το 1995 άνοιξε νέες απρόσμενες προοπτικές για την αντιμετώπιση κληρονομικών ασθενειών γενετικής προέλευσης, όπως και τη βελτίωση των διαδικασιών τεχνητής γονιμοποίησης, τις ρίζες του καρκίνου, του διαβήτη και των επιγενετικών ενζυμικών διαδικασιών, που η αλλοίωσή τους δημιουργεί ανώμαλες καταστάσεις και γήρανση.

Στα επόμενα χρόνια, χωρίς αμφιβολία, θα γίνουν σημαντικές πρόοδοι για να κατανοήσουμε τα βλαστοκύτταρα σε μοριακό επίπεδο και τα μυστήρια της διαφοροποίησής τους προς τα διάφορα κυτταρικά είδη του οργανισμού, για παράδειγμα εγκεφαλικά, ηπατικά, μυικά κ.λπ.. Διαφαίνεται ότι αυτός είναι ο δρόμος για τον ενδεχόμενο αναπρογραμματισμό των βλαστοκυττάρων προς ιστούς για μεταμοσχεύσεις οργάνων που σπανίζουν, όπου μάλιστα δεν θα υπάρχει ο κίνδυνος αποβολής του μοσχεύματος, αφού θα προέρχεται από τον ίδιο οργανισμό.

Προς το παρόν ο μόνος δρόμος αναπρογραμματισμού ενός ανεπτυγμένου

κυττάρου σ' ένα άλλο είναι η μεταφορά του πυρήνα του στο κυττόπλασμα ενός ωαρίου από το οποίο έχει αφαιρεθεί ο πυρήνας. Αυτό αντιπροσωπεύει τον κανονικό δρόμο που το ωάριο αναπρογραμματίζεται με την είσοδο του DNA του σπερματοζωαρίου και αρχίζει η δημιουργία ενός νέου απογόνου.

Εδώ όμως έχουμε πολλά ακόμη να μάθουμε. Οι ελπίδες για τις συναρπαστικές αυτές εξελίξεις έχουν αναπτερωθεί, όπως τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί η καλλιέργεια και ανάπτυξη των κυττάρων αυτών.

Θα πρέπει ακόμα να ληφθεί υπόψη η εμφάνιση «θορύβου»-λαθών κατά την έκφραση των γονιδίων, δηλαδή γενετικά ταυτόσημα κύτταρα και οργανισμοί υφίστανται σημαντική διαφοροποίηση ακόμη και υπό τις ίδιες περιβαλλοντολογικές επιδράσεις, κάτι που καθιστά προβληματική τη δημιουργία πιστών αντιγράφων ενός οργανισμού, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Κυνηγώντας την αθανασία μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα

– Οι προσπάθειες να μετατραπούν τα εμβρυϊκά βλαστικά κύτταρα (Embryonic Stem cells: ES) σε σπέρμα και ωάρια (germ cells) στοχεύουν ν' απαντήσουν στο ερώτημα πώς το σώμα παρασκευάζει τα γονίδια για τις επόμενες γενιές. *Το σπέρμα και τα ωάρια είναι τα βέλη αθανασίας του οργανισμού*. Παρότι δεν διαδραματίζουν κάποιο ρόλο για την καθημερινή επιβίωση, προσφέρουν το μόνο δρόμο να μεταβιβαστεί το γονιδίωμα στις επόμενες γενιές. *Ένα γονιμοποιημένο αβγό είναι κατά την έννοια αυτή αθάνατο*. Η σύντηξη ωαρίων (αβγού) και σπέρματος δεν οδηγεί μόνον στη δημιουργία ενός νέου όντος, αλλά – θεωρητικά τουλάχιστον – σε μιαν ατέλειωτη σειρά νέων γενεών.

Αν οι προσπάθειες μετατροπής των βλαστοκυττάρων ευοδωθούν οι συνέπειες θα είναι σημαντικές όχι μόνο γιατί δίνεται η ευκαιρία να μελετηθεί η ανάπτυξη των σημαντικών αυτών κυττάρων, αλλά διότι θα επιτρέψουν να πραγματοποιηθούν πειράματα μεταφοράς πυρηνικού υλικού χωρίς να απαιτούνται γυναίκες-δότριες ωαρίων, κάτι που θέτει προβλήματα βιοηθικής και δεοντολογίας.

– Να δούμε πού θα το φθάσετε, παρενέβη η Μάρθα.

– Οι μέχρι τώρα προσπάθειες με εμβρυϊκά κύτταρα (ES) ποντικών έδωσαν σπέρμα, ανίκανο όμως να γονιμοποιήσει ωάρια, απάντησε ο Ιπποκράτης. Φαίνεται ότι ο δρόμος είναι ακόμα μακρύς και ανηφορικός. Θα πρέπει να θυμίσουμε τα δεδομένα σύμφωνα με τα τελευταία πειράματα, όπως λόγου χάριν τη γέννηση μιας γάτας-κλώνου, η οποία δεν μοιάζει με αυτήν που θα ώφειλε να ήταν το αντίγραφο του πρωτοτύπου. Αν ληφθεί υπόψη και το μικρό ποσοστό επιτυχίας της πειραματικής κλωνοποίησης (περίπου 5%), καθώς και η μεγάλη θνησιμότητα των κλώνων, τότε είναι βέβαιο ότι αυτά που αγνοούμε σήμερα είναι πολύ περισσότερα από αυτά που γνωρίζουμε.

– Τα οποία σίγουρα είναι πολλά και εντυπωσιακά, συμπλήρωσε ο Πλάτων.

– Πάντως τελευταίες έρευνες στο Πανεπιστήμιο του Goettingen, με βλαστοκύτταρα από όρχεις νεογέννητων ποντικών, είπε ο Ιπποκράτης, δείχνουν ότι αυτά

είναι πολυδύναμα και είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν σε διάφορες μορφές κυττάρων. Αν και τα κύτταρα από ανθρώπινους όρχεις που λαμβάνονται κατά τις βιοψίες ήταν δυνατόν να παρουσιάζουν αντίστοιχες δραστηριότητες, θα άνοιγε ο δρόμος για την παραγωγή οργάνων συμβατών με το δότη τους και στο σημείο αυτό θα ήθελα να πω στη Μάρθα, απευχόμενος ν' αντιμετωπίσει τέτοια κατάσταση: Πόσο τραγικό είναι ν' αντιμετωπίζει κάποιος ανίατες χρόνιες ασθένειες ή τη γέννηση αυτιστικών παιδιών, χωρίς ελπίδα ίασης, για ν' αναλογιστεί πόσο χρήσιμες είναι οι έρευνες αυτές.

## Αναπρογραμματισμός των εμβρυϊκών κυττάρων (E.S.) – Βλαστοκύτταρα και η αναζήτηση της αθανασίας

***Είναι δυνατό να μας επισκευάσουν, να μας ξαναφτιάξουν;***

– Το πρόβλημα παραγωγής εμβρυϊκών κυττάρων δημιουργεί ηθικά και φιλοσοφικά διλήμματα, είπε ο Ιπποκράτης. Με το προχώρημα της ηλικίας υφίσταται γενικά μια μείωση της αναγεννητικής δυνατότητας των ιστών και το ερώτημα που τίθεται είναι εάν αυτό οφείλεται στην εγγενή ενηλικίωση των βλαστοκυττάρων ή μάλλον στο περιβάλλον του ενηλικιωμένου ιστού. Η διελεύκανση των ερωτημάτων αυτών είναι κρίσιμη για την επιτυχή θεραπευτική εφαρμογή των βλαστοκυττάρων στον ανερχόμενο τομέα της αναγεννητικής ιατρικής για την αντικατάσταση κατεστραμμένων ιστών και τις εκφυλιστικές ασθένειες που εμφανίζονται με τα γηρατειά.

Από τη μια μεριά αναλογιζόμαστε την αγωνία χιλιάδων συνανθρώπων μας που αναμένουν με λαχτάρα το δώρο της ζωής από κάποιο δότη που δεν βρίσκεται εύκολα, και μάλιστα συμβατό δότη, για την αντικατάσταση ιστών ή οργάνων του. Από την άλλη, αν πρόκειται για τη θυσία κάποιου εμβρύου, τίθεται το τεράστιο ηθικό ερώτημα: έχουμε το δικαίωμα αυτού του «φόνου», έστω για να σωθεί κάποια άλλη ζωή; καίτοι υπάρχουν και αυτοί που αμφισβητούν αν ένα έμβρυο συνιστά οργανισμό.

Πέραν όμως από την κλωνοποίηση, με στόχο τη δημιουργία «προσωποποιημένων» ιστών αντικατάστασης γηρασμένων ή ελαττωματικών ιστών, επιλύεται και το δυσχερές πρόβλημα εξεύρεσης των κατάλληλων οργάνων μεταμόσχευσης, αλλά περαιτέρω και το πρόβλημα της ασυμβατότητας, της αποβολής δηλαδή του μοσχεύματος, εφ' όσον πρόκειται για ιστό που δότης και χρήστης είναι το αυτό άτομο.

Η προσπάθεια στρέφεται και προς τον αναπρογραμματισμό των κυττάρων, που η επιτυχία του θα υπερπηδήσει αρκετά προβλήματα της κλωνοποίησης. Αναφέρεται τελευταία ότι κύτταρα στο μυελό των οστών και στο αίμα είναι πηγή αναπτυσσόμενων προδρόμων των *ωοκυττάρων* (oocytes) που ανευρίσκονται στις ωοθήκες. Προς το παρόν αμφισβητείται η ακρίβεια των ανακοινώσεων αυτών, οι οποίες όμως αν επαληθευτούν θα επιφέρουν επανάσταση, κυρίως στα προβλήματα έλλειψης γονιμότητας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις χημειοθεραπευτι-

κής αγωγής του καρκίνου με φάρμακα που προκαλούν αφορία στις γυναίκες.

Μια σημαντική ακόμα πρόοδος, που ανακοινώθηκε από Ιταλούς ερευνητές του Πανεπιστημίου του Μιλάνου στην ετήσια συνάντηση της Ευρωπαϊκής Εταιρείας για την ανθρώπινη αναπαραγωγικότητα και την εμβρυολογία: ανθρώπινα εμβρυϊκά κύτταρα παρήχθησαν επιτυχώς χωρίς να χρησιμοποιηθούν γονιμοποιημένα ωάρια. Αυτό αναιρεί τους ηθικούς ενδοιασμούς εφ' όσον πλέον δεν πρόκειται περί εμβρύων, αλλά απλών ωαρίων. Βέβαια και εδώ υφίστανται προβλήματα δεδομένου του περιορισμένου αριθμού ωαρίων που παράγει μια γυναίκα, αλλά και της τάσης που υφίσταται για κατάψυξη του τυχόν πλεονάσματος. Πάντως είναι ένα σημαντικό βήμα προόδου.

Με αναπρογραμματισμό του πυρήνα, δηλαδή του DNA, είναι δυνατή η πολυδυναμικότητα. Η κλωνοποίηση των θηλαστικών, από διαφοροποιημένα κύτταρα του δότη έχει αναιρέσει το παλιό δόγμα ότι η ανάπτυξη είναι ένα μη αντιστρεπτό φαινόμενο. Έχει δειχθεί ότι τα ωοκύτταρα είναι δυνατόν να αναπρογραμματίσουν έναν «ενήλικο» ανεπτυγμένο πυρήνα στην εμβρυϊκή κατάσταση και ο αναπρογραμματισμός να απολήξει στην ανάπτυξη ενός νέου οργανισμού. Η προοπτική παραγωγής ειδικών εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων του ασθενή, με μεταφορά πυρήνων, ενισχύει τη δυνατότητα χρήσης αυτής της τεχνολογίας στην αναγεννητική ιατρική. Η πρόκληση για το μέλλον είναι να μελετηθούν εναλλακτικές λύσεις μεταφοράς πυρήνων, έτσι ώστε να επαναληφθεί ο αναπρογραμματισμός μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα, χωρίς τη χρήση ωαρίων ώστε ν' αποφευχθούν οι ηθικοί και ψυχολογικοί προβληματισμοί, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

## Πώς δημιουργούνται αβγά και σπέρμα

Το λόγο τώρα πήρε ο Κάρολος.

– Τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα (E.S.) είναι δυνατόν ν' αναπτυχθούν σε πολλούς εξειδικευμένους τύπους κυττάρων στο εργαστήριο (σε τριβλία). Από τις εργασίες των Geissen, Huhner και Toyooka, φαίνεται ότι είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πρωτογενή γενετικά κύτταρα (germ cells), τα οποία στη συνέχεια σχηματίζουν σπέρμα και αβγά.

Θεωρητικά οι εργασίες αυτές που έγιναν σε μύγες και ποντικούς είναι δυνατόν να επεκταθούν και στους ανθρώπους. Βέβαια η εξέλιξη αυτή δημιουργεί ηθικά προβλήματα, αλλά και μεγάλες ελπίδες για τη θεραπευτική.

Τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα έχουν εξαιρετική ικανότητα –ανάλογα με τις συνθήκες καλλιέργειάς τους– είτε να πολλαπλασιάζονται συνεχώς είτε ν' αναπτύσσουν σειρές εξειδικευμένων κυττάρων.

Οι παραπάνω ερευνητές, εργαζόμενοι ανεξάρτητα, απομόνωσαν από πρωτογενή κύτταρα τους προδρόμους σπέρματος και ωαρίων, τα οποία και αναπτύσσονταν με ταχείς ρυθμούς. Βέβαια υπάρχει ακόμη πλήθος προβλημάτων που πρέπει να μελετηθούν και να επιλυθούν, δεδομένων και των αντιδράσεων που οι πειραματισμοί αυτοί δημιουργούν. Δεδομένης όμως της σημασίας που έχουν

για την ιατρική, όπου δημιουργούνται απρόσμενοι νέοι δρόμοι για τη θεραπεία ανίατων ασθενειών αξίζει τον κόπο η περαιτέρω μελέτη.

Για παράδειγμα αν τα συνθετικά αυτά αβγά (ωάρια) απομονωθούν από το γενετικό υλικό τους, θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως υποδοχείς-αποδέκτες, για πυρήνες ή γενετικό υλικό από ανεπτυγμένα κύτταρα, όπως δερματικά. Αν αυτά τα ανασυντεταγμένα κύτταρα αναπρογραμματιστούν μέχρι το στάδιο των βλαστοκυττάρων, θα είναι ίσως δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή νέων εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων και να παράγουν ειδικούς τύπους κυττάρων για μεταμοσχεύσεις. Κατ' αναλογία θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα ωάρια αυτά για την παραγωγή ιστών, για παράδειγμα σε πολύπλοκες ασθένειες όπως ο διαβήτης.

Η πρόοδος εδώ περιπλέκεται από τη δυσκολία εξεύρεσης ανθρώπινων ωαρίων, η χρήση των οποίων δημιουργεί και ηθικά και νομικά προβλήματα. Πάντως η ικανότητα να μελετηθούν τα ανθρώπινα βλαστοκύτταρα μάς δίνει αφάνταστες νέες δυνατότητες για τη θεραπευτική αλλά και ν' αδράξουμε ευκαιρίες μελέτης της προέλευσης και του πεπρωμένου μας με τρόπους που δεν μπορούμε να φανταστούμε σήμερα. Η πρόοδος εδώ θα είναι εκθετική.

Ο R. Lanza, στο κέντρο προχωρημένης κυτταρικής τεχνολογίας στο Worcester, ανέπτυξε μια μέθοδο παραγωγής ανθρώπινων εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων, χωρίς να καταστρέφεται το έμβρυο. Ξεκινώντας από ένα κύτταρο του εμβρύου (κάτι που σήμερα γίνεται για διαγνωστικούς λόγους) προχωράει σε γονιμοποίηση στο εργαστήριο. Μακάρι να επιτύχει! Θα είναι η ιδανική λύση, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Η τελομεράση

– Στο τέρμα των ευκαρυωτικών χρωμοσωμάτων (τελομερή) δρα η τελομεράση, ένα ένζυμο «πηγή νιότης» και «αθανασίας» των κυττάρων. Το ένζυμο επιτρέπει ταχεία ανάπτυξη των κυττάρων χωρίς προβλήματα γήρανσης. Σημαντικός είναι ο ρόλος του στην ανάπτυξη των εμβρυϊκών κυττάρων. Ένα ακόμη ελπιδοφόρο μήνυμα για την ιατρική και τις ρυτίδες.

## Γονίδια πλεονεκτημάτων;

### *Η νέα τεχνητή ελίτ*

Στο σημείο αυτό επενέβη ο Νίκος, του οποίου το κοινωνιολογικό υπόβαθρο του δημιουργούσε ανησυχία.

– Όπως λέει ο σύγχρονος φιλόσοφος Fr. Fukuyami: *οι κοινωνικές ελίτ δεν θα μεταβιβάζουν απλά τα κοινωνικά πλεονεκτήματά τους, αλλά θα τα ενσωματώνουν και γενετικά.* Στα γονίδια δηλαδή θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν εκφάνσεις συμπεριφοράς, ακόμα η ομορφιά και η ευφυΐα αλλά και η ανταγωνιστικότητα και η εργατικότητα.

Δύσμοιρη ανθρωπότητα, συνέχισε ο Νίκος, τι σε περιμένει αν δεν συνετιστείς και δεν βάλεις φρένο σε ασύδοτες εφαρμογές της γενετικής!

Τότε επενέβη ο Κάρολος.

– Όμως, είπε, και ο αντίλογος έχει επιχειρήματα: δεν είναι άδικη η γενετική λοταρία που ισχύει βιολογικά και παράγει τυχαία πλάσματα με κουσούρια και πλεονεκτήματα;

– Ο δρόμος αυτός, απάντησε ο Νίκος, εφαρμοσμένος στους αιώνες μοιάζει λιγότερο επικίνδυνος κοινωνικά απ' ό,τι η συνειδητή δημιουργία «αριστοκρατών», για να θυμηθούμε την αλήστου μνήμης «Αρεία Φυλή» του Χίτλερ.

– Η απαγόρευση εφαρμογών της βιοτεχνολογίας για την επιβολή ανθρώπινων χαρακτηριστικών και η θέσπιση κανόνων δεοντολογίας είναι επιβεβλημένη, είπε ο Κάρολος, αλλιώς θα δημιουργηθούν νέες αντιπαλότητες ανάμεσα στις βιολογικές ανισότητες που θα δημιουργηθούν τεχνητά.

– *Οδυνηρά διλήμματα που απαιτούν υπεύθυνους, συνετούς, παιδευμένους χειριστές, αλλιώς νέα δεινά απειλούν την ανθρωπότητα,* είπε η Μάρθα.

## Το δώρο του Ήλιου: οι υδατάνθρακες

– Θα ήταν σκόπιμο να μας φωτίσεις λίγο σχετικά με τα βασικά μας τρόφιμα, τις ενεργειακές πηγές μας: τους υδατάνθρακες και τα λιπαρά, είπε ο Ιπποκράτης.

– Θα το κάνω ευχαρίστως, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

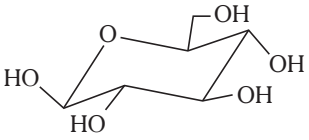
Η ανθρώπινη ζωή είναι συνυφασμένη με τους *υδατάνθρακες.* Οι ενεργειακές μας ανάγκες ικανοποιούνται κατά κύριο λόγο απ' αυτούς, είτε πρόκειται για *ζάχαρη* που την αγοράζουμε στα σούπερ-μάρκετ, είτε για *γλυκόζη* ή *φρουκτόζη* που την τρώμε με τα φρούτα και το μέλι, είτε για *άμυλο* που μας προμηθεύουν οι πατάτες, το ρύζι, το ψωμί, τα όσπρια. Ακόμα, πολλά υλικά καθημερινής ανάγκης παράγονται από έναν άλλο υδατάνθρακα, την *κυτταρίνη,* την αφθονότερη οργανική ουσία που υπάρχει στη φύση, σκελετική ουσία όλων των φυτών και κύριο συστατικό του ξύλου, που όμως δεν είναι αφομοιώσιμη από τον ανθρώπινο τουλάχιστον οργανισμό, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται ως τροφή, πρέπει όμως, για άλλους λόγους, να περιλαμβάνεται στο διαιτολόγιο, όπως θα δούμε.

Οι υδατάνθρακες, όπως και τ' όνομά τους δείχνει, αποτελούνται από *άνθρακα, οξυγόνο* και *υδρογόνο,* τα δύο τελευταία στις αναλογίες του «ύδατος». Οι υδατάνθρακες καίγονται σχετικά εύκολα, αποδίδοντας ενέργεια. Οι μονοσακχαρίτες, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη και το άμυλο, υπό μορφή τροφίμων, είναι τα συνηθισμένα καύσιμα του κάθε κυττάρου, επομένως όλων των ζωντανών οργανισμών, απλών ή πολυσύνθετων. Η κυτταρίνη, αντίστοιχα, με τη μορφή ξύλου, μας ζεσταίνει όταν καίγεται στο τζάκι, μας βοηθάει να φτιάξουμε ζεστά σπίτια και έπιπλα. Αποτελεί όμως συγχρόνως μια σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή πλήθους προϊόντων, όπως χαρτιού, ρεγιόν, δυναμίτιδας, πλαστικών, βερνικιών κ.ά..

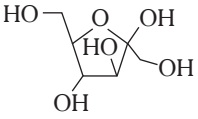
Οι υδατάνθρακες, που έχουν γλυκιά γεύση, είναι οι μονοσακχαρίτες. Εδώ

ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΖΗΣ
(Το πιο συνηθισμένο καύσιμο παντός εμβίου)



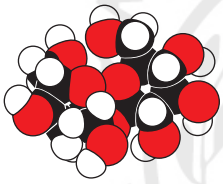



ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΗΣ ΦΡΟΥΚΤΟΖΗΣ
(Ένα από τα σάκχαρα των φρούτων και του μελιού)



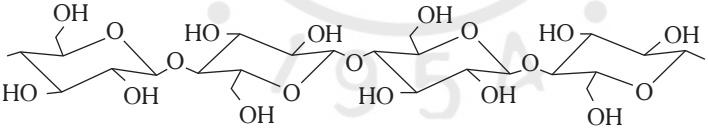



ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΗΣ ΣΑΚΧΑΡΟΖΗΣ
Η συνηθισμένη ζάχαρη (Ένας δισακχαρίτης)

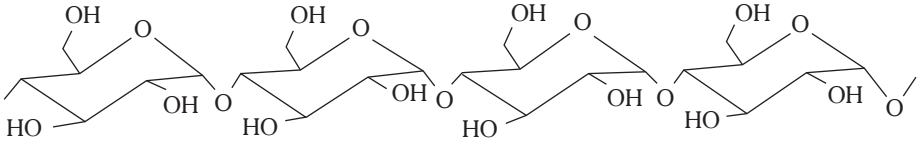





ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ
(Το κύριο συστατικό του ξύλου)




ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ
(Το κύριο συστατικό των δημητριακών, της πατάτας, του ρυζιού, των σιτηρών)




*Είναι σαφής η διαφορά μεταξύ κυτταρίνης και αμύλου στις γέφυρες οξυγόνου που ενώνουν τα μόρια γλυκόζης. Αυτή η διαφορά είναι αρκετή, ώστε οι τηγανητές πατάτες ν' αποτελούν λιχουδιά, ενώ τα τηγανητά ροκανίδια δεν αρέσουν σε κανέναν.*

ανήκουν τα πιο απλά σάκχαρα, όπως η *γλυκόζη,* η *φρουκτόζη,* η συνηθισμένη *ζάχαρη* ή *σακχαρόζη,* όπως λέγεται, η οποία όμως είναι δισακχαρίτης, αποτελείται δηλαδή από ένα μόριο γλυκόζης συνδεμένο με ένα φρουκτόζης. Οι ολιγοσακχαρίτες, όπως οι παραπάνω, απαντούν κυρίως στα φρούτα, το μέλι, τα παντζάρια, το ζαχαροκάλαμο και λιγότερο στα λαχανικά.

Στο φυτικό βασίλειο τους υδατάνθρακες τους βρίσκουμε κυρίως στην αποθηματοποιημένη μορφή τους, που χαρακτηρίζεται από τη μεγαλομοριακή δομή τους. Στις περιπτώσεις αυτές εκατοντάδες μόρια γλυκόζης έχουν συνενωθεί μεταξύ τους για να σχηματιστούν τα μόρια του πολυσακχαρίτη, όπως του αμύλου στις πατάτες, στο ρύζι, το σιτάρι, τα δημητριακά, τα όσπρια ή της κυτταρίνης στο ξύλο όλων των φυτών.

Τα μεγάλα αυτά μόρια, αντίθετα από τους μονοσακχαρίτες, δεν έχουν γλυκιά γεύση και δεν διαλύονται στο νερό. Τα μόρια των πρωτεϊνών είναι πιο πολύπλοκα, γιατί οι δομικοί τους λίθοι είναι είκοσι, *τα είκοσι αμινοξέα.* Αντίθετα, στους πολυσαχκαρίτες ο δομικός λίθος είναι συνήθως ένας, όπως το μόριο της γλυκόζης, τόσο στο άμυλο όσο και στην κυτταρίνη· υπάρχουν όμως και πιο πολύπλοκοι υδατάνθρακες με σημαντική βιολογική δράση, όπως θα δούμε.

Παρότι η κυτταρίνη και το άμυλο συντίθενται από τον ίδιο δομικό λίθο, έχουν φανερά διαφορετικές ιδιότητες, οι οποίες δεν οφείλονται τόσο στο διαφορετικό αριθμό μορίων γλυκόζης, που συμμετέχουν στην κατασκευή των μορίων τους, όσο στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται στο χώρο τα μόριά τους.

Η στερεοχημική αυτή διαφορά είναι αρκετή, ώστε τα ένζυμα που διασπούν το άμυλο σε γλυκόζη να είναι τελείως αδρανή στην περίπτωση της κυτταρίνης και αντίστροφα. Αυτό δεν είναι καθόλου δυσνόητο, αφού τα ένζυμα είναι ειδικευμένοι καταλύτες, και οι οποίοι όπως είπαμε για να δράσουν μ' ένα υπόστρωμα πρέπει να έχουν σχέση κλειδιού με κλειδαριάς. Ο άνθρωπος διαθέτει στο στόμα και στο πεπτικό του σύστημα ένζυμα ικανά να διασπούν το άμυλο σε γλυκόζη, όχι όμως και την κυτταρίνη, η οποία κατά το μεγαλύτερο μέρος εξάγεται στα περιττώματα. Έτσι, οι τηγανητές πατάτες αποτελούν μια εύγεστη λιχουδιά, δεν συμβαίνει όμως το ίδιο με τα τηγανητά ροκανίδια. Εξάλλου, υπάρχουν οργανισμοί που διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα που διασπούν την κυτταρίνη, όπως τα μηρυκαστικά, οι τερμίτες και πολλοί μικροοργανισμοί, όπως το σαράκι.

Θα πρέπει πάντως να τονιστεί ότι οι ξυλώδεις τροφές (πλήρη δημητριακά, όσπρια, φρούτα, λαχανικά), παρότι τα ξυλώδη συστατικά τους δεν αφομοιώνονται, έχουν ευεργετική δράση στο πεπτικό σύστημα, γιατί υποβοηθούν την κινητικότητά του. Ένα μικρό ποσοστό κυτταρίνης μετατρέπεται στα έντερα, από ενδημούντα βακτηρίδια, σε αέρια, κυρίως *μεθάνιο,* τα οποία επίσης μηχανικά διευκολύνουν την πέψη, όπως, κατά τη διαδρομή τους προς την έξοδο, ανακινούν τα έντερα. Τα φασόλια, για παράδειγμα, πλούσια σε κυτταρίνη, δίνουν τ' αέρια μηνύματά τους ύστερα από ένα καλό γεύμα, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι υδατάνθρακες, είτε ως μονοσακχαρίτες, είτε ως πολυσακχαρίτες, συνι-

στούν την κυριότερη ενεργειακή πηγή του πλανήτη. Μέσα στους δεσμούς των ατόμων άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου έχει εγκλειστεί η ηλιακή ενέργεια που συλλαμβάνεται από τα φυτά και την εκμεταλλεύονται τόσο τα ζώα όσο και οι άνθρωποι.

Αν το σώμα μας διατηρείται ζεστό στους 36,5 βαθμούς, ανεξάρτητα αν κάνει παγωνιά ή κάψα, αν η καρδιά μας πάλλει με 75 παλμούς το λεπτό, αν ανασαίνουμε, αν περπατάμε ή πηδάμε ή αν κάνουμε έρωτα ή στοχαζόμαστε, αυτό οφείλεται στην αέναη καύση μορίων γλυκόζης, η οποία από το πεπτικό μας σύστημα μεταφέρεται με το αίμα μέχρι και τα τελευταία κύτταρα του κορμιού μας και κυρίως στον εγκέφαλο, τον μεγαλύτερο όπως είπαμε καταναλωτή γλυκόζης στο ανθρώπινο σώμα.

Η καύση των μορίων των υδατανθράκων με το οξυγόνο της αναπνοής, μας δίνει περίπου τέσσερεις θερμίδες ανά γραμμάριο ζάχαρης ή αμύλου που τρώμε. Αν κάποιος τρώει περισσότερους υδατάνθρακες απ' αυτούς που χρειάζεται για τις ενεργειακές του ανάγκες, τότε η ποσότητα που περισσεύει μετατρέπεται σε λίπος, το οποίο αποτίθεται στους διάφορους ιστούς με δυσάρεστα τότε αισθητικά όσο και για την υγεία αποτελέσματα. Αυτή η μετατροπή της ζάχαρης ή μιας καλής μακαρονάδας σε λίπος, ίσως δεν είναι αυτονόητη, αλλά όλοι γνωρίζουμε τη διατροφή των φυτοφάγων ζώων, στο διαιτολόγιο των οποίων αν και δεν περιλαμβάνονται λίπη ή λάδια παρά μόνο χορταρικά, αυτό δεν τα εμποδίζει να δημιουργούν άφθονο ξίγκι.

Ένας υγιής άνθρωπος διατηρεί σταθερό το ποσοστό σακχάρου (γλυκόζης) στο αίμα του (60-120 χιλιοστά του γραμμαρίου σε εκατό κυβικά εκατοστά αίματος), ανεξάρτητα αν τρώει φρούτα, γλυκά, ψωμί, ρύζι, πατάτες, όσπρια· βέβαια σε λογικές ποσότητες. Αυτό ρυθμίζεται μ' έναν θαυμαστό μηχανισμό ανάδρασης, χάρη στην ορμόνη διαθεσιμότητας της ενέργειας που παράγει το πάγκρεας, την *ινσουλίνη*. Στην περίπτωση του σακχαροδιαβήτη υπάρχει μειωμένη παραγωγή ινσουλίνης και το ποσοστό σακχάρου στο αίμα πλεονάζει. Σ' έναν υγιή δηλαδή οργανισμό, αν η γλυκόζη πλεονάζει, η ινσουλίνη τη μετατρέπει στο συκώτι σε αποθεματικό ζωικό άμυλο, αλλά κι ένα μέρος το αποθηματοποιεί ως λίπος. Στο πάγκρεας, όμως, παράγεται και μια δεύτερη ορμόνη, το *γλουκαγόνο,* που, αντίθετα, σε περίπτωση έλλειψης κινητοποιεί τα λίπη και ξαναελευθερώνει γλυκόζη για τις ενεργειακές ανάγκες. Πρόκειται για την *ορμόνη των ενεργειακών αναγκών,* έναν ακόμα θαυμαστό μηχανισμό ανάδρασης, από τους πολλούς που θα μας δοθεί η ευκαιρία να συζητήσουμε.

Εξάλλου, όπως τα χρόνια περνάνε και τα γηρατειά έρχονται αδυσώπητα, η γλυκόζη έχει μια τάση να συνενώνεται με μόρια πρωτεΐνης, όχι ενζυματικά, αλλά όπως γίνεται και στο εργαστήριο στις αντιδράσεις που οι χημικοί ονομάζουν *τύπου Maillard**. Πρόκειται για το πρώτο στάδιο των αντιδράσεων αυτών, που οι νοικο-

* Πρόκειται γι' αντίδραση ανάμεσα στην αλδεϋδική ομάδα του σακχάρου και την αμινομάδα των αμινοξέων.

κυρές, κυρίως, ξέρουν εμπειρικά από το μαγείρεμα. Η τέχνη του μαγειρέματος, οι λαχταριστές μυρωδιές που αναδίνονται από τον τέντζερη όπως το φαΐ σιγοψήνεται, αφορά στην παραγωγή προϊόντων αντίδρασης ανάμεσα σε μόρια γλυκόζης, πρωτεϊνών και λίπους. Αυτή όμως η μη ενζυματική αντίδραση ανάμεσα σε μόρια γλυκόζης και πρωτεϊνών, που δεν γίνεται σε καθορισμένες από το ένζυμο θέσεις, αλλά σε τυχαίες, είναι πιθανόν, όπως προκύπτει από μελέτες που έγιναν στο Πανεπιστήμιο Rockfeller, να οδηγούν σε παραμόρφωση του πρωτεϊνικού μορίου, δομικού υλικού των κυτταρικών συστατικών, δηλαδή σε δυσκαμψία, σε μείωση της ελαστικότητας των κυττάρων και των ιστών, χαρακτηριστικών της γήρανσης.

Τα συνδεμένα ανώμαλα μόρια πρωτεΐνης με γλυκόζη απαντούν σε μεγαλύτερο βαθμό –όπως είναι ευκολονόητο– στους διαβητικούς, που έχουν μεγαλύτερο ποσοστό γλυκόζης στο αίμα τους. Έμμεσα ίσως να πρόκειται για μιαν ακόμα υποβοήθηση για την έναρξη απόθεσης *χοληστερίνης* (λιποπρωτεΐνης) στα αιμοφόρα αγγεία, δηλαδή την εμφάνιση της αθηροσκλήρωσης, που στους διαβητικούς αποτελεί σύνδρομο της αρρώστιας τους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ακόμα ότι οι υδατάνθρακες πρωταγωνιστούν στις διαδικασίες για την αναγνώριση των κυττάρων μεταξύ τους, αλλά και τους *μηχανισμούς ανοσοποίησης,* για τους οποίους θα μιλήσουμε αργότερα, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

**Φωτοσύνθεση, η σύλληψη της ηλιακής ενέργειας**

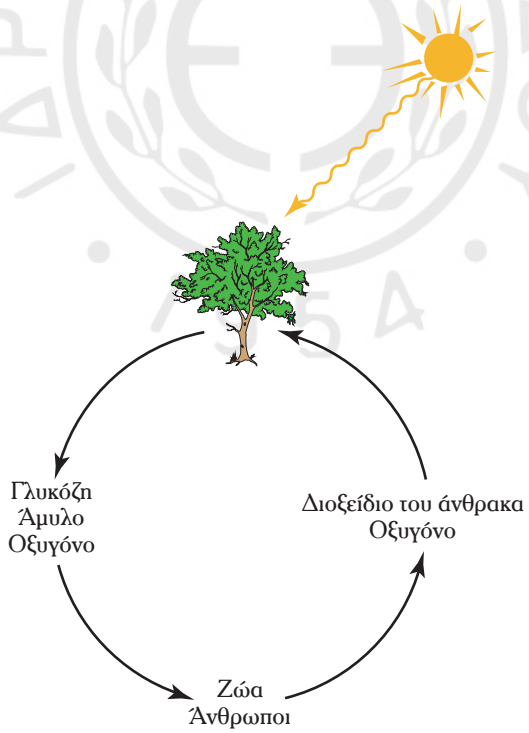
– Η ζωή στη Γη υφίσταται χάρη στην *ηλιακή ακτινοβολία,* αλλά και όπου υπάρχει ζωή, τουλάχιστον με τη γήινη μορφή της, είναι προϊόν αστρικού φωτός. Κάθε ζωική δραστηριότητα, από την κίνηση του χεριού μας και τη σκέψη μας ως τους διαστημικούς πυραύλους, όλα τροφοδοτούνται άμεσα ή έμμεσα από την ηλιακή ενέργεια. Απ' αυτή εξασφαλίζεται η θερμοκρασία του πλανήτη σε όρια που μπορούν να επιβιώνουν οι ζωντανοί οργανισμοί. Αυτή συντελεί στη δημιουργία των ανέμων, τη συντήρηση του υδρολογικού κύκλου και παρέχει την ενέργεια για την ανάπτυξη των φυτών. Χωρίς φυτά δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν ζώα, φυσικά και άνθρωποι πάνω στη Γη. Αν ο Ήλιος αποφάσιζε να μείνει σε έκλειψη ή τα φυτά απεργούσαν μερικά εικοσιτετράωρα, εμείς, οι εφήμεροι, ταπεινοί και αλαζόνες, άρχοντες και εξουσιαζόμενοι, θα εξαφανιζόμασταν από προσώπου Γης.

Ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας, ενσωματωμένο σε φυτά και μικροοργανισμούς που τάφηκαν κάτω από τη γήινη επιφάνεια πριν περίπου εξακόσια εκατομμύρια χρόνια, μετατράπηκε σε αποθέματα πετρελαίου, φυσικών αερίων και άνθρακα, στις συμβατικές δηλαδή ενεργειακές πηγές, που καταναλίσκουν ασυλλόγιστα οι βιομηχανικές κοινωνίες. Τ' αποθέματα όμως αυτά είναι ένα *άτοκο κεφάλαιο,* που δημιουργήθηκε με πολύ βραδύτητα. Τώρα, μέσα σ' έναν αιώνα, ο άνθρωπος κατάφερε να το κατασπαταλήσει έτσι, που τ' αποθέματά του να επαρκούν μόλις για μια-δυο γενιές ακόμα. Ευτυχώς, ο άνθρωπος κάπως έγκαι-

ρα στράφηκε στην πυρηνική ενέργεια, που βασίζεται στη στάχτη άλλων μακρινών αστεριών, όπως είναι το *ουράνιο*. Τώρα έχει την ελπίδα, την καταστροφική λαίλαπα της βόμβας υδρογόνου να τη μεταμορφώσει κάποτε –όχι πολύ μακριά από σήμερα– σε χαλιναγωγημένη ενέργεια ανάλογη με την ηλιακή, που θα παράγεται στη Γη άφθονη και καθαρή, χωρίς ραδιενέργεια, ακτινοβολίες και άλλες παρενέργειες. Η σύντηξη υδρογόνου βρίσκεται προ των πυλών και μαζί της θ' ανοίξει ένα εντελώς νέο κι απίθανο κεφάλαιο της ανθρώπινης ιστορίας.

Ένα μικρό ποσοστό, μόλις δισεκατομμυριοστά της κολοσσιαίας αυτής ενέργειας, φτάνει στη Γη. Απ' αυτήν την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη Γη, περίπου το ένα τέταρτο ανακλάται ξανά από τα σύννεφα και τη γήινη ατμόσφαιρα στο διάστημα, το μισό απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς και τη στεριά και μετατρέπεται σε ζωογόνο για τη ζωή θερμότητα –που διατηρεί τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στα συνήθη για τη ζωή επίπεδα– και το υπόλοιπο τέταρτο καταναλίσκεται στη δημιουργία του *υδρολογικού κύκλου*, δηλαδή στην εξάτμιση του νερού των θαλασσών, τη δημιουργία βροχών και ανέμων, που προκαλούνται από τις διαφορές θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του πλανήτη.

Τέλος, ένα ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας, πολύ μικρό, που αντιστοιχεί μόλις σε 0,0225% της συνολικής που προσπίπτει, απορροφάται από τα φύλλα των




*Το δώρο του Ήλιου: η φωτοσύνθεση.*

φυτών και χρησιμοποιείται στη *φωτοσύνθεση,* την πρωταρχική δηλαδή για την εκδήλωση της ζωής αντίδραση. Καταρχήν, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό μετατρέπονται μ' έναν θαυμαστό μηχανισμό μέσα στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων σε ζωογόνο οξυγόνο και υδατάνθρακες, δηλαδή ζάχαρη, άμυλο, κυτταρίνη. Στον κύκλο αυτόν του διοξειδίου του άνθρακα μετέχουμε όλοι. Τα φυτά φωτοσυνθέτουν υδατάνθρακες, αλλά ένα μέρος απ' αυτούς το καίνε τα ίδια για ν' αναπτυχθούν. Όλα τα έμβια καίνε υδατάνθρακες, αλλά και ο θάνατός τους ή η κατασπάραξή τους από άλλα έμβια οδηγεί πάλι σε παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, όπως αυτά καίγονται στα κύτταρα των θυτών τους. Αντίστοιχα, όλες οι μηχανές εσωτερικής ή εξωτερικής καύσης παράγουν διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό ανακυκλώνεται και πάλι με τη φωτοσύνθεση των φυτών. Κάθε χρόνο, υπολογίζεται ότι ποσότητα διακοσίων δισεκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα μετατρέπεται κατά τη φωτοσύνθεση σε υδατάνθρακες. Το ενεργειακό περιεχόμενο αυτής της ποσότητας είναι δεκαπλάσιο από τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας και διακοσιαπλάσιο από την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα τρόφιμα. Το σύνολο του διοξειδίου του άνθρακα του πλανήτη μας ανακυκλώνεται κάθε τριακόσια περίπου χρόνια, του οξυγόνου κάθε δύο χιλιάδες χρόνια και του νερού κάθε δύο εκατομμύρια χρόνια. Στη φωτοσύνθεση μετέχουν περίπου εβδομήντα πέντε εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα επιφάνειας φύλλων που φωτοσυνθέτουν. Ένα μέρος από τα προϊόντα που προκύπτουν από τη διαδικασία αυτή, αποτελούν οι τριακόσιοι εβδομήντα πέντε δισεκατομμύρια τόνοι τρόφιμα που θα καταναλώσουμε μέσα στη χρονιά. Ένα άλλο μέρος θα καταναλωθεί από τα ζώα, για να καταλήξουν κι αυτά άμεσα (κρέας) ή έμμεσα (γάλα, αβγά) στο πεπτικό μας σύστημα.

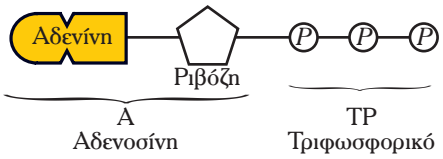
– Με την ευκαιρία αυτή, παρενέβη η Μάρθα, θα ήταν σημαντικό να μιλήσουμε για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα δυσάρεστα νέα για τον πλανήτη.

– Θα το δούμε εκτενώς μιαν άλλη βραδιά, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε.

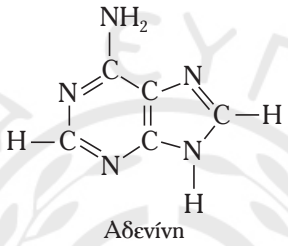
## Το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα

Τα φυτικά κύτταρα έχουν την ικανότητα, χάρη στους *χλωροπλάστες,* που δεν υπάρχουν στα ζωικά κύτταρα, να παγιδεύουν την ηλιακή ακτινοβολία, την πρωταρχική αυτή μορφή ενέργειας του πλανήτη μας. Οι χλωροπλάστες, που βρίσκονται σε κάθε πράσινο φυτικό κύτταρο, συνίστανται από ορισμένα κυλινδρικά σώματα με μορφή ράβδου, τα *κοκκία,* όπου τα μόρια της *χλωροφύλλης.* Σ' αυτό πραγματοποιείται μια σειρά από αλληλεξαρτώμενες βιολογικές και ηλεκτρονικές δράσεις, που τώρα βρίσκονται στο στάδιο της διαλεύκανσης, αν και δεν είναι δυνατή ακόμα η πλήρης εξιχνίαση των θαυμαστών φαινομένων που συμβαίνουν στο κατώφλι αυτό της ζωής.

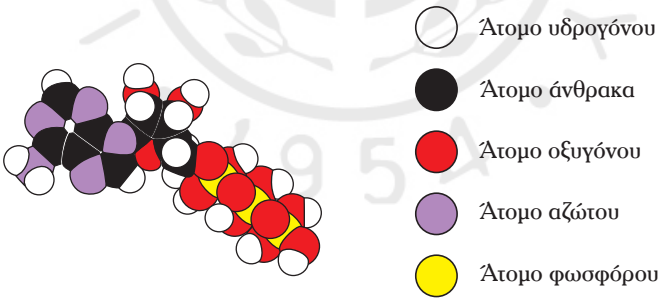
Τα *φωτόνια* από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς φτάνουν στο χλωροπλάστη του φυτικού κυττάρου και προσκρούουν πάνω στα μόρια της πράσινης χρωστικής, της *χλωροφύλλης,* διεγείρουν τα ηλεκτρόνιά της που μεταπίπτουν σε υψηλό-




*Το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα (ATP).*
*Η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) έχει ονομασθεί έτσι, γιατί αποτελείται από τις χημικές ενώσεις: αδενοσίνη, ριβόζη και τρεις φωσφορικές ομάδες. Καταναλίσκοντας ηλιακή ενέργεια, δηλαδή γλυκόζη, τα φωσφορικά μόρια παγαινοέρχονται και αποδίδουν την ενέργεια του Ήλιου, έτσι ζούμε.*




*Η δομή της αδενίνης.*
*Η αδενίνη και ένα σάκχαρο (με 5 άτομα άνθρακα), η ριβόζη, αποτελούν την αδενοσίνη, που είναι τμήμα του ATP.*




*ΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ ATP (ADENOSINO-TRI-PHOSPHATE)*
*Το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα*

*Στους δεσμούς αυτού του μορίου έχει αποθηκευτεί η ηλιακή ενέργεια και ελευθερώνεται, όταν χρειαστεί, με διάσπαση του μορίου προς Αδενοσινο-Δι-Φωσφορικό οξύ (ADP) και φωσφορικό οξύ:*

$$ATP \leftrightarrows ADP + \Phi\omega\sigma\phi o\rho\iota\kappa\acute{o}\ o\xi\acute{\upsilon} + E\nu\acute{\epsilon}\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$$

*Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση γλυκόζης με το οξυγόνο χρησιμοποιείται για να ανασυνταχθεί το μόριο του ATP.*

τερες ενεργειακές στάθμες. Αυτά τα διεγερμένα ηλεκτρόνια, μ' έναν πολύπλοκο μηχανισμό, μεταφέρονται με τη βοήθεια μορίων-δεκτών και προσφέρουν τελικά την ενέργειά τους για τη σύνθεση του μορίου του ATP, για το οποίο ξαναμιλήσαμε, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Κατά τη φωτοσύνθεση συμπαράγεται και οξυγόνο. Ένας βιοχημικός μηχανισμός, που ονομάζεται *οξειδωτικό ρολόι*, δίνει την ικανότητα στα φυτά αλλά και σε ορισμένα βακτηρίδια να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και να διασπούν τα μόρια του νερού σε οξυγόνο, πρωτόνια ($H^+$) και ηλεκτρόνια.

Ο μηχανισμός, με τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η διάσπαση, βασίζεται στη δημιουργία ενός μορίου οξυγόνου σε κάθε τέσσερεις χτύπους αυτού του ιδιότυπου βιολογικού ρολογιού. Πρόκειται για έναν κυκλικό μηχανισμό, κατά τον οποίο προσφέρονται ηλεκτρόνια στα μόρια της πράσινης χρωστικής, της χλωροφύλλης. Όπως κάθε φωτόνιο της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τη χλωροφύλλη, το ρολόι προχωράει κατά ένα βήμα οξειδωτικής βαθμίδας και απελευθερώνεται ένα ηλεκτρόνιο ($e^-$). Όταν ελευθερωθούν τέσσερα ηλεκτρόνια τότε γεννιέται ένα μόριο οξυγόνου ($O_2$) και το ρολόι επανέρχεται στην αρχική του θέση.

Το μόριο του ATP εναποθηκεύει την ενέργεια του Ήλιου σ' έναν χημικό δεσμό, το δεσμό του *φωσφορικού οξέος*. Η ενέργεια μένει εναποθηκευμένη μέχρι τη στιγμή που ο δεσμός σπάει και σχηματίζεται *αδενοσινο-διφωσφορικό οξύ* (ADP) και *φωσφορικό οξύ,* οπότε ελευθερώνεται για να χρησιμοποιηθεί. Η ενέργεια δηλαδή, είτε από τον Ήλιο (στην περίπτωση των φυτών), είτε από καύση τροφίμων, όπως γλυκόζης, γλυκεριδίων (στην περίπτωση των ζωικών οργανισμών), επενδύεται κατά το μεγαλύτερο μέρος για την παραγωγή μορίων ATP.

Η ενέργεια που απαιτείται για να συντεθεί το μόριο του ATP μπορεί να προέρχεται από δύο πηγές: την ηλιακή ενέργεια, στην περίπτωση των φυτών ή την ενέργεια που ελευθερώνεται κατά την οξείδωση μορίων γλυκόζης στα κύτταρα με την αναπνοή, στην περίπτωση των ζωικών οργανισμών που διατρέφονται από φυτά ή και ζωντανούς οργανισμούς. Βέβαια, και στη δεύτερη περίπτωση, έμμεσα πρόκειται για κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, αφού η δημιουργία μορίων γλυκόζης πραγματοποιείται από ηλιακή ακτινοβολία στα φυτά. Και στις δύο όμως περιπτώσεις (φωτοσύνθεση και αναπνοή), η εναλλαγή της ενέργειας πραγματοποιείται με την παρεμβολή του μορίου του ATP. Η ενέργεια δηλαδή, είτε προέρχεται από τον Ήλιο, είτε από οξείδωση οργανικών ουσιών, επενδύεται για την παραγωγή μορίων ATP.

Η ζωή, όπως θα δούμε, συνέχισε ο Κάρολος, σ' οποιοδήποτε επίπεδο και μορφή, δεν γράφεται μόνο στο ίδιο αλφάβητο των 24 γραμμάτων (των 20 αμινοξέων και των 4 πουρινών), αλλά ακολουθεί κοινό μηχανισμό, προκειμένου και για την εναλλαγή της ενέργειας, όπου χρησιμοποιεί ένα και μόνο νόμισμα: *το παγκόσμιο ενεργειακό νόμισμα*, το *μόριο του ATP*. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα ATP, που συντίθεται και αποσυντίθεται καθημερινά μέσα στον οργανισμό, είναι τόση, όσο το βάρος του σώματος, δηλαδή περίπου εβδομήντα κιλά.

Η ροή διεγερμένων ηλεκτρονίων από τα μόρια της χλωροφύλλης προς τους δέκτες, όσο υπάρχει φως, είναι συνεχής και συνιστά ηλεκτρικό ρεύμα. Παντού, πάνω στην επιφάνεια της Γης αμέτρητα ηλεκτρόνια απορροφούν και εκπέμπουν φως, κερδίζουν και χάνουν ενέργεια, ενώ μεταπηδούν από ένα επίπεδο ενέργειας σ' ένα άλλο. Χωρίς αυτήν τη διέγερση των ηλεκτρονίων, που ισοδυναμεί με τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος, η ζωή στον πλανήτη ίσως δεν θα είχε ξεκινήσει.

Έτσι, το μόριο της χλωροφύλλης μέσα στο χλωροπλάστη παράγει μια ελεγχόμενη ροή ηλεκτρονίων και η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια και ενσωματώνεται στα μόρια του ATP.

Το μόριο της γλυκόζης αποτελεί την αποθήκη της ηλιακής ενέργειας, που διαφυλάσσεται εκεί μέχρις ότου χρειαστεί και το ATP, το ενεργειακό νόμισμα, όπου επενδύεται η ενέργεια από την καύση της γλυκόζης.

Η φωτοσύνθεση, στοιχειώδης εργασία που συνδυάζει ηλεκτρονικές και χημικές αντιδράσεις, είναι εξαιρετικά οικονομική και αποτελεσματική, αφού ποσοστό μέχρι και 75% της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο φυτό μετατρέπεται σε χημική ενέργεια. Αντίστοιχα, σ' ένα ατμοκίνητο τρένο η μετατροπή σε χρήσιμη ενέργεια αντιστοιχεί μόλις στο 8% του καυσίμου.

## Αναπνοή, η εύκολη λύση

– Κατά τη φωτοσύνθεση, συνέχισε ο Κάρολος, παράλληλα με τα μόρια γλυκόζης παράγεται και οξυγόνο. Το μόριο αυτό είναι δώρο των φυτών στο έναυσμα της ζωής κάθε ζωικού οργανισμού. Οι αερόβιοι οργανισμοί, για τον προσποριστικό ενέργειας, βρίσκουν τη μέθοδο οξείδωσης της γλυκόζης από οξυγόνο πολύ πιο βολική από τη φωτοσυνθετική διαδικασία, που ακολουθούν τα φυτά.

Οι *χλωροπλάστες* στα φυτικά κύτταρα αποτελούν το εργοστάσιο όπου συλλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία· αντίστοιχα, τα *μιτοχόνδρια* συνιστούν τις ενεργειακές μονάδες όλων των οργανισμών, όπου τα μόρια των οργανικών ουσιών οξειδώνονται με το οξυγόνο και απελευθερώνουν ενέργεια, με την οποία ανασχηματίζεται το μόριο του ATP. «Ζω, σημαίνει καίω». *Τρώω* και *αναπνέω* είναι οι κοινές προτεραιότητες για την εκδήλωση της ζωής. Έτσι, αν το οξυγόνο λείψει, η ζωή σταματάει άμεσα. Αν τα τρόφιμα τελειώσουν, υπάρχουν αποθέματα στον οργανισμό (λίπος και υδατάνθρακες) για δύο περίπου μήνες ζωής. Το ίδιο συμβαίνει και με το καρμπυρατέρ ενός αυτοκινήτου: αν δεν υπάρχει αέρας το όχημα ακινητοποιείται αμέσως καίτοι υπάρχει βενζίνη στο αυτοκίνητο.

Τα ζωικά κύτταρα προσπορίζονται ενέργεια· ζουν, αποσπώντας την ενέργεια που είναι αποθηκευμένη κυρίως στα μόρια της γλυκόζης. Η διαδικασία αυτή ενεργοποιείται όταν το ζωικό κύτταρο αρχίζει να καταναλίσκει τα φυτικά κύτταρα και να εισπνέει το οξυγόνο που αποβάλλει το φυτό. Η αναπνοή, η κατανάλωση δηλαδή οξυγόνου, είναι για το ζωικό κύτταρο ότι η φωτοσύνθεση για το φυτικό.

Η πρόσληψη και η κατανάλωση του οξυγόνου, που εισέρχεται στον οργανισμό με την αναπνοή στους πνεύμονες και μεταφέρεται στους ζωικούς ιστούς με το αίμα, πραγματοποιείται με τη βοήθεια πρωτεϊνικών μορίων, δηλαδή της *αιμοσφαιρίνης* και της *μυοσφαιρίνης*. Η πρώτη αποτελεί το χονδροπωλητή, η δεύτερη το λιανοπωλητή οξυγόνου του οργανισμού.

Η αιμοσφαιρίνη είναι *χρωμοπρωτεΐνη*. Πρόκειται για το μεταφορέα οξυγόνου των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Το πρωτεϊνικό μόριο σχηματίζει θυλάκους, όπου συνδέεται το μόριο της ερυθράς χρωστικής, της *αιμίνης*, που περιέχει και σίδηρο ($Fe^{++}$) και είναι το ενεργό κέντρο του μορίου.

Η ζωή στον πλανήτη μας, είναι δυνατή χάρη σ' αυτό το διπλό θαύμα, που ονομάζεται *φωτοσύνθεση και αναπνοή*. Με τη φωτοσύνθεση αιχμαλωτίζεται η ηλιακή ακτινοβολία και χρησιμοποιείται για την παραγωγή (μέσω ATP) μορίων σακχάρου. Με την αναπνοή, τόσο το φυτικό όσο και το ζωικό κύτταρο προσλαμβάνουν οξυγόνο για να μετατρέψουν το σάκχαρο σε ενέργεια. Τα προϊόντα και των δύο αντιδράσεων είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό, από τα οποία: στην πρώτη περίπτωση (φωτοσύνθεση) μετατρέπονται στο μόριο του σακχάρου, στη δεύτερη καίγεται το σάκχαρο και ανασχηματίζεται το διοξείδιο του άνθρακα, που στη συνέχεια ανακυκλώνεται. Δηλαδή και τα ζωικά κύτταρα για να κινήσουν τους βιολογικούς μηχανισμούς τους χρειάζονται ATP, που το συνθέτουν όμως όχι άμεσα από την ηλιακή ενέργεια, αλλά έμμεσα, αποσπώντας την ενέργεια που έχει αποθηκευθεί στο μόριο της γλυκόζης.

Το οξυγόνο της ατμόσφαιρας παράγεται κατά τη φωτοσυνθετική διαδικασία, που πραγματοποιείται συνεχώς σε μυριάδες φυτικά κύτταρα, από τα απλά αγριόχορτα ως τα τεράστια δέντρα. Σε πολύ μεγαλύτερη ποσότητα, όμως, παράγεται στη θάλασσα. Εκεί, μικροσκοπικοί φυτικοί οργανισμοί – ορατοί με μικροσκόπιο– το *φυτοπλαγκτόν,* φωτοσυνθέτουν και δημιουργούν μαζί με τους υδατάνθρακες, τα γλυκερίδια και τις πρωτεΐνες, τεράστιες ποσότητες ζωτικού, για τους γήινους οργανισμούς, οξυγόνου. Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί συγχρόνως τροφή για άλλους θαλάσσιους μικροοργανισμούς, το *ζωοπλαγκτόν,* που με τη σειρά του γίνεται βορά μικρών ψαριών κ.ο.κ..

Οι εσωτερικές μεμβράνες και των χλωροπλαστών και των μιτοχονδρίων είναι σαν μωσαϊκά που αποτελούνται από χιλιάδες ψηφίδες. Κάθε ψηφίδα περικλείει ένζυμα που μετέχουν στην αλυσίδα μεταφοράς των ηλεκτρονίων και βρίσκονται τοποθετημένα το ένα πλάι στο άλλο, σχηματίζοντας ταινίες μαζικής παραγωγής μορίων ATP. Φαίνεται ότι η ελεγχόμενη ροή φορτισμένων σωματιδίων, τόσο στα ηλεκτρονικά συστήματα των φυτικών, όσο και των ζωικών κυττάρων (και των ανθρώπινων φυσικά), προϋποθέτει μια αυστηρά σχεδιασμένη διάταξη κυκλωμάτων. Οι τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι η φύση έχει τους δικούς της θαυμαστούς ηλεκτρονικούς μηχανισμούς. Η *ροή ηλεκτρονίων,* που δημιουργούν τα μικροσκοπικά αυτά ρεύματα, που κινούνται κατά μήκος των αλυσίδων μεταφοράς ηλεκτρονίων, *είναι η ουσία της ζωής, τόσο στα φυτικά όσο και στα ζωικά*

*κύπαρα.* Τα ρεύματα αυτά γίνονται τόσο εντονότερα, όσο πιο έντονα ζει ο οργανισμός. Όταν ο άνθρωπος αναπαύεται, παράγονται περίπου τρία ηλεκτρόνια ανά δευτερόλεπτο από κάθε χωριστή αλυσίδα. Η ίδια αλυσίδα μπορεί να μεταφέρει ως τριάντα ηλεκτρόνια το δευτερόλεπτο σε περίπτωση έντασης. Όταν αναλογιστεί κάποιος ότι υπάρχουν δεκαπέντε χιλιάδες αλυσίδες σε κάθε μιτοχόνδριο και πενήντα έως πέντε χιλιάδες μιτοχόνδρια στο καθένα από τα έξι περίπου τρισεκατομμύρια κυττάρων στο ανθρώπινο σώμα, αντιλαμβάνεται τη συνολική ροή ηλεκτρονίων στον οργανισμό.

Για μιαν ακόμη φορά διαπιστώνεται ότι: *βασικά φαινόμενα του κύκλου της ζωής, τελικά* ανάγονται σε *μοριακά επίπεδα, σ' επίπεδα ατόμων και τελικά ηλεκτρονίων*, τόνισε ο Κάρολος και πρόσθεσε.

Και τώρα θα σας πω ορισμένα πράγματα για τα δραστικά καύσιμα, δηλαδή τα λίπη και τα λάδια:

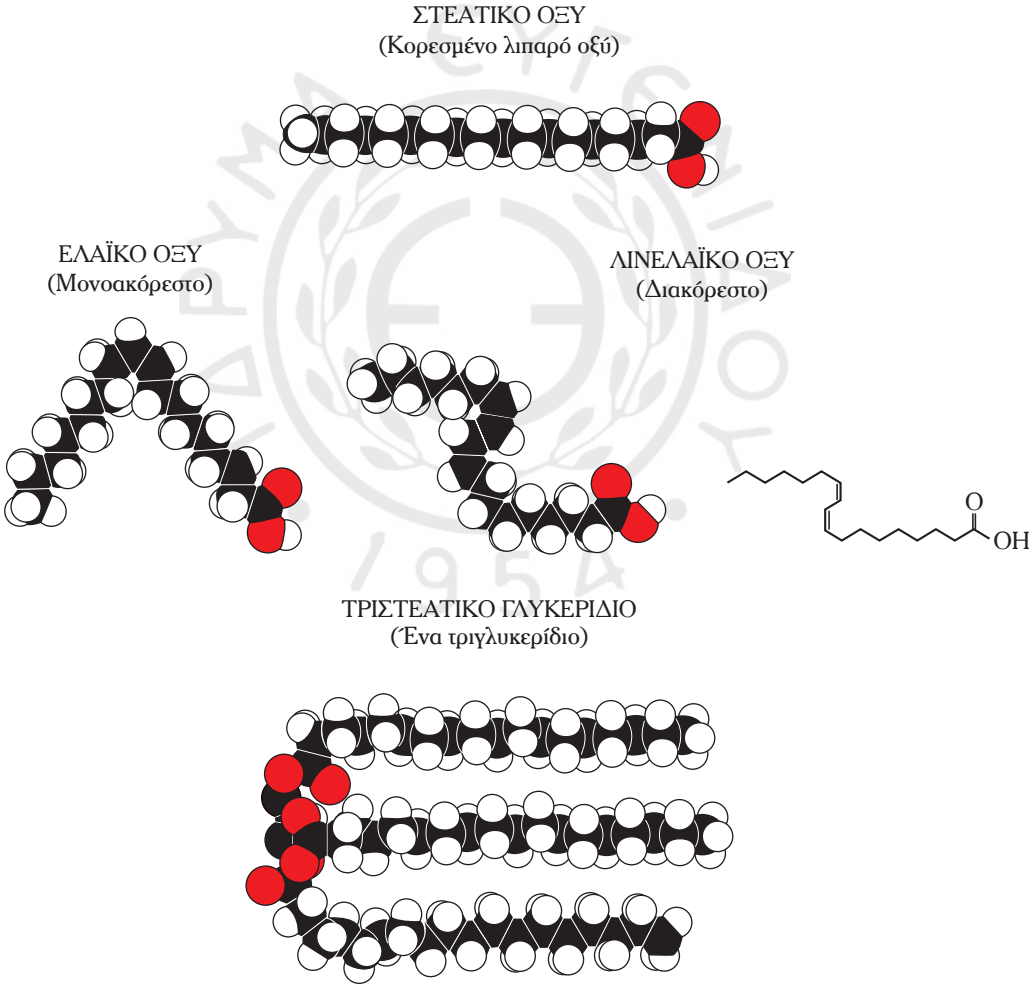
### Τα δραστικά καύσιμα: τα λίπη και τα λάδια

– Οι υδατάνθρακες, είναι η κύρια ενεργειακή πηγή για τους ζωντανούς οργανισμούς. Αλλά και τα λίπη, όπως και τα λάδια, είναι επίσης καύσιμα και μάλιστα πιο συμπυκνωμένα, αφού η καύση ενός γραμμαρίου δίνει υπερδιπλάσιες θερμίδες απ' ό,τι η ζάχαρη (εννέα έναντι τεσσάρων).

Τα λίπη και τα λάδια –τα πρώτα συνήθως στερεά, τα δεύτερα υγρά– ονομάζονται γενικά *γλυκερίδια,* γιατί είναι εστέρες της γλυκερίνης με τα λιπαρά οξέα. Απαντούν σ' όλους τους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Ο ρόλος τους είναι διπλός: πρώτον στους ζωικούς οργανισμούς αποτελούν αποταμιευμένη πηγή ενέργειας, που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις ελλειμμάτων, όπως κατά τη διάρκεια ασθενειών, υποσιτισμού ή μεγάλης μυικής προσπάθειας (η περίπτωση της καμπούρας της καμήλας είναι οριακή περίπτωση για αποθήκευση νερού και λίπους)· δεύτερον συνιστούν δομικά υλικά των κυττάρων, όπως και οι πρωτεΐνες. Όπως δηλαδή στην περίπτωση των πρωτεϊνών η παρουσία απαραίτητων αμινοξέων (που δεν συνθέτει ο οργανισμός) είναι κρίσιμη, έτσι υπάρχουν και *απαραίτητα λιπαρά οξέα* (Essential Fatty Acids – EFA), όπως το λινελαϊκό οξύ, τα οποία χρησιμοποιούνται στις δομές των κυττάρων, αλλ' ακόμα και σαν πρόδρομα μόρια για την παραγωγή ουσιών με ορμονική δράση, όπως είναι τα «εικοσιανοειδή» και οι «προσταγλανδίνες», για τα οποία έχουμε ήδη μιλήσει. Τέτοια οξέα απαντούν στα σπορέλαια (το καλαμποκέλαιο, το ηλιέλαιο, το σογιέλαιο, το λινέλαιο) και κυρίως στα ιχθυέλαια.

Κύρια σημεία που αποθηκεύονται τα λίπη είναι οι *αδιπώδεις* ιστοί, στους οποίους ανήκουν και οι συνδετικοί ιστοί. Οι αδιπώδεις ιστοί είναι οι ρυθμιστές του ισοζυγίου του βάρους μας. Το σταθερό βάρος εξαρτάται από τη σταθερή ποσότητα λίπους. Η ισορροπημένη κατανομή του αδιπώδους ιστού δημιουργεί τις προκλητικές καμπύλες στις κοπέλες, που θα εξελιχθούν, αλίμονο, με τα χρό-

νια στα αντιαισθητικά μαξιλαράκια των μεσόκοπων ή τα αντιαισθητικά ανδρικά στομάχια, που πολλές φορές προηγούνται της εισόδου του κατόχου τους από την πόρτα. Με τον αδιπώδη ιστό του, ο άνθρωπος είναι δυνατόν να επιβιώσει χωρίς τροφή πενήντα ως εξήντα μέρες. Συγχρόνως, γλυκερίδια υπάρχουν στην επιδερμίδα, ως θερμομονωτικό του σώματος από το περιβάλλον, αλλά και ως λιπαντικό στις αρθρώσεις και στους ιστούς (αλλιώς θα τρίζανε τα κόκαλά μας και η κάθε κίνηση θα ήταν ηχηρή). Τα γλυκερίδια εισάγονται στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως με τη διατροφή (βούτυρο, σπορέλαια, ξηροί καρποί, όσπρια, κρέας, ψάρια κ.λπ.), είναι όμως δυνατόν να δημιουργηθούν και με μια σειρά βιοχημικών μετασχηματισμών από πλεονάσματα των πρωτεϊνών και κυρίως των υδατανθράκων.




*Τα μόρια των λιπαρών οξέων.*

Πολλές φορές, σε διάφορα διαιτολόγια γίνεται προσπάθεια να υποκατασταθούν τα γλυκερίδια (λίπη-λάδια) με υδατάνθρακες (άμυλο-ζάχαρη). Η ολική υποκατάσταση δεν είναι δυνατή χωρίς ανωμαλίες, όπως στον ομαλό ηπατικό μεταβολισμό. Σε υγιείς οργανισμούς, ποσοστό περίπου 20-30% των καθημερινών θερμίδων πρέπει να συνίσταται από καλής επιλογής γλυκερίδια. Στην ανάγκη ο οργανισμός, αν λείπουν γλυκερίδια, έχει τη δυνατότητα να τα συνθέσει από υδατάνθρακες. Το αρνί, για παράδειγμα, που βόσκει στο λιβάδι, ενώ τρώει χορτάρι και δεν χρησιμοποιεί στο διαιτολόγιό του λιπαρά οξέα, δεν παύει να παράγει ξίγκι, τόσο, που μάλιστα πολλές φορές χρειάζεται, αν οι αμνιοφάγοι κάνουν δίαιτα, να το απομακρύνουν.

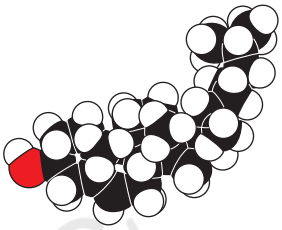
Υδατάνθρακες και γλυκερίδια, αν εισάγονται σε ποσότητα μεγαλύτερη απ' όση χρειάζεται, τελικά αποθηκεύονται υπό μορφή λίπους στον αδιπώδη ιστό και τότε παχαίνουμε. Τα κύτταρα που συνιστούν τον αδιπώδη ιστό δεν αυξάνονται μετά την εφηβεία, δεν διαιρούνται κι έτσι ο κάθε άνθρωπος έχει τα δικά του όρια που μπορεί να παχύνει, όρια όμως με σημαντικές δυστυχώς ανοχές. Αυτό ας το έχουν υπόψη οι μητέρες που μπουκώνουν υπερβολικά τα παιδιά τους. Η τάση για παχυσαρκία δημιουργείται εξ απαλών ονύχων, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Τα γλυκερίδια είναι αδιάλυτα στο νερό (γνωστό σ' όλους από τα καντήλια), κάτι που το περιμένει κάποιος, αφού τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από πολύ μακριές αλυσίδες ατόμων άνθρακα και υδρογόνου (τα λιπαρά οξέα που απαντούν στη φύση έχουν δώδεκα ως είκοσι δύο άτομα άνθρακα), επομένως, όπως και οι υδρογονάνθρακες, κύρια συστατικά του πετρελαίου, δεν διαθέτουν πολικότητα και απωθούνται από τα μόρια του νερού. (Οι πετρελαιοκηλίδες που προέρχονται από ατυχήματα ή ασυνειδησία, είναι ο εφιάλτης για τη ρύπανση των ακτών). Αυτή είναι η αιτία που τα γλυκερίδια περνούν αμετάβλητα από το στόμα και το στομάχι, διασπώνται όμως μέσα στο λεπτό έντερο, αφού μεταβληθούν σε μια μορφή γαλακτώματος με το νερό (κάτι ανάλογο είναι και το γάλα, που περιέχει βούτυρο και νερό). Η διάσπαση πραγματοποιείται με τη βοήθεια των εσωτερικών σαπουνιών του οργανισμού, των *χολικών οξέων,* που εκκρίνονται από τη χολή.

Στη μορφή αυτή, ένα ένζυμο το οποίο εκκρίνεται από το πάγκρεας, η *λιπάση,* διασπά τα λίπη σε λιπαρά οξέα, μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια. Στη συνέχεια, τα λιπαρά αυτά μείγματα, με τη βοήθεια ενζύμων που βρίσκονται πάνω στα κύτταρα του βλεννογόνου των εντέρων, ανασυντίθενται προς ανθρώπινα τριγλυκερίδια, τα οποία μαζί με άλλα λιπίδια, όπως χαρακτηρίζονται παρεμφερή αδιάλυτα στο νερό βιομόρια (χοληστερίνη, φωσφολιπίδια κ.λπ.) με τη μορφή χυλού, τα *χυλομικρά,* εγκαταλείπουν τα κύτταρα του βλεννογόνου και εισέρχονται στο φλεβικό αίμα για διανομή, με κύρια κατεύθυνση τους πνεύμονες, το συκώτι και τους αδιπώδεις ιστούς. Την απορρόφηση ακολουθεί η μεταφορά των λιπιδίων στο αίμα, αφού συνδεθούν με μόρια πρωτεϊνών, τις *λιποπρωτεΐνες.* Οι

λιποπρωτεΐνες διακρίνονται σε *πολύ χαμηλής πυκνότητας* (Very Low Density Lipoproteins – VLDL), τις απλώς *χαμηλής πυκνότητας* (Low Density Lipoproteins – LDL) και τις *υψηλής πυκνότητας* (High Density Lipoproteins – HDL).

ΧΟΛΗΣΤΕΡΙΝΗ



*Το μόριο της χοληστερίνης.*

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Ιπποκράτης, λέγοντας.

– Καλό θα είναι να συγκρατήσουμε την ορολογία αυτή, θα μας χρειαστεί όταν μιλήσουμε για τις αρρώστιες της καρδιάς, άλλωστε οι όροι τριγλυκερίδια, καλή και κακή χοληστερίνη είναι γνωστοί σ' όλους.

– Στο φυτικό βασίλειο, συνέχισε ο Κάρολος, κύρια πηγή γλυκεριδίων είναι οι σπόροι, οι κάθε λογής σπόροι. Από την ελιά μέχρι τον σκουπόσπορο, τ' αμύγδαλα, τα καρύδια, τα φιστίκια. Δεν υπάρχει γενικά σπέρμα φυτού που να μην περιέχει 20-60% λάδι. Ο λόγος είναι απλός: οι σπόροι προορίζονται γι' αναπαραγωγή των φυτών· όσο είναι μέσα στη γη, δεν αντικρίζουν το ηλιακό φως, ούτε διαθέτουν ακόμα τους μηχανισμούς να φωτοσυνθέσουν· έτσι, μέχρι να φυτρώσει το νέο φυτό και ν' αρχίσει η συνεργασία του με τις ηλιαχτίδες, έχει ανάγκη από μια ισχυρή ενεργειακή πηγή, για να καλύψει την ανάπτυξή του και γενικότερα τις λειτουργίες του, ώσπου να ξεμυτίσει από το χώμα.

Τα γλυκερίδια, γενικά, και χωρίς εξαίρεση, είναι τα πλουσιότερα σε ενέργεια τρόφιμα, αφού για ίσο βάρος δίνουν υπερδιπλάσια ενέργεια απ' ό,τι οι υδατάνθρακες (εννέα θερμίδες ανά γραμμάριο)· ένα κιλό λάδι δηλαδή έχει τόσες θερμίδες, όσες περίπου κι ένα κιλό πετρέλαιο ή βενζίνη.

Ο ανθρώπινος οργανισμός, στην επιθυμία του να κορέσει τις ενεργειακές του ανάγκες, αυθόρμητα τείνει προς τις ευκολότερες, τις πιο απλές λύσεις. Για παράδειγμα, προτιμάει την κατανάλωση ζάχαρης (γλυκά) αντί αμύλου (ρύζι, πατάτες, ψωμί κ.λπ.). Το τελευταίο απαιτεί μια πρόσθετη προσπάθεια του οργανισμού για να μετατραπεί από άμυλο σε γλυκόζη. Οι πιο αγαπητές τροφές του ανθρώπου είναι αυτές που του εξασφαλίζουν εύκολα και γρήγορα ενέργεια. Ο συνδυασμός ζάχαρης-λίπους, που επίσης καίγεται εύκολα, είναι γι' αυτό ιδιαίτερα λαχταριστός. Οι σοκολάτες, οι πάστες, οι τούρτες και γενικά τα γλυκά, είναι επιθυμητά απ' όλους. Δυστυχώς, όμως, πέρα από ένα όριο δημιουργούν προβλήματα.

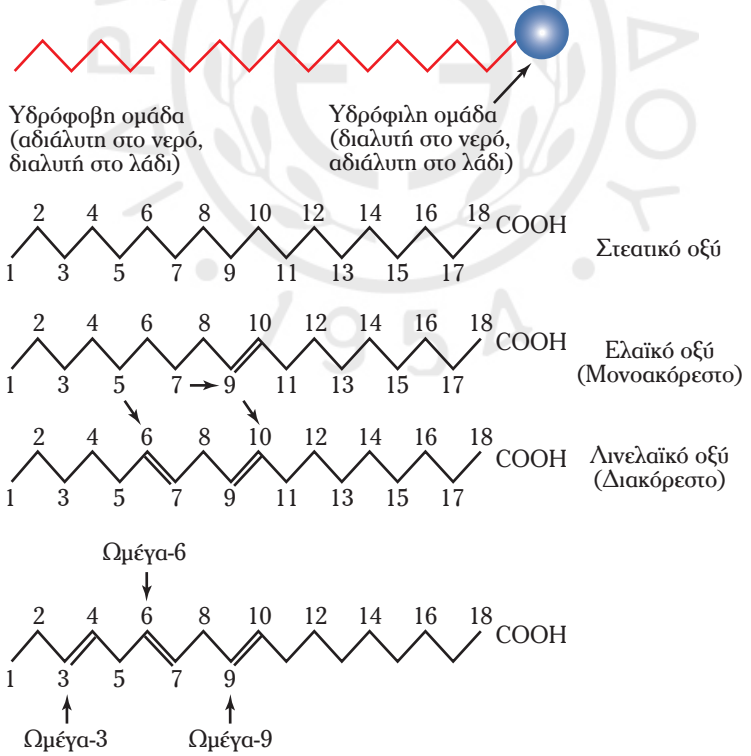
Για την κατανόηση της υγιεινής διατροφής και των αιτίων που προκαλούν τις

πιο συχνές αρρώστιες στις πλούσιες χώρες, τις *καρδιοπάθειες* και την *παχυσαρκία,* είναι αναγκαία η περιγραφή των διαφορών που υφίστανται ανάμεσα στις τάξεις των γλυκεριδίων. Γι' αυτό αξίζει να σας ζαλίσω για λίγο μ' αυτά· είναι βασικά για μια υγιεινή, χωρίς βάσανα ζωή, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Κορεσμένα – Ακόρεστα λάδια

– Όπως αναφέρθηκε, τα γλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερίνης με τα λιπαρά οξέα. Τα τελευταία διαθέτουν στη μια άκρη του μορίου τους μια ομάδα οξέος, που συνεχίζεται από μια μακριά αλυσίδα από άτομα άνθρακα και υδρογόνου. Στα ζωικά λίπη, για παράδειγμα, ένα από τα κυριότερα συστατικά είναι το *στεατικό οξύ,* ένα οξύ με μια αλυσίδα από δεκαοχτώ άτομα άνθρακα και το μέγιστο δυνατό αριθμό ατόμων υδρογόνου (τριάντα έξι), γι' αυτό ονομάζονται *κορεσμένα*. Τα ζωικά λίπη, το βούτυρο, το βούτυρο του κακάο και της καρύδας (coconut), περιέχουν μεγάλο ποσοστό από κορεσμένα γλυκερίδια (50-60%).

Αντίθετα, τα φυτικής προέλευσης γλυκερίδια, τα σπορέλαια, για παράδειγμα, περιέχουν λιπαρά οξέα ελλειμματικά σε υδρογόνο, όπως το *ελαϊκό,* στο ελαιόλαδο, το οποίο έχει όπως και *το στεατικό* δεκαοχτώ άτομα άνθρακα, τριάντα




*Μερικά από τα λιπαρά οξέα.*

τέσσερα όμως αντί τριάντα έξι άτομα υδρογόνου, είναι δηλαδή *μονοακόρεστο,* έχει έναν διπλό δεσμό στην αλυσίδα των ανθρακοατόμων, στη θέση 9. Στα σπορέλαια, όπως στο *λινέλαιο* ή στο σογιέλαιο, απαντούν ακόμα πιο ακόρεστα οξέα, τα *πολυακόρεστα,* το λινελαϊκό οξύ με επίσης δεκαοχτώ ανθρακοάτομα, τριάντα δύο όμως άτομα υδρογόνου· περιέχει δηλαδή δύο ακορεστότητες, έχει δύο διπλούς δεσμούς, που αρχίζουν από τη θέση 6 της αλυσίδας των ανθρακοατόμων, γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως *ω-6 ακόρεστα.* Υπάρχουν όμως και πολυακόρεστα οξέα με περισσότερους διπλούς δεσμούς, όπως το *λινολενικό,* στο λινέλαιο, με τρεις ή το *εικοσιπεντενοϊκό (EPA)* στα ψάρια με πέντε και το εικοσιδυοεξενοϊκό με έξι διπλούς (DHA). Ειδικότερα, στα τελευταία, οι διπλοί δεσμοί αρχίζουν από τη θέση 3 της αλυσίδας, όπως βλέπετε και στην οθόνη, και χαρακτηρίζονται *ωμέγα-3* ή, για συντομία, ω-3 ακόρεστα, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Τα πολυακόρεστα οξέα (λινελαϊκό, λινολενικό, εικοσιπεντενοϊκό), που απαντούν κυρίως στα σπορέλαια και στα ψάρια, θεωρούνται, όπως αναφέρθηκε, ως «απαραίτητα» για τον οργανισμό λιπαρά οξέα. Σε αντιστοιχία με τα απαραίτητα αμινοξέα, ο οργανισμός έχει ανάγκη να τα εισάγει με την τροφή, αφού δεν έχει την ικανότητα να τα συνθέτει.

Διατροφή πλούσια σε κορεσμένα γλυκερίδια (ζωικά, βούτυρο κ.λπ.) δημιουργεί έλλειμμα στο ποσοστό των «απαραίτητων» οξέων και άλλα προβλήματα, όπως μια σειρά από ανωμαλίες δερματικές, αύξηση της διαπερατότητας του νερού στο δέρμα, στειρότητα και για τα δύο φύλα, συσταλτικότητα του μυοκαρδίου και προϋποθέσεις για την εμφάνιση πλήθους ανωμαλιών (καρδιαγγειακών, εγκεφαλικών, βρογχικού άσθματος).

Θα μας φωτίσει σίγουρα ο Ιπποκράτης, όταν κάποια βραδιά μιλήσουμε για τις αρρώστιες, τα βάσανα των ανθρώπων, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

### Τα δώρα των ωκεανών και της ελιάς

– Ορισμένα από τα οξέα αυτά (τα ω-6 πολυακόρεστα, που απαντούν στα σπορέλαια) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο ως δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, αλλά είναι συγχρόνως και πρόδρομα «κακών» προσταγλανδινών.

Ορισμένα άλλα, όμως, κυρίως τα ω-3 πολυακόρεστα, που υπάρχουν στα ψάρια και στα θαλασσινά, συνιστούν τα δώρα της θάλασσας στον άνθρωπο για τις ευεργετικές για την υγεία ιδιότητές τους. Γενικά τα ω-3 πολυακόρεστα είναι σημαντικά πρόδρομα μόρια για ορισμένες υπερορμόνες, τις «καλές» προσταγλανδίνες. Πάντως, η παρουσία των πολυακόρεστων οξέων, τα οποία οξειδώνονται (ταγγίζουν) εύκολα από τον αέρα, ιδιαίτερα κατά το μαγείρεμα, πρέπει να συνδυάζεται και με την παρουσία *καροτινίου, τοκοφερόλης* ή *βιταμίνης Ε,* σε ποσότητα εκατό ως διακοσίων χιλιοστών του γραμμαρίου ανά κιλό γλυκεριδίων και την παρουσία *ιχνών,* ενός στοιχείου του σεληνίου.

Η βιταμίνη Ε δρα ως αντιοξειδωτικό και με τον τρόπο αυτό παρεμποδίζει τη

δημιουργία υπεροξειδίων, που είναι πρόδρομα στη σύνθεση ορισμένων προσταγλανδινών με δυσμενείς παρενέργειες, τόσο στις καρδιαγγειακές παθήσεις όσο και σε ορισμένες μορφές καρκίνου. Αυτός είναι ο λόγος που τα σπορέλαια, τα οποία θεωρούνται ευνοϊκά για την πρόληψη των καρδιοπαθειών, πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμούς –και με κάποια φειδώ– ενώ είναι απαραίτητη η σύγχρονη χρήση τροφίμων που περιέχουν ω-3 ακόρεστα (ψάρια) και βιταμίνες Α (καρότα, πορτοκάλια), Ε (φιστίκια, αμύγδαλα, σπόρους, φύτρο σιταριού, αρωματικά χόρτα, όπως δενδρολίβανο), C (φρούτα και λαχανικά) και σελήνιο (θαλασσινά, λάχανο, μπρόκολα, κουνουπίδι).

Αλλά και στην Κρήτη το ποσοστό καρδιοπαθειών ήταν μικρό, τουλάχιστον όσων ακολουθούν την πατροπαράδοτη, «μεσογειακή» διατροφή. Η διατροφή αυτή βασίζεται στο παρθένο ελαιόλαδο και σε προϊόντα της θάλασσας.

Το παρθένο ελαιόλαδο, συνίσταται κυρίως από ελαϊκό οξύ, είναι δηλαδή μονοακόρεστο και δεν έχει τα μειονεκτήματα που αναφέραμε των ω-6 πολυακόρεστων οξέων που υπάρχουν στα σπορέλαια, τα δε προϊόντα της θαλάσσας είναι πλούσια στα ευεργετικά ω-3 λιπαρά.

– Μίλησες για το παρθένο ελαιόλαδο, παρατήρησε ο Ιπποκράτης, το εξευγενισμένο, το ραφινέ δεν έχει τις ίδιες ιδιότητες;

– Ασφαλώς όχι, απάντησε ο Κάρολος διότι το παρθένο περιέχει και ιχνοουσίες, όπως για παράδειγμα *ελαιοευρωπαΐνη* και *πολυφαινόλες*, οι οποίες έχουν αντιοξειδωτική δράση όπως θα έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε ένα άλλο βράδυ, και την *ελαιοκανθάλη* που ανιχνεύτηκε τελευταία. *Το οξυγόνο έχει δύο εκ διαμέτρου αντίθετες για τη ζωή μας ιδιότητες:* με τις *ελεύθερες ρίζες* που δημιουργεί μας «οξειδώνει», μας «σκουριάζει», μας γερνάει όπως ο αέρας μετατρέπει το σίδηρο σε σκουριά. Χωρίς οξυγόνο όμως, δεν ζούμε ούτε λεπτό όπως όλοι ξέρουμε. *Κατά τις διαδικασίες εξευγενισμού του λαδιού όλες αυτές οι ευεργετικές ουσίες κατασιρέφονται.*

– Πόσο δυστυχής θα ήταν ο άνθρωπος, συνέχισε ο Κάρολος αν είχε πέσει ξαφνικά από το διάστημα πάνω στη Γη. Αν δεν είχε καμία σχέση με τις εξελικτικές διαδικασίες που διαδραματίζονται στον πλανήτη, δεν θα είχε, τότε, ίσως καμία ομοιότητα με τους ποντικούς, τα ινδικά χοιρίδια, τους πιθήκους και τα άλλα άτυχα πειραματόζωα, που τόσο τον βοήθησαν στην αποκάλυψη των μηχανισμών με τους οποίους λειτουργεί ο οργανισμός του, το ενδοκρινικό του σύστημα, ο εγκέφαλός του. Ευτυχώς που οι δομές, οι λειτουργίες, οι κανόνες και οι συνταγές, που η φύση ακολούθησε στην *εξελικτική διαδικασία από τα βακτηρίδια ως τον άνθρωπο, είναι ενιαίες και ταυτόσημες.*

Πριν τεσσεράμισι δισεκατομμύρια χρόνια δημιουργήθηκε από αστρική σκόνη ο πλανήτης Γη. Χρειάστηκε το μακρύ διάστημα ενός δισεκατομμυρίου χρόνων για να δημιουργηθούν οι πρώτοι μονοκύτταροι οργανισμοί, τα *βακτηρίδια.* Από τότε, πέρασαν ακόμα περίπου τρεισήμισι δισεκατομμύρια χρόνια, και η συνεχής εξελικτική πορεία συνεχίζεται. Στ' ατέλειωτα αυτά χρόνια το ανθρώπινο κορμί

συνταιριάστηκε, κύτταρο προς κύτταρο, ιστό προς ιστό, για να δημιουργηθεί αυτό το εξαιρετικά πολύπλοκο και πολυδύναμο δημιούργημα. Στη διάρκεια αυτού του μακρού οδοιπορικού, αναπτύχθηκαν δύο κύρια δίκτυα επικοινωνίας και πληροφοριών του οργανισμού, το *ενδοκρινικό* και το *νευρικό.* Τα δύο αυτά συστήματα, που συντονίζουν τα διάφορα όργανα του σώματος και βοηθούν στην εκδήλωση της ζωής, βασίζονται σε χημικούς αγγελιοφόρους: τα μόρια των ορμονών και των νευροδιαβιβαστών. *Ο ορμονικός και ο νευρωνικός άνθρωπος περπάτησαν πιασμένοι χέρι-χέρι, ανδρώθηκαν μαζί και έγιναν αχώριστοι*. Το ορμονικό σύστημα συνεργάζεται με τις γνωστικές λειτουργίες, με τις οποίες αντιλαμβάνεται τον κόσμο, οι οποίες είναι επίσης μοναδικές και δημιουργούν αυτό που αποκαλείται «προσωπικότητα» του κάθε ανθρώπου. Βέβαια είμαστε πολύ μακριά από μια τέτοια πλήρη κατανόηση, το συσχετισμό δηλαδή γνωστικού και ορμονικού, αλλά τώρα όλα προχωρούν γοργά κι από πολλά μονοπάτια.

Το κύτταρο δέχεται ροή από πληροφορίες. Ένα μέρος έρχεται από το εσωτερικό των κυττάρων, όπου τα μόρια του DNA επιτάσσουν με τους αγγελιοφόρους τους, τα *μόρια του RNA,* τη δημιουργία των ορμονικών μορίων. Οι άλλες έρχονται από το εξωτερικό των κυττάρων, μεταφέρονται με τα ορμονικά μόρια, προϊόντα ορισμένων εντολών του DNA. *Κληρονομικότητα και επιγένεση μαζί με το νευρικό σύστημα καθορίζουν τη μοίρα των ανθρώπων.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ
## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, Τ' ΑΓΑΘΑ ΚΑΙ ΤΑ ΔΕΙΝΑ ΤΗΣ

*Οι ανάγκες μας είναι λίγες,*
*οι επιθυμίες μας ατέλειωτες.*

*Κινέζικο ρητό*

### Ο πλανήτης Γη σε κρίση

Αυτό το απόγευμα το κρύο ήταν τσουχτερό και το ξεροβόρι θέριζε τον Ευβοϊκό. Η συνηθισμένη παρέα βρισκόταν εκεί και τη συζήτηση ξεκίνησε η Μάρθα, η οποία παρατήρησε ότι ο ορμαθός από καλώδια που ήταν σκορπισμένα στο δωμάτιο συνδέοντας τις ευάριθμες ηλεκτρικές συσκευές είχε εξαφανιστεί.

– Τι συνέβη, ρώτησε τον παππού της, αφού όλες οι ηλεκτρικές συσκευές είναι στη θέση τους και λειτουργούν;

– Είναι απλό, απάντησε ο Κάρολος. Τώρα πια δεν χρειάζονται καλώδια για να ενεργοποιούμε τις συσκευές, αφού αυτό γίνεται αυτόματα από απόσταση με ασύρματο τρόπο. Είναι η νέα τεχνολογία που ανεπτύχθη στο MIT: ασύρματες μεταφορές ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από τον κεντρικό πίνακα διανομής με τη βοήθεια μικροκυματικών συχνοτήτων.

– Δεν πολυκατάλαβα τις λεπτομέρειες, αλλά συμπεραίνω ότι τώρα πια δεν θα χρειάζομαι καλώδια για να φορτίζω τις μπαταρίες του υπολογιστή μου, του κινητού μου, της τηλεόρασης, του I-pod. Αυτό το βρίσκω πολύ εξυπηρετικό, απάντησε η Μάρθα.

Εκείνη την ώρα μπήκε ο Τοτό, το ρομπότ, που αντελήφθη ότι η θαλπωρή του τζακιού δεν ήταν αρκετή και ενεργοποίησε τη θέρμανση εδάφους και οροφής.

– Να άλλος ένας που θα επωφεληθεί αμέσως από την ασύρματη φόρτιση, παρατήρησε χαμογελώντας ο Ευκλείδης, δείχνοντας το ρομπότ.

– Η τεχνολογία παντού και πάντοτε, είπε ο Πλάτων. Έχει όμως και το τίμημά της.

Καθώς η θερμοκρασία και η υγρασία στο χώρο του δωματίου βελτιστοποιήθηκε από την επέμβαση του ρομπότ, ο Πλάτων σκεφτικός, σαν να μονολογούσε, μουρμούρισε:

– Ποιος ξέρει τι λογαριασμό θα πληρώσει στη ΔΕΗ και σε πετρέλαιο ο Κάρολος τώρα που οι τιμές του εκτοξεύτηκαν στα ύψη!

– Πέρα απ' αυτά, είπε ο Νίκος και τι επιβάρυνση της ατμόσφαιρας προκαλούμε!

– Για να έχεις ένα μέτρο σύγκρισης, είπε ο Κάρολος, κάθε λίτρο βενζίνης ή πετρελαίου που καίγεται παράγει 1.200 λίτρα διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού το διοξείδιο, σαν αόρατο σεντόνι, καλύπτει τον πλανήτη και δεν επιτρέπει στη θερμότητα που ακτινοβόλησε ο Ήλιος όλη την ημέρα να διαφύγει προς το διάστημα. Το αποτέλεσμα είναι αυτονόητο: ο πλανήτης συνεχώς επιβαρύνεται με θερμική ενέργεια γι' αυτό και είναι πετυχημένος ο χαρακτηρισμός ως «φαινομένου θερμοκηπίου».

– Νομίζω, παρενέβη ο Ιπποκράτης, ότι θα ήταν πολύ ενδιαφέρον ο Ευκλείδης και ο Κάρολος να μας διαφωτίσουν σφαιρικά για το μέγεθος του ζωτικού προβλήματος και των λύσεων που προτείνονται για την αντιμετώπισή του, αφού πρόκειται για παγκόσμιο πρόβλημα που αφορά όλους μας και πιο πολύ φυσικά τα παιδιά μας.

Συμφώνησαν όλοι και βολεύτηκαν όσο πιο καλά μπορούσαν στις πολυθρόνες τους. Τη συζήτηση άνοιξε ο Κάρολος:

– Επιτρέψτε μου μια σύντομη ιστορική αναδρομή, ώστε να αντιληφθούμε καλύτερα το μέγεθος του προβλήματος.

Πριν περίπου 100.000 χρόνια, κι ύστερα από εξελικτική πορεία εκατομμυρίων ετών, πρωτοβρίσκονται τα ίχνη του Homo Sapiens πάνω στη Γη. Ατελείωτα χρόνια της ανθρώπινης ιστορίας (πάνω από το 99,9%) κύλησαν αρμονικά μέσα στο φυσικό περιβάλλον. Ο άνθρωπος επιβίωνε ως κυνηγός και ως τροφοσυλλέκτης. Αυτός ο τρόπος ζωής δεν επηρέαζε το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη. Απλώς συμμετείχε και ο άνθρωπος στην αξιοποίηση της φωτοσυνθετικής διαδικασίας, αφού στον κύκλο της ζωής του δημιουργούσε διοξείδιο του άνθρακα, που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών.

Η καλλιέργεια της γης από τον άνθρωπο αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια για τη συστηματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και η εξημέρωση των ζώων την πρώτη απόπειρα πολλαπλασιασμού των ανθρώπινων δυνάμεων. Σημειώστε ότι η ισχύς ενός ίππου αντιστοιχεί με 736 Watt, ενός ταύρου με περίπου 400 και ενός ανθρώπου με κάτι λιγότερο από 100 Watt. Η μυική ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας ημέρας από τρόφιμα θερμικής αξίας 1.000 χιλιοθερμίδων (Kcal), για παράδειγμα από 120 γραμμάρια λαδιού, ισοδυναμεί με 1,2 χιλιοβατώρες (KWh) ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση της φωτιάς και η ανακάλυψη του τροχού υπήρξαν ιστορικές κατακτήσεις για τη μοίρα του ανθρώπινου γένους και αποτελούν τις πρώτες απόπειρες διαταραχής των φυσικών ενεργειακών ισοζυγίων.

Η ουσιαστική όμως επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον αρχίζει με τη βιομηχανική επανάσταση (γύρω στο 1750) όταν άρχισαν οι μεγάλες ανακαλύψεις (ατμός, ηλεκτρισμός, χημεία). Με τις συνεχείς ανακαλύψεις, μέσα σε δύο

μόνο αιώνες, η ισχύς των μηχανών που δημιούργησε ο αδύναμος άνθρωπος, πολλαπλασιάσθηκε κατά έξι τάξεις μεγέθους. Υπάρχουν σήμερα ατμοστρόβιλοι που έχουν ισχύ μεγαλύτερη από 1.000.000 KW (ή 736.000 ίππους), δηλαδή εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ανθρώπινη μυική ισχύ.

Συγχρόνως η κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας που ήταν πριν 5.000 χρόνια περίπου 2.500 χιλιοθερμίδες την ημέρα (όσες δηλ. είναι αποθηκευμένες στα τρόφιμα που χρησιμοποιούμε) ή 4.000 χιλιοθερμίδες μετά την ανακάλυψη της φωτιάς, προσέγγισαν τις 70.000 χιλιοθερμίδες μετά την πρώτη βιομηχανική επανάσταση, για να φθάσουν τώρα, στις ενεργειοβόρες κοινωνίες, στις 230.000 έως 300.000 χιλιοθερμίδες κατά μέσον όρο κατά κεφαλή την ημέρα. (Από τις θερμίδες αυτές ενδεικτικά 10.000 ξοδεύονται για τα τρόφιμά του, 66.000 για τις οικιακές ανάγκες, 91.000 για τα βιομηχανικά και αγροτικά προϊόντα που καταναλώνει και 63.000 για τις μεταφορές).

Μέχρι τον 16ο αιώνα το ξύλο, η *ανανεώσιμη* αυτή πηγή ενέργειας, χρησιμοποιούταν στην οικοδομή και αποτελούσε το αποκλειστικό μέσο για θέρμανση. Η πρώτη ενεργειακή κρίση δημιουργήθηκε γύρω στο 1650 όταν άρχισε να παρατηρείται έλλειψη ξυλείας στη Βρετανία. Η αιτία ήταν κυρίως η μετακίνηση σημαντικού μέρους του πληθυσμού προς τις πόλεις και η δημιουργία αυξημένων αναγκών για την οικοδομική και τη θέρμανση.

– Θα μου επιτρέψεις μια μικρή παρέμβαση, είπε ο Ευκλείδης. Μπορεί να περιορίστηκε η χρήση της ξυλείας για την οικοδομική, αλλά αυξήθηκε η χρήση της για την παραγωγή χαρτιού, του οποίου οι σημερινές κοινωνίες κάνουν κατάχρηση. Για παράδειγμα η γιαγιά μας ξόδευε 400 γραμμάρια χαρτί το χρόνο, η μητέρα μας 20 κιλά κι εμείς κατά μέσο όρο περισσότερο από 300 κιλά (χαρτιά υγείας, κουζίνας, συσκευασίας, εφημερίδες, διάφορα έντυπα, υφάσματα ρεγιόν και πολλά άλλα). Όλ' αυτά όμως σημαίνουν ανάλωση ξύλου, αποψίλωση δασικών εκτάσεων. Τελικά ξοδεύουμε διπλάσια ξυλεία απ' αυτήν που παράγεται ετησίως. Θυμάμαι τη μητέρα μου με τα γυαλιά της να μπαλώνει τις κάλτσες με τη βοήθεια του ξύλινου αυγού. Σήμερα όταν τρυπήσουν απλά τις πετάμε και αγοράζουμε καινούργιες. Ο καταναλωτισμός είναι ο υπέρτατος νόμος. Αλλά διέκοψα τον Κάρολο.

– Το αποτέλεσμα, συνέχισε ο Κάρολος, ήταν ο άνθρωπος να ανακαλύψει μια νέα, μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας: τον άνθρακα. Η χρήση του νέου καυσίμου και μια αλυσίδα γεγονότα, που κορυφώθηκαν δύο αιώνες αργότερα, οδήγησαν στην πρώτη βιομηχανική επανάσταση που συνετέλεσε σε μία από τις πιο σημαντικές στροφές στην ιστορία του ανθρώπινου γένους.

Το ξύλο που έως το 1850 αποτελούσε την κύρια ενεργειακή πηγή εκτοπίστηκε από τον άνθρακα και το 1910 το 75% της ενέργειας παραγόταν από άνθρακα και μόνον το 10% από ξύλα. Αλλά και ο άνθρακας σύντομα θα έχανε τη θέση του. Στα επόμενα εβδομήντα χρόνια υποκαθίσταται, κάθε μέρα και περισσότερο, από μία νέα πιο εύχρηστη, μη ανανεώσιμη όμως ενεργειακή πηγή: το πετρέλαιο και

τα φυσικά αέρια. Πάντως η κατανάλωσή του διακυμαίνεται σε συνάρτηση με την τιμή του πετρελαίου, παρότι η χρήση του, ιδιαίτερα δε του λιγνίτη είναι ολέθρια για το περιβάλλον.

Η ανθρωπότητα με την ανακάλυψη του πετρελαίου εισέρχεται στην πιο ενεργειοβόρο περίοδο της ιστορίας της. Είναι η περίοδος που θα οδηγήσει στους ξέφρενους αναπτυξιακούς ρυθμούς ορισμένους λαούς, ενώ θα δημιουργηθεί σειρά ολόκληρη από προβλήματα.

Ο βιομηχανικός πολιτισμός έμελλε να αναστατώσει το ενεργειακό ισοζύγιο της υδρογείου. Η αντικατάσταση ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών όπως ήταν το ξύλο και η μυική δύναμη από μη ανανεώσιμες, όπως τα ορυκτά καύσιμα, και η αλόγιστη μέχρι σπατάλης κατανάλωσή τους υπήρξε κρίσιμη για την ανθρωπότητα.

Σε διάστημα εκατομμυρίων ετών ένα πολύ μικρό ποσοστό φυτικής και ζωικής ύλης υπό την επίδραση ειδικών γεωλογικών συνθηκών διαφυλάχθηκε στο εσωτερικό της γης υπό συνθήκες ατελούς οξείδωσης και διατήρησε έτσι μέρος από το ενεργειακό του περιεχόμενο. Έτσι, σε διάστημα 600.000.000 ετών δημιουργήθηκαν τα ορυκτά καύσιμα, δηλαδή ο άνθρακας, το πετρέλαιο, τα φυσικά αέρια.

Η αποταμιευμένη αυτή, και *μη ανανεώσιμη*, ενεργειακή πηγή αποτελεί και το πάγιο ενεργειακό κεφάλαιο της ανθρωπότητας. Ένα κεφάλαιο δυστυχώς άτοκο ή που τοκίζεται με πολύ μικρό τόκο. Το κεφάλαιο αυτό, προϊόν που χρειάστηκε εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθεί, καταναλώθηκε σε λιγότερο από έναν αιώνα από τη διψασμένη για ενέργεια σύγχρονη ανθρωπότητα. Αυτά έχουν οδηγήσει σε *μια τυφλή, ανέλεγκτη και άπληστη εκμετάλλευση όλων των φυσικών πόρων του πλανήτη χωρίς καμιά επιφύλαξη και πρόνοια για το μέλλον.*

Αντίθετα, οι ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές όπως η ηλιακή ενέργεια, ο άνεμος, η γεωθερμική ενέργεια, η μυική ενέργεια και η βιομάζα, ελάχιστα χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανικές κοινωνίες. Η εξοικονόμηση ενέργειας και η ενεργειακή γενικά διαπαιδαγώγηση αγνοήθηκαν.

Έτσι οδηγηθήκαμε για άλλη μια φορά στη μεγάλη ενεργειακή κρίση που τώρα έχει τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη ζωή μας.

### Η υπερθέρμανση του πλανήτη – Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

– Η τεχνολογία, συνέχισε ο Κάρολος, θεραπεύει την ανθρώπινη ροπή για τον καταναλωτισμό και το ραχάτι, *την ευκολία μας* όπως λέμε. Η αρχή της *ήσσονος προσπάθειας*, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, είναι γραμμένη στο ανθρώπινο γονιδίωμα. Έτσι καταναλίσκουμε, άσκοπα πολλές φορές, πόρους και ενέργεια. Ενέργεια που για να παραχθεί δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον και την ίδια τη ζωή.

Εμείς στο σχολείο πηγαίναμε με τα πόδια, τώρα το σχολικό αυτοκίνητο πρέπει να είναι μπροστά στην πόρτα του σπιτιού μας. Σε κάθε σπίτι, στις βιομηχανικές χώρες, αντιστοιχούν 2-3 αυτοκίνητα, που ο κυβισμός τους συνεχώς αυξάνεται.

Οι αδύναμες μικροκαμωμένες κυρίες και οι νεαροί ταυτίζονται καλύτερα με την αλλότρια δύναμη των τετρακίνητων μεγάλου κυβισμού SUV, που καταπίνουν λαίμαργα τα καύσιμα. Εξάλλου τ' αεροπλάνα, δημιουργούν ασυνήθιστα μεγάλη έκλυση αερίων θερμοκηπίου με τις «ουρές υδρατμών» που σηματοδοτούν τη διαδρομή τους στον καθαρό ουρανό.

Ακόμη, οι μοτοσυκλέτες, οι μηχανές θαλάσσης, η κεντρική θέρμανση, ο κλιματισμός, το φυσικό αέριο για το μαγείρεμα, οι κονσέρβες και τα τυποποιημένα αγαθά τα οποία για να παραχθούν πρέπει να καπνίζουν καμινάδες και καμινάδες, αλλά και οι μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας, καταναλίσκοντας μυριάδες τόννους καυσίμων.

Όλα αυτά όμως απολήγουν σε παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Πρόκειται για «όργιο» στην αύξηση της παραγωγής του τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς τώρα προστίθενται και εκατομμύρια νέων καταναλωτών στις υπό ανάπτυξη χώρες που για συντομία ονομάζουμε BRIC (Brazil, India, China).

Το 1895 ο διάσημος Σουηδός χημικός S. Arrhenius δημοσίευσε μια προφητική εργασία στη Φυσική Εταιρεία της Στοκχόλμης με τίτλο: «*Επί της επιδράσεως του ανθρακικού οξέος* (διοξειδίου του άνθρακα) στην *ατμόσφαιρα επί της θερμοκρασίας του εδάφους*» και κατέληγε ότι η χρήση ορυκτών καυσίμων θα οδηγήσει σε παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, προβλέποντας αυτό που σήμερα αρχίζουμε να βιώνουμε τόσο οδυνηρά, σε πολλές μεριές του πλανήτη.

Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρέμεινε σταθερή για 400.000 χρόνια (180-200 μέρη διοξειδίου ανά ένα εκατομμύριο μέρη αέρα) χάρη στην αρμονική συμβίωση έμβιων και φυτών που το καταναλίσκουν (φωτοσύνθεση) κατά την εκδήλωση της ζωής τους.

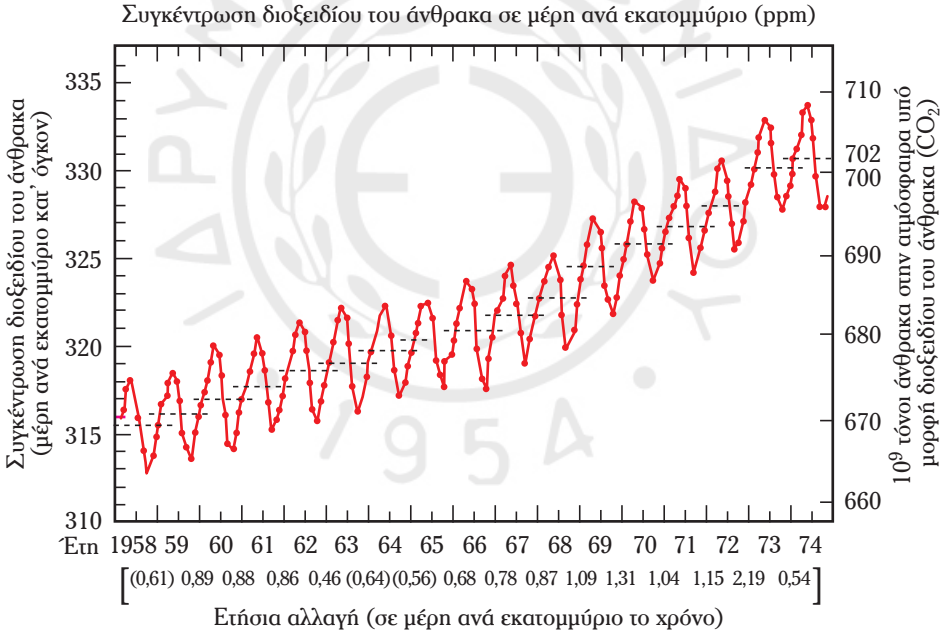
Τα τελευταία εκατό χρόνια η ποσότητά του εκτινάχθηκε στα 380 μέρη ακολουθώντας συνεχή ανοδική πορεία. Η συνθήκη του Κιότο για τον περιορισμό του, μάλλον είχε φιλολογικό χαρακτήρα. Ο πλανήτης όμως εκδικείται με το λιώσιμο των πάγων στις αρκτικές περιοχές – με άγνωστες συνέπειες για το μέλλον και τις παράλιες περιοχές – τη συχνή δημιουργία τυφώνων και καταιγίδων. Η εικόνα επιβαρύνεται συνεχώς με εκθετικούς ρυθμούς, καθώς τεράστιες μάζες ανθρώπων προσχωρούν στις καταναλωτικές κοινωνίες και ο πληθυσμός της Γης βαίνει συνεχώς αυξανόμενος. Έχουμε ήδη ξεπεράσει τα έξι δισεκατομμύρια. Η εφιαλτική αυτή εικόνα επιβαρύνεται ακόμη περισσότερο από την αποψίλωση των δασικών εκτάσεων (πυρκαγιές, δημιουργία βοσκότοπων).

Οι λύσεις που κατά καιρούς προτείνονται, όπως για παράδειγμα η διαφύλαξη του διοξειδίου του άνθρακα στο υπέδαφος, η μετατροπή του σε πέτρωμα, για παράδειγμα ασβεστόλιθο, ο εμπλουτισμός των ωκεανών με διοξείδιο (ήδη, χωρίς να έχει εφαρμοστεί συστηματικός εμπλουτισμός, η οξύτητα των θαλάσσιων υδάτων, λόγω του όξινου διοξειδίου, αρχίζει να εμφανίζει αυξητικές τάσεις, με άγνωστες προς το παρόν συνέπειες για τους θαλασσινούς οργανισμούς). Προτείνεται ακόμη η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας με τεχνητά κάτοπτρα, το

φιλτράρισμα του αέρα, λύσεις οι οποίες είναι προς το παρόν ανέφικτες σε ευρεία τουλάχιστον κλίμακα, για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.

Οι άνθρωποι βυθισμένοι σ' ένα όργιο ασυγκράτητου καταναλωτισμού, αγνοούν τις φωνές των διαμαρτυρόμενων υποθέτοντας ότι αφορούν κάποιον άλλο πλανήτη ή κάποιες άλλες γενιές, ενώ οι κυβερνώντες απανταχού της Γης προσμετρούν απλά το πολιτικό κόστος για οποιαδήποτε ενέργεια αναστολής. Έτσι ο φαύλος κύκλος συνεχίζεται.

Η άνοδος της θερμοκρασίας έδιωξε τα ψάρια. Τα ψάρια όμως τρώνε και φύκια, τα οποία με τη σειρά τους ανταγωνίζονται τα κοράλλια, που έτσι χάνουν το ζωτικό τους χώρο. Όπως φαίνεται για το θάνατο των κοραλιών, των οποίων η ποσότητα συνεχώς μειώνεται, ευθύνεται η παρουσία σακχάρων στο θαλασσινό νερό και όχι ανόργανων αλάτων όπως πιστευόταν. Τα σάκχαρα, τα οποία δημιουργούνται με φωτοσύνθεση από το πλεονάζον διοξείδιο του άνθρακα, επίσης ευθύνονται για την εκρηκτική αύξηση των βακτηρίων και ο φαύλος κύκλος συνεχίζεται, κατέληξε ο Κάρολος.




*Η καμπύλη του διαγράμματος είναι κυματοειδής, γιατί την άνοιξη και το καλοκαίρι λόγω αυξημένης φωτοσύνθεσης από τα φυτά, η απορρόφηση του διοξειδίου είναι μεγαλύτερη. Τα χρόνια που έρχονται δεν θα έφθανε το ύψος της σελίδας για το διάγραμμα. Το φαινόμενο είχε διαπιστωθεί και εκρούειο ο κώδωνας κινδύνου από την πρώτη ενεργειακή κρίση τη δεκαετία του 1970-1980.*

## Η εκδίκηση της Θεάς Γαίας

– Το Φεβρουάριο του 2006, πήρε το λόγο ο Ευκλείδης, συγκεντρώθηκαν στο Exeter της Αγγλίας 200 ερευνητές απ' όλη την υδρόγειο, οι οποίοι ασχολούνται

με τις κλιματολογικές μεταβολές. Ήταν η δεύτερη συνάντηση ύστερα από τέσσερα χρόνια. Συγκρίνοντας τα πορίσματα της συνάντησης αυτής με εκείνα του 2001 συμπέραναν ότι ορισμένα φαινόμενα  τώρα είναι πιο καθαρά και με πιο περιορισμένες τις αβεβαιότητες από τότε. Να μερικά χαρακτηριστικά συμπεράσματα από την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα:

- Αύξηση της οξύτητας των υδάτων των ωκεανών λόγω διάλυσης διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας με άγνωστες επιπτώσεις στη ζωή των θαλασσινών οργανισμών.
- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας, λόγω τήξης των πάγων στη Γροιλανδία και την Ανταρκτική. (Στη Γροιλανδία το φαινόμενο είναι ήδη ορατό από φωτογραφίες δορυφόρων). Αυτά θα έχουν ως συνέπεια να εξαφανιστούν αρκετοί παραθαλάσσιοι οικισμοί τα επόμενα χρόνια. Ήδη για τους κατοίκους της Αλάσκα η καθημερινότητά τους έχει μεταβληθεί. Οι πρώτες οδυνηρές μεταβολές, πλημμύρες, καύσωνες, κυκλώνες δείχνουν ήδη ότι ο πλανήτης αρχίζει να εκδικείται.



*Έτος 2005. Η θερινή κάλυψη με πάγους της Ανιαρκτικής. Τα τρία τέταρτα μόνο έχουν απομείνει, όπως φαίνεται από το περίγραμμα των παγετώνων (φωτογραφία από δορυφόρο).*

Σύμφωνα με την επιτροπή μελέτης του ύψους της θάλασσας (Panel on Climate Change) αναμένεται μια άνοδος της θάλασσας κατά 3,4 χιλιοστά του μέτρου ανά βαθμό ανόδου της θερμοκρασίας ετησίως. Δηλαδή πρόκειται περί μιας ανόδου της στάθμης για το έτος 2100 κατά 0,5 έως 1,4 μέτρα.

## Η τύχη του φυτοπλαγκτόν σ' ένα θερμότερο κόσμο. Μια ανησυχητική προειδοποίηση

– Φωτογραφίες από δορυφόρους, είπε ο Κάρολος, λαμβάνοντας το λόγο, δείχνουν ότι η βιομάζα του φυτοπλαγκτόν και η αναπαραγωγή του γενικά μειώνεται, όπως τα επιφανειακά νερά του ωκεανού θερμαίνονται. Αποτελεί αυτό άραγε έναν προάγγελο για το μέλλον του θαλάσσιου οικοσυστήματος; Το φαινόμενο παρακολουθείται ενδελεχώς λόγω της βασικής σημασίας του φυτοπλαγκτόν τόσο στην τροφική αλυσίδα, όσο και στην αξιοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά τη φωτοσύνθεση, αλλά και στην παραγωγή οξυγόνου, πολύ περισσότερο τώρα που οι πυρκαγιές των δασών διαδέχονται η μια την άλλη και το θαλασσινό οξυγόνο καθίσταται πολυτιμότερο. Πρόκειται για γεγονός που οφείλει να κινητοποιήσει άμεσα όσους ασχολούνται με την ενάλια βιολογία. Ήδη γίνονται πειράματα εμπλουτισμού του θαλασσινού νερού με ίχνη μεταλλικών στοιχείων και κυρίως σιδήρου, τα οποία ενεργοποιούν την αναπαραγωγή της πολύτιμης αυτής πρωταρχικής πηγής της τροφικής αλυσίδας και του οξυγόνου.

Τα μηνύματα απ' όλους τους παγκόσμιους οργανισμούς που ερευνούν τις κλιματολογικές μεταβολές είναι σχεδόν μονοσήμαντα και καταλήγουν: *«Δεν υπάρχει αμφιβολία. Ο πλανήτης οδηγείται σε αύξηση της θερμοκρασίας»* με ό,τι αυτό συνεπάγεται.

Οι πολιτικοί πρέπει να κατανοήσουν ότι ο χρόνος τρέχει και ότι η επόμενη γενιά θα ζήσει σ' έναν πλανήτη χωρίς πάγους στους πόλους τους θερινούς μήνες. Ο κόσμος θα είναι ένας εντελώς διαφορετικός κόσμος και δεν θα μπορούμε να φανταστούμε τι αυτό συνεπάγεται. Έχουν αποφασίσει να ρισκάρουν τις συνέπειες για το πολιτικό κόστος; Μακάριοι στην άγνοιά τους!!

«Γαία» είναι η πατρίδα όλων μας. Το σύστημα που περιλαμβάνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και τα περιβάλλοντα που επηρεάζει η ζωή: έδαφος, ατμόσφαιρα, ωκεανοί, βράχια, νερό, αέρας. Η θεωρία της Γαίας – της θεάς του πλανήτη Γη της αρχαίας μυθολογίας – σύμφωνα με την οποία η ζωή στη Γη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα εξελισσόμενα συστήματα, δηλαδή αυτά που έχουν ως στόχο να διατηρούν ευνοϊκό κλίμα για τη συντήρηση της ζωής, όπως αυτή εξελίχθηκε στους αιώνες των αιώνων πριν από τις ανθρώπινες επεμβάσεις.

Η Γήχθων θεά Γαία δεν θα φανταζόταν ποτέ, πώς θα καταντούσαμε εμείς οι άνθρωποι το βασίλειό της. Η ζωή στη Γη και τη βιόσφαιρά της: το έδαφος, τον αέρα, τους ωκεανούς μαζί με όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και τα περιβάλλοντα που η ζωή επηρεάζει, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα εξελισσόμενα συστήματα και το κλίμα.

*Η βιόσφαιρα δεν έχει ούτε επιθυμίες ούτε αποστροφές.* Πορεύεται με τις ισορροπίες που έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια δισεκατομμυρίων χρόνων. Εδώ όμως και χρόνια απόγονοι του αυστραλοπιθήκου και κατ' ευφημισμό αυτοχαρακτηριζόμενου ως «Homo Sapiens», όντος που ζει παρασιτικά σε βάρος ορυκτών, φυτών και ζώων, βάλθηκαν, χωρίς περίσκεψη, σαν ταύροι σε υαλοπωλείο, να διαταράξουν όλες αυτές τις λεπτές ισορροπίες. Η θεωρία της Γαίας δεν είναι ούτε

ορθή, ούτε λανθασμένη. Η θεά δεν εκδικείται, απλά ακολουθεί τους χρυσούς κανόνες της εξέλιξης, όπως θεσμοθετήθηκαν μυριάδες χρόνια πριν.

## Παραγωγή μεθανίου από τα φυτά

***Μια καταπληκτική διαπίστωση – Ένας νέος πονοκέφαλος για την αλλαγή του κλίματος στον πλανήτη – Σαν να μην έφθανε η άγνοια και η ασυνειδησία μας!***

– Σαν να μην έφτανε όμως η ραγδαία αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, τώρα φαίνεται να προστίθεται ένας ακόμα επιβαρυντικός για την ατμόσφαιρα παράγοντας, παρενέβη λέγοντας ο Κάρολος.

Η απρόσμενη ανακάλυψη από τον Keppler –γαιοχημικό στο Max Plank Ινστιτούτο Πυρηνικής Φυσικής στη Χαϊδελβέργη– ότι τα φυτά, τα χόρτα, τα φύλλα, τα δέντρα, παράγουν μεθάνιο υπό συνήθεις αερόβιες συνθήκες άφησε εμβρόντητη την επιστημονική κοινότητα.

Μεθάνιο γνωρίζουμε ότι παράγεται από το φυτικό υλικό με τις μικροβιακές δραστηριότητες, απουσία οξυγόνου, δηλαδή αναερόβια, όπως στις πλημμυρισμένες φυτείες ρυζιού, στα έλη, στο πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών και των ανθρώπων. Η ανακάλυψη αυτή δημιούργησε έκπληξη, πρώτον γιατί ένα τόσο γενικό φαινόμενο άργησε εξαιρετικά να παρατηρηθεί και δεύτερον διότι δεν είναι δυνατή η εξήγηση για ποιο λόγο τα φυτά ακολουθούν αυτόν, το θερμοδυναμικά δυσχερέστερο βιοχημικό δρόμο για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα!

Το εύρημα δημιουργεί ακόμη έναν πονοκέφαλο στο παζλ αλλαγής του κλίματος, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και το μεθάνιο της ατμόσφαιρας, όπως είπαμε, συνιστούν ένα αόρατο σεντόνι που περιβάλλει τον πλανήτη μας παρεμποδίζοντας τη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην αύξηση της θερμοκρασίας της Γης και στην αλλοίωση των κλιματολογικών δεδομένων με επίδραση στα θαλάσσια ρεύματα, στην τήξη των παγετώνων και σε άλλες καταστροφικές συνέπειες που αγνοούμε.

Τα φυτά θεωρούνται ευεργετικά για το περιβάλλον, αφού κατά τη διαδικασία εκδήλωσης της ζωής τους, με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός –τη φωτοσύνθεση– συνθέτουν υδατάνθρακες (άμυλο, σάκχαρα, κυτταρίνη) και οξυγόνο από διοξείδιο του άνθρακα και έτσι μειώνουν το ποσοστό του στην ατμόσφαιρα.

Η ανακάλυψη ότι τα φυτά παράγουν μεθάνιο, επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα κατά 60.000.000 – 240.000.000 τόνους μεθανίου ετησίως, προσθέτει ένα ακόμα επιβαρυντικό στοιχείο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι ο καθοριστικός παράγοντας, δεδομένου ότι αυτό υπήρχε ανέκαθεν, χωρίς αισθητές επιδράσεις. Το ποσοστό μεθανίου θα βαίνει συνεχώς αυξανόμενο λόγω της αύξησης της γεωργικής παραγωγής, η οποία προσπαθεί ν' ακολουθήσει την αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη. Όπως είναι γνωστό ο πληθυσμός της Γης υπερέβη αισίως τα 6 δισεκατομμύρια και οδεύει ταχέως προς τα 9 για το

έτος 2050, παρά τους περιορισμούς γεννήσεων σε ορισμένες χώρες (ανερχόταν σε μερικές χιλιάδες πριν 2000 χρόνια). Αδήριτη όμως είναι η ανάγκη διατροφής του πληθυσμού αυτού.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων λέγοντας:

– Πάντως επειδή μεθάνιο παραγόταν ανέκαθεν, χωρίς προβλήματα στο οικοσύστημα, νομίζω ότι η επιβάρυνση με διοξείδιο απλώς κάνει το ποτήρι να ξεχειλίσει.

– Έτσι πιστεύω κι εγώ, απάντησε ο Κάρολος.

## Η αλλαγή του κλίματος

### *Εντροπία: Βιολογικά και φυσικά φαινόμενα*

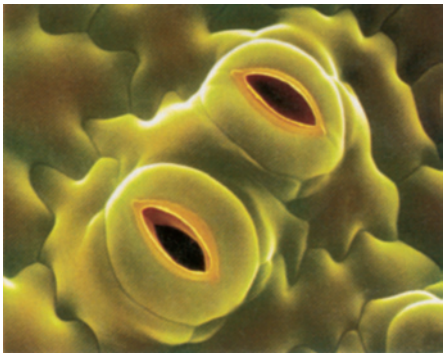
– Σήμερα, που τα ακραία φυσικά φαινόμενα (τυφώνες, τσουνάμι, πλημμύρες, καύσωνες, αλλαγές κλίματος) γίνονται όλο και συχνότερα, όσο το φαινόμενο θερμοκηπίου επεκτείνεται από την αλόγιστη αύξηση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, τα ΜΜΕ ασχολούνται κάθε μέρα και εκτενέστερα με τα φαινόμενα αυτά, που έχουν άμεση επίδραση στην καθημερινή ζωή μας, αλλά σε ώτα μη ακουόντων, συνέχισε ο Κάρολος.

Ο ευρωπαϊκός δορυφόρος Γαλιλαίος, που θα τεθεί σε τροχιά 23.000 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της Γης, θ' αρχίσει να εκπέμπει σήματα χρόνου. Είναι η ευρωπαϊκή απάντηση στο αμερικάνικο σύστημα GPS (Global Positioning System). Εξοπλισμένος με ατομικά ρολόγια απόλυτης ακρίβειας θα επιτρέψει νέες μελέτες της ατμόσφαιρας και των ωκεανών και της πρόληψης νέων καταστροφών τύπου «τσουνάμι».

Εξάλλου ένα νέο πλοίο με εξοπλισμό γεωτρητικών μηχανημάτων ικανών για βαθύτατη διάτρηση στο βυθό του ωκεανού, φιλοδοξεί να φθάσει ως την «κόρα» της Γης. Από αυτήν τη δραστηριότητα ελπίζεται να κτηθεί γνώση για τους σεισμούς, αλλά και την ιστορία δημιουργίας του πλανήτη. Από την άλλη μεριά οι θεωρητικοί προσπαθούν να προβλέψουν τις μεταβολές του κλίματος και να προσδιορίσουν τους νόμους που τις διέπουν, η αλήθεια όμως χωρίς μεγάλη επιτυχία.

Το μέγα ερώτημα που τίθεται είναι: είναι δυνατόν η συμπεριφορά τόσο πολύπλοκων συστημάτων, από τα ζωικά κύτταρα έως τα κλίματα που επικρατούν στους πλανήτες, να ερμηνευτούν με την ιδέα ότι αυτοκαθοδηγούνται, ώστε ν' αποκτήσουν τη μέγιστη αταξία (εντροπία);

Όπως θα μας εξηγήσει ο Ευκλείδης ένα κλειστό σύστημα τείνει να φθάσει σε κατάσταση μέγιστης εντροπίας (αταξίας) χωρίς όμως να προσδιορίζεται πότε, πόσο γρήγορα ή πόση εντροπία, για την οποία θα έχουμε την ευκαιρία να μιλήσουμε αργότερα, θα παράγει αυτό το σύστημα, όπως για παράδειγμα το κλίμα. Η παραγωγή μέγιστης εντροπίας είναι ένα αξίωμα οργανωτικό που ενοποιεί δυναμικά βιολογικά και φυσικά φαινόμενα (για παράδειγμα από το άνοιγμα του στόματος στα φύλλα των φυτών), καθώς τα φύλλα ανοίγουν και κλείνουν τους μικρούς πόρους στην επιφάνειά τους: τα *στόματα* ρυθμίζουν τη ροή των αερίων



*Στόμαια φύλλων (σε μεγέθυνση).*
*Όπως αποδείχτηκε τελευταία, εκτός από την εξοικονόμηση νερού και την έξοδο του διοξειδίου με το ανοιγοκλείσιμό τους, ανιχνεύουν και βακτήρια που τα επιβουλεύονται οπότε κλείνουν.*

και των ατμών προς τα μέσα ή προς τα έξω.

Πιστεύεται ότι πρόκειται για την προσπάθεια του φυτού ν' αριστοποιήσει τη φωτοσύνθεση και να μειώσει τις απώλειες νερού. Είναι δυνατόν ακόμη να ερμηνευτεί ως η προσπάθεια του φύλλου να μεγιστοποιήσει την εντροπία του κατά την εναλλαγή των αερίων – όπως λόγου χάρη διοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου. Αν αυτό συμβαίνει, δείχνει ότι η βιολογικά άριστη κατάσταση είναι η πιο πιθανή φυσική κατάσταση, δηλαδή της αυξημένης εντροπίας. Αυτό φαίνεται ότι ισχύει και στα οικονομικά φαινόμενα. Όπως λέει ο Lovanz: *«Υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στις διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας και των οικονομικών μεγεθών»*.

Οι κλιματικές συνθήκες μεγιστοποιούν την παραγωγή εντροπίας, συνέχισε ο Κάρολος. Πρόκειται για τη θεωρία της Maximum Entropy Production ή εν συντομία MEP, που εκφράζεται από την ομάδα Paltridge του Πανεπιστημίου της Τασμανίας.

Ο Dewar, θεωρητικός φυσικός, υποθέτει πως ό,τι ισχύει για ένα μικρό δοχείο που περιέχει μόρια αερίου (χωρίς εισαγωγή ενέργειας), θα πρέπει να ισχύει και για έναν αστρονομικό αριθμό μορίων αερίου ή ύδατος αν αυτά θερμανθούν. Ισχυρίζεται λοιπόν ότι σε ένα ευρύ πολύπλοκο σύστημα ή κατάσταση μέγιστης εντροπίας είναι το πλέον πιθανόν άθροισμα των μικροσκοπικών μερών αυτού.

– Συνδέοντας τη βλάστηση με το κλίμα η MEP προσφέρει μια νέα συσχέτισή της με την υπόθεση της Γαίας, παρενέβη ο Ευκλείδης και συνέχισε. Οι θεωρητικοί της Γαίας προσπαθούν να εξηγήσουν γιατί οι οργανισμοί της Γης, επιθυμούν, μαζικά, τη διατήρηση σταθερού κλίματος (θεωρία αρκετά τολμηρή σχετικά με τις δυνατότητες των οργανισμών μέσα στις τιτάνιες πλανητικές δυνάμεις). Η προσπάθεια όμως είναι προσπάθεια. Αν ένας πλανήτης είναι κατάλληλος για την ανάπτυξη ζωής, οι βιολογικές δραστηριότητες αυξάνουν την παραγωγή εντροπίας (για παράδειγμα δείτε τα σκουπίδια που αφήνουν οι λουόμενοι σε μια ακτή, μετά το μπάνιο τους, που το αποδίδουμε σε κακή κοινωνική αγωγή). Σίγουρα η

ροπή όμως προς την αταξία φαίνεται να είναι έμφυτη, χωρίς να θέλω να δικαιολογήσω την αντικοινωνικότητα του φαινομένου. Σ' αυτό συμβάλλουν και οι μη βιολογικές δραστηριότητες του πλανήτη.

Εάν λοιπόν κλίμα και οικοσύστημα τείνουν σε ΜΕΡ, η σταθερότητα του κλίματος γίνεται ένα υποπροϊόν αυτής της κατάστασης, προς την οποία το σύστημα θα επιστρέφει όταν διαταραχθεί.

Βέβαια υπάρχουν τόσες παράμετροι, τόσες μεταβλητές, γι' αυτό οι θεωρίες αυτές προκαλούν ατέρμονες συζητήσεις – αλλά όσοι υποθέτουν ότι από το παρόν χάος ίσως προκύψει μια νέα τάξη, δεν βασίζονται σίγουρα σε κάτι πολύ πιθανόν.

## Μια δύσκολη απόφαση

### *Η σοφία του κυρ-Αποστόλη*

Στη συζήτηση τώρα παρενέβη η Μάρθα, φανερά ανήσυχη:

– Απ' όσα αναφέρθηκαν δεν φαίνεται να υπάρχει άμεση λύση, γιατί τα προβλήματα είναι πολλά και δυσεπίλυτα. Μία λύση θα ήταν εφικτή, αλλά με την κακομαθημένη στον υπερκαταναλωτισμό και τη μαλθακότητα ανθρωπότητα η αυτοσυγκράτηση δεν είναι πιθανή. Ο καθένας τον περιορισμό στις βολές και στις ανέσεις του εννοεί να εφαρμόσει ο διπλανός του.

Ίσως αν υιοθετούσαμε ένα μικρό μέρος από τη σοφία του κυρ-Αποστόλη από την Ήπειρο, ενός από τους τελευταίους νομάδες βοσκούς της ελληνικής υπαίθρου, θα διασώζαμε τον πλανήτη και τη ζωή των επερχόμενων. Ο κυρ-Αποστόλης δεν χρειάζεται τηλεόραση (οποία ευλογία, τι προνόμιο!) για να περνάει ευχάριστα τα βράδια του, ούτε ενημερώνεται για τα πολλά δυσάρεστα που καθημερινά επιβάλλει η τρομολαγνεία των ΜΜΕ (τι ευτυχία!), δεν παρακολουθεί το χρηματιστήριο. Δεν ενδιαφέρεται για το life style και αποφθέγγεται:

*«Εσείς οι Αθηναίοι είστε μαλθακοί, εγώ βοσκός γεννήθηκα και βοσκός θέλω να πεθάνω. Τα "σημαντικά" τα δικά σας δεν με ενδιαφέρουν. Οι μόνες προβλέψεις που μ' ενδιαφέρουν είναι εκείνες του καιρού: γιατί όταν δεν βρέχει ο Θεός, δεν τρώει κανείς».*

Ο μόνος πλούτος που τον ενδιαφέρει είναι η ηρεμία της ψυχής του και ζει χωρίς νερό, ηλεκτρικό, την καθημερινότητα του βοσκού μιας άλλης εποχής. Πόση σοφία!

Ο κυρ-Αποστόλης δεν έχει ιδέα από τις θεωρίες των αναρχικών, οι οποίοι *απολαμβάνοντας όλα τα αγαθά της τεχνολογίας στις «ανεπτυγμένες» χώρες, επιθυμούν να τα γκρεμίσουν όλα, χωρίς όμως να πληρώσουν κάποιο τίμημα για τις ανέσεις που εισπράπουν*. Πόσο συνεπής είναι ο κυρ-Αποστόλης! Επειδή όμως κανείς δεν θα επωφεληθεί από τη σοφία του και θα συνεχίσουμε αμέριμνοι τις συνήθειές μας, τι λύσεις προτείνετε γι' αναστολή του ολέθρου;

Το λόγο τώρα πήρε πάλι ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές

– Οι ανανεώσιμες* ενεργειακές πηγές προέρχονται από τις κοσμικές δυνάμεις που δρουν στον κοντινό και το μακρινό περίγυρο του πλανήτη. Οι κυριότερες είναι η ηλιακή ενέργεια και η βαρύτητα.

Στην ηλιακή ενέργεια – και λιγότερο στη ραδιενέργεια – οφείλεται η ζωογόνος θερμότητα που επικρατεί στην επιφάνεια της γης, αλλά και η φωτοσύνθεση που πραγματοποιούν τα φυτά, πηγή κάθε ζωής. Οι δυνάμεις βαρύτητας μαζί με την ηλιακή ενέργεια δημιουργούν τον *υδρολογικό κύκλο*, δηλαδή την εξάτμιση του νερού, την πτώση της βροχής και τις παλίρροιες. Η περιστροφή της Γης και η ηλιακή ενέργεια δημιουργούν τα θαλάσσια ρεύματα, τους ανέμους και τα κύματα.

Από πρακτικής πλευράς οι ανανεώσιμες πηγές, που η εκμετάλλευσή τους έχει οικονομική σημασία, είναι οι πιο κάτω, όπως θα δείτε στην οθόνη:

- Η ηλιακή ενέργεια, ως φωτεινή, θερμική ή και τα δύο.
- Η αιολική ενέργεια.
- Η γαιοθερμική ενέργεια και η θερμοκρασία της θάλασσας.
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια.
- Η παλιρροϊκή και η ενέργεια των κυμάτων και
- η βιομάζα.

Όμως ας μιλήσουμε τώρα για τον Ζωοδότη, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Ηλιακή ενέργεια

– Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στη Γη είναι περισσότερο από επαρκής για να κορέσει τις ανάγκες της ανθρωπότητας τώρα και στο μέλλον. Η ποσότητα των 120 x $10^{15}$ W (ή 730.000 x $10^{12}$ χιλιοβατώρες το χρόνο), που τελικά προσπίπτει στον πλανήτη, υπερβαίνει κατά πολύ (περίπου 400 φορές) την ενέργεια που προέρχεται απ' όλες τις άλλες ενεργειακές πηγές μαζί.

Αν η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε ένα μικρό μέρος της Γης, για παράδειγμα των ΗΠΑ, μπορούσε να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό, με αποδοτικότητα έστω 12%, θα ήταν αρκετή για να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες της χώρας για το έτος 2020 (οι οποίες θα είναι υπερδιπλάσιες των σημερινών). Δηλαδή αν διατεθεί 2% από το έδαφος των ΗΠΑ (ή το 4% για το έτος 2020) για αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, θα ήταν αρκετό για να κορεσθούν οι ανάγκες της χώρας.

Το πρόβλημα είναι και οικονομικό και τεχνολογικό, διότι πρώτον η ηλιακή ενέργεια είναι διάχυτη, επομένως για να αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό πρέπει να συγκεντρωθεί κατά τρόπο οικονομικό. Δεύτερον δεν διατίθεται συνεχώς, αλλά ορισμένες ώρες και σε διάφορο ποσοστό, συναρτήσει των εποχών του έτους.

* Ο όρος ανανεώσιμες είναι σχετικός με βάση τα ανθρώπινα χρονικά μέτρα, αφού και ο Ήλιος δεν είναι αιώνιος. Με ηλικία πέντε δισεκατομμυρίων ετών υπολογίζεται ότι θα παράγει ενέργεια για περίπου άλλο τόσο χρονικό διάστημα.

Θεωρητικά, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας της Γης προσπίπτουν περίπου 1400 Watt ηλιακής ενέργειας. Το ποσό αυτό στην πραγματικότητα κυμαίνεται μεταξύ 200-1000 Watt ανάλογα με την εποχή του έτους, τις ώρες της ημέρας και τη γεωγραφική θέση. Στην εύκρατη ζώνη για παράδειγμα η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει κατά μέσο όρο όλο το χρόνο, μέρα και νύχτα ανέρχεται σε 200 Watt περίπου ανά τετραγωνικό μέτρο. Ένα άλλο πρόβλημα αποτελεί η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας, την ώρα που προσφέρεται άφθονη για να χρησιμοποιηθεί όταν πρέπει.

Κανένας δεν αμφισβητεί σήμερα τη σημασία της ηλιακής ενέργειας για τοπικούς και περιορισμένους σκοπούς, όχι όμως και για την εκτεταμένη αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Για την παραγωγή λόγου χάρη 20 T*W/έτος που αποτελούν τις ενεργειακές ανάγκες των ΗΠΑ θα χρειαζόταν η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε έκταση 500.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Αν μάλιστα ληφθούν υπόψη και η συντήρηση και οι άλλες ανάγκες πρέπει να υπολογιστεί σχεδόν η διπλάσια έκταση. *Αυτά τα χιλιόμετρα όμως θα πρέπει να καλυφθούν με υλικά υψηλών επενδυτικών απαιτήσεων όπως τσιμέντο, γυαλί, χάλυβα, πολύπλοκα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.λπ. βάρους κατά μέσον όρο περίπου 30 κιλών ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι επενδύσεις όμως που θα χρειαζόταν να γίνουν και η ενέργεια που θα έπρεπε καταναλωθεί για να παραχθούν τα υλικά αυτά προσεγγίζουν τα όρια αντοχής της παγκόσμιας οικονομίας (περίπου 30 x $10^9$ τόνοι ενεργειοβόρων υλικών).*

## Ο Ήλιος: Η πιο σημαντική ανανεώσιμη πηγή

– Είμαστε τώρα υποχρεωμένοι, συνέχισε ο Ευκλείδης, να επιστρέψουμε στον ηλιακό πολιτισμό. Η Γη, όπως είπαμε, δέχεται 4.000 φορές περισσότερη ενέργεια το χρόνο από τον Ήλιο, απ' αυτήν που θα καταναλίσκεται το έτος 2050.

Από τις ανανεώσιμες πηγές, με εξαίρεση την υδροηλεκτρική ενέργεια, της οποίας εκμετάλλευση γίνεται παντού όπου αυτό είναι εφικτό (φράγματα στη ροή των ποταμών ανεγείρονται σ' όλο τον κόσμο), οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) καλύπτουν ελάχιστο ποσοστό του παγκόσμιων αναγκών.

Παρότι όμως η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι αναγκαία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δημιουργούνται και προβλήματα στους παρόχθιους πληθυσμούς· για παράδειγμα το φράγμα του Ασουάν στην Αίγυπτο έχει δημιουργήσει σημαντικούς οικολογικούς διαφορισμούς, των οποίων η επίδραση στο περιβάλλον δεν είναι δυνατόν προς το παρόν να εκτιμηθεί.

Κύματα διαδηλώσεων και διαμαρτυριών σε διάφορα μέρη του κόσμου, κατά των φραγμάτων και των εκτροπών που γίνονται στα ποτάμια για λόγους αρ-

* T = tera = $10^{12}$ Watt (12 τρισεκατομμύρια).

δευτικούς και παραγωγής ενέργειας, δημιουργούν απρόβλεπτες συνέπειες στο οικοσύστημα, κατέληξε ο Ευκλείδης.

## Ένας κόσμος διψασμένος

– Η αύξηση του πληθυσμού, είπε ο Κάρολος, η μόλυνση του εδάφους από λιπάσματα, αγροχημικά, η ξηρασία σε ορισμένες περιοχές καθιστούν οξύ το πρόβλημα για τα επόμενα χρόνια (περισσότερο από δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε προβληματικές περιοχές).



*Περιοχή της Αφρικής, όπου η ξηρασία είναι εμφανής.*

Το γλυκό νερό (2,5% της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη), από το οποίο μικρό κλάσμα είναι εκμεταλλεύσιμο, διότι μεγάλες ποσότητες βρίσκονται υπό μορφή παγετώνων ή σε μεγάλο βάθος, ενώ μεγάλες ποσότητες διά των ποταμών οδεύουν στη θάλασσα, αποτελεί ακόμη ένα από τα μεγάλα προβλήματα.

Δυστυχώς σήμερα, οι ποσότητες οι οποίες αντλούνται είναι περισσότερες από αυτές που ο υδρολογικός κύκλος δημιουργεί (1:1,9). Προς το παρόν η μόνη διαφαινόμενη λύση για τη διψασμένη ανθρωπότητα σε ορισμένες περιοχές φαίνεται να είναι η λύση της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τεχνητές μεμβράνες ώσμωσης, μεμβράνες που συνεχώς τελειοποιούνται, κυρίως στο Ισραήλ και καθιστούν εφικτά οικονομική την για ορισμένους σκοπούς πραγματοποίηση του εγχειρήματος. Μελλοντικά ίσως, εάν και όταν επιτευχθεί η σύντηξη, η απομίμηση δηλαδή του τρόπου που ο Ήλιος παράγει τεράστια ποσά ενέργειας, να παραχθεί φθηνή ενέργεια που θα μπορούσε να επιλύσει το πρόβλημα.

## Αιολική ενέργεια

– Κάποια βοήθεια, είπε ο Ευκλείδης παίρνοντας το λόγο, είναι δυνατόν να

φέρει η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, της οποίας σήμερα το κόστος συγκρίνεται με αυτό του φυσικού αερίου, αλλά η συμβολή της –πολύτιμη αλλά περιορισμένη και βοηθητική– εξαρτάται κυρίως από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Για παράδειγμα στην Αγγλία για την υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκεται σήμερα θα ήταν αναγκαία η εγκατάσταση μερικών εκατοντάδων χιλιάδων ανεμογεννητριών και επειδή οι γήινοι χώροι δεν επαρκούν, θα έπρεπε να γίνουν δαπανηρές εγκαταστάσεις στη θάλασσα.

– Αυτό δεν σημαίνει πως δεν πρέπει να προσπαθήσουμε ό,τι είναι δυνατόν στην κατεύθυνση αυτή, παρενέβη ο Κάρολος.

## Ενέργεια από τη θάλασσα

– Η κολοσσιαία θερμική ενέργεια, είπε ο Ευκλείδης, που ενέχεται στη θάλασσα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενέργεια OTEC όπως λέγεται (Ocean Thermal Energy Conversion).

Ο ωκεανός στις τροπικές περιοχές φυλακίζει σημαντικά ποσά ενέργειας από τον Ήλιο. Η εκμετάλλευση βασίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και βυθού με την κυκλοφορία ενός υγρού όπως αμμωνίας ή προπανίου. Στο θερμό τμήμα επέρχεται βρασμός και διαστολή, ενώ στο ψυχρό υγροποιούνται, φαινόμενο που είναι δυνατόν να θέσει σε λειτουργία μιαν ηλεκτρογεννήτρια. Ας μην σας κουράζω όμως με λεπτομέρειες, αν και το πρώτο πείραμα στη Χαβάη με γεννήτρια 250 κιλοβάτ απέφερε ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Όλ' αυτά συνιστούν προσδοκίες για το μέλλον, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Ηλεκτρισμός από τον Ήλιο – Φωτοβολταϊκή παραγωγή

– Πολύτιμη επίσης είναι η απ' ευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό με φωτοβολταϊκές κυψέλες (panel).

Οι εφαρμογές σε μικροκαταναλώσεις είναι ήδη εκτεταμένες (μικροϋπολογιστές, ραδιόφωνα, τηλέφωνα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, τόπους όπου η ηλεκτρική ενέργεια δεν φθάνει κ.λπ.) και θα αυξάνονται συνεχώς καθώς το κόστος παραγωγής των κυψελών μειώνεται. Βέβαια θα πρέπει να υπολογιστεί ότι ο καθένας από εμάς χρειάζεται 2-3 τετραγωνικά μέτρα φωτοβολταϊκής επιφάνειας για να κορέσει τις ανάγκες του αλλά δυστυχώς οι ενεργειακές ανάγκες για την κατασκευή τους είναι πολύ υψηλές.

Η πρώτη ύλη από την οποία παράγονται οι φωτοβολταϊκές κυψέλες σήμερα είναι η άμμος, η οποία ύστερα από μακρές και ενεργειοβόρες διαδικασίες μετατρέπεται σε ημιαγωγό πυριτίου. Η τιμή της άμμου θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί μ' έναν αριθμό με πέντε μηδενικά (100.000), προκειμένου να παραχθεί το πολύτιμο υλικό.

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου κυμαίνεται από 15-23%. Έχουν κατασκευαστεί και υλικά των οποίων η απόδοση φθάνει το 41,6%, αλλά

το κόστος παραγωγής τους είναι υψηλότερο. Ίσως η λύση που επεξεργάζεται το Ισραήλ να είναι πολύ ενδιαφέρουσα. Δημιουργείται ένας τεράστιος φακός, βάρους 10 τόνων (μια ομπρέλα με ειδικά κάτοπτρα), ο οποίος συγκεντρώνει 1.000 φορές περισσότερο ηλιακό φως και η απόδοσή του προσεγγίζει το 40%. Επειδή όμως το πυρίτιο δεν αντέχει τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, χρησιμοποιείται ένα πιο δαπανηρό υλικό: το αρσενιούχο Γάλλιο. Με τον τρόπο αυτό ελπίζεται να επιτευχθεί το μαγικό κόστος του ενός δολαρίου ανά Watt και η απόσβεση του συστήματος σε είκοσι χρόνια. Το μέλλον είναι τα οργανικά φωτοβολταϊκά, τα οποία θ' αντικαταστήσουν τα βαριά, ενεργειοβόρα κατά την κατασκευή των πρώτων υλών τους, δύσχρηστα σημερινά «panels» διοξειδίου του πυριτίου. Στο μέλλον κάθε τζάμι σπιτιού επαλειμμένο με οργανικά φωτοβολταϊκά φιλμ θα δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια. Μια πρόκληση για τους ερευνητές του σήμερα και του αύριο. Βέβαια τα οργανικά υλικά δεν είναι τόσο σταθερά όσο τα πυριτικά, η παραγωγή όμως νέων υλικών με φθηνό κόστος θα καταστήσει δυνατή τη συχνή αντικατάστασή τους. Αξίζει τον κόπο η οποιαδήποτε προσπάθεια. Είναι μια μεγάλη πρόκληση για τους ερευνητές. Δυστυχώς όμως όλ' αυτά είναι πολύτιμα, αλλά με τα σημερινά δεδομένα δεν φαίνεται, έστω κι αν φθάσουμε στη μέγιστη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών, ότι θα κορεσθούν περισσότερο από το 20-25% των παγκόσμιων αναγκών. Θα είναι βοηθητικές για τις καθημερινά γιγαντούμενες ενεργειακές ανάγκες, γι' αυτό: *Ήρθε η ώρα οι κυβερνώντες ν' αναλογιστούν τις ευθύνες τους.*

Η παγκόσμια αξία των ειδών και υπηρεσιών που παράγονται ετήσια, το γνωστό G.D.P. (Gross Domestic Product), αυξάνεται με ρυθμό 2-3% το χρόνο. Αν ένα μικρό ποσοστό αυτού του ποσού διατιθόταν για την πρόοδο της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τον περιορισμό εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, θα ήταν όχι μόνον επαρκές αλλά μεσοπρόθεσμα θα δημιουργούσε κίνητρα, λόγω επενδύσεων στις νέες τεχνολογίες και οικονομική άνθηση. Προσθέτοντας ακόμα και κάποιες φορολογίες σε συνάρτηση με το ποσό διοξειδίου που ο καθένας παράγει, θα βοηθούσε περαιτέρω στη λήψη μέτρων περιστολής. Το κακό είναι ότι μικρός αριθμός πολιτών έχει συνειδητοποιήσει τι τέξεται η επιούσα και τι πρόκειται να επακολουθήσει. Πολύ περισσότερο οι πολιτικοί, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους δεν διατηρούν αγαθές σχέσεις με την τεχνολογία και τις φυσικές επιστήμες. Όταν συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που καραδοκούν, όχι μόνο πάνω από τα κεφάλια των ψηφοφόρων τους, αλλά και τα δικά τους και των παιδιών τους, είναι βέβαιο ότι θα κινητοποιηθούν κατεπειγόντως.

Προς το παρόν κορυβαντιούν με τ' αγαθά της εξουσίας: πώς θα την κρατήσουν ή πώς θα την ξαναποκτήσουν όσοι την έχασαν. Η έρευνα και η τεχνολογία είναι «λέξεις» και μόνον λέξεις για ψηφοθηρική κατανάλωση. Μακάριοι στην άγνοιά τους. Η μονομερής σπουδή θεωρητικών επιστημών, η πλήρης διεπιστημική άγνοια είναι η αιτία: Αποφεύγουμε ορμέμφυτα ό,τι αγνοούμε ή δυσκολευόμαστε να σπουδάσουμε!

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων:

– Άλλη μια φορά φθάσαμε στο συμπέρασμα πόσο σημαντική είναι η παιδεία. Η διεπιστημική παιδεία, θα συμπλήρωνα.

– Αλλ' ας δούμε τι άλλες εναλλακτικές ρεαλιστικές λύσεις υφίστανται, συνέχισε ο Κάρολος:

## Βιοκαύσιμα – Βιοντίζελ – Βιοαιθανόλη

### *Μια άμεση ανακούφιση του προβλήματος*

– Μια άμεση ανακούφιση μερικής απεξάρτησης από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι οι γεωργικές πηγές, οι οποίες και ανανεώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον είναι. Πρωταγωνιστές εδώ είναι οι ελαιούχοι σπόροι και τα δημητριακά. Βέβαια δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι η γεωργική παραγωγή απαιτεί τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, των οποίων η παραγωγή είναι επίσης ενεργειοβόρος.

Οι ελαιούχοι σπόροι, από τους οποίους παράγονται εκατομμύρια τόνοι βρώσιμων ελαίων κάθε χρόνο (τα σπορέλαια), με επέκταση της καλλιέργειάς τους, είναι δυνατόν να παραχθεί περισσότερο λάδι, το οποίο μετατρέπεται σε *βιοντίζελ* με απλές διαδικασίες. Το βιοντίζελ είναι δυνατόν να παραχθεί είτε απευθείας από το λάδι (για παράδειγμα το λάδι του σπόρου canolla της ελαιοκράμβης που καλλιεργείται ευρύτατα στον ευρωπαϊκό χώρο ή της σόγιας ή του φοινικόσπορου), αλλά και τα μεταχειρισμένα λάδια (για παράδειγμα τηγανόλαδα) από τις βιοτεχνίες παραγωγής τροφίμων (για παράδειγμα fast foods κ.λπ.). Για τη μετατροπή αυτή χρησιμοποιείται μεθανόλη, η οποία παράγεται από πετρέλαιο ή κάρβουνο, το ποσοστό όμως που απαιτείται για παραγωγή βιοντίζελ είναι μικρό (περίπου 10% του λαδιού).

Η δεύτερη πηγή είναι το γνωστό οινόπνευμα (βιοαιθανόλη), το οποίο παράγεται είτε από σακχαρούχους χυμούς (ζαχαροκάλαμο, τεύτλα κ.λπ.) είτε από αμυλούχα προϊόντα (κριθάρι, καλαμπόκι κ.λπ.).

Κυριότερη πηγή είναι το καλαμπόκι, το οποίο μετατρέπεται τελικά σε οινόπνευμα, αλλά συγχρόνως και βιοντίζελ από το καλαμποκέλαιο που συμπαράγεται από εκχύλιση του φύτρου του. Πολλά άλλα φυτά και σπόροι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. (Η βιοαιθανόλη από σακχαροκάλαμο αποτελεί ήδη σημαντικό καύσιμο στη Βραζιλία, η οποία ήδη παράγει 18 δισεκατομμύρια λίτρα το χρόνο και έχει προγραμματιστεί ο διπλασιασμός της παραγωγής).

Στις ΗΠΑ, επίσης, σχεδιάζεται η παραγωγή 340 δισεκατομμυρίων λίτρων βιοαιθανόλης γι' αντικατάσταση του 30% των συμβατικών καυσίμων. Εντατικές όμως έρευνες διεξάγονται παγκοσμίως για τη *μετατροπή του πλέον γενικού και διαδεδομένου φυτικού υλικού, των ξυλωδών μερών των φυτών*, που συνίσταται από κυτταρίνες και λιγνίνη σε βιοκαύσιμα. Πρόκειται για την ανάπτυξη νέων ενζυμικών αντιδράσεων.

Επειδή από πολλούς η χρήση βιοκαυσίμων θεωρείται πανάκεια, οι δυνατότητές τους θα πρέπει να συνυπολογιστούν με το δυνατό όγκο παραγωγής τους και

τα μειονεκτήματα από την καύση τους, χωρίς όμως να υποτιμάται και η θετική συμβολή τους.

Ένα μεσαίας κατηγορίας αυτοκίνητο που διανύει 20.000 χιλιόμετρα το χρόνο και καταναλίσκει κατά μέσο όρο 7 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα, θα χρειαζόταν 1.400 λίτρα αιθανόλη (οινόπνευμα). Για να παραχθεί η ποσότητα αυτή θα απαιτηθούν 3,5 τόνοι σπόρων. Η αναγκαία έκταση γης για την παραγωγή των σπόρων αυτών είναι επτά φορές περισσότερη απ' αυτήν που απαιτείται για τον κορεσμό των διαιτητικών αναγκών ενός ατόμου. Η παγκόσμια αγροτική παραγωγή σήμερα επαρκεί με δυσκολία για τη διατροφή 6 δισεκατομμυρίων ανθρώπων. Το έτος όμως 2050 ο πληθυσμός όπως είπαμε θα έχει προσεγγίσει τα 9 δισεκατομμύρια και η διατροφή του με αγροτικά προϊόντα θα είναι προβληματική, αν δεν υπάρξουν νέες επαναστατικές μέθοδοι καλλιέργειας.

Έτσι η παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει ν' αντιμετωπιστεί με τη χρήση υποπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής, υποπροϊόντων, που δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ούτε ως κτηνοτροφή, δεδομένης και της ανάγκης για την αύξηση του κτηνοτροφικού πληθυσμού.

Η αντιμετώπιση των αναγκών των ΗΠΑ μόνο για ηλεκτρική ενέργεια, θ' απαιτούσε το 40% της παγκόσμιας βιομάζας. Αν προστεθούν και οι ανάγκες για θέρμανση και μεταφορές, τότε δεν θα περισσεύει τίποτα για τον υπόλοιπο παγκόσμιο πληθυσμό. Βέβαια η ηλιακή και αιολική ενέργεια είναι δυνατόν να προσφέρουν κάτι, αλλά για να είμαστε ρεαλιστές, τα τελευταία χρόνια όπου στους καταναλωτές προστίθενται και τα δισεκατομμύρια Ινδών, Κινέζων, Βραζιλιάνων, ο κορεσμός των αναγκών απαιτεί συμβατικά καύσιμα ή πυρηνική ενέργεια.

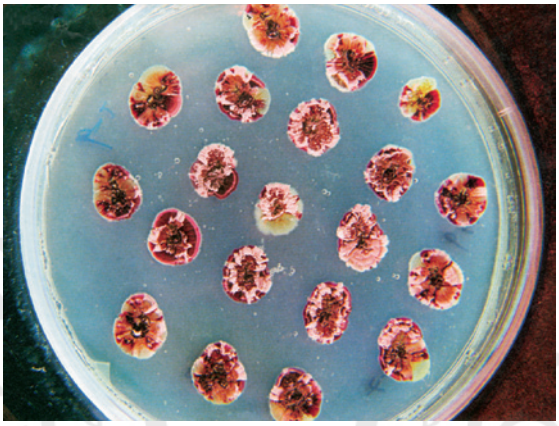
Δυστυχώς όμως και *τα βιοκαύσιμα συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, διότι καιόμενα δημιουργούν, όπως και τα συμβατικά καύσιμα, διοξείδιο του άνθρακα,* αλλά ως ανανεώσιμες πηγές δημιουργούν πολύ λιγότερα προβλήματα στο περιβάλλον απ' ό,τι το πετρέλαιο, αφού για να παραχθούν αξιοποιούν διοξείδιο της ατμόσφαιρας κατά τη φωτοσύνθεση. Υπάρχει επομένως κάποιο ισοζύγιο, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Υπάρχουν 250.000 διάφορα είδη φυτών με αντίστοιχο αριθμό διαφορετικών φύλλων (από το μικρό του τριφυλλιού και των αγριόχορτων ως τα τεράστια της μπανανιάς και των φοινικόδεντρων). Αλλά όπως παρατηρεί ο Wright από το Πανεπιστήμιο του Sidney στην Αυστραλία: *«Κάθε τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας φύλλου επεξεργάζεται πάνω-κάτω την ίδια ποσότητα άνθρακα ανά μονάδα επιφάνειας, κατά τη διάρκεια της ζωής του, κατά τη φωτοσύνθεση».*

– Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα. *Τόσο πολλά μπορεί να εξηγηθούν από τόσο λίγα!* παρατήρησε ο Ευκλείδης.

– Ορισμένα φύλλα είναι πιο αποδοτικά αλλά βραχύβια, ενώ γι' άλλα, συνέχισε ο Κάρολος, ισχύει το αντίθετο. Με βάση τη σημαντική αυτή παρατήρηση, είναι δυνατόν, σε συνάρτηση με τις κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες να επιλεγούν τα πιο αποδοτικά είδη φυτών κατά περίπτωση. Θα πρέπει όμως

να ληφθεί υπόψη, δεδομένης και της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού (κατά περίπου 90.000.000 κάθε χρόνο, και κυρίως στις φτωχότερες περιοχές του πλανήτη) ότι οι ελαιούχες, αμυλούχες, σακχαρούχες καλλιέργειες, οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα για βιοντίζελ ή βιοαιθανόλη, είναι περισσότερο αναγκαίες ως τρόφιμα παρά ως καύσιμα. Οι πιο ευνοϊκές καλλιέργειες αποδίδουν ενέργεια 1-2 Watt το χρόνο ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους, ενέργεια που θεωρητικά αντιστοιχεί σε ένα λίτρο βενζίνης. Με τις συνθήκες αυτές όλη η προσοχή στρέφεται στα ξυλώδη υποπροϊόντα της γεωργικής παραγωγής, των οποίων όμως η αξιοποίηση είναι δυσχερής γιατί δεν αποδομούνται εύκολα προς σάκχαρα.



*Αποικίες ανασυνδυασμένων σιρεπτομυκήτων που παράγουν τα ένζυμα που διασπούν την κυτταρίνη.*

– Μα αν δεν κάνω λάθος, παρενέβη ο Ευκλείδης, και το άμυλο του καλαμποκιού και η κυτταρίνη από τα υπολείμματα της καλλιέργειας έχουν ως δομικό λίθο τη γλυκόζη. Γιατί υπάρχει δυσχέρεια;

– Μια διαφορά στη στερεοδομή, τη διάταξη των μορίων γλυκόζης στο χώρο και η ύπαρξη της λιγνίνης, μιας συνδετικής ουσίας των ινών της κυτταρίνης με διαφορετική σύσταση από τα σάκχαρα, καθιστά δυσπρόσβλητη την κυτταρίνη από τα συνήθη ένζυμα. Βλέπετε η φύση προνοεί: αν αυτή η σκελετική ουσία που συνιστά τον κορμό των δέντρων η λιγνίνη ή τα στάχυα των δημητριακών δεν ήταν τόσο σταθερή στα συνήθη ένζυμα, δεν θα υπήρχαν φυτά ή δέντρα που να στέκουν όρθια, θα είχαν γίνει βορά των συνηθισμένων μυκήτων που αποδομούν το άμυλο και στη συνέχεια το μετατρέπουν σε οινόπνευμα, απάντησε ο Κάρολος.

– Έχω ακούσει όμως, είπε ο Ευκλείδης, ότι καταβάλλεται προσπάθεια να χρηματοδοτηθούν γενναία αυτές οι έρευνες απ' όλες τις ανεπτυγμένες χώρες για την αξιοποίηση των τεράστιων ποσοτήτων γεωργικών υποπροϊόντων.

– Πραγματικά, απάντησε ο Κάρολος, οι έρευνες για αξιοποίηση της κυτταρίνης των ξύλων στρέφεται σε δύο κατευθύνσεις:

- Πρώτον στην πυρολυτική μετατροπή των υπολειμμάτων σε υγρά και αέρια

καύσιμα, κάτι ανάλογο με την κλασική μέθοδο «απαέρωσης ή ρευστοποίησης» του ορυκτού άνθρακα, τη μέθοδο δηλαδή Fisher-Tropsh που εφάρμοσε ο Χίτλερ για να κινήσει την πολεμική μηχανή του, και δεύτερον

- στη δημιουργία μυκήτων, που παράγουν ένζυμα ικανά ν' αποδομούν την κυτταρίνη.

Υπάρχει ακόμα μια δυσχέρεια για την αξιοποίηση αυτή: οι δαπάνες που απαιτούνται για τη μεταφορά και την προετοιμασία των ξυλωδών υποπροϊόντων προκειμένου να δράσουν τα ειδικά αυτά ένζυμα.

Οι προκλήσεις στον τομέα της βιοτεχνολογίας είναι μεγάλες για τα επόμενα χρόνια, πρώτον τόσο για να παραχθούν πιο αποδοτικοί σπόροι, πιο κατάλληλα φυτά για άγονα εδάφη, φυτά με λιγότερη λιγνίνη ή κυτταρικά φυτά που δεν απαιτούν πότισμα, και δεύτερον τη δημιουργία μικροοργανισμών που θ' αποδομούν πιο αποτελεσματικά το φυτικό υλικό σε βιοαιθανόλη ή ίσως και πιο αποδοτικές αλκοόλες ως προς την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας όσο και τις μεθόδους αξιοποίησης της φυτικής μάζας.

– Θα μου επιτρέψεις στο σημείο αυτό μια μικρή παρένθεση, είπε ο Ευκλείδης. Η αναφορά σου στη μέθοδο Fisher-Tropsh δελεάζει πολλές χώρες με πλούσια αποθέματα σε ορυκτό άνθρακα –και τεράστιες φυσικά ανάγκες σε ενέργεια– όπως οι ΗΠΑ και η Κίνα, να προχωρήσουν σε περαιτέρω εκμετάλλευση των κοιτασμάτων τους. Αυτό όμως θα μεγιστοποιήσει ακόμη περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού κατά τη μέθοδο αυτή παράγεται διπλάσια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα συγκριτικά με τη χρήση προϊόντων του πετρελαίου.

– Επειδή όμως όλοι προτάσσουν τα οικονομικά τους συμφέροντα, παρά την προστασία του περιβάλλοντος, καθοριστικό ρόλο για όλες τις λύσεις που συζητούμε είναι η τιμή του πετρελαίου, είπε ο Νίκος. Τιμές κάτω από 50 δολάρια το βαρέλι θ' αναστέλλουν τον πυρετό εξεύρεσης εναλλακτικών λύσεων, αλλά και τις ερευνητικές προσπάθειες. Έτσι δεν έγινε και με την ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70 για να φτάσουμε στην τωρινή;

– Παρότι οι ανανεώσιμες αυτές πηγές, συνέχισε ο Κάρολος, μπορεί να προσφέρουν ανακούφιση, οι έρευνες για τη βελτίωσή τους, που συνεχίζονται εντατικά διεθνώς έχουν ενδιαφέρον, αφού οι πηγές αυτές είναι φιλικές για το περιβάλλον. Επειδή όμως η ανθρωπότητα θα συνεχίσει να καταναλίσκει ολοένα και περισσότερη ενέργεια, απομένει *ως μοναδική λύση η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων με υδρογόνο,* το οποίο παράγεται από το νερό και η καύση του δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, αφού μετατρέπεται πάλι σε νερό. Το πρόβλημα εδώ είναι η οικονομική παραγωγή του στις τεράστιες ποσότητες που απαιτούνται χωρίς επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Ρεαλιστική λύση τη στιγμή αυτή για την παραγωγή υδρογόνου από το νερό, φαίνεται να είναι μόνο η πυρηνική ενέργεια.

– Αλλά τώρα νομίζω πως είναι η σειρά του Ευκλείδη να μας εξηγήσει το πολυσυζητημένο πρόβλημα της πυρηνικής ενέργειας, στο οποίο αναμειγνύεται η πολιτική και τεράστια συμφέροντα με τη γνωστή επωδό των αδαών και δογματικών: *«Είμαστε ενάντια στην πυρηνική ενέργεια».*

– Συζητιέται ακόμη σήμερα μετά το Τσέρνομπιλ; διερωτήθηκε η Μάρθα.
– Θα σου εξηγήσω όσο πιο αντικειμενικά γίνεται, απάντησε ο Ευκλείδης.

## Η καταστροφή του Τσέρνομπιλ

– Το Σεπτέμβριο του 2005 η έκθεση των Ηνωμένων Εθνών και των κυβερνήσεων της Ουκρανίας και της Ρωσίας, υπολόγισε τα θύματα του ατυχήματος στο Τσέρνομπιλ σε 4.000, ύστερα από έρευνες που διήρκεσαν δύο δεκαετίες. Ακόμα 5.000 ίσως πεθάνουν τα επόμενα χρόνια, θύματα της ραδιενέργειας. Η έκρηξη του αντιδραστήρα οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος, αλλά και κατασκευαστικές παραλείψεις όπως απεδείχθη, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της μονάδας να φθάσει σε καταστροφικά ύψη, απελευθερώνοντας στην ατμόσφαιρα 6-7 τόνους ραδιενεργών υλικών. Από αυτά το πλέον επικίνδυνο είναι το ραδιενεργό ιώδιο, το οποίο προσβάλλει κυρίως το θυρεοειδή αδένα και το ραδιενεργό καίσιο, το οποίο για να αποδομηθεί απαιτείται η παρέλευση 30 χρόνων. Επομένως είναι νωρίς για να εκτιμηθούν οι τελικές συνέπειες, αφού από το ατύχημα έχουν περάσει είκοσι ένα χρόνια. Αν ληφθεί υπόψη ότι στις κρίσεις και στις επικρίσεις υπεισέρχονται και πολιτικά κριτήρια, αλλά και τεράστια οικονομικά συμφέροντα, τα οποία διαπλέκονται και συναρτώνται με την πυρηνική ενέργεια, είναι δύσκολη μια τελική εκτίμηση της μεγάλης καταστροφής.

Από την άλλη μεριά οι οικολογικές οργανώσεις και τα ΜΜΕ υπερβάλλουν σε εκτιμήσεις και ζοφερές προβλέψεις εκμεταλλευόμενοι τα μεγαλύτερο πυρηνικό ατύχημα που συνέβη και που εξάπτει την ακροαματικότητα.

Συγκρίνοντας πάντως τα δύο τραγικά πυρηνικά γεγονότα, της βόμβας της Χιροσίμα, όπου ο πληθυσμός δέχθηκε καταιγισμό βομβαρδισμών με νετρόνια και ακτίνες γ και τα θύματα ανήλθαν σε εκατοντάδες χιλιάδες, και του ατυχήματος του Τσέρνομπιλ, όπου υπήρξε εκτεταμένη έκθεση, κυρίως γι' αυτούς που διέμεναν κοντά στις πηγές με αυξημένες δόσεις ραδιενέργειας ποικίλων μορφών, τα αποτελέσματα δείχνουν διαφορετικά. Είναι πάντως σημαντικό να ενταθούν και τα επόμενα χρόνια οι επιδημιολογικές συνέπειες των ατυχημάτων.

Πάντως η περίπτωση του Τσέρνομπιλ δεν αποτελεί συγκριτικό πρότυπο για την εξαγωγή ορθών και αμερόληπτων συμπερασμάτων για την ασφάλεια που επικρατεί γύρω από την πυρηνική ενέργεια.

Η πυρηνική ενέργεια ενέχει κινδύνους στα χέρια διεφθαρμένων, ακαταλόγιστων, ανεύθυνων πολιτικών συστημάτων, ανίκανων να λάβουν προληπτικά μέτρα για την προστασία των πολιτών τους.

Το Τσέρνομπιλ ήταν ένας αρχαϊκός πρωτόγονος αντιδραστήρας, του οποίου τα συστήματα ασφάλειας, οι κανονισμοί λειτουργίας και η διαχείρισή του ήταν πολύ μακριά από τα προβλεπόμενα πρότυπα. Ας μην λησμονείται ότι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει συμπληρώσει περισσότερο από μισό αιώνα εφαρμογών και τη στιγμή αυτή *λειτουργούν χωρίς σοβαρά προβλήματα 440 πυρηνικοί σταθμοί στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ και στην πολυσεισμογενή Ιαπωνία*.

Η στατιστική υπηρεσία ατυχημάτων στις ΗΠΑ προβλέπει τις πιθανότητες ετήσιων κινδύνων για μοιραία ατυχήματα ως εξής:

- Από αυτοκινητιστικό ατύχημα: τρία στις δέκα χιλιάδες ατυχήματα.
- Από πυρκαγιά, δηλητηριάσεις, εργατικά ατυχήματα: τρία στις εκατό χιλιάδες.
- Από αερομεταφορές, πλοία, τρένα: εννέα στο εκατομμύριο και
- από πυρηνικό αντιδραστήρα: δύο στα εκατό εκατομμύρια (μετά το Τσέρνομπιλ).

– Στην πατρίδα μας εξάλλου γνωρίζουμε ότι σε κάθε εορταστικό τριήμερο 60 περίπου συμπολίτες μας θα σκοτωθούν στην άσφαλτο σε αυτοκινητιστικό ατύχημα, χώρια οι εκατοντάδες τραυματίες. Ποιος όμως από εμάς εγκατέλειψε το αυτοκίνητό του; διερωτήθηκε ο Πλάτων.

– Σε χώρες τεχνολογικά ανεπτυγμένες, συνέχισε ο Ευκλείδης, όπως η Γαλλία ή η Ελβετία όπου το 80% της ενέργειας είναι πυρηνική, οι κάτοικοί τους έχοντας εμπιστοσύνη στις τεχνολογικές ικανότητες του τεχνικού δυναμικού και την αυτοπεποίθηση που τους δίνουν τα τεχνολογικά τους επιτεύγματα, οι δορυφόροι τους, τα γρήγορα τρένα τους και τα υπερσύγχρονα αεροπλάνα, δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα για τη χρήση της. Οι πυρηνικοί σταθμοί συνεχώς βελτιώνονται και γίνονται ασφαλέστεροι. Ακριβώς επειδή τα μέτρα ασφαλείας είναι δρακόντεια και πρέπει να είναι, το κόστος της κατασκευής μεγαλώνει. Είναι πολύ σημαντικές οι πρόοδοι που έχουν συντελεστεί στην κατασκευή, αλλά και στα υλικά των αντιδραστήρων του 21ου αιώνα. Βέβαια τώρα στις δυσχέρειες προστίθενται και οι εσκεμμένες καταστροφές από ενδεχόμενες τρομοκρατικές ενέργειες. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ανθρωπότητα διανύει μια δυσχερή, παροδική ελπίζω, περίοδο.

Στη βάση του προβλήματος της τρομοκρατίας βρίσκονται και πάλι οι ενεργειακές πηγές. Ας μην λησμονείται ότι οι κυριότερες πηγές του μαύρου χρυσού βρίσκονται στη Μέση Ανατολή και στην Κεντρική Ασία, όπου και οι μεγαλύτεροι ανταγωνισμοί για την προσπέλασή τους. Ακόμη θα πρέπει να εξευρεθούν τρόποι, ώστε η ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας να μην μεταβληθεί σε μπούμεραγκ ανεξέλεγκτου πυρηνικού ολοκαυτώματος. Τα διλήμματα στο Ιράν, στη Β. Κορέα και ενδεχομένως στην Τουρκία είναι προειδοποιητικά. Παράφρονες και φανατικοί υπήρξαν και θα υπάρχουν όσο υπάρχουν άνθρωποι. Καθήκον της δημοκρατίας είναι ο έλεγχός τους.

Η Παλαιστίνη, η Κύπρος, το Ιράκ, το Αφγανιστάν, το Ιράν και οι πρώην χώρες της Σοβιετικής Ένωσης αποτελούν γεωπολιτικούς χώρους, τους οποίους επιθυμούν να ελέγχουν και εκμεταλλεύονται ανελέητα όλες οι καταναλώτριες χώρες. Αποτέλεσμα: ίντριγκες, πόλεμοι και εκμετάλλευση των χαμηλού επιπέδου παιδείας κατοίκων των περιοχών αυτών, από κράτη και εταιρείες με τεράστια οικονομικά συμφέροντα όπου, όπως είπαμε, συνήθως η δημοκρατία δεν θριαμβεύει. Ο συνδυασμός του θρησκευτικού φονταμενταλισμού είναι ο πυρήνας

δημιουργίας «τρομοκρατών ηρώων», οι οποίοι και πρωταγωνιστούν στις τρομοκρατικές πράξεις.

Αν υπήρχε τρόπος απεξάρτησης της ανθρωπότητας από το μαύρο χρυσό, με τη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, *αυτόματα όλες αυτές οι πυριτιδαταποθήκες θα έχαναν το ενδιαφέρον τους και θα επικρατούσε αυτόματα ηρεμία και ειρήνη*. Μέχρι τότε θα πρέπει να εντατικοποιηθεί η προσπάθεια για τη μετάβαση στις κοινωνίες του υδρογόνου αντί των υδρογαναθράκων που κυριαρχούν σήμερα.

Ας ελπίσουμε ότι οι πολίτες των ανεπτυγμένων περιοχών του πλανήτη θ' αξιολογήσουν ορθά και αντικειμενικά τα δεδομένα και θα συνειδητοποιήσουν τις δύσκολες μέρες που έρχονται για τον πλανήτη μας –τα πρώτα συμπτώματα άρχισαν ήδη να διαφαίνονται– και θ' αποφασίσουν ορθολογικά για το μέλλον το δικό τους και κυρίως των παιδιών τους. Το δίλημμα ενώπιόν μας: *Υπερθέρμανση του πλανήτη με όλες τις συνέπειες ή μετάβαση στις κοινωνίες του υδρογόνου;*

– Δυστυχώς το κάθε τι στον κόσμο αυτόν έχει συνέπειες, αντίτιμο. Όλα πληρώνονται. Το δύσκολο είναι να βρεθεί το καλύτερο. Η απόφαση όμως προϋποθέτει βαθιά γνώση όλων των παραμέτρων, χωρίς λαϊκισμούς και δογματισμούς, συνέχισε ο Ευκλείδης.

Αποτελεί λάθος και για τη χώρα μας ότι δεν προχώρησε στην κατασκευή έστω ενός πυρηνικού εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που τόσο την έχει ανάγκη. Η κατασπατάληση ενός τόσο φτωχού και «ρυπαρού» για το περιβάλλον καυσίμου όπως ο λιγνίτης και η εξάρτησή μας από «εισαγόμενες» πηγές έπρεπε να μας κάνουν σκεπτικούς, ανεξάρτητα από το κόστος, το οποίο άλλωστε είναι συναρτημένο με την εκάστοτε τιμή του πετρελαίου, ακόμη και για λόγους ψυχολογικούς στην αμυντική θωράκιση της χώρας μας, μιας χώρας κατεξοχήν φιλειρηνικής.

Ξέρω τι θα μου πουν ο Νίκος και η Μάρθα, αφού ξέρω, ότι όπως και οι πιο πολλοί, είναι «ενάντια» στα πυρηνικά. Βέβαια το ισχυρότερο επιχείρημα είναι ο φόβος. Όταν όμως εδώ και μισό αιώνα λειτουργούν 440 πυρηνικά εργοστάσια χωρίς ή με ελάχιστα προβλήματα τι θα είχαμε να φοβηθούμε στην Ελλάδα με τα τόσα ξερονήσια, όπου θα ήταν δυνατό να εγκατασταθεί ένας σταθμός, κι αυτό ακόμη και για λόγους καθαρά ψυχολογικούς (!) τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

## Πυρηνική ενέργεια – (Παραγωγή υδρογόνου σε μεγάλη κλίμακα)

– Ο J. Loveluck, ο διάσημος από τις πρωτοποριακές εργασίες του σχετικά με τη σημασία των ιχνών διαφόρων αερίων (για παράδειγμα των φθοριοϋδρογονανθράκων στα οικιακά ψυγεία και τα λακ που στερεώνουν τα γυναικεία μαλλιά) για τη ζώνη όζοντος, καταλήγει ότι η στροφή προς την πυρηνική ενέργεια είναι ο μόνος δρόμος για τη διάσωση της Γαίας. *Οι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας παράγουν ενέργεια χωρίς να κατασιρέφουν τη βιόσφαιρα*.

Το σημαντικό πλεονέκτημα της πυρηνικής ενέργειας είναι ότι κατά τη διαδικασία της δεν συμπαράγεται διοξείδιο του άνθρακα, όπως στα συμβατικά καύσιμα,

επομένως δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον με το απειλητικό ήδη φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα μειονεκτήματά της: ο ψυχολογικός φόβος των ανθρώπων για κάποιο ατύχημα που είναι δυνατόν να έχει εκτεταμένες συνέπειες, όπως για παράδειγμα το ατύχημα του Τσέρνομπιλ, αλλά και η απειλή διάδοσης υλικών, που θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για πολεμικές ή τρομοκρατικές ενέργειες. Αν συγκρίνουμε τις μικρές σχετικά ποσότητες ραδιενεργών καταλοίπων από πυρηνικούς αντιδραστήρες με τις τεράστιες ποσότητες καυσαερίων που παράγονται, η σύγκριση είναι συντριπτική υπέρ της πυρηνικής ενέργειας.

Στο σημείο αυτό, συνέχισε ο Ευκλείδης, θα ήθελα να τονίσω ότι για κάθε 1.000 Μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από πυρηνικές πηγές εξοικονομούνται 40.000 βαρέλια πετρέλαιο ή 10.000 τόνοι γαιάνθρακα την ημέρα.

Η ανθρωπότητα βρίσκεται προ ενός εφιαλτικού διλήμματος. Από τη μια μεριά το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που έχει αρχίσει ήδη να επηρεάζει το κλίμα του πλανήτη και δεν είμαστε παρά στην αρχή –αφού ήδη οι δορυφόροι φωτογραφίζουν σαφώς το λιώσιμο των πάγων στους πόλους και στη Γροιλανδία– και από την άλλη η αχίλλειος πτέρνα της πυρηνικής ενέργειας που είναι η *ασφαλής διάθεση των ραδιενεργών αποβλήτων της σχάσης*.

Ένα βήμα για λύση στην κατεύθυνση αυτή, εκτός από τη δημιουργία ασφαλέστερων αντιδραστήρων, είναι η δημιουργία αντιδραστήρων τύπου MOX, οι οποίοι λειτουργούν με μεικτά οξείδια (Mixed Oxides Fuels–MOX), τα οποία προκύπτουν από τα υποπροϊόντα σχάσης του ουρανίου και του πλουτωνίου (υποψήφιων πρώτων υλών για πυρηνικά όπλα). Ήδη η σεισμόπληκτη Ιαπωνία, στην οποία λειτουργούν 52 πυρηνικοί σταθμοί, προτίθεται να τους αντικαταστήσει με το σύστημα MOX.

Η ανακύκλωση αυτή μειώνει σημαντικά το πρόβλημα διάθεσης των αποβλήτων και της χρήσης του πλουτωνίου για πολεμικούς σκοπούς. Στον τομέα αυτό πρωτοπόρος είναι η Γαλλία. Υπάρχει όμως ακόμη αρκετός δρόμος που πρέπει να διανυθεί για την εφαρμογή της μεθόδου. Συγχρόνως πρέπει να εντατικοποιηθούν οι έρευνες για την «αδρανοποίηση» του πλουτωνίου με χημικές και μεταλλουργικές μεθόδους.

Ένα ελπιδοφόρο μήνυμα έρχεται από το Argone National Lab στο Σικάγο με το πρόγραμμα GNEP (Global Nuclear Energy Partnership). Η επεξεργασία με νέες τεχνολογίες να οδηγεί όχι μόνο στο να μειωθούν τα ραδιενεργά κατάλοιπα της σχάσης, αλλά και στο να αξιοποιηθούν για περαιτέρω παραγωγή ενέργειας. Όπως δηλώνεται είναι δυνατός ο εκατονταπλασιασμός ενέργειας από το ουράνιο, κάτι που μπορεί να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου στις ΗΠΑ κατά το ένα τρίτο, κατέληξε ο Ευκλείδης.

## Το υδρογόνο

– Η απειλή αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα με εντατικοποίηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τα γνωστά επακόλουθα, όπως πολλές φορές εί-

παμε, είπε ο Κάρολος που πήρε το λόγο, μπορεί ν' αντιμετωπιστεί, μερικά τουλάχιστον με αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων με υδρογόνο, του πιο άφθονου στοιχείου του Σύμπαντος, το οποίο στη Γη *υπάρχει ως συστατικό του νερού ($H_2O$). Το μεγάλο πλεονέκτημα του υδρογόνου είναι πως όταν καίγεται μεταιρέπεται σε αθώο νερό, ενώ στις ίδιες ποσότητες αποδίδει υπεριπλάσιες θερμίδες από τη βενζίνη.*

Το πρόβλημα όμως είναι η παραγωγή του, η αποθήκευση και η μεταφορά του. Σήμερα το υδρογόνο σε μεγάλη κλίμακα παράγεται είτε με πρώτη ύλη τον άνθρακα ή το πετρέλαιο. Η χρήση όμως αυτών των πρώτων υλών για την παραγωγή του υδρογόνου δεν λύνει το πρόβλημα, αφού η παραγωγή του από αυτές συνεπάγεται και πάλι επιβάρυνση του περιβάλλοντος (με αυτές τις μεθόδους συμπαράγονται διοξείδιο του άνθρακα και άλλα υποπροϊόντα που επιβαρύνουν το περιβάλλον και επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Μια άλλη λύση θα ήταν η ηλεκτρόλυση, δηλαδή η διάσπαση του νερού στα συστατικά του, η οποία όμως συνεπάγεται την καταβολή δαπανηρής ηλεκτρικής ενέργειας. Το υδρογόνο με το οξυγόνο, όπως γνωρίζετε, αποτελούν ένα ζηλευτά σφιχτοδεμένο ζευγάρι, ενωμένο στο μόριο του νερού, που δεν στέργουν ν' αποχωριστούν το ένα από το άλλο παρά με τη βία, δηλαδή με την καταβολή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Βεβαίως συνεχώς διερευνώνται συστήματα βιοχημικής, φωτοκαταλυτικής, βιολογικής παραγωγής υδρογόνου. Αλλά πρόκειται για παραγωγή μικρών ποσοτήτων, οι οποίες ικανοποιούν μικροκαταναλώσεις. Φυσικά και οι προσπάθειες αυτές αξίζει να συνεχιστούν. Για πραγματική όμως υποκατάσταση του πετρελαίου απαιτούνται τεράστιες ποσότητες ενέργειας και προς το παρόν δεν διαφαίνεται παρά μόνο η λύση της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας. Αυτό δημιουργεί όπως ήδη έχουμε πει αντιδράσεις που είναι από πραγματικές έως πολιτικές, ψυχολογικές, και ευκαιρίες δημόσιας προβολής άσχετων προσώπων αλλά συγχρόνως και μάχες τεράστιων αντικρουόμενων οικονομικών συμφερόντων.

Ήδη η συνεργασία δέκα κρατών για τη δημιουργία των αντιδραστήρων τέταρτης γενιάς (Generation IV International Forum–GIF) έχει φτάσει στο σχεδιασμό των νέων αντιδραστήρων VHTR (Very High Temperature Reactors), που πιστεύεται ότι θα είναι πιο οικονομικοί στην κατασκευή και λειτουργία τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ συγχρόνως δύνανται να παράγουν και υδρογόνο, το καύσιμο του μέλλοντος. Ήδη τα πρώτα υβριδικά αυτοκίνητα που κινούνται με υδρογόνο έκαναν την εμφάνισή τους.

Τώρα κατασκευάζεται η τέταρτη γενιά πυρηνικών αντιδραστήρων VHTR, οι οποίοι θα λειτουργούν σε θερμοκρασίες 800-1000 βαθμών Κελσίου και για θερμοεναλλακτικό υγρό θα χρησιμοποιείται λιωμένο μολύβι. Στις θερμοκρασίες αυτές το νερό είναι δυνατόν θερμοχημικά να διασπαστεί σε υδρογόνο και οξυγόνο, δηλαδή στα συστατικά του. Αυτό θα λύσει το πρόβλημα της χρήσης του υδρογόνου σε μεγάλη κλίμακα. Δεδομένου ότι και το κόστος παραγωγής των αντιδραστήρων αυτών και της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν αρχίζει να

γίνεται ανταγωνιστικό, τώρα που η ζήτηση αυξάνει και οι τιμές του πετρελαίου κινούνται κατακόρυφα ανοδικά, λόγω προσθήκης στους καταναλωτές και των πληθυσμών BRIC (της Βραζιλίας, της Κίνας, της Ινδίας), οι οποίοι συνιστούν τον μισό πληθυσμό της υδρογείου. *Έτσι η ανθρωπότητα είναι αναγκασμένη να προχωρήσει στη νέα εποχή της ιστορίας της, την εποχή του υδρογόνου.*

Η κρίσιμη αυτή μάχη είναι μάχη όλης της ανθρωπότητας, για να εξασφαλίσει από τη μία μεριά τις διπλάσιες ποσότητες ενέργειας που θα απαιτηθούν στα μέσα αυτού του αιώνα και από την άλλη να περιορίσει τις εκπομπές διοξειδίου, ενώ το παρεπόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου πρέπει να στοχεύει σε τρεις κατευθύνσεις: *την εξοικονόμηση ενέργειας,* κατασκευάζοντας οικισμούς με λιγότερες θερμικές απαιτήσεις, *την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας* και *τη χρήση υδρογόνου σε υποκατάσταση του πετρελαίου*.

Ένα ακόμα δυσχερές πρόβλημα του υδρογόνου είναι η διακίνηση και η αποθήκευσή του. Το υδρογόνο υπό συνήθεις συνθήκες καταλαμβάνει χώρο 3.000 φορές μεγαλύτερο απ' ό,τι η βενζίνη. Εξάλλου η υγροποίησή του είναι πολύ δυσχερής αφού υγροποιείται στους –252°C, κοντά σχεδόν στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός (–273°C). Για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα οι ΗΠΑ για παράδειγμα θα ήθελαν 150.000.000 τόνους υδρογόνου το χρόνο αν υποκατασταθούν τα συμβατικά καύσιμα και είναι αυτονόητο το αποθηκευτικό πρόβλημα όπως και το πρόβλημα διακίνησης.

Στο σημείο αυτό παρενέβη η Μάρθα:

– Δεν είναι πολύ επικίνδυνο να χρησιμοποιούμε υδρογόνο; Θυμάμαι από το σχολείο ότι όταν ενωθεί με το οξυγόνο του αέρα σχηματίζει το «κροτούν αέριο» και προκαλείται φωτιά κι έκρηξη.

– Είναι αλήθεια, αποκρίθηκε ο Ευκλείδης, χρειάζεται προσοχή, αλλά το ίδιο δεν συμβαίνει και με το φυσικό αέριο και το υγραέριο που χρησιμοποιούνται από εκατομμύρια νοικοκυριά σ' όλο τον κόσμο; Σίγουρα απαιτείται περισσή πρόνοια.

## Σύντηξη

***Ο τεχνητός ήλιος που θα παράγει πεντακάθαρη ενέργεια – Το διεθνές πρόγραμμα ITER – Η μεγάλη ελπίδα, αλλά δυστυχώς μακρινή για την ώρα***

– Ο Ήλιος τροφοδοτεί τον πλανήτη μας με τεράστια ποσά ενέργειας, όπως σας είπα, συνέχισε ο Ευκλείδης (η ενέργεια που προσπίπτει ετήσια στον πλανήτη είναι ένας αριθμός χιλιοβατώρων, ο οποίος ακολουθείται από 15 μηδενικά).

Στον Ζωοδότη η ενέργεια δημιουργείται από σύντηξη πυρήνων υδρογόνου προς το στοιχείο ήλιον και τα καύσιμά του υπολογίζεται ότι επαρκούν για ακόμα περίπου πέντε δισεκατομμύρια χρόνια. Η ανθρωπότητα σήμερα ξοδεύει το ισοδύναμο ενέργειας που αντιστοιχεί σε 13 Τέραβατ (13 δισεκατομμύρια Watt), αριθμός που το 2050 υπολογίζεται ότι θα προσεγγίσει τα 30 τρισεκατομμύρια.

Ο Ήλιος, ο οποίος κάθε ώρα παράγει έναν αριθμό χιλιοβατώρων, όπου

η μονάδα ακολουθείται από 23 μηδενικά, στέλνει στη Γη κάθε λεπτό 170.000 Τέραβατ. Από το ποσό αυτό το ένα τρίτο ανακλάται ξανά στο διάστημα.

– Κανονικά, χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Σε μια ώρα δηλαδή ο Ήλιος, με τη διαδικασία της σύντηξης, συνέχισε ο Ευκλείδης χαρίζει στον πλανήτη περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που η ανθρωπότητα καταναλίσκει σ' ένα χρόνο. Δυστυχώς όμως η αξιοποίησή της είναι δυσχερής γιατί όπως είπαμε και διάχυτη είναι και πρέπει να συγκεντρωθεί με τρόπο οικονομικό, αλλά και διότι δεν διατίθεται συνεχώς (νύχτα-μέρα) αλλά και σε διαφορετικό ποσοστό, σε συνάρτηση με τις εποχές του έτους.

Τα τεράστια ποσά ενέργειας που κρύβονται στους πυρήνες των ατόμων ο άνθρωπος σήμερα τα εκμεταλλεύεται με πυρηνική σχάση. Αντί δηλαδή για σύντηξη ελαφρών πυρήνων, όπως του υδρογόνου, προκαλεί τη σχάση βαρέων στοιχείων όπως του ουρανίου και του πλουτωνίου. Πρόκειται για την πολυσυζητημένη πυρηνική ενέργεια που πρωτοακούστηκε με την τραγωδία της Χιροσίμα, αλλά και τη γενικευμένη χρήση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι σήμερα καλύπτουν σημαντικά ποσοστά της κατανάλωσης στις βιομηχανικές χώρες.

Η μεγάλη ελπίδα της ανθρωπότητας για το μέλλον, η οποία και θα την απαλλάξει από τη δουλεία και τα προβλήματα χρήσης του πετρελαίου είναι η επίτευξη της πυρηνικής σύντηξης. Ένα εγχείρημα τεχνολογικά και οικονομικά δυσχερέστατο, αλλ' αναγκαίο.

Ύστερα από συνομιλίες που διήρκησαν χρόνια, επί τέλους η Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Νότιος Κορέα, η Ιαπωνία και η Ρωσία συμφώνησαν προκειμένου να δημιουργηθεί ο πρώτος πειραματικός σταθμός στη Cadarache της Γαλλίας (δαπάνης 5,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων). Το πρόγραμμα αυτό, γνωστό ως ITER*, ενεργοποιήθηκε το 2007 και θα περατωθεί το 2016, ενώ το χρονοδιάγραμμά του τοποθετεί τις ελπίδες για τη λειτουργία του το έτος 2050. Αυτή είναι η μεγάλη ελπίδα της ανθρωπότητας για ένα καλύτερο μέλλον. Πρόκειται για το μεγαλύτερο επιστημονικό πείραμα που ανελήφθη από την ανθρωπότητα.

Τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι τεράστια, από τα υλικά κατασκευής του αντιδραστήρα που πρέπει ν' αντέχουν στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας των υπεραγώγιμων ηλεκτρομαγνητών, ώστε να αναπτυχθεί η τεράστια θερμοκρασία σύντηξης, μέχρι και την οικονομικότητα της παραγωγής.

## Το παράδειγμα της Ισλανδίας

– Η Ισλανδία με τις γεωθερμικές και υδροηλεκτρικές πηγές της, συνέχισε ο Ευκλείδης, καλύπτει όλες τις ενεργειακές της ανάγκες. Τώρα καλύπτει και τις μεταφορές της με οχήματα που κινούνται με υδρογόνο σε κυψέλες καυσίμων (fuel cells).

* International Thermonuclear Experimental Reactor.




*Πρατήριο πώλησης υδρογόνου στην Ισλανδία.*

Έχοντας φθηνή ηλεκτρική ενέργεια από τις παραπάνω φυσικές πηγές της, παράγει το υδρογόνο από ηλεκτρόλυση του νερού [οι Ισλανδοί έχουν μάθει τώρα καλά τη χημεία του νερού ($H_2O$) που διασπάται με το ηλεκτρικό ρεύμα σε υδρογόνο ($H_2$) και οξυγόνο (O)].

Σημαντικές είναι επίσης οι *κυψέλες* ή οι *συσσωρευτές* (fuel cells) καυσίμων, όπου η χημική ενέργεια, για παράδειγμα με καύση υδρογόνου, μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική. Για το άμεσο μέλλον φαίνεται ότι τα «καθαρά αυτοκίνητα» του αύριο θα βασίζονται σε κυψέλες καυσίμων με βάση το υδρογόνο, με τη βοήθεια και ενός υβριδικού ηλεκτρικού συστήματος. (Τέτοια αυτοκίνητα άρχισαν ήδη να κυκλοφορούν). Σ' ένα υβριδικό αυτοκίνητο, απ' αυτά που ήδη κυκλοφορούν, προστίθενται μπαταρίες και ηλεκτροκινητήρες παράλληλα με το συμβατικό κινητήρα. Αργότερα θα χρησιμοποιούνται και κυψέλες καυσίμων, οι οποίες θα λειτουργούν με υδρογόνο και η συμβολή τους τότε στο φαινόμενο θερμοκηπίου θα μηδενιστεί (αντί διοξείδιο κατά την καύση του υδρογόνου θα παράγεται ατμός).

Το πρόβλημα για την εκτεταμένη εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πρώτον το κόστος παραγωγής των υλικών κατασκευής τους και η ρύπανση, που συνεπάγεται η κατασκευή τους και δεύτερον, η δυσχέρεια αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού η παραγωγή τις πιο πολλές φορές δεν συγχρονίζεται με τις ανάγκες. Η αποθήκευση όμως είναι ένα ακόμη δυσχερές πρόβλημα λόγω του κόστους και της αποτελεσματικότητας των συσσωρευτών (μπαταριών) αποθήκευσης.

Αναφέρεται ακόμα η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, αυτή όμως με εξαίρεση τις φυσικές πηγές που είναι περιορισμένες, παρεμποδίζεται από το υψηλό κόστος των γεωτρήσεων, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

**Υπάρχει πανάκεια;**

– Απ' όσα συζητήσαμε είναι φανερό ότι για να πληρώσει, η ακόρεστη γι' αγαθά κι ενέργεια ανθρωπότητα, τα λύτρα του παραλογισμού της δεν υφίσταται μοναδική λύση-πανάκεια γι' αύριο το πρωί. Ο συνδυασμός όμως των εξής δυνατοτήτων φαίνεται ως η πιο ρεαλιστική αντιμετώπιση:

- *Η εξοικονόμηση ενέργειας με σπίτια ενεργειακά πιο αυτάρκη.*
- *Η ανακύκλωση απορριμμάτων (είναι δυνατόν να διασωθούν σημαντικά ποσά υλικών ανακύκλωσης και ενέργειας)*.*
- *Η χρήση υβριδικών αυτοκινήτων (συμβατικών καυσίμων-ηλεκτρικής ενέργειας).*
- *Η χρήση υδροηλεκτρικής γαιοθερμικής, παλιρροϊκής ενέργειας.*
- *Η εκμετάλλευση των συσσωρευτών καυσίμου (fuel cells).*
- *Η χρήση ηλιακής ενέργειας (για θέρμανση με ηλιακούς συλλέκτες και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών).*
- *Η χρήση αιολικής ενέργειας.*
- *Η χρήση βιοκαυσίμων.*
- *Η πυρηνική, κυρίως, ενέργεια για παραγωγή ηλεκτρισμού και υδρογόνου και εν κατακλείδι*
- *η κινητοποίηση και η εντατικοποίηση της έρευνας για νέες ιδέες σ' όλους τους τομείς αυτούς για τη βελτίωση των συστημάτων.*

– Τι μεγάλη, τι συναρπαστική πρόκληση για τα νέα παιδιά! ψιθύρισε ο Κάρολος. Όπως η ανθρωπότητα θα πορεύεται προς την πυρηνική σύντηξη κατά τα πρότυπα του Ήλιου και των αστεριών, σύμφωνα με τη συνταγή παραγωγής της ενέργειας στο *ΣΥΜΠΑΝ,* έχουν μπροστά τους συναρπαστικά πεδία έρευνας, όπως για παράδειγμα την αξιοποίηση της κυτταρίνης του ξύλου, τα οργανικά φωτοβολταϊκά, τη νανοχημεία, την εξατομικευμένη ιατρική για την ανακούφιση του ανθρώπινου πόνου για να θυμηθώ μερικά μόνο.

– Σ' όλα αυτά θα πρόσθετα, συνέχισε ο Ευκλείδης, χωρίς ελπίδες εφαρμογής, τον αυτοπεριορισμό μας, που όμως έρχεται αντιμέτωπος με τον πανίσχυρο Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο, το νόμο της ήσσονος προσπάθειας, της βολής και της άνεσης. Ποιος θ' απαρνιόταν το αυτοκίνητό του, για ένα ποδήλατο; Δυστυχώς αυτοί είναι ελάχιστοι. Χρησιμοποιούμε το ιδιωτικό μας αυτοκίνητο, βάρους περισσότερο από έναν τόνο, το οποίο μετακινείται εκπέμποντας διοξείδιο του άνθρακα, θερμότητα και επιβλαβή αέρια για να μεταφέρουμε την βάρους εβδομήντα κιλών ταπεινότητά μας.

## Φως από το βόρβορο – Τα μικρόβια

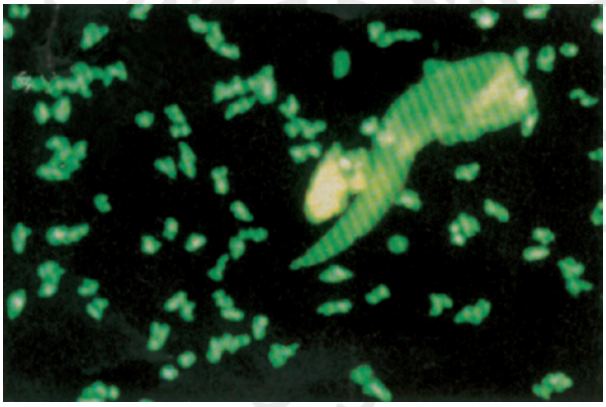
– Όπως είπαμε, παρενέβη ο Κάρολος, ο άνθρωπος διαθέτει εκατό τρισεκατομμύρια κύτταρα. Υπάρχουν όμως μυριάδες μονοκύτταροι οργανισμοί, αυτός ο αόρατος για τα μάτια μας κόσμος που μας περιβάλλει και κατορθώνει να επιβιώνει προσαρμοζόμενος εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια, και οι οποίοι είναι αυτοί

* Από την ανακύκλωση των απορριμμάτων (χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο) είναι δυνατόν να εξοικονομηθούν σημαντικές ποσότητες φυσικών πόρων, ενέργειας και νερού. Ενώ από την κομποστοποίηση των υπολειμμάτων των τροφίμων είναι δυνατόν να παραχθούν πολύτιμα λιπάσματα, και απ' ό,τι απομένει, μετά τις παραπάνω αξιοποιήσεις, με πυρόλυση δημιουργείται θετικό ισοζύγιο ενέργειας.

που συμβάλλουν αποτελεσματικά στη διαμόρφωση του κλίματος, της ατμόσφαιρας, της ίδιας της ζωής μας.

Τα βακτήρια, πολυτάλαντοι χημικοί, με εμπειρίες δισεκατομμυρίων ετών –έναντι των δικών μας που ξεκίνησαν κάτι περισσότερο από έναν αιώνα πριν– μπορεί να βοηθήσουν ν' απομακρυνθούν οι τοξίνες από τ' απόβλητα και να τροφοδοτήσουν μ' ενέργεια τις εγκαταστάσεις καθαρισμού με τη βοήθεια συσσωρευτών καυσίμων (fuel cells). Ο βιολογικός καθαρισμός των αποβλήτων, που εφαρμόζεται ήδη σε μεγάλη κλίμακα, είναι ένα πρώτο βήμα στην κατεύθυνση αυτή, η οποία φαίνεται να έχει σημαντικές προεκτάσεις.

Η μελέτη του γονιδιώματος των μικροβίων (διαθέτουν περισσότερα από διακόσια γονίδια), ανάλογα με το δικό μας, θα μας δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τις εξελικτικές διαδικασίες. Έχουμε να μάθουμε πολλά από αυτούς τους πολύτιμους συνεργάτες, μερικές φορές και απηνείς εχθρούς μας. Η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών, περισσότερων αποδοτικών από τους συνήθεις σακχαρομύκητες ή μικροοργανισμών, που διασπούν τα ξυλώδη μέρη των φυτών, είναι εντός των ορίων του εφικτού σήμερα χάρη στις μεθόδους της γενετικής μηχανικής.



*Βακτήρια γενετικά τροποποιημένα, ικανά να μετατρέπουν εκτός από τη γλυκόζη και την ξυλόζη, συστατικό των ξυλωδών μερών του φυτού, σε βιοαιθανόλη.*

Τα βακτηρίδια του εδάφους για παράδειγμα ελευθερώνουν ηλεκτρόνια όπως αναπνέουν. Αν αυτά διοχετευθούν ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια μπορεί ν' ανάψουν έναν λαμπτήρα. Ένα πρώτο βήμα για την εκμετάλλευση μιας ανεκμετάλλευτης προς το παρόν δυνατότητας με πρωταγωνιστές πρωτόβια, κάποιους από τους πιο αρχαίους οργανισμούς στο κατώφλι της ζωής.

Το εργαστήριο του P. Girguish στο Harvard, είναι μια «ρυπαρή γωνιά». Αποξηραμένη λάσπη, πηλός, δείγματα βόθρου, θαλασσινό νερό είναι τα υλικά που θα συναντήσετε σ' αυτό το εργαστήριο. Αντικειμενικός σκοπός, η εκμετάλλευση της ικανότητας των μικροβίων που ζουν στο βόρβορο να μεταφέρουν ηλεκτρόνια. Όταν τα βακτηρίδια αναπνέουν, απωθούν ηλεκτρόνια προς τα οργανικά κατάλοι-

πα (απόβλητα). Αν τα ηλεκτρόνια αυτά συλληφθούν από ένα ηλεκτρόδιο (παρουσία ενός δεύτερου σε καθαρό νερό ή τον αέρα προς τον οποίο ρέουν), τότε έχουμε *ροή ηλεκτρονίων*, δηλαδή την κλασική περίπτωση ηλεκτρικού ρεύματος. Ασθενικό βέβαια, αλλ' αν κάποιος αναλογιστεί το πλήθος των μικροβίων και την ταχύτητα που πολλαπλασιάζονται, τότε οραματίζεται μια σημαντική πηγή ενέργειας, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στους συσσωρευτές καυσίμων (fuel cells).

Όπως λέει ο B. Rittman: *«Αυτή η τεχνολογία, αν ποτέ καταστεί πρακτικά εφαρμόσιμη σε μεγάλη κλίμακα, θα μπορούσε να μεταμορφώσει τον κόσμο».* Δυστυχώς τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται προς το παρόν είναι δαπανηρά (γραφίτης με επένδυση λευκόχρυσου) αλλά οι προσδοκίες είναι τόσο σημαντικές, ώστε ν' αξίζει η συνέχιση των ερευνών. Πάντα, όταν αξίζει τον κόπο, η τεχνολογία βρίσκει λύσεις.

***Χρωματιστές αναλαμπές στο σκοτάδι***

– Οι φρουτόμυγες για παράδειγμα, συνέχισε ο Κάρολος, έχουν ένα φανταχτερό τρόπο επικοινωνίας μεταξύ τους, εκπέμποντας φως τη νύχτα. Το φως αυτό, του οποίου τα χρώματα αλλάζουν, προέρχεται από χημικές αντιδράσεις (βιοφωταύγεια), που πραγματοποιούνται με ένζυμα (λουσιφεράση). Τ' όνειρο των ανθρώπων για ψυχρό φωτισμό, χωρίς άσκοπη σπατάλη ενέργειας.

Προς το παρόν αποτελεί προνόμιο κάποιων οργανισμών, όπως οι πυγολαμπίδες, το φυτοπλαγκτόν που γνωρίζουν όσοι έχουν κωπηλατήσει μια σκοτεινή νύχτα σε ήρεμη θάλασσα και κάποια ψάρια που ζουν σε μεγάλα βάθη και μοιάζουν με πολύχρωμα φανταχτερά φωτισμένα υπερωκεάνια.

## Ο νέος φωτισμός

Όπως είναι γνωστό οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που χρησιμοποιούμε κατασπαταλούν το 90-95% της ηλεκτρικής ενέργειας με μετατροπή της σε άχρηστη θερμότητα.

Μία πρόοδος υπήρξε με τους λαμπτήρες φθορισμού, αλλά πολύ πιο οικονομικός θα είναι ο φωτισμός με οργανικές λάμπες εκπομπής φωτός που βασίζονται σε φθορίζουσες και φωσφορίζουσες ουσίες. Η απόδοσή τους φθάνει το 75% της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Πρόκειται για ένα ακόμα βήμα προς τον *ψυχρό* φωτισμό πριν φθάσουμε να απομιμηθούμε τους θαλασσινούς μικροοργανισμούς ή ορισμένα ψάρια και τις πυγολαμπίδες, τις κολοφωτιές της νύχτας, όπως τις λένε, που λειτουργούν με χημειφωταύγεια (μετατροπή της χημικής ενέργειας κατευθείαν σε φωτεινή). Αν κάποιος αναλογιστεί τις μυριάδες λαμπτήρων που φεγγοβολούν τη νύχτα σ' όλη την υδρόγειο, αντιλαμβάνεται το μέγεθος της εξοικονόμησης, κατέληξε ο Κάρολος.

– Αρκετά όμως μιλήσαμε γι' αυτά, αλλά για μένα το πιο ενδιαφέρον είναι η υγεία, είπε η Μάρθα.

– Δεν θα σου χαλάσουμε το χατήρι, της απάντησε ο Ιπποκράτης υποσχόμενος ότι το επόμενο βράδυ θα μιλήσουν για την υγεία.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ
# Η ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ

*Στραπηγοί και βασιλιάδες*
*προεστοί και δεσποτάδες*
*σιου πόνου το κρεβάτι*
*φουκαράδες.*

## Οι αρρώστιες

Η πρώτη ευχή που περισσεύει στα χείλη κάθε ανθρώπου είναι: Υγεία, πρώτα απ' όλα Υγεία.

– Ας δούμε λοιπόν, είπε ο Κάρολος, πού βρίσκεται η επιστήμη σήμερα.

– Δεν είναι και λίγα, παρατήρησε ο Ιπποκράτης, αυτά που έχουν επιτευχθεί τον τελευταίο αιώνα για τη θεραπεία, την ανακούφιση από τα επώδυνα και την παράταση της ζωής που αισίως έφθασε το μέσο όρο των 75 χρόνων, από 42 που ήταν τον 19ο αιώνα, αλλά και τη βελτίωση γενικά της ποιότητας της ζωής μέχρι τα γεράματα. Ασφαλώς άπειρες μάστιγες της ανθρωπότητας έχουν κατανικηθεί, παρόλα αυτά πολλά ακόμη πρέπει να γίνουν και γίνονται.

– Μια περιπλάνηση στους αιώνες που πορεύτηκε η ανθρωπότητα στον αγώνα της αυτόν είναι σίγουρα συναρπαστική, αλλά εδώ το λόγο έχει ο γιατρός, είπε ο Κάρολος.

– Σχεδόν ποτέ, συνέχισε ο Ιπποκράτης, εμείς οι άνθρωποι δεν εκτιμούμε το μεγάλο αγαθό, *την υγεία μας*· όταν είμαστε καλά αγνοούμε την ύπαρξη των οργάνων μας, εφ' όσον δεν μας ενοχλούν· μόνο αν το στομάχι μας ή το κεφάλι μας ή το συκώτι μας, μας υπενθυμίσει την παρουσία του κι αρχίσει να μας βασανίζει, τότε αναπολούμε την ευτυχία που είχαμε και δεν την εκτιμούσαμε, όταν αγνοούσαμε την ύπαρξή τους. Κάθε απόκλιση από την ομαλή κατάσταση της υγείας μάς φέρνει αναστάτωση και έχει ως αποτέλεσμα την ανικανότητα του οργανισμού ν' ανταποκριθεί ομαλά στις λειτουργίες του. Αν η θερμοκρασία μας ανέβει μόλις ένα-δύο βαθμούς, αισθανόμαστε την ανάγκη για οριζοντίωση και τα καυτά προβλήματα της ημέρας υποχωρούν μπροστά στην ανησυχία μας, μικρή ή μεγάλη.

– Όπως υπεροπτικά απαντάει το ρομπότ, παρατήρησε ο Κάρολος, στο ομώνυμο βιβλίο του Asimov, στον κατασκευαστή του, τον άνθρωπο:

*«Η ύλη από την οποία είστε κατασκευασμένοι εσείς οι άνθρωποι είναι μαλακή και πλαδαρή, χωρίς αντοχή και δύναμη. Για να προσποριστείτε ενέργεια βασίζεστε στην καύση τροφίμων ... Η πιο μικρή μεταβολή στη θερμοκρασία, την πίεση ή την*

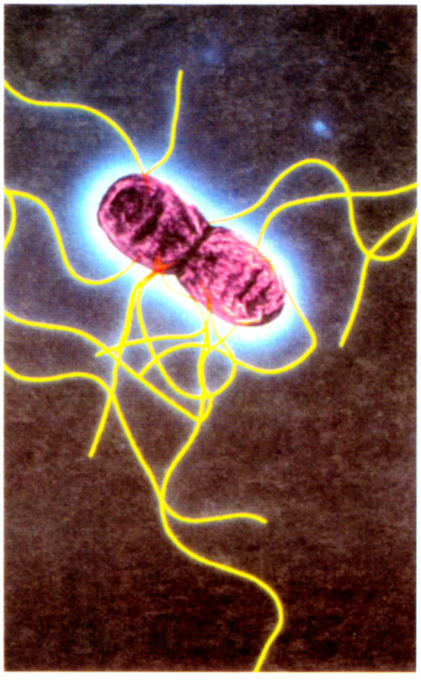
*ένταση της ραδιενέργειας, μειώνει τις ικανότητές σας, κι ένα μικρό βόλι ή ένας ιός σας θανατώνει. Είσαστε προχειροδουλειά! [...]».*

– Εννοεί, είπε παρεμβαίνοντας ο Ευκλείδης, ότι η καύση των τροφίμων δημιουργεί θερμότητα, η οποία είναι η πιο υποβαθμισμένη μορφή ενέργειας, με υψηλή εντροπία και γι' αυτό η απόδοσή της είναι μικρή, ενώ ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιεί το ρομπότ έχει μηδενική εντροπία.

– Παρόλ' αυτά, είπε ο Ιπποκράτης, ο άνθρωπος διαθέτει ένα ασύλληπτης τελειότητας αμυντικό σύστημα, του οποίου μόλις τώρα αρχίζουμε να κατανοούμε καλύτερα τις θαυμαστές λειτουργίες και τους μηχανισμούς του. Δυστυχώς, όμως, η επιβίωση είναι ένας αγώνας με άπειρους εχθρούς. Ζούμε σ' έναν κόσμο ισχυρότατα ανταγωνιστικό, όπου ο αγώνας ζωής ή θανάτου, κρυφός ή φανερός, είναι αμείλικτος· στη ζούγκλα χωρίς προσωπείο, στις πολιτείες πιο ύπουλος, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Οι αρχές του παρασιτισμού – Οι μολυσματικές αρρώστιες

– Σ' ένα από τα εξελικτικά στάδια, πριν εκατομμύρια χρόνια, πιθανόν πριν διαφοροποιηθούν ακόμα οι φυτικοί από τους ζωικούς οργανισμούς, ένα ή περισσότερα είδη ανακάλυψαν ότι οι ιστοί άλλων οργανισμών συνιστούν μια πολύ



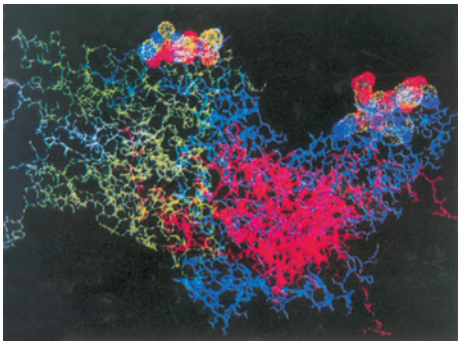
*Οι πιο συνηθισμένες τροφικές δηλητηριάσεις προκαλούνται από το βακτηρίδιο της Salmonella.*

εύκολη και θρεπτική τροφή, σε σύγκριση με τους εντατικούς ρυθμούς εργασίας που απαιτεί η φωτοσύνθεση, δηλαδή την απευθείας παραγωγή υλικών με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας. Στους ιστούς βρίσκονται προσχηματισμένες ουσίες κατάλληλες, τόσο ως πηγές ενέργειας, όσο και ως αναπλαστικές ουσίες των οργανισμών που διατρέφονται απ' αυτές. Μ' αυτόν τον τρόπο, μερικά από τα έμβια όντα αναγνώρισαν πόσο πιο πρόσφορη και πιο εύκολη ήταν η διατροφή τους, τρώγοντας άλλους οργανισμούς από την κατευθείαν αναζήτηση τροφίμων από τον αέρα, το νερό ή το έδαφος με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας. Έτσι ανακαλύφθηκε η αξία του *παρασιτισμού,* που από τότε καλλιεργείται συστηματικά απ' όλους: η εύκολη λύση, με τη μικρότερη προσπάθεια, η αρχή της *ήσσονος προσπάθειας,* που επιτάσσει ο Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος· μια αρχή πάντα σεβαστή στις ανθρώπινες κοινωνίες. Βέβαια δεν συμφέρει στον εισβολέα η πλήρης καταστροφή της πηγής διατροφής του, δηλαδή του κυττάρου-ξενιστή, παρόλο που ορισμένοι κακότροποι μικροοργανισμοί φτάνουν και μέχρις αυτού του σημείου εναντίον των θυμάτων τους, όπως για παράδειγμα ο ιός που προκαλεί το AIDS. Αντίθετα, είναι πιο συμφέρουσα η επιβίωση σε βάρος του ξενιστή, είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Πρόκειται για τη συνηθέστερη μορφή παρασιτισμού, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Μικροοργανισμοί: πολύτιμοι συνεργάτες, αδυσώπητοι εχθροί

– Αόρατοι, ακίνητοι, σε πλήθος απεριόριστο, πανταχού παρόντες, γύρω μας, στον αέρα και στα τρόφιμα, πάνω μας, σ' όλες τις κοιλότητες αλλά και στο εσωτερικό του σώματός μας, τριγυρνάνε μυριάδες μικροοργανισμοί, με τους οποίους συμβιώνουμε. Άλλοτε πρόκειται για πολύτιμους συνεργάτες, άλλοτε για αδυσώπητους εχθρούς και μερικές φορές για αδιάφορους περαστικούς.

Τους γνωρίσαμε για πρώτη φορά όταν ο Loewenhook, γύρω στο 1700, έφτιαξε το πρώτο μικροσκόπιο και παρατηρούσε ένα σάπιο δόντι, το οποίο είχε μόλις βγάλει. Κάτω από τους αυτοσχέδιους φακούς του, μια ακίνητη κοινωνία από απειροελάχιστα σφαιρίδια και ραβδάκια έσφυζε από ζωή. Αργότερα ο Pasteur,



*Ο ιός του κοινού κρυολογήματος. Τώρα ο δρόμος για την καταπολέμησή του είναι ανοιχτός.*

το 1860, αποκάλυπτε την ύπαρξη και τη σημασία τους για την υγεία και τη ζωή μας. Σήμερα η βιοτεχνολογία μας βοηθάει αποτελεσματικά να θέσουμε στις υπηρεσίες μας τις απεριόριστες δυνατότητες αυτού του πανάρχαιου και έμπειρου μικρόκοσμου και να βελτιώσουμε την ποιότητα της ζωής μας.

Οι μικροοργανισμοί έχουν εξυπηρετήσει τον άνθρωπο –από την εποχή που είναι γνωστή η ιστορία του– για την παραγωγή των πιο κοινών τροφίμων, όπως η *μαγιά* «που ανεβάζει» τη ζύμη για να γίνει το ψωμί ή «πήζει» το γάλα για να γίνει το τυρί ή το γιαούρτι ή να μεταβληθεί ο μούστος σε κρασί ή ξίδι.

Άλλοι όμως μικροοργανισμοί, πιο κακότροποι, εννοούν να επιβιώσουν και ν' αναπαραχθούν σε βάρος μας. Πρόκειται για τους «παθογόνους», αυτούς που αποτέλεσαν μάστιγα και γέμιζαν τρόμο τις προηγούμενες γενιές των ανθρώπων: η *φυματίωση*, η *διφθερίτιδα*, η *δυσεντερία*, ο *τέτανος*, ο *άνθρακας*, η *πνευμονία*, η *πλευρίτιδα*, οι αρρώστιες από *σταφυλόκοκκους* και *στρεπτόκοκκους*, είναι μερικοί απ' αυτούς. Σήμερα, οι περισσότεροι από τους εχθρούς μας αυτούς, χάρη στον Pasteur και μια πλειάδα ερευνητών –τα ονόματα των περισσότερων δυστυχώς έχουν σχεδόν λησμονηθεί– οι οποίοι ανακάλυψαν τα χημειοθεραπευτικά και τ' αντιβιοτικά, εξουδετερώνονται εύκολα.

Μερικοί από τους πιο αρχέγονους μικροοργανισμούς, που ξεκίνησαν από τη θάλασσα, είναι τα *βακτηρίδια*. Το όνομά τους προέρχεται από την ελληνική λέξη «βακτηρία», δηλαδή ράβδος ή την αντίστοιχη λατινική λέξη «bacillus» και οφείλεται στο σχήμα μερικών από τους μικροοργανισμούς αυτούς. Τα βακτηρίδια είναι πολύ μικροσκοπικά. Σε μια τελεία του κειμένου μπορούν να χωρέσουν χιλιάδες από αυτά.

Μια άλλη κατηγορία μικροοργανισμών είναι οι *μύκητες*. Ορισμένοι απ' αυτούς βοηθούν στην παραγωγή τροφίμων, όπως αυτοί που σχηματίζονται σε ορισμένα είδη τυριών, για παράδειγμα το ροκφόρ, την παρμεζάνα κ.λπ.. Άλλοι καλλιεργούνται για την παραγωγή αντιβιοτικών, όπως της πενικιλίνης.

Μια κατηγορία μεγάλου μεγέθους μυκήτων, οι *βασιδιομύκητες*, είναι τα νόστιμα βρώσιμα μανιτάρια. Υπάρχουν ακόμα πολλές άλλες κατηγορίες μυκήτων, στις οποίες οφείλονται οι πιο κοινές ασθένειες των φυτών.

Στους φυτομύκητες ανήκουν και οι *ευρωτομύκητες*, που προκαλούν την ευρωτίαση (μούχλα) σε πολλά τρόφιμα, αλλά ενδημούν και στο ανθρώπινο σώμα, π.χ. στα πόδια. Η παρουσία τους γίνεται αισθητή από τη σχετική δυσοσμία, αν δεν τηρούνται οι κανόνες καθαριότητας.

Μια άλλη κατηγορία μυκήτων είναι και οι *ζυμομύκητες*. Από τα προϊστορικά χρόνια ήταν γνωστό το φαινόμενο της αλκοολικής ζύμωσης, δηλαδή της μετατροπής της ζάχαρης που υπάρχει στα φρούτα, με τη βοήθεια των ζυμομυκήτων, σε οινόπνευμα και διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι παράγονται τα πιο αθώα ευφραντικά, το κρασί, η μπίρα και τα άλλα αλκοολούχα ποτά.

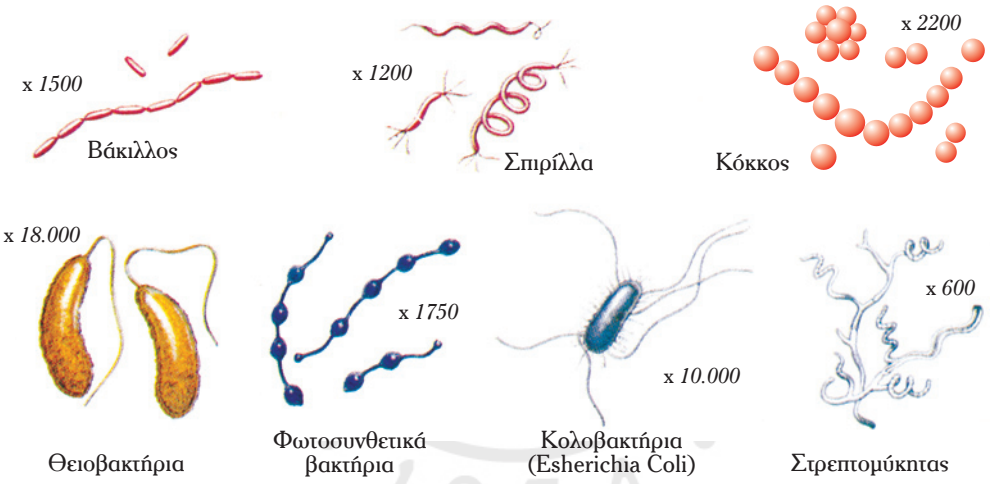
Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια σειρά από αντιδράσεις, κατά τις οποίες απελευθερώνεται η αποταμιευμένη στους υδατάνθρακες, δηλαδή στη ζάχαρη

των φρούτων, ηλιακή ενέργεια. Η ενέργεια αυτή με τη βοήθεια των μορίων ATP χρησιμοποιείται από τους ζυμομύκητες για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους.

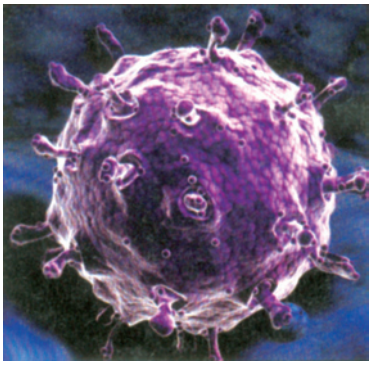
Οι μικροοργανισμοί, κατά την εκδήλωση της ζωής τους, διατρέφονται με σάκχαρα και παράγουν ένζυμα, τα οποία καταλύουν τις αντιδράσεις μετατροπής των σακχάρων σε οινόπνευμα, διοξείδιο του άνθρακα και ενέργεια.

Άλλα είδη μικροοργανισμών παράγουν άλλα ένζυμα, ικανά να μετατρέψουν το σάκχαρο σε διάφορα άλλα προϊόντα, όπως κιτρικό οξύ, γλουταμινικό οξύ ή γαλακτικό οξύ.

Ο άνθρωπος κατόρθωσε να εκμεταλλεύεται τις παραπάνω ενζυματικές δραστηριότητες για δική του ωφέλεια, δηλαδή για τη βιομηχανική παραγωγή των προϊόντων που προκύπτουν απ' αυτές. Γενικά, οι αντιδράσεις αυτού του είδους μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς την παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου,




*Μερικά βακτηρίδια και μύκητες.*



*Ο ιός της γρίπης των πτηνών.*

όπως κατά τη μετατροπή της ζάχαρης σε οινόπνευμα, οπότε χαρακτηρίζονται ως *αναερόβιες,* άλλοτε όμως δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν παρά μόνο με την παρουσία οξυγόνου, όπως κατά τη ζύμωση του οινοπνεύματος προς οξεικό οξύ, το γνωστό ξίδι, οπότε πρόκειται για *αερόβιες* ζυμώσεις.

Οι ζυμομύκητες βρίσκονται πάντοτε στην εξωτερική επιφάνεια των ώριμων καρπών, και μεταφέρονται από τον άνεμο και τα έντομα παντού, όπως η σκόνη. Γι' αυτό και οποιοσδήποτε σακχαρούχος χυμός, αν δεν προβλεφθούν ειδικές συνθήκες, μέσα σε λίγα λεπτά γίνεται βορά των ζυμομυκήτων. Είναι σε όλους γνωστό ότι, μόλις παρασκευαστεί ο μούστος, αρχίζει αμέσως και η ζύμωσή του, το βράσιμο, όπως λέγεται, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Διηθητοί ιοί (virus), τα πρώτα «ζωντανά» μόρια

– Οι *διηθητοί ιοί* συνιστούν μια ενδιαφέρουσα τάξη, που βρίσκεται στο μεταίχμιο ζωντανής και άβιας ύλης. Το όνομα «διηθητοί» προέρχεται από το εξαιρετικά μικροσκοπικό μέγεθός τους, που τους επιτρέπει να διαπερνούν τα συνηθισμένα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο για διήθηση, τους *πθμούς.*

Οι διηθητοί ιοί είναι τόσο μικροσκοπικοί, ώστε δεν διακρίνονται με το κοινό μικροσκόπιο και είναι ορατοί μόνο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Οι ασθένειες που προκαλούν είναι από τις πιο σοβαρές και δεν θεραπεύονται συνήθως με φάρμακα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις προλαμβάνονται με προληπτικό εμβολιασμό ή θεραπεύονται από το αμυντικό σύστημα του οργανισμού, ύστερα από έντονο αγώνα που καταβάλλει με τον εισβολέα.

Παραδείγματα ιώσεων είναι η *ευλογιά,* η *πολιομυελίτιδα,* η *ηπατίτιδα,* η *λύσσα,* οι *έρπητες,* ορισμένες μορφές *λευχαιμίας,* το κοινό *κρυολόγημα,* η *γρίπη* και, τελευταία, ο ιός του HIV που προκαλεί το *AIDS,* ο οποίος καταστρέφει το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού και έτσι γίνεται ευάλωτος, στόχος όλων των παθογόνων παρασίτων.

Πολλοί από τους διηθητούς ιούς έχουν απομονωθεί σε καθαρή κρυσταλλική κατάσταση, και με τη μορφή αυτή μπορούν να διαφυλαχθούν μέσα σε φιαλίδια στο ψυγείο για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως κάθε άβια κρυσταλλική ουσία, λόγου χάρη η ζάχαρη. Η υφή του ιού όμως αλλάζει άρδην, μόλις εισαχθεί σε κάποιο ξένο κύτταρο, οπότε τείνει ν' αποκτήσει τις ιδιότητες των έμβιων.

Οι διηθητοί ιοί αποτελούνται από μόρια πρωτεΐνης, DNA και RNA και δεν έχουν από μόνοι τους την ικανότητα αναπαραγωγής. Αν όμως εισαχθούν μέσα σ' ένα ζωντανό κύτταρο, χρησιμοποιούν το βιοχημικό δυναμικό του κυττάρου - ξενιστή για να επιβιώσουν και ν' αναπαραχθούν σε όσο το δυνατόν περισσότερα αντίγραφα. Φυσικά, όλ' αυτά συμβαίνουν σε βάρος του ξενιστή, τον οποίο μερικές φορές φτάνουν στο σημείο να εξοντώσουν. Τότε πιο πολυπληθείς συνεχίζουν.

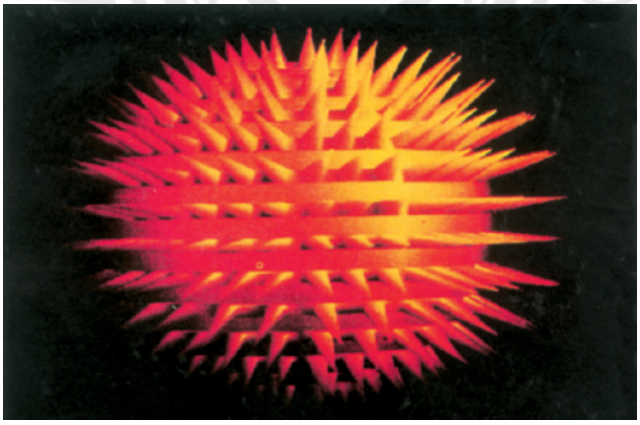
Υπάρχουν ακόμα και οι *βακτηριακοί ιοί* ή *βακτηριοφάγοι,* οι ιοί δηλαδή που χρησιμοποιούν το κύτταρο ενός βακτηριδίου για να πολλαπλασιαστούν και τε-

λικά το καταστρέφουν. Μικροοργανισμοί εναντίον μικροοργανισμών. Ο αδυσώπητος αγώνας για επιβίωση. Ο θάνατός σου ζωή μου σε βιολογικό επίπεδο ισχύει αδυσώπητα.

Παρακάτω ακόμα, στη βιολογική κλίμακα, βρίσκονται τα *ιοειδή* (viroides), τα οποία, παρόλο που είναι πολύ μικρά, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες σε άλλους οργανισμούς. Αποτελούνται από μικρογονιδιώματα σε καθαρή μορφή, χωρίς πρωτεϊνικό περίβλημα, μ' ένα μόριο νουκλεϊνικού οξέος (RNA), που συνίσταται από διακόσιες μόνο βάσεις. Ίσως σ' αυτά ν' ανήκει ο τίτλος των πρωτόβιων· κάτι ανάμεσα στη ζώσα και την άβια ύλη. Ίσως, πριν και απ' αυτά, το μόριο του DNA και κυρίως του RNA θα πρέπει να θεωρείται το πρώτο μόριο με δυνατότητες «ζωής», αφού τα συστατικά του, τα *γονίδια,* είναι μεταλλάξιμα και αναπαράγονται με αντιγραφή. Επίσης τα ιοειδή παράγουν τα μόρια του RNA, που προκαλούν πρωτεϊνική σύνθεση, δηλαδή μεταβολισμό· διαθέτουν πληροφορικό υλικό και έχουν καταλυτική δράση. Πρόκειται για μια κατάσταση ανάμεσα στη ζωντανή και την οργανική ύλη. Πιθανόν να είναι τα πρώτα «ζωντανά» μόρια, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Ο HIV* και το AIDS**

– Το *AIDS,* που προκαλείται από τον ιό HIV, είναι το τελευταίο στάδιο μόλυνσης της ανοσολογικής ανεπάρκειας στον άνθρωπο, δηλαδή της στέρησης της ικανότητας του αμυντικού συστήματος του οργανισμού γι' αυτοάμυνα εναντίον



*Ένα «ολέθριο» φυσικό έργο τέχνης: ο ιός HIV, το θανατηφόρο σύνδρομο του AIDS.*

* HIV: Human Immunodeficiency Virus. Ο ιός που προκαλεί ανοσοποιητική ανεπάρκεια στον άνθρωπο.

** AIDS: Acquired Immune Deficiency Syndrome (απόκτηση συνδρόμου για ανοσιοποιητική ανεπάρκεια).

ξένων εισβολέων και παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1984. Ο ιός είναι ένας *ρετροϊός* που περιέχει RNA, το οποίο μεταφέρει τις οδηγίες για την παραγωγή πρωτεϊνών μέσα στα κύτταρα.

– Τι είναι οι *ρετροϊοί;* ρώτησε ο Ευκλείδης.

– Οι ρετροϊοί είναι είδος ιών, οι οποίοι, χάρη σ' ένα ένζυμο που διαθέτουν, έχουν την ικανότητα να μεταγράφουν το μόριο του RNA σε DNA. Όταν αυτό ανακαλύφθηκε έκανε ζωηρή αίσθηση, γιατί μέχρι τότε ξέραμε ότι ίσχυε μόνο το αντίθετο, δηλαδή η μονόδρομη πληροφορία από το DNA προς το RNA και, τελικά, τη σύνθεση του πρωτεϊνικού μορίου, απάντησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Στην περίπτωση του ιού HIV, το κύτταρο-ξενιστής που προσβάλλεται είναι το λεμφοκύτταρο (T4), που παίζει καίριο ρόλο στον έλεγχο ολόκληρου του ανοσοποιητικού συστήματος. Από τη στιγμή που θα ενσωματωθεί ο ιός, μπορεί να μείνει σε λανθάνουσα κατάσταση για πολλά χρόνια. Σταδιακά, όμως, αρχίζει ν' αναπαράγεται μέσα στο κύτταρο, με αποτέλεσμα νέα στελέχη του, αφού διατρυπήσουν την κυτταρική μεμβράνη, να προσβάλλουν άλλα, ενώ τα παλαιά λεμφοκύτταρα πεθαίνουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξουθένωση του ανοσοποιητικού αμυντικού συστήματος, οπότε ο ασθενής μένει κυριολεκτικά έρμαιο της οποιασδήποτε μόλυνσης από μικροοργανισμούς, ευάλωτος, ανίκανος να αμυνθεί. Ο οργανισμός τώρα βρίσκεται στο έσχατο στάδιο. *Το στάδιο AIDS.*

Η ασθένεια ξεκίνησε από την Αφρική, όπου ενδημούσε σε είδη πιθηκοειδών, και μετεξελίχθηκε στον ιό που προσβάλλει τον άνθρωπο. Οι αεροπορικές επικοινωνίες βοήθησαν στη διάδοση της νόσου και τα πρώτα θύματα ήταν ομοφυλόφιλοι και ναρκομανείς, χρήστες δηλαδή ενδοφλέβιων ναρκωτικών.

Ο ιός εμφανίζεται κυρίως στο αίμα και στο σπέρμα, επίσης σε μικρότερες ποσότητες στα κολπικά υγρά και στο μητρικό γάλα. Τα υγρά αυτά είναι τα μόνα από τα οποία είναι δυνατόν να μεταδοθεί ο ιός. Έτσι, η μετάδοσή του γίνεται, είτε από την κοινοχρησία των ενέσεων που χρησιμοποιούνται από τους ναρκομανείς, είτε από τη σεξουαλική πράξη. Οι κίνδυνοι επαγγελματικών μολύνσεων είναι εξαιρετικά χαμηλοί. Ευτυχώς, προς το παρόν δεν υπάρχει καμιά επιστημονική τεκμηρίωση ότι η ασθένεια μπορεί να μεταδοθεί από τυχαίες πληγές ή απλή συναναστροφή με τον ασθενή. Κι αυτό είναι βασικό για τη θέση που παίρνουν απέναντι στον ασθενή οι νοσηλευτές και οι οικείοι του.

Το 1991 τα κρούσματα είχαν ξεπεράσει τις εφτακόσιες χιλιάδες σ' όλο τον κόσμο, τώρα δυστυχώς υπολογίζονται σε εκατομμύρια. Την εποχή εκείνη το μόνο φάρμακο που παρεμπόδιζε τον πολλαπλασιασμό του ιού ήταν η *αζιδοθυμιδίνη* (AZT), ένα φάρμακο δραστικό αλλά και έντονα τοξικό. Τα επόμενα όμως χρόνια, εμβόλια και νεότερα φάρμακα σχεδιασμένα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές βοήθησαν σημαντικά, και όταν στο οπλοστάσιο προστέθηκαν και οι καρποί της βιοτεχνολογίας, η μάστιγα άρχισε να ελέγχεται. Φυσικά, ενδιάμεσα βοήθησαν: το «ασφαλές σεξ» με προφυλακτικά, η σύσφιξη πιο μόνιμων δεσμών και η αποφυγή των ενδοφλέβιων ναρκωτικών, αλλά και παντός ναρκωτικού. Τώρα για

τους ναρκομανείς, πριν από το λευκό θάνατο, έχει παρεμβληθεί και ο μαρτυρικός δρόμος του AIDS, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Ο θαυμαστός μηχανισμός της ανοσίας – Μόρια σε αναγνώριση μορίων

– Ο άνθρωπος έχει σαφή ιδέα της έννοιας των παράσιτων, είτε πρόκειται για βακτηρίδια, είτε για διηθητούς ιούς, είτε για ψείρες ή κουνούπια. Αλλά και ο ίδιος ο άνθρωπος, από τη σκοπιά των φυτών και ορισμένων ζώων, θα πρέπει να θεωρηθεί επίσης ένα αδηφάγο παράσιτο, αφού χωρίς τη θυσία τους δεν είναι δυνατόν να επιβιώσει. Ο παμφάγος άνθρωπος είναι το μεγαλύτερο παράσιτο στον πλανήτη.

– Και το πιο καταστρεπτικό θα συμπλήρωνα, είπε ο Νίκος, με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα όσα δεινά εδημιούργησε.

– Τα ζωικά είδη που επέζησαν διά μέσου των αιώνων, ανέπτυξαν διάφορες μορφές άμυνας κατά των εισβολέων. Ειδικότερα, ο άνθρωπος ανακάλυψε διάφορα μέτρα προστασίας εναντίον των μικροσκοπικών εχθρών του που προκαλούν τη μόλυνση, δηλαδή την ασθένεια, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Καταρχήν το δέρμα αποτελεί μιαν αδιαπέραστη ασπίδα προστασίας κατά των εισβολέων. Υπάρχει ακόμα πλήρες σύστημα προστασίας σε όλες τις εισόδους, όπως στη μύτη και στο στόμα. Όσοι όμως μικροοργανισμοί διαβούν τα εμπόδια αυτά, θα συναντήσουν έναν σημαντικό ανταγωνιστή, τη «φαγοκύτωση», δηλαδή ένα ορισμένο είδος λεμφοκυττάρων των λευκών αιμοσφαιρίων που κυκλοφορούν στο αίμα. Τα λευκά κύτταρα του αίματος (λευκά αιμοσφαίρια) που σχηματίζονται σε ορισμένους ιστούς, όπως οι λεμφαδένες, σκορπισμένα σ' όλο το σώμα, τη σπλήνα, το θύμο αδένα, μεταφέρονται τελικά με το αίμα σε κάθε σημείο του σώματος. Πρόκειται για μικρά κύτταρα, σχεδόν σφαιρικά, που διαθέτουν προεξοχές σαν κεραίες, που τους δίνουν την όψη τηλεπικοινωνιακού δορυφόρου. Σε περίπτωση προσβολής από οποιαδήποτε αιτία, ο αριθμός τους αυξάνεται και είναι ένδειξη για κάποια παθογόνο κατάσταση.

– Θα ήθελα να ρωτήσω, παρενέβη ο Πλάτων, ποιο είναι το σωστό: λεμφοκύτταρα ή λυμφοκύτταρα;

– Είναι συνώνυμα, απάντησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Τη σημαντικότερη όμως άμυνα συνιστούν τα *αντισώματα.* Ουσίες που παράγονται μέσα στον οργανισμό ως αντίδοτα εναντίον της εισβολής των αντιγόνων, δηλαδή των ξένων πρωτεϊνικών μορίων που προέρχονται από τους εισβολείς, και είναι από τα πιο αποτελεσματικά μέσα άμυνας του οργανισμού.

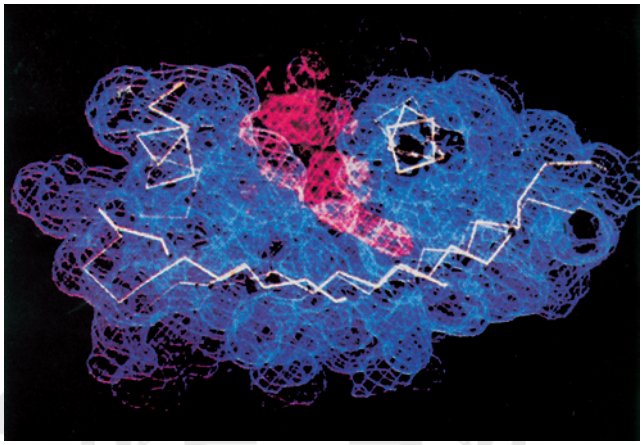
– Πώς όμως τ' ανθρώπινα κύτταρα σχηματίζουν αντισώματα σε τόσο μεγάλη ποικιλία; ρώτησε ο Πλάτων.

– Αυτό θα προσπαθήσω να στο εξηγήσω σε λίγο, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Η ικανότητα αυτή γίνεται ακόμα πιο αξιοθαύμαστη, αν καλοσκεφτεί κάποιος το είδος και την ποικιλία των ξένων εισβολέων και τις τοξίνες τους, όπως είναι οι

μυριάδες διηθητοί ιοί, οι κόκκοι γύρης, τ' ανθρωποποίητα μόρια, ακόμα και το ξένο αίμα, αν ανήκει σε ακατάλληλη ομάδα. Όλ' αυτά εμφανίζονται με άπειρα σχήματα, δομές, μεγέθη και χημική ιδιοσυστασία και αποτελούν αντιγόνα για τον οργανισμό.

Στην περίπτωση εισόδου ενός *αντιγόνου,* δηλαδή *μιας ξένης προς τον οργανισμό πρωτεΐνης,* το σώμα έχει την ικανότητα να συνθέτει το αντίστοιχο αντίσωμα (μια νέα μορφή πρωτεΐνης) που εξουδετερώνει και αποβάλλει την ξένη από το σώμα.



*Αντιγόνο και αντίσωμα. Σιον ειδικό θύλακα του αντιγόνου έχει σφηνωθεί το αντίσωμα.*

Ο καθένας έχει προσωπική αντίληψη της μάχης που δίνει ο οργανισμός με τους ξένους εισβολείς, στην περίπτωση για παράδειγμα μόλυνσης του δέρματος από κάποια αμυχή ή τραύμα. Το σημείο εκείνο «πρήζεται», καίει από την αντίδραση αντιγόνου-αντισώματος, που βρίσκεται υπό εξέλιξη, δημιουργείται πύον και η αντίδραση συνεχίζεται μέχρις ότου εξουδετερωθεί ο εισβολέας. Στην παραπάνω ιδιότητα οφείλεται και η αποβολή των μεταμοσχευμένων οργάνων (καρδιάς, νεφρών κ.λπ.), αν δεν ληφθούν ορισμένα μέτρα για την ανάσχεση του μηχανισμού αποβολής. Ο οργανισμός του νέου αποδέκτη τα θεωρεί ως ξένες πρωτεΐνες, ως *αντιγόνα.*

Ακόμα και μια ουσία συνθετική, που έχει παρασκευαστεί στο εργαστήριο, αν εισαχθεί στον οργανισμό, αναγνωρίζεται από το σύστημα προστασίας του οργανισμού ως αντιγόνο. Η ικανότητα αυτή σχηματισμού της ένωσης αντιγόνου-αντισώματος, ακόμα κι αν πρόκειται για ίχνη αντιγόνου, χρησιμοποιείται για αναλυτικούς σκοπούς με αντιγόνα ιχνοθετημένα με ραδιοϊσότοπα (RIA) ή φωταυγείς ουσίες (LIA). Έτσι ανιχνεύονται διάφορες ουσίες, ακόμα και σε ποσοστό τρισεκατομμυριοστών του γραμμαρίου. Πρόκειται για ένα νέο βήμα του ανθρώπου στη διάγνωση της ασθένειας, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Δηλαδή, αν κατάλαβα καλά, είπε ο Ευκλείδης, διαθέτουμε από καιρό τον

τρόπο, ώστε τα μοσχεύματα κατά τις μεταμοσχεύσεις οργάνων να μην αποβάλλονται, όπως συνέβαινε στις πρώτες περιόδους που εφαρμόστηκε η μέθοδος.

– Βεβαίως, απάντησε ο Ιπποκράτης, γι' αυτό και οι μεταμοσχεύσεις εξελίχθηκαν σε τρέχουσα τεχνική.

– Δηλαδή, θεωρητικά θα ήταν δυνατόν ένα ανθρώπινο έμβρυο να ανατραφεί στη μήτρα για παράδειγμα μιας αγελάδας ή μιας προβατίνας; ρώτησε γελώντας ο Ευκλείδης.

– Αυτό θα ήταν τολμηρό, είπε παρεμβαίνοντας ο Κάρολος· νομίζω, πάντως ότι είναι εφικτό. Φαντάζεσαι, όμως, ότι θα υπήρχε επιστήμονας να επιχειρήσει τέτοια τερατώδη επέμβαση; Αλλά και ποιος ο λόγος να το κάνει; Η επιστημονική κοινότητα θα τον απέβαλε διά παντός από τους κύκλους της.

– Ξέρω, είπε ο Ευκλείδης, ότι η ανθρώπινη περιέργεια δεν έχει όρια, αλλά διέκοψα τον Ιπποκράτη και ζητώ συγνώμη.

– Το σύνδρομο που δημιουργεί ο ιός HIV, ο οποίος προκαλεί το AIDS, συνέχισε ο Ιπποκράτης, συντελεί ακριβώς στην «απόκτηση συνδρόμου για ανοσοποιητική ανεπάρκεια», καταστρέφει, δηλαδή, το ανοσοποιητικό οπλοστάσιο του οργανισμού, ο οποίος έτσι μένει ανυπεράσπιστος στο έλεος των ξένων εισβολέων.

Το ανοσοποιητικό σύστημα για την αποβολή κάθε εισβολέα επεκτείνεται ακόμα και στη διαδικασία της σύλληψης. Το «μισό», κατά κάποιο τρόπο, έμβρυο που προέρχεται από το πατρικό υλικό είναι ξένο, είναι αντιγόνο για το γυναικείο οργανισμό, υπάρχει επομένως η τάση ν' αποβληθεί. Κανονικά η φύση έχει προνοήσει, ώστε να δημιουργούνται προστατευτικά αντισώματα τα οποία παρεμποδίζουν την αποβολή. Αν όμως τα πατρικά και τα μητρικά αντιγόνα παρουσιάζουν ομοιότητα, τότε υπάρχει πρόβλημα αποβολής. (Αυτό συμβαίνει σε δύο έως τρεις στις χίλιες περιπτώσεις). Με τις νεότερες αυτές γνώσεις και με μια προκαταρκτική εξέταση των πατρικών και μητρικών αντιγόνων είναι δυνατόν να προληφθεί η αποβολή με τη δημιουργία προληπτικού εμβολίου, που παράγεται από τα λεμφοκύτταρα του πατέρα.

– Αλήθεια, ρώτησε η Μαρίνα, η κόρη του Καρόλου, έχω ακούσει ότι οι περίφημες αλλεργίες έχουν σχέση με το ανοσοποιητικό, έχει κάποια βάση αυτό;

– Και βέβαια έχουν σχέση, όπως θα δούμε αμέσως, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Αλλεργίες

– Σε ορισμένες περιπτώσεις το ανοσοποιητικό σύστημα «υπεραντιδρά». Τότε πρόκειται για τις γνωστές περιπτώσεις αλλεργίας που εκδηλώνονται με αναφυλακτικό σοκ. Όταν δηλαδή το ανοσοποιητικό σύστημα «υπερβάλλει» στις αντιδράσεις του, τότε πρόκειται γι' ασθένεια, όπως το άσθμα ή η ανοιξιάτικη αλλεργία από γύρη, οι ρινίτιδες, το αλλεργικό έκζεμα, οι τροφικές αλλεργίες. Στην περίπτωση δηλαδή της αλλεργίας ο ξένος εισβολέας είναι δυνατόν να είναι έντομο ή άκαρι ή γύρη από φυτά ή σκόνη· ακόμα, τρίχες ή ουσίες· που προέρχονται από

ελαστικό, πλαστικό, χρώματα, βαριά μέταλλα, καλλυντικά, τρόφιμα ή φάρμακα. Θεωρητικά, κάθε ξένη για τον οργανισμό ουσία είναι δυνατόν να είναι *αλλεργιογόνος.* Στις περιπτώσεις αυτές, δηλαδή, υφίσταται μια υπερευαισθησία του οργανισμού έναντι κάποιας ουσίας. Προς το παρόν, πέρα από τα αντισταμινικά φάρμακα, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι η εντόπιση του ενόχου και η αποφυγή του.

Τα τελευταία πάντως χρόνια αρχίζει να γίνεται περισσότερο κατανοητός ο μηχανισμός δράσης των αλλεργιογόνων ουσιών και ο ρόλος των εικοσιανοειδών, όπως της θρομβοξάνης και των λευκοτριενίων, για τα οποία θα έχουμε την ευκαιρία να μιλήσουμε. Οι πρόοδοι της βιοτεχνολογίας άνοιξαν καινούριους δρόμους για την αντιμετώπιση των αλλεργιών. Νέα φάρμακα θα τεθούν σύντομα στη διάθεση αυτών που υποφέρουν.

– Υπάρχουν πιθανότητες για θεραπεία; ρώτησε η Μαρίνα.

– Είναι δύσκολο, γιατί δεν πρόκειται για μια περίπτωση αλλά για εξαιρετικά μεγάλο αριθμό· ίσως τόσο, όσο και οι ευαίσθητοι στις αλλεργίες, απάντησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Το ανοσοποιητικό είναι ένα διάχυτο σύστημα, το οποίο συντίθεται από πολλούς τύπους κυττάρων, που διαδραματίζουν όμως διαφορετικούς ρόλους, οι οποίοι αλληλεπηρεάζονται. Το σύστημα ελέγχεται με επικοινωνία των κυττάρων και ο ρόλος τους συντονίζεται με τη βοήθεια μιας οικογένειας «ορμονοειδών αγγελιοφόρων». Ένας από τους πρώτους αυτής της κατηγορίας, που αναγνωρίστηκαν, είναι ο IL-2 (Interleukin-2), ένα πρωτεϊνικής υφής μόριο που αποτελείται από εκατόν τριάντα τρία αμινοξέα. Πρόκειται για την ορμόνη του ανοσοποιητικού συστήματος, η οποία κινητοποιεί τον πολλαπλασιασμό εκείνων μόνο των κυττάρων, που θ' αναχαιτίσουν τον εισβολέα.

Όταν ένα αντιγόνο, από ένα μικροοργανισμό, εισβάλει στον οργανισμό διεγείρονται τα *Τ-κύτταρα* του ανοσοποιητικού συστήματος και εκκρίνουν IL-2, ενώ σχηματίζονται και δέκτες για μόρια IL-2. Η σύνδεση της IL-2 με τους δέκτες δίνει το σήμα για την έναρξη διχοτόμησης των Τ-κυττάρων. Με τον τρόπο αυτό παράγονται θυγατρικά κύτταρα, τα οποία επίσης ενεργοποιούνται από το αντιγόνο. Έτσι το αντιγόνο προκαλεί την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού Τ-κυττάρων, εξειδικευμένων γι' αυτό ιδιαίτερα στο αντιγόνο, τα οποία τελικά αναχαιτίζουν τον εισβολέα.

Πολλά πρωτεϊνικά μόρια, γνωστά ως αυξητικοί παράγοντες (growth factors) των κυττάρων, στα οποία ανήκει και η IL-2, βοηθάνε τώρα το αιμοποιητικό σύστημα. Διακόσια πενήντα δισεκατομμύρια ερυθρά αιμοσφαίρια αντικαθιστούν αυτά που φεύγουν. Πολύ μικρότεροι πληθυσμοί από τη στρατιά των υπερασπιστών της υγείας μας, τα *λευκά κύτταρα,* περιμένουν τ' ανοσοποιητικά σήματα από τυχόν εισβολείς, για να αναπαραχθούν ταχύτατα και να τους αναχαιτίσουν.

– Στην εποχή μου, είπε η Μαρίνα, είχαμε σχεδόν όλα τα εμβόλια που υπάρχουν και σήμερα, αλλά στην εποχή της γιαγιάς μου, που δεν υπήρχαν, έτρεμαν

τις αρρώστιες. Φαντάζομαι ότι ο εμβολιασμός έχει σχέση με το ανοσοποιητικό.

– Χωρίς αμφιβολία, από τότε η πρόοδος είναι εντυπωσιακή, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Ο εμβολιασμός

– Το ανοσοποιητικό σύστημα διαθέτει ένα είδος μνήμης. Έτσι, όταν ο οργανισμός προσβληθεί αργότερα από το ίδιο ξένο μόριο, θα συνθέσει τα ειδικά αντισώματα σε λίγο μόνο χρόνο. Σ' αυτό βασίζονται τα εμβόλια με τα οποία εισάγεται στον οργανισμό ένα αβλαβές παρασκεύασμα, όπως μια αδρανοποιημένη τοξική ουσία ή ένας αδρανοποιημένος ιός, οπότε προκαλείται η σύνθεση αντισωμάτων. Όταν το άτομο προσβληθεί, θ' αντιδράσει πολύ πιο γρήγορα και θα προστατευθεί πιο αποτελεσματικά.

Η αποτελεσματικότητα του εμβολιασμού έγκειται ακριβώς στη διέγερση του οργανισμού, ώστε να δημιουργεί τα κατάλληλα αντισώματα. Κλασικές και πρωτοποριακές σ' αυτό υπήρξαν οι εργασίες του Pasteur, που πρώτος εισήγαγε τον αντιλυσσικό εμβολιασμό. Θα πρέπει να σας πω ότι από το 1901 έχουν χορηγηθεί δώδεκα βραβεία Νόμπελ για έρευνες σχετικά με το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού. Αξίζει να ρωτήσουν τα σημερινά παιδιά τις γιαγιάδες και τις μανάδες τους, τι οφείλουν στους ανθρώπους αυτούς· τι σήμαινε μόλις πριν λίγα χρόνια *τύφος, δάγγειος, ευλογιά, διφθερίτιδα, πολιομυελίτιδα, οστρακιά, τέτανος* ή, και παλαιότερα, *χολέρα, πανώλη, λύσσα* και τόσες άλλες μάστιγες.

Το ανοσοποιητικό σύστημα περιλαμβάνει δύο γραμμές άμυνας: η πρώτη είναι η σύνθεση αντισωμάτων, μορίων δηλαδή που αντιδρούν με τα μόρια που αναγνωρίστηκαν ότι είναι ξένα προς τον οργανισμό, όπως τοξίνες ή πρωτεΐνες εντοπισμένες στην επιφάνεια του ιού ή των βακτηριδίων ή άλλων μικροβίων. Τα αντισώματα είναι πρωτεϊνικά μόρια ή γλυκοπρωτεΐνες (πρωτεΐνες μαζί με μόρια υδατανθράκων) που προσκολλούνται πολύ στενά πάνω στο ξένο μόριο. Έτσι ή το εξουδετερώνουν, σχηματίζοντας σύμπλεγμα με το ξένο μόριο, το αντιγόνο με το αντίσωμα ή καλούν σε βοήθεια έναν άλλο τύπο κυττάρων, τα *μακροφάγα,* που θα το καταβροχθίσουν και θα το εξαλείψουν· αυτά αποτελούν τη δεύτερη αμυντική γραμμή, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Παρά τις τεράστιες προσπάθειες που έχουν καταβληθεί για την τόσο ενδιαφέρουσα, πρακτικά και θεωρητικά, ικανότητα του οργανισμού για αυτοάμυνα, τώρα μόλις αρχίζει να γίνονται πιο κατανοητοί οι αναγνωριστικοί αυτοί μηχανισμοί. Ο *μοριακός χορός του πρωτεϊνικού μορίου,* με τις αναδιπλώσεις και τις τροποποιήσεις της δομής του στο χώρο μεταδίδει μηνύματα και πληροφορίες στη γειτονιά του. Όπως είναι φυσικό, έχουν προταθεί και εγκαταλειφθεί πολλές θεωρίες και απόψεις μέσα σ' αυτά τα εκατό χρόνια εντατικής έρευνας. Επικρατέστερη πριν λίγα χρόνια ήταν η θεωρία των *καλουπιών*. Οι ξένοι εισβολείς, δηλαδή τα μόρια των αντιγόνων τους, χρησιμοποιούνται σαν «καλούπια» που σύμφωνα μ' αυτά κατευθύνεται ο σχεδιασμός των αντισωμάτων από τον οργανισμό. Η

ίδια δηλαδή πρωτεΐνη με αναδιπλώσεις κατάλληλες προσαρμόζεται, ώστε να δημιουργούνται υποδοχείς που θα παγιδεύσουν το αντιγόνο και φτιάχνει έτσι το κατάλληλο καλούπι. Η θεωρία αυτή σήμερα τείνει να εγκαταλειφθεί.

– Το ερώτημα όμως περιμένει επιτακτικά μιαν απάντηση: πώς είναι δυνατόν ο κάθε άνθρωπος να διαθέτει εκατομμύρια αντισώματα, όλα διαφορετικά; Διαθέτει για το σκοπό αυτό τα κατάλληλα γονίδια που θα δώσουν την εντολή για τη σύνθεσή τους; Πώς είναι δυνατή τόση διαφοροποίηση; ρώτησε ο Ευκλείδης.

– Μια πιο σύγχρονη άποψη, είπε ο Ιπποκράτης, είναι αυτή που πρότεινε ο Edelman (Νόμπελ 1972), ο οποίος στο ερώτημα: διαθέτουν άραγε τα γονίδιά μας σαφή εγγραφή για τον τύπο των αντισωμάτων που απαιτούνται για κάθε περίπτωση εξουδετέρωσης των αντιγόνων, τα οποία προέρχονται από μυριάδες είδη ιών και βακτηριδίων και μας απειλούν; Η απάντηση είναι σαφώς *αρνητική*.

Ο ίδιος έδειξε ότι ο οργανισμός μας έχει την ικανότητα να δημιουργεί, «κατά παραγγελία», ανάλογα με την περίπτωση και ανεξάρτητα για ποιον ιό ή βακτηρίδιο ή άλλον εισβολέα πρόκειται, το κατάλληλο αντίσωμα και όχι όπως πίστευαν ότι το αντίσωμα είναι ένα ενιαίο μόριο.

Όπως δηλαδή προτείνει ο Edelman, ο οργανισμός έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται, υπολογίζοντας, κατά περίπτωση, αν και μερικές φορές σφάλλοντας, με θαυμαστή επιλεκτική δαρβίνεια λογική, όταν πρόκειται να δημιουργήσει το κατάλληλο αντίσωμα, ανάλογα με τους ανένδοτους εχθρούς που εισβάλλουν εκάστοτε στο σώμα μας.

– Η παραγωγή αντισωμάτων είναι διαδικασία δαρβινική και όχι λαμαρκική, παρατήρησε ο Κάρολος. Κινητοποιείται, δηλαδή, ένας μηχανισμός επιλεκτικός και καθόλου διδακτικός. Αντισώματα λοιπόν εναντίον αντιγόνων· πρωτεϊνικά μόρια εναντίον πρωτεϊνών!

– Αξίζει να σημειωθεί, είπε ο Ιπποκράτης, ότι τις ανοσοποιητικές αυτές ιδέες του ο Edelman τις έχει επεκτείνει τώρα και στη μελέτη της λειτουργίας του εγκεφάλου και της μνήμης στη θεωρία του «νευρωνικού δαρβινισμού». Μία θεωρία αποδεκτή σήμερα από πολλούς ειδικούς στα θέματα αυτά. Τα αξιώματα της θεωρίας του Δαρβίνου για την εξέλιξη με την *επιλογή και τις μεταλλάξεις* εφαρμόζονται και στο ανοσοποιητικό σύστημα.

## Ένα αντιγριπικό εμβόλιο ευρέως φάσματος

– Το πρόβλημα με τους ιούς, συνέχισε ο Ιπποκράτης, όπως για παράδειγμα της γρίπης, του κοινού «κρυολογήματος», είναι η ταχεία μετάλλαξή τους, οπότε και τα υπάρχοντα εμβόλια ανοσίας δεν είναι αποτελεσματικά. Από τις τελευταίες έρευνες προέκυψε η απομόνωση μιας πρωτεΐνης, της Μ2, η οποία βρίσκεται στην επιφάνεια όλων σχεδόν των ιών με την ίδια μορφή. Η παρασκευή ενός εμβολίου ευρέως φάσματος, ειδικού για την αδρανοποίηση της πρωτεΐνης Μ2, θα ήταν δυνατόν να ενεργοποιεί το ανοσοποιητικό σύστημα με αποτέλεσμα την προστασία από νέες μορφές ιών, για παράδειγμα της γρίπης των πουλερικών.

Αλλά και οι εργασίες του Tanagawa (βραβείο Νόμπελ) συνέβαλαν σημαντικά στην καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών του ανοσοποιητικού. Ο Tanagawa έχει τη γνώμη ότι η διαφοροποίηση προέρχεται από τη δυνατότητα *ανασυνδυασμών τμημάτων των μορίων του DNA,* γεγονός που δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας μιας πελώριας βιβλιοθήκης αντισωμάτων. Οι εργασίες του Tanagawa έδωσαν για πρώτη φορά μια εξήγηση για την παραγωγή αναρίθμητων αντισωμάτων από έναν σχετικά περιορισμένο αριθμό γονιδίων. Είναι πραγματικά έξω από τις δυνατότητες της ανθρώπινης φαντασίας ο τέλειος μηχανισμός κατασκευής μιας ποικιλίας αντισωμάτων, που έχουν την ικανότητα ν' αναγνωρίζουν το *σύνολο του εξωτερικού κόσμου*, να ανιχνεύουν δηλαδή καθετί το ξένο. Είναι ακόμα πιο καταπληκτικό το ότι διακρίνουν τα συστατικά του οργανισμού τους από τα ξένα, όταν μάλιστα οι διαφορές δεν είναι μεγάλες.

Τα περισσότερα κύτταρα του οργανισμού μας γεννιώνται, ωριμάζουν, γερνάνε και πεθαίνουν, αλλά και ανανεώνονται. Γεγονός που είναι ελάχιστα αισθητό στον άνθρωπο σε ορισμένα όργανα, όπως στην καρδιά, αλλά πολύ έντονο σε άλλα, όπως σ' ένα πολύ σημαντικό ποσοστό των κυττάρων του αίματος, τα οποία συμμετέχουν στη δομή του ανοσοβιολογικού συστήματος, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Πώς είναι όμως δυνατόν να παραχθούν εκατομμύρια διαφορετικά αντισώματα από έναν οργανισμό; Στο ερώτημα αυτό που επανέρχεται μοιραία, συνεχώς όπως συζητάμε, είπε ο Κάρολος, υπάρχει μια νεότερη προσέγγιση: στα κύτταρα που παράγουν αντισώματα, σε αντίθεση με όσα δεν παράγουν (δέρμα, γαμετοί κ.λπ.), υπάρχουν γονίδια κομματιασμένα σε περιοχές του γονιδίου οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλονται και βρίσκονται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τη σταθερή περιοχή του γονιδίου. Οι μεταβλητές περιοχές έχουν τη δυνατότητα μονοσημειακών μεταλλάξεων. Η τυχαία συναρμολόγηση κομματιών των μεταβλητών περιοχών, προσδίδει τη δυνατότητα μεγάλου αριθμού συνδυασμών, έναν αριθμό που κυμαίνεται από δέκα έως εκατό χιλιάδες. Ο αριθμός αυτός γίνεται πολύ μεγαλύτερος, αν ληφθούν υπόψη και οι δυνατότητες μεταλλάξεων και συνδυαστικής των κομματιών με το σταθερό τμήμα της αλυσίδας του γονιδίου. Στη διάρκεια της ανάπτυξης των οργανισμών, όταν γεννιέται σιγά-σιγά και το ανοσοβιολογικό σύστημα, παράγονται εκατομμύρια κύτταρα ικανά να κατασκευάσουν αντισώματα. Στα κύτταρα αυτά προκαλούνται ανασυνδυασμοί των γονιδίων στις περιοχές που έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλονται. Οι συνδυασμοί αυτοί είναι τυχαίοι και αντιστοιχούν σε γονίδια που παράγουν «κάποιο» αντίσωμα. Κάθε κύτταρο, δηλαδή, κατασκευάζει ένα και μοναδικό αντίσωμα. Έτσι ο οργανισμός διαθέτει μυριάδες κύτταρα, ειδικευμένα το καθένα στην παραγωγή ενός αντισώματος. Τα κύτταρα αυτά πολλαπλασιάζονται με περιορισμένους ρυθμούς. Αν όμως στον οργανισμό εισαχθεί μια «ξένη» πρωτεΐνη που προέρχεται, λόγου χάρη, από έναν ιό, τότε ορισμένα από τα κύτταρα που διαθέτουν αντισώματα ικανά να προσκολληθούν στην ξένη πρωτεΐνη αρχίζουν να αναπαράγονται εκλεκτικά με γοργούς ρυθμούς με αποτέλεσμα την αναχαίτιση

του εισβολέα. Ορισμένες φορές, μάλιστα, κατά τη διάρκεια της μάχης, με την πραγματοποίηση νέων τυχαίων ανασυνδυασμών, είναι δυνατόν να προκύψουν αντισώματα με μεγαλύτερη ακόμα ικανότητα για προσκόλληση στην ξένη πρωτεΐνη. Ο οργανισμός, δηλαδή, αντί να κατασκευάσει αντισώματα *επί παραγγελία* πάνω στα μέτρα του ξένου αντιγόνου, κατασκευάζει *a priori* εκατομμύρια αντισώματα *εν επιφυλακή*. Τα περισσότερα απ' αυτά δεν θα χρησιμοποιηθούν ποτέ, αντισταθμίζοντας έτσι τη δαπάνη των ελάχιστων απ' αυτά που κάποτε θα χρησιμοποιηθούν στην άμυνά του, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Τελικά, δηλαδή, ο οργανισμός φιλοξενεί μυριάδες λεμφοκύτταρα, τα οποία βρίσκονται σε εφεδρεία. Καθένα απ' αυτά είναι ικανό να συνθέτει ένα αντίσωμα που βρίσκεται στην επιφάνειά του. Όπως λέει ο Kourilsky: «*Οι φρουροί αυτοί που αγνοούν το μέλλον, όπως οι φύλακες των συνόρων στην "έρημο των Τατάρων" όπου ανέμεναν την εισβολή των βαρβάρων, η οποία όμως δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ, θα πεθάνουν έτσι χωρίς ν' αντικρίσουν ποτέ τον εχθρό*». Η εισβολή του ιού θα επισημανθεί από εκείνα τα κύτταρα που έχουν ένα συμπληρωματικό αντίσωμα, οπότε θα βγουν από την αδράνεια και θ' αρχίσουν να πολλαπλασιάζονται. Τα ικανά ν' αντιδράσουν κύτταρα είναι ήδη διαθέσιμα και περιμένουν να ενεργοποιηθούν από τη συνάντησή τους με το αντιγόνο.

Συνεχώς περισσότερες πειραματικές ενδείξεις συσσωρεύονται και στηρίζουν την άποψη ότι τα λεμφοκύτταρα, η στρατιά δηλαδή των κυττάρων η οποία δημιουργεί τα αντισώματα, διατηρεί ένα απόθεμα προσχεδιασμένων αντισωμάτων, από τα οποία για κάθε αντιγόνο επιλέγεται το ταίρι του. Πρόκειται για τη θεωρία της *κλωνικής επιλογής*. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή κάθε κύτταρο παράγει ένα και μόνο είδος αντισώματος. Αν, για παράδειγμα, σε κάποιο κύτταρο από τη σπλήνα όπου παράγονται τα λεμφοκύτταρα, προστεθούν αντιγόνα, μόνο εκείνα τα κύτταρα που διαθέτουν τους κατάλληλους για τα αντιγόνα αυτά υποδοχείς θα συγκολληθούν με το αντιγόνο. Αυτά τα κύτταρα θα συνεχίσουν ν' αναπαράγονται σε μεγάλα ποσά, ώστε ν' αντιμετωπίσουν τον εισβολέα. Η παρουσία δηλαδή του συμπληρωματικού κυττάρου, του αντιγόνου στην περίπτωση αυτή, συνιστά το έναυσμα για την αναπαραγωγή τους. Η θεωρία αυτή είναι πολύ κοντά στους οραματισμούς του P. Ehrlich (1900), του ερευνητή που έθεσε τα θεμέλια της χημειοθεραπευτικής και παρασκεύασε το πρώτο φάρμακο για τη σύφιλη, *το 606*.

Τα αντισώματα ανήκουν στην κατηγορία των γλυκοπρωτεϊνών· πρόκειται δηλαδή για μόρια που συνίστανται από πρωτεΐνη συνδυασμένη με υδατάνθρακες. Το μόριο των υδατανθράκων φαίνεται να διαδραματίζει σοβαρό ρόλο στο μηχανισμό αναγνώρισης αντιγόνου-αντισώματος. Συγχρόνως το μόριο του υδατάνθρακα βελτιώνει τη διαλυτότητα στο νερό του αντισώματος και το κατευθύνει προς τους κατάλληλους κυτταρικούς στόχους, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Ένα καινούριο κεφάλαιο ανοίγει τώρα για εξερεύνηση: *η μοριακή επιδημιολογία,* δηλαδή η μελέτη της ακολουθίας των πυρηνικών βάσεων των ιών, η οποία θα βοηθήσει και στην παραγωγή νέων εμβολίων. Το εμβόλιο του αύριο θα πρέπει να έχει διπλή δράση, δηλαδή να διεγείρει την παραγωγή αντισωμά-

των και, συγχρόνως, να ενεργοποιεί και τα αμυντικά κύτταρα. *Τα επόμενα χρόνια θα είναι καθοριστικά για την απαλλαγή της ανθρωπότητας απ' τις όσες μάστιγες ανθίστανται ακόμα*.

Πέρα όμως από τις ανοσοποιητικές δραστηριότητες, ο οργανισμός έχει κι άλλες δυνατότητες για την αναχαίτιση και την αδρανοποίηση των εισβολέων, όπως, για παράδειγμα, ορισμένες ορμόνες που παράγονται στο φλοιό των επινεφριδίων και τον υποβοηθούν στην άμυνά του κατά της μόλυνσης, για παράδειγμα με εντοιχισμό του εισβολέα και αδρανοποίησή του, όπως συμβαίνει με τους βάκιλλους της φυματίωσης μέσα στους πνεύμονες ανθρώπων που η αρρώστια δεν έχει εκδηλωθεί. Ορισμένες άλλες ορμόνες του φλοιού των επινεφριδίων, όπως η κορτιζόλη, μειώνουν την αντίδραση του σώματος έναντι των ξένων πρωτεϊνών, των οποίων η δράση είναι ανασταλτική στην παραγωγή αντισωμάτων. Έτσι εξασκούν αντιφλεγμονώδη δράση.

Πάντως, σήμερα, ευτυχώς, γνωρίζουμε ότι υπάρχει αλληλοσύνδεση ανάμεσα στο νευρικό, το ενδοκρινικό και το ανοσοποιητικό σύστημα, αφού ορισμένες ορμόνες δρουν και ως νευροδιαβιβαστές· ως ορμόνες δρουν μεσολαβητικά στο ανοσοποιητικό σύστημα, ενώ οι νευροδιαβιβαστές από την άλλη μεριά, συγχρόνως και οι ορμόνες, επηρεάζουν το ανοσοποιητικό. Αυτά είναι σημαντικά προβλήματα για διερεύνηση τα επόμενα χρόνια.

– Θα ήταν δυνατόν να μιλάμε ώρες ολόκληρες για το θαυμαστό αυτό σύστημα, θα πρέπει όμως κάπου να σταματήσουμε, παρενέβη ο Ιπποκράτης.

– Θα ήθελα, όμως, είπε ο Πλάτων, να μας εξηγήσει ο Κάρολος, ως πιο ειδικός, με δυο λόγια τι είναι τα μονοκλωνικά αντισώματα, που τελευταία τ' ακούω όλο και περισσότερο.

## Μια νέα επανάσταση στην ιατρική – Μονοκλωνικά αντισώματα

– Τα μονοκλωνικά* αντισώματα, άρχισε ο Κάρολος, αποτελούν μιαν ακόμα κατάκτηση της βιοτεχνολογίας, τόσο στον τομέα της διαγνωστικής, όσο και της θεραπευτικής και, κυρίως, στην ανοσοποίηση του ανθρώπου σε ασθένειες που μπορεί τώρα να καταπολεμηθούν με αποτελεσματικότητα άγνωστη πριν την ανακάλυψή τους. Είναι βέβαιο ότι τώρα ενισχύθηκε αποτελεσματικά ο αμυντικός μηχανισμός του ανθρώπινου σώματος. Πίσω από την ανακάλυψη αυτή βρίσκεται η στρατιά του ενός δισεκατομμυρίου περίπου λεμφοκυττάρων του ανθρώπινου οργανισμού που δημιουργεί τα αντισώματα. Τα λεμφοκύτταρα όμως παρουσιάζουν δύο μειονεκτήματα: πρώτον, παρά το μεγάλο αριθμό τους, κάθε πλασμοκύτταρο** –και οι απόγονοί του– έχει τη δυνατότητα σχηματισμού ενός και μόνου

* Το όνομα προέρχεται από το ελληνικό «μόνος», δηλαδή ένα μόνο αντίσωμα, που παράγεται από έναν ενιαίο πληθυσμό κυττάρων.

** Κύτταρα που παράγονται από τα λεμφοκύτταρα και είναι τα κέντρα παραγωγής των *ανοσοσφαιρινών* (immunoglobines), δηλαδή των πρωτεϊνών που έχουν δράση αντισώματος.

εξειδικευμένου αντισώματος· δεύτερον, τα λεμφοκύτταρα είναι πολύ ευαίσθητα, έξω δηλαδή από το σώμα, στο εργαστήριο (in vitro), δεν είναι δυνατόν να επιζήσουν παρά μόνο για λίγες γενιές. Γι' αυτό, για πολλές αρρώστιες που δημιουργούν περισσότερες από μια τοξίνες, όπως στην περίπτωση της διφθερίτιδας όπου χρειάζονται περίπου δώδεκα διαφορετικά αντισώματα για την αδρανοποίηση, υπάρχουν προβλήματα.

Με βάση τα προβλήματα αυτά, η σκέψη οδηγήθηκε στην εκμετάλλευση των καρκινικών κυττάρων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ανεξέλεγκτη αναπαραγωγή και τα οποία ακόμα και στο εργαστήριο πολλαπλασιάζονται, αντίθετα με τα λεμφοκύτταρα, επ' άπειρον. Η σύντηξη επομένως καρκινικών κυττάρων με λεμφοκύτταρα θα μπορούσε να οδηγήσει στη λύση του προβλήματος της παραγωγής αντισωμάτων. Η σύντηξη αυτή πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1975 από τους K ler και C. Milstein, που τιμήθηκαν για την ανακάλυψή τους αυτή με το βραβείο Νόμπελ. Η τεχνική αυτή διαδόθηκε αστραπιαία σ' όλο τον κόσμο. Τα κύτταρα που προέκυψαν από τη σύντηξη ονομάζονται *υβριδώματα* και παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα της γοργής και σταθερής αναπαραγωγής των καρκινικών κυττάρων, αλλά συγχρόνως και την ειδίκευση των λεμφοκυττάρων για παραγωγή αντισωμάτων. Έτσι το οπλοστάσιο του οργανισμού για ανοσοποίηση διευρύνεται αποτελεσματικά προς κάθε κατεύθυνση.

Επειδή όμως τα μονοκλωνικά αντισώματα συνδέονται μόνο με κύτταρα του κακοήθους όγκου, για τον οποίο έχουν ειδίκευση, αν έχουν επισημανθεί με ραδιενεργά ισότοπα πριν από την εισαγωγή τους στον οργανισμό, είναι δυνατόν να εντοπιστεί εύκολα η ύπαρξη άγνωστου καρκινώματος. Επίσης, μονοκλωνικά αντισώματα, που κατευθύνονται εναντίον αντιγόνων ορισμένων ειδικών όγκων, ενεργούν μαζί με άλλα συστατικά του ορού του αίματος και είναι δυνατόν να καταστρέψουν τα ίδια τα κύτταρα του καρκινώματος. Πρόκειται για μια νέα τεχνική, που ονομάζεται *κυπαρόλυση*. Τέλος, τα μονοκλωνικά αντισώματα μπορούν να συνδυαστούν και με κυτταροστατικά αντικαρκινικά φάρμακα. Λόγω της ειδίκευσής τους (αντιγόνου-αντισώματος) τα κυτταροστατικά φάρμακα, που από τη φύση τους είναι πολύ τοξικά, κατευθύνονται και προσκολλιούνται εκλεκτικά στα καρκινικά κύτταρα, όπου το κυτταροστατικό φάρμακο εξασκεί συγκεντρωτικά πιο αποτελεσματικά τη δράση του. Ήδη με τη μέθοδο αυτή έχει καταπολεμηθεί η λευχαιμία σε ποντικούς. Οι έρευνες στο νέο αυτόν επαναστατικό τομέα της ιατρικής συνεχίζονται εντατικά σε όλο τον κόσμο, κατέληξε ο Κάρολος.

– Πάντως, παρά τις δυνατότητες του ανοσοποιητικού και τη βοήθεια που προσφέρει, νομίζω ότι ο εμβολιασμός δεν επαρκεί μερικές φορές, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Σωστά, παρενέβη ο Ιπποκράτης, γι' αυτό ο άνθρωπος έφτιαξε τα φάρμακα. Νομίζω, όμως, ότι ο Κάρολος είναι πιο κατάλληλος από μένα, προκειμένου να μας εξηγήσει πώς δρουν τα φάρμακα, πώς βοηθάνε αποτελεσματικά τον άνθρωπο στον αγώνα του για επιβίωση.

– Ο άνθρωπος, «πολυμήχανος» και ακαταπόνητος στον αγώνα γι' αυτοσυντήρηση και βελτίωση των εξελικτικών του διαδικασιών, έχει εξαπολύσει έναν αδυσώπητο αγώνα εναντίον των εχθρών του, αποκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Τώρα που οι παλιές μάστιγες έχουν ξεχαστεί

### *Τα αντιβιοτικά και τα χημειοθεραπευτικά*

– Φωτισμένα μυαλά, όπως του Pasteur, του Koch, του Metchnikow, του Roux, του Grassi, του Ehrlich, του Domague, του Fleming και τόσων άλλων γνωστών και αγνώστων, βοήθησαν στην εξουδετέρωση και την ανακούφιση από τους κινδύνους των ασθενειών.

Στο οπλοστάσιο του ανθρώπου, εκτός του εμβολιασμού και της ανοσίας, προστέθηκαν τα τελευταία χρόνια ισχυρότατα όπλα, όπως οι *δρόγες,* δραστικές φαρμακευτικές ουσίες που παράγουν ορισμένα φυτά και απομονώνονται από αυτά με κατάλληλες φυσικοχημικές διαδικασίες· το *κινίνο* κατά της ελονοσίας, η *διγιτοξίνη* για την καρδιά, είναι τυπικά παραδείγματα μιας ατέλειωτης σειράς προϊόντων που απομονώνονται από τα φαρμακευτικά φυτά και, είτε ως έχουν, είτε χημικά τροποποιημένα, εξακολουθούν και σήμερα να προσφέρουν ανεκτίμητες υπηρεσίες στον άνθρωπο. Τα περισσότερα από τα σύγχρονα φαρμακευτικά σκευάσματα προέρχονται από το φυτικό βασίλειο.

Ένα τεράστιο όμως άλμα επιτεύχθηκε, όταν ο άνθρωπος, χάρη στις πρωτοποριακές εργασίες του Fleming, έθεσε στον αγώνα για την καταπολέμηση των ασθενειών *ουσίες που παράγονται από μικροργανισμούς, όπως μύκητες και βακτηρίδια,* και προφυλάσσουν, αναστέλλοντας την αύξηση ή καταστρέφοντας άλλους μικροοργανισμούς. Η *πενικιλίνη* και η *στρεπτομυκίνη,* η *νεομυκίνη,* είναι μερικές από τις ουσίες αυτές. Πρόκειται για τα τόσο γνωστά κι ευεργετικά *αντιβιοτικά*, που κυκλοφόρησαν στο τέλος του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου και άλλαξαν την εικόνα της παγκόσμιας υγείας, διασώζοντας και ανακουφίζοντας μυριάδες ανθρώπινες υπάρξεις.

Παράλληλα, όμως, από τις αρχές του αιώνα συνεχίζεται ο αγώνας του ανθρώπου κατά των ασθενειών και σ' έναν άλλο τομέα: την παραγωγή φαρμάκων, ενεργών δηλαδή ουσιών με καθαρά οργανική σύνθεση στο εργαστήριο. Πρόκειται για την παραγωγή των χημειοθεραπευτικών.

Τα περισσότερα φάρμακα διεγείρουν ή αναστέλλουν ορισμένες δραστηριότητες των κυττάρων. Άλλοτε υποκαθιστούν ουσίες που λείπουν, άλλοτε εξασθενίζουν ξένους εισβολείς. Στις περισσότερες περιπτώσεις η δράση ενός φαρμάκου είναι αποτέλεσμα αντιδράσεων με ένζυμα πάνω στις κυτταρικές μεμβράνες στα «μόρια-υποδοχείς».

Ιδανικό φάρμακο είναι εκείνο που έχει εκλεκτικά καταστρεπτική δράση εναντίον των βακτηριδίων ή των άλλων μολυσματικών αιτίων, χωρίς ωστόσο να εξασκεί τέτοια δράση πάνω στ' ανθρώπινα κύτταρα. Επειδή όμως, τόσο η σύσταση, όσο και οι βιοχημικές αντιδράσεις κάθε ζωντανού κυττάρου, επομένως και των

βακτηριδίων, προσομοιάζουν πολύ με αυτές των ανθρώπινων κυττάρων, πολλές ουσίες, οι οποίες δρουν καταστρεπτικά για τα βακτηρίδια, προκαλούν αλλοιώσεις και στους ανθρώπινους ιστούς. Έτσι, τα «ιδανικά φάρμακα» ανήκουν μάλλον στον κόσμο της χίμαιρας. Εκείνα που χρησιμοποιούνται στην κρίσιμη για τα βακτηρίδια ποσότητα έχουν απλώς ασήμαντη, σχετικά επιβλαβή δράση πάνω στους ανθρώπινους ιστούς, ενώ αντίθετα δρουν καταστρεπτικά για τα βακτηρίδια.

Ένα από τα πρώτα χημειοθεραπευτικά φάρμακα, προϊόν επίμονης και εξαιρετικά κοπιαστικής εργασίας, ήταν του P. Ehrlich, το *salvarsan* ή 606 (από τον αριθμό των μέχρι τότε ανεπιτυχών με 605 διάφορες οργανικές ουσίες δοκιμών), το πρώτο φάρμακο κατά της σύφιλης.

– Χαρά στην υπομονή του, είπε παρεμβαίνοντας ο Πλάτων.

– Μην ξεχνάς ότι ο P. Ehrlich, είναι εκείνος που είπε τα περίφημα τέσσερα G, δηλαδή Geduld, Geschick, Geld und Gluck, που σημαίνουν: υπομονή, επιδεξιότητα, χρήμα και τύχη. Ιδιότητες που πρέπει να διακρίνουν τον κάθε ερευνητή, συμπλήρωσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Τα σημαντικότερα χημειοθεραπευτικά, πριν από την ανακάλυψη των αντιβιοτικών, υπήρξαν αυτά που ανακαλύφθηκαν από τον Domague το 1935, οι *σουλφαμίδες*· και ο αγώνας συνεχίζεται σ' όλο τον κόσμο για νέα φάρμακα κατά του καρκίνου, του AIDS και των ψυχονευρωτικών παθήσεων.

Η δράση των χημειοθεραπευτικών βασίζεται στο γεγονός ότι, συνήθως, προσομοιάζουν, από πλευράς χημικού καλουπιού, με ιχνοουσίες απαραίτητες για την ομαλή εκδήλωση της ζωής του κυττάρου, όπως το *παρα-αμινοβενζοϊκό οξύ,* το οποίο χρησιμοποιούν τα βακτηρίδια για τη σύνθεση ενός πολύ σημαντικού συνενζύμου, που πρωταγωνιστεί στην αναπαραγωγή τους, του *φολικού οξέος.* Οι σουλφαμίδες, των οποίων η στερεοχημική δομή προσομοιάζει με του παρα-αμινοβενζοϊκού οξέος, έχουν αντίστοιχη με το οξύ αυτό δράση, χωρίς όμως να μπορούν να το υποκαταστήσουν και στη φυσιολογική του δράση, όπως στη σύνθεση του φολικού οξέος. Έτσι οι σουλφαμίδες παίρνουν τη θέση του, χωρίς όμως να το υποκαθιστούν, οπότε, όπως είναι φυσικό, όσο αναστέλλεται η σύνθεση φολικού οξέος από τον οργανισμό μαζί του μειώνεται ο αριθμός βακτηριδίων και με τον τρόπο αυτό καταπολεμάει ευκολότερα τον εισβολέα. Η δράση των σουλφαμιδών δεν είναι εξίσου καταστρεπτική για τ' ανθρώπινα κύτταρα· πρώτον, γιατί ο ανθρώπινος οργανισμός δεν συνθέτει φολικό οξύ αλλά το εισάγει με τα τρόφιμα και, δεύτερον, γιατί, ακόμα και αν ο μακρόβιος άνθρωπος στερηθεί για μερικά εικοσιτετράωρα το φολικό οξύ, δεν θα υπάρξουν σημαντικές συνέπειες, ενώ η έλλειψη αυτή είναι πολύ κρίσιμη για τα βραχύβια βακτηρίδια. Η θανατηφόρος δόση ενός φαρμάκου είναι συνάρτηση του βάρους του σώματος του οργανισμού που το χρησιμοποιεί, κατέληξε ο Κάρολος.

– Αλήθεια, ρώτησε ο Ιπποκράτης, άκουσα ότι έχει προχωρήσει πολύ η παρασκευή νέων φαρμάκων, προσχεδιασμένων από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τι ξέρεις γι' αυτά;

– Πράγματι, είπε ο Κάρολος. Με την αποκρυπτογράφηση της τρισδιάστατης δομής των ενζύμων και το σχεδιασμό του μορίου τους, με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών, προσδιορίζονται οι βιολογικά ενεργές θέσεις τους. Αν, για παράδειγμα, είναι επιθυμητή η αναστολή της ενζυματικής δραστηριότητας, θα είναι δυνατόν με τη βοήθεια της υπερμοριακής χημείας να προσχεδιαστούν μόρια-φάρμακα που θα ταιριάζουν με τις ενεργές θέσεις του ενζύμου, όπως το γάντι στο χέρι, κι έτσι θα αναστέλλεται η βιολογική τους δραστηριότητα. Έτσι ο σχεδιασμός των φαρμάκων στο άμεσο μέλλον από τύχη και τέχνη, έχει μεταβληθεί σε αυστηρά επιστημονικό σχεδιασμό. Το αποτέλεσμα είναι φάρμακα πιο δραστικά, πιο φτηνά, με λιγότερες παρενέργειες. Από τον τυχαίο αυτοσχεδιασμό του 20ου αιώνα προχωρήσαμε στον προγραμματισμένο σχεδιασμό του 21ου .

Κατευθύνοντας τη βιοσύνθεση των ριβοσωμάτων (των εργοστασίων σύνθεσης πρωτεϊνών των κυττάρων) προς συγκεκριμένες δραστηριότητες, για παράδειγμα τη σύνθεση καταλυτικά ενεργών πρωτεϊνών, δηλαδή ενζύμων, ανοίγει ο δρόμος για τη σύνθεση σημαντικών φαρμάκων, όπως για παράδειγμα της *αρτεμισινίνης*, του πιο σημαντικού φαρμάκου κατά της ελονοσίας, του οποίου οι ανάγκες για ορισμένες χώρες είναι τεράστιες. Το φάρμακο σήμερα παράγεται μόνο με επεξεργασία του αντίστοιχου φυτού σε ανεπαρκείς σχετικά ποσότητες και υψηλή τιμή.

Εξάλλου πολλά νέα φάρμακα (τα βιοφάρμακα) που απομονώνονται από μικροοργανισμούς έχουν πολύπλοκες μοριακές δομές, τα οποία με ενζυματικές αντιδράσεις μπορεί να μετασχηματισθούν σε νέες ενδιαφέρουσες μορφές. Ο αμφίπλευρος αγώνας για να πολεμηθούν οι ασθένειες που οφείλονται σε μεταλλαγμένα μικρόβια, ανθεκτικά στα γνωστά αντιβιοτικά, συνεχίζεται.

Το πρώτο φάρμακο, πάνω στη νέα αυτή φιλοσοφία του προσχεδιασμού, είναι ίσως το captopril, το οποίο παρεμποδίζει τη δραστηριότητα του ενζύμου που μετατρέπει τη ρενίνη σε αγγειοτενσίνη, η οποία ρυθμίζει την αρτηριακή πίεση. Έτσι η ανθρωπότητα μέσα σ' έναν αιώνα, τον 20ου αιώνα, απαλλάχτηκε από το άγχος, την αγωνία, τις φοβίες και τις ταλαιπωρίες των μολυσματικών ασθενειών, που βασάνισαν και απείλησαν γενιές και γενιές ανθρώπων. Πόσοι, όμως, σήμερα αναγνωρίζουν και ευγνωμονούν τη στρατιά των ερευνητών που πρόσφεραν αυτά τ' ανεκτίμητα δώρα; διερωτήθηκε ο Κάρολος.

– Δυστυχώς ποτέ δεν λογαριάζουμε ό,τι έχουμε, γιατί το θεωρούμε αυτονόητο ότι το κατέχουμε, και μόνο όταν δεν διαθέτουμε κάτι ή το χάσουμε, τότε αρχίζουμε να το υπολογίζουμε, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Αλλά τα φάρμακα, είπε η Μαρίνα, δεν είναι πάντα ευεργετικά. Θυμάμαι τη δυστυχία που δημιούργησε ένα φάρμακο, η θαλιδομίδη, με τις τερατογενέσεις. Μια φίλη μου έζησε την τραγωδία αυτή.

– Αυτές οι περιπτώσεις, παρενέβη ο Ιπποκράτης, ευτυχώς είναι ελάχιστες, αν αναλογιστεί κάποιος την ευεργεσία που προσφέρουν τα φάρμακα καθημερινά. Η περίπτωση αυτή είναι περίεργη. Αλήθεια, θυμάσαι τη στερεοχημική περίπτωση της θαλιδομίδης; ρώτησε τον Κάρολο.

– Και βέβαια, αποκρίθηκε, ο Κάρολος. Στη μνήμη των παλαιότερων μένουν σίγουρα οι καταστροφικές συνέπειες από τη χρήση της θαλιδομίδης, ενός υπνωτικού και καταπραϋντικού φαρμάκου, που είχε χρησιμοποιηθεί γύρω στο 1960. Δυστυχώς, η χρήση του κατά την εγκυμοσύνη ήταν δυνατόν να δημιουργήσει ανωμαλίες στην ανάπτυξη του εμβρύου και δυσμορφίες στα μέλη του σώματος, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Τερατογέννηση – Η επώδυνη σημασία της στερεοδομής και η θαλιδομίδη

– Πολλά δυστυχισμένα παιδιά ζουν και σήμερα παραμορφωμένα και στο περιθώριο της κοινωνικής ζωής, θύματα της άγνοιάς μας για τις παρενέργειες των φαρμάκων. Όπως αποδείχτηκε τριάντα σχεδόν χρόνια μετά την εμφάνιση της θαλιδομίδης, αν χρησιμοποιείτο η μία από τις δύο «εναντιόμορφες» μορφές της, δεν θα είχαν υπάρξει τόσα δραματικά προβλήματα. Η θαλιδομίδη, δηλαδή, που παραγόταν τότε ήταν μείγμα σε ίσες ποσότητες δύο στερεοχημικών μορφών, που είχαν σχέση η μία προς την άλλη κατοπτρικού ειδώλου προς το αντικείμενο. Όποια δηλαδή σχέση έχει το δεξί με το αριστερό χέρι. Βρέθηκε λοιπόν ότι μόνο η μία από τις δύο μορφές της θαλιδομίδης, η «δεξιόμορφη», παρουσιάζει τις δραματικές παρενέργειες, ενώ η «αριστερόμορφη» έχει μόνο κατευναστικές ιδιότητες.

Η ιστορία της θαλιδομίδης είναι ίσως η πιο επώδυνη υπόμνηση της σημασίας της στερεοχημείας, δηλαδή της κατανομής στον τρισδιάστατο χώρο των ομάδων ενός μορίου, της σημασίας της εναντιομορφίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ στο εργαστήριο, αν ο χημικός δεν πάρει ειδικά μέτρα, δημιουργείται μείγμα από τις δύο δυνατές στερεοδομές, η φύση συνθέτει πάντοτε τη μία από τις δύο, τόνισε ο Κάρολος.

– Αλλά «ουδέν καλόν αμιγές κακού», παρενέβη ο Πλάτων. Πέρα δηλαδή από τις αγαθές επιπτώσεις, τις οποίες έχει η χρήση φαρμάκων, που με τόσο ενδιαφέρον άκουσα, συνυπάρχουν, όπως σε κάθε περίπτωση, και οι δυσμενείς επιπτώσεις· όπως, για παράδειγμα, *η αναιρορή της ισορροπίας γεννήσεων–θανάτων επέφερε αύξηση του πληθυσμού της Γης* και δημιούργησε σωρό από νέα προβλήματα και κυρίως προβλήματα υγείας και διατροφής, τα οποία καλείται να επιλύσει η ανθρωπότητα αμέσως. Τα προβλήματα, πέρα από την ποσοτική τους πλευρά, έχουν και ποιοτικές επιπτώσεις. Η διάσωση και η επιβίωση ελαττωματικών παιδιών, που χωρίς αυτές τις επιστημονικές προόδους θα είχαν πεθάνει, αναιρεί τις φυσιολογικές εξελικτικές διαδικασίες της επιλογής. Η απόκτηση απογόνων από τα παιδιά αυτά θα δημιουργήσει προβλήματα στο μέλλον.

– Η βιοτεχνολογία, ευτυχώς, δημιουργεί προϋποθέσεις για την αντιμετώπισή τους, παρατήρησε ο Κάρολος, τόσο με τη δυνατότητα ελέγχου του υπερπληθυσμού και της κληρονομικότητας, όσο και με την παραγωγή θαυματουργών φαρμάκων, που ήταν αδύνατον να διανοηθούμε. Κι επειδή για την αντισύλληψη,

που δίνει όπλα για τον έλεγχο της γεννητικότητας έχουμε μιλήσει, ας δούμε το δεύτερο.

– Θα είναι πολύ ενδιαφέρον, είπε ο Πλάτων.

– Για τη βιοτεχνολογία έχουμε κιόλας μιλήσει, αλλά ας το διευρύνουμε, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Βιοτεχνολογία – Η γενετική μηχανική

– Καταρχήν η *βιοτεχνολογία* είτε διαγνωστική, είτε θεραπευτική πρόσφερε μια κολοσσιαία υπηρεσία στο ανθρώπινο γένος, εκεί όπου το ανοσοποιητικό, ο εμβολιασμός, τα φάρμακα στέκονται αδύναμα, όπως, για παράδειγμα, στην κακή λειτουργία του ορμονικού ή του νευρικού συστήματος, στις κληρονομικές μειονεκτικότητες. Η βιοτεχνολογία τώρα δημιουργεί προσβάσεις εκεί όπου ήταν δύσκολο να πετύχουμε, όπως στη σύνθεση των πολύπλοκων πρωτεϊνικών μορίων «πολυτελείας», τα οποία έχουν ενεργό βιολογική δράση, είτε πρόκειται για ορμόνες-πρωτεΐνες, είτε για νευροπεπτίδια, είτε για ένζυμα.

Η απλούστερη μονάδα ζωής είναι το κύτταρο. Όπως είχαμε την ευκαιρία να πούμε πολλές φορές μέχρι τώρα: *ένα είναι το "όνειρο" του κάθε κυττάρου, να γίνει δύο κύτταρα, δηλαδή ν' αναπαραχθεί*. Πάνω σ' αυτό τον αγώνα, τον εξελικτικό για τη διαιώνιση της ζωής, το κύτταρο προσπαθεί να γίνει όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικό. Ένα βακτηρίδιο αναπαράγεται με διχοτόμηση του κυττάρου του κάθε είκοσι περίπου λεπτά. Με το ρυθμό αυτό, αν έβρισκε τροφή και δεν υπήρχαν ανασταλτικοί παράγοντες, σε μερικά εικοσιτετράωρα θα είχε αποκτήσει μυριάδες απογόνους. Αυτήν την ταχύτητα αναπαραγωγής, που δεν έχει το όμοιό της στους ανώτερους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, προσπαθεί να εκμεταλλευθεί ο άνθρωπος για δικό του λογαριασμό. *Το κύτταρο είναι ένα αφάνταστα περίπλοκο χημικό εργοστάσιο που εργάζεται με εξαιρετική τελειότητα, αφού συνεχώς βελτιώνει την αποτελεσματικότητά του επί σχεδόν δύο δισεκατομμύρια χρόνια. Οποιοδήποτε τεχνολογικό κατασκεύασμα του ανθρώπου ωχριά μπροστά στις ικανότητες του ζωντανού κυττάρου.*

Η «βιοχημεία» ασχολείται με τη χημεία των ζωντανών κυττάρων και εξελίχτηκε τα τελευταία χρόνια στην επιστήμη που εξετάζει τις βιολογικές λειτουργίες σ' επίπεδο χημικών μορίων (δηλ. τη μοριακή βιολογία). Το μικροσκοπικό κύτταρο συνίσταται από περισσότερα από ένα εκατομμύριο μόρια. Τα περισσότερα και πιο σημαντικά είναι μόρια πρωτεϊνικά, δομικά, αλλά και ειδικευμένα να μετατρέπουν τα συστατικά των τροφίμων που διεισδύουν στο κύτταρο σε χρήσιμα γι' αυτό συστατικά και ενέργεια. Πρόκειται για τα ένζυμα, για τα οποία είχαμε την ευκαιρία να μιλήσουμε πολλές φορές, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Μία από τις κυριότερες λειτουργίες του κυττάρου, όπως είπαμε, είναι να συνθέτει από απλά μόρια, που του παρέχουν τα τρόφιμα, τα πολύπλοκα και μεγάλα μόρια των πρωτεϊνών. Τις εντολές για το πώς θα πραγματοποιηθεί η σύνθεση τις δίνουν, όπως είπαμε, τα μακριά σαν κλωστές μόρια του DNA, που βρίσκονται

στον πυρήνα του κυττάρου και συνιστούν τη *νομοθετική του εξουσία*. Δηλαδή αυτό που είναι γνωστό ως κληρονομικό υλικό του οργανισμού, αφού, σύμφωνα με τις εντολές του που κληρονομήθηκαν από τους γονείς, θα πραγματοποιηθεί η ζωή, η αναπαραγωγή και ο θάνατος του κυττάρου (κατ' επέκταση και του πολυκύτταρου οργανισμού). Τμήματα του μεγάλου μορίου του DNA, γνωστά ως *γονίδια,* είναι επιφορτισμένα με τις οδηγίες για τη σύνθεση ορισμένων πρωτεϊνών. Με τις προόδους της μοριακής βιολογίας, σήμερα είναι εφικτό μέρη του μορίου του DNA, που ανήκουν σ' έναν οργανισμό, να μεταφυτευθούν σ' έναν άλλον. Φυσικά, τότε ο λήπτης μικροοργανισμός με το τροποποιημένο DNA αποκτά και την ικανότητα να δίνει εντολές για τη σύνθεση μιας πρωτεΐνης του δότη, ικανότητα που δεν είχε πριν.

Η γενετική ή βιομοριακή μηχανική (genetic ή biomolecular engineering) χρησιμοποιεί ένζυμα με εξειδικευμένη δράση, που ονομάζονται *περιοριστικές ενδονουκλεάσες*. Τα περιοριστικά αυτά ένζυμα έχουν την ιδιαιτερότητα να κόβουν το μόριο του DNA σε τελείως καθορισμένες θέσεις της αλληλουχίας του μορίου. Έτσι, με την επίδραση αυτών των «μοριακών νυστεριών», το μόριο του DNA κόβεται κατά βούληση, σχεδόν, σε μικρότερα κομμάτια, των οποίων το μήκος εξαρτάται από το είδος του περιοριστικού ενζύμου και της αλληλουχίας των βάσεων μέσα στο μόριο του DNA. Τα κλάσματα αυτά του μορίου, δηλαδή τα γονίδια, είναι δυνατόν τώρα να μεταφυτευτούν στο DNA ενός ξενιστή, για παράδειγμα ενός κολοβακτηριδίου (όπως το esherichia coli). Το γενετικά κλωνοποιημένο τώρα βακτηρίδιο, με το νέο τμήμα DNA, διαθέτει φυσικά την εντολή παραγωγής του πεπτιδίου ή της πρωτεΐνης, που ορίζεται από τις αλληλουχίες των βάσεων του κλάσματος του DNA που μεταφυτεύθηκε. Αν λόγου χάρη τμήμα του DNA, που προέρχεται από παγκρεατικά κύτταρα και δίνει τις οδηγίες στο κύτταρο για τη σύνθεση μιας πρωτεΐνης-ορμόνης, για παράδειγμα της ινσουλίνης, ενσωματωθεί στο DNA ορισμένων βολικών για τον άνθρωπο βακτηριδίων, αυτά τότε αποκτούν την πρόσθετη ικανότητα να συνθέτουν ανθρώπινη ινσουλίνη. Αν μάλιστα ληφθεί υπόψη η ταχύτητα με την οποία πολλαπλασιάζονται τα βακτηρίδια, εφόσον τους παρέχεται το κατάλληλο θρεπτικό υλικό, τότε με τον κατάλληλο τεχνικό εξοπλισμό για τη βιομηχανοποίηση της αναπαραγωγής του βακτηριδίου (εδώ εισέρχεται ο τομέας της τεχνολογίας, της επιστήμης του μηχανικού και των μεθόδων παραγωγής που δικαιολογούν τον όρο *βιοτεχνολογία*), είναι δυνατόν να παραχθεί ινσουλίνη. Αντίστοιχη είναι η σύνθεση της *ιντερφερόνης,* μιας πρωτεΐνης που παρέχει ελπιδοφόρες προοπτικές για τη θεραπεία ορισμένων μορφών καρκίνου ή τη δημιουργία αντισωμάτων κατά της ηπατίτιδας, αλλά και του κοινού κρυολογήματος· ακόμα η σύνθεση της *σωματοτροπίνης,* ορμόνης της υπόφυσης που ρυθμίζει την ανάπτυξη του σώματος και έτσι δεν θα υπάρξουν πια νάνοι, αλλά και τόσων ακόμα πεπτιδίων και πρωτεϊνών με σημαντική βιολογική δράση.

Δεν έχουν περάσει πολλά χρόνια από τότε που η θεραπεία του νανισμού με

την ανθρώπινη αυξητική ορμόνη ήταν μια μακάβρια διαδικασία. Έπρεπε ν' απομονωθεί από υποφύσεις πτωμάτων ανθρώπων που μόλις είχαν πεθάνει και χρησιμοποιούταν για τη θεραπεία ελάχιστων μόνο προνομιούχων παιδιών από αυτά που την είχαν ανάγκη (μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχουν δέκα χιλιάδες παιδιά-νάνοι).

Τώρα, με τη βιοτεχνολογική επανάσταση η ορμόνη είναι στη διάθεση του καθενός και φαίνεται ότι η δράση της είναι ευρύτερη. Αποτρέπει δηλαδή ορισμένα επακόλουθα των γηρατειών. Όλοι οι άνδρες μετά τα πενήντα πέντε χρόνια παρουσιάζουν μειωμένο ποσοστό αυξητικής ορμόνης στο αίμα τους. Έξι μηνών θεραπεία με ενέσεις αυξητικής ορμόνης *δυναμώνει τους μυς και μειώνει το λίπος,* γεγονός που συντελεί στη δυνατότητα για την αυτοεξυπηρέτηση των ηλικιωμένων, παραδείγματος χάριν να μαγειρεύουν μόνοι τους και να μην χρειάζονται βοήθεια για τις στοιχειώδεις ανάγκες τους. Συγχρόνως, αν και το βάρος δεν παρουσιάζει σαφή μείωση, γίνεται εμφανής η βελτίωση της σφριγηλότητάς τους. Μελετάται ακόμα η δράση της ορμόνης για τη βελτίωση της γονιμότητας, τη θεραπεία της οστεοπόρωσης και την ταχύτερη επούλωση των τραυμάτων. Χωρίς αμφιβολία, οι εμπειρίες μας προς το παρόν είναι λίγες, αλλά ο συστηματικός πειραματισμός τα επόμενα χρόνια θα δείξει τη σημασία της τόσο σημαντικής αυτής ορμόνης.

Μην ξεχνάμε ότι μερικές από τις πιο στρατηγικές ουσίες της ζωής, όπως οι ορμόνες, τα ένζυμα, τα νευροπεπτίδια, είναι πρωτεΐνες, ουσίες που με τις σημερινές δυνατότητες δεν ήταν δυνατόν να συνθέσουμε στο εργαστήριο. *Αλλά τώρα και με τις μεθόδους της γενετικής μηχανικής και με τη βοήθεια μικροοργανισμών, η παραγωγή τους γίνεται εφικτή.*

– Ένα ακόμα βήμα, συνέχισε ο Κάρολος, θα είναι η σύνθεση του ενεργού παράγοντα του αίματος VIII. Πρόκειται για μια πρωτεΐνη που παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στις διαδικασίες της πήξης του αίματος. Στους αιμορροφιλικούς –κλασική περίπτωση η ιστορία του Τσάρεβιτς και του Ρασπούτιν στη Ρωσία– ο παράγοντας VIII, που έτσι κι αλλιώς βρίσκεται σε ίχνη στο αίμα, δεν λειτουργεί κι έτσι η παραμικρή αμυχή οδηγεί σε ακατάσχετη αιμορραγία. Η σύνθεσή του με τις επεμβατικές μεθόδους θα λυτρώσει τους ανθρώπους αυτούς από τα δεινά τους. Το επίτευγμα αυτό, το δυσκολότερο εγχείρημα της γενετικής μηχανικής – γιατί ο παράγοντας VIII είναι ένα μεγάλο και πολύπλοκο πρωτεϊνικό μόριο – έχει κιόλας πραγματοποιηθεί.

Είναι φανερό ότι οι δυνατότητες που διανοίγονται στον άνθρωπο από τη συνδυαστική του DNA είναι απεριόριστες και πραγματικά δίνουν νέες διαστάσεις για τη διαγνωστική, τη θεραπευτική και τη γενετική. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο τομέας της υγείας θα ωφεληθεί πρώτος από τους καρπούς της βιοτεχνολογίας. Είναι η πρώτη φορά που δημιουργούνται ελπίδες για τις γενετικές, τις κληρονομικές ή τις διανοητικές ασθένειες. Για παράδειγμα, με την εξέταση του DNA του εμβρύου η μητέρα θα γνωρίζει αν υφίσταται γενετική ανωμαλία στο παιδί της.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η επίδραση της βιοτεχνολογίας στη ζωή των ανθρώπων θα γίνεται μεγαλύτερη τα χρόνια που έρχονται. Κάθε μέρα προστίθενται νέες δυνατότητες, όπως η μεταφορά γενετικού υλικού από ζώα σε φυτά. Η ανακάλυψη αυτή έκανε δυνατή την παραγωγή ανθρώπινων αντισωμάτων από γενετικά τροποποιημένα φυτά, και δεν γνωρίζουμε ακόμα τ' αποτελέσματα από την επέμβαση στη φυσιολογία του φυτού και στη γεωργική παραγωγή, κατέληξε ο Κάρολος.

– Δηλαδή, ρώτησε ο Πλάτων, χωρίς να κρύβει την έκπληξή του, ζωικά κύτταρα μεταφυτεύονται σε φυτά;

– Όχι ακριβώς κύτταρα, γονίδια, δηλαδή κομμάτια του ζωικού DNA. Έτσι τα φυτά με τις μεθόδους της γενετικής μηχανικής, εξήγησε ο Κάρολος, αποκτούν την ικανότητα για τη σύνθεση αντισωμάτων. Αυτή η σημαντική ανακάλυψη δεν έχει μόνο σημασία για την παραγωγή εμβολίων σε μεγάλη κλίμακα, αλλά, σε συνδυασμό με τα μονοκλωνικά αντισώματα, και για τη θεραπεία και τη διάγνωση ασθενειών.

– *Πρόκειται, δηλαδή, για μιαν ακόμα επανάσταση,* παρατήρησε ο Ευκλείδης, *που πείθει για τη στενή συγγένεια ανάμεσα στα φυτικά και ζωικά κύτταρα· το ενιαίο της ζωής, που μας τόνισες πολλές φορές, αλλά εμείς, οι ανειδίκευτοι, δυσκολευόμασταν να συλλάβουμε.*

– Έτσι είναι, μουρμούρισε ο Κάρολος.

– Καλά, όλη αυτή η προσπάθεια του ανθρώπου να παραχαράξει τη φύση δεν εγκυμονεί κινδύνους; ρώτησε ο Πλάτων. Όλ' αυτά δεν υπάρχει φόβος να μας οδηγήσουν σε δημιουργία τεράτων, Φρανγκεστάιν, φοβερών μικροβίων, πολύ περισσότερο τώρα, που, όπως διάβασα, το κύτταρο-δότης και το κύτταρο-δέκτης των γονιδίων είναι δυνατόν ν' ανήκουν σε τελείως διαφορετικά είδη; (Από βακτηρίδιο σε κουνέλι ή από φυτό σε ποντίκι κ.λπ.). Φυσικά, δεν εξαιρούνται οι γαμετοί, τα κύτταρα αναπαραγωγής, δηλαδή το σπερματοζωάριο και το ωάριο, όπου πολλοί, εκτός των τειχών κυρίως, ανησυχούν σοβαρά για λόγους ηθικούς, θρησκευτικούς, πολιτικούς, για το πού μπορεί να φτάσουν οι ανθρώπινες επεμβάσεις στη φυσική εξέλιξη.

– Βρίσκω δικαιολογημένες τις ανησυχίες σου, αλλά για όσους γνωρίζουν τις λεπτομέρειες, τις δυσχέρειες και τους ελέγχους, που υφίστανται οι έρευνες στον τομέα αυτό, θα έλεγα είναι πρακτικά μηδαμινές. Ευτυχώς δεν είναι στο χέρι του «ενός επιστήμονα» τέτοιου είδους εγχειρήματα. Από την άλλη μεριά, τα οφέλη (στην ιατρική, τη γεωργία, τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής) είναι ήδη αισθητά και οι ελπίδες ενός καλύτερου μέλλοντος για μιαν ανθρωπότητα που αυξάνεται και πληθύνεται ασύδοτα και έχει κάθε μέρα μεγαλύτερες ανάγκες καθίστανται πραγματικότητα. *Μπροστά σ' έναν υποθετικό φόβο, αστήρικτο, ποιος εγκαταλείπει τα βέβαια οφέλη;* Για παράδειγμα είναι βέβαιο ότι κάθε χρόνο γεννιούνται εκατομμύρια ανώμαλα, αυτιστικά παιδιά, τραγικές περιπτώσεις για τα ίδια και τους γονείς τους. Ποια είναι επομένως η πρόταση αυτών που καπηλεύο-

νται τους φόβους ενός κοινού που δεν είναι ενημερωμένο, με σκοπό να δημιουργήσουν θόρυβο και αυτοπροβολή; Ποιο αγαθό άλλωστε στον κόσμο που ζούμε αποκτάται δωρεάν, δεν έχει συνέπειες, δεν πληρώνεται; Ποια ανακάλυψη δεν ενέχει και κινδύνους, δεν συνυπάρχει με κάποια παρενέργεια; Αρκεί το ωφέλιμο ισοζύγιο να είναι θετικό· κι αυτό προϋποθέτει ανθρώπους ευφυείς, με κοινωνική συνείδηση και υπευθυνότητα. Ευτυχώς στο σινάφι μας αυτοί υπάρχουν.

– Μια και είχατε την καλοσύνη να μας κατατοπίσετε τόσο καλά σ' αυτήν την πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή, σχετικά με τους εισβολείς και την αντιμετώπισή τους, θα ήταν ενδιαφέρον να ακούσουμε και για τις δύσβατες περιοχές που είναι οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες, οι αρρώστιες της καρδιάς και η επάρατη νόσος, οι καρκίνοι, όπου παρά τις προόδους, εξακολουθούν να μας προκαλούν δέος! είπε η Μάρθα.

– Θα ήταν πολύ ενδιαφέρον, είπε ο Πλάτων.

– Τότε νομίζω είναι σκόπιμο, είπε ο Ιπποκράτης, να προηγηθεί η συζήτηση για μια αδυσώπητη, ανίατη προς το παρόν ασθένεια, που υποκείμεθα όλοι: τα γηρατειά. Ο Κάρολος νομίζω ότι είναι ο πιο αρμόδιος να μας πει τη γνώμη του.

## Στον πόλεμο κατά της γήρανσης – Οξυγόνο: ζωοδότης και δηλητήριο

### *Οι ελεύθερες ρίζες*

– Μελέτες των συστατικών των σκουληκιών, είπε ο Κάρολος, αποκάλυψαν εκατοντάδες από πρωτεΐνες, οι οποίες με μετάλλαξη παρατείνουν το νήμα της ζωής. Έχει άραγε αυτό κάποια σχέση με τη γήρανση των θηλαστικών;

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε πριν μερικά χρόνια για μια πρωτεΐνη που απομονώθηκε από ένα σκουλήκι, της οποίας η δραστηριότητα εάν μειωθεί διπλασιάζει το χρόνο ζωής. Η πρωτεΐνη αυτή είναι δομικά ανάλογη με τις ανθρώπινες πρωτεΐνες-υποδοχείς που ανταποκρίνονται στην ινσουλίνη ή στους ανάλογους της ινσουλίνης αυξητικούς παράγοντες (Insulin Growth Factors–IGF).

## Αδάπανη μακροζωία στους ποντικούς

– Από τελευταίες εργασίες φαίνεται, συνέχισε ο Κάρολος, ότι η μείωση του υποδοχέα της ινσουλίνης, επιμηκύνει τη ζωή των ποντικών. Αυτή η σημαντική ανακάλυψη δείχνει ότι τόσο διαφορετικά είδη οργανισμών (σκουλήκια-θηλαστικά-ποντίκια) γερνάνε με τους ίδιους μηχανισμούς. Φαίνεται ότι διανοίγεται κάποια χαραμάδα για την κατανόηση και της ανθρώπινης γήρανσης και επειδή η γήρανση είναι πρώτου ενδιαφέροντος, η έκφραση των γονιδίων των σκουληκιών μας επιτρέπει να ρίξουμε μια ματιά στην πολύπλοκη βιοχημεία του νήματος της ζωής.

Εξάλλου προχωρεί η μελέτη διαφόρων γονιδίων που συνδέονται με τη γήρανση και τη μακροζωία. Ένα γονίδιο που ενεργοποιεί το συντελεστή μεταγραφής (DAF-16) –μια πρωτεΐνη που τροποποιεί τη δραστηριότητα άλλων γονιδί-

ων– είναι ένας ισχυρός τροποποιητής της μακροζωίας του σκουληκιού. Ισχύει αυτό και για τους ανθρώπους; Τα επόμενα χρόνια θα γνωρίζουμε καλύτερα.

Αλλά και για μικρότερα βάσανα όπως είναι η φαλάκρα και η γνώση γονιδίου της φωσφολίπασης και οι οδοντοστοιχίες, οι μασέλες, σε λίγο θα αποτελούν παρελθόν, εφ' όσον δεν είναι απίθανη η ανανέωση των δοντιών, κάτι που γίνεται φυσιολογικά στα παιδιά γύρω στα 5-7 χρόνια, αλλά και της τριχοφυίας.

*Σημαντικό ρόλο πάντως για το φαινόμενο της γήρανσης διαδραματίζουν οι οξειδωτικές διαδικασίες στα κύπαρά μας. Δυστυχώς το οξυγόνο, αυτός ο κυριολεκτικά αχώριστος σύντροφός μας για την εκδήλωση της ζωής, είναι συγχρόνως και δυνάσης μας επιταχύνοντας τη διαδικασία γήρανσης – κάτι ανάλογο με το σκούριασμα του σιδήρου.*

Η καλή διατροφή, για την οποία θα μιλήσουμε εκτενώς και η προσθήκη στο διαιτολόγιό μας ουσιών με αντιοξειδωτικές ιδιότητες που υπάρχουν σε πολλά τρόφιμα και φυτά, η παρουσία αντιοξειδωτικών ενζύμων, όπως για παράδειγμα η *καταλάση,* που καταστρέφει το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το οποίο προξενεί οξειδωτικές βλάβες στα κύτταρα, παρατείνουν τη ζωή. *Η καλή και επιστημονική ενημέρωση για τη διατροφή και τον τρόπο διαβίωσης είναι σημαντική για την υγεία και τη μακροζωία.*

Μπορούμε να κόψουμε το πολύ φαΐ, το ποτό, το τσιγάρο, να πάψουμε να ασκούμεθα. Δεν μπορούμε όμως να μην αναπνέουμε. Λίγες στιγμές χωρίς οξυγόνο, όπως όλοι ξέρουμε, είναι αρκετές να μας στείλουν στον άλλο κόσμο. Είναι το μόριο που μεταφερόμενο με το αίμα καίει (οξειδώνει) τα σάκχαρα και τα λίπη της διατροφής μας και προσδίδει ενέργεια κάθε μορφής, στην οποία οφείλεται η συνειδητή ή ασυνείδητη κίνηση από την ανάσα για να το εισπνεύσουμε μέχρι τη σκέψη και την άθληση. Πρόκειται για ένα μόριο *ζωοδότη, πολύ δραστικό αλλά και τοξίνη,* που μετατρέπεται μέσα στα κύτταρα σε μια ενεργό μορφή και πρωταγωνιστεί σε μετατροπές και αποικοδομήσεις των συστατικών τους με το μηχανισμό των *ελεύθερων ριζών*. Με λίγα λόγια, όπως σας είπα, «σκουριάζουμε», όπως το σίδερο στον αέρα.

Οι μοιραίες για τη ζωή μετατροπές –οξειδώσεις– είναι σωρευτικές και όσο τα χρόνια περνούν φθειρόμαστε, γερνάμε.

– Δηλαδή, αν καλά συμπεραίνω, παρενέβη ο Πλάτων, η εξελικτική πορεία μας έχει ακόμα μακρά διαδρομή για να τελειοποιηθούμε, αφού διαδικασίες τόσο ζωτικές όσο η ανάσα μας, υπόκεινται σε τόσο σημαντικές παρενέργειες.

– Σίγουρα, αν η εξέλιξη συνεχιστεί με τους δικούς της ρυθμούς, απάντησε ο Κάρολος. Τώρα όμως είναι δυνατόν να επεμβαίνουμε γενετικά.

Πειράματα που έγιναν από ομάδες του Ινστιτούτου Buck και του Πανεπιστημίου Maximilian σε Μόναχο και Τέξας με καρδιές νεαρών και γηραλέων ποντικών, έδειξαν μετατροπές-αλλοιώσεις του γονιδιώματος και δυσχερείς επισκευές του DNA παράλληλα με την ηλικία. Για να βεβαιώσουν τις παρατηρήσεις τους επέδρασαν με μια πολύ οξειδωτική ουσία, το οξυζενέ (το διάλυμα που ξανθαίνει

τα μαλλιά των γυναικών), σε καρδιακά κύτταρα νεαρών ποντικών, τα οποία μετά την επίδραση έδειχναν ανάλογες ιδιότητες με αυτές των γηραλέων. Ότι κάνει ο πανδαμάτωρ χρόνος επιταχύνθηκε από το οξυζενέ, αυτή την πολύ ενεργό μορφή οξυγόνου. Ανάλογη και πλέον έντονη είναι η επίδραση του όζοντος, αυτού του ρυπαντή της ατμόσφαιρας.

Η φύση όμως συγχρόνως εδημιούργησε και τις αντιοξειδωτικές ουσίες, χαλινωτές της δράσης των ελεύθερων ριζών που υπάρχουν σε διάφορα τρόφιμα. Για παράδειγμα τη βιταμίνη C στα φρούτα και στα λαχανικά, τις τοκοφερόλες (βιταμίνη Ε) και τοκοτριενόλες στα φύτρα των δημητριακών και το παρθένο ελαιόλαδο και τους ξηρούς καρπούς, τις ισοφλαβόνες και φλαβόνες στη σόγια, τις φλαβοτριόλες και επικατεχίνες στο κόκκινο κρασί, το δεντρολίβανο, το φασκόμηλο, το πράσινο τσάι.

*Η γνώση είναι ζωή και επειδή είμαστε αυτό που τρώμε, γνώση λίγης βιοχημείας χαρίζει ζωή, ζωή χωρίς βάσανα.*

## Η μεγάλη κατάρα – Οι παθήσεις του εγκεφάλου

*«Ο βίος βραχύς, ή τέχνη μακρά»*
*Ιπποκράτης*

### *Τα γηρατειά και το μυαλό*

– Γι' αρκετά χρόνια, πήρε το λόγο ο Ιπποκράτης, πιστευόταν ότι για το θάνατο ήταν υπεύθυνη η γήρανση των οργάνων, όπως της καρδιάς, των νεφρών κ.λπ.. Οι νεότερες όμως εμπειρίες θεωρούν τα γηρατειά πολύ γενικότερο φαινόμενο. Τα κύτταρα, για παράδειγμα, ενός ανθρώπινου εμβρύου διπλασιάζονται με διχοτόμηση πενήντα φορές πριν πεθάνουν, ενώ τα κύτταρα ενός μεσήλικου διαιρούνται μόλις είκοσι φορές. Ο Hayflick αντάλλαξε κύτταρα εμβρύου με κύτταρα ενήλικου και βρήκε ότι: εφόσον ο *πυρήνας* του κυττάρου προερχόταν από *ενήλικο* –ανεξάρτητα αν το σώμα του κυττάρου προερχόταν από έμβρυο ή ενήλικο– το κύτταρο είχε την ικανότητα να διαιρείται μόνο είκοσι φορές. Αν όμως ο *πυρήνας* προερχόταν από το *έμβρυο,* τότε η διαίρεση επαναλαμβανόταν πενήντα φορές. Έτσι, ο υπεύθυνος έπρεπε ν' αναζητηθεί στη νομοθετική εξουσία, εκεί όπου βρίσκεται το γενετικό υλικό, στον *πυρήνα,* εκεί όπου κυριαρχούν τα μόρια του DNA. Είναι συγκλονιστική η διαπίστωση ότι τα μόνα «αθάνατα» κύτταρα είναι τα καρκινικά. Αυτά διαιρούνται ασύδοτα και συνεχώς.

Μόνα τους όμως τα παραπάνω δεδομένα δεν αρκούν για να εξηγηθεί το φαινόμενο της γήρανσης και του θανάτου. Για παράδειγμα, τα πιο σημαντικά ανθρώπινα κύτταρα, οι νευρώνες στον εγκέφαλο, δεν διαιρούνται καθόλου μετά τη γέννεση. Γεννιόμαστε με εκατό δισεκατομμύρια νευρώνες. Από εκεί και πέρα συνεχώς μειώνονται, αφού δεν αναπαράγονται. Κάθε μέρα λιγοστεύουν κατά πενήντα χιλιάδες, ενώ κάθε ποτήρι ισχυρού αλκοολούχου ποτού σκοτώνει περίπου πέντε χιλιάδες νευρώνες.

*Τελομερή* είναι τ' ακραία τμήματα του μορίου του DNA, όπως φαίνεται κι

από το όνομά τους. Τους αποδίδουν την ιδιότητα του ρολογιού του γήρατος, σαν να μετράνε τον αριθμό των διαιρέσων των κυττάρων, που όπως είπαμε φθάνει τις πενήντα. Σε κάθε διαίρεση ένα τμήμα του τελομερούς χάνεται, περίπου 5.000 ζεύγη βάσεων κατά διαίρεση (διαθέτουν αρχικά 130.000.000). Όσο επιταχύνεται τόσο επηρεάζεται ο τρόπος έκφρασης του γενετικού υλικού, κάτι που ισοδυναμεί με τη «γήρανση». *Η ευθύνη γι' αυτό το παρασιτάπτημα αποδίδεται και πάλι στην οξείδωση από τις ελεύθερες ρίζες που προκαλούν το «σκούριασμα», τη γήρανση.* Φαίνεται όμως ότι υπάρχουν και μηχανισμοί επιδιόρθωσης του DNA (γι' αυτό κάθε ζωικό είδος έχει ένα μέγιστο χρόνο επιβίωσης, ανάλογα με τους μηχανισμούς αυτούς, αλλά και τη διατροφή).

Αν κάποτε ήταν δυνατόν να μάθουμε να κουρντίζουμε τα βιολογικά ρολόγια που ρυθμίζουν την ενηλικίωση των κυττάρων του σώματος, δεν θα καταφέρναμε μεγάλα πράγματα, αφού το πρόβλημα της γήρανσης των κυττάρων του μυαλού δεν θα λυνόταν. Εκτός πια αν τα πειράματα του Hyden ήταν κάποτε δυνατόν να πραγματοποιηθούν και στον άνθρωπο. Μια επιτυχής εξουδετέρωση της αύξησης της εντροπίας μέσα στα γερασμένα εγκεφαλικά κύτταρα θα μπορούσε ν' αλλάξει τη δομή ολόκληρης της κοινωνίας. Όπως ο Hyden προτείνει: *«Ένας τρόπος ν' αυξήσουμε την τάξη μέσα στα εγκεφαλικά κύτταρα, που όσο γερνάνε διασαλεύεται, θα ήταν να τροφοδοτήσουμε τον εγκέφαλο με DNA νεαρών κυττάρων, μεταφυτευμένων πάνω σ' έναν αβλαβή ιό».* Η πρόταση βέβαια του Hyden, βασισμένη σε επιτυχή προκαταρκτικά πειράματα πάνω σε ποντικούς, φαίνεται ν' απέχει ακόμα πολύ από την πραγματοποίησή της στους ανθρώπους.

– Θα έλεγα, μάλλον ευτυχώς, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Οι πρόοδοι στη γονιδιακή ιατρική και οι τεχνικές των βλαστοκυττάρων (stem cells) δημιουργούν ελπίδες και προσδοκίες για το μέλλον, παρενέβη ο Κάρολος.

– Η διανοητική υποβάθμιση, με το προχώρημα της ηλικίας, έχει γενικά παρανοηθεί, κι αυτό οφείλεται στη σύγχυση που υφίσταται ανάμεσα στην κανονική ενηλικίωση και τους διάφορους τύπους «γήρανσης», που ονομάζεται ασθένεια του Alzheimer, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες

– Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ασθένειες του Parkinson, του Huntington, κατά κάποιο τρόπο η σκλήρυνση κατά πλάκας και η πιο επάρατη νόσος του Alzheimer, που συγχέεται και με τη γεροντική «άνοια». Οι ασθένειες αυτές συνοδεύονται από βαθμιαία απώλεια των διανοητικών ικανοτήτων ή και του ελέγχου των κινήσεων, όπως στην περίπτωση της ασθένειας Parkinson ή μυικών συσπάσεων του προσώπου (Huntington). Δυστυχώς δεν υφίσταται τρόπος πρόληψης των ασθενειών αυτών, οι οποίες εμφανίζονται από τη μέση ηλικία και επιδεινώνονται με τη γήρανση, φαίνεται δε να είναι γονιδιακής προέλευσης για

την εκδήλωση ή την επιτάχυνση των συμπτωμάτων τους. Η διατροφή αλλά και ο τρόπος ζωής δεν φαίνονται να είναι άμοιρες ευθυνών, γι' αυτό ο *περιορισμός των θερμίδων παρατείνει το νήμα της ζωής.*

Για τη νόσο του Alzheimer ειδικά, στατιστικά δεδομένα δείχνουν ότι άτομα που απασχολούν εντατικά τον εγκέφαλό τους, εργάζονται διανοητικά, έχουν μικρότερες πιθανότητες εκδήλωσης της ασθένειας. Οι περισσότερες φαρμακευτικές αγωγές είναι σήμερα συντηρητικές και παρηγορητικές παρά θεραπευτικές.

## Η ασθένεια του Alzheimer

– Σε ανθρώπους με μη παθολογική γήρανση, συνέχισε ο Ιπποκράτης, οι απώλειες μνήμης με την ηλικία δεν είναι σημαντικές. Η πρόσφατη, η βραχεία μνήμη, δεν εξασθενεί, αλλά η μακράς διάρκειας μνήμη, η ικανότητα να διαφυλάσσονται νέες πληροφορίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, δείχνει μια σαφή τάση για υποβάθμιση, μείωση, με την ηλικία και κυρίως μετά τα εξήντα. Ένα ποσοστό ανθρώπων, δεκαπέντε στους εκατό, ηλικίας γύρω στα εξήντα πέντε και περισσότερο, δείχνει συμπτώματα διανοητικής γήρανσης τύπου Alzheimer.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι οι προσφορές της σύγχρονης τεχνολογίας, για παράδειγμα η τηλεόραση, όταν προσφέρει ποιότητα δημιουργεί τις προϋποθέσεις, όπως και στο πείραμα των «πλούσιων» ποντικών, στο οποίο αναφερθήκαμε όταν μιλήσαμε για τον εγκέφαλο, για επιβράδυνση της γήρανσης. Οι σημερινοί άνθρωποι των εξήντα χρόνων διαθέτουν καλύτερη μνήμη από τις αντίστοιχες ηλικίες πριν εξήντα χρόνια. Για πολλούς λόγους, πάντως, όπως έχει εξακριβωθεί, πρέπει να θεωρείται ότι η μνήμη των ενηλίκων βελτιώνεται και, όσο η γνώση μας προχωράει σε βάθος, η βελτίωση θα είναι πιο ουσιαστική.

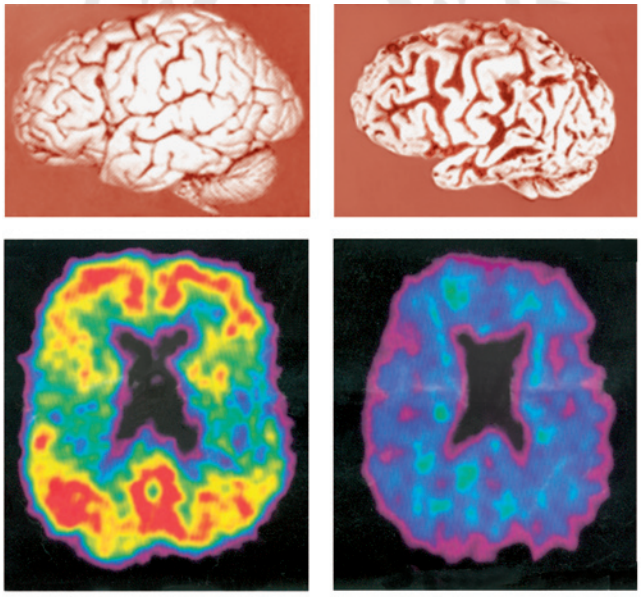
– Τα συμπτώματα της ασθένειας του Alzheimer, συνέχισε ο Ιπποκράτης, είναι ατέλειες στις γνωστικές λειτουργίες, τη μνήμη, τη γλώσσα και την αντίληψη, και αναπτύσσονται με βραδύτητα· υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που οι εξελίξεις είναι γοργές. Το πρώτο σύμπτωμα είναι η απώλεια της πρόσφατης μνήμης. Η ασθένεια συναρτάται με τη δημιουργία συμπλεγμάτων από ανώμαλα κύτταρα που περιβάλλουν πρωτεϊνικά μόρια, αλλοίωση των δεντριτών στους νευρώνες, απώλεια νευρώνων. Οι μεταβολές αυτές είναι ιδιαίτερα αισθητές στον ιππόκαμπο και σ' ορισμένα τμήματα του φλοιού του εγκεφάλου. Πρόκειται για μετουσιώσεις διαλυτών πρωτεϊνικών μορίων. Όσο σημαντικός είναι ο έλεγχος της οδικής κυκλοφορίας στην πόλη, άλλο τόσο είναι και η πορεία των πρωτεϊνικών μορίων μέσα στα κύτταρα. Εσφαλμένη πορεία στα εγκεφαλικά κύτταρα, οδηγεί στην απόθεση των *αμυλοειδών πεπτιδίων*. Υπεύθυνα για τις μετουσιώσεις αυτές θεωρούνται τα πρωτεολυτικά ένζυμα, οι *σεκρετάσες,* των οποίων η παρεμπόδιση πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά δεδομένου ότι έχουν και ευεργετική δράση: συμβάλλουν δηλαδή στη δημιουργία μυελίνης στους νευρώνες. Με τις διαδικασίες αυτές της τάσης των πρωτεϊνών για συνάθροιση δημιουργούνται αδιάλυτα

ινίδια, τα αμυλοειδή πεπτίδια, πρωτεϊνικά συσσώματα που συναντώνται στους πάσχοντες από Alzheimer και τη νόσο των τρελών αγελάδων (Kreuzfeld-Yakob), τα οποία αδρανοποιούν τελικά τους νευρώνες.

Ένα τελευταίο εύρημα είναι ότι τα ινίδια αυτά αποτελούν *πυρήνες πολλαπλασιασμού* και επέκτασης της νόσου. Υπάρχει έτσι μια υποψία μετάδοσης της νόσου, κάτι πάντως που δεν έχει επιβεβαιωθεί μέχρι σήμερα. Τα συμπτώματα της νόσου του Alzheimer είναι τραγικά, τόσο για τον ασθενή όσο και για το περιβάλλον του. Η βαθμιαία εξασθένηση της μνήμης, μέχρι την οριστική απώλειά της, απώλεια της έννοιας του χρόνου, βαθμιαία αδυναμία αυτοεξυπηρέτησης και επικοινωνίας με το περιβάλλον. Στα τελευταία στάδια της νόσου, ο ασθενής μετατρέπεται σε ζωντανό νεκρό.

Γι' αυτές τις νευροεκφυλιστικές περιπτώσεις δεν υφίσταται ικανοποιητική θεραπεία, αλλά υπάρχουν μόνον φάρμακα επιβραδυντικά, τα οποία όμως δεν αποτρέπουν τελικά τα εξαιρετικά δυσάρεστα συμπτώματα.

Επειδή πρόκειται για μία νόσο που εμφανίζεται κυρίως όσο η ηλικία προχωράει, και οι προοπτικές για παράταση της ζωής γίνονται όλο και πιο ελπιδοφόρες, οι περιπτώσεις Alzheimer θα πληθύνονται αν δεν βρεθούν αποτελεσματικά μέσα θεραπείας.



*Στην ασθένεια Alzheimer είναι εμφανής η συνάθροιση β-αμυλοειδών (κίτρινα και κόκκινα χρώματα στην εικόνα PET του εγκεφάλου), σε σύγκριση με έναν υγιή εγκέφαλο.*

Τις πιο μεγάλες ελπίδες γεννούν, αφού για γονιδιακή ανωμαλία πρόκειται, η γονιδιακή ιατρική και οι «επισκευές» ή η αναγέννηση των κατεστραμμένων νευ-

ρώνων, κάτι όμως που θα πάρει αρκετό χρόνο για να πραγματοποιηθεί. Ελπίδες ακόμη γεννούν οι επεμβάσεις στον εγκέφαλο με τη βοήθεια της μικροηλεκτρονικής και της νανοχημείας. Προς το παρόν πειράματα που διεξάγονται στο Πανεπιστήμιο της California από τον G. Lynch και την ομάδα του, μια νέα κατηγορία φαρμάκων, οι *αμπακίνες*, φαίνεται να ενισχύουν τη βραχεία μνήμη. Η δράση των νέων ουσιών αυτών βασίζεται στην ενίσχυση του νευροτροφικού παράγοντα (BDNF), μιας πρωτεΐνης, η οποία βοηθάει στην ανάπτυξη νέων νευρώνων. Οι αμπακίνες φαίνεται να ενισχύουν την παρουσία του παράγοντα BDNF.

Η καλύτερη γνώση της πρωτεϊνικής χημείας (proteomics), που τώρα προχωράει με γοργά βήματα και τα βλαστοκύτταρα είναι οι ελπίδες μας.

Ακόμη μια ελπίδα που τώρα ξεκινάει τα πρώτα της βήματα επιτυχούς εφαρμογής σε περιπτώσεις αναπήρων ή ατόμων με δυσκινησία των άκρων είναι η εμφύτευση μικροκυκλωμάτων, ανάλογων με τα chips των υπολογιστών, τα οποία μεταδίδουν ηλεκτρικά σήματα στο μυικό σύστημα που ρυθμίζει την κίνηση. Μια επαναστατική μέθοδος, η οποία στο μέλλον ίσως επεκταθεί και σε άλλες περιπτώσεις, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Τα δύο τελευταία χρόνια ήταν πολύ σημαντικά για την πρόοδο της νευροϊατρικής και την κατανόηση του τρόπου που εργάζονται οι νευρώνες.

Ορισμένα πρωτεϊνικά μόρια από φύκια και αρχαϊκούς νηματώδεις μικροοργανισμούς (ChR2 και Np HR) με αναλαμπές κυανού ή κίτρινου φωτός ενεργοποιούν ή αναστέλλουν τη λειτουργία ορισμένων νευρώνων με αποτέλεσμα την κίνηση ή την ακινησία του νηματώδους.

Ένας νέος δρόμος στη νευροχειρουργική και στην κατανόηση των λειτουργιών του εγκεφάλου διανοίγεται τώρα. Ένας δρόμος, που ίσως οδηγήσει στην υποκατάσταση των μικροηλεκτροδίων.

## Διαβήτης και Alzheimer

– Το ένζυμο, συνέχισε ο Ιπποκράτης, που αποικοδομεί την ινσουλίνη (μια πρωτεΐνη που διασπά πρωτεϊνικά μόρια) βρίσκεται κλεισμένο μέσα σε μια μοριακή δομή που μοιάζει με θαλασσινό κυδώνι κι έτσι παρεμποδίζεται η δράση του με απαγόρευση της εισόδου του υποστρώματος επί του οποίου δρα το ένζυμο. Μεταλλάξεις προκαλούν άνοιγμα στις αμπάρες που κρατούν κλειδωμένο το ένζυμο, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του συστήματος.

Ένα τέτοιο ένζυμο έχει άμεση σχέση με την εκδήλωση του διαβήτη και της νόσου του Alzheimer. Παρότι οι δράσεις αυτές είναι συγκρουόμενες (δηλ. μη επιθυμητή η διάσπαση της ινσουλίνης όταν πρόκειται για διαβητικούς, αλλά επιθυμητή στην περίπτωση της ασθένειας του Alzheimer για τη μη απόθεση των β-αμυλοειδών πεπτιδίων) η ανακάλυψη αυτή από τον Shem ανοίγει νέους δρόμους για την καταπολέμηση των επάρατων αυτών νόσων.

## Νευροπροσθετική

***Μετατρέποντας τη σκέψη σε δράση***

– Τώρα πλέον, είπε ο Ιπποκράτης, έχει ανοίξει ο δρόμος για την προσθετική εμφύτευση των «νευροκυττάρων». Ο Hochberg και οι συνεργάτες του κατόρθωσαν με εμφύτευση συστήματος μικροηλεκτροδίων στον εγκέφαλο παράλυτου τετραπληγικού ασθενή να χρησιμοποιήσει τις σκέψεις του για τον απ' ευθείας έλεγχο της λειτουργίας ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το άλμα αυτό σε συνδυασμό με τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας και την ανάπτυξη των «νανοκινητήρων», οι οποίοι συνεχώς θα τελειοποιούνται όσο εμβαθύνουμε στη μελέτη της μαγικής πρωτεΐνης, που πρωταγωνιστεί στην κίνηση οποιουδήποτε ζωντανού, της *μυοσίνης,* θ' ανακουφίσουν εκατομμύρια ανθρώπων με προβλήματα στον κοχλία του αυτιού που τους δημιουργεί προβλήματα ακοής.

Μια νέα επανάσταση με τεράστιους ορίζοντες ξεκίνησε!

Η ακετυλοχολίνη, πράγματι, στους ποντικούς, τουλάχιστον, ενισχύει τη μνήμη τους.

Μια ακόμη προσδοκία έρχεται από μια ερευνητική προσπάθεια σύμφωνα με την οποία *η νηστεία βελτιώνει τη μνήμη.*

Η *γρελίνη*, μια ορμόνη που εκκρίνεται όταν αισθανόμαστε πείνα, συμβάλλει στη δημιουργία νέων συνάψεων στον ιππόκαμπο, το εγκεφαλικό κέντρο της μνήμης και της μάθησης. Ποντίκια, στα οποία εχορηγήθη η ορμόνη, παρουσίασαν βελτιωμένη ικανότητα εκμάθησης. Πιθανόν η χορήγησή της να βελτιώνει τη μνήμη των σπουδαστών, αν υποβάλλονται σε σχετική νηστεία. Ίσως η στέρηση να βελτιώνει το μυαλό, αλλά ίσως και να βοηθήσει και ασθενείς που πάσχουν απ' τη νόσο του Alzheimer.

Οι τελευταίες παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν ότι και στον άνθρωπο η απώλεια νευρώνων, που παράγουν ακετυλοχολίνη, συνοδεύεται από τα συμπτώματα της ασθένειας του Alzheimer, ενώ η χρήση φαρμάκων, που αυξάνει το ποσοστό του νευροδιαβιβαστή αυτού, βελτιώνει προσωρινά τη μνήμη του.

Η γήρανση λοιπόν πλήττει την ύλη, είτε πρόκειται για έμβια κύτταρα, είτε για άβια ύλη. Ένας τρόπος να αυξήσουμε την τάξη μέσα στα εγκεφαλικά κύτταρα, που όσο γερνάνε διασαλεύεται, θα ήταν να τροφοδοτήσουμε τον εγκέφαλο με DNA νεαρών κυττάρων, που θα ήταν δυνατόν να εισάγουμε με τη βοήθεια ενός *αβλαβούς διηθητού ιού.* Οι διηθητοί ιοί μπορούν να διεισδύσουν μέσα στα κύτταρα του οργανισμού και επομένως, μπορούν να δρουν ως μεταφορείς. Μια επιτυχής εξουδετέρωση της αύξησης της εντροπίας μέσα στα εγκεφαλικά κύτταρα, όπως έδειξαν και τα πειράματα του Hyden, θα μπορούσε ν' αλλάξει ολόκληρη τη δομή της κοινωνίας, αν εφαρμοστεί και σε γηραιούς πολιτικούς, που επιμένουν να κυβερνούν λαούς.

Ας μην ξεχνάμε ότι οι ορμόνες μπορούν να δρουν πάνω στα γονίδια και να μεταβάλλουν τη δράση τους. Δεχόμαστε φιλοσοφικά τις μεταβολές στις κινητι-

κές δραστηριότητές μας, που μειώνονται με τον καιρό, και την απροθυμία μας να συμμετέχουμε σε νέες δραστηριότητες, όπως συγκριτικά το γέρικο άλογο και το νεαρό πουλάρι. Στο μέλλον θα πρέπει να επεμβαίνουμε στα συμπτώματα με νέους προσεγγιστικούς τρόπους, που πηγάζουν από τις νεότερες γνώσεις μας, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

– Σε κάτι που δεν δίνουμε τόση σημασία, όση ίσως πρέπει, είναι οι επιβαρύνσεις που μας δημιουργούν οι σύγχρονες συνθήκες ζωής στην προδιάθεσή μας για «ψυχικές» ανωμαλίες. Είναι κάτι που κατά τη γνώμη μου θα πρέπει να τονιστεί, ιδιαίτερα στους νέους ανθρώπους. Οι έντονοι ρυθμοί, ο καθιστικός τρόπος ζωής, ακόμα οι διατροφικές και προσωπικές συνήθειες, η συνεχής ροή πληροφοριών και η ανάγκη προσαρμογής σε συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες, επηρεάζουν σημαντικά τους νευροενδοκρινολογικούς μηχανισμούς του ανθρώπου, με αποτέλεσμα η καταπίεση, το *στρες,* να αποτελεί συνηθισμένη κατάσταση για μεγάλο ποσοστό σύγχρονων ανθρώπων. Όπως αναφέρει η Frankenh user για τα όρια αντοχής των ανθρώπων στις σύγχρονες κοινωνίες:

*«Τα σωρευτικά αποτελέσματα των επανειλημμένων προσαρμογών εκδηλώνονται με μειωμένη αντίσταση στις σωματικές ασθένειες και με πλήθος ενοχλητικών μεταβολών στους κανονικούς ανθρώπινους ρυθμούς».*

Ένας από τους κινδύνους, στους οποίους υπόκειται ο σύγχρονος άνθρωπος, είναι κι αυτός της υπερδιέγερσης, που δημιουργείται κυρίως από τη συνεχή ροή πληροφοριών. Η ικανότητά μας να δεχόμαστε και να επεξεργαζόμαστε πληροφορίες είναι πολύ περισσότερο περιορισμένη απ' ό,τι φανταζόμαστε, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Γνωστικός κορεσμός και ακόρεστες επιθυμίες

– Πειραματικά δεδομένα, για όσους είναι υποχρεωμένοι να παίρνουν αποφάσεις, δείχνουν ότι, όσο ο αριθμός των πληροφοριών αυξάνεται, τόσο η λήψη αποφάσεων καθίσταται δυσκολότερη. Η τάση αυτή χαρακτηρίζεται ως *γνωστικός κορεσμός.* Ένας κορεσμός, ο οποίος θα τείνει να μεγιστοποιείται καθώς η δυνατότητα επικοινωνίας αυξάνεται κατακόρυφα, χάρη στις νέες τεχνολογικές κατακτήσεις. Ακόμα, η φόρτιση με πρόσθετο *συγκινησιακό κορεσμό* αυξάνεται καθώς δημιουργούνται ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις σχετικά με τη συγκινησιακή ικανότητά μας.

Όταν βομβαρδιζόμαστε με έντονα ερεθίσματα, η ανταπόκριση του νευρικού μας συστήματος εξασθενίζει βαθμιαία, τα ερεθίσματα παύουν να έχουν ανταπόκριση και οι αντιδράσεις μας υποτονούν. Τα αποτελέσματα του φυσιολογικού στρες γίνονται λιγότερο έντονα κι αρχίζουν να προαλείφονται αισθήματα αποστροφής και ανησυχίας, τα οποία δημιουργούν περιπλοκές και την ανάγκη για κατανόηση και συμπάθεια. Δυστυχώς η καθημερινή τριβή δημιουργεί απάθεια χωρίς προειδοποιητικά σήματα, αφού οι μηχανισμοί της συνήθειας δημιουργούν

άμβλυνση στις συγκινήσεις, μειώνουν τις ευαισθησίες και τις τάσεις μας γι' αντίδραση. Κατά συνέπεια, η υπερευαισθησία συμβάλλει σε μια γενική ροπή προς την απάθεια. Τα συμπεράσματα της Frankenh user ισχυροποιούνται, αφού δεν προέρχονται από ψυχολογικές μόνο μετρήσεις, αλλά εκτιμώνται με βάση τις σαφείς βιοχημικές αντιδράσεις και τις ουσίες που αυτές δημιουργούν.

– Κατά τον Lipowski, συνέχισε ο Ιπποκράτης, οι κοινωνίες με υψηλή τεχνολογική ανάπτυξη δέχονται υπερβολικά ελκυστικές προσφορές. Οι εμπορικές δυνάμεις, η διαφήμιση, τα μαζικά μέσα ενημέρωσης, συνεργάζονται προκειμένου να δημιουργούν προσδοκίες και ζήτηση σ' όλους τους τομείς των ανθρώπινων επιθυμιών. Στον καταναλωτή προσφέρεται πλήθος υλικών και συμβολικών αγαθών, όπως εκπαιδευτικές ευκολίες, ευκαιρίες αναψυχής, ταξίδια, κοινωνικές επαφές και διάφοροι τρόποι ζωής. Η πίεση για καταναλωτισμό εναρμονίζεται και ενισχύεται από τη γενική τάση για άνοδο και επιτυχία. Η υφαρπαγή όσο το δυνατόν περισσότερων ευκαιριών θεωρείται όχι μόνο επιθυμητή, αλλά δυστυχώς και παραδειγματική. Εγγενείς δυσχέρειες, οικονομικοί περιορισμοί και έλλειψη χρόνου, αναγκάζουν τους ανθρώπους ν' αξιοποιούν μόνο ένα μέρος απ' όσα τους προσφέρονται. Οι φτωχοί, από την άλλη μεριά, είναι εκτεθειμένοι στις ίδιες προσφορές με τους πλούσιους, αλλά οι δυνατότητές τους για επιλογή είναι δυστυχώς περιορισμένες. Τότε συνειδητοποιούν ότι πολλές από τις προσφορές αυτές είναι απρόσιτες και τους δημιουργούνται αισθήματα ανικανότητας, αποτυχίας και οργής και καταφεύγουν σε χιμαιρικές ιδεολογίες και ρεβανσιστικά αντίδοτα.

Δημιουργούνται, ακόμα, ψυχολογικά προβλήματα κατά την επιλογή ανάμεσα σ' εξίσου ελκυστικές αλλά αποκλειόμενες εναλλακτικές προσφορές. Αυτοί που δεν μπορούν να υπερνικήσουν το *στρες των αποφάσεων* παθαίνουν ό,τι κι ο γάιδαρος του Μπουριντάν: πεθαίνουν από αοιτία, αναποφάσιστοι ανάμεσα σε δύο δεμάτια σανού, για το ποιο να προτιμήσουν. Η θεωρία αυτή βοηθάει στην κατανόηση για την ύπαρξη αισθημάτων απαρέσκειας, απάθειας, φυγής από την πραγματικότητα και *θεοποίησης της βίας*, σ' αυτές τις σύγχρονες καταναλωτικές κοινωνίες της υπεραφθονίας. Νομίζω ότι είναι χρήσιμη η σύνθεση θεωριών, όπως του *γνωστικού κορεσμού,* με αυτή των *ακόρεστων επιθυμιών* των καταναλωτικών κοινωνιών, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

Τότε παρενέβη ο Κάρολος λέγοντας:

– Οι κοινωνικές μας μορφές και δομές, ο κόσμος των ιδεών και οι τεχνολογικές του επιτεύξεις που εμείς δημιουργήσαμε, το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζούμε, είναι δυνατόν να μας δώσουν αυτό που για μας είναι το καλύτερο, αρκεί να ξέρουμε πού να σταματήσουμε, γιατί όλα εξαρτώνται από τα όρια της ευκαμψίας της διανοητικής και της φυσικής μηχανής που διαθέτει ο καθένας από μας. Όντας διαφορετικοί ο ένας από τον άλλον, όπως άλλωστε καθετί στη ζωή, έχουμε διαφορετικά όρια αντοχής και άλλη ανταπόκριση στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος. Άλλοι είναι πολύ ευαίσθητοι στο θόρυβο, άλλοι στις συγκινήσεις ή την εισροή πληροφοριών. Αν όλοι ήμασταν όμοιοι, αν είχαμε όλοι, για παρά-

δειγμα, την ίδια ευαισθησία σ' έναν ιό, ολόκληρη η ανθρωπότητα θα μπορούσε να χαθεί από μία και μόνο επιδημία. Είμαστε *έξι δισεκατομμύρια* μοναδικά άτομα για ν' αντιμετωπίζουμε τους πιθανούς κινδύνους· να επιβιώσει το είδος, να συνεχιστεί η εξέλιξή του.

– Οι δυνατότητές μας ν' ανταπεξέλθουμε στα γεγονότα, συνέχισε ο Κάρολος, σύντομα φτάνουν στον κορεσμό και περνάμε τότε γοργά σε αμυντικές στρατηγικές, και, αν και σ' αυτές αποτύχουμε, τότε δεν απομένει παρά ένα είδος νευρικής ή παθολογικής κατάρρευσης· ίσως και τα δύο. Πίσω απ' αυτές τις ατομικές διαφορές βρίσκονται οι διαφορετικές θέσεις και τα κοινωνικά χνάρια, και πιο πίσω απ' αυτά η οργανική μας σύσταση και ακόμα πιο πίσω και πάλι το γενετικό μας δυναμικό, οι γενετικές μας καταβολές.

Η ανθρώπινη δομή που προκύπτει από τη σύνθεση της βιολογικής λειτουργίας και της κοινωνικής υφής είναι *ένα ον,* του οποίου το σώμα και η διάνοια είναι αδιαχώριστα και συναμφότερα κλειδωμένα μέσα στην *κοινωνική συμβατικότητα.* Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι, καθώς οι γεννήσεις σωρεύονται τώρα γοργά, ιδιαίτερα στις υπανάπτυκτες περιοχές, τις προσεχείς δεκαετίες οι έρευνες σχετικά με την επίδραση της κοινωνίας στον ανθρώπινο οργανισμό –έτσι που να γνωρίζουμε τι προξενούμε στον εαυτό μας– θα μας οδηγήσουν σε μια καλύτερη κατανόηση για τη βιολογία της ανθρώπινης δράσης. Ίσως σε πιο γνωστικούς, πιο ήρεμους ανθρώπους. Αν γνωρίζουμε περισσότερη μοριακή βιολογία, έστω βιολογία, αυτό θα μας βοηθήσει. Η κοινωνιοβολογία, για την οποία είχαμε την ευκαιρία να πούμε δύο λόγια, αποτελεί ακόμα μια προσπάθεια στην κατεύθυνση αυτή, κατέληξε ο Κάρολος.

– Αφού μας διαφωτίσατε για ένα τόσο πολύπλοκο θέμα, όπως ο ανθρώπινος εγκέφαλος, θα ήταν πολύ χρήσιμο, αν ο Ιπποκράτης μας το ολοκλήρωνε, λέγοντάς μας δύο λόγια και για τις ψυχονοητικές παθήσεις, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Πολύ ευχαρίστως, είπε ο Ιπποκράτης παίρνοντας το λόγο:

## Οι ψυχασθένειες

– Οι διανοητικές ασθένειες ή *ψυχασθένειες* όπως χαρακτηρίζονται, αν εξεταστούν στις λεπτομερειακές αποχρώσεις τους, είναι τόσες όσοι και οι ασθενείς. Ωστόσο, είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις *νευρώσεις* και τις *ψυχώσεις.*

Το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας των ΗΠΑ, το γνωστό NIH, υπολογίζει ότι δέκα εκατομμύρια Αμερικανοί πάσχουν από κατάθλιψη. Αντίστοιχος, στατιστικά, είναι ο αριθμός και σε άλλες πλούσιες κοινωνίες. Ας μην λησμονείται επίσης ότι το ρεκόρ των αυτοκτονιών κατέχει η πλούσια και κοινωνικά οργανωμένη Σουηδία.

Στις νευρωτικές καταστάσεις, ο ασθενής, αν και εξαιρετικά ανήσυχος, δεν χάνει την επαφή του με την πραγματικότητα. Αντίθετα, η ψύχωση, που ακραία περίπτωσή της είναι η σχιζοφρένεια, συνεπάγεται συνήθως απώλεια αυτής της επαφής και συνοδεύεται από εσφαλμένες δοξασίες, παραισθήσεις και φαντασι-

ώσεις. Η λειτουργία της σκέψης είναι ακατάστατη στις περιπτώσεις αυτές.

Γενικά πιστεύεται ότι οι νευρωτικές εκδηλώσεις, όπως και οι φοβίες, οι ανησυχίες, προέρχονται από εμπειρίες της ζωής, ενώ οι κυριότερες ψυχώσεις, όπως η σχιζοφρένεια και οι καταθλιπτικές καταστάσεις, οφείλονται σε βιολογικές ανωμαλίες του εγκεφάλου. Τα όρια δεν είναι πολύ σαφή. Η αγχωτική νεύρωση, για παράδειγμα, αποδίδεται σε εγκεφαλική ανωμαλία. Οι φοβίες, οι αδικαιολόγητοι δηλαδή φόβοι που κυριεύουν κατ' εξοχήν τις ευαίσθητες κυρίες –και που προέρχονται από διάφορα πράγματα, όπως φίδια, σκύλους, ποντίκια ή ακόμα το συνωστισμό – φαίνεται ότι έχουν εδραιωθεί από παλιά, όταν παρουσιάστηκαν στον παθόντα κατά τρόπο έντονα δυσάρεστο, οδυνηρό κι επίφοβο. Ίσως, δηλαδή, κάποιος που τρέμει τα σκυλιά να είχε υποστεί στην παιδική του ηλικία επώδυνα δαγκώματα. Πάντως οι νευρώσεις, και ειδικά οι φοβίες, παρόλο που δεν εμφανίζουν την οξύτητα των ψυχώσεων, και ορισμένες απ' αυτές βοηθούνται με παρατεταμένες «ψυχοθεραπείες» και «νουθεσία» (η μάθηση δυστυχώς συνιστά μακρά διαδικασία) δεν παύουν να είναι μείζον κοινωνικό πρόβλημα, αφού στατιστικά ένας στους τέσσερεις ανθρώπους έχει κάποιο πρόβλημα νευρώσεων, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Η κατάθλιψη (στρες)

– Το 1936 ο Hans Selye, ένας νεαρός γιατρός, πειραματιζότανε μ' ένα καινούριο φάρμακο. Ως συνήθως, για τους πειραματισμούς του χρησιμοποιούσε δύο ομάδες ποντικών. Στη μία ομάδα, έκανε μια αθώα ένεση φυσιολογικού ορού, στη δεύτερη έδινε με τον ίδιο τρόπο το φάρμακο. Παρατήρησε όμως έκπληκτος, ύστερα από ένα διάστημα επανειλημμένων καθημερινών ενέσεων, ότι και οι δύο ομάδες ποντικών παρουσίαζαν ανωμαλίες, όπως έλκος, ατροφία των ιστών του ανοσοποιητικού συστήματος, υπερτροφία των επινεφριδίων αδένων. Ήταν φανερό ότι δεν ήταν δυνατόν να ευθύνεται το φάρμακο, αφού η ανωμαλία παρατηρήθηκε και στις δύο ομάδες ποντικών. Το μόνο κοινό στις δύο ομάδες ήταν η δοκιμασία των επανειλημμένων ενέσεων που τους επέβαλλε. Στη δοκιμασία αυτή έδωσε μια ονομασία που δανείστηκε από τη μηχανική: *στρες* (stress). Τον όρο αυτό χρησιμοποιούν, κυρίως, κατά τη δοκιμασία της αντοχής των μετάλλων· για να υπολογιστεί η αντοχή στις ταλαιπωρίες, οι διάφορες μεταλλικές κατασκευές υποβάλλονται σε έντονο εφελκυσμό, θλίψη και πίεση μέχρι να θραυστούν ή να παραμορφωθούν οριστικά.

– Πετυχημένος, πραγματικά, ο ορισμός του στρες, αλλά και η αλληγορία, παρενέβη ο Πλάτων.

– Πολλές φορές, συνέχισε ο Ιπποκράτης, αισθανόμαστε μελαγχολικοί, περίλυποι, όλα μας φαίνονται μαύρα. Για έναν κανονικό άνθρωπο, οι καταστάσεις αυτές οφείλονται σε δυσμενή γεγονότα, όπως στην απώλεια ενός αγαπημένου, επαγγελματικές αποτυχίες, οικονομικές δυσχέρειες. Πρόκειται για αντικειμενικές αντιξοότητες, που είναι συνυφασμένες με την ίδια τη ζωή.

Ο ψυχωτικός, όμως, ο καταθλιπτικός, μεταπίπτει σε ανεξήγητες μελαγχολίες, όταν κάποιος άλλος, εκτός από αυτόν, δεν διακρίνει κάποια αιτία που του δημιουργεί κατάθλιψη. Πρόκειται για ανεξήγητη, υποκειμενική δυστυχία, η οποία όσο εδραιώνεται, τόσο ο ασθενής νιώθει όλο και πιο αξιολύπητος, όλο και πιο εκμηδενισμένος. Αντίθετα με το σχιζοφρενή, όλες του οι σκέψεις είναι κανονικές, εκτός από τ' ανεξήγητα δυσοίωνα αισθήματά του.

Εκτός όμως απ' αυτόν τον τύπο κατάθλιψης, υπάρχει κι ένας δεύτερος τύπος, τον οποίο οι γιατροί χαρακτηρίζουν ως *διπολική κατάθλιψη*. Οι ασθενείς αυτού του τύπου εμφανίζουν, αν και σπάνια, και μανιακή συμπεριφορά, δηλαδή άλλοτε αγριεύουν και άλλοτε νιώθουν ξαφνικά ευφορία και αισθήματα έντονης χαράς και δύναμης, που απολήγουν σε παράξενη μανιακή εκδήλωση. Πάντως αυτός ο τύπος κατάθλιψης είναι σπανιότερος (περίπου 1%) σε σχέση με τη συνηθισμένη κατάσταση, μία ασθένεια που στις αναπτυγμένες κοινωνίες προσβάλλει μία τουλάχιστον φορά κατά τη διάρκεια της ζωής τους δέκα από τους εκατό άνδρες και είκοσι από τις εκατό γυναίκες. Πρόκειται για την αρρώστια στην οποία οφείλεται η δέκατη αιτία θανάτων, οι *αυτοκτονίες*.

Πάντως, και οι δύο τύποι κατάθλιψης παρουσιάζουν ισχυρή γενετική προδιάθεση. Ειδικότερα, στην περίπτωση της διπολικής κατάθλιψης, και αν πρόκειται για δίδυμους και ο ένας ανήκει στον τύπο αυτόν, ο δεύτερος έχει πιθανότητα εβδομήντα δύο τοις εκατό να προσβληθεί κι αυτός, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

– Από συστηματικές έρευνες που διεξήχθησαν στο Βέλγιο και στη Δανία, βρέθηκε ότι παιδιά με διπολική κατάθλιψη προέρχονταν από γονείς που οι δεκαοχτώ στους εκατό είχαν την ίδια ασθένεια, ενώ στα κανονικά παιδιά μόλις μία έως τέσσερεις στις εκατό περιπτώσεις προέρχονταν από άρρωστους γονείς.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η γενετική ανωμαλία εντοπίζεται στο χρωμόσωμα Χ που καθορίζει το φύλο, όπου βρίσκεται και το γονίδιο με την οπτική αχρωμοψία. Πράγματι, υπάρχει συσχετισμός αυτών που πάσχουν από αχρωμοψία και διπολική κατάθλιψη, χωρίς βέβαια κατ' ανάγκη να συμβαίνουν πάντα και τα δύο μαζί. Πρόκειται απλά για διαφορετικά γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα.

Πολλές φορές, πριν από το καταθλιπτικό στάδιο μεσολαβεί ένα στάδιο ανημποριάς, αδυναμίας για δράση, που εκδηλώνεται με ανορεξία, αδιαφορία για το τι συμβαίνει στο περιβάλλον και απώλεια ικανοτήτων για ορισμένες δουλειές που προϋπήρχαν. Για να μελετηθεί το πρόβλημα καλύτερα, έγινε προσπάθεια να εξαναγκάσουν ποντικούς να έρθουν σ' αυτήν την κατάσταση ανημποριάς. Δημιούργησαν λοιπόν σε διάφορα εργαστήρια τρεις ομάδες ποντικών. Η μία ομάδα μάρτυρας δεν υποβλήθηκε σε καταπιέσεις. Στη δεύτερη, οι ποντικοί υφίσταντο το βασανιστήριο του ηλεκτροσόκ, είχαν όμως τη δυνατότητα ν' αντιδράσουν, είτε διαφεύγοντας, είτε διακόπτοντας τη δίοδο του ρεύματος. Στην τρίτη, τέλος, δεν είχαν τη δυνατότητα απαλλαγής από το ενοχλητικό ηλεκτροσόκ.

Οι τρεις αυτές ομάδες εξετάστηκαν αναλυτικά ως προς τη συγκέντρωση ορμο-

νών, νευροπεπτιδίων, νευροδιαβιβαστών και οπιοειδών. Τ' αποτελέσματα δεν είναι ακόμα ξεκαθαρισμένα και υπάρχουν αρκετές διχογνωμίες. Φαίνεται πάντως ότι σημαντικοί παράγοντες είναι η νορεπινεφρίνη, η οποία δρα στον εγκέφαλο ως νευροδιαβιβαστής, και το σύστημα των ενδογενών οπιοειδών (ενδορφίνες), που αναστέλλουν την αίσθηση του πόνου. Οι ποντικοί της τρίτης ομάδας, που είχαν διδαχτεί την ανημποριά, παρουσίασαν υψηλό ποσοστό ενδογενών οπιοειδών. Αν όμως πριν από το ηλεκτροσόκ είχε χορηγηθεί *ναλοξόνη* – μία ουσία που αναστέλλει τη δραστηριότητα των οπιοειδών – οι ποντικοί δεν ήταν δυνατόν να εξοικειωθούν με το σοκ.

Ο άνθρωπος αγωνίζεται απεγνωσμένα ενάντια στη μοίρα του. Ευτυχώς υπάρχουν και τα πειραματόζωα. Σίγουρα, οι εμπειρίες με τα πειραματόζωα απολήγουν στην ανακούφιση εκατομμυρίων ανθρώπων, που καταρχήν ξεκινάνε με τα «ηρεμιστικά», προχωράνε στο LSD, και πολλοί πάνε ακόμα πιο μακριά, στα μονοπάτια του θανάτου, εκεί όπου τα ναρκωτικά και ο λευκός θάνατος ενεδρεύουν.

– Ευτυχώς, συνέχισε ο Ιπποκράτης, και για τους δύο τύπους κατάθλιψης υπάρχουν σήμερα φάρμακα που βοηθάνε αποτελεσματικά, ώστε οι ασθενείς να μπορούν να ζήσουν σαν κανονικοί άνθρωποι. Τα φάρμακα πάντως που χρησιμοποιούνται για τις δύο καταθλιπτικές περιπτώσεις είναι διαφορετικά. Για την απλή κατάθλιψη είναι αποτελεσματικά τα φάρμακα που δραστηριοποιούν τις συνάψεις της νορεπινεφρίνης και της σεροτονίνης. Στη διπολική περίπτωση, είναι ενεργά άλατα του λιθίου.

Ένα από τα φάρμακα που χρησιμοποιήθηκαν καταρχήν ήταν η *ρεζερπίνη,* το γνωστό κυρίως από την αντιυπερτασική του δράση αλκαλοειδές. Η ρεζερπίνη βοηθάει στη μείωση των κατεχολαμινών και κυρίως της ντοπαμίνης και της νορεπινεφρίνης. Σήμερα, η ρεζερπίνη έχει αντικατασταθεί από άλλα πιο ενεργά προϊόντα, όπως το *ιπρονιαζίδιο,* την *ιμιπραμίνη,* την *αμιτριπτιλίνη**. Τα φάρμακα αυτά βοηθάνε στην αύξηση του ποσού της νορεπινεφρίνης και της σεροτονίνης στις ενεργές συνάψεις του εγκεφάλου και η επικρατέστερη θεωρία σήμερα για την κατάθλιψη είναι ότι οφείλεται σε μειωμένη παρουσία των παραπάνω κατεχολαμινών στις συνάψεις. Πάντως, και η υπόθεση αυτή δεν φωτίζει καθαρά το πρόβλημα.

Τα παραπάνω φάρμακα, όπως στην περίπτωση των ντοπαμινεργικών συνάψεων, δεν δρουν ακαριαία, όπως θα περίμενε κάποιος, αλλά ύστερα από μία έως δύο εβδομάδες. Ο μακρύς χρόνος που απαιτείται για να εξασκηθεί η θεραπευτική τους δράση φαίνεται να έχει σχέση με την πλαστικότητα των νευρώνων. Απαιτείται δηλαδή χρόνος για τη μεταβολή της ευαισθησίας των υποδοχέων, όπως και την αύξηση ή τη μείωση του αριθμού τους.

* Τα φάρμακα αυτά χαρακτηρίζονται σύντομα και τρικυκλικά, λόγω της χημικής δομής τους, που αποτελείται από τρεις δακτύλιους, εκ των οποίων ο μεσαίος είναι επταμελής ετεροκυκλικός με άτομα αζώτου.

Τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για την ανακούφιση των καταθλιπτικών, δεν παρουσιάζουν ενεργότητα στην περίπτωση της διπολικής κατάθλιψης. Ευτυχώς, τελείως απροσδόκητα, βρέθηκε ότι τ' άλατα του λιθίου βοηθάνε σημαντικά αυτές τις περιπτώσεις. Οι θεραπευτικές δόσεις ποικίλλουν από άρρωστο σε άρρωστο, αλλά γενικά βοηθάνε τους ογδόντα στους εκατό ασθενείς που πάσχουν από διπολική κατάθλιψη. Είναι όμως ανενεργά στις απλές περιπτώσεις κατάθλιψης. Το λίθιο, σε μεγάλες δόσεις, είναι δυνατόν να προκαλέσει ακόμα και το θάνατο. Αιτιολογία προς το παρόν για τον τρόπο που δρουν τα ιόντα του λιθίου δεν υπάρχει. Φαίνεται μάλλον ότι επιδρούν στις συνάψεις της νορεπινεφρίνης και της σεροτονίνης, ενώ συγχρόνως παρεμποδίζουν τη σύνθεση του δεύτερου αγγελιοφόρου, του μορίου-ενισχυτή, του κυκλικού AMP, που ενεργοποιείται συνήθως από τη νορεπινεφρίνη. Τα αποτελέσματα της θεραπείας με ιόντα λιθίου εμφανίζονται επίσης μετά από μία έως δύο εβδομάδες από την έναρξη της θεραπείας. Στις μανιακές καταστάσεις χρησιμοποιούνται επίσης, όπως είναι γνωστό, φάρμακα και άλατα του λιθίου. Παραμένει άλυτο πώς ένα τόσο απλό μέταλλο, όπως το λίθιο, που ανήκει στην ίδια ομάδα με το νάτριο και το κάλιο, αυτούς τους δύο πρωταγωνιστές των ηλεκτρικών παλμών στους νευρώνες, είναι δυνατόν να εξασκεί τόσο βαθιά ψυχοφαρμακολογικά αποτελέσματα. Οι τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι παρεμβαίνει έμμεσα στη ρύθμιση του συστήματος της εσωτερικής ομοιοστασίας των ιόντων ασβεστίου στους νευρώνες, με τα οποία ρυθμίζεται τελικά η έκλυση του νευροδιαβιβαστή, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

**Αγχωτική νεύρωση**

– Ορισμένα είδη νευρώσεων, για παράδειγμα οι φοβίες, όπως προαναφέραμε, αποτελούν κατάλοιπα προηγούμενων κακών εμπειριών. Πρόκειται για ένα επίμονο αίσθημα φόβου και ανησυχίας, που δεν συνδέεται με κάποιο ιδιαίτερο γεγονός ή ερέθισμα. Οι νευρώσεις του είδους αυτού διακρίνονται σε *προσβολές πανικού* και σε *γενική ανησυχία*. Και οι δύο μορφές φαίνεται ότι έχουν γενετική προέλευση. Παιδιά «ανήσυχων» γονιών παρουσιάζουν σε ποσοστό 40% τα ίδια συμπτώματα. Αν κάποιος ανατρέφεται σε μια νευρωτική οικογένεια, εμφανίζει μια προδιάθεση για ανάλογη διανοητική συμπεριφορά. Πάντως, τα κληρονομικά χαρακτηριστικά εκφράζονται λιγότερο στις νευρώσεις και συχνότερα στη σχιζοφρένεια ή στις καταθλιπτικές καταστάσεις.

Τα χαρακτηριστικά του πανικού εμφανίζονται με υπέρμετρους, αιφνίδιους και απρόβλεπτους φόβους και συνοδεύονται συνήθως από διαστολή στις κόρες των ματιών, ερύθημα του προσώπου, ζωηρή εφίδρωση, επιτάχυνση των ρυθμών της καρδιάς, επιθυμία για ούρηση, ναυτία, ίλιγγο και πνιγμό, ενώ αιωρείται ένα αίσθημα θανάτου. Είναι φανερή η κινητοποίηση του ανεξάρτητου από τη θέλησή μας νευρικού συστήματος, δηλαδή του συμπαθητικού και των επινεφρίδιων αδένων. Η ορμόνη του άγχους, η *κορτιζόλη,* βρίσκεται στο προσκήνιο.

Η ανακάλυψη των ηρεμιστικών, όπως το λίμπριουμ ή το βάλιουμ, άνοιξε ένα

δρόμο για την κατανόηση των νευρώσεων αυτού του είδους. Τα φάρμακα αυτά με την περίεργη χημική σύνταξη, της *διαζεπίνης,* παρουσιάζουν ασυνήθιστη ηρεμιστική ενέργεια και μυική χαλάρωση. Σε μικρές δόσεις, εξασκούν ηρεμιστική δράση και είναι σχετικά χωρίς παρενέργειες, σε μεγαλύτερες όμως δόσεις αρχίζουν να γίνονται εθιστικά, κι εδώ αρχίζει ο γνωστός φαύλος κύκλος όλων αυτών των προϊόντων του «λευκού θανάτου». Ο εθισμός δημιουργεί την ανάγκη για όλο και μεγαλύτερες δόσεις και ο κατήφορος αρχίζει. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι βενζοδιαζεπίνες είναι ανενεργές για τη θεραπεία της σχιζοφρένειας. Οι διαζεπίνες ισχυροποιούν τ' αποτελέσματα του απαγορευτικού νευροδιαβιβαστή, του γ-αμινοβουτυρικού οξέος (GABA), του νευροδιαβιβαστή που αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό – πάνω από το μισό – σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους νευροδιαβιβαστές, που βρίσκονται στον εγκέφαλο. Το GABA, όπως είπαμε, προκαλεί το άνοιγμα των καναλιών των χλωριόντων με αποτέλεσμα τη μείωση του ηλεκτρικού δυναμικού του νευρώνα· εξασκεί, δηλαδή, μετασυναπτική παρεμπόδιση. Φαίνεται ότι στον εγκέφαλο μαζί με τους υποδοχείς GABA συνυπάρχουν και υποδοχείς που είναι δυνατόν να δεχτούν μόρια διαζεπίνης, οι οποίοι ενισχύουν τα αποτελέσματα του GABA, κατευνάζουν δηλαδή, χάρη στην παρεμπόδιση, τα φαινόμενα της κακοκεφιάς.

– Ας μην ξεχνάμε ότι ο εγκέφαλος παρασκευάζει τα δικά του ηρεμιστικά, αντί της μορφίνης και των παρεμφερών οπιοειδών, τις *ενδορφίνες* και τις *εγκεφαλίνες,* για τις οποίες υπάρχουν ειδικοί υποδοχείς. Η βαθύτερη μελέτη αυτών των φυσικών παυσίπονων και ηρεμιστικών, δημιουργεί ελπίδες και αισιοδοξία για ένα καλύτερο αύριο, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Έμμονες ιδέες, φοβίες και αυτοεξαναγκασμός

### *Το σύμπλεγμα της λαίδης Μάκβεθ*

– Περίπου δύο στους εκατό ανθρώπους κατατρύχονται από έμμονες ιδέες, όπως η λαίδη Μάκβεθ, η οποία, όταν είδε στον ύπνο της τα χέρια της καταματωμένα, γεμάτη τύψεις για την ηθική αυτουργία της στη σφαγή του στρατηγού Μπάνκο, προσπαθούσε, έκτοτε, έντρομη να τα ξεπλένει. Η εμμονή της στην ιδέα για την απόπλυση του εγκλήματος την οδήγησε τελικά στην αυτοκτονία.

Τέτοιες έμμονες ιδέες, σε μικρότερο βαθμό, εμφανίζονται σε πολλούς ανθρώπους. Ορισμένοι για παράδειγμα κάνουν συνεχείς προσπάθειες για να καθαριστούν από φανταστικούς ρύπους. Πόσοι σύζυγοι, αλήθεια, δεν υφίστανται τις οικοκυρικές μανίες της γυναίκας τους, όταν η λόξα τους για καθαριότητα φτάνει στην υπερβολή; Πολλές φορές, οι μικρομανίες αυτές οφείλονται στο σύμπλεγμα της λαίδης Μάκβεθ, που εδραιώνεται από φανταστικές ή πραγματικές αμαρτίες, που διέπραξε η πάσχουσα με τη φαντασία της ή και στην πραγματικότητα.

Όσοι βασανίζονται από αυτού του είδους τους αυτοεξαναγκασμούς ή τις έμμονες ιδέες, γνωρίζουν ότι πρόκειται για παράδοξη, τουλάχιστον, συμπεριφορά, που πολλές φορές όμως είναι πέρα από την καλή τους θέληση να την ελέγξουν.

Κατά τα άλλα, οι ασθενείς του τύπου αυτού είναι απόλυτα λογικοί. Μερικοί όμως απ' αυτούς απασχολούνται τόσο πολύ με τη μανία τους, λόγω χάρη για καθαρισμό, ώστε αυτοαπομονώνονται, και σε ακραίες περιπτώσεις γίνονται ερημίτες.

Οι εκδηλώσεις στις περιπτώσεις αυτές είναι διάφορες. Από άθελες κινήσεις, γκριμάτσες του προσώπου, μισοκλείσιμο των ματιών, μέχρι και τελετουργικές κινήσεις και πηδήματα ή τράβηγμα των τριχών, όπως στην περίπτωση της λεγόμενης *τριχοτιλλομανίας,* που είναι δυνατόν το ξερίζωμα να φτάσει σε σημείο, ώστε ν' απομείνουν ελάχιστες τρίχες στο κεφάλι. Μερικές ακόμα από τις δυσάρεστες εκδηλώσεις της ίδιας κατά βάση μανίας, όπως η φοβία ότι κάτι φοβερό θα συμβεί (φωτιά, θάνατος, αρρώστια), η μανία για τάξη, συμμετρία ή ακρίβεια, η θρησκομανία, η φροντίδα ή η αηδία για τα σωματικά απορρίμματα, οι τυχεροί ή γρουσούζικοι αριθμοί, οι επιθετικές ή διεστραμμένες σεξουαλικές σκέψεις, εικόνες ή κινήσεις, οι τελετουργικές χειρονομίες πριν από το πλύσιμο των χεριών ή το μπάνιο, ο συνεχής έλεγχος της κλειδαριάς, αν η πόρτα είναι κλειστή, η κλεπτομανία, είναι σύνδρομα με γερές βιολογικές ρίζες, με βιολογικό προγραμματισμό.

Με την κάμερα ποζιτρονίων γίνεται σαφές ότι: ο εγκέφαλος αυτού που πάσχει παρουσιάζει τελείως διαφορετική εικόνα σχετικά με έναν υγιή· τις ώρες που βρίσκεται υπό αυτοεξαναγκασμό, υπάρχει μια υπερεντατική λειτουργία του εγκεφάλου του.

Ευτυχώς, σήμερα οι παθήσεις αυτές βρίσκουν ανακούφιση με ορισμένα τυπικά τρικυκλικά αντικαταθλιπτικά φάρμακα, όπως τη *ντεσιπραμίνη* (DMI) ή και ειδικότερα για την περίπτωση αυτή φάρμακα, όπως η *χλομιπραμίνη* (CMI). Δυστυχώς, κανείς δεν γνωρίζει προς το παρόν τον τρόπο και γιατί έχουν δραστικότητα τα φάρμακα αυτά. Πιθανόν να έχουν κάποια σχέση με τη σεροτονίνη και τους υποδοχείς της, αλλά προς το παρόν δεν είναι σαφές τίποτα.

## Η σχιζοφρένεια

– Οι κυριότερες από τις ψυχώσεις, συνέχισε ο Ιπποκράτης, είναι η *σχιζοφρένεια* και οι συγκινησιακές ανωμαλίες, όπως η συγκινησιακή κατάθλιψη· περιπτώσεις πολύ πιο σοβαρές από τις νευρώσεις. Η σχιζοφρένεια προσβάλλει τον ένα στους εκατό ανθρώπους, κι αυτό ανεξάρτητα από τη φυλετική καταγωγή, την παιδεία και τις εμπειρίες της ζωής τους. Το κυριότερο σύμπτωμα είναι η διαταραγμένη σκέψη. Οι λειτουργίες της σκέψης εμφανίζονται αποδιοργανωμένες, παράλογες και τα συμπτώματα αυτά συνοδεύονται συνήθως από μια σειρά παραισθήσεων και φαντασιώσεων. Ο σχιζοφρενής για παράδειγμα πολλές φορές ακούει ήχους ανύπαρκτους και ιδιαίτερα φωνές που απευθύνονται προς αυτόν τον ίδιο.

Οι ψευδαισθήσεις ή οι παραισθήσεις είναι συχνές στους σχιζοφρενείς, και όχι μόνο σ' αυτούς, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και σε μη παθολογικές περιπτώσεις. Ο άρρωστος βρίσκεται σε συναγερμό. Όπως αναφέρει ο Morel: *«Αισθάνε-*

*ται μια μετατροπή στις σχέσεις του με τον εξωτερικό κόσμο, χωρίς να υπάρχουν τ' αντίστοιχα ερεθίσματα».* Ακούει φωνές να του μιλούν ή να σχολιάζουν τις σκέψεις του. Είναι μια «ηχώ της σκέψης», όπου ο άρρωστος ακούει τις δικές του σκέψεις υπό μορφή ομιλίας. Βλέπει νοερές εικόνες που εμφανίζονται αυθόρμητα, χωρίς να το θέλει και χωρίς να υπάρχει εξωτερικό αντικείμενο, οπτικές ψευδαισθήσεις, «οράματα» του παραδείσου και της κόλασης.

Μυστικιστές υπήρξαν σε όλες τις εποχές και σε όλες τις θρησκείες· από τους μάντεις της αρχαιότητας, την Πυθία στους Δελφούς, τους ήρωες της Ιλιάδας, μέχρι τις χριστιανικές και βουδιστικές ενοράσεις, που προοιώνιζαν την αποκάλυψη υπερφυσικών δυνάμεων! Όπως φαίνεται, πρόκειται για διαταραχές στο πεδίο εκείνο του εγκεφάλου που οι ειδικοί χαρακτηρίζουν ως *πρωτογενές πεδίο 17*, οι οποίες δημιουργούν ψευδαισθήσεις απλής μορφής, όπως λάμψεις φωτός ή σπινθηρίζοντα σήματα. Διαταραχές όμως στα δευτερογενή οπτικά πεδία, όπως στο *πεδίο 19*, προκαλούν πιο πολύπλοκες ενοράσεις. Ο άρρωστος λόγω χάρη νομίζει ότι βλέπει μια πεταλούδα και προσπαθεί να την πιάσει.

Σήμερα, είναι γνωστό ότι ανάλογη δημιουργία ψευδαισθήσεων είναι δυνατόν να προκληθεί και από ένα ηλεκτρικό ερέθισμα, με οποιοδήποτε τρόπο, σε διάφορα πεδία του εγκεφάλου. Σ' αυτήν την περίπτωση, η θέληση του ατόμου δεν παρεμβαίνει, δεν έχει καμιά επίδραση.

Ανάλογη είναι και η δράση των παραισθησιογόνων που προκαλούν ψευδαισθήσεις, κυρίως οπτικές. Οι Ινδιάνοι, σ' ορισμένες τελετές τους –για να «ξαναβρούν τον παράδεισο και να γίνουν θεοί»– χρησιμοποιούσαν ένα εκχύλισμα του κάκτου peyotl. Πρόκειται για τον κάκτο που περιέχει το γνωστό παραισθησιογόνο *μεσκαλίνη.* Πολύ αργότερα, ο Hoffmann στην Ελβετία, στην προσπάθειά του για παραγωγή νέων μορίων με φαρμακευτικές ιδιότητες, άθελα και τυχαία, αυτοπειραματίστηκε με το *διαιθυλαμίδιο του λυσεργικού οξέος,* το πολύ γνωστό σήμερα LSD, που παρουσιάζει ανάλογη δράση με αυτή της μεσκαλίνης, αλλά είναι ενεργό σε πολύ μικρότερες δόσεις. Οι ουσίες αυτές προκαλούν ψευδαισθήσεις με έγχρωμες απεικονίσεις πάντοτε χωρίς σημαντική έννοια, όπως τις βλέπουμε ν' αποδίδονται στα θαυμαστά ινδιάνικα υφαντά: πύρινες φλόγες, φευγαλέες χρωματισμένες πινελιές, κίτρινα-πορτοκαλιά, πορφυρά-μπλε βέλη και φτερά, γεωμετρικά σχήματα και σκιές χωρίς λογικό ειρμό.

Σε μεγαλύτερες δόσεις ή σε παρατεταμένη χρήση, οι ουσίες αυτές προκαλούν διαταραχές που μοιάζουν με τα συμπτώματα της σχιζοφρένειας σε οξεία μορφή. Όπως λέει ο Vincent: *«Η χημεία των παραισθήσεων συνιστά τη χημεία της σχιζοφρένειας».*

Το LSD, όπως και η μορφίνη, οδεύουν στον εγκέφαλο προς τα μόρια-υποδοχείς της σεροτονίνης, αλλά και τις συνάψεις της ηδονής, τις συνάψεις της *ντοπαμίνης.* Πρόκειται για τ' αντικλείδια στις σωστές κλειδαριές.

Η σχιζοφρένεια είναι ασθένεια δυστυχώς κληρονομική, για την οποία προς το παρόν γνωρίζουμε ελάχιστα. Σ' ένα ζευγάρι πραγματικών διδύμων, δηλαδή

που προέρχονται από το ίδιο ωάριο, αν ο ένας από τους δύο είναι σχιζοφρενής, και ο δεύτερος έχει πιθανότητα 50% να νοσήσει. Αν ο αδερφός ή η αδερφή μας πάσχει από την ασθένεια, η πιθανότητα να προσβληθούμε κι εμείς ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 12%. Είναι φανερό ότι υφίσταται γενετική ανωμαλία, κι ακόμα ότι δεν φαίνεται να είναι υπεύθυνο κάποιο απλό γονίδιο σε υπολανθάνουσα κατάσταση. Αν ήταν έτσι, θα έπρεπε να εμφανίζεται και στους δύο διδύμους με ποσοστό 100%. Ίσως εμπλέκονται πολλά γονίδια.

Παρά τις προσπάθειες που έχουν καταβληθεί, για τη θεραπεία ή την ανακούφιση της ασθένειας, σχεδόν τίποτα δεν προέκυψε από τη συστηματική έρευνα. Το πρώτο θετικό βήμα έγινε εντελώς τυχαία. Έτσι, συμπτωματικά, βρέθηκε ότι ορισμένες χρωστικές ουσίες, που παράγονται από τη βιομηχανία χρωμάτων και ανήκουν στην οικογένεια των *φαινοθειαζινών,* είχαν ηρεμιστική δράση σε ορισμένες μετεγχειρητικές καταστάσεις, όπου είχαν εμφανιστεί εγκεφαλικές βλάβες. Πρόκειται για τις πρώτες ουσίες οι οποίες πρόσφεραν κάποια βοήθεια στους σχιζοφρενείς. Η ανακάλυψη αυτή άρχισε να εδραιώνει την πεποίθηση ότι η σχιζοφρένεια οφείλεται σε χημική ανωμαλία του εγκεφάλου. Έτσι, η έρευνα εστιάστηκε στο συσχετισμό της φαρμακευτικής δραστηριότητας, σε σχέση με τη χημική σύνταξη των φαρμακευτικών ουσιών. Το 1954 η εισαγωγή *της χλωροπρομαζίνης* στην ιατρική, η οποία δεν θεραπεύει αλλά βοηθάει σημαντικά τους ασθενείς να ηρεμούν, δημιούργησε τις προϋποθέσεις ώστε πολλοί ασθενείς να εγκαταλείψουν τα ψυχιατρεία. Το 1954, για παράδειγμα, στις ΗΠΑ βρίσκονταν έγκλειστοι στα ψυχιατρεία, αφού δεν υπήρχε άλλος τρόπος για επιβίωση, περισσότεροι από δύο εκατομμύρια σχιζοφρενείς. Με τη χορήγηση της χλωροπρομαζίνης κατέστη αισθητή η μείωση του αριθμού αυτού. Σχεδόν αμέσως ακολούθησε η ανακάλυψη ενός άλλου φαρμάκου, του *αλοπεριτόλ,* που, παρότι η χημική του σύνταξη δεν μοιάζει με αυτή της χλωροπρομαζίνης, εξασκεί παρόμοια ηρεμιστική δράση.

– Ο σχιζοφρενής, γενικά, συνέχισε ο Ιπποκράτης, παρουσιάζει σημαντικά μειωμένη την ικανότητα της προσοχής. Ο χρόνος που αντιδρά σ' ένα ερέθισμα είναι μεγαλύτερος και πιο μεταβλητός. Η κατάσταση αυτή έχει σχέση με τους υποδοχείς της ντοπαμίνης. Οι νευρώνες αυτοί κατευθύνουν τον προσανατολισμό της προσοχής. Σε γάτες που έχουν αφαιρεθεί οι ντοπαμινεργικοί νευρώνες, η ικανότητα προσοχής επανέρχεται με τη χορήγηση dopa, ενός πρόδρομου μορίου της ντοπαμίνης.

Τελευταίες έρευνες έδειξαν ότι οι σχιζοφρενείς παρουσιάζουν σημαντική αύξηση των υποδοχέων ντοπαμίνης στον εγκέφαλο. Φαίνεται ότι το σχιζοφρενικό μυαλό είναι πιο ευαίσθητο στη δράση της ντοπαμίνης σε σύγκριση με τον υγιή εγκέφαλο, επειδή διαθέτει περισσότερους ντοπαμινεργικούς υποδοχείς. Τα παραπάνω φάρμακα δεσμεύουν προφανώς τους υποδοχείς αυτούς της ντοπαμίνης, ακριβώς όπως η *βαλοξόνη* δεσμεύει τους υποδοχείς των οπιοειδών και έτσι ο εγκέφαλος εξισορροπεί. Πάντως, πολλά ερωτηματικά σχετικά με την παραπάνω

εξήγηση περιμένουν ακόμα απαντήσεις. Αν το πράγμα ήταν τόσο απλό, θα έπρεπε η χορήγηση των παραπάνω φαρμάκων να έχει άμεσα αποτελέσματα. Στην πραγματικότητα, η βελτίωση του ασθενή, όπως είπαμε, αρχίζει μια βδομάδα περίπου μετά τη χορήγηση του φαρμάκου.

Το ανθρώπινο μυαλό, με τις δαιδαλώδεις και τις πολύπλοκες διασυνδέσεις των νευρώνων του, κρύβει ακόμα καλά τα μυστικά του. Ευτυχώς που όλα τα θηλαστικά διαθέτουν το ίδιο σύστημα νευροδιαβιβαστών στον εγκέφαλό τους. Έτσι, είναι προσιτό στον άνθρωπο να πειραματίζεται, όπως λόγου χάρη ν' αφαιρεί τον εγκέφαλο από τα φτωχά πειραματόζωα, ν' αναλύει χημικά τα δεδομένα και να προχωράει έτσι στην κατανόηση του δικού του εγκεφάλου. Υπάρχει όμως μια «αντιξοότητα»: *δεν φαίνεται να έχει παρατηρηθεί σχιζοφρένεια σ' άλλα θηλαστικά, εκτός από τον άνθρωπο.* Μήπως βρισκόμαστε και πάλι μπροστά στο βιολογικά αφύσικο, ταχύτατο τρόπο με τον οποίο αναπτύχθηκε ο φλοιός; Μήπως πρόκειται για έξαρση της διχοστασίας ανάμεσα στον *ερπετόμορφο ενστικτώδη εγκέφαλο* και το *γνωστικό φλοιό;* διερωτήθηκε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

*– Ο κάθε άνθρωπος είναι από ελαφρά μέχρι βαριά σχιζοειδής. Το πρόβλημα είναι ποσοτικό. Η ανθρώπινη ιστορία, γεμάτη κακίες, φονικά και πολέμους, πείθει γι' αυτό.*

## Καταθλιπτικές καταστάσεις και καλλιτεχνική δημιουργία

– Η ψυχολόγος Helga de la Motte-Haber, συνέχισε ο Ιπποκράτης, στο βιβλίο της *«Εγχειρίδιο της μουσικής ψυχολογίας»* (1985) έχει μελετήσει τη σχέση ανάμεσα στην ιδιοφυΐα, τη δημιουργικότητα, τη μελαγχολία και την κατάθλιψη, και, όπως προκύπτει από την αλληλογραφία της, καταλήγει σε ορισμένα συμπεράσματα: οι πιο πολλοί από τους διασημότερους συνθέτες παραπονιούνταν για τις θλίψεις και τις δυσάρεστες καταστάσεις που ζούσαν· ο Chopin, ο Schubert, ο Schumann, ο Donizzeti, ο List, ο Wagner, ο Tschaikofsky, ο Mozart, ο Beethoven, ο Rossini, ο Puccini αποτελούν κλασικά παραδείγματα.

Αποκορύφωμα μανιοκαταθλιπτικής μελαγχολίας αποτελεί ίσως το κουαρτέτο εγχόρδων opus 18 του Beethoven, που τ' ονόμασε *Η μελαγχολία*. Όπως το έργο φτάνει στο τέλος του, ύστερα από πολλές ηχητικές διακυμάνσεις, γιγαντώνεται σ' ένα όλο και δυνατότερο κρεσέντο που τελειώνει σ' ένα λυσσαλέο φρενιτικό fortissimo.

Ελάχιστοι έχουν διαπιστώσει τη βαθιά μελαγχολία του Rossini, που διαχέεται μέσα από τη μουσική της πιο κλασικής «κωμικής» όπερας, του *Κουρέα της Σεβίλης*. Ο καλοκάγαθος, παχύσαρκος, προικισμένος συνθέτης υπέφερε έντονα σ' όλη του τη ζωή από χρόνια γονόρροια και αιμορροΐδες, και οι καταθλιπτικές μεταπτώσεις του ήταν συχνές.

Αλλά ο πιο χαρακτηριστικός καταθλιπτικός είναι ίσως ο Schumann, ο οποίος, στην πλούσια γραφή που άφησε πίσω του, περιγράφει τις νευρικές διαταραχές που τον κατείχαν από τα τρυφερά παιδικά του χρόνια. Όπως παραπονιόταν στην

Clara Wieck: *«Όλη την ημέρα ήμουν τόσο τρομερά λυπημένος, αισθανόμουν τόσο άρρωστος και βαθιά συγκινημένος έτσι, που ένιωθα το τέλος μου να φτάνει».* Ο Schumann τελικά πέθανε σε ψυχιατρική κλινική.

Ο Tschaikofsky, 27 ακόμα χρονών, έγραφε στην αδερφή του: *«Αισθάνομαι εξαντλημένος από τη ζωή».* Ήταν ένας από τους πιο διάσημους υποχονδριακούς που αισθανόταν εγκαταλειμμένος ακόμα κι από το Θεό. Αισθήματα που διαφαίνονται στη *«Μελαγχολική Σερενάτα»* και γιγαντώνονται στην *«Παθητική»*.

Στην κατηγορία των μελαγχολικών ανήκει και ο J. Puccini, που όπως έλεγε: *«Σέρνω έναν αφόρητα βαρύ σάκο μελαγχολίας».* Κάτι που διαφαίνεται εύκολα στις όπερές του *«Μποέμ»* και *«Μανταμ Μπατερφλάι»*.

– Θα ήταν δυνατόν να συνεχίσει κανείς με άπειρα παραδείγματα στον κόσμο της τέχνης, από τον Όμηρο, τον Δάντη, τον Van Gogh, τον Gauguin, τον Picasso και τον Dalli με τις εξαίσιες χρωστικές ενοράσεις, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Δηλαδή, παρενέβη ξαναμμένη η Μάρθα, θέλετε ν' απομυθοποιήσετε, να κατεβάσετε σ' επίπεδο μορίων και την ίδια την τέχνη;

– Δεν έχω την πρόθεση να υποτιμήσω αυτό για το οποίο και μόνο θ' άξιζε να ζούμε, την *τέχνη,* κάθε άλλο, αποκρίθηκε ο Ιπποκράτης. Απλώς κάνω μερικές επιστημονικές διαπιστώσεις, που βασίζονται στη στατιστική και στις προσωπικές μου εμπειρίες.

– Δηλαδή, είπε ο Πλάτων, αν κατάλαβα καλά, υποστηρίζεις ότι η δημιουργία πραγματικής τέχνης, πολύ περισσότερο, αριστουργημάτων, συνδέεται με την *ορμονονευρωνική υπερδιέγερση;*

– Όλα συνηγορούν γι' αυτό, αποκρίθηκε ο Ιπποκράτης. Όσα αριστουργήματα ξέρω, έχουν πραγματοποιηθεί από τους καλλιτέχνες σε νεανική ηλικία ή, τουλάχιστον, πριν την κλιμακτήριο, οπότε οι ορμονικές εκκρίσεις βρίσκονται σε ηφαιστειακή έκρηξη και τον ενθουσιασμό διαδέχεται η κατάθλιψη, τη χαρά η λύπη, τη νίκη η ήττα. Βέβαια, όπως σε κάθε κανόνα, οι εξαιρέσεις δεν απολείπουν. Στους ίδιους τους καλλιτέχνες, όπως προχωρούν στην ωριμότητα και οι αδένες αρχίζουν να υπολειτουργούν και βαθμηδόν μειώνονται τα σκιρτήματα της φαντασίας διαδέχονται οι ήρεμες σοφές σκέψεις των νοητικών σχεδιασμών· πρόκειται για τα έργα της διανοητικής ωριμότητας. Είναι πολύτιμα, δεν είναι όμως αριστουργήματα, δεν συγκινούν, απλώς προβληματίζουν, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Η τέχνη είναι πάντα μια εξιδανίκευση. Το ιδανικό είναι διαφορετικό από την πραγματικότητα, τουλάχιστον από την πραγματικότητα των ιδανικών του Πλάτωνα. Αλλά η εξιδανίκευση είναι μια απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση. Επιστήμη και τέχνη διαμορφώνουν με την πάροδο των αιώνων μιαν ανθρώπινη γλώσσα, με την οποία μπορούμε να μιλήσουμε για τα πιο απομακρυσμένα τμήματα της πραγματικότητας. Ας μην ξεχνάμε όμως αυτό που είπε ο J. Monod: *«Στην αναζήτηση της αρμονίας στο έργο που λέγεται ζωή είμαστε ταυτόχρονα θεατές και ηθοποιοί».*

– Δεν ξέρω, παρατήρησε σκεπτικός ο Πλάτων, πώς εσείς οι βιολόγοι, οι φυ-

σικοί, που επιθυμείτε να ερμηνεύετε τα πάντα σ' επίπεδο μορίων, ατόμων και ηλεκτρονίων, θα αναλύατε τη δημιουργία ενός αριστουργήματος της τέχνης. Αρκούν μόνο αυτά;

– Δεν υπάρχει αμφιβολία, παρενέβη ο Κάρολος, ότι τα έμβια όντα είναι άθροισμα ατόμων που σχηματίζουν μόρια, μακρομόρια, κύτταρα, ιστούς, όργανα, οργανισμούς. Τα άτομα του άνθρακα, του αζώτου, του υδρογόνου, του οξυγόνου, του θείου, που συνιστούν έναν οργανισμό, δεν διαφέρουν σε τίποτα από τα άτομα που βρίσκουμε στο περιβάλλον, είτε ελεύθερα, είτε ως συστατικά του νερού, των βράχων, του αέρα, των άστρων. Σε κάθε βιολογικό οργανισμό υπάρχει ροή αυτών των ατόμων προς τα μέσα και προς τα έξω. Η διαφορά από την άβια ύλη είναι η τάξη, η οργάνωση, η πολυπλοκότητα. Το λάθος είναι να υποθέσουμε ότι η ζωή δεν είναι παρά συνάθροιση ατόμων, έστω και με συγκεκριμένη διοργάνωση και τίποτα παραπάνω. Είναι σαν να πούμε ότι μια συμφωνία του Μπετόβεν ή η *«Ιλιάδα»* δεν είναι, αντίστοιχα, παρά συλλογή από νότες ή από λέξεις. Η ιδιότητα της ζωής, το θέμα ενός μουσικού έργου, η πλοκή ενός μυθιστορήματος, είναι ποιότητες που αναδύονται από το σύνολο. Εμφανίζονται σ' επίπεδο συνολικής διοργάνωσης και δεν έχουν νόημα σ' επίπεδο συστατικών στοιχείων. Είναι *ολιστικές.*

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων.

– Σ' εμάς τους φιλολόγους, κάθε τόσο φτάνει ο απόηχος από τους καβγάδες ανάμεσα στους υποστηρικτές της *αναγωγικής,* δηλαδή της αναλυτικής άποψης, όπου τα πολύπλοκα ανάγονται στα απλά, όπως τόσο γλαφυρά μας διηγήθηκες κι εσύ για τον οργανισμό, τα κύτταρα, τα μόρια, τα άτομα. Άλλοι όμως, ευάριθμοι, θυμάμαι τώρα την A. Koestler και το συμπόσιο του Alsbach με θέμα «Πέρα από την αναγωγική», υποστηρίζουν σταθερά την *ολιστική άποψη,* που αναφέρεται στις οργανικές και λειτουργικές σχέσεις ενός συνόλου και των μορίων που το αποτελούν. Ακόμα, θυμάμαι τον J. Smatch με τον ολισμό του για το Σύμπαν, το οποίο –όπως υποστηρίζει– έχει την εγγενή ιδιότητα να δημιουργεί πολύπλοκα σύνολα. Ποια είναι η δική σου γνώμη, ως μοριακού βιολόγου, Κάρολε;

– Ξέρεις πολύ καλά, Πλάτων, ότι όσες θεωρίες άντεξαν στο πέρασμα του χρόνου έχουν ερείσματα και σωστά επιχειρήματα. Όσες δεν έχουν, όπως η *βιταλιστική* ή η *νεοβιταλιστική,* πεθαίνουν σύντομα και ξεχνιούνται. Οι φανατισμοί και οι δογματισμοί δεν έχουν θέση στην επιστημονική σκέψη, παρατήρησε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Η αναγωγική και η ολιστική άποψη

– Η αναγωγική είναι μια πολυσυζητημένη θεωρία ή, καλύτερα, η πίστη ότι ένα πολύπλοκο σύστημα είναι δυνατόν να κατανοηθεί πλήρως με βάση τα απλά συστατικά του. Όπως σε όλες τις θεωρίες, υπήρξαν θερμοί υποστηρικτές της, αλλά και απηνείς πολέμιοι. Είναι γεγονός ότι ως θεωρία παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα με την αναγωγή των πολύπλοκων στα απλά. Πολλές φορές, όμως,

συνεπάγεται και τους κινδύνους των υπεραπλουστεύσεων.

Το κύριο χαρακτηριστικό του δυτικού επιστημονικού τρόπου σκέψης των τελευταίων τριών αιώνων υπήρξε η αναγωγική ή η αναλυτική μέθοδος. Εντούτοις, υπάρχουν προβλήματα σύνθετα που επιλύονται με κατάλληλη τοποθέτηση των μερών που έχουν συνθετικό ή ολιστικό χαρακτήρα, όπως στα παιγνίδια ανασύνθεσης, για παράδειγμα οι χρωματιστοί κύβοι που συνθέτουν μιαν εικόνα. Η εικόνα που δίνουν γίνεται αντιληπτή μόνο σ' επίπεδο δομής ανώτερο από αυτό των κομματιών που τη συνθέτουν. Το *σύνολο,* δηλαδή, είναι κάτι παραπάνω από το *άθροισμα των μερών του.* Στον κόσμο υπάρχουν πολύ περισσότερα πράγματα απ' ό,τι συλλαμβάνει το μάτι.

Η σύγχρονη δράση δύο χωριστών ενοτήτων είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα δύο χωριστών αποτελεσμάτων. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό στους φυσικούς, αρχίζει τώρα ν' αποκτά σημασία και στη βιολογία, όπως η *τάξη* και η *αταξία* είναι ιδιότητες του συνόλου και όχι των μερών χωριστά ή ακόμα των χαρακτηριστικών.

Τα μόρια του ενζύμου και του συνενζύμου είναι απαραίτητα για να επιτευχθεί μια αντίδραση. Το αποτέλεσμα των δύο μαζί είναι μεγαλύτερο από του καθενός χωριστά, που σ' αυτήν την περίπτωση είναι μηδέν.

Αλλά δεν είναι μόνο αυτό. Όπως ακριβώς ένα ποίημα δεν είναι παρά συλλογή λέξεων από τα είκοσι τέσσερα γράμματα του αλφαβήτου ή μια μουσική σύνθεση συλλογή από νότες, έτσι και οι ιδιότητες της ζωής είναι ιδιότητες που αναδύονται από το σύνολο. Εμφανίζονται μόνο σ' επίπεδο συλλογικής οργάνωσης και δεν έχουν κανένα νόημα σ' επίπεδο συστατικών στοιχείων. Η αναγωγική ανάλυση των στοιχείων δεν έρχεται σε αντίθεση με την ολιστική περιγραφή. Οι δύο απόψεις δεν είναι ανταγωνιστικές, αντίθετα είναι συμπληρωματικές και καθεμιά ισχύει στο δικό της επίπεδο, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η ζωή είναι ολιστικό φαινόμενο, και όπως λέει και ο Hofstander: *«Δεν έχει κανένα νόημα να ρωτάμε, αν ο κόσμος θα μπορούσε να κατανοηθεί με τη βοήθεια αναγωγικών ή ολιστικών μεθόδων· τα πάντα εξαρτώνται απ' αυτό που θέλουμε να μάθουμε».* Η ύπαρξη του νου – μιας πολύπλοκης οργάνωσης με αφηρημένο και ολιστικό χαρακτήρα – δεν είναι δυνατόν να εξηγηθεί με την αναγωγική φιλοσοφία, που υποστηρίζει ότι: σε τελευταία ανάλυση, δεν είμαστε τίποτα περισσότερο από σωροί κινούμενων ατόμων ύλης. Για παράδειγμα, είναι αδύνατο ν' αντιληφθούμε τις νοητικές λειτουργίες του εγκεφάλου σ' επίπεδο νευρώνων, δηλαδή νευρικών κυττάρων, αλλά μόνο στην ολιστική σύνθεσή τους. Δεν παύει όμως να είναι εξαιρετικά χρήσιμη η αναγωγή των λειτουργιών του εγκεφάλου σ' επίπεδο νευρώνων.

Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, που διαθέτουν πολύπλοκο δίκτυο ηλεκτρικών κυκλωμάτων και διακοπτών, το γνωστό *hardware.* Η ηλεκτρική δραστηριότητα του υπολογιστή χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, για την επίλυση πολύπλοκων μαθηματικών εξισώσεων. Για να πραγ-

ματοποιηθεί όμως η λύση, απαιτούνται πρόγραμμα, σύμβολα, χειρισμοί, λογισμικό. Και οι δύο αυτές λειτουργίες, μηχανική (ηλεκτρική) και προγραμματισμός (λογισμικό), είναι απαραίτητες για να έχει κάποια χρησιμότητα ο υπολογιστής. Κάθε μια χωριστά είναι χωρίς αξία.

Η σχέση ανάμεσα στο *σώμα* και στο *πνεύμα,* αυτό το πανάρχαιο φιλοσοφικό αίνιγμα, μοιάζει με το συσχετισμό στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ανάμεσα στο *υλικό* μέρος (hardware) και στο *λογισμικό* (software).

Αλλά και στην κβαντική θεωρία η ολιστική άποψη είναι θεμελιώδης για ν' αποκτήσει νόημα η ερμηνεία της θεωρίας. Η θερμοδυναμική, η κβαντική θεωρία και η φυσική των συστημάτων με αυτοοργάνωση, εμπεριέχουν ολιστικές ιδέες. Ο Θεός ίσως είναι η υπέρτατη ολιστική έννοια, πιθανόν, σε πολλά επίπεδα περιγραφής *πέρα και πάνω* από το επίπεδο του ανθρώπινου νου. Μια μέρα θα προβληματιστούμε γύρω από το μυστήριο αυτό του κόσμου που ζούμε, κατέληξε ο Κάρολος.

– Ορισμένα από τα μεγάλα βάσανα του ανθρώπου προκαλούνται ανεξάρτητα από τη θέλησή του, είπε ο Ιπποκράτης, όπως για παράδειγμα από τα γονίδια που κληρονόμησε στην απροσδόκητη κλήρωση της ρουλέτας των γαμετών τη στιγμή της σύλληψής του. Οι ευαισθησίες ή η ανικανότητα των γονιδίων του ν' αντιμετωπίσουν ανώμαλες καταστάσεις (ανοσοποιητικό σύστημα, γονιδιακές παθήσεις), είναι σ' αυτήν την περίπτωση δεδομένες.

Υπάρχουν όμως και βάσανα που τα δημιουργεί ο ίδιος, οι «μαζοχιστικές» ας μου επιτραπεί η έκφραση ασθένειες, για τις οποίες ευθύνεται ο ίδιος. Για παράδειγμα: *η τραγική μοίρα που επιφυλάσσει η χρήση ναρκωτικών ή ο αργός θάνατος από ένα εθιστικό δηλητήριο: το τσιγάρο.* Άλλες ασθένειες είναι μεικτού χαρακτήρα, δηλαδή και γονιδιακές και ηθελημένες, για παράδειγμα η κακή διατροφή, η λαιμαργία, η καθιστική ζωή, η παχυσαρκία και τα επακόλουθά της: διαβήτης, καρδιαγγειακές παθήσεις και καρκίνος είναι μερικές από αυτές.

– Θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να μας διαφωτίσεις, είπε ο Πλάτων, για την πρώτη αιτία θανάτου στις πλούσιες χώρες.

## Τα μεγάλα βάσανα του ανθρώπου

### *Καρδιαγγειακές παθήσεις – Ασθένειες της καρδιάς*

– Τα στατιστικά δεδομένα και οι μακροχρόνιες έρευνες, συνέχισε ο Ιπποκράτης, έχουν δείξει ότι οι καρδιαγγειακές παθήσεις είναι το υπ' αριθμόν ένα αίτιο θανάτου στις βιομηχανικές χώρες. Οι ασθένειες αυτές είναι συνδεδεμένες, γενικά, με τον υπερσιτισμό και ειδικότερα με μια διατροφή πλούσια σε θερμίδες και ένα απερίσκεπτο διαιτολόγιο των ανθρώπων με υψηλά εισοδήματα (κρέας, αλλαντικά, τυρί, βούτυρο, γλυκά, snacks, τυποποιημένα τρόφιμα κ.λπ.).

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει καταστεί κοινή πεποίθηση ότι οι καρδιαγγειακές παθήσεις και κυρίως η αρτηριοσκλήρωση, οι παθήσεις της στεφανιαίας, το έμφραγμα και τα εγκεφαλικά επεισόδια, έχουν άμεση σχέση με το αυξημένο

ποσοστό χοληστερίνης και τριγλυκεριδίων στο αίμα, αλλά και με την καθιστική ζωή, το κάπνισμα, την έλλειψη άθλησης. Το ένα τρίτο των θανάτων οφείλεται σε καρδιαγγειακά περιστατικά.

Ενάμισι εκατομμύριο Αμερικανοί υποφέρουν από καρδιαγγειακές προσβολές κάθε χρόνο. Από αυτούς περίπου οι πεντακόσιες χιλιάδες θα πεθάνουν μέσα στο χρόνο –οι τριακόσιες πενήντα χιλιάδες, μάλιστα, πριν προλάβουν καν να εισαχθούν σε νοσοκομείο. Κι όλ' αυτά, παρά τη μείωση των καρδιαγγειακών προσβολών κατά 25% σε σχέση με τη δεκαετία του '60. Αντίστοιχοι είναι και οι αριθμοί στις ευρωπαϊκές χώρες και γενικά στις χώρες των καταναλωτικών κοινωνιών. Στη Δυτική Γερμανία, για παράδειγμα, το 1982 πέθαναν τριακόσιες πενήντα χιλιάδες άνθρωποι από καρδιαγγειακές παθήσεις, ενώ οι θάνατοι από καρκίνο ήταν λιγότεροι από το μισό (εκατόν εξήντα χιλιάδες). Οι θάνατοι από τις αιτίες αυτές στις υποσιτιζόμενες περιοχές είναι ελάχιστοι.

– Δεν μου κάνει εντύπωση, παρενέβη Ευκλείδης, από τη στιγμή που διάβασα ότι στις αναπτυγμένες χώρες, με πληθυσμό περίπου ένα δισεκατομμύριο, παράγονται τριακόσια εξήντα εκατομμύρια τόνοι γάλα, ενενήντα εκατομμύρια τόνοι κρέας και δεκαεφτά εκατομμύρια τόνοι αβγά. Αντίστοιχα, η παραγωγή για τα υπόλοιπα πέντε περίπου δισεκατομμύρια ανθρώπους είναι μόλις εξήντα οχτώ εκατομμύρια τόνοι γάλα, πενήντα δύο εκατομμύρια τόνοι κρέας και εννιάμισι εκατομμύρια τόνοι αβγά. Οι αριθμοί μιλάνε από μόνοι τους!

– Τα φαινόμενα αυτά, βέβαια, επιβαρύνονται από το κάπνισμα και τις συνθήκες ζωής, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Το τσιγάρο και οι συνήθειές μας

– Η *νικοτίνη,* μια ουσία που ανήκει στις εθιστικές ουσίες, ένα δηλητήριο του νευρικού συστήματος, δημιουργεί σύσφιξη των αιμοφόρων αγγείων και προκαλεί σοβαρές ζημιές σ' αυτά, ενώ δημιουργεί εθισμό, όπως τα αντιδραστήρια του λευκού θανάτου, τα ναρκωτικά. Γι' αυτό είναι δύσκολο το κόψιμο της κακής συνήθειας από τους καπνιστές. Όπως έλεγε ο M. Twain: *«Το κόψιμο του τσιγάρου είναι το πιο εύκολο πράγμα στον κόσμο· εγώ, για παράδειγμα, το έκοψα πενήντα φορές».* Ακόμα, με το κάπνισμα, από το μονοξείδιο του άνθρακα που εισπνέεται άφθονο από τον καπνιστή, μειώνεται η ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο – το γνωστό λαχάνιασμα των καπνιστών, όταν ανεβαίνουν σκάλες – καθώς και οι σεξουαλικές ικανότητες, και ενισχύονται οι ημικρανίες, ενώ το ισχυρότατο καρκινογόνο που υπάρχει στον καπνό, το *βενζαθρακένιο,* προδιαθέτει για καρκίνο των αναπνευστικών. Παραμένουν προς το παρόν άγνωστες οι παρενέργειες των *θειοκυανικών παραγώγων* και της *κοτινίνης,* που συμπαράγονται και εισπνέονται από τον καπνιστή. *Οφείλω ακόμα να πω ότι, αν το κάπνισμα, για οποιονδήποτε άνθρωπο, συνιστά παραλογισμό και, σύμφωνα με τις σημερινές γνώσεις, μαζοχιστική διάθεση, για μια γυναίκα, ιδιαίτερα αν πρόκειται να τεκνοποιήσει, αποτελεί εγκληματική σε βάρος του παιδιού της ενέργεια, αφού αυτό συνδέεται με αγγειακές*

*βλάβες, αιμορραγία του πλακούντα, χαμηλό βάρος του νεογέννητου –λόγω κακής διατροφής του εμβρύου– ενώ συγχρόνως δημιουργεί προϋποθέσεις γι' ανώμαλη φυσική και διανοητική εξέλιξη και ορισμένες φορές οδηγεί σ'αιφνίδια αποβολή.*

Όπως προκύπτει από απεικόνιση του εγκεφάλου με τις σύγχρονες μεθόδους, ο εθισμός του καπνίσματος εστιάζεται στη «νήσο» του εγκεφάλου, ένα κρίσιμο νευρικό υπόστρωμα συνειδητών παρορμήσεων. Αλλοιώσεις της «νήσου» από τραύμα ή εγκεφαλικό μειώνει έως εξαφανίζει την επιθυμία για κάπνισμα. Μια περαιτέρω διερεύνηση του γεγονότος ίσως οδηγήσει σε μεθόδους απαλλαγής των καπνιστών από τον ολέθριο εθισμό τους.

Η κατάχρηση των δύο *«λευκών δηλητηρίων»,* του καθαρού αλατιού και της ζάχαρης, αλλά και το άγχος και η έλλειψη οποιασδήποτε μυικής καταπόνησης, συμμετέχουν επίσης σημαντικά στις ευθύνες για τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Η καθιστική ζωή (αυτοκίνητο, γραφείο, πολυθρόνα, τηλεόραση), αποτελεί το συνηθισμένο τρόπο ζωής εκατομμυρίων ανθρώπων στις βιομηχανικές κοινωνίες. Εκτός από τις παραπάνω αιτίες και οι κληρονομικοί παράγοντες συμμετέχουν επιβαρυντικά, χωρίς όμως να είναι τέλεια ξεκαθαρισμένος ακόμα ο βαθμός ευθύνης τους.

Για να γίνουν κατανοητά τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις καρδιακές προσβολές και τα εγκεφαλικά επεισόδια, θα πρέπει να διευκρινιστούν, κάπως, τα σχετικά με τη ροή του αίματος και τις τρεις διαφορετικές αιτίες, που είναι δυνατόν να προκαλέσουν τη μείωση της ροής του, δηλαδή την *αθηροσκλήρωση,* τη *θρόμβωση* και τον *αγγειακό σπασμό.* Τα φαινόμενα αυτά είναι υπεύθυνα για τα ισχαιμικά ατυχήματα, δηλαδή τις περιπτώσεις κατά τις οποίες ορισμένοι ιστοί δεν τροφοδοτούνται με επαρκείς ποσότητες αίματος, επομένως και με οξυγόνο· πρόκειται για τα αίτια των περισσότερων θανάτων. Απότοκα αυτών είναι η υπέρταση (πίεση) και τα εγκεφαλικά επεισόδια (αποπληξία, ανεύρυσμα κ.λπ.), πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Θα πρέπει να έχετε υπ' όψη ότι η νεανική καρδιά έχει ανάγκη από μισό λίτρο αίματος κάθε λεπτό που περνάει. Σε περίπτωση στρες οι ανάγκες αυτές τετραπλασιάζονται, φτάνουν δηλαδή στα δύο λίτρα το λεπτό. Για να ικανοποιηθούν δηλαδή οι ανάγκες της ίδιας της καρδιάς σε οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες που μεταφέρει το αίμα, χρειάζονται τριάντα έως εκατόν είκοσι λίτρα την ώρα· στο σώμα υπάρχουν συνολικά περίπου πέντε ως οχτώ λίτρα αίμα. Σε πολλές περιπτώσεις ανάγκης η καρδιά οφείλει να κυκλοφορήσει έως και είκοσι πέντε λίτρα σ' ένα λεπτό, να μεταφέρει, δηλαδή, με τη βοήθεια του κυκλοφοριακού συστήματος, τη συνολική ποσότητα αίματος σ' όλο το σώμα πέντε φορές μέσα σ' ένα λεπτό. Πρόκειται γι' αντλία εξαιρετικά υψηλών επιδόσεων, που εργάζεται συνεχώς. Είναι εύκολο ν' αντιληφθεί ο καθένας πόσο πιο κουραστικό γίνεται το έργο της καρδιάς, αν κάπου υπάρξει φράξιμο (εμπόδιο) στην κυκλοφορία.

Η αθηροσκλήρωση είναι αποτέλεσμα μιας βραδείας εναπόθεσης – όσο περνάνε τα χρόνια – λιπιδίων, δηλαδή λίπους, χοληστερίνης και ορισμένων πρωτεϊ-

νών, στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων, αυτών που συνιστούν το ξανθωπό αθήρωμα, με αποτέλεσμα τη στένωση των αρτηριών, τη δυσχέρανση, επομένως, της μεταφοράς του υγρού της ζωής, του *αίματος* και του *οξυγόνου*.

– Η λέξη αθηροσκλήρωση, που έχει διεθνοποιηθεί, πρέπει να προέρχεται από την αρχαιοελληνική λέξη «θηρός», δηλαδή ξανθός, είπε ο Πλάτων.

– Έτσι θα πρέπει να είναι γιατί τ' αθηρώματα έχουν κιτρινωπό χρώμα, συμφώνησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Πρόκειται για μια χρόνια καρδιακή ασθένεια που έχει σχέση και με την παρουσία λιποπρωτεϊνών χαμηλής και πολύ χαμηλής πυκνότητας (LDL, VLDL). Η χοληστερίνη είναι εντελώς αδιάλυτη στο αίμα και η μεταφορά της δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί, αν δεν συνδεθεί με ορισμένες πρωτεΐνες, οι οποίες διευκολύνουν την κυκλοφορία της στο αίμα. Πρόκειται για τις *λιποπρωτεΐνες*. Οι υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες (HDL) βοηθούν πολύ καλύτερα από της χαμηλής (LDL) ή της πολύ χαμηλής (VLDL) πυκνότητας στη μεταφορά της χοληστερίνης, επομένως και στη μη εναπόθεσή της.

Κατά τη θρόμβωση, μια ομάδα από συναθροισμένα *αιμοπετάλια* (ένας ειδικός τύπος κυττάρων του αίματος, που έχουν την τάση να συγκολλούνται στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων), αλλά και άλλες συναφείς ουσίες που συνιστούν το θρόμβο, αποφράσσουν τα αιμοφόρα αγγεία. Έτσι προκαλείται η ισχαιμία, η διακοπή δηλαδή της ροής του αίματος, το έμφραγμα και, συνήθως, η ανεπανόρθωτη βλάβη των ιστών αυτών που παύουν να τροφοδοτούνται με αίμα και οξυγόνο, και οι οποίοι τελικά πεθαίνουν. Τα ω-3 ακόρεστα οξέα των ψαριών είναι ευεργετικά, ακριβώς, γιατί μειώνουν τη συγκολλητικότητα των αιμοπεταλίων.

Στην αθηροσκλήρωση, δηλαδή, οι πλάκες που δημιουργούνται στα τοιχώματα των αρτηριών και των αιμοφόρων γενικά αγγείων περιλαμβάνουν *κολλαγόνο* (μια πρωτεΐνη του δέρματος) και *λιποπρωτεΐνες,* πρωτεΐνες δηλαδή πλούσιες σε χοληστερίνη και λίπος – πρόκειται κυρίως για πρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL). Στην πραγματικότητα, άνθρωποι που πάσχουν από κληρονομική υπερχοληστεριναιμία, η οποία είναι πιο σοβαρή όταν η προδιάθεση προέρχεται και από τους δύο γονείς, είναι υποψήφιοι για απόφραξη των αρτηριών, που είναι δυνατόν ν' αρχίσει από μικρή ηλικία.

Οι εργασίες των Brown και Goldstein, που τους χάρισαν το βραβείο Νόμπελ της ιατρικής το 1985, οδήγησαν στην ανακάλυψη των *θυροφυλάκων*, δηλαδή των μορίων-υποδοχέων των χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL), στο εσωτερικό των κυττάρων. Οι άνθρωποι που έχουν γεννηθεί με οικογενειακή υπερχοληστεριναιμία δεν παράγουν επαρκή ποσότητα αυτών των θυροφυλάκων. Έτσι η χοληστερίνη αντί να πορεύεται προς το εσωτερικό των κυττάρων, συσσωρεύεται στο αίμα, με αποτέλεσμα την αποβολή της στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων. Αν υπάρξει τρόπος ν' αυξηθούν οι υποδοχείς LDL, τότε και το ποσό χοληστερίνης στο αίμα μειώνεται.

Στους υγιείς ανθρώπους οι υποδοχείς των μορίων των χαμηλής πυκνότητας

λιποπρωτεϊνών (LDL) παράγονται στο συκώτι. Ένα παιδί, για παράδειγμα, έξι μόλις χρόνων, που υπέστη καρδιακή προσβολή, γιατί έπασχε από οικογενειακή υπερχοληστεριναιμία, με μεταμόσχευση συκωτιού και καρδιάς μπόρεσε να συνεχίσει κανονικά τη ζωή του.

Η παραγωγή LDL υποδοχέων από το συκώτι επηρεάζεται και από την εισαγωγή σε μεγάλες ποσότητες χοληστερίνης, που προέρχεται από τα τρόφιμα και παρεμποδίζει την κατασκευή από το συκώτι LDL υποδοχέων, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση χοληστερίνης στο αίμα.

Ο σχηματισμός όμως των αθηρωμάτων έχει κάποια σχέση και με το θαυμαστό μηχανισμό πήξης του αίματος κατά την επούλωση των πληγών και το σταμάτημα της αιμορραγίας. Ο μηχανισμός πήξης δημιουργείται από την πρωτεΐνη *φιβρινογόνο* που υπάρχει στον ορό (πλάσμα) του αίματος. Αυτή με την επίδραση ενζύμων (θρομβίνης) και ιόντων ασβεστίου, μετατρέπεται κατά την πήξη του αίματος (σε περιπτώσεις πληγών, αιμορραγιών) στην αδιάλυτη ελαστική πρωτεΐνη, τη *φιβρίνη* (ινική), η οποία δημιουργεί ένα ινώδες δικτυωτό και προκαλείται έτσι η πήξη του αίματος, ακριβώς στο σημείο της διαρροής. Η ιδιότητα αυτή γίνεται πιο θαυμαστή, όταν κάποιος αναλογιστεί ότι το σημείο στο οποίο πρέπει να πραγματοποιηθεί η πήξη, αυτοαναγνωρίζεται και η πήξη περιορίζεται αυστηρά στην περιοχή αυτή, χωρίς να επεκτείνεται ανεξέλεγκτα σ' όλο το καρδιαγγειακό σύστημα. Αν όμως η δημιουργία ενός μικρού θρόμβου, για κάποια αιτία, σ' ένα σημείο του κυκλοφοριακού είναι δυνατόν να περάσει απαρατήρητη σ' έναν υγιή, σε άτομα με στενωμένα από αθηρώματα αγγεία μπορεί ν' αποβεί μοιραία. Επίσης, ο σπασμός των μυών γύρω από ένα αιμοφόρο αγγείο –ένα ακόμα οξύ επεισόδιο– είναι δυνατόν να περιορίσει με ταχύ ρυθμό τη διάμετρο των αγγείων και να προκαλέσει επίσης ισχαιμία και βλάβη του ιστού. Τα δύο παραπάνω φαινόμενα προκαλούν ανεπαρκή τροφοδοσία των ιστών με οξυγόνο κι έτσι δημιουργείται «αρρυθμία» στους καρδιακούς ρυθμούς, με αποτέλεσμα, σε ορισμένες περιπτώσεις, τη διακοπή της ροής του αίματος και τον αιφνίδιο θάνατο. Τα δύο τελευταία φαινόμενα συνιστούν τις καρδιακές προσβολές, η εμφάνισή τους όμως γίνεται πιθανότερη και σοβαρότερη, όταν η χρόνια αθηροσκλήρωση έχει κιόλας αποφράξει τα αιμοφόρα αγγεία και κυρίως τη στεφανιαία αρτηρία. Σήμερα, ευτυχώς, έχει συσσωρευτεί αρκετή γνώση γύρω από τα αίτια που προκαλούν τις παραπάνω νοσηρές διεργασίες και ο αριθμός των θυμάτων τους έχει μειωθεί. Παρόλ' αυτά, δεν έπαψαν ακόμα ν' αποτελούν την υπ' αριθμόν ένα αιτία θανάτων στις οικονομικά αναπτυγμένες χώρες, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Διατροφή και καρδιαγγειακές παθήσεις

– Από τη δεκαετία του '50 είχαν γεννηθεί υποψίες ότι οι καρδιαγγειακές ασθένειες είχαν σχέση με την ευημερία και, γενικότερα, την πλούσια σε λίπος διατροφή. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι στις πλούσιες χώρες *εισάγουν περισσότερες θερμίδες από αυτές που ο οργανισμός τους έχει ανάγκη· πολλές φορές τετραπλά-*

*σιες από αυτές που χρειάζεται.* Το πρώτο σύμπτωμα, η αύξηση βάρους, η παχυσαρκία, είναι από τις πρώτες επιβαρυντικές προϋποθέσεις που εντοπίστηκαν στην αύξηση των πιθανοτήτων για καρδιακές παθήσεις. Σε λίγο το ενδιαφέρον εστιάσθηκε όχι μόνο στην ποσότητα, αλλά και στην ποιότητα της διατροφής. Έτσι, αποδείχτηκε (στατιστικά) ότι το ποσοστό θερμίδων που προέρχεται από κορεσμένα γλυκερίδια – συστατικά κυρίως των ζωικής προέλευσης λιπών – ήταν υπεύθυνο για την υπερχοληστεριναιμία, δηλαδή το αυξημένο ποσοστό χοληστερίνης και τριγλυκεριδίων στο αίμα – που η σημασία τους διαπιστώθηκε αργότερα – σε συνάρτηση με το αυξημένο ποσοστό θανάτων από εμφράγματα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί, συνέχισε ο Ιπποκράτης, το πόρισμα της ομάδας Keys, που εργάστηκε επί δεκαετίες σε διάφορα μέρη του κόσμου (και στην Ελλάδα). Σύμφωνα με το πόρισμα αυτό, το ποσοστό χοληστερίνης που περιέχουν τα τρόφιμα που καταναλίσκουμε δεν φαίνεται να έχει πάντοτε σχέση με το ποσοστό χοληστερίνης στο αίμα. Ο οργανισμός, όπως θα δούμε, έχει ανάγκη να συνθέτει χοληστερίνη. Όπως διαπιστώνει και ο διάσημος καρδιολόγος, ο White: *«Νομίζω ότι τρώμε πολύ και πάρα πολύ καλά. Όσο για τη χοληστερίνη, σημασία έχει το ποσοστό αυτής στο αίμα και όχι κατ' ανάγκη στα τρόφιμα».* Γενικά στις χώρες όπου η διατροφή είναι πλούσια σε θερμίδες που προέρχονται από ζωικό λίπος (Σκανδιναβικά κράτη, Δυτική Ευρώπη, Αγγλία, ΗΠΑ, Αυστραλία) το ποσοστό θανάτων από καρδιαγγειακές και εγκεφαλοθρομβωτικές παθήσεις είναι από δέκα έως είκοσι φορές μεγαλύτερο απ' ό,τι στο Μεξικό, τη Νοτιοανατολική Ασία, τη Γροιλανδία, την Αφρική, γενικά τις χώρες με φτωχή διατροφή και μειωμένη κατανάλωση κορεσμένων γλυκεριδίων.

Οι πρώτες διεθνείς στατιστικές επιδημιολογικές μελέτες, που διεξήχθησαν εντατικά τα τελευταία τριάντα χρόνια, έδειξαν καταρχήν ότι τα κορεσμένα οξέα, λαουρικό, παλμιτικό, στεατικό, και κυρίως το *παλμιτικό* του διαιτολογίου, αυξάνουν το ποσοστό χοληστερίνης στο αίμα. Από τις μελέτες αυτές διαπιστώθηκε ότι πληθυσμοί, των οποίων η λιπαρή διατροφή τους περιλάμβανε κυρίως ακόρεστα γλυκερίδια, όπως το ελαιόλαδο στις μεσογειακές χώρες (π.χ. σε χωριά της Σικελίας, της Κρήτης ή της Κέρκυρας), παρουσίαζαν σημαντικά μικρότερο ποσοστό θνησιμότητας από παθήσεις της στεφανιαίας απ' ό,τι στις βόρειες χώρες ή της ΗΠΑ, όπου τα ζωικά λιπαρά και τα υδρογονωμένα λάδια, οι μαργαρίνες, είναι η κύρια πηγή γλυκεριδίων, ενώ το ποσοστό θανάτου ήταν ελάχιστο στους Εσκιμώους και στους ψαροφάγους λαούς. Γενικά, τα λάδια που προέρχονται από σπόρους, τα σπορέλαια δηλαδή, με εξαίρεση το φοινικέλαιο, το λάδι της καρύδας και του κακάο, είναι πλούσια σε πολυακόρεστα οξέα, κυρίως ω-6 ακόρεστα, όπως το λινελαϊκό (διακόρεστο), των οποίων το ποσοστό προσεγγίζει το 60-65% και λιγότερο μονοακόρεστα (ελαϊκό) (20-25%).

– Επ' αυτού υπάρχουν επιφυλάξεις και θα τις δούμε, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Το ελαιόλαδο ειδικά είναι διαφορετικό: περιέχει κυρίως μονοακόρεστα (ελα-

ϊκό 73-80%) και λιγότερο πολυακόρεστα (8-10%) και λίγα κορεσμένα (10-15%). Θα πρόσθετα ότι ειδικότερα το «παρθένο» ελαιόλαδο περιέχει και πολύτιμες ιχνοουσίες. Επιφυλάσσομαι να το αναλύσουμε αργότερα.

Σήμερα, μετά τη συσσώρευση τόσου αποδεικτικού υλικού, σχεδόν δεν αμφισβητείται το γεγονός ότι διαιτολόγιο πλούσιο σε κορεσμένα λιπαρά είναι πολύ πιο επιβαρυντικό απ' αυτό που περιλαμβάνει κυρίως ακόρεστα.

Δυστυχώς, όμως, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Πρώτον, γιατί, όταν μιλάμε για καρδιαγγειακά επεισόδια, δεν πρόκειται για μια πάθηση, αλλά για πολλές παθήσεις. Δεύτερον, οι μηχανισμοί δημιουργίας των αθηρωμάτων είναι πολύπλοκοι και υπάρχουν πολλά ακόμα αντικρουόμενα και άγνωστα που πρέπει να διερευνηθούν.

Αποτελεί πάντως γεγονός ότι παρά τις γνώσεις μας τα τελευταία χρόνια και την υποκατάσταση των κορεσμένων από ακόρεστα λάδια (σπορέλαια) στο διαιτολόγιο, το ποσοστό καρδιοπαθειών εξακολουθεί να είναι υψηλό στις πλούσιες χώρες. Δεν θα πρέπει όμως να παραγνωρίζεται ότι υπήρξε αισθητή μείωση – κατά 25% – στους θανάτους τα τελευταία χρόνια, ακριβώς επειδή βελτιώθηκε το διαιτολόγιο.

Θα πρέπει ακόμα να θεωρήσουμε και τις περιπτώσεις κληρονομικής υπερχοληστεριναιμίας, οι οποίες υπόκεινται σε ειδικά αίτια, τα οποία πρέπει να εντοπιστούν – συνήθως οφείλονται σε κακή λειτουργία των υποδοχέων των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) των θυροφυλάκων. Τα περιστατικά αυτά είναι στατιστικά λιγότερα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να ρυθμιστούν με τη δίαιτα και απαιτείται φαρμακευτική αγωγή.

Το γεγονός ότι η υπερχοληστεριναιμία προκαλεί τη στεφανιαία νόσο λόγω των αθηρογενετικών αποτελεσμάτων, που οφείλονται σε αυξημένη ποσότητα λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) και μειωμένης αυτών των υψηλής πυκνότητας (HDL), η οποία προκαλεί τη μείωση της χοληστερίνης, οδήγησε στην παρασκευή φαρμάκων που μειώνουν τις LDL και αυξάνουν τις HDL λιποπρωτεΐνες. Σήμερα οι μηχανισμοί αυτοί έχουν κατανοηθεί αρκετά. Πρόκειται για γενετικά λάθη, που πολλές φορές κληρονομούνται και στους απογόνους. Κάποιο περισσότερο φως αναμένεται τα επόμενα χρόνια από τις σημαντικές προόδους στη βιοχημεία και τη βιοτεχνολογία διότι σύμφωνα με τις τελευταίες έρευνες και η αύξηση των HDL δεν αποτελεί πανάκεια.

– Επειδή η χοληστερίνη έχει γίνει ο εφιάλτης της ζωής μας, πάντα κάποιος βρίσκεται να μας τη θυμίζει και, κυρίως, οι στοργικές σύζυγοι, κατά τις πιο όμορφες για έναν ηλικιωμένο στιγμές της ημέρας: τις ώρες που καθόμαστε μπροστά στα λαχταριστά πιάτα, τόνισε ο Ιπποκράτης, και πρόσθεσε.

Νομίζω, ότι ο Κάρολος, που είναι πιο ειδικός από μένα, θα έχει να μας πει κάτι παραπάνω. Μάλιστα σύμφωνα με τις τελευταίες προσπάθειες, ενώ οι *«στατίνες»* οι οποίες χρησιμοποιούνται από πολλά χρόνια αποτελεσματικά για τη μείωση της «κακής» (LDL) χοληστερίνης, οι φαρμακευτικές προσπάθειες για την

αύξηση της «καλής» (HDL) έχουν αστοχήσει προς το παρόν και διερευνώνται τα αίτια αυτής της αποτυχίας, ενώ ενισχύεται το μέτωπο εκείνων που αμφιβάλλουν για την αποτελεσματικότητα από την αύξηση του ποσοστού της στο αίμα.

## Χοληστερίνη: ένας ευεργέτης, ένας κακοποιός

– Για τους πιο πολλούς ανθρώπους, άρχισε ο Κάρολος, η χοληστερίνη είναι ο κακοποιός που προαναγγέλλει δεινά του καρδιαγγειακού συστήματος και μισητές δίαιτες και προφυλάξεις.

Αλλά η χοληστερίνη είναι μία από τις πιο απαραίτητες ουσίες που ο οργανισμός συνθέτει, κατά κύριο λόγο μόνος του, στο συκώτι και σε ποσότητες που φτάνουν τα χίλια χιλιοστά του γραμμαρίου, ένα γραμμάριο δηλαδή την ημέρα. Διανέμεται με το αίμα από τη χολή σ' όλους τους ιστούς και κατά μεγαλύτερο ποσοστό στον εγκέφαλο, όπου συμμετέχει στη σύνθεση της ηλεκτρομονωτικής ουσίας των νευρώνων, της *μυελίνης.* Γι' αυτό αποτελεί ζωτική ουσία για τα βρέφη κατά την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Η χοληστερίνη είναι, ακόμα, ο πρόδρομος για την παραγωγή ζωτικών για τον οργανισμό ουσιών, όπως των χολικών οξέων, των εσωτερικών αυτών σαπουνιών του οργανισμού, που βοηθάνε στην αφομοίωση των τροφών, δημιουργώντας ένα γαλάκτωμα των λιπαρών με τα υγρά των εντέρων, αλλά και πολλών ορμονών, όπως των σεξουαλικών (χωρίς χοληστερίνη δεν είναι δυνατόν να υφίσταται ομαλή σεξουαλική ζωή) και ορισμένων ζωτικών ορμονών των επινεφριδίων, όπως της κορτιζόλης.

Ο σχηματισμός της χοληστερίνης ή χοληστερόλης (ως χημική ένωση ανήκει στις αλκοόλες) από τον οργανισμό συναρτάται με την παρουσία κορεσμένων λιπαρών οξέων, που υπάρχουν στα ζωικά κυρίως λίπη, ενώ τα μονοακόρεστα, όπως το ελαϊκό οξύ στο ελαιόλαδο, φαίνεται να είναι ουδέτερα για την αύξηση της στάθμης της στο αίμα. Ορισμένα άλλα πολυακόρεστα οξέα, που απαντώνται στα σπορέλαια και στα ψάρια, υποβοηθούν στη μείωσή της. Γενικά, όπως προκύπτει απ' όλες τις μέχρι τώρα στατιστικές μελέτες, τα κορεσμένα οξέα, που απαντούν στα ζωικής προέλευσης τρόφιμα, εξασκούν δύο με δυόμισι φορές περισσότερη υπερχοληστεριναιμική δράση απ' ό,τι τα μονοακόρεστα, για παράδειγμα το ελαϊκό οξύ, κύριο συστατικό του ελαιόλαδου.

Ιδιαίτερα επιβαρυντικά από τα κορεσμένα οξέα είναι το *λαουρικό οξύ,* που πλεονάζει κυρίως στο λάδι της καρύδας (coconut), και το *φοινικοπυρηνέλαιο* (palm kernel oil), το *μυριστικό οξύ,* που βρίσκεται επίσης στα παραπάνω λάδια, αλλά και στα ζωικά λίπη και στη σοκολάτα (βούτυρο κακάο), κυρίως όμως το *παλμιτικό οξύ,* που πλεονάζει στα ζωικά λίπη, στο βούτυρο, στο φοινικέλαιο, στη σοκολάτα, αλλά και στο βαμβακέλαιο. Πιο επιβαρυντικά ακόμα επιδρούν τα *μη φυσικά*, δηλαδή τα *υδρογονωμένα λάδια* και οι *μαργαρίνες*.

Το *στεατικό οξύ*, παρόλο που είναι κορεσμένο, είναι λιγότερο επιβαρυντικό, γιατί ο οργανισμός φαίνεται ότι το μετατρέπει εν μέρει σε μονοακόρεστο ελαϊκό

οξύ. Το ελαιόλαδο, που περιέχει κυρίως το μονοακόρεστο οξύ (το ελαϊκό) δεν βελτιώνει αλλά και δεν επιβαρύνει τις καρδιαγγειακές παθήσεις, ενώ τα σπορέλαια, τα πλούσια σε πολυακόρεστα (λινελαϊκό), όπως το σογιέλαιο, το καλαμποκέλαιο, το ηλιέλαιο και τα ιχθυέλαια από τα ψάρια, όταν συνδυάζονται σωστά, βελτιώνουν την κατάσταση. Βέβαια δεν θα πρέπει να γίνεται κατάχρηση και αυτών, γιατί τότε δημιουργούνται άλλα προβλήματα, όπως θα σας εξηγήσω.

Όπως αποκαλύπτεται από τις έρευνες των τελευταίων ετών, η σύνθεση της χοληστερίνης στον οργανισμό ακολουθεί το πολυσύχναστο στις βιοχημικές διαδικασίες μονοπάτι του *μεβαλονικού οξέος*· ενός πολύ απλού μορίου που αγαπάει ιδιαίτερα η φύση. Το ακολουθεί για να φτιάξει το άρωμα του γιασεμιού, του τριαντάφυλλου, αλλά και των κυριότερων αρωματικών συστατικών των φυσικών αρωμάτων. Ακολουθώντας το ίδιο μονοπάτι φτιάχνει πολύτιμα για τη ζωή συστατικά του αίματος, όπως την *ουμπικινόνη,* το γενικό μεταφορέα ηλεκτρονίων, τα ένζυμα για τη σύνθεση γλυκοπρωτεϊνών, τα συστατικά του μεταφορέα του RNA, τις συζευκτικές ουσίες στους μύκητες, τους ενδοκυτταρικούς αγγελιοφόρους, όπως τις κυτοκίνες στα φυτά, τις φερομόνες στα έντομα, τη χοληστερίνη και τις σεξουαλικές ορμόνες στον άνθρωπο και στα ζώα.

– Αλήθεια, συνέχισε ο Κάρολος, σαν να μονολογούσε, κάθε μέρα *επαναναλύπτουμε πόσο ενιαία είναι η ζωή*. Πώς από το απλό πλέκεται το πολύπλοκο! Τελικά η χοληστερίνη είτε παράγεται ενδογενώς, με το μονοπάτι του μεβαλονικού οξέος, είτε προσλαμβάνεται εξωγενώς από τα τρόφιμα, μεταφέρεται με τη βοήθεια των χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL), για ν' αποτεθεί το πλεόνασμά της στις αρτηρίες.

Η χοληστερίνη που εισάγεται με τα τρόφιμα (αβγά, γαλακτοκομικά προϊόντα, μυαλά κ.λπ.) απορροφάται, αλλά σε μικρά σχετικά ποσοστά, και αυτό ανεξάρτητα από το είδος λαδιού που καταναλίσκεται. Για παράδειγμα, για κάθε 100 χιλιοστά του γραμμαρίου χοληστερίνης που εισάγεται από τα τρόφιμα, η ανύψωσή της στο αίμα αυξάνεται περίπου κατά 5-10 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά 100 κυβικά εκατοστά ορού αίματος, σε συνολικό ποσοστό χοληστερίνης, στους υγιείς, 150-200 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά 100 κυβικά εκατοστά ορού αίματος. Η γνώση του μηχανισμού σύνθεσης της χοληστερίνης από τον οργανισμό, ενδογενώς με το μονοπάτι του μεβαλονικού οξέος και εξωγενώς με τα τρόφιμα, θα βοηθήσει τα προσεχή χρόνια, κατά κύριο λόγο, στην παραγωγή τροφίμων με μειωμένο ποσοστό χοληστερίνης, αλλά και στην ανακάλυψη φαρμάκων που αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων που οδηγούν στη σύνθεση χοληστερίνης, όπως η *λοβαστατίνη.* Τα φάρμακα αυτά ή η *ροσουβοστατίνη* μειώνουν τη σύνθεση χοληστερίνης και αυξάνουν την ικανότητα για μεταγραφή των γονιδίων των υποδοχέων των λιποπρωτεϊνών του τύπου LDL. Βέβαια έχουν παρενέργειες, γι' αυτό η χορήγησή τους πρέπει να γίνεται μόνο υπό ιατρική παρακολούθηση.

– Φαίνεται, παρενέβη ο Ιπποκράτης, ότι υφίσταται ένας μηχανισμός ανάδρασης μεταξύ της χοληστερίνης που παράγεται από το συκώτι και αυτής που εισά-

γεται με τα τρόφιμα, έτσι ώστε στους υγιείς ανθρώπους το συνολικό ποσοστό στο αίμα να μένει σταθερό· όταν, δηλαδή, λόγω διατροφής απορροφάται περισσότερη χοληστερίνη, μειώνεται η παραγωγή της από το συκώτι. Το 80% όμως της χοληστερίνης παράγεται από τον οργανισμό, κυρίως στο συκώτι.

– Δεν υπάρχει αμφιβολία, συνέχισε ο Κάρολος, ότι σε περιπτώσεις υπερχοληστεριναιμίας η μείωση στην κατανάλωση τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε χοληστερίνη, έστω και κατά μικρό ποσοστό, μειώνει τη στάθμη χοληστερίνης στο αίμα. Είναι ορθό να προσπαθούμε να περιορίσουμε την εισαγωγή χοληστερίνης με τα τρόφιμα σε ποσό που να μην υπερβαίνει τα 300 χιλιοστά του γραμμαρίου την ημέρα. Να σας δώσω ένα μέτρο: ο κρόκος ενός αβγού περιέχει 275 χιλιοστά του γραμμαρίου χοληστερίνη, ενώ, αντίστοιχα, σε 100 γραμμάρια μυαλά περιέχονται 2.386 χιλιοστά, σε 100 γραμμάρια νεφρά 700 χιλιοστά, σε 100 γραμμάρια συκώτι 410 χιλιοστά, σε 100 γραμμάρια γαρίδες 140 χιλιοστά και σε 100 γραμμάρια τυρί 80 χιλιοστά. Πολύ όμως καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την επιλογή διαιτολογίου φτωχού σε κορεσμένα και πλούσιου σε πολυακόρεστα γλυκερίδια. Η απορρόφηση της χοληστερίνης από το λεπτό έντερο εξαρτάται και από το ποσό και το είδος των τριγλυκεριδίων που συνευρίσκονται στο έντερο. Τέλος, ένα ποσοστό χοληστερίνης αποικοδομείται από βακτηρίδια, τα οποία συνυπάρχουν στην εντερική χλωρίδα. Η χοληστερίνη, όπως είπαμε, είναι αδιάλυτη στο νερό και απορροφάται πολύ δύσκολα, η παραγόμενη όμως από τον οργανισμό απορροφάται ταχύτερα απ' αυτήν των τροφίμων.

Αν τηρηθούν οι παραπάνω κανόνες από τη νεαρή ηλικία, τότε υπάρχει βάσιμη ελπίδα να μην εμφανιστούν αργότερα τα αθηροσκληρωτικά φαινόμενα. Στις βιομηχανικές κοινωνίες τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται πολλές φορές στα είκοσι χρόνια. Αλλά και στους μεγάλους η κατάσταση είναι δυνατόν να βελτιωθεί σημαντικά με μείωση κατά 10-15% του ποσοστού της χοληστερίνης.

Τα νεογέννητα παιδιά έχουν περίπου 80 χιλιοστά του γραμμαρίου χοληστερίνη ανά 100 κυβικά εκατοστά ορού αίματος. Ύστερα από μερικές εβδομάδες το ποσό αυτό ανεβαίνει στα 100 χιλιοστά. Στο Μεξικό η στάθμη της χοληστερίνης διατηρείται στα χαμηλά αυτά ποσοστά μέχρι τα δέκα με δεκατέσσερα χρόνια, ενώ στις ΗΠΑ, όπου τα διαιτολόγια είναι πλούσια, φτάνει αντίστοιχα στα 186 χιλιοστά. Από κει και πέρα, στις βιομηχανικές κοινωνίες του υπερσιτισμού και των λιπαρών διαιτολογίων, η στάθμη της σταθεροποιείται στα 230-240 χιλιοστά, ενώ στις υποσιτιζόμενες περιοχές, με τη φυσιολογική ζωή και την αναγκαστική εξάσκηση, παραμένει στα 150-180 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά 100 κυβικά εκατοστά ορού αίματος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ποσοστά χοληστερίνης, πέρα από τα όρια αυτά (200), θα πρέπει να έλκουν την προσοχή για τη μείωσή της, ιδιαίτερα στους μεσήλικες. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι, αν η φροντίδα ξεκινήσει από τη νεανική ηλικία, τ' αποτελέσματα θα είναι πολύ καλύτερα.

Ο δρόμος για τη μείωση της χοληστερίνης στις μη παθολογικές ή με κληρονομική προδιάθεση περιπτώσεις είναι: μείωση των κορεσμένων λιπαρών (λάδι

καρύδας, βούτυρο κακάο, ζωικά λίπη, μαργαρίνες, γαλακτοκομικά προϊόντα πλούσια σε βούτυρο) και αύξηση των ακόρεστων (ελαιόλαδου), σε συνδυασμό με πολυακόρεστα (σπορέλαιων και κυρίως σογιέλαιου, καλαμποκέλαιου, ηλιέλαιου) και κυρίως ψαριών (ιδιαίτερα των φτηνών ψαριών, όπως το σκουμπρί, ο γάβρος, η σαρδέλα, η ρέγγα, ο σολομός κ.λπ., τα οποία περιέχουν τα πολύ ευεργετικά ω-3 οξέα). Συγχρόνως χρειάζεται κάποια επαγρύπνηση στο ποσοστό χοληστερίνης που έχουν τα τρόφιμα, τα οποία καταναλίσκονται καθημερινά, ώστε το ποσό αυτής, σε κανονικές περιπτώσεις, να μην υπερβαίνει τα 300 χιλιοστά του γραμμαρίου την ημέρα.

– Τα μονοακόρεστα, όπως το ελαϊκό του ελαιόλαδου, οι υδατάνθρακες από τα φυτικής προέλευσης τρόφιμα (δημητριακά, όσπρια) και γενικότερα το άμυλο, έχουν ουδέτερη δράση ως προς το ποσοστό χοληστερίνης. Αντίθετα, αύξηση του ποσοστού λιπαρών, γενικά, έναντι των υδατανθράκων συντελεί στην αύξηση των «κακών» λιποπρωτεϊνών (VLDL και LDL) και μείωση των καλών (HDL), πρόσθεσε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Οι τροφές, οι πλούσιες σε ίνες (κυρίως κυτταρίνης), και οι *διαλυτές ίνες* (ημικυτταρίνες, πηκτίνες), όπως το πιτυρούχο ψωμί, το φύτρο του σιταριού, το πλήρες ψωμί από σίκαλη, κριθάρι, βρώμη, ακόμα καλύτερα τα πίτυρα της βρώμης, ο φλοιός του ρυζιού, το γκουάρ, η πηκτίνη από τα μήλα και τα φρούτα, η καραγενάνη από τα φύκια, η χιτίνη από τα καβούκια των μαλακοοστράκων (αστακούς, γαρίδες, καβούρια), τα χόρτα, οι σαλάτες, προκαλούν μείωση των επιβαρυντικών λιποπρωτεϊνών πολύ μικρής πυκνότητας, όπως και των τριγλυκεριδίων. Ακόμα και διαιτολόγιο πλουσιότερο σε χοληστερίνη, όταν τηρούνται τα παραπάνω, δεν αυξάνει αισθητά το ποσοστό της στο αίμα. Ένα αβγό, για παράδειγμα, το οποίο περιέχει 275 χιλιοστά του γραμμαρίου χοληστερίνη, όπως είπαμε, επιβαρύνει τον οργανισμό με περίπου 16-17 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά 100 κυβικά εκατοστά αίματος*. Ανάλογα επηρεάζεται συνήθως και η αρτηριακή πίεση.

– Σύμφωνα με τα παραπάνω, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι μια τέτοια δίαιτα οδηγεί σε καλύτερο έλεγχο του βάρους του σώματος, αλλά μειώνει και τις πιθανότητες για καρκίνο των εντέρων, του στήθους, καθώς και για διαβήτη. Συγχρόνως, διαιτολόγιο πλούσιο σε ακόρεστα βοηθάει στη μείωση της αρτηριακής πίεσης, κυρίως σε περιπτώσεις που αυτή οφείλεται στο ποσοστό ιόντων νατρίου (υπερκατανάλωση αλατιού). Σημαντική στην περίπτωση αυτή είναι η δράση των ιχθυελαίων. Σε άτομα, για παράδειγμα, τα οποία πάσχουν από ήπιες μορφές υπέρτασης, με την προσθήκη στα γεύματά τους ψαριών σε τέτοια ποσότητα, ώστε να προσλαμβάνουν περίπου τρία ως τέσσερα γραμμάρια ω-3 ακόρεστα οξέα την εβδομάδα, μέσα σε οχτώ μήνες μειώθηκε αισθητά η πίεσή τους, χωρίς όμως αυτό να ισχύει για όλες τις περιπτώσεις, κατέληξε ο Κάρολος.

* Πρόκειται για την τετραγωνική ρίζα του ενεχόμενου ποσοστού χοληστερίνης.

– Η γυναίκα μου, είπε ο Ευκλείδης, που είναι πολύ πιο νέα από μένα, έχει χοληστερίνη 300, που είναι σχετικά υψηλή. Τι θα τη συμβούλευες να κάνει για να την χαμηλώσει;

– Νομίζω, είπε ο Ιπποκράτης, υπάρχουν τέσσερεις προσεγγίσεις, που μπορεί να εφαρμόσει χωρίς κίνδυνο· αν εφαρμόσει και τις τρεις συνδυασμένες, έχει περισσότερες πιθανότητες για μείωση μέσα σε έναν-δύο μήνες.

Η πρώτη είναι να μειώσει τα κορεσμένα, δηλαδή τα ζωικά λίπη και τις μαργαρίνες, τα υδρογονωμένα (hydrogenated) λιπαρά και ορισμένα φυτικά που μας είπε ο Κάρολος και ν' αποφεύγει τα τρόφιμα με πολύ χοληστερίνη, όπως τα μυαλά, τα εντόσθια, τ' αβγά· αντίθετα, να προτιμάει τα ψάρια, τις σαλάτες, τα φρούτα, το ελαιόλαδο. *Πάντως, στο σύνολό τους, τα λιπαρά που θα καταναλίσκει δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το ένα τέταρτο των συνολικών θερμίδων που παίρνει κάθε μέρα. Το σταθερό βάρος είναι ένας δείκτης γι' αυτό.*

Η δεύτερη προσέγγιση είναι να περιλάβει στο καθημερινό διαιτολόγιό της τροφές πλούσιες σε ίνες, που βοηθάνε αποτελεσματικά στην αποβολή της χοληστερίνης υπό μορφή χολικών οξέων. Με τον τρόπο αυτό μόρια της χοληστερίνης μετατρέπονται σε χολικά οξέα, ώστε να υποκατασταθούν τα αποβληθέντα, και έτσι το ποσοστό της μειώνεται.

Η τρίτη, να κάνει χρήση βιταμίνης Β-3, δηλαδή *νικοτιναμιδίου* ή *νιασίνης,* αν δεν έχει κάποιο λόγο να την αποφύγει – κι αυτό πρέπει να το πει ο γιατρός της – γιατί φαίνεται ότι βοηθάει, ρυθμίζοντας την ενζυματική δράση της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης και μειώνεται η παραγωγή στο συκώτι των «κακών» LDL λιποπρωτεϊνών και των τριγλυκεριδίων.

Η τέταρτη, τέλος, είναι να προσθέσει φυτοστερόλες, οι οποίες κατά τον εξευγενισμό (ραφινάρισμα) των ελαίων έχουν απομακρυνθεί. 1-1,5 γραμμάριο φυτοστερόλες τη μέρα είναι αρκετό. Με τον τρόπο αυτό μειώθηκε σε πολλούς φίλους και πελάτες μου η χοληστερίνη τους – σε ορισμένες περιπτώσεις και η πίεσή τους – γύρω στο 20% και οι LDL λιποπρωτεΐνες κατά 25%, ενώ υπήρξε μια αύξηση των ευνοϊκών λιποπρωτεϊνών (HDL), πρόσθεσε ο Ιπποκράτης.

– Αν δεν κάνω λάθος, αυτό είναι το διαιτολόγιο που είχε προτείνει ο R. Kowalski πριν αρκετά χρόνια, παρατήρησε ο Κάρολος.

– Θα έλεγα, είπε ο Ιπποκράτης, ότι ο Kowalski, όντας ευσυνείδητος δημοσιογράφος, με σπουδές στην ιατρική φυσιολογία και παθών ο ίδιος – έχει κάνει δύο φορές by-pass – προσπάθησε φανατικά να διερευνήσει και να κωδικοποιήσει την τεράστια ερευνητική δουλειά που είχε γίνει στον τομέα αυτό τα τελευταία χρόνια. Γι' αυτό, το βιβλίο του για τη χοληστερίνη αποτελεί μιαν αξιόλογη συμβολή στο πρόβλημα. Βέβαια το βιβλίο θέλει συμπλήρωση διότι έκτοτε πολλά μάθαμε.

– Απ' ό,τι βλέπω, παρενέβη ο Ευκλείδης, το πρόβλημα είναι πολύπλοκο και γι' αυτό θέλει πολύπλευρη αντιμετώπιση.

– Σωστά, είπε ο Κάρολος, αλλά σήμερα υπάρχουν ακόμα καλύτερες προ-

σεγγίσεις που βοηθάνε να μην χάνει γευστικά ο άνθρωπος και πολλά πράγματα, προσέχοντας τη διατροφή του. Σας επιφυλάσσω μερικές εκπλήξεις, γευστικές και διαιτητικές. Επειδή όμως μιλάμε για λιπαρά, θα ήθελα να προσθέσω ότι υπάρχουν ελπιδοφόρα νέα: ορισμένα γλυκερίδια μικρών σε αλυσίδα οξέων, για παράδειγμα με οχτώ και δέκα ανθρακοάτομα (MCT: Medium Chain Triglycerides), παρότι λιπαρά, καίγονται, μεταβολίζονται και οξειδώνονται στο συκώτι τόσο γρήγορα, όσο και οι υδατάνθρακες και γι' αυτό μειώνεται το ποσοστό χοληστερίνης τόσο στο αίμα όσο και στους ιστούς, ενώ συγχρόνως δεν γίνεται απόθεση λίπους. Αυτά χρησιμοποιούνται ήδη σε δίαιτες –ως ενεργειακή πηγή κυρίως– για τα παιδιά των θερμοκοιτίδων και αυτούς που έχουν ανάγκη από μία συγκεντρωτική πηγή θερμίδων. Μεικτά γλυκερίδια αυτού του τύπου, συνδυασμένα μαζί με ω-3 οξέα των ιχθυελαίων, πρέπει να θεωρούνται ακόμα πιο ευνοϊκά για ορισμένες περιπτώσεις. Ακόμα, ορισμένοι εστέρες της ζάχαρης, όπως ο οκταστεατικός εστέρας της κοινής ζάχαρης, δεν μεταβολίζονται, επομένως προσφέρουν όλη τη γευστικότητα των λιπαρών χωρίς τις παρενέργειές τους. Εκτός απ' αυτό, επειδή διαλύουν τη χοληστερίνη και τα χολικά οξέα, συντελούν στη μείωσή τους με αποβολή τους στα κόπρανα. Το μέλλον λοιπόν είναι αισιόδοξο, κατέληξε ο Κάρολος.

Η οθόνη του video-τηλεφώνου γέμισε εκείνη τη στιγμή από την τροφαντή παρουσία του Τζίμη, του ανηψιού του Κάρολου. Παρακάλεσε τον Κάρολο να τον συγχωρήσει, γιατί κάτι απρόοπτο τον ανάγκαζε να αναβάλει την επίσκεψή του.

Αποφάσισαν όλοι μαζί να τον περιμένουν.

– Για θύμισέ μου, είπε ο Ευκλείδης, είναι εκείνο το χοντρό παιδί που δεν του άρεσαν οι σπουδές και ήθελε να κάνει επιχειρήσεις;

– Ακριβώς, αποκρίθηκε ο Κάρολος· και γι' αυτό πέτυχε ως επιχειρηματίας. Δυστυχώς, όμως, έχει ακόμα το πρόβλημα της παχυσαρκίας, και πολύ φοβάμαι ότι θα έχει κι άλλες επιπλοκές. Απ' ό,τι μου είπε, έχει αυξημένη χοληστερίνη και υψηλή πίεση· και δεν φτάνουν αυτά, αλλά εξακολουθεί να τρώει σαν ήρωας της «Ιλιάδας» και να καπνίζει σαν καμινάδα.

– Αλήθεια, είπε ο Ιπποκράτης, αποτεινόμενος στον Κάρολο, μιας και μιλάμε για λιπαρή διατροφή κι έχουμε λίγο χρόνο, δεν μας λες πού βρίσκεται το θέμα των EPA και DHA, δηλαδή των ω-3 ακόρεστων οξέων από τα ψάρια, για τα οποία έγινε τόσος θόρυβος τις τελευταίες δεκαετίες;

– Όπως συμβαίνει με το καθετί που προσφέρεται ως πανάκεια κατά πάσης νόσου, έτσι και στην περίπτωση αυτή υπήρξαν υπερβολές και προσδοκίες μεγαλύτερες από αυτές που ήταν δυνατόν να περιμένει κάποιος. Τώρα που ο θόρυβος καταλαγιάζει, μπορούμε να εκτιμήσουμε τα συμπεράσματα, παρόλο που χρειάζεται ακόμα αρκετός χρόνος ερευνητικής προσπάθειας για να φωτιστεί ένα τόσο πολύπλοκο θέμα. Αλλά ας πιάσουμε το θέμα απ' την αρχή, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

**Τα δώρα των ωκεανών και της ελιάς – Ο απόηχος της θάλασσας – Οι καρδιές των Εσκιμώων και των Κρητικών. Οι επιφυλάξεις για κατάχρηση εξευγενισμένου σπορέλαιου**

– Οι Εσκιμώοι στα χωριά της Γροιλανδίας και κυρίως στην περιοχή του Ουπερναβίκ, εξακολουθούν να διατηρούν εδώ και εκατοντάδες χρόνια τις τροφικές συνήθειες των προγόνων τους. Τα προϊόντα της θάλασσας αποτελούν την κύρια τροφή τους. Σ' αυτούς τους πληθυσμούς το έμφραγμα του μυοκαρδίου, το βρογχικό άσθμα, η ρευματοειδής αρθρίτιδα, ο διαβήτης, η πολλαπλή σκλήρυνση, η ψωρίαση και οι ασθένειες του ανοσοποιητικού συστήματος είναι εξαιρετικά σπάνιες. Τα οξέα εμφράγματα του μυοκαρδίου, για παράδειγμα, είναι δεκατρείς φορές λιγότερα απ' ό,τι στους λαούς με τα συνήθη πλούσια διαιτολόγια. Η διαπίστωση αυτή, στατιστικά τεκμηριωμένη από διάφορες ομάδες ερευνητών, επεκτάθηκε στους Εσκιμώους που ζούσαν στη Δανία και ακολουθούσαν τις τροφικές συνήθειες των αστικών πληθυσμών της περιοχής. Εκεί το ποσοστό θανάτων από τις παραπάνω ασθένειες ήταν υψηλό, αντίστοιχο με των γηγενών Δανών. Η διαφορά θνησιμότητας δεν ήταν δυνατόν, επομένως, ν' αποδοθεί σε γενετικά και κληρονομικά αίτια. Η συγκριτική έρευνα επεκτάθηκε και σε άλλες περιοχές της Γης, όπου οι κάτοικοί τους δεν ήταν δυνατόν να έχουν καμιά γενετική σχέση με τους Εσκιμώους της Γροιλανδίας, όπως στα ψαροχώρια της Αλάσκας και της Ιαπωνίας, όπου η βάση της διατροφής είναι και πάλι τα θαλασσινά. Τα ποσοστά θνησιμότητας από τις παραπάνω ασθένειες ήταν περίπου το ίδιο χαμηλά με των Εσκιμώων της Γροιλανδίας.

Ήταν φανερό, λοιπόν, ότι ο ωκεανός, λίκνο δημιουργίας της ζωής, πρόσφερε τα δώρα του. Έπρεπε όμως αυτά να εντοπιστούν. Καταρχήν ήταν ανάγκη να εστιαστούν οι παράγοντες που δημιουργούσαν την τόσο εντυπωσιακή διαφορά θνησιμότητας. Το θέμα ήταν τόσο ενδιαφέρον για μυριάδες ανθρώπους, ώστε η έρευνα εντατικοποιήθηκε γοργά τα τελευταία χρόνια. Έτσι, δεν άργησε να εστιαστεί στα γλυκερίδια των ψαριών, δηλαδή το ιχθυέλαιο και τα ιδιόρρυθμα *γλυκερίδιά* του.

Οι παλαιότεροι θα θυμούνται το μαρτύριο του κακόγευστου μουρουνόλαδου, που υποχρεωνόμαστε να πιούμε για τις «βιταμίνες» του, όπως πίστευαν τότε. Το κάτι διαφορετικό ανάμεσα στα ιχθυέλαια και τα άλλα λάδια είναι τα ω-3 πολυακόρεστα οξέα, ορισμένα από τα οποία, όπως το εικοσιπεντενοϊκό οξύ (EPA) με είκοσι ανθρακοάτομα και πέντε ακορεστότητες, δηλαδή πέντε διπλούς δεσμούς, και το εικοσιδυοεξενοϊκό οξύ (DHA) με είκοσι δύο ανθρακοάτομα και έξι ακορεστότητες, δηλαδή έξι διπλούς δεσμούς, αποτελούν σχεδόν αποκλειστικότητα του κόσμου των βυθών. Τα οξέα αυτά θα διαδραματίζουν, πιθανότατα, στα επόμενα χρόνια, όλο και πιο σημαντικό ρόλο στην πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων και άλλων ασθενειών.

Ήταν φανερό ότι τα μοναδικά αυτά θαλασσινά οξέα με τα είκοσι και είκοσι

δύο άτομα άνθρακα και τους πέντε ή έξι διπλούς δεσμούς – από τους οποίους οι πρώτοι ξεκινάνε από τη θέση 3 από το τέλος του μορίου, γι' αυτό και ο χαρακτηρισμός τους ως ω-3 – παράγονται προνομιακά από τους θαλασσινούς οργανισμούς.

Τα οξέα αυτά δημιουργούνται αρχικά στο φυτοπλαγκτόν, την πρωτόγονη μικροσκοπική, αλλά τόσο ευεργετική μονάδα ζωής, η οποία δίνει το έναυσμα για την αλυσίδα της ζωής σε κάθε σταγόνα θαλασσινού νερού. Μέχρι τώρα γνωρίζαμε τη σημασία του για την παραγωγή οξυγόνου, αφού οι μικροσκοπικοί αυτοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να συλλαμβάνουν την ηλιακή ενέργεια και να φωτοσυνθέτουν. Από αυτά τα απίστευτα μικρά εργοστάσια, ορατά μόνο κάτω από το μικροσκόπιο, παράγονται οι ζωτικές για τη ζωή ουσίες, *γλυκόζη, λιπίδια, πρωτεΐνες* και *οξυγόνο,* ενώ συγχρόνως διυλίζονται δεκάδες κυβικά θαλασσινού νερού και στη διάφανη μικρομάζα τους παγιδεύονται όλα τα πολύτιμα ιχνοστοιχεία που κρύβουν οι ωκεανοί, κληρονομιά της Μεγάλης Έκρηξης, του Big-Bang. *Από τις σταγόνες του θαλασσινού νερού ξεκινάει το θαύμα της ζωής.* Ας μην λησμονάμε ότι όλα ξεκίνησαν από τη θάλασσα. Η αλυσίδα της εξέλιξης προχώρησε από τα πρωτόβια στα ψάρια, τα αμφίβια, τα ερπετά, τα θηλαστικά, τον άνθρωπο.

Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί τροφή για τα μικροσκοπικά, αόρατα στο μάτι γαριδάκια, δηλαδή το ζωοπλαγκτόν, αλλά και για την άκακη φάλαινα, τα καλαμάρια και πολλά άλλα ακόμα θαλασσινά. Με τη σειρά τους τα μικρά ψάρια τρέφονται με το ζωοπλαγκτόν και αυτά καταβροχθίζονται από τα μεγαλύτερα ψάρια· η γνωστή αλληλουχία. Η τροφική αλυσίδα, όμως, ξεκινώντας από το φυτοπλαγκτόν, περιλαμβάνει όλα τα ακόρεστα ω-3 οξέα.

Τα οξέα αυτά, που υπάρχουν κυρίως στα ψάρια και περισσότερο στα αφρόψαρα, όπου βρίσκεται το φυτοπλαγκτόν, δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθούν από τον οργανισμό, γι' αυτό πρέπει να εισαχθούν με την τροφή. Η ικανότητα για σύνθεσή τους στον άνθρωπο είναι πολύ περιορισμένη σε σχέση με άλλα θηλαστικά, όπως τα ποντίκια. Σε άλλα όμως ζώα, όπως οι γάτες, δεν υφίσταται σχεδόν καθόλου. Κι αυτό εξηγεί την αγάπη τους για τα ψάρια. Οι ενάλιοι δηλαδή οργανισμοί έχουν κληρονομήσει τα ω-3 οξέα από την πανάρχαια ιστορία της ζωής, δισεκατομμύρια χρόνια πριν· τότε που δεν υπήρχε παρά φυτοπλαγκτόν, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις στεριές, οι σπόροι, κύρια πηγή λαδιών, περιέχουν κυρίως ω-6 ακόρεστα οξέα (λινελαϊκό), ενώ τα ω-3 σπανίζουν. Μια εξαίρεση αποτελεί το λινέλαιο, το λάδι που χρησιμοποιείται στις λαδομπογιές, και λιγότερο το σογιέλαιο. Αυτά περιέχουν λινολενικό οξύ, ένα ω-3 ακόρεστο οξύ, με δεκαοχτώ όμως και όχι είκοσι ή είκοσι δύο ανθρακοάτομα, όπως στα ψάρια.

Όμως τα ω-6 ακόρεστα οξέα των σπορελαίων έχουν τάση να μετασχηματίζονται προς *αραχιδονικό οξύ,* το οποίο είναι πρόδρομος της *θρομβοξάνης* και των *λευκοτριενίων,* ουσιών με υπερορμονική δράση – σας είχα μιλήσει γι' αυτά

όταν αναφέραμε τις προσταγλανδίνες, αυτές τις υπερορμόνες – που φαίνεται ότι συμβάλλουν στην αθηροσκλήρωση, τη θρόμβωση, τη ρευματική αρθρίτιδα και το βρογχικό άσθμα.

Μια ακόμα απόδειξη για την ενοχή των παραπάνω ιχνοουσιών, απογόνων του αραχιδονικού οξέος, θεμελιώθηκε όταν βρέθηκε η εξήγηση, γιατί η τόσο γνωστή *ασπιρίνη,* το παλαιότερο συνθετικό φάρμακο –γνωστό από το 1895– εξασκεί αντιθρομβωτική τάση. Όπως εξακριβώθηκε, η ασπιρίνη παρεμποδίζει την ενζυματική μετατροπή του αραχιδονικού οξέος προς προσταγλανδίνη. (Σ' αυτό το μηχανισμό οφείλεται και η παυσίπονη δράση της, αφού το σήμα του πόνου δίνεται στον εγκέφαλο από μια προσταγλανδίνη, την $E_2$).

Αντίθετα, τα ω-3 οξέα του θαλασσινού βασιλείου ανταγωνίζονται το σχηματισμό του αραχιδονικού οξέος, αναστέλλουν δηλαδή την παραγωγή αυτού και των απογόνων του, που είναι υπεύθυνα για τις παθήσεις αυτές. Δηλαδή, τόσο στην περίπτωση της ασπιρίνης, όσο και των ω-3 οξέων, που απαντούν στα ιχθυέλαια, αναστέλλεται η σύνθεση της θρομβοξάνης και των λευκοτριενίων, συγχρόνως όμως υπάρχει συμβολή για την ισόρροπη βιοσύνθεση ευεργετικών προσταγλανδινών, όπως της *προστακυκλίνης.* Πέρα όμως απ' αυτό, η δράση των ω-3 ακόρεστων φαίνεται να είναι πολύ ευρύτερη, αν και ακόμα όχι απόλυτα κατανοητή. Τ' αποτελέσματα πάντως από τη δράση τους είναι οφθαλμοφανή.

Από συγκριτικά δεδομένα φαίνεται ακόμα ότι, ενώ τα εμφράγματα και οι συναφείς με το ανοσοποιητικό σύστημα ασθένειες είναι εξαιρετικά σπάνιες στους Εσκιμώους, οι θάνατοι από αποπληξία είναι αυξημένοι. Αυτό είναι δυνατόν να δικαιολογηθεί από τις μεγάλες ποσότητες αλατιού, που καταναλίσκουν από τα παστά ψάρια, και γενικά από τροφές που συλλέγονται τους λίγους καλοκαιρινούς μήνες και τις φυλάνε σε αλατοδιάλυμα όλο το μακρύ χειμώνα.

Εξάλλου η μεσογειακή δίαιτα, που βασίζεται στο ελαιόλαδο και τα ψαρικά, έχει διπλό προνόμιο, αφού το *παρθένο* ελαιόλαδο (και όχι το ραφινέ) πλούσιο σε μονοακόρεστα λιπαρά (ελαϊκό οξύ), το οποίο αντίθετα με τα ω-6 πολυακόρεστα των σπορελαίων, δεν σχηματίζει θρομβοξάνη και λευκοτριένια, ούτε όμως έχει τα μειονεκτήματα των κορεσμένων οξέων (ζωικά λίπη). *Εκτός όμως από αυτό το μεγάλο πλεονέκτημα του παρθένου ελαιόλαδου είναι η παρουσία ιχνών ισχυρά αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως πολυφαινόλες, ελαιοευρωπαΐνη, ελαιοκανθάλη, κατεχινών με ευεργετικά για την υγεία αποτελέσματα, ουσίες που υπάρχουν στις ελιές, αλλά και στα φύλλα της ελιάς,* είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Ο Βάκχος, η υγεία, η μακροζωία και η σιλουέτα μας

– Είναι γνωστό ότι τα σταφύλια, περισσότερο τα κόκκινα, λιγότερο τα άσπρα, κυρίως οι φλούδες τους και λιγότερο ο χυμός τους, περιέχουν μια ουσία με αντιοξειδωτικές ιδιότητες: τη *ρεσβερατρόλη*, η οποία ρυθμίζει το μεταβολισμό του λίπους, παρεμποδίζει τη συνάθροιση και συνένωση των αιμοπεταλίων, υπεύθυνων για τις αποθέσεις χοληστερίνης στις αρτηρίες, και την απαρχή της αρτηριο-

σκλήρωσης και των καρδιαγγειακών ασθενειών, εξασκεί χημειοπροστατευτική δράση έναντι του καρκίνου του προστάτη, με παρεμπόδιση της δράσης των ανδρογενών υποδοχέων.

Σ' αυτήν αποδίδουν το «γαλλικό παράδοξο», όπως λέγεται, δηλαδή το γεγονός ότι οι καρδιαγγειακές παθήσεις είναι μειωμένες στις νότιες περιοχές που οι κάτοικοι καταναλίσκουν κρασί, σχετικά με τις περιοχές όπου συνηθίζεται η ζυθοποσία.

Με βάση τις ιδιότητες αυτές, μια μεγάλη ομάδα από το Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας (NIH) των ΗΠΑ, το τμήμα Γεροντολογίας του J. Hopkins, το Πανεπιστήμιο του Sidney και το κέντρο Βιολογίας του Πανεπιστημίου της Σεβίλης στην Ισπανία, που έκανε μια συστηματική έρευνα στις ιδιότητες της ρεσβερατρόλης πειραματιζόμενοι με ομάδες ποντικιών παρατήρησαν ότι μεσήλικοι ποντικοί διατρεφόμενοι με πλούσια σε θερμίδες δίαιτα, σε σύγκριση με διατρεφόμενους με κανονική δίαιτα, ότι η ζωή των πρώτων, παρά τη διατροφική κατάχρηση, παρατάθηκε και αυξήθηκε η ευαισθησία τους στη δράση της ινσουλίνης, της ορμόνης που ρυθμίζει το μεταβολισμό σακχάρων και την ανωμαλία παραγωγής της από το πάγκρεας και οδηγεί στο σακχαροδιαβήτη. Συγχρόνως αυξήθηκε ο αριθμός των μιτοχονδρίων, τα οποία ρυθμίζουν και το μεταβολισμό (την καύση των λιπών), προφυλάσσουν το ήπαρ από τις αλλοιώσεις που προκαλούνται από υπερβολική κατανάλωση λιπαρών, με αποτέλεσμα την αναίρεση των δυσάρεστων αιτιών της παχυσαρκίας. Αποτέλεσμα η παράταση της ζωής και η βελτίωση γενικά της υγείας των διατρεφόμενων με πρόσθετη ρεσβερατρόλη στο διαιτολόγιό τους.

Ειδικότερα το κόκκινο κρασί, κατά την παρασκευή του οποίου τα στέμφυλα παραμένουν αρκετές ώρες με το ζυμούμενο χυμό. Έτσι εκχυλίζονται από αυτόν οι προκυανιδίνες: ολιγομερείς προκυανιδίνες (γαλλο-τετρα-επικατεχίνες), οι χρωστικές και πολλές ουσίες που απαντούν στα φλούδια και κυρίως στα σπέρματα. Οι πολυφαινόλες, ισχυρά αντιοξειδωτικές ουσίες, στις οποίες ανήκουν και οι προκυανιδίνες έχουν σχέση με το μειωμένο κίνδυνο καρδιοπαθειών και γενικά τη μείωση της θνησιμότητας (μειώνουν τη σύνθεση της ενδοθηλίνης, ενός πεπτιδίου με αγγειοσυσταλτικές δράσεις και ευνοούν τη διαστολή των αγγείων).

– Με την ευκαιρία, δεν μας λες κάτι για την πίεση, μιας και είμαστε όλοι υπερτασικοί, είπε ο Ευκλείδης, αποτεινόμενος στον Ιπποκράτη.

## Υπέρταση

– Όταν λέμε «υπέρταση» ή απλά «πίεση», άρχισε ο Ιπποκράτης, μιλάμε συνήθως για ένα αποτέλεσμα: την ανύψωση της πίεσης του αίματος στα αιμοφόρα αγγεία. Το σύστημα, το οποίο ρυθμίζει την αρτηριακή πίεση είναι πολύπλοκο και οι μηχανισμοί του αποκρυπτογραφούνται καθημερινά. Στον έλεγχο του συστήματος συμμετέχουν πολλές ορμόνες και κατεχολαμίνες, όπως το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης, το οποίο ελέγχεται από τη βαζοπρεσίνη και

διάφορα εικοσιανοειδή (προσταγλανδίνες). Πρόδρομοι των τελευταίων, όπως είπαμε, είναι διάφορα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που δραστηριοποιούνται σε διάφορα σημεία του οργανισμού και συμμετέχουν τα νεφρά (ρενίνη), η υπόφυση (βαζοπρεσίνη), ο υποθάλαμος (RF) και τα επινεφρίδια (αλδοστερόνη). Οι αιτίες όμως, στις οποίες οφείλεται η υπέρταση είναι πολλές και εν μέρει άγνωστες, ιδιαίτερα αυτές, τις οποίες χαρακτηρίζουμε ως *ιδιοπαθή υπέρταση.*

– Τι εννοούμε όταν λέμε *ιδιοπαθής υπέρτασης;* ρώτησε ο Πλάτων.

– Να σου πω εγώ, παρενέβη ο Κάρολος. Όταν οι χημικοί δεν ξέρουμε να εξηγήσουμε κάτι, μιλάμε για στερεοχημική παρεμπόδιση, και οι γιατροί για ίωση ή αλλεργία ή *ιδιοπαθή υπέρταση.* Και είναι όλοι ευχαριστημένοι. Ίσως ήταν πιο απλό να πούμε: δεν ξέρουμε!

## Η ιδιοπαθής υπέρταση

– Η ρενίνη, συνέχισε ο Ιπποκράτης, είναι ένα ένζυμο που όταν απελευθερώνεται από τα νεφρά δημιουργεί την *αγγειοτενσίνη Ι,* η οποία ως ένζυμο είναι αδρανής. Αυτή όμως με τη βοήθεια ενός μετατρεπτικού ενζύμου, μεταπίπτει σε *αγγειοτενσίνη ΙΙ,* μια ουσία με ισχυρή ορμονική δράση, που στενεύει τις αρτηρίες και δημιουργεί την αρτηριακή πίεση. Συγχρόνως βοηθάει στην έκκριση μιας άλλης ορμόνης, της *αλδοστερόνης,* που συντείνει στην απορρόφηση του νατρίου και προκαλεί απώλεια ιόντων καλίου από τα νεφρά. Τα δύο αυτά γεγονότα δημιουργούν την αύξηση της αρτηριακής πίεσης.

Αν δεσμευτεί το μετατρεπτικό ένζυμο της ρενίνης, τότε δεν παράγεται αγγειοτενσίνη ΙΙ και έτσι δεν επακολουθούν τα παραπάνω φαινόμενα. Μια ένεση ρενίνης, δηλαδή, προκαλεί για τους παραπάνω λόγους αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Φαίνεται ότι υπάρχει ένα ιδιαίτερο γονίδιο παραγωγής ρενίνης, το οποίο συνήθως κληρονομείται στους απογόνους. Γι' αυτό, τα παιδιά υπερτασικών γονιών έχουν πιθανότητα να είναι κι αυτά υπερτασικά. Ταυτόχρονα, το ίδιο μετατρεπτικό ένζυμο υπεισέρχεται σ' ένα δεύτερο ενζυματικό σύστημα, της *καλλικρεΐνης-βραδυκινίνης.* Η τελευταία, αντίθετα από την αγγειοτενσίνη ΙΙ, διαστέλλει τα αγγεία, καταστρέφεται όμως από την αγγειοτενσίνη ΙΙ. Επομένως, με τους αναστολείς του μετατρεπτικού ενζύμου αναστέλλεται συγχρόνως και η παραγωγή της *βραδυκινίνης*.

Στους αναστολείς της αγγειοτενσίνης ΙΙ ανήκουν και ορισμένα διπεπτίδια· πρόκειται για ουσίες των οποίων τ' αποτελέσματα σε πολλές περιπτώσεις είναι ικανοποιητικά, αφού αναστέλλουν τη δράση του μετατρεπτικού ενζύμου, της *ρενίνης,* επομένως και την παραγωγή της αγγειοτενσίνης ΙΙ. Τα παραπάνω φάρμακα βοηθούν και σε περιπτώσεις νεφραγγειακής υπέρτασης, που οφείλεται σε κακή λειτουργία των νεφρών ή στένωση της νεφρικής αρτηρίας.

Γενικότερα, η στένωση των αγγείων από συσσωρευμένα αθηρώματα στις μεγάλες αρτηρίες, είναι επιβαρυντική για οποιαδήποτε μορφή υπέρτασης, αφού, όταν δημιουργηθεί αυξημένη αντίσταση στη ροή του αίματος στα μικρά αγγεία

των ιστών, τελικά αυξάνεται η συνολική πίεση του αίματος στις μεγάλες αρτηρίες. Έτσι, η καρδιά αναγκάζεται να εργαστεί πιο έντονα για να συμπιέσει το αίμα προς όλο το σώμα. Αυτό όμως συνιστά φόρτο εργασίας για την καρδιά και γι' αυτό απαιτούνται περισσότερο οξυγόνο και καύσιμα (γλυκόζη). Όπως είναι επόμενο, η μεγαλύτερη πίεση που αναπτύσσεται αυξάνει τον κίνδυνο για διάρρηξη ορισμένων αγγείων (αιμορραγία, οίδημα, πρήξιμο).

Σε ορισμένους ανθρώπους η υπέρταση δημιουργείται και από την καθημερινή κατανάλωση αυξημένης ποσότητας αλατιού, οπότε, κατ' ανάγκην, συγκρατούνται μεγαλύτεροι όγκοι νερού στο κυκλοφοριακό σύστημα. (Ο οργανισμός τείνει να διατηρεί σταθερό το ποσοστό αλατιού στο αίμα· εισάγει επομένως και συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα υγρών, αν αυξηθεί το αλάτι). Στις περιπτώσεις αυτές η μείωση του αλατιού στο διαιτολόγιο και η χρήση διουρητικών αποκαθιστά συνήθως την ανωμαλία. Η χρήση πάντως των τελευταίων πρέπει να γίνεται μόνο ύστερα από ιατρική εισήγηση, γιατί η μακρόχρονη κυρίως χρήση διουρητικών παρουσιάζει διάφορες παρενέργειες, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης, και συνέχισε.

Ορισμένα από τα *εικοσιανοειδή* επηρεάζουν την αποβολή αλατιού και νερού, ενώ άλλα προκαλούν συστολή ή διαστολή των μικρών αιμοφόρων αγγείων ή μεταβάλλουν τη συστολή που προκαλείται από τις κατεχολαμίνες. Κατά την έννοια αυτή, το λιπαρό διαιτολόγιο, υπεύθυνο για τη βιοσύνθεση των εικοσιανοειδών, είναι δυνατόν να επηρεάσει την υπέρταση. Αυτό έχει καταδειχτεί και πειραματικά με παράλληλη δίαιτα με καλαμποκέλαιο, πλούσιο σε ω-6 πολυακόρεστα και ιχθυέλαιο, πλούσιο σε ω-3 οξέα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μετά δώδεκα ως είκοσι εβδομάδες – όχι όμως πάντοτε – με διαιτολόγιο πλούσιο σε ιχθυέλαιο η υπέρταση υποχωρεί.

Υπέρταση προκαλείται και από την ορμόνη των επινεφριδίων, μια από τις κατεχολαμίνες, την τόσο γνωστή *αδρεναλίνη,* η οποία προκαλεί διαφορετική επίδραση, δηλαδή διαστολή των μεγάλων αγγείων (αρτηριών) και παράλληλα συστολή των μικρών αιμοφόρων αγγείων· αλλά και οι δύο αυτές δράσεις συνεργάζονται για την ανύψωση της αρτηριακής πίεσης πάνω από το κανονικό. Μία εξήγηση που είναι δυνατόν να δοθεί για την ευεργετική δράση των ιχθυελαίων βασίζεται στην ικανότητά τους να μειώνουν τις συστολές που προκαλούνται από τις κατεχολαμίνες ή, μάλλον, την υπερευαισθητοποίηση που προκαλούν οι προσταγλανδίνες στις κατεχολαμίνες. Τα *ω-3 οξέα αναστέλλουν την παραγωγή προσταγλανδινών*. (Πιθανόν να υπάρχει και κάποιος συσχετισμός με το γεγονός ότι οι κατεχολαμίνες, εκτός από την ορμονική δράση τους, παίζουν ρόλο και νευροδιαβιβαστών). Ας μην λησμονείται ακόμα ότι κατά τις νευρικές αντιδράσεις, η ισορροπία των ιόντων νατρίου-καλίου, που προέρχονται από το αλάτι και τις φυτικές τροφές, είναι επίσης κρίσιμη, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Αυτά τα *εικοσιανοειδή* και οι *προσταγλανδίνες,* που όλο και ακούγονται περισσότερο τον τελευταίο καιρό, τι ακριβώς είναι; ρώτησε ο Ευκλείδης τον Κάρολο. Έχουμε ξαναμιλήσει γι' αυτές, αλλά τα έχω μπερδέψει λίγο.

– Δύσκολη η απάντηση, γιατί πρόκειται για πολλά παράγωγα και, ακόμα, υπάρχουν πολλά κενά στις γνώσεις μας και κάποιο μπέρδεμα από αντικρουόμενα ερευνητικά αποτελέσματα, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Τα εικοσιανοειδή

– Θα θυμάστε ότι τις τελευταίες δεκαετίες όλοι οι γιατροί συνιστούσαν μια στροφή προς τα ακόρεστα, τα *σπορέλαια.* Αυτό όμως αποδείχτηκε ότι έπρεπε να διερευνηθεί περισσότερο, και χρειάστηκε χρόνος γι' αυτό.

Τα κυριότερα από πλευράς κατανάλωσης στις βιομηχανικές χώρες σπορέλαια είναι το *σογιέλαιο,* το *ηλιέλαιο,* το *καμβέλαιο* και το *αραχιδέλαιο.* Χαρακτηριστικά των λαδιών αυτών είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε λινελαϊκό οξύ, ένα οξύ με δύο διπλούς δεσμούς (δι-ακόρεστο) με αρχή της ακορεστότητας από το έκτο άτομο της αλυσίδας των ανθρακοατόμων, δηλαδή ω-6 διακόρεστο οξύ. Τα λάδια αυτά, που είναι σίγουρα υγιεινότερα από τα κορεσμένα και τις μαργαρίνες, θεωρούνταν πανάκεια τις περασμένες δεκαετίες. Σήμερα ξέρουμε τις επιφυλάξεις, τις συνθήκες και τα ποσοστά που πρέπει να χρησιμοποιούνται. Όπως αποδείχτηκε, το λινελαϊκό οξύ, με μια σειρά ενζυματικών αντιδράσεων, είναι δυνατόν να μετασχηματιστεί στον οργανισμό σ' ένα οξύ με είκοσι ανθρακοάτομα και τέσσερεις διπλούς δεσμούς, το «αραχιδονικό οξύ», για το οποίο σας μίλησα και προηγουμένως. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο ανθρώπινος οργανισμός έχει την ικανότητα τόσο να επιμηκύνει την αλυσίδα ορισμένων λιπαρών οξέων, όσο και να δημιουργεί ακορεστότητες, όπως το λινελαϊκό με δεκαοχτώ ανθρακοάτομα (ω-6 με δύο ακορεστότητες) – υπάρχει σε όλα τα σπορέλαια – το οποίο το μετατρέπει στο «απαραίτητο» αραχιδονικό οξύ με είκοσι ανθρακοάτομα (ω-6 οξύ με τέσσερεις ακορεστότητες).

Το οξύ όμως αυτό, παρόλο που είναι απαραίτητο ως συστατικό της μεμβράνης των κυττάρων, έχει και δυσάρεστες παρενέργειες, όπως τη δημιουργία *εικοσιανοειδών*, δηλαδή *θρομβοξάνης* και *λευκοτριενίων*. Πρόκειται για ουσίες που έχουν επιλεγεί από τη φύση για να «συνομιλούν» τα κύτταρα μεταξύ τους, γι' αυτό και οι προσταγλανδίνες, τα εικοσιανοειδή, αντίθετα από τις ορμόνες που παράγονται σε διακεκριμένους μόνο αδένες, τους *ενδοκρινείς,* παράγονται στα κύτταρα και στους ιστούς. Η υπερπαραγωγή όμως ή η ανισόρροπη βιοσύνθεση ορισμένων από αυτές τις «υπερορμονικές» ουσίες, συνοδεύεται από ανωμαλίες στην υγεία. Γενικά η τάξη αυτών των ουσιών εμφανίζει εξαιρετικά πολύπλευρες βιολογικές δραστηριότητες, των οποίων οι μηχανισμοί αρχίζουν να διευκρινίζονται τα τελευταία μόλις χρόνια.

Ειδικότερα, θα πρέπει να ξέρουμε ότι από τα ακόρεστα οξέα δημιουργούνται τόσο επιβαρυντικές όσο και ευεργετικές για την υγεία υπερορμόνες, αρκεί να υπάρχει μια ισορροπία. Κατά τις αντιδράσεις δηλαδή βιοχημικής μετατροπής των ακόρεστων οξέων πρωταγωνιστικό ρόλο για την έναρξη παραγωγής τους

παίζει μια ενεργός μορφή *οξυγόνου*, γι' αυτό και ορισμένοι τις χαρακτηρίζουν αντιδράσεις *υπεροξείδωσης*. Οι αντιδράσεις αυτές, υπεύθυνες όχι μόνο για καρδιαγγειακές ανωμαλίες, αλλά και ύποπτες για ορισμένες μορφές καρκίνου, φαίνεται ν' αναστέλλονται από την παρουσία ορισμένων *αντιοξειδωτικών ουσιών,* όπως είναι το καροτίνιο, η πορτοκαλόχροες, χρωστικές των καρότων, των πορτοκαλιών και πολλών λαχανικών, πρόδρομος ουσία της βιταμίνης Α και της ριτινάλης, η βιταμίνη C που βρίσκεται στα φρούτα και, κυρίως, οι τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες, οι βιταμίνες Ε, που απαντούν στο φύτρο των δημητριακών κι άλλους σπόρους. Ακόμα, σημαντικό ρόλο παίζουν και ορισμένα ιχνοστοιχεία, όπως το *σελήνιο,* που βρίσκεται στα κουνουπίδια, τα μπρόκολα και τα οστρακοειδή. Γι' αυτό η λήψη τροφίμων πλούσιων στα παραπάνω τρόφιμα πρέπει να θεωρείται αναγκαία, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Ο οργανισμός για το μεταβολισμό των λιπαρών ουσιών έχει τρεις επιλογές, που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια διαφορετικών ενζυματικών συστημάτων: Πρώτον την καύση τους προς διοξείδιο του άνθρακα με σύγχρονο προσπορισμό ενέργειας· αυτή είναι η καλύτερη περίπτωση, εξαρτάται όμως από την ποσότητα λιπαρών που εισάγεται στον οργανισμό, αλλά και το ρυθμό με τον οποίο καταναλίσκονται· η χειρωνακτική εργασία, ο αθλητισμός, η μυική γενικά προσπάθεια είναι ευεργετική, ακριβώς για το λόγο αυτό, βοηθάει στην καύση τους και τη διατήρηση του σταθερού βάρους· στο αντίθετο ακριβώς συντείνει η καθιστική ζωή. Δεύτερον τη μετατροπή ενός ποσοστού από αυτά τα ω-6 πολυακόρεστα σε προσταγλανδίνες τύπου θρομβοξάνης. Τρίτον τη μετατροπή τους σε λευκοτριένια.

Οι ουσίες αυτές –και σε ίχνη ακόμα– εξασκούν βιολογική δραστηριότητα, όπως είπαμε και παλαιότερα, όταν μιλούσαμε για τις προσταγλανδίνες που είναι συγγενικά τους μόρια. Η θρομβοξάνη, για παράδειγμα, ευθύνεται για τη συνάθροιση των αιμοπεταλίων και τη δημιουργία των θρόμβων κατά την αθηρογένεση. Η ίδια υποκινεί και τον αρτηριακό σπασμό. Το έμφραγμα του μυοκαρδίου και η στηθάγχη εκδηλώνονται σε πολλές περιπτώσεις σε ώρες ανάπαυσης, όταν δηλαδή ο ασθενής δεν έχει αυξημένες ανάγκες τροφοδοσίας της καρδιάς του με οξυγόνο. Στις περιπτώσεις αυτές απλώς υπάρχει μείωση της ποσότητας οξυγόνου, εξαιτίας του σχηματισμού των θρόμβων που παρεμποδίζουν την ομαλή τροφοδοσία ή από συστολή των αιμοφόρων αγγείων, η οποία οφείλεται σε σπασμό. Το τελευταίο είναι δυνατόν να οφείλεται και στη δράση των κατεχολαμινών. Η αδρεναλίνη, για παράδειγμα, προκαλεί συστολή των αιμοφόρων αγγείων και αυξάνει την πίεση του αίματος.

Τα λευκοτριένια, προϊόντα μεταβολισμού επίσης του αραχιδονικού οξέος, με τη βοήθεια ενός ενζύμου, της *λιποξυγενάσης,* είναι υπεύθυνα για ορισμένες φλεγμονώδεις καταστάσεις, όπως το άσθμα, η αρθρίτιδα και η ψωρίαση. Ακόμα θα πρέπει ν' αναφερθεί ότι η διερεύνηση των μηχανισμών σχηματισμού των εικοσιανοειδών έχει οδηγήσει στη δημιουργία ουσιών, οι οποίες παρεμποδίζουν τη δράση της *λιποξυγενάσης,* του ενζύμου δηλαδή που μετατρέπει το αραχιδονι-

κό οξύ σε εικοσιανοειδή, όπως του παράγοντα ΜΚ-886, που παρέχει σημαντική βοήθεια σ' αυτούς που πάσχουν από χρόνιες φλεγμονώδεις παθήσεις, όπως το άσθμα, η αρθρίτιδα, η ψωρίαση.

Οι προσταγλανδίνες, δηλαδή, όπως μας δόθηκε η ευκαιρία να πούμε παλαιότερα, είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι εξασκούν *υπερορμονική* δράση, αφού σε δισεκατομμυριοστά του γραμμαρίου είναι δυνατόν να ρυθμίζουν την έκκριση ορμονών από τους αδένες έσω εκκρίσεως και κυρίως των ορμονών των επινεφριδίων, ορμονών που εξασκούν άμεση επιρροή στο ρυθμό του σφυγμού και την πίεση του αίματος. Συγχρόνως, εξασκούν σημαντική επιρροή στην ανάπτυξη του ανοσοποιητικού συστήματος του οργανισμού. Η δράση δηλαδή των προσταγλανδινών είναι δυνατόν, ανάλογα με το είδος και την ποσότητά τους, να κυμαίνεται από ευεργετική έως επιβαρυντική. Η *προστακυκλίνη*, για παράδειγμα, εξασκεί αντίθετη δράση απ' αυτήν της θρομβοξάνης, δρα δηλαδή αντιαθροιστικά στη συγκόλληση των αιμοπεταλίων κι έτσι τ' αποτελέσματά της είναι αντιθρομβωτικά.

Το βρογχικό άσθμα επίσης οφείλεται στις αντιδράσεις ορισμένων κυττάρων που δημιουργούν λευκοτριένια και θρομβοξάνη. Τα τελευταία προκαλούν βρογχοσυστολή, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η αναπνοή.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι ιδιότητες των εικοσιανοειδών, των απογόνων αυτών του λιπαρού διαιτολογίου, είναι ανάγκη να διερευνηθούν σε βάθος. Τα σημερινά εξελιγμένα μέσα έρευνας, είναι βέβαιο ότι θα επιταχύνουν τη διαλεύκανση των δράσεών τους. Γι' αυτό επανερχόμαστε στην αξία των παρθένων ελαιόλαδων, κατέληξε ο Κάρολος.

– Θα παρακαλούσα, είπε ο Πλάτων, μιας και ο Τζίμης δεν ήρθε ακόμα, να μου εξηγήσετε, γιατί ο γιατρός συνέστησε στη γυναίκα μου, που πάσχει από την καρδιά της και έχει και υψηλή χοληστερίνη, να πίνει μια-δυο *ασπιρίνες* την ημέρα, αν και δεν έπασχε από πονοκέφαλο.

– Δίκαιη η απορία σου, παρενέβη ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Ασπιρίνη, το πιο θαυματουργό, το πιο παλαιό, το πιο φτηνό φάρμακο

– Πολλές φορές στις συζητήσεις μας μέχρι σήμερα έχουμε μνημονεύσει την *ασπιρίνη*. Κι αυτό γιατί η δράση των σαλικυλικών είναι πολυσχιδής. Παρότι ανακαλύφθηκαν το 1775, από τον Stone, σαν εκχύλισμα του φλοιού της ιτιάς της κλαίουσας (του γένους Salix, γι' αυτό και το όνομα σαλικυλικά), μόλις μετά το 1970 αρχίσαμε να κατανοούμε τους μηχανισμούς που δρουν.

Καταρχήν, σε μικρή δόση, μισό έως ένα γραμμάριο την ημέρα, η ασπιρίνη δεσμεύει ένα ένζυμο, γνωστό με το όνομα *συνθετάση της προσταγλανδίνης* (Η), το οποίο μετατρέπει το λιπαρό οξύ των κυτταρικών μεμβρανών, το *αραχιδονικό οξύ*, σε προσταγλανδίνες και κυρίως σε θρομβοξάνη, η οποία, όπως είπαμε, ευθύνεται για τη συγκόλληση των αιμοπεταλίων και τη δημιουργία θρόμβων στο

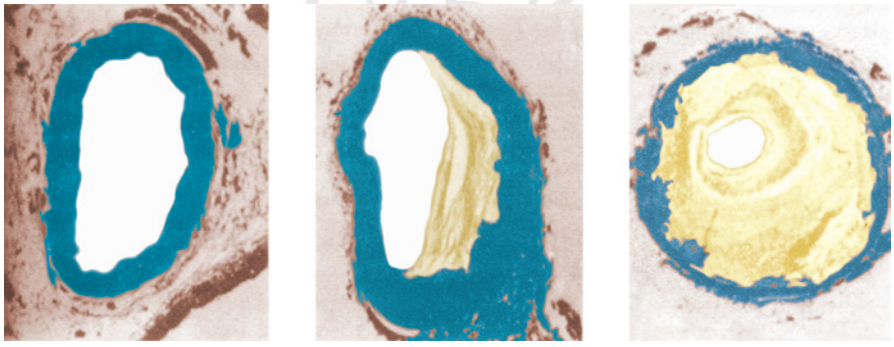
αίμα. Οι θρόμβοι όμως είναι επικίνδυνοι γι' αυτούς που έχουν προδιάθεση για έμφραγμα και γενικά για καρδιαγγειακά και εγκεφαλικά επεισόδια.

Σε μεγαλύτερες δόσεις – ένα έως τρία γραμμάρια – η ασπιρίνη βοηθάει στη μείωση του πυρετού και του πόνου. Βέβαια δεν καταπραΰνει το κάθε είδος πόνου· αν για παράδειγμα πρόκειται για πόνο με βραδεία μετάδοση, όπου πρωταγωνιστεί το πεπτίδιο του πόνου «P», τότε η ασπιρίνη δεν βοηθάει αποτελεσματικά, γι' αυτό χρησιμοποιούνται άλλα παυσίπονα· αν όμως πρόκειται για πόνο ταχείας μετάδοσης, για τον οποίο ευθύνεται το μόριο της προσταγλανδίνης $E_2$, η οποία παράγεται στα κύτταρα, τότε είναι φανερό, όπως είπαμε και πριν, ότι η ασπιρίνη αναστέλλει την παραγωγή της προσταγλανδίνης και καταπραΰνει επομένως τον πόνο. Σε ανάλογο μηχανισμό οφείλεται και η εντολή γι' αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, γι' αυτό και η αντιπυρετική της δράση.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες δόσεις σαλικυλικών, όπως σε περιπτώσεις ερυθημάτων, ρευματικών παθήσεων, αρθρίτιδας, όπου απαιτούνται δόσεις τεσσάρων έως οχτώ γραμμαρίων την ημέρα. Σ' αυτήν την περίπτωση η δέσμευση του ενζύμου παραγωγής των προσταγλανδινών δεν είναι δυνατόν να εξηγήσει τη δράση της. Ίσως φαίνεται πιο πιθανό ότι το φάρμακο δεσμεύει τη μετάδοση χημικών μηνυμάτων μέσα από τις μεμβράνες των κυττάρων, συνδεόμενο με ορισμένες ρυθμιστικές πρωτεΐνες-κλειδιά, όπως με τις πρωτεΐνες G, των οποίων η σημασία συνεχώς διευρύνεται. Με τον τρόπο αυτό παρεμποδίζεται το πρώτο βήμα για τη φλεγμονή, η συγκόλληση των λευκών αιμοσφαιρίων στα τοιχώματα των αγγείων, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Πραγματικά θαυματουργό φάρμακο! είπε ο Πλάτων.

– Θα πρέπει πάντως να έχεις υπόψη σου ότι, όπως καθετί στον κόσμο αυτό, έτσι και η ασπιρίνη προκαλεί και δυσάρεστες παρενέργειες, ιδιαίτερα για ορισμένους ανθρώπους, που παρουσιάζουν ευαισθησία στα σαλικυλικά, αποκρίθηκε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.



*Μια κανονική αρτηρία (αριστερά). Μια αρτηρία με αρχή αθηροσκληρωτικών αποθέσεων (μέσον). Μια αρτηρία με προχωρημένη απόθεση, που έχει σχεδόν αποφραχθεί. Το έμφραγμα σ' αυτήν την περίπτωση είναι πολύ πιθανό.*

Ένα από τα δυσάρεστα είναι και ο ερεθισμός που προκαλεί στο στομάχι. Οι προσταγλανδίνες, ειδικά για το στομάχι, έχουν διπλή ευεργετική δράση: παρεμποδίζουν την υπερπαραγωγή οξέων, αλλά ευνοούν συγχρόνως και την ανάπλαση του βλεννογόνου, ο οποίος προστατεύει το στομάχι απ' την αυτοκαταστροφή του από τα οξέα. Μην ξεχνάμε ότι και τα κύτταρα του στομαχιού, όπως όλα τα κύτταρα, δομούνται από πρωτεΐνες και ο ρόλος των στομαχικών υγρών είναι ν' αποικοδομεί τις πρωτεΐνες των τροφίμων. Οι προσταγλανδίνες, στην περίπτωση αυτή, έχουν ευεργετική δράση γιατί το προστατεύουν. Η δράση όμως της ασπιρίνης, όπως είπαμε, στηρίζεται στην αναστολή της παραγωγής των προσταγλανδινών. Γι' αυτό η ασπιρίνη πρέπει να μασιέται, να μην καταπίνεται, ώστε να μην δημιουργείται τοπικό «έγκαυμα» και η λήψη της να συνοδεύεται από κάποια πρωτεΐνη, για παράδειγμα γάλα. Φυσικά δεν πρέπει να γίνεται κατάχρηση, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος για γαστρορραγία και έλκος· υπάρχουν πάντως και μορφές ασπιρίνης που δεν επιδρούν στο στομάχι.

Στην περίπτωση ευαίσθητων στην ασπιρίνη ατόμων, η δέσμευση του ενζύμου μετατροπής του αραχιδονικού οξέος σε προσταγλανδίνη δημιουργεί προϋπόθεση ν' ακολουθηθεί ένα άλλο μονοπάτι μεταβολισμού, που συντελείται από ένα ανταγωνιστικό της συνθετάσης ένζυμο, τη *λιποξυγενάση,* η οποία μετατρέπει το αραχιδονικό οξύ σε λευκοτριένια. Αυτά όμως είναι πολύ πιο ερεθιστικά από τις προσταγλανδίνες.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ασπιρίνη για πολύ καιρό ακόμα δεν πρόκειται να εκθρονιστεί, γιατί τα πλεονεκτήματα από τη λογική χρήση της είναι πολύ περισσότερα από τα μειονεκτήματα· η καλύτερη όμως μελέτη των ενδορφινών, της χημείας του πόνου και της νευροχημείας, θα βοηθήσουν στην ανακούφιση των ανθρώπινων δεινών, με πιο αποτελεσματικό, πιο ακίνδυνο τρόπο, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Καρκίνοι, η μεγάλη μάστιγα

– Ο *καρκίνος,* είναι η δεύτερη μετά τις καρδιαγγειακές παθήσεις μάστιγα που πλήττει τους ανθρώπους. Τώρα μάλιστα που οι καρδιαγγειακές προλαμβάνονται και θεραπεύονται πάει να γίνει η πρώτη. Ένας στους έξι ανθρώπους στις βιομηχανικές χώρες πεθαίνει από καρκίνο. Στο τέλος της δεκαετίας του '80, στις ΗΠΑ πέθαναν περισσότεροι Αμερικανοί (περίπου 500.000) από καρκίνο απ' όσους αθροιστικά σκοτώθηκαν στο Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και στο Βιετνάμ. Βέβαια, σήμερα ξέρουμε πολύ περισσότερα απ' ό,τι πριν είκοσι χρόνια και σίγουρα βρισκόμαστε κοντά στην πρόληψή του.

Ο καρκίνος, σωστότερο ίσως θα ήταν οι *καρκίνοι,* γιατί πρόκειται για ασθένεια με πολλές μορφές, με ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, χαρακτηρίζεται συνήθως ως σύνολο συνθηκών, που οδηγούν σε μη φυσιολογική ανάπτυξη ή ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων. Τα καρκινικά κύτταρα προσομοιάζουν με τα συνηθισμένα και η διαφορά τους από αυτά είναι μόνο η απώλεια της

ικανότητας να σταματούν ή να ελέγχουν την αναπαραγωγή τους. Η αιτία δηλαδή του καρκίνου είναι η *αναρχική αύξηση παράνομων κυττάρων.* Τα κανονικά κύτταρα έχουν την «αίσθηση» των φυσιολογικών προτεραιοτήτων τους. Μία από τις κυριότερες είναι η ρύθμιση της παραγωγής τους σε ποσότητα, που εναρμονίζεται με τις ανάγκες του οργανισμού. Αν όμως μία από τα δισεκατομμύρια βάσεις που συνιστούν τα μόρια του DNA κάθε κυττάρου μεταλλαχθεί, καταλάβει δηλαδή τη θέση της μια άλλη λανθασμένη, και αν η μετάλλαξη συμβεί σε κάποια καίρια θέση του μορίου, είναι δυνατόν το κανονικό γονίδιο να μετατραπεί στην κακοήθη μορφή, που χαρακτηρίζεται ως *ογκογονίδιο.* Το ογκογονίδιο αποτελεί δηλαδή ελαφρά μεταλλαγμένη έκδοση του φυσιολογικού κυτταρικού γονιδίου. Μια τέτοια μετάλλαξη οδηγεί τελικά στην παραγωγή μιας πρωτεΐνης, στην οποία τη θέση ενός αμινοξέος έχει πάρει κάποιο άλλο, με αποτέλεσμα η πρωτεΐνη αυτή να μην εκτελεί το βιολογικό της προορισμό.

Το ογκογονίδιο, αντίθετα με το φυσιολογικό, εξωθεί το κύτταρο σε ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό με αποτέλεσμα το αρχικό καρκινικό κύτταρο να αποκτήσει σε λίγο εκατομμύρια όμοιούς του απογόνους, να δημιουργηθεί δηλαδή τελικά ο *κακοήθης όγκος*. Η ανακάλυψη του ογκογονιδίου χάρισε το βραβείο Νόμπελ, το 1989, στον Bishop, μαζί με τις ελπίδες ότι συντελέστηκε ακόμα ένα βήμα για την αναχαίτιση της επάρατου νόσου, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Εκτός από τα ογκογονίδια υφίστανται και τα *αντι-ογκογονίδια,* γονίδια αναστολής, τα οποία διακόπτουν τη διαδικασία αναπαραγωγής. Τώρα όλη η προσοχή είναι στραμμένη προς αυτά. Σε φυσιολογική κατάσταση υπάρχει μια ισορροπία ανάμεσά τους. Όταν όμως κάτι απορρυθμιστεί, ως προς τους αναστολείς διακοπής, τότε εμφανίζεται ο όγκος.

Εκείνο που προσπαθούμε σήμερα είναι η καλύτερη κατανόηση του ελέγχου από τον οργανισμό των κυτταρικών διαιρέσεων, τόσο για την κανονική ανάπτυξη, την αντικατάσταση των ιστών, τη γήρανση, όσο και την εμφάνιση του καρκίνου.

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση έχει έρθει από το κέντρο καρκινικών ερευνών του Λονδίνου. Βρέθηκε δηλαδή ότι ένας από τους αρχαιότερους μικροοργανισμούς, που ανήκει στο γένος των σακχαρομυκήτων (αυτών που προκαλούν τη μετατροπή του μούστου σε κρασί) και ο άνθρωπος διαθέτουν πολύ παραπλήσια γονίδια, παρά το γεγονός ότι ακολούθησαν τελείως διαφορετικούς εξελικτικούς δρόμους. Τα γονίδια αυτά παράγουν τα ίδια πρωτεϊνικά ένζυμα στις κυτταρικές διχοτομήσεις. Μια αλλοίωση σ' αυτόν το μηχανισμό είναι δυνατόν να προκαλέσει καρκίνο. Η παρατήρηση αυτή άνοιξε ακόμα ένα δρόμο, με τη βοήθεια των απλών μικροοργανισμών, για τη μελέτη του καυτού προβλήματος.

Ένα ακόμα σημαντικό βήμα σημειώθηκε γύρω στα 1990, όταν αποκαλύφθηκε ότι ένα πρωτεϊνικό μόριο, το *cdc-2*, πρωταγωνιστεί στις εντολές που δίνει το κύτταρο για μίτωση, δηλαδή τη διχοτόμηση και αναπαραγωγή του. Πρόκειται για ένα ακόμα σημαντικό παγκόσμιο μόριο που υπάρχει σε κάθε ζωντανό ορ-

γανισμό. Η αποκρυπτογράφηση των μηχανισμών, με τους οποίους δρα ο ρυθμιστής αυτός, άνοιξε το δρόμο για την επίλυση των προβλημάτων του καρκίνου, αλλά και για την ανάπλαση των κυττάρων και την ταχεία επούλωση πληγών και τραυμάτων.

Συνήθως η διαδικασία από το στάδιο έναρξης μέχρι το στάδιο της ογκογένεσης είναι μακρά (δέκα ως είκοσι χρόνια) και η τελική εκδήλωση της αρρώστιας εξαρτάται και από τις ικανότητες αναχαίτισης ή επιδιόρθωσης από τον ίδιο τον οργανισμό. Ο κάθε οργανισμός όμως παρουσιάζει ιδιομορφίες. Φαίνεται ότι υπάρχουν δύο διακεκριμένα στάδια: *απαρχή* και *πρόκληση.* Τα στάδια αυτά ρυθμίζονται ανεξάρτητα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και από διάφορα αίτια. Στις μακρές διαδικασίες, κατά τις οποίες διαδραματίζονται οι εξελίξεις αυτές, φαίνεται ότι υπεισέρχονται προκλητικοί παράγοντες, όπως καρκινογόνες ουσίες, ιοί, ακτινοβολίες κ.λπ.. Υπάρχουν, όμως, και αναστολείς των προκλητικών παραγόντων, όπως οι βιταμίνες Α, C, Ε, και ιχνοστοιχεία, όπως το σελήνιο, για το οποίο ξαναμιλήσαμε, όταν αναφέραμε τις καρδιαγγειακές παθήσεις.

Υπάρχουν διάφορες αιτίες, οι οποίες, όπως έχει εξακριβωθεί, προκαλούν μεταλλάξεις, δηλαδή μεταβολή στην κανονική αλληλουχία των βάσεων του DNA. Αυτές είναι δυνατόν να προέρχονται από έντονες ακτινοβολίες, όπως για ορισμένες μορφές καρκίνου του δέρματος, η παρατεταμένη έκθεση στις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες ή τις ακτίνες Χ. Υπεύθυνοι ακόμα θεωρούνται σε πολλές περιπτώσεις διηθητοί ιοί (virus), καθώς και διάφορες καρκινογόνες ουσίες. Τέτοιες ουσίες είναι πάρα πολλές γνωστές: από το *βενζανθρακένιο του καπνού των τσιγάρων* ως την *ανιλίνη,* την πρώτη ύλη παραγωγής των χρωμάτων και πολλές άλλες που παράγονται πρωτογενώς ή δευτερογενώς στα τρόφιμα, όπως οι *νιτροδοενώσεις* των αλλαντικών, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

### Διαιτολόγιο, καρδιοπάθειες και καρκίνος

– Δυστυχώς οι ανέσεις και οι ευκολίες που παρέχει η ζωή στα μεγάλα αστικά κέντρα και στις βιομηχανικές περιοχές πληρώνονται με δυσάρεστα ανταλλάγματα. Οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ο καρκίνος είναι μερικά απ' αυτά. Η *ατμοσφαιρική ρύπανση* μαζί με το *τσιγάρο*, και κυρίως το δεύτερο, είναι οι συχνότερες αιτίες για τον καρκίνο των αναπνευστικών οργάνων. Ακόμα και το νερό, που είμαστε υποχρεωμένοι να πίνουμε από τα υδραγωγεία, περιέχει χλώριο, το οποίο προστίθεται για την απολύμανσή του. Επιδημιολογικές μελέτες που έγιναν τελευταία δείχνουν κάποια συσχέτιση των οργανικών χλωριοενώσεων, που σχηματίζονται στο νερό, με τον καρκίνο του γαστροεντερικού συστήματος. Γι' αυτό θεωρείται ευκταία η υποκατάσταση της *χλωρίωσης* του νερού στα υδραγωγεία με *οζονισμό* για την απολύμανση του νερού. Η κατάχρηση ζάχαρης με τη μορφή διαφόρων λιχουδιών, που προσφέρονται άφθονα, η κατάχρηση κρέατος, τα fast foods, τα κορεσμένα λιπαρά, σε άπειρες ποικιλίες και αποχρώσεις, η κατάχρηση κονσερβών, αλλαντικών και καπνιστών τροφίμων, που περιέχουν ίχνη

καρκινογόνων ουσιών ή ουσιών οι οποίες μετατρέπονται σε καρκινογόνες στον οργανισμό, όπως για παράδειγμα οι *νιτροδοενώσεις,* των αλλαντικών που μετατρέπονται στις καρκινογόνες νιτροενώσεις, φαίνεται να μην είναι άσχετα με το φούντωμα του καρκίνου στις βιομηχανικές κοινωνίες. Από την άλλη μεριά, είναι χαρακτηριστικό ότι η εκτεταμένη χρήση ηλεκτρικών ψυγείων, τα τελευταία χρόνια, συνέβαλε στη μείωση των συντηρούμενων σε άρμη ή καπνισμένων τροφίμων και, αντίστοιχα, των περιπτώσεων του καρκίνου των γαστρικών οργάνων.

Τα πορίσματα από τις μελέτες για τα ποσοστά διαφόρων μορφών καρκίνου ανάμεσα στις Μεσογειακές χώρες και τις χώρες της Βορείου Ευρώπης, *καταλήγουν στα ίδια συμπεράσματα με αυτά που αναφέραμε για τις καρδιοπάθειες.* Δηλαδή, η κατανάλωση ψαριών και ελαιόλαδου περιορίζει αισθητά ορισμένες μορφές καρκίνου, όπως του στήθους, του εντέρου, του παγκρέατος· για παράδειγμα, τα θύματα στην Ελλάδα και στην Ισπανία είναι αισθητά λιγότερα απ' ό,τι στη Βόρειο Ευρώπη. Αντίθετα, το πρόβλημα είναι μεγάλο εκεί όπου τα λιπαρά αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ημερήσιων θερμίδων και πολύ περισσότερο αν τα λιπαρά αυτά είναι κορεσμένα. Αλλά και τ' ακόρεστα των σπορέλαιων, όπως το λινελαϊκό, και κυρίως αν δεν υπάρχει επάρκεια σε βιταμίνη Α, καροτίνη, βιταμίνη Ε και σελήνιο, θεωρούνται ύποπτα, λόγω σχηματισμού, όπως και στην περίπτωση των καρδιοπαθειών, ορισμένων προσταγλανδινών και εικοσιανοειδών για τα οποία μιλήσαμε εκτενώς.

Από συστηματικές έρευνες που διεξάγονται τώρα σε φυλές που επιζούν ακόμα και σήμερα και εξακολουθούν τις τροφικές συνήθειες των προγόνων τους, όπως οι Μπόνομεν στην έρημο Καλαχάρι της Νοτίου Αφρικής, αποδείχτηκε ότι οι τροφικές συνήθειες στις πλούσιες βιομηχανικές κοινωνίες, συγκριτικά με αυτές των προγόνων μας, έχουν αλλάξει εντελώς. Για παράδειγμα, οι λιπαρές τροφές συνιστούν μόλις το 20% των συνολικών θερμίδων στα πρωτόγονα διαιτολόγια (στις βιομηχανικές κοινωνίες είναι περισσότερο από διπλάσιο). Αλλά και η ποιότητα των λιπαρών διαφέρει. Στις πρωτόγονες κοινωνίες υπερτερούν τα ακόρεστα λιπαρά φυτικής προέλευσης, αντίθετα με τις αναπτυγμένες, όπου υπερτερούν τα κορεσμένα ζωικά (ζωικά λίπη, σοκολάτα, κακάο, κοκκόλιπος, υδρογονωμένα λάδια, μαργαρίνες κ.λπ.). Η συμμετοχή των τροφών που περιέχουν ίνες (λαχανικά, όσπρια, σίκαλη, πλήρες σιτάρι) κυμαίνονται γύρω στα σαράντα πέντε γραμμάρια στους πρωτόγονους, έναντι μόλις δεκαπέντε γραμμαρίων στις αναπτυγμένες οικονομικά χώρες. Αλλά και η ποσότητα των ευεργετικών βιταμινών Α, C, Ε και ιχνοστοιχείων, όπως ασβεστίου και σεληνίου, που προσλαμβάνονται από φυτικές τροφές είναι τετραπλάσια από τη μέση αμερικανική.

– Όπως και άλλοτε σας ανέφερα, συνέχισε ο Ιπποκράτης, κύριες πηγές για τη βιταμίνη Α είναι τα καρότα και τα πορτοκάλια, για τη βιταμίνη C τα φρούτα και τα λαχανικά, για την Ε τα πλήρη δημητριακά, οι σπόροι και οι ξηροί καρποί, γενικά, ενώ το σελήνιο βρίσκεται κυρίως στα οστρακοειδή, τα ψάρια, τα σκόρδα, τα σταυρανθή, δηλαδή τα μπρόκολα, τα κουνουπίδια, τα λάχανα. Τα σταυρανθή,

μάλιστα, υποστηρίζεται ότι περιέχουν ορισμένες ουσίες, όπως *φλαβόνες*, *ισοθειοκυανικές ενώσεις* και παράγωγα του *ινδολίου*, τα οποία ανήκουν στους ενισχυτικούς εναντίον του καρκίνου παράγοντες του οργανισμού. Ειδικότερα θα πρέπει να εξαρθεί η σημασία που δίνεται στη βιταμίνη Α και τα παρεμφερή μόρια. Από το καροτίνιο, την πορτοκαλόχρωμη χρωστική των καρότων, των πορτοκαλιών και των περισσότερων φρούτων και λαχανικών, παράγονται από τον οργανισμό με μετασχηματισμό μία σειρά από πολύτιμα δυναμικά μόρια, τα «ριτινοειδή», ρυθμιστές της βιοχημείας των κυττάρων. Εκτός από τη βιταμίνη Α (ριτινόλη), και τη ριτινάλη, που πρωταγωνιστούν στις λειτουργίες της όρασης, και τα ριτινικά οξέα, τα οποία, όπως προκύπτει από τελευταίες έρευνες, βοηθάνε στο μετασχηματισμό ορισμένων καρκινικών σε κανονικά κύτταρα. Τα μόρια αυτά που εμφανίζουν «ορμονική» δράση, φαίνεται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο κατά τη διαφοροποίηση και την ανάπτυξη των κυττάρων, επομένως είναι πιθανή και η παραπάνω δραστηριότητά τους. Έτσι, οι ενδείξεις που υπήρχαν ότι το καροτίνιο και η βιταμίνη Α ήταν δυνατό να παίζουν κάποιο ρόλο στην πρόληψη ορισμένων μορφών καρκίνου, δεν φαίνεται να στερούνται βάσης.

Τα συμπεράσματα της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ έχουν βασιστεί σε εκτεταμένες επιδημιολογικές μελέτες: πρώτον, συγκριτικά ανάμεσα σε διάφορους υπό ανάπτυξη λαούς και αναπτυγμένους· δεύτερον, σε διαχρονικές και στατιστικές μελέτες στις ίδιες περιοχές, όπου όμως οι τροφικές συνήθειες άλλαξαν τα τελευταία χρόνια· τρίτον, στα εκτεταμένα συστηματικά πειράματα που γίνονται σε πολλά εργαστήρια με τρωκτικά που υποβάλλονται σε ειδική διατροφή, προκαλώντας τους καρκίνο. Ο άνθρωπος, δυστυχώς, έχει πολλούς τρόπους να προκαλέσει καρκίνο· λόγου χάρη με καρκινογόνες ουσίες ή με ανώμαλη διατροφή, αλλ' ακόμα, παρά τις προσπάθειές του, δεν έχει αποτελεσματικές μεθόδους θεραπείας του, κυρίως στα προχωρημένα στάδια της αρρώστιας.

Σύμφωνα με τα πορίσματα αυτά, που συσχετίζονται και με τις καρδιαγγειακές παθήσεις, οι συμβουλές των πιο ειδικών προς τους πολίτες των πλούσιων περιοχών είναι: η κατά το δυνατόν προσέγγιση του διαιτολογίου προς αυτό των προγόνων μας, στους οποίους καρδιοπάθειες και καρκίνος ήταν πολύ σπάνια. Δυστυχώς, εδώ και διακόσια πενήντα χρόνια, μετά την πρώτη βιομηχανική επανάσταση, το ανθρώπινο διαιτολόγιο συνεχώς απομακρύνεται από τις προγονικές του συνήθειες.

Απ' όσα στοιχεία υπάρχουν, ο καρκίνος στις αρχέγονες φυλές εμφανίζεται σπάνια, αλλά και στις υπανάπτυκτες περιοχές· το ποσοστό του συσχετίζεται με το βαθμό της βιομηχανικής ανάπτυξης. Υπάρχει βέβαια ο αντίλογος ότι συνήθως ο καρκίνος εμφανίζεται στις προχωρημένες ηλικίες και ότι ο μέσος όρος ζωής στις αναπτυγμένες χώρες έχει παραταθεί πέρα από τα εβδομήντα πέντε χρόνια. Αντίθετα, στις υπανάπτυκτες περιοχές, η θνησιμότητα από μολυσματικές ασθένειες, κακή έως ανύπαρκτη ιατρική παρακολούθηση και υποσιτισμό είναι μεγάλη, έτσι ώστε οι ηλικιωμένοι ν' αποτελούν μειοψηφία, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Χρειάζονται τουλάχιστον ακόμα δέκα χρόνια στατιστικών μελετών για τον ακριβέστερο συσχετισμό μεταξύ καρκίνου και διατροφής· υπάρχουν όμως κιόλας αρκετές ενδείξεις, όπως και στην περίπτωση των καρδιοπαθειών, ώστε να δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στο θέμα διατροφής και στον τρόπο διαβίωσης. Δεν συνιστάται, βέβαια, προς το παρόν η πλήρης αποφυγή των ύποπτων τροφίμων, αλλά περιορισμός στην κατάχρηση που γίνεται σήμερα και καθιέρωση πιο υγιεινού και λιγότερου βιομηχανοποιημένου διαιτολογίου, με χρήση *της μεγαλύτερη δυνατής ποικιλίας τροφίμων*. Θα πρέπει ακόμα ν' αναφερθεί ότι υπάρχουν πολλά στατιστικά στοιχεία για την προληπτική ικανότητα ορισμένων βιταμινών, ιχνοστοιχείων και τροφίμων με ίνες. Οι δόσεις όμως που πρέπει να χρησιμοποιηθούν ανασταλτικά είναι μεγάλες και η αποτελεσματικότητά τους δεν είναι ακόμα ξεκαθαρισμένη, τόνισε ο Ιπποκράτης.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι, αν στον οργανισμό προσφέρονται όλα εκείνα τα απαραίτητα συστατικά των οποίων έχει ανάγκη και δεν δύναται να παράγει, όπως οι βιταμίνες, τα ιχνοστοιχεία, τα απαραίτητα αμινοξέα και τα απαραίτητα λιπαρά οξέα, τότε έχει τη δυνατότητα να κάνει τις επιλογές του και να αποκαθιστά την αναγκαία ιδανική ισορροπία. Αντίθετα, αν δεν του προσφέρονται όλα αρμονικά, έστω κι αν μερικά προσφέρονται σε περίσσεια ποσότητα από το διαιτολόγιο, όταν δεν έχει το δικαίωμα της επιλογής, τότε είναι υποχρεωμένος να τα βολέψει όπως-όπως. Οι συνέπειες όμως μακροπρόθεσμα είναι ολέθριες.

Ειδικότερα, αν λείπουν τα ιχνοστοιχεία και οι ιχνοουσίες, οι οποίες, όπως έχουμε πει τόσες φορές, έστω και σε απειροελάχιστες ποσότητες είναι απαραίτητες για την ομαλή εκδήλωση της ζωής, το πρόβλημα γίνεται οξύτερο. Πρώτον, γιατί η γη σε πολλά μέρη, ύστερα από την *υπερεντατική καλλιέργεια επί αιώνες,* έχει αρχίσει και αποστερείται ορισμένα από τα ιχνοστοιχεία της, τα οποία σπάνια προσφέρονται από τα συνηθισμένα λιπάσματα. Δεύτερον, γιατί, *κατά τις διαδικασίες της βιομηχανοποίησης,* πολλά ιχνοσυστατικά των τροφίμων, όπως του σιταριού και των σπορέλαιων, καταστρέφονται ή αλλοιώνονται.

Μόλις τα τελευταία χρόνια, σημαντικός αριθμός ερευνητών άρχισε ν' ασχολείται με τα θέματα αυτά, αλλά και τη λεγόμενη *βιοδιαθεσιμότητα* των διαφόρων τροφίμων και, κυρίως, με τις ιχνοουσίες και τα ιχνοστοιχεία. *Η βιοδιαθεσιμότητα αναφέρεται στο ποσοστό των τροφίμων που μεταιρέπεται τελικά σε χρήσιμες για τον οργανισμό ουσίες με την πέψη και το μεταβολισμό· γιατί δεν είναι αρκετό μόνο να εισαχθούν στον οργανισμό οι επαρκείς τροφές, πρέπει ν' απορροφηθούν και ν' αξιοποιηθούν.* Το σπανάκι, για παράδειγμα, που οι μητέρες πιέζουν τα παιδιά τους να φάνε, πλούσιο πραγματικά σε σίδηρο, έχει πολύ κακή βιοδιαθεσιμότητα, μόλις 2%. Αν αυτό ισχύει για τις κύριες τροφές, δηλαδή τους υδατάνθρακες, τα λιπαρά και τις πρωτεΐνες, γίνεται κρίσιμο στην περίπτωση των ιχνοσυστατικών. Πρόκειται για τα προβλήματα των «βιομηχανικών» τροφίμων, αλλά και της έλλειψης τροφίμων στις χώρες του τρίτου κόσμου.

Από τις μελέτες αυτές έχει προκύψει ότι στις πλούσιες κοινωνίες οι πολυμερείς υδατάνθρακες, αυτοί δηλαδή που προκύπτουν από τη συνένωση πολ-

λών μορίων γλυκόζης, όπως απαντούν στα φυσικά τρόφιμα, δηλαδή το άμυλο (στο αλεύρι, στο ρύζι, στις πατάτες, στα όσπρια) και η κυτταρίνη (στα λαχανικά, στα φρούτα, στα όσπρια, στα δημητριακά), αντικαθίστανται όλο και πιο πολύ με απλά σάκχαρα, όπως η συνηθισμένη ζάχαρη (γλυκά, παγωτά, αναψυκτικά), ενώ το κρέας, οι μαργαρίνες και διάφορα κορεσμένα λιπαρά, τα οποία κάποτε ήταν η εξαίρεση στις γιορτινές μέρες, έχουν καταστεί τώρα για πολλούς ανθρώπους καθημερινό διαιτολόγιο, και πολλές φορές σε περισσότερα από δύο γεύματα την ημέρα (χάμπουργκερ, γαριδάκια, fast foods, μπισκότα, παγωτά κ.λπ.). Τα τελευταία είναι τρόφιμα πλούσια σε κορεσμένα και υδρογονωμένα λιπαρά, δηλαδή μαργαρίνες και ζάχαρη.

– Αν, δηλαδή, κατάλαβα καλά, *ό,τι συνίσταται για την πρόληψη των καρδιοπαθειών ταιριάζει και στην αναστολή του καρκίνου,* παρατήρησε ο Πλάτων.

– Ακριβώς, απάντησε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Το συμπέρασμα από τις μέχρι σήμερα εμπειρίες μας είναι το πολύ γνωστό: η *πρόληψη* και η *διάγνωση* είναι η πιο καλή θεραπεία. Για την πρόληψη η υγιεινή διατροφή φαίνεται ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Είναι αρκετά περίεργο το ότι τελείως διαφορετικές ομάδες ερευνητών απ' όλο τον κόσμο καταλήγουν στα ίδια συμπεράσματα, με εκείνες τις ομάδες που έχουν μελετήσει τα προβλήματα των καρδιοπαθειών: αποκλεισμό του καπνίσματος, λιγότερη ζάχαρη, περιορισμό των λιπαρών κάτω από το 30% των ημερήσιων θερμίδων, με έμφαση στην αποφυγή κορεσμένων και υδρογονομένων λιπαρών, δηλαδή ζωικών, μαργαρίνης, σοκολάτας, κοκκόλιπους και προτίμηση στα θαλασσινά, το σπορέλαιο και το παρθένο ελαιόλαδο· μείωση της ζάχαρης και προτίμηση στα τρόφιμα που έχουν σύνθετους υδατάνθρακες (άμυλο) και τα πλήρη φυσικά τρόφιμα με ίνες και βιταμίνες (όσπρια, πλήρη δημητριακά, λαχανικά, φρούτα)· περιορισμός στην κατανάλωση των βιομηχανοποιημένων τροφίμων, όπως αλλαντικών, καπνιστών, τουρσιών κ.λπ., τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Η διάγνωση του καρκίνου

– Η έγκαιρη διάγνωση του καρκίνου δεν παύει ακόμα ν' αποτελεί την καλύτερη θεραπεία. Ως προς τη διάγνωση έχουν σημειωθεί σήμερα θετικά βήματα, τόσο με τη βοήθεια των πανίσχυρων νέων ηλεκτρονικών οργάνων, όπως είναι οι τομογράφοι, τα όργανα μαγνητικού πυρηνικού συντονισμού (NMR), τα φασματοσκόπια υψηλής πίεσης κ.λπ., όσο και με τις προόδους της βιοτεχνολογίας, για παράδειγμα με τα μονοκλωνικά αντισώματα.

Το κύριο κλινικό πρόβλημα του καρκίνου είναι η μετάσταση, η μετανάστευση δηλαδή με το αίμα ή το λεμφικό σύστημα κυττάρων του όγκου, τα οποία δημιουργούν εστίες μετάδοσης νέων καρκινωμάτων σε άλλα μέρη του σώματος. Αν δεν υπήρχε μετάσταση, οι πιθανότητες θεραπείας θα ήταν πολύ μεγαλύτερες. Τα τελευταία χρόνια βρέθηκε ότι τα κύτταρα που διαχέουν τον καρκίνο μέσα στο σώμα παρουσιάζουν ιδιαίτερα μοριακά χαρακτηριστικά. Οι γνώσεις αυτές είναι

δυνατόν να οδηγήσουν στην ανοσοποίηση για μετάσταση. Αν όμως η αρρώστια έχει προχωρήσει, οι ακτινοβολίες, η χημειοθεραπεία και, τελικά, το χειρουργικό νυστέρι αποτελούν τις διεξόδους, τουλάχιστον μέχρι σήμερα. Το αύριο πάντως δημιουργεί περισσότερες ελπίδες, χάρη στα μέσα και στα ποσά που διατίθενται για τη διερεύνηση της μάστιγας αυτής. Μια παρατήρηση που είναι δυνατόν να βοηθήσει είναι ότι ένα στοιχείο που υπάρχει στα φρούτα και τα λαχανικά, το *βόριον,* έχει την ιδιότητα να συγκεντρώνεται στον καρκινικό ιστό. Τα νετρόνια, τα οποία διαπερνούν τους κανονικούς ιστούς χωρίς να προκαλούν βλάβη, συλλαμβάνονται από το βόριον. Έτσι το βόριον γίνεται πομπός ακτινοβολίας που θανατώνει εκλεκτικά τα καρκινικά κύτταρα. Πάνω στην κατεύθυνση αυτή γίνεται προσπάθεια για βελτίωση της μεθόδου. Ακόμα, οι πρόοδοι στη βιοτεχνολογία δικαιολογούν κάποια αισιοδοξία.

Από το 1985 αρχίζει να διαλευκαίνεται κάπως το ερώτημα: γιατί ορισμένοι άνθρωποι υποκύπτουν στην αρρώστια, ενώ άλλοι ανθίστανται, όπως ορισμένοι καπνιστές; Μια ομάδα ερευνητών στο Εθνικό Ινστιτούτο του καρκίνου, στο Maryland των ΗΠΑ, έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού δημιουργεί ορισμένες ουσίες-αναστολείς της αρρώστιας. Το σύστημα αυτό, σε ορισμένους ανθρώπους αντιδρά αποτελεσματικά και σε άλλους δεν τα καταφέρνει. Μια από τις φυσικές ουσίες, οι οποίες ενεργοποιούν το ανοσοποιητικό σύστημα, φαίνεται να είναι η *ιντερλευκίνη-2* (IL-2), για την οποία μιλήσαμε κιόλας. Η ενίσχυση του αρρώστου με IL-2, που τώρα παράγεται με βιοτεχνολογικές μεθόδους, δείχνει θετικά αποτελέσματα, χρειάζεται όμως ακόμα χρόνος (περίπου πέντε με δέκα χρόνια) για να σταθεροποιηθούν και οριστικοποιηθούν τα αποτελέσματα. Ανάλογη είναι και η δράση των *λυμφοκινών,* ουσιών που παράγονται σε ελάχιστες ποσότητες στο αίμα, σε περιπτώσεις που κάποιο εξωτερικό αίτιο προσβάλει τον οργανισμό, οπότε και κινούνται (το δεύτερο συνθετικό του ονόματος προέρχεται από την κίνησή τους) για ν' αντιμετωπίσουν την απειλή. Στην τάξη αυτή των ουσιών ανήκουν οι *ιντερφερόνες,* οι οποίες βοηθούν τον οργανισμό σε παραγωγή IL-2 και αυτή με τη σειρά της ενεργοποιεί τον πολλαπλασιασμό ορισμένων κυττάρων που δρουν αμυντικά (παρέχουν αντισώματα). Στα τελευταία ανήκουν και τα *κύτταρα-Τ,* τα οποία ευνοούν το σχηματισμό κυττάρων που παράγουν αντισώματα, κυττάρων, δηλαδή, που καταστρέφουν καρκινικά κύτταρα και παράγουν λυμφοκίνες, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Αλήθεια, Ιπποκράτη, ρώτησε ο Κάρολος, τι είναι η νεότερη *θεραπεία μεταφοράς,* αν το λέω σωστά;

– Σωστά, το λες, είπε ο Ιπποκράτης. Η νέα θεραπεία βασίζεται στη μεταφορά προστατευτικών κυττάρων, τα οποία κινητοποιούν τον ανοσοποιητικό μηχανισμό του οργανισμού, με τη βοήθεια των λεμφοκυττάρων. Στα ζώα η ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος είναι δυνατόν να επιτευχθεί από την αντίδραση που αναπτύσσεται εναντίον των όγκων με επανειλημμένες ανοσοποιήσεις με καρκινικά κύτταρα.

Η ανακάλυψη της ιντερλευκίνης-2, συνέχισε ο Ιπποκράτης, που παράγεται

με τις νέες μεθόδους της γενετικής μηχανικής, και η εισαγωγή μεθόδων που βοηθάνε ν' αναπτύσσονται άφθονοι κλώνοι των Τ-κυττάρων έδωσαν μια νέα διάσταση στις δυνατότητες θεραπείας του καρκίνου. Οι πειραματικές διαδικασίες, αφού πέρασαν από το στάδιο των πειραματόζωων, προχώρησαν σε επόμενες βαθμίδες. Με χειρουργική επέμβαση αφαιρείται ένας μικρός ιστός του καρκινικού όγκου, γίνεται μια επεξεργασία με ένζυμα, ώστε ν' αποχωριστούν τα κύτταρα και ακολουθεί καλλιέργεια αυτών μαζί με ιντερλευκίνη-2 γι' αρκετές εβδομάδες. Έτσι προκύπτουν λεμφοκύτταρα ικανά ν' αναστέλλουν την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων. Τα παρασκευάσματα αυτά εγχύονται στον άρρωστο με αποτέλεσμα την αναστολή, σε ορισμένες περιπτώσεις, του καρκίνου. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τις μεθόδους της γενετικής μηχανικής με μικρές προσχεδιασμένες μετατροπές, δίνουν νέες διαστάσεις στη θεραπεία του καρκίνου. Τώρα μόλις αρχίζουν ν' αποκαλύπτονται τ' ατέλειωτα μυστικά του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος· τα αμέσως επόμενα χρόνια θα είναι καθοριστικά, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Παρόλο που ο καρκίνος δεν φοβίζει τώρα, όπως πριν είκοσι χρόνια, η πολυμορφία του και η σύνδεσή του με τον «ομφαλό» του ανθρώπινου κυττάρου, το *DNA,* καθιστά τις προσεγγίσεις δυσχερέστερες. Η μεγάλη δυσκολία έγκειται στο ότι τα καρκινικά κύτταρα μοιάζουν τρομερά με τα φυσιολογικά, και αυτό είναι το μεγάλο πρόβλημα.

Ευτυχώς υπάρχει ένα ελπιδοφόρο μήνυμα, τώρα που η ανάληψη της προσπάθειας από τον άνθρωπο να χαρτογραφήσει και ν' αποκρυπτογραφήσει το ανθρώπινο γονιδίωμα φτάνει στο τέλος της και η βαθύτερη μελέτη του κυκεώνα των πρωτεϊνικών μορίων (proteomics) προχωράει, οι ελπίδες για μια ριζική αντιμετώπιση είναι πολλές. Πρόκειται για μια τιτανική προσπάθεια από πλευράς δαπάνης και μέσων. Η εύρεση της αλληλουχίας τριών δισεκατομμυρίων ζευγαριών βάσεων, τα οποία συνιστούν το ανθρώπινο γονιδίωμα, δεν ήταν ευχερής υπόθεση.

Το ελπιδοφόρο μήνυμα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων που υλοποιούν τώρα τα «εργαστήρια χωρίς σύνορα» έχει επεκταθεί σε συνεργασία με την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ για το καλό της ανθρωπότητας. Η γνώση του γονιδιώματος θα είναι μια δυναμική εμπειρία για τη μελέτη, τη διαγνωστική και την πρόληψη των ασθενειών, είπε ο Ιπποκράτης και συνέχισε:

## Προγεστερόνη και καρκίνος του στήθους

– Αναστέλλοντας το σήμα της προγεστερόνης, της γυναικείας αυτής ορμόνης για την οποία έχουμε ήδη μιλήσει, στο αίμα υποβοηθείται η πρόληψη καρκίνου του μαστού. Αυτό προκύπτει από τις έρευνες της ομάδας της E. Lee στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια. Το γονίδιο BRCA-1, καταστολέας των όγκων, προφυλάσσει από τον καρκίνο, υποβοηθώντας στην «επισκευή» ελαττωματικού DNA. Φαίνεται όμως ότι εξασκεί κι έναν άλλο ρόλο πρόληψης του καρκίνου:

συμμετέχει στην αποδόμηση του υποδοχέα της προγεστερόνης, η οποία ελέγχει την ορμονική αυξητική δράση της στους ιστούς του στήθους.

Ήταν γνωστό ότι θεραπείες με προγεστερόνη, η οποία διογκώνει το στήθος προετοιμάζοντας τη γαλακτοφορία, αύξαναν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του στήθους. Τώρα διερευνώνται νέα φάρμακα που θα παρεμποδίζουν τη δράση της προγεστερόνης. Τα επόμενα χρόνια όλα θα είναι καλύτερα για την καταπολέμηση της μάστιγας αυτής του γυναικείου φύλου, τόνισε ο Ιπποκράτης και συνέχισε.

Ο καρκίνος είναι μια γενετική ασθένεια. Τα περασμένα χρόνια οι προσπάθειες που έγιναν για το γενετικό προσδιορισμό του καρκίνου, μικρή μόνο επίδραση είχαν στις προσπάθειες για τον έλεγχο της ασθένειας κλινικά. Οι πρόοδοι όμως της τελευταίας δεκαετίας για την περιγραφή της ασθένειας σε μοριακό επίπεδο, φαίνεται να βελτιώνουν τις δυνατότητες γι' ανίχνευση, ταξινόμηση, απεικόνιση και ειδικά τη θεραπεία. Θα χρειαστεί τα επόμενα χρόνια να κατανοήσουμε καλύτερα τη βιολογία της νόσου και να εφαρμοστούν τα πορίσματα για τη θεραπευτική και την προσωποποιημένη για κάθε πάσχοντα θεραπευτική.

Προς το παρόν, η *έγκαιρη διάγνωση*, η κυτταροτοξική χημειοθεραπεία και η ραδιοθεραπεία παραμένουν οι κυριότερες μέθοδοι για την καταπολέμησή της.

## Η παράταση της ζωής

– Είναι βέβαιο ότι η ζωή θα παραταθεί, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης. Ήδη ο μέσος όρος έχει φθάσει περίπου τα 80 χρόνια. Είναι βέβαιο ότι με τις προόδους της γονιδιακής και προσωποποιημένης ιατρικής και της μοριακής βιολογίας, τα βλαστοκύτταρα –τα νέα όπλα της φαρμακευτικής– και τη σωστή διατροφή, η ζωή την επόμενη δεκαετία θα παραταθεί στα 90 και μέσα στον αιώνα μπορεί στα 100, ίσως και περισσότερα.

– Δημιουργούνται όμως και μεγάλα προβλήματα. Για παράδειγμα, συμπλήρωσε ο Κάρολος, οι άνθρωποι που αναπαράγονται σε μεγάλη ηλικία συνιστούν, όπως είναι επόμενο, πηγές περισσότερων γενετικών μεταλλάξεων σχετικά με τους νεότερους. Αυτές τις μεταβιβάζουν στους απογόνους τους με ό,τι αυτό συνεπάγεται.

– Θα υπάρξουν και προβλήματα με τη συνταξιοδότηση, τους πόρους συνταξιοδότησης των ασφαλιστικών ταμείων και ακόμα ψυχολογικά προβλήματα, παρενέβη ο Νίκος. Αν κάποιος συνταξιοδοτηθεί στα 65 με τι θ' ασχολείται τα επόμενα 35 χρόνια; Θα πλήττει άεργος;

– Αν όμως έχει γαλουχηθεί στην έρευνα και τις τέχνες, συμπλήρωσε ο Κάρολος, θα βρει σίγουρα απασχόληση και μάλιστα γοητευτική και χρήσιμη. Αν όμως ανήκει στο πλήθος των αμύητων, δεν θα του μένει παρά η σίγουρη αποβλάκωση της τηλεόρασης και οι καβγάδες με το ταίρι του.

.....
.....
.....

## Ένας έλεγχος υγείας (check-up) του 2020

Το πρωινό εκείνο του Γενάρη ήταν θαμπό και είχε ομίχλη. Μόλις που διακρίνονταν στο βάθος τα βουνά της Εύβοιας κι ο Ευβοϊκός ήρεμος άρχιζε ν' αντανακλά τις πρώτες ηλιαχτίδες, καθώς ο ήλιος αγωνιζότανε να προβάλει στο σύθαμπο της Όχης.

Το ρομπότ, ο Τοτός – ο τρίτος εγγονός του πρώτου Τοτού – είχε γεμίσει την μπανιέρα με νερό 38 βαθμών και είχε ετοιμάσει το πρόγραμμα Σάουνα-3 με ρύθμιση της θερμοκρασίας του σπιτιού, καθώς και της σχετικής υγρασίας, κι έδινε τις εντολές ν' ανοίξουν ορισμένα παράθυρα και να φωτιστεί έντονα το λουτρό. Είχε ακόμα προγραμματίσει το σελεκτόφωνο στη μουσική αλληλουχία που προτιμούσε ο Κάρολος, ο οποίος ξύπνησε εκείνη την ώρα.

Όπως ο Κάρολος προχωρούσε προς το μπάνιο, άκουσε τον Τοτό που έλεγε να μην μπει ακόμα, γιατί είχε εντοπιστεί μια βλάβη στο κύκλωμα του θερμού νερού που ερχόταν από τους ηλιακούς συλλέκτες. Σε πέντε περίπου λεπτά, ο Τοτός ανήγγειλε ότι όλα ήταν εντάξει.

Βγαίνοντας από το λουτρό ο Κάρολος και αφού τελείωσε την ενόργανη γυμναστική του, ντύθηκε και κάθισε για το πρωινό του. Ο Τοτός όμως είχε αντιρρήσεις. Του θύμισε ότι σήμερα ήταν η μέρα να κάνει το περιοδικό τσεκάρισμα της υγείας του, πριν φάει. Του πήρε την πίεση, τους χτύπους της καρδιάς, έλεγξε την όρασή του και τον παρακάλεσε ν' ακουμπήσει το δάχτυλό του στην υποδοχή του αυτόματου αναλυτή μονοκλωνικών αντισωμάτων.

Ύστερα από δέκα περίπου λεπτά συνδέθηκαν με το Ευρωπαϊκό Κέντρο Υγείας στη Βιέννη, όπου διαβιβάστηκαν όλα τ' αποτελέσματα του check-up. Σε λίγο τους απάντησαν ότι ο ιατρικός υπολογιστής θα συγκρίνει τ' αποτελέσματα με τις προηγούμενες αναλύσεις και το μεσημέρι θα τους στείλει με e-mail τα συμπεράσματά του. Αφού κανένα κόκκινο φως δεν άναψε, σήμαινε ότι δεν υπήρχε κάτι σοβαρό κι έτσι ο Κάρολος ξαναγύρισε στο τραπέζι για το πρωινό του. Σήμερα, για το πρόγευμα είχε προγραμματιστεί φρέσκος χυμός από πορτοκάλια και γκρέιπ-φρουτ με εκχύλισμα φύτρου σταριού και γλυκόρριζας, ένα αβοκάντο, φρυγανιές από πίτουρο βρώμης με μαρμελάδα από φραμπουάζ και φράουλες με ξυλιτόλη, τη νέα ζάχαρη με ελάχιστες θερμίδες.

Ο ήλιος τώρα είχε ψηλώσει, το πούσι είχε αρχίσει να διαλύεται κι ο Κάρολος βγήκε για τον πρωινό του περίπατο στη θάλασσα. Γυρίζοντας δεν παρέλειψε να κάνει τις καθημερινές επισκέψεις στα παιδιά και τα εγγόνια του, στα σπίτια τους, που ήταν σκορπισμένα μέσα στον κήπο. Τα βήματά του τον έφεραν στο σπίτι της κόρης του, της Μαρίνας, που εκείνη την ώρα ήταν καθισμένη μπροστά στη μεγάλη επίπεδη οθόνη της τηλεόρασης, που καταλάμβανε σχεδόν το μισό τοίχο, και παρακολουθούσε με προσοχή.

– Σαν τι βλέπεις; τη ρώτησε ο Κάρολος, καλημερίζοντάς την.

– Κάτσε, του είπε εκείνη, θέλω ν' ακούσω και τη γνώμη σου. Είναι η εκπαιδευτική εκπομπή για μητέρες και γιαγιάδες από το κέντρο γενετικής επιστημο-

λογίας του Πανεπιστημίου της Γενεύης, σχετικά με την ανάπτυξη της παιδικής νοημοσύνης.

– Θα είναι ενδιαφέρουσα, είπε ο Κάρολος, γιατί εκεί έχουν μακρά παράδοση στην ψυχολογία του παιδιού, χάρη στον Piaget, που υπήρξε μοναδικός στη μελέτη της εξέλιξης της παιδικής νοημοσύνης. Είναι ο άνθρωπος που πιο πολύ από τον καθένα διερεύνησε τον τρόπο, με τον οποίο το παιδί συλλογίζεται, τους μηχανισμούς που χρησιμοποιεί για τη σκέψη του, όπως προσπαθεί να κατανοήσει τον κόσμο γύρω του.

– Πραγματικά, είπε η Μαρίνα, άκουσα ενδιαφέροντα πράγματα, παρόλο που δεν τ' αφομοίωσα. Γι' αυτό ζήτησα να μου στείλουν με e-mail το μάθημα. Βλέπεις, έχω εγγόνια και θα πρέπει να περιμένω και καινούρια, τώρα που παντρεύτηκε και η Μαρία. Εκείνο πάντως που συγκράτησα είναι ότι το παιδί δεν είναι παθητικός δέκτης γνώσεων, αλλά έχει μεγάλη σημασία ο δικός του ενεργητικός ρόλος στη διαμόρφωση των νοητικών του δομών. Από την αρχή της ζωής του η γνώση δεν εγγράφεται σ' έναν παθητικό οργανισμό. Εσύ, νομίζω, δεν συμφωνείς απόλυτα με τη γνώμη αυτή, πρόσθεσε η Μαρία.

– Δεν είναι ακριβώς έτσι, αποκρίθηκε ο Κάρολος. Ο Piaget από τη σκοπιά του το είδε σωστά. Εμείς που ασχολούμαστε με τη μοριακή βιολογία εκτιμάμε παράλληλα κι έναν άλλο συντελεστή, το κληρονομικό υλικό στο γονιδίωμα του παιδιού. Το παιδί δεν είναι tabula rasa, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είχε άδικο ο Piaget που υποστήριζε ότι η ευφυΐα είναι μια εξελιγμένη μορφή της βιολογικής προσαρμογής. Εμείς λέμε ότι δεν είναι μόνο αυτό.

Αυτό πάντως που έχει σημασία είναι να κάνουμε το παιδί ικανό να μαθαίνει κι όχι ένα ντουλάπι από σωρευμένες γνώσεις. Τώρα έχουμε προσπέλαση σε μια σημαντική βοήθεια: την παγκόσμια εκπαιδευτική τηλεοπτική διασύνδεση. Έχουμε στη διάθεσή μας ό,τι καλύτερο υπάρχει στο παιδαγωγικό σύστημα από δασκάλους και εποπτικά μέσα. Σήμερα το κάθε παιδί έχει στη διάθεσή του τους άριστους, τους πιο έμπειρους δασκάλους απ' όλο τον κόσμο, που του χαρίζουν με τον πιο μελετημένο τρόπο τα θέματα της ειδικότητάς τους. Τώρα τα μαθήματα έγιναν ζωντανά, συναρπαστικά, καθώς στερεοφωνικά, στερεοπτικά, ανάγλυφα, εμφανίζονται τα θέματα στις τεράστιες οθόνες υψηλής ευκρίνειας, μέσα στην άνεση του οικείου χώρου του παιδιού. Παρόλ' αυτά, όμως, μένει το πιο σημαντικό: η κοινωνική αγωγή του παιδιού, η ανάπτυξη της ανθρωπιάς του, η καταστολή της απληστίας και του εγωισμού του. Κι εδώ όμως έχεις τη δυνατότητα να επικοινωνήσεις με τους καλύτερους ψυχολόγους και παιδαγωγούς με το ταχυδρομείο φωνής (voice mail) που είσαστε συνδρομητές, κατέληξε ο Κάρολος.

## Ο μητρικός θηλασμός, μια ευεργεσία

### *Μια γιαγιά ζητάει συμβουλές*

– Πραγματικά, ψέλλισε η Μαρίνα, και πρόσθεσε: Αλήθεια, κόντεψα να ξεχάσω να σε ρωτήσω σχετικά με το πρόβλημα της ανιψιάς μου, της Ρένας, που

γέννησε ένα λιποβαρές μωρό. Τι νομίζεις ότι πρέπει να κάνει;

– Δεν είμαι παντογνώστης, απάντησε ο Κάρολος, αλλά, αν μπορούσα να δώσω μια γενική συμβουλή, θα ήταν να το θηλάσει όσο περισσότερο καιρό μπορεί.

– Μα σήμερα με τόσες παιδικές δίαιτες, το θεωρείς τόσο απαραίτητο; ρώτησε η Μαρίνα.

– Σίγουρα, απάντησε ο Κάρολος· και επειδή το θεωρώ πολύ σημαντικό, θα στο εξηγήσω όσο καλύτερα μπορώ.

Όσο οι οργανισμοί προχωράνε προς τις εξελικτικές βαθμίδες, διακρίνονται από τις κατώτερες μορφές ζωής από αυξανόμενη «εξειδίκευση». Το κλειδί της επιτυχίας του homo Sapiens είναι ακριβώς «η υψηλότατη εξειδίκευση». Η διαφορά του από τ' άλλα θηλαστικά βασίζεται κυρίως στον εξωφρενικό τρόπο που υπεραναπτύχθηκε ο φλοιός του εγκεφάλου του. Ο εγκέφαλος ενός ρινόκερου τεσσάρων ετών και βάρους ενός τόνου, ζυγίζει γύρω στα διακόσια πενήντα γραμμάρια. Ενός παιδιού αντίστοιχης ηλικίας, βάρους είκοσι κιλών, ζυγίζει πέντε φορές, τουλάχιστον, περισσότερο και αποτελείται από δισεκατομμύρια κύτταρα με χιλιάδες διασυνδέσεις, «καλωδιώσεις» ανάμεσά τους.

Από πλευράς αρχιτεκτονικής, η εξειδίκευση του ανθρώπου οφείλεται και στη σημαντική συμμετοχή δομικών λιπιδίων στη δομή των κυττάρων του εγκεφάλου, ενώ στην περίπτωση του ρινόκερου (και των άλλων θηλαστικών) οι δομές βασίζονται κατά κύριο λόγο στις πρωτεΐνες και σε διάφορα ανόργανα στοιχεία. Το γεγονός αυτό εξηγεί τις σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο γάλα των μεγάλων θηλαστικών σε σχέση με το ανθρώπινο γάλα. Το γάλα της αγελάδας, για παράδειγμα, περιέχει τρεις φορές περισσότερες πρωτεΐνες και εφτά φορές περισσότερα ανόργανα στοιχεία απ' ό,τι το ανθρώπινο γάλα, το οποίο όμως περιέχει οχτώ ως δέκα φορές περισσότερα λιπαρά οξέα και κυρίως του τύπου που χρησιμοποιούνται ειδικά για την ανάπτυξη του νευρικού και του αγγειακού συστήματος, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Για τα νήπια και για τα παιδιά, η πιο σημαντική πλευρά της ανάπτυξής τους είναι ο σχηματισμός του εγκεφάλου τους, γιατί αυτό συνδέεται με την ευφυΐα και τις ικανότητές τους. Περισσότερα από το 70% των εγκεφαλικών κυττάρων διαιρούνται κατά την εμβρυϊκή διάπλαση, ενώ η υπόλοιπη εγκεφαλική ανάπτυξη συντελείται στα δύο πρώτα μετά τη γέννηση χρόνια. Το έμβρυο ικανοποιεί τις ανάγκες του αυτές από το μητρικό πλακούντα, ενώ μετά τη γέννηση από το μητρικό γάλα, που *γι' αυτό το λόγο είναι και αναντικατάστατο*. Είναι φανερό ότι η μητέρα μετά τη σύλληψη, και εφόσον θηλάζει, οφείλει να διατηρεί αποθέματα από τις ουσίες που χρειάζεται το παιδί. Οι ανάγκες κατά την εγκυμοσύνη σε «απαραίτητα λιπαρά οξέα» (EFA) ανέρχονται σε περίπου 5% των συνολικών θερμίδων. Ειδικότερα, μητέρες με φτωχή διατροφή σε «απαραίτητα οξέα και αμινοξέα» και λιγότερες θερμίδες, φέρνουν στον κόσμο βρέφη μειωμένου βάρους. Έτσι, ζωτική σημασία δεν έχει μόνο η ποσότητα, αλλά και η ποιότητα των λιπαρών. Ας μην ξεχνάμε ότι ο άνθρωπος χαρακτηρίζεται από την «εξειδικευμένη» ποιότητά του.

Καθυστέρηση στην ανάπτυξη σ' αυτήν την πολύ εύτρωτη κι ευαίσθητη περίοδο, κατά την οποία πραγματοποιείται η ανάπτυξη του εγκεφάλου, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μόνιμες ελλείψεις και παραμορφώσεις.

Τα λιπίδια αποτελούν το 50-60% των στερεών συστατικών του εγκεφάλου – αν αφαιρεθεί το νερό – και έχουν «εξειδικευμένη» σύσταση: είναι πλούσια σε «απαραίτητα» λιπαρά οξέα του πολυακόρεστου τύπου με είκοσι ως είκοσι δύο ανθρακοάτομα. Ειδικά ο εγκέφαλος, ο αμφιβληστροειδής του ματιού και οι όρχεις είναι εξαιρετικά πλούσια σε λινολενικό οξύ· οξέα δηλαδή που απαντούν στα φτηνά ψάρια, όπως οι γαύροι, τα σκουμπριά, οι σαρδέλες, οι τόνοι κ.λπ..

Ακόμα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το μέγεθος του στομαχιού ενός παιδιού· κατά την ανάπτυξή του έχει τόσο μικρό μέγεθος, ώστε αν διατρέφεται με τροφές χαμηλής σχετικά ενεργειακής πυκνότητας, όπως υδατάνθρακες, μόλις επαρκεί για ν' ανταποκριθεί στις αυξημένες ανάγκες, που απαιτεί η ανάπτυξή του και η συνεχής αύξηση του βάρους του. Αυτός είναι ο λόγος που στην ηλικία αυτή είναι επιτακτική η χορήγηση της κατάλληλης λιπαρής τροφής, της οποίας η ενεργειακή πυκνότητα είναι δυόμισι σχεδόν φορές μεγαλύτερη από την ίδια ποσότητα υδατανθράκων. Δεν είναι τυχαίο επομένως το γεγονός ότι το 60% της ενέργειας που υπάρχει στο ανθρώπινο γάλα είναι υπό μορφή λίπους. Ακόμα, είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι κατά τη γέννηση του βρέφους, ο εγκέφαλός του χρησιμοποιεί το 60% της εισερχόμενης με τις τροφές ενέργειας κατά προτεραιότητα για την ανάπτυξη του σημαντικού αυτού οργάνου, το οποίο, ας σημειωθεί, δεν αντιπροσωπεύει παρά, το 1% περίπου, του συνολικού βάρους του σώματος. Η μοναδική ίσως εξειδίκευση του γένους των ανθρώπων κατά τα πρώτα στάδια της ζωής τους είναι οι εκπληκτικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Είναι άλλωστε γνωστό ότι σε περιόδους στερήσεων ή τροφικής δίαιτας το καθετί θυσιάζεται μπροστά στον εγκέφαλο, ο οποίος έχει την πρώτη προτεραιότητα, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Το ανθρώπινο γάλα είναι ένα δυναμικό και πολύπλοκο από τη φύση του μείγμα, το οποίο, πέρα από το ότι παρέχει διατροφή, δίνει στο παιδί συγχρόνως πολλές ικνοουσίες μεγάλης βιολογικής σημασίας. Για ορισμένες απ' αυτές, όπως ένα σχετικά σπάνιο αμινοξύ, η *ταυρίνη**, η σημασία τους μόλις τώρα τελευταία άρχισε να γίνεται κατανοητή. Η ταυρίνη ειδικά φαίνεται ότι συμβάλλει στη σταθεροποίηση των κυτταρικών μεμβρανών και κυρίως των φωτοδεκτών στα μάτια και στο μυοκάρδιο, αλλά και βοηθάει στην προστασία από την οξείδωση των λιπιδίων της κυτταρικής μεμβράνης.

Θα πρέπει να τονιστεί ακόμα η απορρόφηση και ο μεταβολισμός των απαραίτητων ικνοστοιχείων από διάφορα είδη γάλακτος. Για παράδειγμα, ο ψευδάργυρος, ένα από τα πιο σημαντικά ικνοστοιχεία που το βρέφος χρειάζεται σε σημαντικά ποσοστά, απορροφάται πολύ αποτελεσματικότερα από το μητρικό γάλα παρά από το αγελαδινό. Το ίδιο συμβαίνει και με πολλά άλλα ικνοστοιχεία. Πρόκειται

* Η *ταυρίνη* είναι το μόνο αμινοξύ, το οποίο διαθέτει σουλφονική ομάδα και είναι ισχυρά όξινο.

για τη *βιοδιαθεσιμότητά* τους, δηλαδή το ποσοστό των χρήσιμων συστατικών, που τελικά θ' απορροφηθεί και θ' αξιοποιηθεί από τον ανθρώπινο οργανισμό. Δεν αρκεί, δηλαδή, ένα ιχνοστοιχείο να απαντάει σε μια τροφή, πρέπει συγχρόνως να μπορεί ν' απορροφηθεί και να αξιοποιηθεί, από τον οργανισμό του χρήστη όπως είπαμε.

*Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι το πιο πολύτιμο δώρο, που είναι δυνατόν να κάνει η μάνα στο παιδί της, είναι να το θηλάζει, γιατί, όπως είπαμε, το μητρικό γάλα δεν το εφοδιάζει μόνο με αντισώματα, αλλά και με όλα τα αναγκαία συστατικά, αφού την ιδιότυπη σύστασή του δεν διαθέτει κανένα γάλα των άλλων θηλαστικών.* Στην περίπτωση των οικονομικά αναπτυγμένων χωρών το θέμα της υγιεινής διατροφής της μητέρας (ποσοτικά και ποιοτικά), αν έχει στοιχειώδεις γνώσεις, δεν παρουσιάζει καμιά δυσκολία. Το μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται στις υπανάπτυκτες περιοχές όπου η τροφή, είτε σπανίζει, είτε δεν ανταποκρίνεται στις διαιτητικές απαιτήσεις, τόσο προς την ποσότητα όσο και ως προς την ποιότητα, κυρίως των λιπιδίων και των πρωτεϊνών. Τα δεκατέσσερα εκατομμύρια παιδιά που πεθαίνουν κάθε χρόνο, κι όσα θα επιζήσουν λειψά, λόγω κακής διατροφής, είναι οι μάρτυρες του προβλήματος. Ένα πρόβλημα που όταν ακούγεται μας απασχολεί μερικά δευτερόλεπτα, οπότε προσποιούμεθα τη φρίκη μας, μετά όμως ξεχνιέται στους ήχους των disco και της ευωχίας μας. Το αδήριτο δίλημμα είναι: ποιος θα πρέπει να προτιμηθεί, αφού, αν διατραφεί το βρέφος, θα εξαντληθεί η μητέρα; Η απάντηση είναι δύσκολη, κατέληξε ο Κάρολος.

– Το πρόβλημα, είπε η Μαρίνα, είναι ότι η Ρένα πρέπει να πάει για μετεκπαίδευση με μια υποτροφία, που πήρε από τις ευρωπαϊκές κοινότητες, αλλιώς θα τη χάσει. Συνεπώς δεν είναι εύκολο να πάρει μαζί της και το μωρό, για να το θηλάζει.

– Σίγουρα να τη χάσει, είπε ψυχρά ο Κάρολος. Νομίζω ότι δεν υπάρχει πιο σοβαρό από το ν' αναθρέψεις σωστά ένα καινούριο πλάσμα που έφερες στον κόσμο. Άλλωστε αυτό δεν στο ζήτησε, γι' αυτό και η ευθύνη της είναι μεγάλη, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Μητέρα και παιδί

– Κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης οι «θηλυκές» ορμόνες που εκκρίνονται σε αυξημένες ποσότητες, και προετοιμάζουν τη διαιώνιση του είδους, ωφελούν τον εγκέφαλο, αναβαθμίζοντας τη μνήμη, ενώ η ωκυτοκίνη, υπεύθυνη για τη χαλάρωση του νευρικού συστήματος, μειώνει τους φόβους και τις ανησυχίες. Η φύση κάνει το παν για τη βελτίωση της αναπαραγωγής.

Το νεογνό εισέρχεται στον κόσμο αυτό όχι σαν άγραφο λευκό φύλλο χαρτιού, στο οποίο θα εγγραφούν οι πολιτισμικές οδηγίες, αλλά σαν ένα πλάσμα προγραμματισμένο από τις εξελικτικές δυνάμεις για επιβίωση. Προγραμματισμένο από τα βάθη των αιώνων να επιβιώσει ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας συλλεκτών τροφίμων και κυνηγών θηραμάτων, χωρίς ιατρικές φροντίδες και

αγελαδινό γάλα, δεν έρχεται αβοήθητο, αλλά οπλισμένο μ' έναν αριθμό από ισχυρά όπλα για να επιβιώσει. Επειδή όμως μόνο του δεν θα τα κατάφερνε, οι προσπάθειές του για βοήθεια στρέφονται προς τα άλλα ανθρώπινα πλάσματα. Η πρώτη έντονη προσπάθεια για βοήθεια στηρίζεται στη φωνή του. Η πρώτη αντίδραση είναι κραυγές και κλάματα. Η βασική κραυγή είναι ρυθμική και σχετίζεται με τη διατροφή. Υπάρχουν και κραυγές θυμού και οργής, αυτές όμως δεν είναι ρυθμικές. Πρόκειται για την πρώτη γραμμή άμυνας του βρέφους. Οι κραυγές και η ανταλλαγή χαμόγελων – μετά την τέταρτη βδομάδα από τη γέννησή του– ανάμεσα στη μάνα και το παιδί έχουν βασική σημασία για την ομαλή ανάπτυξή του. Το θερμό μητρικό χαμόγελο και η ανταπόκριση του παιδιού είναι τόσο αναγκαία, όσο και το μητρικό γάλα.

Από τις παρατηρήσεις του Harlow, βεβαιώθηκε η πρωταρχική σημασία των μητρικών φροντίδων, ιδιαίτερα στα πρώτα βήματα της ζωής. Οι πρώτες παρατηρήσεις έγιναν με νήπια πιθήκων που ζούσαν μακριά από τις μανάδες τους. Σ' όλα άρεσε να σφίγγουν και να σέρνουν πάντα μαζί τους ένα μαλακό κουρέλι. Στην παρατήρηση αυτή ο Harlow θέλησε να εμβαθύνει. Έτσι τους έδωσε τη δυνατότητα να επιλέγουν ανάμεσα σ' ένα συρμάτινο άθυρμα, το οποίο διέθετε κι ένα μπιμπερό με γάλα, και σ' ένα μαλακό κομμάτι από ύφασμα. Τα μικρά πιθηκάκια περνούσαν την ώρα τους κρατώντας και παίζοντας το μαλακό ύφασμα. Αν μάλιστα τρόμαζαν, τότε το κολλούσαν σφιχτά πάνω τους. Στο συρμάτινο παιγνίδι-μπιμπερό κατέφευγαν μόνο όταν τα έζωνε η πείνα. Ήταν φανερό ότι θεωρούσαν το μαλακό κουρέλι σαν ένα υποκατάστατο της μάνας τους. Πάντως, όλ' αυτά τα πιθηκάκια που μεγάλωναν χωρίς τις μητρικές φροντίδες, έστω και με τα παραπάνω υποκατάστατα, δεν παρουσίαζαν κανονική συμπεριφορά: ήταν άγρια, δεν έπαιζαν και ήταν επιθετικά. Αν η απομόνωση από τη μητέρα τους διαρκούσε περισσότερο από έξι μήνες, έστω και με τροφό, η οποία υποκαθιστούσε τη μητέρα, τότε η βλάβη ήταν ανεπανόρθωτη και τα παραπάνω φαινόμενα εξαιρετικά έντονα. Αν μάλιστα επρόκειτο για θηλυκά, όταν μεγάλωναν δεν εμφάνιζαν κανένα είδος μητρικής συμπεριφοράς: απόδιωχναν τα ίδια τα παιδιά τους και αρνιόντουσαν να τα γαλουχήσουν ή να τα περιθάλψουν. Για να διασωθούν τα πιθηκάκια αυτά, μια λύση υπήρχε: ν' απομακρυνθούν από τις μανάδες τους.

– Μια άλλη κακή συγκυρία, συνέχισε ο Κάρολος, επέτρεψε τα φαινόμενα αυτά να παρατηρηθούν από τον Davis και σε παιδιά. Πρόκειται για την περίπτωση της Άννας, ενός «νόθου» παιδιού που δεν ήταν αποδεκτό από τον παππού του, ο οποίος είχε υπό τον έλεγχό του και τη μητέρα του. Μετά δύο εβδομάδες από τη γέννηση της Άννας, μάνα και κόρη εκδιώχθηκαν από το σπίτι και κατέφυγαν στην αρχή σ' ένα εκκλησιαστικό ίδρυμα και στη συνέχεια, την τρίτη εβδομάδα της ζωής της, η Άννα, στην κρίσιμη εποχή που το τρυφερό μητρικό φίλτρο έπρεπε να της χαρίζει την ικανότητα του πρώτου χαμόγελου, βρέθηκε σ' ένα ίδρυμα υιοθεσιών, όπου έμεινε άλλες πέντε εβδομάδες. Οι περιπέτειές της συνεχίστηκαν με την πρόσκαιρη υιοθεσία της και την επαναποπομπή της από

τους θετούς γονείς στο ίδρυμα. Τελικά, όταν είχε φτάσει περίπου έξι μηνών, την ξαναπήρε η μάνα της στο σπίτι του παππού της και την έκρυψε σ' ένα αχούρι, όπου το μόνο που της παρείχε ήταν η τροφή. Εκεί ανακαλύφθηκε όταν είχε γίνει έξι χρονών. Ήταν ανίκανη να περπατήσει και ούτε μιλούσε ούτε έπαιζε. Μετά από εντατική διδασκαλία, γύρω στα εφτά της χρόνια, έμαθε να περπατάει αλλά δεν μιλούσε. Τελικά, γύρω στα δέκα λυτρώθηκε με το θάνατο.

Ανάμεσα στο παθολογικό μητρικό ενδιαφέρον και τη σκληρή αδιαφορία υπάρχουν πλήθος διαβαθμίσεις και ιδιαιτερότητες και αντίστοιχες αντιδράσεις του νηπίου, όπως: ανησυχία, εκδικητικότητα, αίσθημα ενοχής, κατάθλιψη, άγχος, νευρώσεις, αστάθεια χαρακτήρα, αδιαφορία γι' απόκτηση φίλων κ.λπ.. Παιδιά που στερούνται τη μητρική στοργή, ιδιαίτερα από τον έβδομο ως το δωδέκατο μήνα, παρουσιάζουν μια υστέρηση στην ανάπτυξή τους, που είναι αποτέλεσμα συγκινησιακής στέρησης και όχι τροφικής πείνας. Πρόκειται για τον *αποστερητικό νανισμό*, λόγω μικρότερης παραγωγής αυξητικής ορμόνης. Η επαναφορά των μητρικών φροντίδων αναστέλλει πολλές φορές τις ανωμαλίες αυτές. Το παιδί ξεκινάει με κραυγές και χαμόγελα, προσέχει τη μάνα του, φοβάται τους ξένους και παρουσιάζει διάφορες άλλες χαρακτηριστικές εκδηλώσεις, κατά τον πρώτο χρόνο της ζωής του. Με την αλληλεπίδραση ανάμεσά τους προοδεύει, ανταμείβεται και δέχεται «έξυπνες» απαντήσεις, εναγκαλισμούς και νανουρίσματα. Έτσι, σιγά-σιγά βαδίζει προς την κοινωνική του διαπαιδαγώγηση και αποκτά τις πολιτισμικές του καταβολές.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πρώτες προσπάθειες του νηπίου για ομιλία γίνονται αντιληπτές από τις πρώτες μέρες μετά τη γέννησή του. Η κατάκτηση της γλώσσας πραγματοποιείται μόνο σε περιβάλλον όπου ομιλούν. Αν απομακρυνθούν οι συνομιλητές, η γλωσσική ικανότητα δεν εμφανίζεται. Είναι φανερό ότι οι σχέσεις μητέρας-παιδιού είναι εξαιρετικά κρίσιμες και για τους δύο, γιατί και η μητέρα υφίσταται ζωηρά τις συνέπειες του αποχωρισμού από το παιδί της. Βέβαια για το νήπιο, και ιδιαίτερα στα πρώτα βήματα της ζωής του, είναι καθοριστικής σημασίας για τη μετέπειτα ζωή του, κατέληξε ο Κάρολος.

## Εμμηνόπαυση και συνέπειες

### *Οστεοπόρωση και μορφές άνοιας*

Η Μαρία κατόπιν ρώτησε τον Κάρολο τη γνώμη του αν φθάνοντας στην ηλικία της εμμηνόπαυσης θα πρέπει να κάνει ορμονοθεραπεία.

– Θα προτιμούσα να ρωτήσεις τον Ιπποκράτη που είναι ειδικός, είπε ο Κάρολος. Αυτό που ξέρω πάντως είναι ότι η πρόσληψη ορμονών, των οποίων η παραγωγή μειώνεται με την εμμηνόπαυση και κυρίως οιστραδιόλης, υποβοηθεί την αναστολή των συνεπειών, όπως είναι η οστεοπόρωση, η μείωση της μνήμης και των διανοητικών λειτουργιών.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια πιστευόταν ότι η υποκατάσταση των ορμονών των οποίων η ποσότητα βαθμιαία μειωνόταν, βελτίωνε τα προβλήματα τόσο της μνή-

μης όσο και τις πιθανότητες άνοιας που παρατηρείται σε μεγαλύτερη ηλικία.

Συστηματικά πειράματα που έγιναν στο Mental Health Center στη Bethesda των ΗΠΑ τελευταία, κατέληξαν στο περίεργο συμπέρασμα ότι η προσθήκη των ορμονών (Hormone Replacement Therapy–HRT) αύξανε την πιθανότητα εμφάνισης άνοιας. Το συμπέρασμα αυτό αναιρούσε την μέχρι τότε πεποίθηση για ευνοϊκή δράση της ορμονοθεραπείας.

Οι τελευταίες έρευνες αποκάλυψαν, όπως χιουμοριστικά ανεφέρθη, μια *νευροχημική σαπουνόπερα* στη σχέση εγκεφάλου και σεξουαλικών οργάνων, μια σχέση που διαταράσσεται και μεταβάλλεται όσο προχωρεί η ηλικία.

Για παράδειγμα η λήψη ορμονών υποβοηθά την ομαλότερη σεξουαλική ζωή μετά την εμμηνόπαυση οπότε παρατηρείται ξηρότητα του κόλπου, επαναφέροντας την ύγρανση, η οποία υποβοηθά τη σεξουαλική διείσδυση και τα μικροπροβλήματά της, χωρίς φυσικά να είναι πανάκεια και να ισχύει σ' όλες τις περιπτώσεις.

Οι αντιφάσεις αυτές φαίνεται να εξομαλύνονται αν ληφθεί υπόψη ο χρόνος λήψης των ορμονών υποκατάστασης. Αν είναι έγκαιρος, δηλαδή αν ληφθούν στον ορθό χρόνο, όταν ακόμη ο εγκέφαλος είναι σχετικά νέος και υγιής, τα αποτελέσματα είναι ευεργετικά. Αν όμως η ορμονοθεραπεία εφαρμοστεί όταν ήδη έχει αρχίσει η εξασθένηση των νοητικών λειτουργιών, τότε γίνεται ακριβώς το αντίθετο. Ενώ δηλαδή αν η χρήση ορμονών ξεκινήσει την εποχή της εμμηνόπαυσης (49-51 ετών) έχει ευνοϊκά αποτελέσματα, το αντίθετο συμβαίνει με γυναίκες 65-79 ετών. Σήμερα πιστεύεται ότι *ο χρόνος είναι το παν*. Υπάρχουν ενδείξεις ότι κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τους άνδρες, των οποίων η ορμονική παραγωγή μειώνεται βαθμιαία μετά τα 50-60 χρόνια.

– Σίγουρα, όμως, μια τόσο σημαντική απόφαση, θα πρέπει να ληφθεί με τη σύμφωνη γνώμη του ενδοκρινολόγου σου, κατέληξε ο Κάρολος.

– Όλ' αυτά είναι πολύ χρήσιμα για μια γιαγιά, είπε η Μαρίνα.

– Όπως είπε κι ο Heisenberg: *«Το να ρωτάς πάντα, είναι συχνά περισσότερο από το μισό δρόμο για τη λύση ενός προβλήματος»*, αποκρίθηκε ο Κάρολος και σηκώθηκε: καλοκάθισα, πρόσθεσε, πρέπει να πάω στο σπίτι μου, θα είναι εκεί όλη η παρέα. Περιμένουμε και τον Τζίμη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ
## ΕΝΑ ΛΟΥΚΟΥΛΛΕΙΟ ΥΓΙΕΙΝΟ ΓΕΥΜΑ ΤΟΥ 2007

Όταν έφτασε στο σπίτι του ο Κάρολος, είχε κιόλας συναχθεί όλη η παρέα. Ύστερα από λίγο στο βάθος του κήπου φάνηκε ο Τοτός που συνόδευε έναν καλοθρεμμένο γίγαντα. Ήταν ο Τζίμης, ο ανιψιός του Κάρολου.

Ύστερα από τις πρώτες διαχύσεις, τα καλωσορίσματα και τις τυπικές κουβέντες, βολεύτηκε στην πολυθρόνα. Η πρώτη ερώτηση που έκανε στο θείο του ήταν αν «τα είχε οικονομήσει».

Με κάποια έκπληξη ο Κάρολος, αφού τον κοίταξε καλά-καλά από πάνω μέχρι κάτω, κούνησε το κεφάλι του αρνητικά.

– Καταλαβαίνω, είπε ο Τζίμης, έμεινες στις επιστήμες. Αυτές δεν αποδίδουν. Εγώ ταλαιπωρήθηκα μακριά από τον τόπο μου, στην Αυστραλία, αλλά τα βόλεψα. Έχω τώρα ό,τι θέλω.

– Ασφαλώς, ο καθένας αποκτά ό,τι θέλει κι ό,τι του αρέσει, παρατήρησε ο Ευκλείδης με σημασία, και πρόσθεσε: Αυτοί που ασχολούνται στα σύνορα της σύγχρονης μοριακής βιολογίας δεν ξοδεύουν τις ώρες και τον ενθουσιασμό τους για να κερδίσουν χρήματα και δόξα, αλλά, κυρίως, για να ικανοποιήσουν την περιέργειά τους, διερευνώντας θεμελιώδη προβλήματα στο χώρο της αμιγούς επιστήμης.

Ο Κάρολος έκανε μία χειρονομία στον Ευκλείδη που σήμαινε: μην χάνεις τα λόγια σου. Η συζήτηση δεν έδειχνε να προχωράει. Ο Τζίμης ήταν ολότελα ξένος, προερχόταν από άλλον κόσμο.

Ο Κάρολος για να δώσει μια διέξοδο, φανερά απογοητευμένος κι από το παρουσιαστικό και από το λεκτικό του ανιψιού του, καθώς σκεφτότανε πώς είναι δυνατόν η αδερφή του να έχει δημιουργήσει τέτοιον απόγονο, προχώρησε προς την τραπεζαρία, όπου ο Τοτός είχε στρωμένο το τραπέζι, και είπε:

– Είχα ακούσει από τη μητέρα σου ότι έχεις προβλήματα με την υγεία σου. Αλήθεια, πώς πας;

– Καμιά φορά με πιάνει πόνος στο στήθος, αλλά παίρνω ένα χάπι και μου περνάει. Πού καιρός να προσέχω τέτοια πράγματα, έχω τόσες σκοτούρες με τις δουλειές μου, απεκρίθηκε ο Τζίμης.

– Καλά, οι γιατροί δεν σου είπαν να προσέχεις το φαγητό σου, ν' αδυνατίσεις, να μην καπνίζεις; είπε ο Κάρολος.

– Τουλάχιστον, παρενέβη ο Ιπποκράτης, να μην καπνίζεις· αυτό για σένα είναι επικίνδυνο.

– Ξέρεις πόσες φορές προσπάθησα, αλλά δεν τα κατάφερα, απάντησε ο Τζίμης.

– Μου θυμίζεις τον Β. Show ο οποίος έλεγε: *«Ξέρεις πόσο εύκολο είναι να κόψεις το τσιγάρο, εγώ το έχω κόψει πενήντα φορές μέχρι σήμερα»*. Αν θέλεις, είπε ο Ιπποκράτης, μπορείς. Θα πρέπει να ξέρεις ότι ο καπνιστής είναι ένας «ελαφρά οπιομανής». Όπως εκείνος ντοπάρεται από τα μόρια της ηρωίνης, έτσι και του καπνιστή οι υποδοχείς εθίζονται στα μόρια της νικοτίνης. Φυσικά, αυτό είναι μόνο ένα από τα επακόλουθα του καπνίσματος. Μια θεραπεία είναι η εξής: όταν ο οργανισμός σου αποζητάει το τσιγάρο, δηλαδή νικοτίνη, να κάνεις μια ελαφρά επάλειψη με αραιή αλοιφή που περιέχει νικοτίνη, η οποία απορροφάται από το δέρμα και μεταφέρεται με το αίμα στους κατάλληλους υποδοχείς του εγκεφάλου. Τέτοια «φάρμακα» κυκλοφορούν στο εμπόριο.

– Θα προσπαθήσω, απάντησε δυσαρεστημένος ο Τζίμης, οι γιατροί αυτά λένε σ' όλους... δεν βαριέσαι.

– Εγώ, μια φορά, είπε χαμογελώντας ο Κάρολος, φρόντισα να σου κάνω ένα υγιεινό τραπέζι.

«Καήκαμε», σκέφτηκε από μέσα του ο Τζίμης, «ποιος ξέρει τι θα μας ταΐσει!», ενώ στο πρόσωπό του ήταν φανερά ζωγραφισμένη η απογοήτευση. Η μύτη του όμως, όπως προχωρούσε προς το τραπέζι, τον βεβαίωνε για το ακριβώς αντίθετο.

– Πώς συμβιβάζεται, παρατήρησε ο Τζίμης, το υγιεινό τραπέζι με τις γαργαλιστικές μυρωδιές που με πήραν;

– Ε, δεν μάθαμε ίσως να κάνουμε λεφτά, αλλά κάτι τέτοιο ελπίζω να το πετύχαμε. Στον Τοτό παράγγειλα να εφαρμόσει το πρόγραμμα special III, και φαίνεται πως ανταποκρίθηκε με επιτυχία.

Μια εξαίρετη μυρωδιά βραστού ψαριού, κρασιού και κρεμμυδιού, ήταν αυτό που ανέδυαν τ' αχνιστά πιάτα και οι πιατελίτσες: αστακός βραστός γαρνιρισμένος με μυρωδικά, πολύχρωμα λαχανικά και μύδια· ξυσμένα καρότα, λάχανο και κουνουπίδι, βαθυπράσινα μπρόκολα και κάππαρη, σκελίδες σκόρδου και κρεμμυδιού, άλικες ντομάτες, φύλλα αντράκλας και μαρουλιού, ρίγανη, βασιλικό, δεντρολίβανο, εστραγκόν και μάραθο και σκούρα σάλτσα σόγιας.

– Καλά, ο αστακός έχει χοληστερίνη, δεν είναι έτσι; είπε ο Ευκλείδης.

– Και ποιος σου είπε ότι είναι αστακός; είναι απλώς συναγρίδα, σε σχήμα και φυσικό άρωμα αστακού, είπε ο Κάρολος.

– Και το γαρνίρισμα; ρώτησε ο Ιπποκράτης.

– Μα είναι μια νέα ειδική ποικιλία από φύκια τηγανητά, πλούσια σε ω-3 ακόρεστα λιπαρά, απάντησε ο Κάρολος. Μιας και δεν είμαι βέβαιος ότι έχουμε όλα τα ιχνοστοιχεία και τις βιταμίνες στη σαλάτα μας, αφού μερικά λαχανικά δεν προέρχονται από το κτήμα, ήθελα να είμαι σίγουρος ότι θα πάρουμε τη «δόση» μας. Ευτυχώς, το μπρόκολο είναι από το κτήμα, τα μύδια κι ο αθερινός από τη

θάλασσα και το χταπόδι από το βυθό κουβαλάει όλα τα ιχνοστοιχεία του πλανήτη κι έτσι θα έχουμε ακόμα και όσο σελήνιο έχει ανάγκη η καρδιά μας.

– Και το κρασί στη σούπα; ρώτησε ο Πλάτων.

– Είναι μοσχάτο, κόκκινο κρασί χωρίς οινόπνευμα, γιατί αυτό εξατμίστηκε με το βράσιμο, είπε ο Κάρολος, πλούσιο σε ρεσβερατρόλη και προκυανιδίνες.

Όλοι παραδέχτηκαν ότι ήταν θαυμάσιο, και ο Κάρολος έδωσε το σήμα στον Τοτό να προχωρήσει στο επόμενο πιάτο.

Η μυρωδιά του μπέικον, ανακατεμένη με τις μυρωδιές του ψητού αρνιού και του καλοψημένου σκόρδου, πλημμύρισε τώρα το τραπέζι.

– Μη μου πεις ότι και το αρνί είναι υποκατάστατο; είπε ο Ευκλείδης.

– Το αρνί είναι πραγματικό, αλλά προέρχεται από γενιά αρνιών, των οποίων ο πρωτεϊνικός ιστός, το κρέας του δηλαδή, είναι αυξημένο, ενώ ο αδιπώδης ιστός, το λίπος του, περιορισμένο· άλλωστε και το λίγο λίπος που έχει, στράγγισε όπως ψηνότανε πάνω στα κλήματα, είπε ο Κάρολος.

– Κι αυτό που καίει τη γλώσσα; ρώτησε ο Τζίμης.

– Το κάψιμο που προκαλούν στο στόμα ορισμένες ουσίες όπως η πιπερίνη (πιπέρι), η καψαϊκίνη (καυτερές πιπεριές), οφείλεται σε συγκεκριμένους νευρώνες στη γλώσσα, οι οποίοι υφίστανται τροποποίηση του μορίου τους με σύνδεση των καυστικών ουσιών με τα μόρια της κυστεΐνης, ενός θειούχου αμινοξέος της πρωτεΐνης των καναλιών, γι' αυτό και η καυστική αίσθηση έχει διάρκεια. Πάντως σε μικρές ποσότητες είναι ωφέλιμα συστατικά απάντησε ο Κάρολος.

Είχαν όλοι πέσει με βουλιμία στις τέρψεις του λάρυγγα και μπουκωμένος ο Τζίμης βρήκε μια στιγμή να ρωτήσει: Κι αυτές οι κροκέτες με μπέικον δεν είναι ανθυγιεινές; εμένα μου είχαν πει να μην τρώω μπέικον.

– Μην ανησυχείς, δεν έχουν ίχνος μπέικον ή κρέας, απλώς έχουν το φυσικό άρωμά του, είπε ο Κάρολος.

– Δηλαδή, τι ακριβώς είναι; ρώτησε ο Τζίμης.

– Πουρές από πατάτα, φασόλια και αρακά με τροποποιημένο άμυλο, λίγο άπαχο γάλα, αλεύρι από επεξεργασμένο σανό, λίγο φύτρο σιταριού, πίτουρα βρώμης και αβγά μειωμένης χοληστερίνης από κότες ειδικού διαιτολογίου πλούσιου σε φυτοστερόλες, λιναρόσπορο και ω-3 οξέα, αποκρίθηκε ο Κάρολος.

– Ακούω συχνά για τις φυτοστερόλες ότι εξασκούν κάποια αντιχοληστεριναιμική δράση. Τι γνώμη έχεις; ρώτησε ο Ιπποκράτης.

– Πράγματι, είπε ο Κάρολος, οι φυτοστερόλες από πλευράς χημικής δομής μοιάζουν πολύ με το μόριο της χοληστερόλης, όταν λοιπόν υπάρχουν στο διαιτολόγιό μας την υποκαθιστούν μερικώς, χωρίς να εξασκούν τη δυσμενή της δράση.

– Τα έχεις τηγανίσει με βούτυρο ή μαργαρίνη; ρώτησε ο Τζίμης.

– Όχι βέβαια, δεν θα μπορούσα να επιβουλευτώ τη χοληστερίνη σας. Απλώς είναι ένα μείγμα με λάδι από φύτρο σιταριού και παρθένο ελαιόλαδο, απάντησε ο Κάρολος.

– Καλά και η μυρωδιά; ρώτησε ο Τζίμης.

– Πρόκειται για άρωμα βουτύρου που έχει ανασυντεθεί με βάση το άρωμα του βουτύρου της Σαβοΐας, απάντησε ο Κάρολος. Κάτι ανάλογο είναι και το τυρί που θα φάτε. Είναι απόλυτα υγιεινό. Έχει γίνει από άπαχο γάλα. Τα λιπαρά του είναι μειωμένα, περιέχει φυτοστερόλες σαν του λαδιού που τηγανίσαμε τις κροκέτες, το θαυμαστό του άρωμα είναι παρμεζάνας Ρετζιάνο και αντί γι' αλάτι έχει χλωριούχο κάλιο, με λίγη γλυκίνη και λευκίνη.

– Τι είναι τα τελευταία; ρώτησε ο Ιπποκράτης.

– Μα τα γνωστά σου αμινοξέα, απάντησε ο Κάρολος.

– Πολύ φοβάμαι ότι αν η κουζίνα σου διαδοθεί, θα αφήσεις εμάς τους γιατρούς χωρίς δουλειά.

– Υπερβολές, είπε ο Κάρολος. Σίγουρα οι άνθρωποι θα έχουν πάντα προβλήματα, γιατί το μεγάλο πλήθος δεν γνωρίζει τι πρέπει να τρώει κι ένας μεγάλος αριθμός επηρεάζεται από τα «διαιτολόγια» των «ειδικών» που δημοσιεύονται κάθε μέρα στις εφημερίδες και στα περιοδικά.

– Η αλήθεια είναι, είπε ο Ιπποκράτης, ότι την ετικέτα του διαιτολόγου την κόλλησαν πολλοί και άσχετοι με τη βιοχημεία. Ακόμα κι εμείς οι παλιοί γιατροί, οι οποίοι δεν εμβαθύναμε στην οργανική χημεία και στη βιοχημεία, είναι πολύ δύσκολο να συστήσουμε σωστά διαιτολόγια. Είχαμε παπαγαλίσει μερικές γνώσεις, χωρίς να ξέρουμε κατά βάθος τις ιδιότητες των τροφίμων. Ευτυχώς, οι νέοι γιατροί μαθαίνουν τόση οργανική χημεία και βιοχημεία, όση και οι χημικοί.

– Πώς ήταν δυνατόν να πλησιάσουμε μια τόσο πολύπλοκη βιοχημική μηχανή, όπως ο άνθρωπος, χωρίς τη βαθιά γνώση της μοριακής βιολογίας, που δεν είναι παρά εξειδικευμένη χημεία; παρατήρησε ο Κάρολος. Μια πολύ απλή συνταγή για το τι πρέπει να τρώμε και τι ν' αποφεύγουμε μας δίνει η διατροφή μακροβίων, απαλλαγμένων από καρδιαγγειακές παθήσεις, λαών όπως για παράδειγμα η μεσογειακή διατροφή.

Βασικά πρέπει να *αποφεύγουμε* τα βιομηχανοποιημένα τρόφιμα, από τα οποία για λόγους εμφάνισης, γεύσης, συντήρησης έχουν αφαιρεθεί σημαντικές για την υγεία ικνοουσίες. Παράδειγμα το ψωμί. Η πρώτη διαδικασία κατά την παρασκευή των αλεύρων είναι η απομάκρυνση του φύτρου. Σ' αυτό όμως η φύση έχει συγκεντρώσει πολύτιμα συστατικά απαραίτητα να ξεπηδήσει η νέα ζωή όταν φυτρώνει το νέο φυτό. Η χρήση αλεύρων που περιέχουν όλα τα συστατικά του σπόρου μέχρι και τα πίτουρα είναι ωφέλιμα γιατί οι *φυτικές ίνες* είναι πολύτιμες για τη λειτουργία του πεπτικού μας συστήματος και την αποφυγή των αιμορροΐδων, αλλά και τη μείωση της χοληστερόλης. *Τακτικές εκκενώσεις σημαίνουν αποβολή χολικών οξέων, οπότε μόρια χοληστερόλης μετασχηματίζονται για να τα υποκαταστήσουν.*

Τα ίδια συμβαίνουν και με ένα άλλο βασικό τρόφιμο, το ρύζι. Στο φλοιό του ρυζιού, ενός από τα πιο συνηθισμένα τρόφιμα, υπάρχουν πολύτιμες ουσίες (Oryzanols, Tocopherols, Tocotrienols, Phytosterols, Polyphenols). Πρόκειται

για ουσίες με ισχυρά αντιοξειδωτικές ιδιότητες, οι οποίες όπως αποδείχτηκε από τελευταίες μελέτες (2006) που διεξήχθησαν σε ιαπωνικά πανεπιστήμια, βελτιώνουν την υπέρταση, την υπερλιπίδωση και την υπεργλυκαιμία.

Κατά την αποφλοίωση όμως του ρυζιού μαζί με το φλοιό απομακρύνονται και οι πολύτιμες αυτές ουσίες. Έτσι στο ρύζι που φθάνει στην κατανάλωση απομένουν κυρίως υδατάνθρακες, πηγές θερμίδων και λίγες πρωτεΐνες.

Στο σημείο αυτό η Μάρθα παρατήρησε:

– Εγώ αγόρασα από κατάστημα με υγιεινές τροφές μη αποφλοιωμένο ρύζι, αλλά δεν τρώγεται εύκολα.

– Σ' αυτό έχεις δίκιο, είπε ο Κάρολος, αλλά μπορείς ν' αγοράσεις αλεσμένο Rice Bran (πίτουρο ρυζιού) και να το αναμείξεις με το συνηθισμένο αλεύρι για όλες τις χρήσεις.

Κάτι αντίστοιχο γίνεται με τα συνηθισμένα σπορέλαια, τα λεγόμενα «ραφινέ», τα εξευγενισμένα, όπου κατά τις διαδικασίες εξευγενισμού έχουν απομακρυνθεί όλες οι ιχνοουσίες (φυτοστερόλες, βιταμίνες Ε, ίχνη άλλων αντιοξειδωτικών ουσιών), συστατικά πολύτιμα για τον άνθρωπο τόσο για την ισορροπία της χοληστερίνης (φυτοστερόλες) όσο και για την αντιοξειδωτική τους δράση.

Αυτή ακριβώς είναι η αξία του παρθένου ελαιόλαδου, το οποίο και στις σαλάτες είναι ωφέλιμο, αρκεί όμως να είναι μετρημένο.

– Θέλω, παρενέβη ο Ιπποκράτης, να ρωτήσω τι εννοείς όταν λες προλεταριακά ψάρια, που σ' έχω ακούσει να τα αναφέρεις και σε άλλες μας συναντήσεις;

– Είναι όλα τα ασημένια, γυαλιστερά ψάρια του αφρού: η σαρδέλα, ο γαύρος, το σκουμπρί, ο τόνος, οι παλαμίδες, οι κολιοί, ο σολομός, για να θυμηθώ μερικά. Για τ' αφρόψαρα η τροφική αλυσίδα ξεκινάει από το φυτοπλαγκτόν, την πολύτιμη αυτή ουσία του ήλιου και της θάλασσας, που έχει την ικανότητα να συνθέτει τα ω-3 οξέα, αλλά και πολλά ακόμη πολύτιμα συστατικά, τα οποία τελικά καταλήγουν σε εμάς.

Μια παρένθεση, δεν συμβαίνει το ίδιο με τα ψάρια του ιχθυοτροφείου, όπου συνήθως το φυτοπλαγκτόν είναι μειωμένο.

Αν τώρα προστεθούν και τα φρούτα και λαχανικά συμπληρωμένα με βότανα του βουνού γι' αρωματισμό όπως το φασκόμηλο, η ρίγανη, το δεντρολίβανο, το θυμάρι και βολβώδη όπως το σκόρδο, το κρεμμύδι, το πράσο και τα σταυρανθή όπως το μπρόκολο, το κουνουπίδι, τα οποία έχουν και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, φθάσαμε στη μεσογειακή διατροφή.

– Πες μου κι αυτό το κόκκινο ζουμί που μας σέρβιραν τι είναι; ρώτησε ο Τζίμης.

– Επειδή δεν έχεις την υπομονή να φας μισό κιλό λαχανικά, του είπε ο Κάρολος, ώστε να πάρεις τις φυσικές βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία που χρειάζεσαι, έχουμε πάρει πράσινες σαλάτες, πιπεριές, ντομάτες, σέλινο, καρότα, παντζάρια, πορτοκάλια, λεμόνια, μήλα και φράουλες, τα έχουμε περάσει από τον αποχυμωτή κι έτσι ένα ποτήρι ισοδυναμεί με την ημερήσια δόση φρούτων και λαχανικών.

Εκείνη τη στιγμή μια ευχάριστη μυρωδιά βανίλιας, καρύδας και σοκολάτας, διαπέρασε τα ρουθούνια όλων, καθώς ο Τοτός προχωρούσε, προωθώντας το καρότσι με την τούρτα.

– Εδώ, σίγουρα θ' αμαρτήσουμε, είπε ο Ευκλείδης, παρατηρώντας τον Τζίμη που είχε αρχίσει να γλείφεται.

– Δεν θ' αμαρτήσετε πολύ, είπε ο Κάρολος. Είναι προγραμματισμένο για εκατό θερμίδες το κομμάτι.

– Μα τι είναι αυτές οι θερμίδες, που με καταδιώκουν μόλις κάτσω στο τραπέζι; ρώτησε ο Τζίμης.

– Είναι, με δυο λόγια, η ενέργεια που αποδίδουν τα τρόφιμα όπως μεταβολίζονται από τον οργανισμό σου, είπε ο Κάρολος. Για παράδειγμα, οι εκατό θερμίδες που θα φας με το γλυκό σου, θα σου δώσουν τόση ενέργεια, ώστε να ζεστάνεις εκατό γραμμάρια νερό, ένα ποτήρι του κρασιού, κατά ένα βαθμό.

– Εγώ, δηλαδή, πόσες θερμίδες πρέπει να τρώω; ρώτησε ο Τζίμης.

– Εσύ, καταρχήν, του απάντησε ο Ιπποκράτης, θα πρέπει να κάνεις αιματηρές οικονομίες στις θερμίδες σου, γιατί θα πρέπει να χάσεις τουλάχιστον τριάντα κιλά, αν θέλεις την υγειά σου, κι από κει και πέρα να ζυγίζεσαι κάθε πρωί. Αλλά, για να πάρεις μια ιδέα, θα σου δώσω έναν πίνακα που δείχνει τις θερμίδες, τα συστατικά, τη χοληστερίνη, πολλών συνηθισμένων τροφίμων. Αν γνωρίζεις ότι ένα γραμμάριο ζάχαρη ή άμυλο δίνει τέσσερεις θερμίδες, ένα γραμμάριο λίπος ή λάδι εννιά, ένα γραμμάριο οινόπνευμα επτά, βρίσκεις το λογαριασμό.

Πάντως θα πρέπει να ξέρεις, συνέχισε ο Ιπποκράτης, ότι χίλιες εξακόσιες θερμίδες περίπου χρειάζεσαι για τις στοιχειώδεις ανάγκες σου, αν δεν κινείσαι, αν δεν κάνεις τίποτα. Από κει και πέρα, αν παρακολουθείς τηλεόραση και εβδομήντα θερμίδες την ώρα, αντίστοιχα τριακόσιες αν περπατάς, εξακόσιες πενήντα αν κολυμπάς, χίλιες εκατό αν τρέχεις κι αν κάνεις έρωτα διακόσιες ως πεντακόσιες ανάλογα με το ταμπεραμέντο σου· και γυρίζοντας προς τον Κάρολο: Αλλά εγώ, θα ήθελα να ρωτήσω, Κάρολε, πώς γίνεται κι ένα τόσο πλούσιο γλυκό έχει μόνο εκατό θερμίδες η μερίδα;

– Είναι απλό, απάντησε ο Κάρολος. Αντί για ζάχαρη που έχει τέσσερεις θερμίδες, περιέχει *πολυδεξιροσορβιτόλη,* η οποία έχει μία θερμίδα. Σαν γλυκαντικό έχει εκχύλισμα γλυκόρριζας, τη γνωστή γιάμπολη της γιαγιάς σας, *μαλτιτόλη* κι ένα ίχνος *θαυματίνης,* της πρωτεΐνης αυτής που πρωτοαπομονώθηκε από ένα θάμνο της Νιγηρίας και είναι δυόμισι χιλιάδες φορές πιο γλυκιά από τη ζάχαρη. Τώρα παράγεται βιοτεχνολογικά με ανασυνδυασμό του γονιδίου του E. Colli, στο DNA του οποίου έχουν προσθέσει το γονίδιο του θάμνου, που αντιστοιχεί στη σύνθεση της πρωτεΐνης. Όπως θα έχετε ακούσει, με την ίδια τεχνολογία παράγονται η ανθρώπινη *ινσουλίνη,* η *ιντερφερόνη,* η *σωματοιροπίνη* και τόσες πρωτεϊνικής μορφής ορμόνες.

– Έχεις εμπιστοσύνη σ' αυτά τα γλυκαντικά, τις πολυόλες; ρώτησε ο Ιπποκράτης.

– Σίγουρα, είπε ο Κάρολος, έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Λίγες θερμίδες, δεν κουράζουν το πάγκρεας, γι' αυτό είναι δυνατόν να τις τρώνε και διαβητικοί και, το κυριότερο, επειδή δεν καταναλίσκονται από τα βακτηρίδια του στόματος, δεν προκαλούν τερηδόνα, που είναι βασικό για τα παιδιά που τρώνε πολλά γλυκά. Τα νέα παιδιά θα σώσουν τα δόντια τους. Θυμάσαι πόσο μεγάλο πρόβλημα ήταν αυτό, ιδιαίτερα όταν η εμφυτευτική των δοντιών δεν είχε προοδεύσει; Οι μασέλες είναι ακόμα στην ημερήσια διάταξη. Σε λίγα χρόνια θ' αποτελούν ανάμνηση. Ίσως με την πρόοδο της μελέτης των γονιδίων κάποτε προκαλέσουμε μια τρίτη οδοντοφυΐα. Για την ώρα η εμφύτευση τιτανίου βοηθάει. Όμως αυτοί οι νέοι υδατάνθρακες και οι φυτικές ίνες έχουν ένα μικρό κοινωνικό πρόβλημα. Επειδή μεταβολίζονται στο παχύ έντερο σε αέρια προϊόντα, κυρίως μεθάνιο και κατώτερα οξέα, δημιουργούν «μηνύματα από τη χώρα των εντέρων». Θυμάσαι, όταν σπουδάζαμε στη Γερμανία, το λογοπαίγνιο με τα «Meldungen aus Darmstadt», τα μηνύματα από την πόλη των εντέρων;

– Πώς δεν θυμάμαι, είπε ο Ευκλείδης γελώντας.

Ο Τζίμης που δεν πολυκαταλάβαινε τι έλεγαν, θέλησε να μάθει πιο πολλά για το πρόβλημα· και ο Κάρολος του εξήγησε ότι θα είχε λίγο περισσότερα αέρια, και συνέχισε.

– Αυτό όμως από υγιεινής πλευράς είναι καλό· το πρόβλημα είναι μόνο η δυσοσμία τους. Η δυσοσμία αυτή οφείλεται σε ίχνη θειούχων ενώσεων, από την αποικοδόμηση των θειούχων αμινοξέων, που συμπαράγονται μαζί με το άοσμο *μεθάνιο.* Εμείς όμως φροντίσαμε να μην έχετε αυτό το πρόβλημα. Η σοκολάτα της τούρτας έχει μόνο 10% σοκολάτα. Το υπόλοιπο προέρχεται από επεξεργασία χαρουπιών, άρωμα σοκολάτας και ακίνδυνα λιπαρά, όπως κι αυτά που σας ανέφερα πριν λίγο. Υπάρχει όμως κι ένα μικρό μυστικό. Έχουμε προσθέσει 1% ενεργού φυτικού *λεπτίνθρακα* σε νανομορφή. Αυτά τα ίχνη είναι αρκετά να σ' απαλλάξουν από τη φούσκωση στο στομάχι, απορροφούν όμως συγχρόνως και τις δύσοσμες ενώσεις κι έτσι δεν θα έχουμε οσφρητικό πρόβλημα.

– Δηλαδή, παρατήρησε ο Τζίμης, τελικά το κέντρο βάρους στο σημερινό τραπέζι ήταν τ' *αρώματα:* άρωμα βουτύρου Σαβοΐας, άρωμα μπέικον, παρμεζάνας, σοκολάτας... και δεν ξέρω τι άλλο θα μας ταΐσεις ακόμα.

– Μα δεν ξέρεις, παρενέβη ο Ιπποκράτης, ότι τρώμε με τη μύτη, ότι η όσφρηση είναι η πιο παλαιά, η πιο δυνατή από τις αισθήσεις, αφού μ' αυτήν ακόμα αγαπάμε, ερωτευόμαστε, απεχθανόμαστε, μισούμε, θυμόμαστε; Άλλωστε τ' αρώματα που γευτήκατε ήταν φυσικά αρώματα σε δόσεις μικρότερες από εκατομμυριοστό του γραμμαρίου, που δεν έχουν καμιά βιολογική δράση όπως έχουν αποδείξει οι αιώνες που τα χρησιμοποιούμε στα φυσικά προϊόντα. Απλά σας γλιτώσαμε από θερμίδες και δυσμενείς επιδράσεις άλλων συστατικών των τροφίμων.

Στο σημείο αυτό παρενέβη η Μάρθα, φανατική σοκολατοφάγος και ρώτησε:

– Τι ακριβώς συμβαίνει με τις σοκολάτες από υγιεινής απόψεως;

## Οι γυναίκες και οι σοκολάτες

– Η ορμή του έρωτα, όπως είπαμε, συνέχισε ο Ιπποκράτης, ξεκινάει από περιοχές του εγκεφάλου, ειδικότερα του κερκοφόρου πυρήνα. Στις περιοχές αυτές πλεονάζουν, στις γυναίκες, οι κανναβινοειδείς υποδοχείς, υποδοχείς που ενεργοποιούνται από ορισμένα συστατικά της σοκολάτας, κυρίως τη θεοβρωμίνη, κάτι σαν πολύ ήπιο ναρκωτικό. Αυτός είναι ο λόγος που καμιά γυναίκα δεν ανθίσταται στα σοκολατάκια. Οι ίδιες αυτές περιοχές, τα ηδονικά μονοπάτια της ντοπαμίνης, ενεργοποιούνται σαν πρελούδιο του έρωτα και της σεξουαλικής επιθυμίας.

– Δεν μας το είχες πει εγκαίρως, παρατήρησε γελώντας ο Πλάτωνας, να κυκλοφορώ με μια τσέπη σοκολατάκια.

Όλοι γέλασαν, αλλά πιο πολύ η Μάρθα που ρώτησε.

– Έχω όμως διαβάσει, είπε, αντιφατικές απόψεις: δηλαδή ότι δεν είναι από τις πιο υγιεινές τροφές, επειδή είναι πλούσια σε λιπαρά, συγχρόνως όμως ότι συνιστάται για την πρόληψη καρδιοαγγειακών διαταραχών, ίσως και της γήρανσης.

–Να σου εξηγήσω, απάντησε ο Κάρολος, η πρώτη ύλη από την οποία παράγεται η σοκολάτα είναι κάτι σαν φασόλια που παράγει το κακαόδεντρο, ένα δέντρο των τροπικών. Τα σπέρματα των φασολιών, πλούσια σε λιπαρά (50-58%), κυρίως κορεσμένα, με μια σειρά επεξεργασιών δίδουν το «βούτυρο του κακάο» που χρησιμοποιείται στα καλλυντικά και κυρίως για τα κραγιόνια των χειλιών, αλλά και την παρασκευή της σοκολάτας. Μετά την έκθλιψη των σπερμάτων απομένει μια μάζα, η πρώτη ύλη παρασκευής της σοκολάτας, το γνωστό κακάο, σε μορφή σκόνης.

Για να γίνει η σοκολάτα, προστίθενται βούτυρο κακάο, ζάχαρη ή και γάλα. Η σοκολάτα λοιπόν περιέχει περίπου 30% λιπαρά και έως 40% ζάχαρη. Πρόκειται δηλαδή για μια πολύ πλούσια σε θερμίδες τροφή (περίπου 500 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια). Στη σκόνη όμως του κακάο, η οποία περιέχει 15-20% λιπαρά, είναι συγκεντρωμένες κατά το μεγαλύτερο ποσοστό οι ευεργετικές, οι αντιοξειδωτικές ουσίες του σπέρματος (επικατεχίνες και προκυανιδίνες). Έτσι η σκόνη του κακάο, μάλιστα όσο πιο αποβουτυρωμένη είναι τόσο καλύτερα, σε λογικές δόσεις θα έλεγα ότι συνιστάται, όπως και το κόκκινο κρασί, το πράσινο τσάι, οι ελιές, το φύτρο δημητριακών, ο φλοιός του ρυζιού, ως αναστολείς των ελεύθερων ριζών, οι οποίες αποτελούν αιτία πολλών δεινών (αθηροσκλήρωσης, καρδιαγγειακών παθήσεων, γήρανσης).

– Κατάλαβα, είπε η Μάρθα, η επιφύλαξη για τη σοκολάτα σχετίζεται με τα κορεσμένα λιπαρά και τη ζάχαρη.

Ο Τοτός είχε προωθήσει στο μεταξύ τα φραγκοστάφυλα, τα φραμπουάζ και τις φράουλες, κι επειδή ο Κάρολος κατάλαβε ότι τους φάνηκε περίεργο πώς βρέθηκαν αυτά τα εκτός εποχής φρούτα, τους εξήγησε ότι τα μάζεψε το πρωί στο

ειδικό θερμοκήπιό του, όπου η διατροφή τους γίνεται με όλες τις ουσίες, ιχνοουσίες και ιχνοστοιχεία που βρίσκονται στα παρθένα εδάφη και στον Ειρηνικό ωκεανό, εκεί που ο άνθρωπος δεν έχει επέμβει.

Ο Κάρολος έδωσε το σύνθημα να σηκωθούν και κατευθύνθηκαν προς τις αναπαυτικές πολυθρόνες στο λίβινγκ-ρουμ, ενώ μια απαλή ηλεκτρονική μελωδία απλωνόταν στο χώρο. Αφού βολευτήκανε στις πολυθρόνες τους δεν άργησε να φανεί ο Τοτός με το μυρωδάτο καφέ και το λικέρ.

– Μη μου πεις ότι κι αυτά είναι υποκατάστατα; είπε ο Τζίμης.

– Όχι, αυτά είναι πατροπαράδοτα και πραγματικά, αποκρίθηκε ο Κάρολος. Χρειάζεται κάποιο ίχνος καφεΐνης και λίγο οινόπνευμα, που σ' αυτήν τη μικρή δόση εξακολουθεί να είναι το καλύτερο μέσο για προσωρινή ευφορία.

– Πολλές φορές ήθελα να σας ρωτήσω, είπε ο Πλάτων, πώς επιδρά έτσι καθοριστικά η καλή μουσική στη διάθεσή μας.

– Δυστυχώς, είπε ο Ιπποκράτης, ξέρουμε το αποτέλεσμα, τώρα που με τα νέα όργανα (PET, MRI) παρακολουθούμε ζωντανά τις αντιδράσεις ορισμένων τμημάτων του εγκεφάλου. Έτσι αρχίζουμε να διερευνούμε καλύτερα και να συσχετίζουμε με τα γονίδια μελέτες, οι οποίες έχουν ξεκινήσει σε τμήματα Νευροεπιστημών και που ασχολούνται με την ανθρώπινη συμπεριφορά, στο Πανεπιστήμιο Mc Gill, στο πρόγραμμα BRAMS (Brain Music Sound Research). Βέβαια ξέρουμε τη σημασία της στη λειτουργία του νευροορμονικού συστήματος, αλλά χρειάζεται ακόμα πολλή δουλειά, ιδιαίτερα για την εξατομίκευση της επίδρασής της. Βλέπετε τα μουσικά γούστα διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο και συσχετίζονται και με το πολιτιστικό του επίπεδο.

– Μήπως μπορώ να ολοκληρώσω τη σημερινή ευωχία, καπνίζοντας ένα πούρο; είπε ο Τζίμης, προσφέροντας και στους άλλους.

– Εμείς δεν καπνίζουμε, αλλά αν έχεις ροπή γι' αυτοκτονία κανείς δεν μπορεί να σ' εμποδίσει, είπε ο Ιπποκράτης, και πρόσθεσε: ο Κάρολος έχει φροντίσει να μην μας ενοχλούν οι καπνιστές με τη μαζοχιστική τους συνήθεια.

– Έχουμε, όπως βλέπεις, σαδιστικές τάσεις, συμπλήρωσε χαμογελώντας ο Κάρολος.

– Δηλαδή; ρώτησε ο Τζίμης.

– Μα δεν ξέρεις το χιλιοειπωμένο ότι: σαδιστής είναι κάποιος που συμπεριφέρεται καλά σ' έναν μαζοχιστή, αποκρίθηκε ο Κάρολος και πρόσθεσε: αφού επιμένεις να καπνίσεις, πάτησε το πράσινο κουμπί που είναι δεξιά στην πολυθρόνα σου.

Σιγά-σιγά κατέβηκε από το ταβάνι μια ωραία γυάλινη απορροφητική χοάνη, που οδηγούσε τον καπνό εκτός αιθούσης.

Ο Τζίμης τώρα ξάπλωσε όσο πιο αναπαυτικά μπορούσε στη βολική πολυθρόνα του, η οποία «ξεχείλιζε» από τις σάρκες του, και σε λίγο ακούστηκε το ροχαλητό του.

Η Μάρθα τότε ρώτησε.

– Είναι φυσιολογικό να κοιμάται μέρα μεσημέρι;

– Κάτι δεν πάει καλά με τις «ορεξίνες» του, αποκρίθηκε ο Ιπποκράτης. Πρόκειται για πεπτίδια που παράγονται στον εγκέφαλο και δημιουργούν αϋπνία. Υπάρχουν όμως και ουσίες που τις δεσμεύουν. Εδώ κάτι δεν πάει καλά με το σύστημα.

– Αλήθεια, είπε ο Ιπποκράτης, ήθελα από καιρό να σε ρωτήσω, γιατί δεν χρησιμοποιείς μαργαρίνη που οι παλαιοί γιατροί συνιστούσαν ως υποκατάστατο του ζωικού λίπους και του βουτύρου;

– Ήταν σίγουρα λάθος, είπε κοφτά ο Κάρολος.

– Αν ήθελες να μας το εξηγήσεις, θα μ' ενδιέφερε πολύ, είπε ο Ιπποκράτης.

## Οι μαργαρίνες και το έμφραγμα

– Μιλήσαμε ήδη αρκετά, άρχισε ο Κάρολος, για τα κορεσμένα και τα ακόρεστα λίπη και λάδια. Τα κορεσμένα περιέχουν το μέγιστο αριθμό υδρογόνου στο μόριό τους· για παράδειγμα, το στεατικό οξύ από τα ζωικά λίπη περιέχει τριάντα έξι άτομα υδρογόνου και δεν χωράει άλλα, γι' αυτό και λέγεται *κορεσμένο*. Τα ακόρεστα, αντίστοιχα, έχουν μειωμένο αριθμό υδρογόνου, όπως το ελαϊκό οξύ του ελαιόλαδου, που έχει τριάντα τέσσερα και το λινελαϊκό του σπορέλαιου τριάντα δύο, τα ω-3 των ψαριών για παράδειγμα το EPA παρότι έχει είκοσι άτομα άνθρακα, έχει μόλις τριάντα άτομα υδρογόνου.

Η ακορεστότητα, η απουσία δηλαδή δύο υδρογόνων –η οποία δημιουργεί έναν διπλό δεσμό ανάμεσα σε δύο άτομα άνθρακα– δίνει τη δυνατότητα στ' ακόρεστα οξέα ν' απαντούν σε δύο μορφές στο χώρο: η μία μορφή είναι αυτή που τα δύο υδρογόνα, τα οποία συνδέονται στο διπλό δεσμό, βρίσκονται από την ίδια μεριά στο χώρο (cis-μορφή) και η άλλη, αυτή που τα υδρογόνα, πιο συμμετρικά, είναι το ένα δεξιά και το άλλο αριστερά (trans-μορφή). Η τελευταία μορφή, παρόλο που είναι περισσότερο συμμετρική στο χώρο και σταθερότερη, απαντάται σπανιότατα στο φυσικό λάδι. Δημιουργείται όμως πολύ εύκολα και σε σημαντικά ποσοστά, όταν επιχειρείται από τον άνθρωπο η κατάργηση της ακορεστότητας με την προσθήκη υδρογόνου, την υδρογόνωση δηλαδή, κατά την παραγωγή της μαργαρίνης και των υδρογονομένων λαδιών.

Φυσικά, αν υπάρχουν περισσότεροι από έναν διπλοί δεσμοί, οι δυνατότητες αυτές υφίστανται τόσες φορές, όσοι και οι διπλοί δεσμοί. Σ' όλα όμως τα φυσικά γλυκερίδια, τόσο στα σπορέλαια όσο και στα ιχθυέλαια, οι διπλοί δεσμοί έχουν την ανάλογη με το φυσικό ελαϊκό οξύ μορφή (cis), βρίσκονται δηλαδή από την ίδια μεριά στο χώρο. (Για παράδειγμα, το λινελαϊκό οξύ με δύο διπλούς δεσμούς είναι cis-cis).

Η υδρογόνωση ή σκλήρυνση των λαδιών γίνεται για δύο κυρίως λόγους: Πρώτον, για να μετατραπούν τα σπορέλαια από ρευστά – σε συνήθη θερμοκρασία – σε στερεά (τα κορεσμένα οξέα έχουν υψηλότερα σημεία τήξης από τα

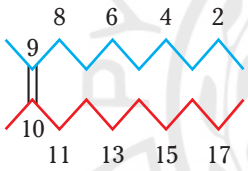
αντίστοιχα ακόρεστα, παράδειγμα το ξίγκι και το λάδι) με σύγχρονη βελτίωση της υφής τους.

Δεύτερον, γιατί η κατάργηση της ακορεστότητας οδηγεί σε σταθερότερα για οξείδωση από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το φως προϊόντα, δηλαδή περιορίζει το τάγγισμα και τις δυσάρεστες γευστικές συνέπειές του.

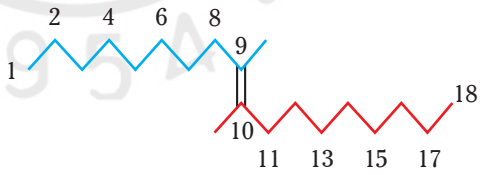
Η διαδικασία όμως αυτή που πραγματοποιείται με υδρογόνο και καταλύτες έχει διάφορες παρενέργειες:

Πρώτον, οι διπλοί δεσμοί αλλάζουν θέση μέσα στο μόριο (γίνονται συζυγιακοί, όπως λέμε), με αποτέλεσμα η ακορεστότητα που παραμένει να γίνεται πιο ευάλωτη στην οξείδωση. Το φαινόμενο εντατικοποιείται από την έλλειψη των φυσικών αντιοξειδωτικών του λαδιού – όπως της βιταμίνης Ε – και του καροτινίου, που καταστρέφονται εν μέρει κατά τις διαδικασίες του εξευγενισμού των σπορέλαιων.

Δεύτερον, όπως αναφέρθηκε, οι διπλοί δεσμοί τροποποιούνται και τα ακόρεστα από τη μορφή που προτιμάει η φύση (cis) μεταπίπτουν στη σταθερότερη, αυτή του ελαϊδινικού οξέος (trans), τη μορφή που η φύση αποφεύγει συστηματικά, παρόλο που θα ήταν ενεργειακά περισσότερο εφικτή.




ΕΛΑΪΚΟ ΟΞΥ (CIS)
(Το οξύ που απαντά στα φυσικά λάδια)




ΕΛΑΪΔΙΝΙΚΟ ΟΞΥ (TRANS)
(Το οξύ που δημιουργείται κατά τις διαδικασίες παραγωγής της μαργαρίνης)

Τρίτον, κατά την υδρογόνωση οποιουδήποτε λαδιού καταστρέφονται τα «απαραίτητα» λιπαρά οξέα (EFA), όπως το λινελαϊκό και λινολενικό οξύ, αφού μετατρέπονται σε άλλα οξέα. Τα οξέα αυτά, πέρα από το ρόλο τους για τη σύνθεση των «καλών και κακών» προσταγλανδινών, έχουν πολύ μεγαλύτερη σημασία, γιατί συμμετέχουν στο σχηματισμό της μεμβράνης των κυττάρων, της οποίας η σημασία για την εκδήλωση της ζωής, όπως έχουμε πει, είναι σημαντική. Ειδικά

το trans-trans λινελαϊκό θεωρείται υπεύθυνο και για ορισμένα νευρολογικά συμπτώματα. Τα υπεροξείδια και οι ελεύθερες ρίζες που σχηματίζουν τα «αφύσικα» αυτά οξέα με το οξυγόνο, φαίνεται ότι διευκολύνουν τη σύνθεση των «κακών» προσταγλανδινών, του τύπου θρομβοξάνης και λευκοτριενίων, και προκαλούν βλάβες στις κυτταρικές μεμβράνες, κάτι που είναι ίσως πιο σημαντικό. Μία από τις σημαντικές ιδιότητες των βιταμινών Α και Ε και του σελήνιου, είναι ακριβώς η αντιοξειδωτική δράση τους, η οποία αναστέλλει τη σύνθεση των «κακών» προσταγλανδινών.

– Θυμάμαι, παρενέβη ο Ιπποκράτης, μια διάλεξη που έδωσες στην Ιατρική Σχολή πριν τριάντα περίπου χρόνια και τότε αναφέρθηκες και τεκμηρίωσες πόσο επιβλαβή είναι τα trans οξέα των μαργαρινών, των υδρογονωμένων λαδιών γενικά. Μας έκανε πολύ εντύπωση τότε γιατί εμείς οι γιατροί τα συνιστούσαμε αντί του βουτύρου.

– Θυμάσαι καλά, είπε ο Κάρολος. Η διάλεξη εκείνη δημοσιεύτηκε και δέχτηκε ανείπωτη πολεμική εντός και εκτός συνόρων, τόσο από τον τύπο όσο και από εκείνους όπου τα συμφέροντά τους εθίγοντο.

– Τώρα όμως δικαιώθηκες, είπε ο Ιπποκράτης, αφού τα νέα αντίστοιχα προϊόντα και κυρίως οι μαργαρίνες διαφημίζονται ότι δεν περιέχουν trans οξέα ή περιέχουν πολύ λίγα.

– Υπάρχει όμως και το πρόβλημα της δημιουργίας των προσταγλανδινών, συνέχισε ο Κάρολος, αυτών των υπερορμονικών ουσιών που εξασκούν τη βιολογική τους δράση σε δισεκατομμυριοστά του γραμμαρίου, το οποίο δεν έχει ακόμα διαλευκανθεί εντελώς. Κάθε μέρα το σχετικό ερευνητικό υλικό εμπλουτίζεται. Έτσι, η διατροφή με «αφύσικα οξέα», τεχνήματα του ανθρώπου, θα πρέπει ν' αντιμετωπίζεται τουλάχιστον με σκεπτικισμό. Πολύ περισσότερο, που αυτά τα ανθρώπινα σκευάσματα, αν και είναι ενεργειακά σταθερότερα, η φύση αποφεύγει συστηματικά να τα συνθέτει. Πειράματα που έγιναν με πρωτεύοντα και κυρίως χιμπατζήδες, έδειξαν ότι τα «αφύσικα» αυτά οξέα (trans) εξασκούν υπερχοληστεριναιμική δράση· κάτι ανάλογο συμβαίνει και στον άνθρωπο. Εκείνο πάντως που στατιστικά επιβεβαιώνεται είναι ότι τα trans οξέα αυξάνουν το ποσοστό των «κακών» λιποπρωτεϊνών (LDL), οι οποίες βοηθάνε στην απόθεση της χοληστερίνης στις αρτηρίες, ενώ μειώνουν αντίστοιχα τις «καλές» (HDL). Τελικά, ενώ μερικοί ισχυρίζονται ότι δρουν τουλάχιστον ως κορεσμένα λιπαρά, στην πραγματικότητα η καταλυτική υδρογόνωση δημιουργεί και όλα τα παραπάνω προβλήματα. Θα ήταν περίεργο η φύση να μην προτιμήσει τη φτωχότερη σε ενέργεια μορφή, το συμμετρικό μόριο (trans), αν δεν συνέτρεχε κάποιος λόγος.

Όπως έχει εξακριβωθεί, το κραμβέλαιο, όπως και το λάδι από τους σπόρους της μουστάρδας, σπορέλαια σπάνια στην Ελλάδα, περιέχουν σημαντικά ποσοστά γλυκεριδίων του *ερουκικού οξέος*. Πρόκειται για ένα οξύ με είκοσι δύο ανθρακοάτομα κι ένα διπλό δεσμό στη θέση ω-9, που δεν απαντάται στα συνηθισμένα σπορέλαια.

Σε ορισμένες χώρες η νομοθεσία έχει θέσει περιορισμούς στην κατανάλωση ερουκικού οξέος (τώρα παράγεται ένα νέο είδος κράμβης με μειωμένο ποσοστό αυτού του οξέος). Η επιφυλακτικότητα στη χρήση του οφείλεται στο γεγονός ότι εκτεταμένα πειράματα σε ποντικούς έδειξαν ότι η διατροφή πλούσια σε ερουκικό οξύ προκαλεί ένα φαινόμενο λιπίδωσης (συσσώρευση λίπους) στην καρδιά και η διατροφή μ' αυτό σε μεγαλύτερες αναλογίες προκαλεί το θάνατο. Το ενδιαφέρον, πέρα από ακαδημαϊκό, πηγάζει από το γεγονός ότι και στα ιχθυέλαια υπάρχει ένα ανάλογο οξύ, το *κπτελαϊκό,* με είκοσι δύο ανθρακοάτομα κι ένα διπλό δεσμό στη θέση 11. Πολλά όμως ισομερή, ανάλογα με τα παραπάνω «ύποπτα» οξέα, δημιουργούνται κατά την υδρογόνωση των ιχθυελαίων κατά την παραγωγή μαργαρίνης και συναφών προϊόντων. Τα παραπάνω επαρκούν για να στηρίξουν πολύ σκεπτικισμό στη χρήση των υδρογονομένων προϊόντων, όπως είναι οι μαργαρίνες και τα παρεμφερή προϊόντα, που εύκολα είναι δυνατόν να υποκατασταθούν στη μαγειρική με συνδυασμούς σπορέλαιων και τα νεότερα λιπαρά.

– Ποιος ο λόγος να χρησιμοποιεί κάποιος «μη φυσικά» προϊόντα, αφού είναι τόσο εύκολο σήμερα να υποκατασταθούν από πιο υγιεινά φυσικά προϊόντα; ρώτησε ο Πλάτων.

– Με άλλα λόγια, συμπέρανε ο Ευκλείδης, αυτό που συνιστάται είναι η αποφυγή των κορεσμένων, της μαργαρίνης και η προτίμηση στο ελαιόλαδο, σε ορισμένα σπορέλαια, σε μικρές όμως ποσότητες, και στα ψάρια.

– Και κάτι άλλο, συμπλήρωσε ο Ιπποκράτης: Γενικά περιορισμός των λιπαρών, έτσι ώστε η συμμετοχή τους να μην υπερβαίνει το 20-25% των συνολικών ημερήσιων θερμίδων. Ας μην ξεχνάμε ότι η αθηροσκλήρωση οφείλεται σε προοδευτική συσσώρευση λιπιδίων και ινωδών δομών στις μεγάλες αρτηρίες. Αν δηλαδή, για να σου δώσω ένα παράδειγμα, ζυγίζεσαι κάθε πρωί και το βάρος σου μένει σταθερό και καταναλίσκεις τρόφιμα, ας πούμε δύο χιλιάδων θερμίδων την ημέρα, τα λιπαρά δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τις πεντακόσιες θερμίδες. Σ' αυτές τις πεντακόσιες, θα έλεγα, τα κορεσμένα λίπη (κρέας, βούτυρο, τυρί, σοκολάτα κ.λπ.) να μην υπερβαίνουν τις εβδομήντα με εβδομήντα πέντε θερμίδες που αντιστοιχούν σε περίπου 8-10 γραμμάρια λιπαρών· το ελαιόλαδο τις εκατόν πενήντα θερμίδες, άλλο τόσο ή και λιγότερο κάποιο σπορέλαιο, όπως για παράδειγμα παρθένο σησαμέλαιο και το υπόλοιπο να συμπληρώνεται από ψάρια και μάλιστα κατά προτίμηση προλεταριακά, φτηνά ψάρια. Όπως είπαμε, ο λογαριασμός είναι εύκολος μιας και για όλα τα τρόφιμα έχει επιβληθεί τώρα να αναγράφεται η σύνθεσή τους και οι θερμίδες τους.

Τη στιγμή εκείνη ο Κάρολος, τρομαγμένος, είπε στον Ιπποκράτη:

– Κάτι δεν πάει καλά με τον Τζίμη, για κοίτα!

Στο πρόσωπο του Τζίμη ήταν ζωγραφισμένη η αγωνία, ενώ με το χέρι του κρατούσε το στήθος του. Ο Ιπποκράτης πλησίασε και μετά από μια σύντομη εξέταση είπε:

– Έμφραγμα, έχεις TPA; ρώτησε τον Κάρολο.

– Στο φέρνω αμέσως και ειδοποιώ το κεντρικό καρδιολογικό κέντρο, είπε ο Κάρολος.

Η ένεση έφερε αμέσως το αποτέλεσμά της. Ο Τζίμης αισθάνθηκε καλύτερα. Ο Ιπποκράτης του πήρε μια σταγόνα αίμα από το δάχτυλο και το πέρασε στον αυτόματο αναλυτή μονοκλωνικών αντισωμάτων.

Στην οθόνη ήταν τώρα το καρδιολογικό κέντρο που έθετε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο. Ο γιατρός του καρδιολογικού, αφού μίλησε με τον Ιπποκράτη, είπε:

– Αφού παρίσταται γιατρός, θα είναι ευκολότερη η συνεννόηση.

Συνέδεσαν τον αυτόματο αναλυτή με το κέντρο, και μέσω του τηλε-video-fax δόθηκε το τηλεκαρδιογράφημα και το τηλεϋπερηχογράφημα. Ο γιατρός του καρδιολογικού κέντρου, σε λίγο, έχοντας όλες τις προκαταρκτικές εξετάσεις, κι αφού αντάλλαξε σύντομα τις απόψεις του με τον Ιπποκράτη, θεώρησε ότι ήταν προτιμότερο να μεταφερθεί ο ασθενής στο καρδιολογικό κέντρο.

– Σας στέλνω το ελικόπτερο, είπε ο τηλεγιατρός.

Ο Τζίμης ήταν ξαπλωμένος και φαινόταν πιο ήσυχος. Τώρα το βλέμμα του δεν είχε τίποτα από την προηγούμενη υπεροψία· φοβισμένος αναζητούσε ερωτηματικά πότε στον Κάρολο και πότε στον Ιπποκράτη, που προσπαθούσαν να τον καθησυχάσουν ότι όλα θα πάνε καλά.

Σε λίγο κατέφθασε η αδερφή του Τζίμη, που είχε στο μεταξύ ειδοποιηθεί. Ο θόρυβος του ελικοπτέρου που πλησίαζε τους κινητοποίησε όλους για τη μεταφορά. Μετά την απομάκρυνση του ελικοπτέρου με τον άρρωστο, τον οποίο συνόδευε η αδερφή του, ξαναγύρισαν όλοι στο λίβινγκ-ρουμ.

– Πώς βλέπεις τα πράγματα; ρώτησε ο Κάρολος τον Ιπποκράτη.

– Δύσκολα, απάντησε ο Ιπποκράτης, γιατί όλα είναι αντίθετα: το ιστορικό του, η παχυσαρκία του, το κάπνισμα, η διατροφή του, η χοληστερίνη του, οι λιποπρωτεΐνες του...

– Πέρα απ' όλα τ' άλλα, είπε ο Κάρολος, αυτό το παιδί μισούσε την άθληση· ποτέ του δεν ήθελε ούτε καν να περπατήσει.

– Όλα δυστυχώς δείχνουν φραγμένες αρτηρίες, είπε ο Κάρολος, κι εκείνο που μας ανησυχεί είναι να μην έχουμε στη συνέχεια εγκεφαλικό. Οπωσδήποτε, όμως, τώρα είναι στα χέρια μιας πανίσχυρης επιστημονικής φροντίδας, κι αυτό πρέπει να μας ησυχάζει.

– Αλήθεια, ρώτησε ο Ευκλείδης, τι ήταν η ένεση που του έκανες; Μου φάνηκε σαν ένα μικρό θαύμα το πόσο γρήγορα συνήλθε.

– Ήταν *TPA,* όπως το λέμε (Tissue Plasminogene Activator), δηλαδή ιστοπλασμινογόνος ενεργοποιητής, ένα φυσικό θρομβολυτικό που παράγει ο οργανισμός, αλλά δυστυχώς όχι πάντα σε ικανοποιητική ποσότητα, και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις επιβαρυντικές, όπως αυτή που ζήσαμε, αποκρίθηκε ο Ιπποκράτης.

– Ευτυχώς, παρενέβη ο Κάρολος, τώρα χάρη στη βιοτεχνολογία, είναι δυνα-

τόν αυτήν την πολύτιμη ενεργό πρωτεΐνη, δηλαδή το θρομβολυτικό ένζυμο, να το παράγουμε μικροβιακά, όπως την ανθρώπινη ινσουλίνη και πολλές πρωτεΐνες-ορμόνες.

– Πώς ακριβώς διαλύει το θρόμβο; ρώτησε ο Ευκλείδης.

– Μα ενώνεται με το πλασμινογόνο του θρόμβου, είπε ο Ιπποκράτης, το οποίο αποφράσσει την αρτηρία, και μετατρέπεται σε *πλασμίνη,* ένα ένζυμο που διαλύει ειδικά και άμεσα τη *φιβρίνη,* τον καμβά, δηλαδή, πάνω στον οποίο πλέκεται ο θρόμβος, ο οποίος εξαφανίζεται, κι έτσι η αρτηρία ξεφράζει. Μετά τη διαλυτοποίηση του θρόμβου, το ένζυμο διασπάται και δεν έχει άλλες παρενέργειες.

– Παλαιότερα, θυμάμαι, υπήρχαν άλλα φάρμακα, αλλά δεν ήταν απαλλαγμένα παρενεργειών, παρατήρησε ο Ευκλείδης.

– Τα μοναδικά φάρμακα μερικές δεκαετίες πριν, είπε ο Ιπποκράτης, ήταν τα νιτροπαράγωγα, όπως οι *τρινιτρίνες,* που τροφοδοτούν την καρδιά με περισσότερο οξυγόνο, τα *διουρητικά,* που μειώνουν την αρτηριακή πίεση και η *διγιταλίνη,* που βοηθάει τη δραστηριότητα της καρδιάς. Αργότερα, στο οπλοστάσιο προστέθηκαν οι βήτα-αναστολείς, οι ανταγωνιστές του ασβεστίου και η στρεπτοκινάση.

*Οι βήτα-αναστολείς,* συνέχισε ο Ιπποκράτης, όπως το methyl dopa, δεσμεύουν τους βήτα-υποδοχείς που βρίσκονται στην καρδιά και ενεργοποιούνται από την *αδρεναλίνη,* γι' αυτό χαρακτηρίζονται και ως αδρενεργικοί υποδοχείς. Αντίθετη δράση έχουν οι άλφα-υποδοχείς, στους οποίους οι νευρικοί παλμοί προκαλούν σύσφιξη και συστολή των αιμοφόρων αγγείων. Όταν η καρδιά βρίσκεται υπό την επίδραση των κατεχολαμινών, εξαναγκάζεται σε υπερλειτουργία και γι' αυτό χρειάζεται περισσότερα καύσιμα (γλυκόζη και οξυγόνο), για ν' αντιμετωπίσει τις αυξημένες αυτές ανάγκες. Αν η καρδιά είναι υγιής, δεν υπάρχει πρόβλημα, ανταποκρίνεται εύκολα στις αυξημένες απαιτήσεις. Αν όμως η τροφοδοσία της δεν μπορεί να γίνει κανονικά, λόγω αποφράξεων και στενώσεων, η έλλειψη οξυγόνου εκδηλώνεται μ' έντονο τρόπο. Οι βήτα-αναστολείς, δεσμεύοντας τους υποδοχείς των κατεχολαμινών, απομονώνουν την καρδιά από τη δράση τους· έτσι μειώνονται οι ανάγκες σε καύσιμα στα κανονικά όρια.

Οι *ανταγωνιστές ασβεστίου* είναι μια σειρά παραγώγων, οι οποίοι περιορίζουν τη ροή των ιόντων στα κύτταρα της καρδιάς. Τα ιόντα ασβεστίου προκαλούν συστολή στους μυς. Αν όμως συνευρίσκονται ανταγωνιστές, παρεμποδίζεται η δραστηριότητα των ιόντων ασβεστίου, κι έτσι η καρδιά έχει ανάγκη από λιγότερο οξυγόνο, ενώ συγχρόνως μειώνεται και η πίεση του αίματος στα αρτηριακά τοιχώματα, λόγω περιορισμού της συστολής.

Πιο αποτελεσματική ακόμα βοήθεια, ιδιαίτερα τις ώρες της μεγάλης ανάγκης, προσφέρουν ουσίες, οι οποίες βοηθούν στη διάλυση του θρόμβου που προκαλεί το έμφραγμα, τα *θρομβολυτικά.* Συνήθως ο πάσχων έχει την εμπειρία των πόνων που προκαλεί η μείωση της παροχής οξυγόνου στην καρδιά. Αυτοί οι πόνοι που μοιάζουν με κράμπα, ξεκινάνε συνήθως από τον αριστερό βραχίονα και

την κατώτερη γνάθο, συγχρόνως μ' ένα σφίξιμο στο στήθος. Πρόκειται για τα συμπτώματα της στηθάγχης, τα οποία ακολουθούνται από ναυτία, κρύο ιδρώτα, δυσχέρεια της αναπνοής (δύσπνοια). Άλλωστε, είχαμε το θλιβερό προνόμιο να το ζήσουμε πριν λίγο, πρόσθεσε ο Ιπποκράτης, και συνέχισε.

Αν ο θρόμβος αποφράξει τη δίοδο του αίματος προς ένα τμήμα της καρδιάς, το τμήμα αυτό αρχίζει ν' απονεκρώνεται. Αν όμως γίνει επέμβαση, το αργότερο μέσα σε οχτώ ώρες από την εμφάνιση του επεισοδίου, τότε με τα σημερινά δεδομένα υπάρχουν πολλές ελπίδες για διάσωση. Τα θρομβολυτικά φάρμακα είναι τα πιο αποτελεσματικά στις περιπτώσεις αυτές.

Ορισμένα βακτηρίδια, οι στρεπτόκοκκοι, παράγουν μια ουσία, τη *στρεπτοκινάση,* η οποία προκαλεί διάλυση της φιβρίνης, του θρόμβου δηλαδή του αίματος, που έχει δημιουργηθεί από πήξιμο του αίματος. Όταν πρωτοεφαρμόστηκε η θεραπεία αυτή ήταν ανάγκη η στρεπτοκινάση να εγχυθεί με καθετήρα στην αρτηρία, όπου και σύντομα διαλύει το θρόμβο και αποκαθίσταται έτσι η κυκλοφορία του αίματος. Σήμερα είναι δυνατόν να γίνει η εισαγωγή της στρεπτοκινάσης ενδοφλέβια. Η αποτελεσματικότητά της μάλιστα αυξάνεται αισθητά, αν μαζί με τη στρεπτοκινάση εισαχθεί και *ασπιρίνη,* η οποία, όπως έχουμε πει, παρεμποδίζει την παραγωγή της *προσταγλανδίνης,* ορμόνης υπεύθυνης για τη θρομβογένεση, τη συνάθροιση των αιμοπεταλίων και υποκινήτρια του αρτηριακού σπασμού, γεγονότων που προαναγγέλλουν και στη συνέχεια επιβαρύνουν το έμφραγμα του μυοκαρδίου.

Επειδή όμως στις περιπτώσεις φλεβικής εισαγωγής χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες στρεπτοκινάσης, όπως είναι φυσικό, δημιουργείται μια γενικότερη τάση στον οργανισμό για αιμορραγίες, γι' αυτό το *TPA,* που χορηγήσαμε στην περίπτωση του Τζίμη, είναι προτιμότερο, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

–Όλ' αυτά είναι καλά, παρενέβη ο Κάρολος, αλλά εκείνο που έχει σημασία, είναι να φροντίζει κάποιος να μην δημιουργείται η αθηρωματική πλάκα ή, τουλάχιστον, ν' ανιχνευθεί πριν αυτή μεγαλώσει, όπως στην περίπτωση του Τζίμη.

– Σωστά, είπε ο Ιπποκράτης, αν όμως οι αθηροσκληρωτικές διεργασίες έχουν προχωρήσει, τότε η μόνη λύση είναι η παράκαμψη της φραγμένης στεφανιαίας αρτηρίας και η διάνοιξη μιας νέας διόδου, ώστε να τροφοδοτούνται οι καρδιακοί μυς με αίμα· το γνωστό by-pass, μια εγχείρηση ρουτίνας σήμερα, στην οποία οφείλεται η διάσωση πολλών καρδιοπαθών. Συνήθως ως παρακαμπτήριες διέξοδοι τοποθετούνται φλέβες από τις κνήμες και σπανιότερα από πλαστικό σωλήνα. Πολλές φορές είναι δυνατόν να γίνουν περισσότερες από μία παρακαμπτήριες τροφοδοτήσεις. Ύστερα από μια τέτοια πετυχημένη εγχείρηση ο ασθενής επανέρχεται συνήθως στις κανονικές του δραστηριότητες.

Σ' ελαφρότερες περιπτώσεις και όταν η έμφραξη των αρτηριών δεν έχει προχωρήσει πολύ, τότε η εισαγωγή ενός ενδοκαρδιακού καθετήρα, ο οποίος έχει στην άκρη του ένα λεπτό μπαλονάκι που είναι δυνατόν να φουσκώσει όταν ο καθετήρας φτάσει στο σημείο που υπάρχει η απόφραξη, θρυμματίζει την αθη-

ρωματική πλάκα κι έτσι διευκολύνεται η ροή του αίματος. Κάτι ανάλογο είναι δυνατόν να γίνει με στιγμιαία πυροδότηση του καθετήρα με ακτίνες λέιζερ. Το αθήρωμα λιώνει έτσι σαν το βούτυρο. Ακόμα, είναι δυνατή η απόφραξη αρτηριών με χρήση *φυκοκυανίνης,* που βοηθάει στη διάλυση των αθηρωμάτων.

Η καλύτερη κατανόηση των αιτίων, στα οποία οφείλονται οι καρδιαγγειακές βλάβες, καθώς και οι πρόοδοι της βιοτεχνολογίας και της μικροηλεκτρονικής τα τελευταία χρόνια, βοήθησαν αποτελεσματικά στην αποφυγή των χειρουργικών επεμβάσεων σε πολλές περιπτώσεις, κατέληξε ο Ιπποκράτης.

– Φαίνεται όμως ότι και η παχυσαρκία παίζει ρόλο για το επεισόδιο του Τζίμη, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Ασφαλώς, απάντησαν ομόφωνα ο Κάρολος και ο Ιπποκράτης.

– Με την ευκαιρία δεν μας το αναλύετε λίγο μιας και πρόκειται για γενικό φαινόμενο στις βιομηχανικές χώρες; ρώτησε ο Πλάτων.

**Η παχυσαρκία**

Η Μάρθα παρεμβαίνοντας τότε, ρώτησε τον Ιπποκράτη:

– Αλήθεια, υπάρχει φάρμακο για την παχυσαρκία;

Ο Ιπποκράτης ήταν κατηγορηματικός.

– Απόλυτο φάρμακο όχι, ούτε τα κέντρα αδυνατίσματος προσφέρουν μόνιμες καταστάσεις, αν όχι αρνητικές, ενώ έχω ζωηρές επιφυλάξεις για τις «χημικές δίαιτες». Οι θερμίδες που καταναλίσκονται, οι ορμονικές λειτουργίες και κυρίως του θυρεοειδή, τα γονίδιά μας, δηλαδή η κληρονομικότητα, το μυικό μας σύστημα (όσο πιο ανεπτυγμένο τόσο το καλύτερο), αλλά και η θέληση και ο τρόπος ζωής που επιλέγουμε για να την ελέγξουμε είναι τα πιο σημαντικά και συνέχισε.

Το κεντρικό νευρικό σύστημα ελέγχει την πρόσληψη τροφής και το βάρος του σώματος. Το ομοιοστατικό σύστημα ελέγχει, ώστε να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στην ενέργεια που καταναλίσκεται κι αυτήν που προσλαμβάνεται (διά των τροφίμων), ώστε να διατηρείται σταθερό βάρος.

Πρόκειται πάντως για μια διαδικασία πολύπλοκη λόγω εμπλοκής του κεντρικού νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου, όπου οι νευρωνικοί υποδοχείς της *λεπτίνης*, της *ινσουλίνης*, της *γρελίνης* και των *μελανοκορτινών* διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την αρμονική ομοιοστασία και την αποφυγή της εναπόθεσης λιπώδους ιστού, δηλαδή της παχυσαρκίας. Οι γνώσεις αυτές συνιστούν ένα ακόμη βήμα στην καταπολέμηση της «νόσου» του αιώνα.

– Πάντως, όπως είπαμε, συνέχισε ο Κάρολος, η προσφορά στις ανεπτυγμένες χώρες άφθονης και σχετικά φθηνής, συνήθως «ταχείας» διατροφής (fast food), η παραγωγή πλούσιων σε «εξευγενισμένα» λιπαρά, μαργαρίνες και υδατάνθρακες τροφίμων, μαζί με την υπερκατανάλωση και των δύο λευκών «δηλητηρίων», της ζάχαρης και του αλατιού, είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για την αύξηση των υπέρβαρων ατόμων που υπερβαίνουν τα 2/3 του πληθυσμού των χωρών αυτών,

ενώ οι παχύσαρκοι ανέρχονται στο 25% του πληθυσμού και τα ποσοστά αυτά συνεχώς αυξάνονται.

Στη Γαλλία για παράδειγμα υπάρχουν 5 εκατομμύρια παχύσαρκοι και 13 εκατομμύρια υπέρβαροι. Το ανησυχητικό αυτό φαινόμενο – το οποίο δυστυχώς έχει πλήξει και την παιδική ηλικία – ευθύνεται για περισσότερους από 100.000 θανάτους το χρόνο στις ΗΠΑ μόνον (καρδιά, διαβήτης) και το κόστος ανέρχεται σε περισσότερα από 75 δισεκατομμύρια δολάρια (ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, κέντρα αδυνατίσματος κ.λπ.). Πρόκειται πλέον για «επιδημική ασθένεια» των πλούσιων χωρών στον αντίποδα με όσα οδυνηρά παρατηρούνται στις υποσιτιζόμενες περιοχές του πλανήτη, σε μερικές από τις οποίες οι άνθρωποι λιμοκτονούν.

– Αλλά δεν είναι μόνον αυτά τα δεινά της παχυσαρκίας, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

## Διαβήτης και παχυσαρκία

– Έχω ακούσει, είπε παρεμβαίνοντας ο Νίκος, ότι υπάρχουν δύο τύποι διαβήτη. Θα μπορούσες να μας εξηγήσεις για τι πρόκειται;

– Ο διαβήτης τύπου Ι, είπε ο Ιπποκράτης, έχει σχέση με την ινσουλίνη. Το πάγκρεας στην περίπτωση αυτή παράγει λιγότερη ινσουλίνη με αποτέλεσμα την αύξηση σακχάρου στο αίμα. Ο διαβήτης τύπου ΙΙ, συνήθης διαβήτης των ηλικιωμένων, δεν εξαρτάται από την ποσότητα ινσουλίνης, η οποία παράγεται κανονικά από το πάγκρεας, αλλά για κάποιους λόγους ο οργανισμός δεν είναι δυνατόν να την αξιοποιήσει για τον κανονικό μεταβολισμό των υδατανθράκων.

Και στις δύο περιπτώσεις το σάκχαρο συσσωρεύεται στο αίμα και εξέρχεται διά των ούρων χωρίς ν' αξιοποιείται. Τα συμπτώματα ανακουφίζονται με τη συνεχή εισαγωγή ινσουλίνης με διάφορους τρόπους (με ένεση και εισπνοές). Ο δεύτερος τύπος είναι πιο δύσκολος.

Το 2005 περισσότεροι από 1.000.000 άνθρωποι πέθαναν από διαβήτη τύπου ΙΙ. Δυστυχώς ο αριθμός αυτός θα αυξάνεται κάθε χρόνο, μαζί με τον αριθμό των παχύσαρκων παιδιών-υποψήφιων διαβητικών.

Η παχυσαρκία, όπως είχαμε την ευκαιρία να αναφέρουμε συνέχισε ο Ιπποκράτης, συνοδεύεται από σύμπλεγμα συμπτωμάτων: αντίσταση του οργανισμού στη δράση της ινσουλίνης, της ορμόνης η οποία μεταξύ άλλων ρυθμίζει και την ομοιοστασία, τη στάθμη σακχάρου στο αίμα, το μεταβολισμό των λιπών, την υπέρταση, αιτίες αυξημένων κινδύνων για καρδιαγγειακές προσβολές και γήρανση.

Επειδή το πρόβλημα είναι μεγάλο, διεξάγονται εντατικές έρευνες σ' όλο τον κόσμο για την κατανόηση των αιτιών και την αντιμετώπισή του. Πρόκειται όμως για πολύπλοκες βιοχημικές διαδικασίες διότι στο εντερικό σύστημα κυκλοφορεί μεγάλος αριθμός ορμονών. Περισσότερες από είκοσι πεπτίδια-ορμόνες παράγονται στα έντερα και επηρεάζουν την ομοιοστασία του οργανισμού: *πεπτίδιο YY*, *χολικυστοκινίνη*, *σεκρετίνη*, *γαστρικά πολυπεπτίδια*, είναι μερικές από αυτές, ενώ

μια ακόμη τάξη πρωτεϊνών, οι SIR-2, γνωστές ως *σιρουΐνες*, φαίνεται να έχουν σχέση με τον περιορισμό των θερμίδων. Όλες αυτές οι βιοχημικές δραστηριότητες απολήγουν σε πλήθος νευρικών μηνυμάτων στον εγκέφαλο, ο οποίος τελικά αποφασίζει τον κορεσμό ή την όρεξη.

– Με άλλα λόγια, αν χορτάσαμε ή πεινάμε, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Ακριβώς, μέσα σ' αυτά τα δύσβατα μονοπάτια αναζητούνται τα αίτια και οι λύσεις του προβλήματος. Προς το παρόν η αντιμετώπιση βασίζεται στο στομάχι: Μείωση των θερμίδων, καθημερινό ζύγισμα και υγιεινή διατροφή, όπως είχαμε την ευκαιρία να αναφέρουμε πολλές φορές, συμπλήρωσε ο Ιπποκράτης και κατένευσε ο Κάρολος.

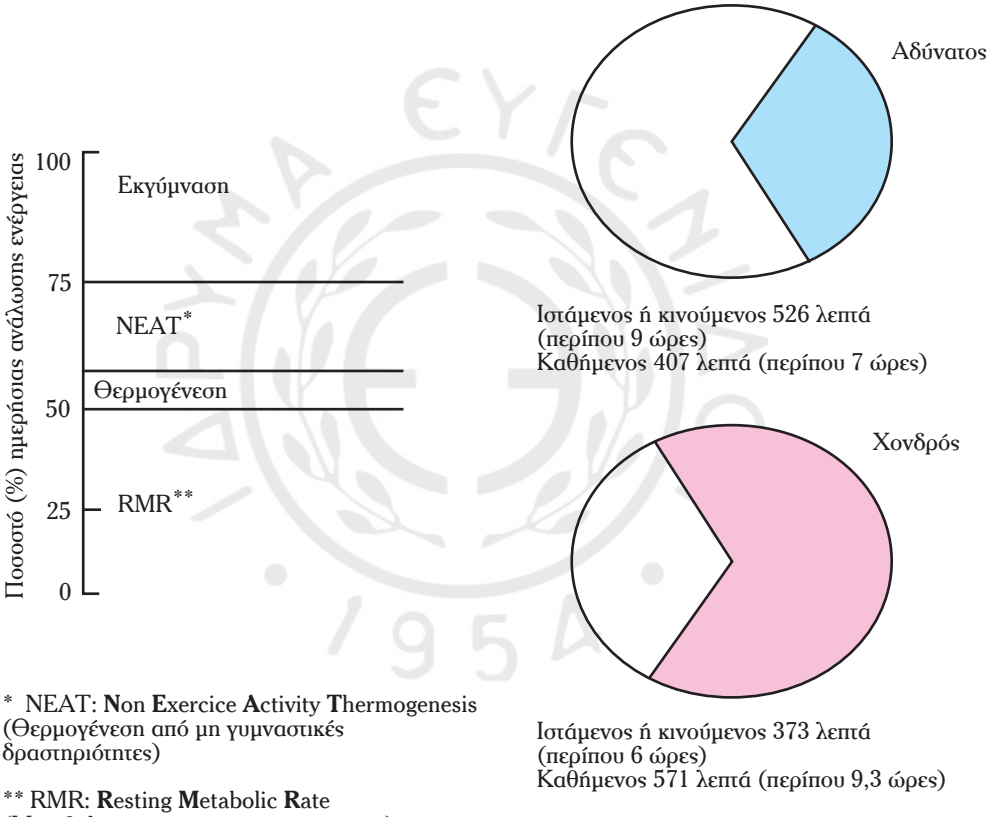
Βέβαια όλοι γνωρίζουν ότι μέτρο για τη διατήρηση σταθερού βάρους είναι κατά κύριο λόγο το «ενεργειακό ισοζύγιο», δηλαδή η εισερχόμενη διά των τροφίμων ενέργεια, οι περιβόητες θερμίδες, να ισούται με την αναλισκόμενη. Αυτό ελέγχεται εύκολα με καθημερινή ζύγιση υπό σταθερές συνθήκες. Βεβαίως η δίαιτα συνιστά έναν παράγοντα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις δεν αρκεί, διότι μεγάλη σημασία έχουν και οι συνήθειες διαβίωσης, οι οποίες διαδραματίζουν εξ ίσου σημαντικό ρόλο. Η γενιά των σνακ και των σακχαρούχων αναψυκτικών συνεχώς κερδίζει βάρος. Στην πλούσια και ανθυγιεινή διατροφή ήρθαν να προστεθούν και οι κακές συνθήκες διαβίωσης: όπως ακινησία, αυτοκίνητο, ανελκυστήρας, καρέκλα, καναπές, τηλεόραση, κομπιούτερ. Το κακό είναι ότι στον όμιλο των παχύσαρκων έχουν προσχωρήσει και τα παιδιά. Τελευταίες έρευνες και στη χώρα μας έδειξαν ότι το 70% των παιδιών καθημερινώς καταναλίσκουν σνακ, γλυκά κι αναψυκτικά και δεν γυμνάζονται.

– Ένα νέο στοιχείο, συνέχισε ο Ιπποκράτης, που έρχεται να βοηθήσει είναι οι μακροχρόνιες μελέτες του Levine και της ομάδας του, οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι απλά και μόνον οι καθημερινές κινήσεις που δεν οφείλονται σε εκγύμναση, η NEAT όπως την αποκαλούν (Non Exercise Activity Thermogenesis), δηλαδή: ορθοστασία, περπάτημα, συζήτηση, κινητικότητα των άκρων για παράδειγμα ακόμα και το παίξιμο των δακτύλων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση σταθερού βάρους. Θα πρέπει να επαναλάβουμε ότι και για την πιο απλή κίνηση που τη θεωρούμε αυτονόητη, για παράδειγμα να κουνήσουμε το δάχτυλό μας, κινητοποιούνται μυριάδες νανοκινητήρες, δηλαδή μυριάδες πρωτεϊνικά μόρια της μυοσίνης που αλλάζουν σχήμα, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κίνηση. Φυσικά αυτό ισοδυναμεί με ανάλωση ενέργειας που απαιτείται για να κινηθούν αυτοί οι νανοκινητήρες. Καύσιμο είναι η γλυκόζη ή το λίπος, όπως για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο χρειάζεται βενζίνη.

Από την ομάδα του Levine παρατηρήθηκε ότι τα παχύσαρκα άτομα προτιμούν συνήθως την ακινησία (κάθισμα σε καρέκλα), περισσότερο από δύο ώρες την ημέρα συγκριτικά με τα αδύνατα. Παχύσαρκοι που μιμήθηκαν την κινητικότητα των αδύνατων ατόμων κατανάλωσαν μέχρι και 350 θερμίδες την ημέρα, διατηρώντας τη συνήθη δίαιτα και χωρίς πρόσθετη εκγύμναση. Συνήθως οι αδύνατοι είναι γενικά πιο ευκίνητοι, πιο κινητικοί, πιο «νευρικοί» απ' ό,τι οι παχύσαρκοι.

Στο σχήμα που σας δείχνω παρουσιάζονται παραστατικά οι διαφορές ανάμεσα σ' έναν αδύνατο κι έναν παχύσαρκο (στο χρόνο που κάθονται και κινούνται και οι αντίστοιχες απώλειες σε θερμίδες). Εάν η διατροφή τους είναι σταθερή είναι βέβαιο ότι σ' έναν μήνα είναι δυνατόν ν' απωλέσουν έως και 4 κιλά βάρους.

Ένα μέτρο ακόμα για τον περιορισμό του κακού είναι η απαγόρευση ή η φορολόγηση της διαφήμισης θερμιδοβριθών προϊόντων (πλούσιων σε λιπαρά και υδατάνθρακες) και περαιτέρω φορολόγηση των τροφίμων αυτών σε συνάρτηση με την ποσότητα θερμίδων που προσδίδουν στη διατροφή.




* NEAT: **N**on **E**xercice **A**ctivity **T**hermogenesis
(Θερμογένεση από μη γυμναστικές δραστηριότητες)

** RMR: **R**esting **M**etabolic **R**ate
(Μεταβολικό μέτρο κατά την ανάπαυση)

– Πιο σημαντικό όμως είναι, είπε ο Κάρολος, να διδαχθούν οι άνθρωποι την υγιεινή διατροφή και το σωστό τρόπο διαβίωσης. Δυστυχώς το μέγα πλήθος των αυτόκλητων «διατροφολόγων» και των άσχετων που έχουν εμπλακεί στον αγώνα αυτόν, μαζί με τα τεράστια οικονομικά συμφέροντα, διαιωνίζουν τη σύγχυση και επιβαρύνουν τα «σοβαρά» ήδη προβλήματα. Διατροφικές συστάσεις, με άγνοια στοιχειώδους βιοχημείας, είναι τουλάχιστον αναποτελεσματικές, αν όχι επιβλαβείς.

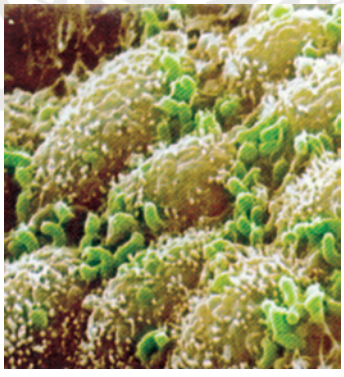
Από μελέτες που διεξήχθησαν τελευταία, φαίνεται ότι εκτός από τις αιτίες παχυσαρκίας, (διατροφή, έλλειψη εκγύμναση κ.λπ.) σε 10% του πληθυσμού υφίσταται και γονότυπος κληρονομικός, που προδιαθέτει για την παιδική παχυσαρκία, δηλαδή περιπτώσεις που ο δείκτης σωματικής μάζας (Body Mass Index –BMI) είναι μεγαλύτερος από 25*.

Ένα παρήγορο ίσως μήνυμα έρχεται από τη διαπίστωση ότι ο εγκέφαλος και κυρίως ο υποθάλαμος διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τον έλεγχο του βάρους του σώματος. Στα ποντίκια για παράδειγμα η χορήγηση ενός κοινού αμινοξέος της λευκίνης ενεργοποιεί τον υποθάλαμο, ο οποίος δίνει εντολή για μείωση της λήψης τροφής και της μείωσης του βάρους.

Έχει προσδιοριστεί ακόμη η ορμόνη της όρεξης: η *γρελίνη*, η οποία έχει ήδη παρασκευαστεί σε εμβόλιο, το οποίο ρυθμίζει την έκκρισή της και βοηθάει στον έλεγχο της όρεξης. Η χοληκυστοκινίνη κάνει το αντίθετο. Προς το παρόν πειράματα έχουν γίνει μόνο στα ποντίκια με ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Θα χρειαστούν μερικά χρόνια για να επωφεληθούν και οι άνθρωποι.

– Η προσθήκη μπαλονιών στο στομάχι για σμίκρυνση και περιορισμό της όρεξης θα έλεγα, πρόσθεσε ο Κάρολος, ότι είναι τουλάχιστον υπερβολική μέθοδος και οι χημικές δίαιτες όπως είπα μου δημιουργούν πολλές επιφυλάξεις. Λίγη γνώση του διαιτολογίου μας είναι αρκετή.

– Μία ενδιαφέρουσα διαπίστωση έγινε τελευταία, είπε ο Ιπποκράτης: Στην εντερική χλωρίδα των παχύσαρκων βρίσκονται σε αφθονία δύο συμβατικά βακτηρίδια, τα οποία πολλαπλασιάζονται τρεφόμενα με το άφθονο υλικό που υπάρχει στα έντερα. Τα γονίδια των μικροβίων αυτών ουσιαστικά συνιστούν μέρος



*Μικροβιακή χλωρίδα των εντέρων. Διακρίνονται τα βακτηρίδια (πράσινοι κόκκοι).*

* Ο *δείκτης σωματικής μάζας* βρίσκεται με διαίρεση του βάρους του ατόμου διά του τετραγώνου του ύψους, δηλαδή με πολλαπλασιασμό του ύψους επί τον εαυτό του. Για παράδειγμα άτομο ύψους 1,70 m και βάρους 70 kg έχει δείκτη: 70 : 1.70 x 1.70 = 24,22. Αν ο αριθμός αυτός είναι μεγαλύτερος του 25, πρόκειται για άτομο στα όρια της παχυσαρκίας. Αν είναι μεγαλύτερος από 40, πρόκειται για υπέρβαρο άτομο με παχυσαρκία τύπου ΙΙΙ, επικίνδυνη για διαβήτη, καρκίνο και καρδιοαγγειακές παθήσεις.

του «μεταγονιδιώματός» μας. Στους λιπόσαρκους αυτά είναι διαφορετικά. Πρόκειται για τα βακτηρίδια Bacteriodetes και Firmicutes. Τα πρώτα είναι μειωμένα στους παχύσαρκους, σε αντίθεση με τους αδύνατους, η αναλογία τους όμως αυξάνεται με τη δίαιτα. Μία ακόμη προσπέλαση μελλοντικά στο πρόβλημα: ο εμπλουτισμός της εντερικής χλωρίδας με βακτηρίδια, τα οποία συντελούν στη μείωση του βάρους.

– Απ' όσα άκουσα μέχρι τώρα, είπε ο Πλάτων, πείθομαι ότι είμαστε ό,τι τρώμε και ό,τι έτρωγαν οι γονείς μας. Μπορούμε όμως να πούμε έναν χρυσό κανόνα με δύο λόγια:

– «*Τρώτε απ' όλα κι από λίγο και κάθε μέρα κι άλλα*», κατέληξε ο Ιπποκράτης.

.....

.....

Έξω είχε αρχίσει να σουρουπώνει. Ο Ιπποκράτης με τον Ευκλείδη ετοιμάζονταν να φύγουν. Ο Κάρολος, παρακάλεσε τον Ιπποκράτη να τον ενημερώσει το βράδυ σχετικά με την πορεία της υγείας του Τζίμη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

## ΕΤΟΣ 2020. ΑΛΛΑΞΕ ΚΑΤΙ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ; ΕΝΑΣ ΠΕΡΙΠΑΤΟΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Βρισκόμαστε στο έτος 2020. Ο αδυσώπητος χρόνος έχει επιφέρει τις μεταβολές του στα μέλη της συντροφιάς, που γενικά όμως κρατιόνταν αρκετά καλά, παρόλο που όλοι είχαν περάσει τα ογδόντα.

Η Μάρθα και ο Νίκος είχαν παντρευτεί. Είχαν ένα αγόρι. Έμεναν σ' ένα σπίτι που είχε ετοιμάσει ο πατέρας της Μάρθας, λίγο πιο πάνω από του Κάρολου. Η μικρότερη αδερφή της Μάρθας, η Μαρία, βιοχημικός, ετοιμαζόταν να παντρευτεί με το Γιώργο, χημικό-μηχανικό κι ένα καινούριο σπίτι ετοιμαζότανε λίγο πιο πέρα από της Μάρθας.

Εκείνο το απόγευμα του φθινοπώρου είχαν έρθει ο Πλάτων κι ο Ευκλείδης να δούνε τον Κάρολο. Τον βρήκαν να υπαγορεύει στον ακουστικό υπολογιστή του το τελευταίο του βιβλίο.

Τη συζήτηση άνοιξε ο Πλάτων:

– Είμαστε στον 21ο αιώνα, τον οποίο η ανθρωπότητα περίμενε γεμάτη προσδοκίες. Είχα βάλει προχθές το DVD με τις συνομιλίες μας, που είχαμε κάνει πριν μερικά χρόνια, και παρά τα τεχνολογικά θαύματα που μεσολάβησαν δεν βλέπω σημαντικές μεταβολές στα θέματα που μας είχαν τόσο απασχολήσει. Ο ανθρώπινος χαρακτήρας μένει ο ίδιος, οι ανέσεις αυξήθηκαν, τα προβλήματα ίσως ν' άλλαξαν ποιοτικά, βασικά όμως μένουν πάντα τα ίδια: πόλεμοι, φονικά, εγκλήματα, βιαιότητες, απληστία, κακεντρέχεια, μίση. Και τώρα άρχισαν να γίνονται ορατές οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο περιβάλλον: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αναστάτωση του οικοσυστήματος προ των θυρών.

– Έχουμε μιλήσει εκτενώς για τα θέματα αυτά, είπε ο Κάρολος και συνέχισε. Γιατί, περίμενες μέσα σε λίγα χρόνια κάποια σπουδαία μεταβολή; Μερικά χρόνια δεν αποτελούν ούτε κλάσμα του χιλιοστού του δευτερολέπτου, από πλευράς βιολογικού χρόνου. Στις τετρακόσιες χιλιάδες περίπου γενιές ανθρώπων που πέρασαν από την εποχή του homo sapiens, η εξέλιξη του ανθρώπου είχε αφεθεί σχεδόν μόνο στα χέρια της τυφλής τύχης, στη φυσική εξέλιξη, στη λοταρία της αναπαραγωγής. Τώρα τα πράγματα έχουν αλλάξει. Από εδώ και πέρα, στις *παιδευμένες μεταβιομηχανικές κοινωνίες* ο άνθρωπος θα έχει την ικανότητα να επεμβαίνει στην εξέλιξη, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες που του έδωσε η μο-

ριακή βιολογία και η γενετική μηχανική. Τα παιδιά που γεννιούνται τώρα δεν είναι προϊόντα τύχης και μόνο, τουλάχιστον ως προς τα κληρονομούμενα ελαττώματα.

– Κι αυτό, παρατήρησε ο Πλάτων, είναι και μεγάλο δώρο αλλά και κατάρα, γιατί ο καθένας επιθυμεί να έχει ένα ξεχωριστό παιδί κι ο πειρασμός να κατάφύγει στις δυνατότητες της γενετικής μηχανικής είναι μεγάλος.

– Όπως το λες είναι, είπε ο Κάρολος. Οι επεμβάσεις όμως αυτές είναι και λεπτές και πολυδάπανες. Ευτυχώς απαιτούν τη συνεργασία ομάδας επιστημόνων, έτσι δεν είναι εύκολο κάποιος ή κάποιοι ασυνείδητοι να εκμεταλλευτούν τις ανθρώπινες αδυναμίες. Και μην ξεχνάς ότι στις τάξεις αυτών που υπηρετούν τις επιστήμες της ζωής δεν έχουμε πολλά παραδείγματα ασυνείδητων ή, αν έχουμε, είναι σχετικά λίγα και μεμονωμένα. Θεωρώ επομένως εξαιρετικά απίθανο να βρεθεί ολόκληρη επιστημονική ομάδα άπληστων και με ελαστική συνείδηση. Ας μην ξεχνάμε, εξάλλου, ότι η εφαρμογή κάθε επιστημονικής προόδου, μαζί με τα πλεονεκτήματα, συνεπάγεται και κινδύνους. Ξέρεις άραγε να δίνεται κάτι σ' αυτόν τον κόσμο χωρίς κάποιο αντάλλαγμα; Κάθε πρόοδος έχει και κάποια άλλη πλευρά. Αρκεί ο ισολογισμός να είναι θετικός. Κι αυτό συμβαίνει με την τεχνολογία που τελικά βελτιώνει την ποιότητα ζωής.

– Δεν είναι όμως πάντα ελεγχόμενα τα πράγματα, παρατήρησε ο Ευκλείδης. Θυμάμαι την περίπτωση της γυναίκας ενός φίλου μου που έπασχε από Parkinson· αν και η θεραπευτική αγωγή τη βοήθησε αποτελεσματικά, η κυτταρική αλλοίωση ήταν τόσο βαθιά, ώστε δεν απέμενε παρά η λύση να μεταφυτευτούν εμβρυϊκά κύτταρα· αυτή η θεραπεία στοίχισε μια περιουσία. Και διερωτώμαι: ποιος εισέπραξε το ποσό, ο γιατρός ή η άτυχη, ίσως και ασυνείδητη, μέλλουσα μητέρα-δότης του εμβρύου; Δεν αποτελεί η γενίκευση αυτής της θεραπευτικής αγωγής κίνητρο για αμβλώσεις και την εμπορία της πιο πολύτιμης γυναικείας λειτουργίας; Δεν κινδυνεύουμε από ασυνείδητους, όταν μάλιστα τονίζεται η ουδετερότητα της βιολογίας έναντι της ηθικής και των κανόνων και των δομών της κοινωνίας;

– Θίγεις ένα θέμα πολύ σοβαρό, είπε ο Κάρολος. Καταρχήν η ουδετερότητα αυτή δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την επικράτηση λαθεμένων επιλογών. Αλλά πιστεύω ότι υπάρχει λύση, ώστε να μην εκμεταλλευόμαστε τα ιερά και τα όσια. Μην ξεχνάς το σάλο που ξεσηκώθηκε πριν περίπου δέκα χρόνια στο NIH (National Institute of Health) στις ΗΠΑ, εξαιτίας του αφορισμού για τη χρήση εμβρυϊκών ιστών για θεραπευτικούς σκοπούς. Τώρα έχει απαγορευτεί η εμπορία των εμβρυϊκών εμφυτευμάτων, τα οποία διατίθενται δωρεάν μόνο από το Πανευρωπαϊκό Ινστιτούτο Υγείας. Επομένως κάθε άλλη διαδικασία είναι απλά παράνομη, τόσο για το δότη όσο και για το λήπτη. Βέβαια ξέρω ότι αυτό δεν σημαίνει τίποτα. Μην ξεχνάς ότι, όταν ήμασταν νέοι οι αμβλώσεις θεωρούνταν παράνομες. Αυτό όμως δεν εμπόδιζε να πραγματοποιούνται κατά εκατομμύρια το χρόνο. Τότε βέβαια οι περισσότερες γυναίκες δεν είχαν τη δυνατότητα

να προσδιορίζουν τη γόνιμη μέρα του κύκλου τους, για τ' αντισυλληπτικά υπήρχαν αμφιλεγόμενες απόψεις και η ηλεκτρονική και ανοσοποιητική αντισύλληψη ήταν άγνωστες. Σήμερα, μια γυναίκα με στοιχειώδη μόρφωση ελέγχει απόλυτα τον οικογενειακό της προγραμματισμό.

– Αυτό όμως σημαίνει, παρατήρησε ο Πλάτων, ότι τα εμβρυϊκά εμφυτεύματα θα γίνονται σπανιότερα, επομένως και αντικείμενο στυγνής εμπορίας. Πολύ περισσότερο που η χρήση τους για τη θεραπεία του AIDS, του διαβήτη που προσβάλλει νεαρά άτομα και ορισμένων παραλυτικών περιπτώσεων θ' αυξήσει δυσανάλογα τη ζήτηση.

– Σίγουρα θα υπάρξουν περιπτώσεις, αποκρίθηκε ο Κάρολος, αλλά είμαι βέβαιος ότι στο τέλος της δεκαετίας αυτής θα έχουμε τη δυνατότητα ν' αναπαράγουμε τέτοια κύτταρα γενετικά επεξεργασμένα «in vitro», δηλαδή στο εργαστήριο, χωρίς την ανάγκη της γυναικείας μήτρας. Όπως μιλήσαμε, *για τα βλαστοκύτταρα γίνεται πολυμέτωπος αγώνας και ήδη τα πρώτα αποτελέσματα αρχίζουν να φαίνονται. Όλ' αυτά οδηγούν στην «προσωποποιημένη ιατρική»*. Εξ άλλου η μηχανική των συνθετικών και τροποποιημένων πρωτεϊνών, τα συνθετικά ένζυμα, τα καταλυτικά μόρια RNA, τα ριβοένζυμα, τα προσχεδιασμένα κατά περίπτωση από ρομπότ ειδικά φάρμακα και τα καταλυτικά αντισώματα, οι πρόοδοι στη νευροχημεία και στη διαγνωστική, θα μας επιτρέψουν *σύντομα να μην έχουμε ανάγκη από τ' ανθρώπινα έμβρυα*. Αφήνω που αργότερα θα γενικευτεί ο εκούσιος προκαταρκτικός έλεγχος πριν από τη σύλληψη και θα μας επιτρέψει «προβλεπόμενους» γενετικά υγιείς ανθρώπους, ενώ η γενετική μηχανική θα επιδιορθώνει έγκαιρα τυχόν κληρονομικά σφάλματα. Η γενναία απόφαση που πήρε η πολιτισμένη ανθρωπότητα τη δεκαετία του '90 ν' αποκρυπτογραφηθεί η αλληλουχία του ανθρώπινου γονιδιώματος, το οποίο αποτελείται από έξι δισεκατομμύρια βάσεις, τώρα που έχει ολοκληρωθεί μας βοηθάει ακόμα πιο αποτελεσματικά. Βέβαια, δεν θα λύσει όλα τα προβλήματα, ίσως μάλιστα δημιουργήσει περισσότερα, όπως συνήθως συμβαίνει όταν η γνώση πλαταίνει· σίγουρα, όμως, αυτή η αποκρυπτογράφηση, η σύγκριση, δηλαδή, του ανθρώπινου γονιδιώματος με τα γονιδιώματα άλλων οργανισμών, βοηθάει αποτελεσματικά στη θεραπεία των κληρονομικών ασθενειών, στην πρόληψη ατελειών και στη γένεση ελαττωματικών παιδιών, στην πρόληψη δηλαδή ανθρώπινων τραγωδιών.

Θα ήθελα όμως να σε θέσω προ ενός προβλήματος, συνέχισε ο Κάρολος, απευθυνόμενος προς τον Πλάτωνα: Ας υποθέσουμε ότι δύο νέα παιδιά πάσχουν από AIDS, που το ένα μετέδωσε από άγνοιά του στο άλλο· και ας υποθέσουμε ότι με την τεχνολογία των εμβρυϊκών εμφυτευμάτων είναι δυνατή η θεραπεία. Τι είναι προτιμότερο, η θυσία ενός εμβρύου από κάποια άμβλωση ή ο βέβαιος μαρτυρικός θάνατος των δύο νέων ανθρώπων;

– Είναι πραγματικό πρόβλημα, παρενέβη ο Ευκλείδης. Είναι βέβαιο ότι η πρόοδος *που συντελείται στη μοριακή ιατρική θα καταστήσει άχρηστα τέτοια διλήμματα.*

## Νέες ιδέες για τα βλαστοκύτταρα

– Πραγματικά, παρενέβη ο Κάρολος, οι προβληματισμοί μας έχουν ξεπεραστεί από τις προόδους στον τομέα των βλαστοκυττάρων, όπως είχαμε την ευκαιρία παλαιότερα να δούμε όταν μιλήσαμε γι' αυτά.

Το θέμα είναι τόσο σημαντικό, ώστε όπως θα θυμάστε διεξάγεται ένας πολυμέτωπος αγώνας προκειμένου να μην έχουμε ανάγκη τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα υποκαθιστώντας τα με κύτταρα από το αμνιακό υγρό, τους όρχεις, τον πλακούντα, τον ομφάλιο λώρο, τα οποία διερευνώνται συστηματικά για την ανάπτυξη πολυδύναμων κυτταρικών δομών.

Σ' αυτά τώρα προσετέθησαν και μερικές νέες ελπίδες που αξίζει να τις αναφέρουμε είπε και συνέχισε:

## Προς μια νέα επανάσταση στην ιατρική των μεταμοσχεύσεων

– Ο Yamanake φαίνεται ότι προχώρησε λίγο παρακάτω, αν αυτό τελικά επιβεβαιωθεί. Ο αναπρογραμματισμός ανθρώπινων κυττάρων που προέρχονται από νέους ανθρώπους και όχι έμβρυα, είναι δυνατόν με κατάλληλη επεξεργασία, να μετατραπούν σε κύτταρα ανάλογα με εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα, δηλαδή δυνάμενα να μετατραπούν σε διαφοροποιημένα κύτταρα όλων των ειδών.

Προς το παρόν ο Yamanake έχει εργαστεί με κύτταρα ποντικών, υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι θα ήταν δυνατόν να εφαρμοστεί και σε ανθρώπους. Με τον τρόπο αυτό θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την «επισκευή» κατεστραμμένων ιστών ή οργάνων, χωρίς να υπάρξουν οι αναστολές και οι ηθικοί προβληματισμοί που υφίστανται με τη χρήση εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων.

## Ένας καινούργιος δρόμος για ξανάνιωμα

Τα εμβρυϊκά κύτταρα, σύμφωνα με μελέτες που έγιναν στο ινστιτούτο μοριακής ιατρικής στην Οξφόρδη έχουν την ικανότητα να ωριμάζουν και να δημιουργούν εξειδικευμένα κύτταρα όλων των τύπων. Τώρα καθίσταται δυνατόν να αναπρογραμματιστούν ώριμα κύτταρα του σώματος με τα χαρακτηριστικά των βλαστοκυττάρων.

Τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα είτε από ανθρώπινα έμβρυα είτε από ποντίκια (4 ημερών), έχουν την εξαιρετική ιδιότητα είτε να πολλαπλασιάζονται συνεχώς είτε να διαφοροποιούνται προς ώριμα κύτταρα όλων των τύπων (μυικά, νευρικά), σε συνάρτηση με τους όρους καλλιέργειάς τους.

Ακόμη ένα βήμα για τη δημιουργία ιστών, που θα πρέπει ν' αντικατασταθούν είτε λόγω γήρατος είτε λόγω ασθένειας και μια ελπίδα για πλήθος συνανθρώπων μας που ζουν το μαρτύριο της αναμονής, συμβατού μοσχεύματος, στο μεταίχμιο μεταξύ ζωής και θανάτου.

– Άκουσα κάτι για σύντηξη ανθρώπινων κυττάρων με ζωικά, είπε η Μάρθα.

– Η επιχειρούμενη σύντηξη ανθρώπινων με ζωικά κύτταρα, αν δεν στοχεύει σε καθαρά ιατρικούς σκοπούς, αλλά έχει ως κίνητρο να ικανοποιήσει την ακόρεστη ανθρώπινη περιέργεια, σίγουρα δεν είναι δυνατόν να γίνει αποδεκτή. Σίγουρα πρέπει να παρακολουθηθεί στενά και υπό αυστηρή ιατρική δεοντολογία, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η μελέτη των γονιδίων (μορίων DNA) και η ηλεκτρονική χαράζουν το μέλλον της ανθρωπότητας του 21ου αιώνα. Δίνουν τεράστιες δυνατότητες στην ιατρική, στην οικονομία και στη μοίρα των ανθρώπων. Η γενετική αλλάζει τις προϋποθέσεις για καλύτερες μέρες. Η ηλεκτρονική δίνει απίθανες δυνατότητες στην κυκλοφορία της πληροφορίας, αλλά και την περαιτέρω πρόοδο της γενετικής. Η ιατρική θα είναι τελείως διαφορετική στις μέρες που έρχονται.

Μετά από λίγα χρόνια η πιστοποίηση του προσωπικού μας DNA (αντί περίπου 1.000 €) θα επιτρέψει τη διαπίστωση των ατελειών, την επιδιόρθωσή τους και την προδιάθεση για ορισμένες ασθένειες και την πρόληψη.

– Παρήγορα και άκρως διαφωτιστικά όσα μας είπες αλλά νομίζω, αποκρίθηκε ο Πλάτων, ότι τα βλαστοκύτταρα δεν είναι το μόνο πρόβλημα που μας δημιούργησαν οι πρόοδοι στη βιοτεχνολογία. Τα παιδιά του σωλήνα είναι πλέον μια τρέχουσα τεχνική εδώ και πολλά χρόνια. Η επιλογή όμως του φύλου του παιδιού, που αποτελεί επίσης τώρα μια τρέχουσα δυνατότητα, δεν προβλέπεις ότι θα φέρει δημογραφική αναστάτωση με δραματικές κοινωνικές επιπτώσεις;

– Καταρχήν, απάντησε ο Κάρολος, η επιλογή του φύλου θα νομιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που η ομόφωνη γνωμάτευση του πολυμελούς ιατρικού συμβουλίου καταλήγει στη διαπίστωση ότι είναι επικίνδυνο για μια γυναίκα η σύλληψη λόγου χάρη ενός αρσενικού παιδιού. Άλλωστε, γιατί τα υγιή ζευγάρια θα θελήσουν να μπουν στην παρανομία και στην ταλαιπωρία της εξωσωματικής διαδικασίας και δεν θ' αφήσουν τα πράγματα να προχωρήσουν φυσιολογικά; Ας μην ξεχνάμε ότι τώρα στις πολιτισμένες κοινωνίες η κλίση για απόκτηση αγοριών έχει μειωθεί. Παλαιότερα το αγόρι αποτελούσε ανάγκη για την προσφορά βοήθειας στην οικογένεια. Σήμερα, αγόρια και κορίτσια στην κατεύθυνση αυτή είναι ισότιμα. Αλλά και όσα ζευγάρια επιλέξουν την παρανομία και την παρά φύση κύηση, στατιστικά θα πρέπει να δεχτούμε ότι δεν θα πάνε όλα προς μια κατεύθυνση φύλου.

– Μα εσύ δεν μας είχες μιλήσει, είπε ο Πλάτων, για συμπλέγματα, όπως το «πένθος του πέους», που δημιουργούν τη ροπή στις μητέρες για την απόκτηση αγοριών;

– Αυτή είναι μια φροϋδική άποψη, είπε ο Κάρολος, και μην ξεχνάς ότι μαζί με τον Freud και τους μαθητές του έχουν σβηστεί και πολλά ταμπού από τις θεωρίες τους, χωρίς βέβαια να σημαίνει και πλήρη διαγραφή της συμβολής τους. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο Freud ήταν ένας πολύ προικισμένος άνθρωπος που όμως έζησε σε λάθος εποχή και φώτισε αρκετά σκοτεινά σημεία του ανθρώπινου «εγώ». Αλλά κι αν δεχτούμε ότι είναι έτσι, η ανθρωπότητα και η ισορροπία των

φύλων δεν κινδυνεύει από τη δυνατότητα επιλογής του φύλου, όπως δεν κινδύνεψε και μετά τις εκατόμβες αγοριών στο βωμό του Μολώχ κατά τους Παγκόσμιους Πολέμους του 20ου αιώνα. Ύστερα, ας μην ξεχνάμε την ουσία του τεράστιου δημογραφικού προβλήματος: ο παγκόσμιος πληθυσμός διπλασιάστηκε από το 1950· τότε ήταν δυόμισι δισεκατομμύρια· στο τέλος του αιώνα πέρασε τα έξι. Και θα διπλασιαστεί ξανά όταν τα παιδιά που γεννήθηκαν το 1990 πάρουν τη σύνταξή τους, οπότε θα υπερβεί τα δέκα δισεκατομμύρια. Στην Ευρώπη θα είναι ο ίδιος πληθυσμός, αλλά αυξημένος ο αριθμός των γερόντων. Η δημογραφική έκρηξη βλέπετε δεν είναι γενική. Εμφανίζεται εκεί όπου υπάρχει φτώχεια, υπανάπτυξη. Και οι περιοχές αυτές δυστυχώς φιλοξενούν περισσότερο από τα τέσσερα πέμπτα του ανθρώπινου πληθυσμού. Στις περιοχές αυτές που μαστίζονται από την ανέχεια, την έλλειψη παραγωγικότητας και παιδείας, δεν είναι καθόλου εύκολη η εφαρμογή, σε αισθητή κλίμακα, της πολύπλοκης τεχνολογίας της επιλογής του φύλου των παιδιών. Επομένως, ο υποθετικός κίνδυνος περιορίζεται στις πλούσιες χώρες. Σ' αυτές όμως είναι πολύ εύκολο να δοθούν κίνητρα για την απόκτηση παιδιών και των δύο φύλων, αν κάποτε υπάρξει πρόβλημα.

– Τώρα, όμως, θίξαμε ένα άλλο, κολοσσιαίο πρόβλημα, είπε ο Πλάτων. Το πρόβλημα του υπερπληθυσμού, το οποίο από την εποχή του Μάλθου απασχολεί την ανθρωπότητα, αλλά στις μέρες μας δείχνει να γιγαντώνεται και δεν φαίνεται ότι η τεχνολογία, παρά τις εντυπωσιακές επιτυχίες της, θα μπορέσει να το ξεπεράσει. Λένε ότι ο πλανήτης δεν μπορεί να θρέψει περισσότερους από δώδεκα δισεκατομμύρια ανθρώπους και το όριο αυτό θα το πλησιάσουν οι επόμενες γενιές, πολύ περισσότερο με τις ανθρωπογενείς επιδράσεις στο οικοσύστημα, που χρόνο με το χρόνο αυξάνονται.

– Δεν συμφωνώ απόλυτα μαζί σου, απάντησε ο Κάρολος. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι υφίσταται πρόβλημα και πρόβλημα το οποίο μεσοπρόθεσμα θα οξυνθεί, αφού οι καταστάσεις αυτές στις υπανάπτυκτες περιοχές είναι εγγενείς· οι κλιματολογικές και οι φυσικές συνθήκες εκεί δεν βοηθάνε την παραγωγικότητα. Δοκίμασες, Πλάτων, να δουλέψεις ένα καλοκαιριάτικο μεσημέρι με υγρασία και καύσωνα, όταν συγχρόνως σε τριγυρνάνε έντομα; Κακή παραγωγικότητα, όμως, συνεπάγεται κακή διατροφή, και κακή διατροφή σημαίνει χαμηλή παραγωγικότητα, αφού για την οποιαδήποτε παραγωγικότητα χρειάζονται υλικά και μάλιστα ακριβά υλικά, όπως είναι τ' «απαραίτητα» αμινοξέα, τ' «απαραίτητα» λιπαρά οξέα, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, των οποίων δυστυχώς έχει καθημερινή ανάγκη ο ανθρώπινος οργανισμός, προκειμένου να λειτουργεί σωστά το σώμα και το μυαλό του, ώστε οι νευρώνες του ν' αποκτήσουν και νέες καλωδιώσεις, δηλαδή πρωτεϊνικά μόρια.

– Όταν λες «απαραίτητα αμινοξέα» και «λιπαρά οξέα» υπενθύμισέ μου, τι εννοείς; ρώτησε ο Πλάτων.

– Ουσίες με σημαντική βιολογική σημασία για την ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, τις οποίες δεν έχει τη δυνατότητα να συνθέσει μόνος του,

αλλά τις παίρνει από τις τροφές· για παράδειγμα, τ' *αμνοξέα* από το κρέας, το γάλα, τ' αβγά και τα *λιπαρά οξέα* από τους σπόρους, τα ψάρια και τα θαλασσινά· σ' αυτές τις ουσίες ανήκουν και οι βιταμίνες, απάντησε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Μην ξεχνάμε ότι και το μυαλό για να λειτουργήσει έχει ανάγκη από υλικά. Οι σκέψεις και η μνήμη δεν είναι άυλες υποστάσεις. Απαιτούν καλωδιώσεις ανάμεσα στους νευρώνες, με άλλα λόγια πρωτεΐνες πολυτελείας και νουκλεϊνικά οξέα, δυσεύρετα στις περιοχές εκείνες. Το ίδιο συμβαίνει φυσικά και για τις πιο αφηρημένες έννοιες, όπως είναι οι *ιδέες* και οι *ιδεολογίες.* Κι αυτές χρειάζονται καλό φαΐ για να δημιουργηθούν. Οι ιδέες παίζουν το ρόλο των πρωτόγονων μορίων· ορισμένες είναι σταθερές, άλλες εφήμερες. Αναπαράγονται όμως με τον ίδιο τρόπο που αντιγράφονται τα μόρια και φυσικά χρειάζονται υλικά για να κατασκευαστούν.

– Τι υλιστική άποψη! μουρμούρισε η Μάρθα.

– Δεν καταλαβαίνω πώς εσύ νομίζεις ότι δημιουργούνται οι ιδέες, με αέρα κοπανιστό; είπε ο Κάρολος ενοχλημένος, αλλά ας συνεχίσουμε.

– Εδώ όμως υπάρχει μια διαφορά από τη φυσική επιλογή, στην οποία τουλάχιστον πριν λίγα χρόνια δεν μπορούσαμε να επέμβουμε, είπε ο Πλάτων. Ο άνθρωπος, δηλαδή, έχει τη δυνατότητα να σταθμίζει τις συνέπειες των ιδεών του. Είναι το *μόνο ζωντανό ον,* που έχει τη δυνατότητα να φαντάζεται το μέλλον.

– Ευτυχώς ή δυστυχώς, βρισκόμαστε μέσα σ' ένα φαύλο κύκλο, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά αγαθά που απολαμβάνουν οι πολίτες στις αναπτυγμένες κοινωνίες; Παιδεία, όσο το δυνατόν υψηλότερης στάθμης, και παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, έστω και σχετικά δαπανηρής. Η ενέργεια, ας μην ξεχνάμε, είναι *η πρώτη των πρώτων υλών.* Χωρίς αυτή δεν είναι δυνατόν να παραχθεί κανένα αγαθό, ούτε καν υπηρεσίες, ούτε υποδομή. Όμως και τα δύο αυτά αγαθά λείπουν στις περισσότερες από τις υπανάπτυκτες χώρες. Αυτός είναι ο λόγος που η διαφορά στα εισοδήματα ανάμεσα σε αναπτυγμένους και υπανάπτυκτους αντί να γεφυρώνεται διευρύνεται· η τσιμπίδα συνεχώς ανοίγει, όπως το κόστος των νέων τεχνολογικών μέσων γίνεται δαπανηρότερο και πιο απρόσιτο για τους συνεχώς πληθυνόμενους πολίτες αυτών των χωρών.

– Αν κατάλαβα καλά, είπε ο Πλάτων, μακροπρόθεσμα είσαι αισιόδοξος. Πού βασίζεις την αισιοδοξία σου αυτή;

– Η αισιοδοξία μου, είπε ο Κάρολος, βασίζεται σε δύο γεγονότα: στις ραγδαίες εξελίξεις της τεχνολογίας, γενικά, που θα επιτρέψουν την παραγωγή άφθονης ενέργειας, καλύτερες συνθήκες διαβίωσης, για παράδειγμα κλιματισμό στα θερμά και υγρά κλίματα, επομένως και μεγαλύτερη παραγωγικότητα, και στις δυνατότητες παροχής αποτελεσματικής *τηλεπαιδείας* σ' όλους αυτούς που τη στερούνται σήμερα, με αποτέλεσμα τον αυτοέλεγχο των ασύδοτων γεννήσεων. Μην ξεχνάς τη σημασία που έχει τώρα το πετρέλαιο για την ανθρωπότητα. Εμίρηδες, βασιλιάδες, ΟΠΕΚ, παρανοϊκοί δικτάτορες, «εκπρόσωποι θεών» στη Γη,

χειρίζονταν την ευημερία της ανθρωπότητας, κερδοσκοπώντας με την πρώτη των πρώτων υλών, την *ενέργεια.* Στο σημερινό κόσμο του 21ου αιώνα, οι ανάγκες για ενέργεια γιγαντώθηκαν ακόμα περισσότερο. Θυμίσου, ακόμα, ότι το 1990 το πετρέλαιο αποτελούσε, και δυστυχώς εξακολουθεί να αποτελεί, σημαντική ενεργειακή πηγή.

– Αλήθεια, πόσες κατακτήσεις εδαφών αυτού του είδους δεν πέρασαν απαρατήρητες; είπε ο Πλάτων. Η ηθική στον κόσμο αυτό συνδέεται πάντα με τα συμφέροντα, γι' αυτό της αποδίδονται τόσο πολλές αποχρώσεις και διάφορες ερμηνείες, κατά περίσταση. Ποιος αγανάκτησε, για παράδειγμα, όταν οι Τούρκοι κατέλαβαν τη μισή Κύπρο ή το Ισραήλ τα παλαιστινιακά εδάφη;

– Δυστυχώς έτσι είναι, συμφώνησε ο Κάρολος. Γι' αυτό, το αιώνιο πρόβλημα που συζητάμε εδώ και χρόνια είναι πάντα το ίδιο: υπάρχει κάποια ελπίδα για πιο συνεπείς, πιο ανθρώπινους ανθρώπους; Κι όπως διαπιστώνουμε, η απάντηση μένει πάντα η ίδια: *σίγουρα, αν υπάρξουν «παιδευμένοι» άνθρωποι, οι οποίοι θα διαθέτουν αυτογνωσία.*

Μακάρι να υπήρχε ένα μαγικό ραβδί που να έβαζε την πραγματική γνώση στο κεφάλι των πολλών, αλλά και των δημαγωγών. Όπως όμως ξέρεις, η πραγματική παιδεία θέλει και παιδεμό και χρόνο και δαπάνες. Ακόμα, απαιτεί το πιο ακριβό είδος ενέργειας. Ευτυχώς, σήμερα ο Ήλιος και η πυρηνική ενέργεια είναι δυνατόν να δώσουν άφθονη και φτηνή, ακίνδυνη και καθαρή ενέργεια. Η παραγωγή φτηνών οργανικών φωτοβολταϊκών σε πολύ λεπτά φιλμς, απεριόριστου μήκους, θα μας δώσει τη δυνατότητα, μαζί με τους νέους ελαφρούς συσσωρευτές της ηλιακής ενέργειας, να καλύπτουμε μεγάλο μέρος των αναγκών μας από την «αστείρευτη» αυτή ενεργειακή πηγή.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ της δεκαετίας του '80, που τότε τα βλέπαμε μόνο στους τεχνητούς δορυφόρους, στους φάρους, στους απομακρυσμένους αναμεταδότες της τηλεόρασης και σε ορισμένα κομπιουτεράκια της εποχής εκείνης, που λειτουργούσαν χωρίς μπαταρία, σε λίγο θα καλύψουν τοίχους, παράθυρα, ταράτσες, αυτοκίνητα, ακόμα κι ολόκληρες αμμουδιές στα νησιά και στις έρημους. Κι ας μην ξεχνάμε ότι οι προσπάθειες για τη δημιουργία φωτοβολταϊκής μεμβράνης, ανάλογης μ' αυτής των φυτικών κυττάρων των πράσινων φύλλων –τα οποία διαθέτουν τη φανταστική ιδιότητα να συλλαμβάνουν και ν' αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια– βρίσκονται στα πρώτα πολύ δειλά βήματά τους. Αλήθεια, ρώτησε ο Κάρολος, απευθυνόμενος στον Ευκλείδη: η σύλληψη της ηλιακής ενέργειας μέσα σε πρισματικά τεχνητά ζαφείρια έχει προχωρήσει;

– Θα έλεγα, αποκρίθηκε ο Ευκλείδης, ότι ήταν μια σημαντική ανακάλυψη. Ο συνδυασμός ακτίνων λέιζερ και της συγκεντρωτικής ικανότητας ορισμένων κρυσταλλικών δομών, δίνει τη δυνατότητα να συγκεντρώσουμε κατά τετραγωνικό χιλιοστό επιφάνειας περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που εκπέμπει ο Ήλιος σε αντίστοιχη επιφάνεια. Κι αυτό είναι πολύ σημαντικό για τη δημιουργία κυρίως υψηλών ενεργειών μ' εφαρμογές στη βιομηχανία και στις υπηρεσίες κοινής

ωφέλειας. Τα χρόνια που έρχονται σίγουρα οι εφαρμογές αυτές θα μας δώσουν ακόμα περισσότερες δυνατότητες, πρόσθεσε ο Ευκλείδης, και συνέχισε.

Αλλά και στον τομέα της γεωθερμικής και της πυρηνικής ενέργειας τα πράγματα εξελίχτηκαν καλά, αφού όπως είπαμε με τους νέους πυρηνικούς αντιδραστήρες, οι οποίοι κατά τη λειτουργία τους (λόγω της παρουσίας και βορίου) δεν ενέχουν πλέον τον κίνδυνο αυτόματης τήξης της καρδιάς του αντιδραστήρα. Το περίσσευμα των νετρονίων, τα οποία δημιουργούν τον κίνδυνο ανεξέλεγκτης λειτουργίας και τα παρεπόμενα συνηθισμένα ατυχήματα, απορροφάται αυτόματα από το βόριο. Έτσι η πυρηνική ενέργεια, που κάποτε στις δεκαετίες του '80 πολεμήθηκε από ανεγκέφαλους και άσχετους και πολιτικολογούντες, έχει τη δυνατότητα να προσφέρει σήμερα άφθονη ενέργεια και να μας απαλλάξει από την εξάρτηση του μαύρου χρυσού, που τόσα δεινά έχει επισωρεύσει στην ανθρωπότητα. Πόλεμοι, ανταγωνισμοί, οικονομικές κρίσεις, κραχ, ρύπανση του περιβάλλοντος, κλιματολογικές ανωμαλίες, το *φαινόμενο θερμοκηπίου*, η *τρύπα του όζοντος* είναι μερικά από τα δεινά για τα οποία μιλήσαμε.

– Αλήθεια, είπε ο Κάρολος, τα είχα ξεχάσει. Η μνήμη θέλει να σβήνει τα δυσάρεστα. Θυμάμαι τώρα τα χρόνια εκείνα που ζήσαμε στη στενόχωρη τσιμεντούπολη. Πόσα δεν άλλαξαν από τότε!... Σκέψου ότι, τ' αυτοκίνητα του '90 είχαν περίπου τρία χιλιόμετρα καλώδια, ενώ τα σημερινά ηλεκτρονικά αυτοκίνητα, από πλαστικό, μονοκόμματα, στρογγυλεμένα, είναι χωρίς καλώδια, με οπτικές ίνες που μέσα τους κυκλοφορούν φωτόνια· αυτοκίνητα που έχουν γι' αφεντικό τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, κι έτσι σκέπτονται κι αντιδρούν μόνα τους, ενώ αυτοελέγχεται η καλή λειτουργία του κάθε μηχανισμού τους και προγραμματίζεται το πρωινό ξεκίνημα κατά τις επιθυμίες του επιβάτη τους.

– Σωστά, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Οι εφαρμογές της *υπεραγωγιμότητας*, οι *μαγνητοϋδροδυναμικές γεννήτριες* (MHD), τ' *αγώγιμα πλαστικά*, όπως το *πολυακετυλένιο,* τα *πολυθειοφένια,* τα *νανονήματα,* οι *ανθρακούχοι νανοσωληνίσκοι* και οι *οπτικές ίνες,* έχουν υποκαταστήσει τους μεταλλικούς αγωγούς, λόγου χάρη το χαλκό. Πρόκειται για κατακτήσεις που η σημασία τους δεν έγινε γνωστή στο πλατύ κοινό. Οι οπτικές ίνες σε συνδυασμό και με τις δορυφορικές επικοινωνίες πραγματικά διάνοιξαν προοπτικές και ευκαιρίες που δεν μπορούσαμε να ονειρευτούμε. Η πρώτη ύλη για την παραγωγή τους, η *άμμος* της θάλασσας, είναι άφθονες. Με τα ολοκληρωμένα ψηφιακά τηλεπικοινωνιακά συστήματα ISDN – IBCN – ADSL, που έγιναν τόσο μικρά, τόσο ελαφριά, όσο οι ανθρώπινες αισθήσεις επιτρέπουν, και με *ταχύτητες φωτός*, χωρίς παρεμβολές και δυνατότητες υποκλοπής, το σήμα, η φωνή, η εικόνα, να ταξιδεύουν εφτάμισι φορές το γύρο της Γης στο δευτερόλεπτο και ο καθένας τώρα να επικοινωνεί εύκολα μ' όποιον θέλει σ' οποιοδήποτε μέρος της Γης, ενώ οι πληροφορίες από τεράστιες βιβλιοθήκες, χάρη και στους οπτικούς δίσκους, να μεταβιβάζονται αμέσως, οποτεδήποτε τις αναζητήσουμε. Τώρα το ταχυδρομείο φωνής και βίντεο, το voice-mail, είναι πραγματικότητα, ενώ χιλιάδες φτηνοί δια-

στημικοί δορυφόροι, που το βάρος τους δεν ξεπερνάει το ένα κιλό, μας βοηθάνε να επικοινωνούμε και να μεταφέρουμε τη γνώση στις πιο απρόσιτες, στις πιο αραιοκατοικημένες περιοχές του πλανήτη. Τα νέα πλαστικά, πιο γερά από το ατσάλι, πιο ελαφρά από το αλουμίνιο, όπως τα *πολυϊμίδια,* έχουν υποκαταστήσει το χάλυβα στ' αυτοκίνητα και στις κατασκευές. Τα μαγνητικά τρένα που κινούνται με πεντακόσια χιλιόμετρα την ώρα και τα ηλιοκίνητα αυτοκίνητα, μας επιτρέπουν ν' απομακρυνθούμε από τις πόλεις μειώνοντας έτσι τη ρύπανση.

– Αλήθεια, Ευκλείδη, είπε ο Πλάτων, θύμισέ μου, τι είναι η *μαγνητοϋδροδυναμική γεννήτρια;*

– Απλά, απάντησε ο Ευκλείδης, πρόκειται για μια γεννήτρια που λειτουργεί με πλάσμα, δηλαδή ύλη σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Το πλάσμα είναι πολύ καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού απ' οποιοδήποτε μέταλλο και η αλληλεπίδρασή του με μαγνητικά πεδία αποτελεί τη βάση λειτουργίας της.

**Υπεραγωγιμότητα**

– Ευχαριστώ, είπε ο Πλάτων. Ίσως γίνομαι κουραστικός με την άγνοιά μου, αλλά θα ήθελα να μου εξηγήσεις και τι είναι *υπεραγωγιμότητα.*

– Όπως ξέρεις, είπε ο Ευκλείδης, υπάρχουν καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, που επιτρέπουν εύκολα τη ροή ηλεκτρονίων, όπως τα μέταλλα, και οι κακοί αγωγοί που δεν επιτρέπουν τη δίοδο του ρεύματος, όπως το γυαλί και τα συνηθισμένα πλαστικά, που τα χρησιμοποιούμε και για μόνωση στα καλώδια του ηλεκτρικού. Υπάρχουν όμως και υπεραγώγιμα υλικά που παρουσιάζουν μηδενική ή απειροελάχιστη ηλεκτρική αντίσταση και γι' αυτό η διακίνηση ηλεκτρονίων μέσα απ' αυτά δεν προκαλεί θέρμανση και γενικά απώλειες. Η υπεραγωγιμότητα στα περισσότερα γνωστά υλικά εμφανίζεται σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν (273 βαθμούς κάτω από το μηδέν). Τις τελευταίες όμως δεκαετίες του 20ου αιώνα ανακαλύφθηκαν – απρόσμενα θεωρητικά – υλικά (μεικτά οξείδια σπάνιων και μη μετάλλων), τα οποία εμφανίζουν τις ευλογημένες αυτές ιδιότητες σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, μέχρι και τη θερμοκρασία δωματίου. Οι επαναστατικές αυτές ανακαλύψεις θα οδηγήσουν σε νέες γενιές ηλεκτρονικών υπερυπολογιστών, των οποίων οι ταχύτητες θα είναι μέχρι και χίλιες φορές μεγαλύτερες από τους ήδη ταχείς σημερινούς υπολογιστές, ενώ δημιουργούνται οι προϋποθέσεις κατασκευής υπολογιστών παράλληλης σύνδεσης με πολύ πιο εκτεταμένες δυνατότητες, καθώς και η κατασκευή ιατρικών διαγνωστικών μηχανημάτων και μηχανημάτων προσδιορισμού της χημικής δομής, όπως πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR), πολύ μεγαλύτερων δυνατοτήτων από των υπαρχόντων. Η συμβολή της υπεραγωγιμότητας θα είναι, ακόμα, αποφασιστική στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου κατά τη σύντηξη πυρήνων υδρογόνου, την παραγωγή δηλαδή φτηνής ενέργειας, κατά τα ηλιακά πρότυπα. Όλ' αυτά προκάλεσαν μια νέα επανάσταση στην τεχνολογία, μια νέα εποχή στις εφαρμογές του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού· μια

επανάσταση που τ' αποτελέσματά της θα γίνονται πιο εμφανή, όσο ο καιρός περνάει, αλλά και μεγάλους προβληματισμούς διότι ύστερα από τόσα χρόνια μνημειώδους προσπάθειας των φυσικών, δεν κατέστη δυνατή μια εξήγηση του φαινομένου της υπεραγωγιμότητας «υψηλής» σχετικά θερμοκρασίας.

Πάντως υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες για πρακτικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Το μεγαλύτερο καλώδιο που έχει κατασκευαστεί έχει μήκος 350 m. Το καλώδιο αυτό μεταφέρει 3-5 φορές περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι ένα καλώδιο χαλκού, ενώ οι ηλεκτροκινητήρες 1.000 κιλοβάτ θα έχουν πολύ μικρότερο μέγεθος και βάρος.

– Μίλησες τώρα, είπε ο Πλάτων, και γι' *αγώγιμα πλαστικά,* που εμείς οι άσχετοι τα ξέρουμε ως κατεξοχήν ηλεκτρομονωτικά υλικά.

– Πράγματι, είπε παρεμβαίνοντας ο Κάρολος, μετά την ανακάλυψη του *πολυακετυλενίου* και στη συνέχεια των *πολυθειοφενίων,* των *πολυφαινυλενοβινυλενίων* στα τέλη του 20ου αιώνα, ακολούθησε ολόκληρη σειρά νέων επαναστατικών πλαστικών, τα οποία είναι *ηλεκτραγώγιμα,* όπως το ύφασμα της καρέκλας που κάθεσαι ή της κουβέρτας που τόσο διακριτικά σε ζεσταίνει το βράδυ. Αλήθεια, να σκεφτεί κάποιος ότι πριν από λίγα χρόνια οι άνθρωποι συμβίωναν ο ένας πάνω στον άλλον μέσα στις πολυκατοικίες, περιμένοντας το πετρέλαιο για να ζεσταθούν. Τα εργοστάσια έκαιγαν μαζούτ, τ' αυτοκίνητα, τα πλοία, τα τρένα, οι εξωλέμβιες και οι μοτοσυκλέτες χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά και μόνο προϊόντα των διυλιστηρίων για να κινηθούν, αυξάνοντας το διοξείδιο του άνθρακα και του αζώτου, τα καυσαέρια, το όζον, την αιθάλη, τα μικροσωματίδια και το θόρυβο. Κι όλ' αυτά οδηγούσαν σ' ένα αγχώδες μποτιλιάρισμα στους απάνθρωπους δρόμους, που πολλές φορές ήταν κλειστοί από διαδηλωτές και διεκδικητές ποικίλων αιτημάτων. Στο άμεσο μέλλον, ακόμα και τα πλοία, χάρη στις μαγνητοϋδροδυναμικές γεννήτριες, χωρίς κινητά μέρη, προπέλες και κινητήρες, θα κινούνται με τον *υπεραγώγιμο μαγνήτη* τους, ο οποίος θα δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο θαλασσινό νερό, όπως περνάει από το μαγνήτη του σώματός του, και η ηλεκτρομαγνητική δύναμη θα εξακοντίζει το νερό, δημιουργώντας πρόωση.

Αλλά και η μεθανόλη, το οινόπνευμα (bioethanol), οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (biodiesel) συνέχισε ο Ευκλείδης, που χρησιμοποιούνται αντί για diesel, και η ολοένα μεγαλύτερη χρήση υδρογόνου, θα περιορίσουν σημαντικά τη ρύπανση και κυρίως στην ύπαιθρο, αφού στο κέντρο της πόλης θα λειτουργούν μόνο ηλιακά αυτοκίνητα και *ταινιόδρομοι.*

– Ανέφερες, είπε ο Κάρολος, το *υδρογόνο.* Πραγματικά, πιστεύω ότι αποτελεί το μελλοντικό καύσιμο της ανθρωπότητας, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και γιατί η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα σε αποστάσεις μεγαλύτερες από χίλια χιλιόμετρα, είναι ασύμφορη.

Είναι βέβαιο ότι τα επόμενα χρόνια η κύρια ενεργειακή πηγή και καύσιμο θα είναι το υδρογόνο, το αφθονότερο στοιχείο του διαστημικού χώρου που πυροδοτεί την ενέργεια του Ήλιου και των αστεριών και η καύση του δημιουργεί μόνο υδρατμούς.

Στη Γη, δυστυχώς, υπάρχει μόνο υπό τη μορφή ενώσεων και κυρίως του πιο άφθονου υλικού, του νερού, αλλά όπως είπαμε ο αγώνας συνεχίζεται σε πολλά μέτωπα.

– Σωστά, είπε ο Ευκλείδης, η ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιεί η ανθρωπότητα ανέρχεται περίπου σε δέκα TW (δέκα τρισεκατομμύρια watt). Οι ανάγκες αυτές, όπως οι πληθυσμοί αυξάνονται και οι υπό ανάπτυξη χώρες προχωρούν τον ανηφορικό δρόμο της τεχνολογικής προόδου, συνεχώς θα μεγαλώνουν και ιδιαίτερα για τη χρήση της πιο ακριβής ενέργειας, της *ηλεκτρικής*. Η μεταφορά όμως της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής στην κατανάλωση καθίσταται αντιοικονομική, όταν η απόσταση υπερβεί ορισμένα όρια. Το υδρογόνο σε υγροποιημένη μορφή (LH) ίσως θ' αποτελέσει τη λύση. Περιέχει περισσότερη από τριπλάσια ενέργεια από τα προϊόντα του πετρελαίου και η μεταφορά του είναι πολύ πιο οικονομική απ' ό,τι της ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη παραγωγής του, δηλαδή το νερό, είναι άφθονη και βρίσκεται παντού, ενώ κατά την καύση του παράγεται και πάλι *αθώο νερό*.

– Θυμάστε, αλήθεια, είπε ο Πλάτων, τι τράβηξε η ανθρωπότητα τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα από τη συγκέντρωση του πετρελαίου στην περιοχή του Περσικού Κόλπου και της Μέσης Ανατολής; Χώρια τι τράβηξαν από τη ρύπανση οι άνθρωποι των μεγαλουπόλεων από την καύση των υδρογονανθράκων.

– Εξάλλου, είπε ο Κάρολος, μην ξεχνάμε ότι η ιστορία επαναλαμβάνεται και ότι η ζωή στον πλανήτη μας ξεκίνησε πριν 4,5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια από την αρχέγονη σούπα με αναγωγικές συνθήκες, με πρωταγωνιστή δηλαδή το υδρογόνο και τα αναγωγικά ένζυμα. Το NADH, για παράδειγμα, το *παγκόσμιο αναγωγικό ένζυμο,* ήταν, είναι και θα εξακολουθεί να είναι ο πρωταγωνιστής σε κάθε βιολογική διαδικασία, από τον πιο απλό ως τον πιο πολύπλοκο φυτικό ή ζωικό οργανισμό. Τα πρώτα φωτοβακτηρίδια, που δημιουργήθηκαν πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια, είναι τα πρώτα που ανακάλυψαν την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέποντας το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο και στη συνέχεια το διοξείδιο του άνθρακα σε υδατάνθρακες. Το θαύμα της φωτοσύνθεσης στα φυτά, η παραγωγή του οξυγόνου, η ίδια η ζωή, μήπως δεν βασίζονται σ' αυτού του είδους τη χρήση της ηλιακής ενέργειας; Κάτι που εξάλλου προσπαθούμε να μιμηθούμε.

– Αφού λοιπόν, είπε ο Πλάτων, η ενέργεια είναι η μεγαλύτερη επιχείρηση στον κόσμο – διακινεί περισσότερα από τρία τρισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο – οι πολυεθνικές εταιρείες που διαχειρίζονται τη διάθεσή της θα είναι μοιραία οι ισχυρότερες δυνάμεις στον κόσμο και θα βρίσκονται πάντα σε αντιπαράθεση με τις πολιτικές δυνάμεις που εκπροσωπούν την κοινή γνώμη. Γι' αυτό, δεν απομένει παρά μια λύση: πολύ μεγάλα ενεργειακά κέντρα παραγωγής. Η διαχείριση της ενέργειας έτσι θα ευχόμουνα να γίνει παγκόσμια υπόθεση, που θα τη διαχειρίζεται μια παγκόσμια κυβέρνηση. Ίσως, αν το έλεγα πριν δέκα χρόνια ν' αποτελούσε χίμαιρα. Ας μην ξεχνάμε όμως ότι πριν δύο χιλιάδες περίπου

χρόνια Αθηναίοι πολεμούσαν Σπαρτιάτες· πριν 80 χρόνια τα ευρωπαϊκά νιάτα αλληλοσκοτώνονταν στα ευρωπαϊκά μέτωπα· πριν 30 περίπου χρόνια υπήρχε το τείχος του Βερολίνου, υπήρχε ανατολικό και δυτικό μπλοκ. Τώρα η Ευρώπη έχει μισοενωθεί, και σε λίγο θα έχει ενωθεί ολοκληρωτικά από τα Ουράλια μέχρι τον Ατλαντικό.

– Δεν υπάρχει αμφιβολία, παρατήρησε ο Κάρολος, ότι όσο ο άνθρωπος εκπολιτίζεται και αποκτά αγαθά, που η τεχνολογία του παρέχει πλουσιοπάροχα, θα καρποφορούν οι προσπάθειες, ώστε ν' ατονούν οι ανταγωνισμοί και οι εχθρότητες. Δεν νομίζω όμως, ότι τελικά έχει απαλλαγεί από τα «σοβινιστικά» του σύνδρομα. Χρειάζεται πολύ παιδεία και βαθιά αυτογνωσία γι' αυτό. Έτσι τώρα, νομίζω, υπάρχουν δύο προβλήματα που θα πάρουν χρόνο να λυθούν: το πρώτο είναι οι λαοί χαμηλών εισοδημάτων, στους οποίους η έλλειψη παιδείας συντελεί στην άνθηση θρησκευτικών φανατισμών και στην εμφάνιση «σωτήρων»· το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με αυτό που καπηλεύονται πολλοί, τον *ισλαμικό* και τον *κίτρινο κίνδυνο.* Αυτό είναι ακόμα πιο επικίνδυνο, γιατί μπορεί να καλλιεργηθεί ακόμα και σε «παιδευμένες» κοινωνίες. Η ανάπτυξη σοβινιστικών διαθέσεων είναι πιο επικίνδυνη από τη λογική. Το διαφορετικό χρώμα και οι πολλές βιολογικές διαφορές, που τονίζονται από πολλούς καλοθελητές, όπως η διαφορά των πεπτικών ενζύμων και άλλων βιολογικών κύκλων, ξυπνάνε βαθιά ριζωμένες αντιπάθειες και σοβινισμούς. Εκεί, όμως, η τεχνολογική ανάπτυξη είναι σημαντική και η πολιτιστική νοοτροπία, ιστορικά, διαφορετική από των «λευκών» και η οικονομική ανταγωνιστικότητα οξύτατη. Έτσι, ο ρατσισμός που είχε ταφεί κινδυνεύει, λόγω «μεγάλων συμφερόντων», να ξαναφουντώσει ανάμεσα σε «λευκούς», «κίτρινους» και «μελαμψούς», τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Ύστερα από εκατό χρόνια πιθανόν οι ηλεκτρικές τεχνολογίες να επεκταθούν σ' έναν παγκόσμιο εναγκαλισμό, εξουδετερώνοντας το διάστημα και το χρόνο πάνω στον πλανήτη που ζούμε. Αυτός είναι ο δρόμος που προφήτευσε ο Mac Luhan: *«Προς τη δημιουργία του παγκόσμιου χωριού, όπου θ' ανήκουν όλοι οι άνθρωποι αυτού του πλανήτη».*

Σχεδόν απαρατήρητη από τους πολλούς προχωράει τώρα η εξέλιξη με τεράστια βήματα. Σε λίγο η ομοσπονδία των Ενωμένων Εθνών της Γης θα βρίσκεται πολύ κοντά στην πραγματοποίησή της. Ίσως πλησιέστερα απ' ό,τι φανταζόμαστε, αφού η τεχνολογική, επομένως και η μορφωτική εξέλιξη, ακολουθούν εκθετική λογαριθμική άνοδο – δέκα, εκατό, χίλια, δέκα χιλιάδες, εκατό χιλιάδες, ένα εκατομμύριο... – από τότε που η επιστημονική έρευνα έγινε βίωμα και ο αριθμός των πανεπιστημίων, των ερευνητικών κέντρων και των ερευνητών, αυξήθηκαν επίσης εκθετικά κατά τον αιώνα που πέρασε. Τίποτε τώρα δεν συγκρατεί τις εξελίξεις, όπως ακριβώς και τη χιονοστοιβάδα που κατρακυλάει από την πλαγιά του ψηλού βουνού και διογκώνεται συνεχώς. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ακόμα ότι οι τεχνολογικές επαναστάσεις, αντίθετα με τις πολιτικές που ξεκινάνε από μειονότητες, δεν συναντούν αντιδράσεις και αντίσταση, γιατί τελικά βοηθάνε και τους

φτωχούς, αφού παρέχουν ευκολίες, υπηρεσίες και αγαθά σε πιο προσιτές τιμές, κατέληξε ο Κάρολος.

– Χρειάζεται, δυστυχώς, είπε ο Πλάτων, να διανυθεί πολύς δρόμος ακόμα για να φτάσουμε στην παγκόσμια κυβέρνηση· κυβέρνηση ικανών διαχειριστών του ανθρώπινου μόχθου· κυβέρνηση πετυχημένων μάνατζερ. Βέβαια, χάρη στην πλουραλιστική ενημέρωση και τις επικοινωνίες, έχουμε απαλλαγεί από τους δημαγωγούς και τους τυχοδιώκτες πολιτικούς, που αφθονούσαν μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα, αλλ' αυτό πραγματοποιείται μόνο εκεί όπου η παιδεία των πολιτών επιτρέπει την πλουραλιστική ενημέρωση, το στοχασμό, τους προβληματισμούς.

– Ευτυχώς, η εμβέλεια των μέσων ενημέρωσης, το διαδίκτυο, η ταχύτητα των επικοινωνιών, οι ταχύτατες και φτηνές μετακινήσεις, η παγκόσμια εκπαιδευτική τηλεόραση, συντελούν, όσο προχωράει ο αιώνας, στην αύξηση του αριθμού των πληροφορημένων και παιδευμένων, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι υπανάπτυκτες περιοχές, αυτές οι άμοιρες, ενώ δεν διέθεταν ούτε δάσκαλο, ούτε εποπτικό υλικό, τώρα, με τη νέα τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας, τους αυτόματους μεταφραστές και τον ωκεανό διαθέσιμων πληροφοριών από το διαδίκτυο, παρέχουν στο κάθε παιδί την ευκαιρία να διδάσκεται το κάθε μάθημα από τον πιο διάσημο στο είδος του καθηγητή του κόσμου, με τη βοήθεια του πλουσιότερου εποπτικού υλικού. Σίγουρα η μορφή με την οποία παρέχεται η παιδεία αλλάζει και θ' αλλάξει ριζικά.

Πέρα όμως από την παιδεία και η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων θα δώσει άλλες διαστάσεις στις υπανάπτυκτες χώρες. Γνωρίζουμε σήμερα ότι οι έρημοι δεν στερούνται εντελώς νερού. Όπως αποδείχτηκε, με τη βοήθεια δορυφορικών συστημάτων και ειδικών ανιχνευτών, που βασίζονται στη φασματική αντανάκλαση, έχουν εντοπιστεί «λεκάνες» νερού, από παλαιότερες γεωλογικές εποχές κάτω από την άμμο της ερήμου. Ήδη στην Αίγυπτο εντοπίστηκε νερό σε πολλά σημεία της ερήμου και αναπτύσσεται ένα πρόγραμμα για εντοπισμό νερού και σε άλλα σημεία πολλών ερήμων, είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Η βιοτεχνολογία στο φυτικό βασίλειο

– Η παροχή φτηνότερης ενέργειας, σε συνδυασμό με την παραγωγή υλικών που έχουν τη δυνατότητα ν' απομιμούνται τις θαυμαστές ικανότητες που διαθέτουν οι μεμβράνες των κυττάρων, δηλαδή ν' αφήνουν να περνάνε εκλεκτικά μέσα-έξω ορισμένα ιόντα και ουσίες, θα επιτρέψουν την κατά οικονομικό τρόπο διύλιση του θαλασσινού νερού και τη συγκράτηση του αλατιού. Μήπως έτσι δεν λειτουργούν οι νευρώνες, των οποίων η δράση βασίζεται στο πήγαινε-έλα των ιόντων νατρίου-καλίου; Στο Ισραήλ άλλωστε εφαρμόζονται ήδη οι μέθοδοι αυτές, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Αλλά υπάρχουν κι άλλα καλά νέα για όλες τις άγονες περιοχές του πλανήτη: η επέκταση των υδροπονικών μεθόδων για ορισμένες καλλιέργειες κηπευτικών

και φρούτων, καθώς και οι κατακόρυφες καλλιέργειες για ορισμένα είδη με τις οποίες εξοικονομείται χώρος και πραγματοποιούνται χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη εδάφους και μεγάλης ποσότητας νερού, γιατί χρειάζονται ελάχιστο νερό, αφού αυτό ανακυκλώνεται. Με τις υδροπονικές αυτές καλλιέργειες παράγονται πολλά γεωργικά προϊόντα με πλούσια γεύση, γιατί η διατροφή των φυτών δεν είναι τυχαία, όπως με τα παλιά λιπάσματα που ασύδοτα, ασυλλόγιστα και σπάταλα σκορπιόντουσαν όπου κι όπως τύχαινε από τον απληροφόρητο αγρότη, δημιουργώντας οικολογικά προβλήματα και ρύπανση, αφού διέρρεαν με τα νερά της βροχής στα ποτάμια, στις λίμνες και στις θάλασσες. Τώρα, όλα τα πολύπλοκα συστατικά και ιχνοσυστατικά που χρειάζονται τα φυτά παρέχονται στις σωστές αναλογίες. Αλλά και για τις μεγάλες καλλιέργειες, όπως των δημητριακών, χάρη στη δημιουργία *συμβιωτικών βακτηριδίων* – που συμβιώνουν με τα δημητριακά – με τις μεθόδους της γενετικής μηχανικής, λύθηκαν τεράστια προβλήματα: ενεργειακό, ρύπανσης, αλλά και δυνατότητες εφαρμογής τους στις φτωχές περιοχές της Γης.



*Υδροπονικές – χωρίς χώμα – πολυκαετοικιές φυτών. Με την κατακόρυφη καλλιέργεια ο χώρος των θερμοκηπίων πολλαπλασιάζεται. Οι καλλιεργητικές φροντίδες γίνονται πιο συστηματικές. Τα θρεπτικά υλικά αξιοποιούνται – με ανακύκλωση – στο μέγιστο. Έτσι τα λιπάσματα δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον. Συγχρόνως η συλλογή των καρπών διευκολύνεται σε μεγάλο βαθμό.*

– Τι είναι τα *συμβιωτικά βακτηρίδια*; ρώτησε ο Πλάτων.

– Είναι μικροοργανισμοί που επικάθονται στις ρίζες ορισμένων φυτών – ίσως έχεις παρατηρήσει κάτι ροζ μπαλάκια στις ρίζες των κουκιών ή των μπιζελιών – και συμβιώνουν αρμονικά μ' αυτά, απάντησε ο Κάρολος, και συνέχισε. Έχουν την ικανότητα ν' απορροφούν το άφθονο άζωτο του ατμοσφαιρικού αέρα, που

το φυτό δεν έχει την ικανότητα ν' αξιοποιήσει, και να το μετατρέπουν σε αφομοιώσιμο για το φυτό άζωτο. Το φυτό, «εκφράζοντας την ευγνωμοσύνη» του στα βακτηρίδια, τους το ανταποδίδει, τροφοδοτώντας τα με υδατάνθρακες, απαραίτητους για τη ζωή τους. Πρόκειται δηλαδή για έναν άριστο συνεταιρισμό, μια εξαίρετη αμφοτεροβαρή συνεργασία.

– Νομίζω, όμως, παρατήρησε ο Πλάτων, ότι τέτοια βακτηρίδια ήταν γνωστά από παλιά. Γι' αυτό και τα χρόνια εκείνα, οι αγρότες, εμπειρικά, μια χρονιά καλλιεργούσαν ορισμένα είδη, όπως μπιζέλια, κουκιά, τριφύλλι, και την επόμενη άλλαζαν σε σιτάρι ή καλαμπόκι. Πρόκειται γι' αυτό που έλεγαν *χλωρή λίπανση*. Τι ρόλο λοιπόν έπαιξε η γενετική μηχανική και η βιοτεχνολογία;

– Σωστά, απάντησε ο Κάρολος. Υπάρχουν συμβιωτικά βακτηρίδια, αλλά συμβιώνουν μόνο με τα ψυχανθή, με τα κουκιά για παράδειγμα. Δεν υπάρχουν όμως αντίστοιχα βακτηρίδια να συμβιώνουν με τα δημητριακά, δηλαδή το σιτάρι, το καλαμπόκι, που εξακολουθούν να είναι, ιδιαίτερα για τις φτωχές περιοχές, πρωταρχικές πηγές ζωτικής ενέργειας.

Υπήρξαν σημαντικές δυσχέρειες για να υπερνικηθούν τα προβλήματα και να παραχθούν τα νέα συμβιωτικά βακτηρίδια. Καταλυτική για την επιτυχία αυτή υπήρξε η στενή συνεργασία των «εργαστηρίων χωρίς σύνορα», που εμψύχωσε η Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Η επιστημονική συνεργασία πάντα φέρνει καρπούς.

– Αυτό είναι πολύ σημαντικό, παρατήρησε ο Πλάτων. Έτυχε, θυμάμαι, τη δεκαετία του '80 να επισκεφθώ ένα εργοστάσιο αζωτούχων λιπασμάτων στην Πτολεμαΐδα. Επρόκειτο για μια κόλαση από λιγνίτη, ατσάλι, καμινάδες, δυσωδία και ρύπανση. Ένιωσα τότε θαυμασμό για τα έργα του ανθρώπου, αλλά συγχρόνως δέος και αποτροπιασμό...

– Πραγματικά, παρατήρησε ο Κάρολος, θέλει εξαιρετικά έντονες συνθήκες να παγιδευτεί το ατμοσφαιρικό άζωτο και να διαχωριστεί από το οξυγόνο, όπως και να παραχθεί υδρογόνο από λιγνίτη ή πετρέλαιο, πρώτες ύλες για την παραγωγή της *πρώτης ύλης* των αζωτούχων λιπασμάτων, της *αμμωνίας.* Ακόμα, όμως, περισσότερο, επειδή το άζωτο και το υδρογόνο δεν πολυεπιθυμούν τη σύζευξή τους προς αμμωνία. Χρειάζεται γι' αυτό να «εκβιαστούν» με υψηλές πιέσεις (χίλιες ατμόσφαιρες· για σύγκριση ένα λάστιχο αυτοκινήτου έχει μόνο δύο ατμόσφαιρες), υψηλές θερμοκρασίες (πεντακόσιους βαθμούς) και καταλύτες. Όλη αυτή η διαδικασία είναι πολύ ενεργειοβόρος και προϋποθέτει μια δύσκολη και πολυδάπανη τεχνολογία.

Αν και η βιοτεχνολογία δημιούργησε μια επανάσταση με τα νέα *υβρίδια φυτών,* που αντέχουν σε τροπικές συνθήκες, σε υφάλμυρα εδάφη, στα ζιζανιοκτόνα, στις φυτικές ασθένειες, δεν λύθηκαν πολλά προβλήματα στις φτωχές περιοχές της γης, γιατί απαιτείται λίπανση· λίπανση όμως σημαίνει άφθονη ενέργεια και τεχνολογία και ειδικευμένο προσωπικό, τα οποία στερούνται οι περιοχές αυτές. Τώρα τα πράγματα θα πάνε καλύτερα.

– Μίλησες, είπε ο Πλάτων, για νέα «υβρίδια φυτών»· τι ακριβώς εννοείς;

γιατί, απ' ό,τι ξέρω, και στη δεκαετία του '80 είχαμε λόγου χάριν προνομιούχο καλαμπόκι, που αντί για τριακόσια κιλά το στρέμμα – όπως την εποχή που ήμουν παιδί, στο χωριό μου – έδινε δύο χιλιάδες κιλά.

– Σωστά το λες, είπε ο Κάρολος. Τις τελευταίες δεκαετίες οι κλασικοί γενετιστές είχαν αξιοσημείωτες προόδους. Η διασταύρωση φυτών της ίδιας οικογένειας, αλλά με διαφορετική προέλευση και ιδιότητες, επέτρεψε, ύστερα από επίμονες και μακροχρόνιες διαδικασίες, να φτάσουμε κάποτε σε προνομιακούς σπόρους, που περιείχαν εκλεκτικά τις ευνοϊκές ιδιότητες των προγόνων τους. Η βιοτεχνολογία όμως έδωσε νέα μορφή, απίθανες διαστάσεις και δυνατότητες, στην παραγωγή νέων φυτικών ειδών, χωρίς φυσικά να καταργήσει τις παλιές μεθόδους που επωφελήθηκαν απ' αυτήν.

Για να το καταλάβεις καλύτερα: ένα φυτό στη φύση είναι τις πιο πολλές φορές προϊόν τύχης, δηλαδή η γονιμοποίηση γίνεται από τα έντομα, με τη γύρη που θα πάρουν από έναν γονέα, για να την πάνε σ' έναν άλλον. Οι επιλογές όμως των εντόμων είναι τυχαίες, ακριβώς όπως συμβαίνει και με τη δημιουργία ανθρώπινων πλασμάτων. Ακόμα, ίσως, δεν ξέρεις ότι και τα φυτά, όπως και οι άνθρωποι, προσβάλλονται από ιούς και οι ιώσεις των φυτών είναι από τις πιο δυσίατες αρρώστιες, και πολλές φορές εκμηδενίζουν την παραγωγή.

Μια τεχνική που έχει κιόλας αναπτυχθεί και επεκτείνεται καθημερινά, είναι η *κυτταροκαλλιέργεια* και η *ιστοκαλλιέργεια*. Φυτικά κύτταρα, που προέρχονται από κορυφές βλασταριών επιλεγμένων φυτών, αναπαράγονται σε ειδικά θρεπτικά υλικά, σε εκατομμύρια αντίτυπα, που είναι ακριβή αντίγραφα του φυτού που έχει επιλεγεί. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι πολλά: πρώτον, δεν υπεισέρχεται ο *παράγων του τυχαίου* που ελλοχεύει στις συνηθισμένες διασταυρώσεις, τα φυτά αυτά είναι *φωτοατίγραφα* του αρχικού, αφού δεν υπάρχουν δύο γονείς· δεύτερον, τα νέα επιλεγμένα φυτά είναι απαλλαγμένα από διηθητούς ιούς (virus free), γιατί το βλαστάρι μεγαλώνει γρηγορότερα απ' ό,τι πολλαπλασιάζεται ο ιός, έχουν επομένως μεγαλύτερη παραγωγικότητα, ακόμα, σε πολλές περιπτώσεις η αναπαραγωγή φυτικού υλικού είναι ταχύτερη απ' ό,τι με τις κλασικές μεθόδους.

Με την κυτταροκαλλιέργεια, δηλαδή την επιλογή κυττάρων από ένα προνομιούχο φυτό και την καλλιέργειά τους μέσα σε άσηπτο θρεπτικό υλικό, τη σωματική εμβρυογένεση που επιτρέπει τη δημιουργία νέων κλώνων, τη μικροέγχυση γενετικού υλικού από ένα φυτό σ' ένα άλλο, τη σύντηξη πρωτοπλαστών, την εμφύτευση νέων γονιδίων με τη βοήθεια βακτηριδίων, δημιουργούνται χιλιάδες, μυριάδες νέα φυτά, τα οποία έχουν όλες τις επιθυμητές ιδιότητες των αρχικών, αλλά και άλλες που προστέθηκαν με τις τροποποιήσεις του γονιδιώματος. Έτσι δημιουργήθηκαν σπόροι πιο αποδοτικοί, φυτά ανθεκτικά σε αλλατώδη εδάφη, στα έντομα, στις ασθένειες, στα ζιζανιοκτόνα, στον παγετό. Φυτά που παράγουν πλούσια σε γεύση και άρωμα προϊόντα, σε διάφορα εδάφη, σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες και περιοχές της Γης.

Ακόμα, κάτι πιο σημαντικό: με τη μεταφορά σε ορισμένα φυτά γονιδίων που βοηθάνε στην παραγωγή «απαραίτητων» αμινοξέων, όπως *λυσίνης* και *μεθειονίνης* ή *ω-3 λιπαρών οξέων,* είναι δυνατόν να τα κάνουμε τόσο θρεπτικά, όσο το κρέας ή το ψάρι, κάτι πολύ σημαντικό για τις φτωχές περιοχές του πλανήτη. Επίσης δεν αργεί και η παραγωγή σωματοκλωνικών φρούτων και λαχανικών με προφυλακτική συσκευασία, βρώσιμων και με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε καροτίνιο και βιταμίνες C και E.

– Ένα πράγμα μ' εντυπωσίασε, είπε ο Πλάτων, το ότι παίρνεις μερικά κύτταρα από το βλαστοράκι ενός φυτού, κι απ' αυτό ξεπηδάει μέσα σ' ένα σωλήνα με θρεπτικό υλικό ένα ολόκληρο φυτό. Το έχω δει στο εργαστήριό σου, και όπως είμαι αδαής, έμεινα άναυδος.



*Προνομιούχο φυτό του σωλήνα. Στο φυτό αυτό έχουν μεταφυτευθεί επιθυμητές ιδιότητες. Από αυτό θα δημιουργηθούν εκατομμύρια φυτά «φωτοαντίγραφά» του.*

– Είναι μια πολύ συνηθισμένη τεχνική εδώ και πολλά χρόνια, απάντησε ο Κάρολος.

– Αν δεν κάνω λάθος πρόκειται για τα γενετικά τροποποιημένα φυτά, τα GM (Genetically Modified) που έχουν ξεσηκώσει θύελλα αντιδράσεων, είπε η Μάρθα. Τι γνώμη έχεις; είπε απευθυνόμενη στον παππού της.

– Κατ' αρχήν, πρόκειται για εξέλιξη της μεθόδου που εφαρμόζουμε χρόνια, της παραγωγής νέων σπόρων με επικονίαση σπόρων διαφόρων προελεύσεων (breeding). Τη χρονοβόρο αυτή διαδικασία που ακολουθούσε τυχαία η φύση και πιο συστηματικά οι κλασικοί breeders με αποτέλεσμα την «πράσινη επανάσταση» του 20ου αιώνα. Τώρα το κάνουμε με στόχο τη συνειδητή απόκτηση ευ-

νοϊκών ιδιοτήτων διά της γενετικής μηχανικής. Ο θόρυβος είναι μάλλον από αυτούς που δεν γνωρίζουν. Άλλωστε οι νέοι αυτοί σπόροι δοκιμάζονται εξονυχιστικά πριν δοθούν στην κατανάλωση. Όπως είπαμε πολλές φορές το καινούργιο συναντά πάντα τους αρνητικά διαμαρτυρόμενους και ευκαιριακούς αυτοπροβαλλόμενους.

– Ήθελα να σε ρωτήσω, όμως, είπε ο Πλάτων, αν το ίδιο μπορούσε να γίνει και σε ζώα και σε ανθρώπους· παίρνοντας αντίστοιχα κύτταρα, θα ήταν δυνατόν να έχουμε αναπαραγωγή με ανάλογη μέθοδο;

– Δεν θα μπορούσα να σου απαντήσω με σιγουριά, αποκρίθηκε Κάρολος, γιατί ακόμα είμαστε μακριά από μια τέτοια δυνατότητα. Θεωρητικά, όμως, δεν θα το απέκλεια.

– Σ' αυτήν την περίπτωση, δηλαδή, θα είχαμε αθανασία, αφού θα μπορούσαμε ν' αναπαράγουμε όσα «φωτοαντίγραφα» επιθυμούσαμε του ίδιου ανθρώπου; ρώτησε ο Πλάτων.

– Αυτό το θεωρώ τολμηρό, αποκρίθηκε ο Κάρολος, αλλά κι αν γινότανε δεν θα επρόκειτο περί αθανασίας του συγκεκριμένου δότη κυττάρων, αλλά για συνέχεια της ζωής του «φωτοαντιγράφου». Εκείνο που μπορώ να σου πω είναι τι έχει επιτευχθεί για την ώρα στον τομέα της κτηνοτροφίας, που βασικά εξαρτάται από τη γεωργική παραγωγή. Χάρη στην αυξητική ορμόνη και στις μεθόδους της μοριακής βιολογίας έχουμε τώρα ζώα που αναπτύσσονται γρηγορότερα, αγελάδες που παράγουν, χάρη στη σωματοτροπίνη, περισσότερο γάλα, χοίρους με λιγότερο ξίγκι, κοτόπουλα με περισσότερο κρέας, ενώ η ιχθυοκαλλιέργεια συμβάλλει κάθε μέρα και περισσότερο στην πιο υγιεινή διατροφή των πληθυσμών.

Αν, παιδί μου, ξαναερχόμουν στον κόσμο, θ' αφιέρωνα τη ζωή μου και πάλι στη μελέτη του φυτικού κυττάρου, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε:

## Τα θαυμαστά φυτικά κύτταρα και η βιοτεχνολογία

– Έχουμε μιλήσει πολλές φορές για τα φυτά που ζουν από τον Ήλιο. Τα ζώα παρασιτούν σε βάρος των φυτών κι ο άνθρωπος σε βάρος και των δύο. Αξίζει τον κόπο να σκύψει κάποιος σ' αυτές τις θαυμαστές ικανότητες του φυτικού κυττάρου. Παρόλο που πέρασαν 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια εξελικτικής πορείας, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας από το φυτό, κατά τη σύλληψη του διοξειδίου του άνθρακα, παραμένει ακόμα σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Για παράδειγμα, το καλαμπόκι, τα ζαχαρότευτλα και το ζαχαροκάλαμο, που είναι και τα καλύτερα, αξιοποιούν μόλις τα 3,5% με 4,5% της ηλιακής ενέργειας. Ο μέσος όρος στη στεριά και στη θάλασσα δεν ξεπερνάει το 0,16% – στη θάλασσα είναι πολύ μικρό 0,06 – ενώ θεωρητικά θα μπορούσε να φτάσει το 33%. Καταλαβαίνεις λοιπόν τι περιθώρια για βελτίωση υπάρχουν. Μεγάλη η πρόκληση για τις νέες γενιές των ερευνητών. Φανταστικά τα μέσα που διαθέτουν, καθώς το διαδίκτυο και η βιοπληροφορική γιγαντώνονται. Θα πρέπει όμως να σου πω ότι, παρά τη μικρή απόδοση στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, κάθε χρόνο διακόσια

δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα αιχμαλωτίζονται από τα φυτικά κύτταρα, και μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε άμυλο, ζάχαρη, κυτταρίνη, ποσότητα που αντιστοιχεί σε δέκα φορές περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που καταναλώνει η ανθρωπότητα σήμερα. Η βιοτεχνολογία, σίγουρα, θα διαδραματίζει όλο και μεγαλύτερο ρόλο στη ζωή μας, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

– Τα κύτταρα, και κυρίως τα *φυτικά κύτταρα*, πέρα από την ικανότητά τους να συνθέτουν τα γιγαντιαία μόρια του DNA και των πρωτεϊνών, έχουν και την ικανότητα να φτιάχνουν και μικρά οργανικά μόρια, τους *δευτερογενείς μεταβολίτες,* όπως λέγονται τα προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού, επειδή συμμετέχουν ενεργά στο μεταβολισμό και συνιστούν τα χρώματα και τ' αρώματα των λουλουδιών, τα αρώματα των φρούτων, τις δραστικές ουσίες με φαρμακευτική δράση. *Σ' αυτές τις συνθετικές διαδικασίες των κυττάρων, εμείς οι αλαζονικοί χημικοί των παρυφών του 21ου αιώνα, με τις πολύπλοκες ηλεκτρονικές και χημικές συσκευές μας και τα πολυτελή εργαστήρια, μένουμε αποσβολωμένοι, εκμπδενισμένοι.* Ένα απλό φυτικό κύτταρο που παιγνιδίζει με το φως του ήλιου, συνθέτει με τη βοήθεια των ενζύμων, σε δευτερόλεπτα μέσα, εκατοντάδες πολύπλοκα οργανικά μόρια, όπως τα αρώματα, τα χρώματα ή και τα ναρκωτικά, χωρίς καμινάδες, χωρίς απάνθρωπες θερμοκρασίες και υψηλές πιέσεις, χωρίς ρύπανση, χωρίς άγχος και μόχθο, με σύγχρονη παραγωγή ζωογόνου οξυγόνου. Η εντολή για τη σύνθεση των παραπάνω μεταβολιτών συνεπάγεται την παραγωγή σειράς ενζύμων, πρωτεϊνών δηλαδή με καταλυτική δράση, που με τη σειρά τους προέρχονται από εντολές των αγγελιοφόρων-μορίων, δηλαδή μορίων που αναλύουν τις επιταγές του κληρονονομικού κώδικα, του *RNA.* Βέβαια το πρόβλημα είναι ότι το φυτικό κύτταρο τα πιο πολύπλοκα μόρια τα παρασκευάζει σε πολύ μικρές ποσότητες, αναστέλλοντας την παραγωγή τους όταν οι ποσότητες φθάσουν κάποιο όριο. Εδώ και πάλι χρειάζεται η ανθρώπινη επινοητικότητα για να υπερβούμε το όριο. Τα φυτά στην υπηρεσία του ανθρώπου, ο οποίος υπό μορφή τροφίμων θα τα μεταφράσει μέσα στα κύτταρά του σ' ενέργεια, έρωτες, μνήμες, γνώση, μίση αλλά και αέρια και απορρίμματα.

Στο σημείο αυτό η παρέα διαλύθηκε για να συνεχίσουν την επόμενη.

.....

.....

Την επόμενη μέρα το πρωί ο Κάρολος μετά τον πρωινό του περίπατο πέρασε, όπως συνήθιζε, από το σπίτι της κόρης του της Μαρίνας, κι αφού ήπιε το πράσινο τσάι του, είπε: Μου έδωσες την αντιοξειδωτική μου δόση, τα αντισκωριακά μου,ας πηγαίνω. Αλήθεια ο άντρας σου τι κάνει;

– Είναι στο γραφείο του. Νομίζω ότι δεν θα φύγει πρωί, γιατί άκουσα ότι είχε τηλεδιάσκεψη με τους διευθυντές της εταιρείας στο εξωτερικό.

– Αν δεν άρχισαν ακόμα, ας του πω μια καλημέρα, είπε ο Κάρολος και προχώρησε προς το γραφείο του γαμπρού του.

Εκείνη την ώρα ο Τάκης ήταν μπροστά στον προσωπικό υπολογιστή του κι

επικοινωνούσε με το λογιστήριο του εργοστασίου, στη Θεσσαλονίκη, για να πάρει τα τελευταία στοιχεία που θα χρησιμοποιούσε στην τηλεσύσκεψη.

– Βλέπω καινούρια όργανα, παρατήρησε ο Κάρολος, μπαίνοντας.

– Είναι ο καινούριος τύπος φωτόφωνου και video-fax που μαζί με την οθόνη υψηλής ευκρίνειας μας επιτρέπει καλύτερη λήψη. Στη σημερινή τηλεσύσκεψη πρέπει να επεξεργαστούμε τα προγράμματα του επόμενου εξαμήνου· συμμετέχουν τα γραφεία μας στο Παρίσι, στο Λονδίνο, στη Ρώμη, στη Νέα Υόρκη και στο Τόκιο.

Τη στιγμή εκείνη ακούστηκε ένας γλυκός ήχος. Άναψε ένα γαλάζιο φως και η γραμματέας της σύσκεψης από το Λονδίνο, όπου έδρευε ο Πρόεδρος της εταιρείας, ειδοποίησε ότι σε τριάντα δευτερόλεπτα θ' αρχίσει η τηλεσύσκεψη.

Ο Κάρολος τότε σηκώθηκε για να φύγει. Βγαίνοντας από την πόρτα διέκρινε στη μικρή στερεοσκοπική οθόνη τα μέλη του Διοικητικού Συμβουλίου, που καλημερίζονταν από τα τέσσερα πέρατα της οικουμένης. Κλείνοντας πίσω του την πόρτα μονολόγησε: *«Πόσες ταλαιπωρίες μετακινήσεων αποφεύγουν σήμερα οι άνθρωποι, πόσες ανθρωποώρες κερδίζουν για πιο δημιουργική δουλειά, πόση ευκολία και πόση ταχύτητα, πόση άνεση! Τι τραβάγαμε εμείς στην εποχή μας με τα συνέδρια ανάμεσα σε Τόκιο και Καλιφόρνια! Αν πας μια-δυο φορές είναι ευχάριστο, ύστερα όμως γίνεται κουραστικό, ανθυγιεινό, ιδιαίτερα με το ξεχαρβάλωμα του βιολογικού μας ρολογιού».* Πηγαίνοντας προς την έξοδο βρήκε τη Μαρίνα μπροστά στην οθόνη της τηλεόρασης. Είχε συνδεθεί με τη βοήθεια του προσωπικού της υπολογιστή, που τον φόραγε στο χέρι, με το πρόγραμμα «Super Market Teleshopping». Μία-μία οι βιτρίνες των γειτονικών σούπερ-μάρκετ πρόβαλλαν στην οθόνη και μ' ένα μικρό φωτεινό βελάκι επέλεγε τις αγορές της.

Ο Κάρολος που είχε πλησιάσει στην πολυθρόνα της κόρης του, παρατήρησε:

– Μην παραγγείλεις φραγκοστάφυλα, είναι πανάκριβα και δεν δείχνουν πολύ φρέσκα. Έχουμε στο ειδικό υπόγειο θερμοκήπιο-ψυχροκήπιο. Αν θέλεις μόνο παράγγειλε μου μερικά DVD που μου τελείωσαν.

### *Ένα θερμοκήπιο-ψυχροκήπιο*

– Τότε, είπε η Μαρίνα, πάμε μαζί στα θερμοκήπια, γιατί έχω ανάγκη από λαχανικά και φρούτα.

Προχώρησαν στο σκιερό δρομάκι προς τα θερμοκήπια.

– Με τι θερμαίνονται και είναι έτσι ζεστά; ρώτησε η Μαρίνα μπαίνοντας. Έξω κάνει αρκετό κρύο. Από πέρυσι που τα φτιάξατε ήθελα να σε ρωτήσω.

– Μα δεν ξέρεις τόσον καιρό που εκμεταλλεύεσαι τα προϊόντα τους ότι είναι ηλιακά θερμοκήπια; Λειτουργούν όπως περίπου ένας ηλιακός θερμοσίφωνας. Τις ώρες της μεγάλης λιακάδας, όταν σ' ένα τυπικό θερμοκήπιο του παλιού καιρού θ' άνοιγε η στέγη του, για να μην υπερθερμανθεί, τα ηλιακά θερμοκήπια αποθηκεύουν την περισσή ηλιακή ενέργεια στους θερμοσυσσωρευτές τους, που βρίσκονται κάτω από το έδαφος και την επανακυκλοφορούν όταν χρειαστεί.

– Καλά, κι όταν ο καιρός είναι συννεφιασμένος όλη μέρα;

– Σ' αυτήν την περίπτωση, είπε ο Κάρολος, ο Τιτίνος – το μικρό ρομπότ που τη στιγμή εκείνη κατά τύχη εμφανίστηκε στο βάθος του θερμοκηπίου – δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί το σύστημα εισαγωγής ενέργειας, που καίει υδρογόνο και βιαέριο από τη ζύμωση των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων όλου του κτήματος. Το υδρογόνο παράγεται από ηλεκτρόλυση του νερού και η ηλεκτρική ενέργεια δημιουργείται από τον ήλιο με τη βοήθεια της φωτοβολταϊκής ταινίας, που είναι απλωμένη σαν κάλυμμα πάνω στην πέργκολα. Βοηθάνε ακόμα οι συγκεντρωτές ηλιακής ενέργειας και οι συσσωρευτές καυσίμων (fuel cell), που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια από την καύση του υδρογόνου κατευθείαν σε ηλεκτρική, κι αυτή διασπά το νερό κατευθείαν σε υδρογόνο και οξυγόνο.

– Αυτά μου φαίνονται πολύπλοκα, είπε η Μαρίνα, αλλά, αν κατάλαβα καλά, τελικά το θερμοκήπιο θερμαίνεται με ηλιακή ενέργεια. Γιατί όμως, αφού αυτή υπήρχε πάντα, δεν την εκμεταλλεύονταν οι άνθρωποι, αλλά έκαιγαν πετρέλαιο και δημιουργούσαν τόσα προβλήματα στο περιβάλλον και στην οικονομία;

– Όλα αυτά τα νέα υλικά δεν μπορούσαν να παραχθούν, αν δεν είχαμε πολύ φτηνή και άφθονη ενέργεια, ούτε αν η τεχνολογία δεν είχε προχωρήσει στην ανακάλυψή τους. Για να σου δώσω ένα παράδειγμα: παρατηρείς ότι το φως μέσα στο θερμοκήπιο έχει ερυθρωπό χρώμα· αυτό δεν είναι τυχαίο· τα φυτά δυστυχώς δεν έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν όλο το ηλιακό φάσμα, από το ιώδες μέχρι το ερυθρό, όπως το βλέπεις περίπου, όταν αναλύεται στο ουράνιο τόξο, γιατί οι χρωστικές τους, η *χλωροφύλλη* και το *φυτόχρωμα,* απορροφούν ορισμένες ακτινοβολίες του ήλιου προς την περιοχή του ερυθρού και του κυανού. Η τεχνολογία μας έδωσε τη δυνατότητα να σκεπάζουμε το θερμοκήπιο με τα νέα πλαστικά, που, εκτός από φτηνά, είναι ανθεκτικά· ακόμα και σε πολύ λεπτό πάχος έχουν την αντοχή του ατσαλιού. Αν αυτά χρωματιστούν εκλεκτικά, τότε δημιουργούνται περισσότερα φωτόνια, τα οποία αξιοποιούνται από το φυτό.

– Μ' όλα αυτά, πατέρα, πιστεύεις ότι οι ντομάτες που έφτιαχνε η γιαγιά στο χωράφι, στο χωριό, δεν ήταν νοστιμότερες; ρώτησε η Μαρίνα.

– Ίσως, καμιά φορά να ήταν. Όχι όμως πάντοτε, κατ' ανάγκην. Γιατί, τι θα πει νόστιμα;

– Νόστιμα θα πει, μου αρέσουν, είναι του γούστου μου, αποκρίθηκε η Μαρίνα.

– Γιατί όμως σ' αρέσουν; ρώτησε ο Κάρολος.

Η Μαρίνα τον κοίταξε αμήχανα. Ήταν η απάντηση που ερχόταν στα χείλια της: μα μου αρέσουν· γιατί, αυτήν την απάντηση δεν τη θεωρείς ικανοποιητική;

– Νόστιμα είναι: πρώτον τα συστατικά που ο οργανισμός μας έχει ανάγκη και δεύτερον αυτά που του θυμίζουν όμορφες στιγμές, αναμνήσεις από συνδυασμούς γευμάτων και καταστάσεων, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Μια ντομάτα, για παράδειγμα, όταν είναι κόκκινη έχει ισορροπημένα τα γλυκά και τα ξινά συστατικά της και άρωμα· και το άρωμά της παίζει σημαντικό

ρόλο. Τότε, για τους παραπάνω λόγους, τη λες νόστιμη. Συνήθως προσθέτεις όμως και λίγο λάδι και αλάτι – κακώς – για να συμπληρώσεις βιολογικές σου ανάγκες. Για να δημιουργηθούν όμως ισορροπημένα τα παραπάνω συστατικά, εκτός από τη φωτεινή ενέργεια, τη διάρκειά της, τη θερμοκρασία, την υγρασία, σημαντικό ρόλο παίζει και η διατροφή του φυτού. Τα φυτά, δηλαδή, έχουν ανάγκη από πλήθος ιχνοουσίες και ιχνοστοιχεία, από αυτά που υπάρχουν στο θαλασσινό νερό και στα παρθένα εδάφη της ζούγκλας. Τον άριστο συνδυασμό όλων αυτών των παραμέτρων είναι πολύ δύσκολο να τον πετύχεις σ' ένα τυχαίο περιβάλλον, όπου τα τερτίπια του καιρού μεταβάλλονται – προς το παρόν κατά τρόπο ανεξέλεγκτο– και τα εδάφη έχουν εξαντληθεί από την ανελέητη και ασύνετη μακροχρόνια εκμετάλλευσή τους. Εμείς τώρα έχουμε τη δυνατότητα να ανεξαρτητοποιηθούμε από το έδαφος και να ελέγξουμε όλες αυτές τις συνθήκες κι ακόμα να ενισχύσουμε την παραγωγή του αρώματος, με τη χρήση γενετικά καταλληλότερων φυτών και των προδρόμων ουσιών που δημιουργούν το άρωμα.

– Είναι όμως όλ' αυτά φυσικά; διερωτήθηκε η Μαρίνα.

– Σίγουρα, αποκρίθηκε ο Κάρολος, πιο φυσικά, πιο μελετημένα, από την «τυχαία» και βαθιά αλλοιωμένη από τον άνθρωπο «φύση». Άλλωστε, μια δοκιμή, τρώγοντας τις ντομάτες που κρέμονται σαν τσαμπιά μπροστά στα μάτια σου, θα σε πείσει.

Κι έτσι προχώρησαν προς τον Τιτίνο, το ρομπότ, που τη στιγμή εκείνη είχε τελειώσει τη συλλογή των καρπών του θερμοκηπίου και προχωρούσε στην καθημερινή του επιθεώρηση, παρατηρώντας φυτό προς φυτό.

– Αλήθεια, ρώτησε η Μαρίνα, πώς καταφέρνει και διαλέγει τις ώριμες ντομάτες και σαλάτες από τις ακατάλληλες;

– Είναι απλό, απάντησε ο Κάρολος. Τα φωτοκύτταρα που έχει στα μάτια του διακρίνουν τη σχέση κόκκινου-πράσινου, ενώ ο ανιχνευτής υπέρυθρου αξιολογεί τη σχέση ζάχαρης-οξέων· ακόμα το μέγεθος και το σχήμα, κι έτσι αποφασίζει αν θα το κόψει ή όχι.

Εκείνη την ώρα, ο βομβητής του συναγερμού άρχισε να λειτουργεί κι αμέσως μετά ακούστηκε η βαθιά μηχανική φωνή του Τιτίνου:

–Διαπιστώθηκε η εκκόλαψη μυκήτων τύπου Α Χ-ΙΙΙ. Είναι ανάγκη για έγκαιρη καταπολέμηση. Σε τρία λεπτά θα εκτοξευθούν μυκητοφάγοι τύπου RS-2. Παρακαλώ ν' αποχωρήσετε.

– Καλά, ρώτησε η Μαρίνα, πώς είναι δυνατόν να προβλέπει μια φυτασθένεια πριν εκδηλωθεί;

– Χάρη στους υπέρυθρους ανιχνευτές που έχει στο οφθαλμικό του σύστημα, απάντησε ο Κάρολος. Το κάθε φυτό, δηλαδή, φωτοσυνθέτει μια ορισμένη αναλογία από βασικές ουσίες, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια. Όταν επωάζεται μια ασθένεια, μια ανωμαλία, τότε ο ευαίσθητος αυτός κύκλος μεταβάλλεται. Οι υπέρυθροι ανιχνευτές του Τιτίνου είναι προγραμματισμένοι ν' αναλύουν αυτόματα την ορθή αναλογία όλων αυτών των συστατικών. Κάθε ανωμαλία κινη-

τοποιεί τα μενού του προγράμματός του και με συσχετισμό των παραμέτρων τού δίνουν τις πιθανότερες αιτίες και τις λύσεις· όπως τώρα.

– Καλά, ρώτησε η Μαρίνα, αυτοί οι μυκητοφάγοι, τους οποίους θα εκτοξεύσει, δεν είναι επικίνδυνοι για μας;

– Ασφαλώς όχι, είπε ο Κάρολος. Πρόκειται για βιολογική φυτοπροστασία. Μύκητες εναντίον μυκήτων. Βακτηρίδια εναντίον βακτηριδίων. Έντομα εναντίον εντόμων. Φερομόνες, ελκυστικές και απωθητικές ουσίες, φυτά γενετικά τροποποιημένα, τα οποία αντέχουν στις ασθένειες. Ολοκληρωμένα συστήματα βιολογικής φυτοπροστασίας στην υπηρεσία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Πόσες υπηρεσίες δεν προσφέρουν στην ποιότητα της ανθρώπινης ζωής!

Κάποτε, όταν ήσουν παιδάκι, η φροντίδα της μάνας σου και η δική μου ήταν πώς να σε προστατεύσουμε από την αλόγιστη χρήση των εντομοκτόνων, των μυκητοκτόνων, του πλήθους των φυτοφαρμάκων, που οι αγρότες χρησιμοποιούσαν χωρίς καμιά τήρηση των οδηγιών και των προθεσμιών.

Συχνά βλέπαμε τον αγρότη να συλλέγει τα λαχανικά και τη γυναίκα του να ραντίζει τ' αγαθά που όδευαν για την κατανάλωση, ενώ έπρεπε το τελευταίο ράντισμα να έχει γίνει δέκα μέρες πριν, ώστε η λιακάδα ν' αποικοδομήσει το φάρμακο.

– Καλά, γιατί το έκαναν αυτό; διερωτήθηκε η Μαρίνα.

– Μα γιατί φοβόντουσαν μήπως το εμπόρευμα προσβληθεί από μύκητες και πριν φτάσει στην αγορά σαπίσει, όπως έλεγαν, και τότε ο έμπορος θα το γύριζε πίσω.

– Καλά, κι όλα αυτά τα φυτοφάρμακα δεν ήταν τοξικά; Δεν υπήρχαν οικολόγοι, σύλλογοι καταναλωτών, να διαμαρτυρηθούν;

– Καταρχήν, απάντησε ο Κάρολος, δεν είναι εύκολο ν' αστυνομευθούν μυριάδες αγρότες. Αλλά, κι αν αυτό ήταν δυνατόν να επιτευχθεί, οι πολιτικοί δεν θα επιθυμούσαν να έρθουν αντιμέτωποι με τόσους ψηφοφόρους. Οι οικολόγοι την εποχή εκείνη ήταν τις περισσότερες φορές ερασιτέχνες της πολιτικής, που προσπαθούσαν με τον τρόπο αυτό να δημιουργήσουν κάποιο θόρυβο γύρω από τ' όνομά τους, ν' αναδειχτούν. Αλλά και οι σύλλογοι καταναλωτών είχαν τότε ασήμαντη δύναμη· οι απληροφόρητοι πολίτες δεν έχουν δυνατότητες. Μην κοιτάς σήμερα που χάρη στην πλουραλιστική ενημέρωση το μέγα πλήθος γνωρίζει. Τότε βασίλευε η δημοκοπία, η δημαγωγία, τα μικροσυμφέροντα και ο εντυπωσιασμός. Η ευαισθησία ήταν μέγιστη για τους ασήμαντους ρυπαντές και ανύπαρκτη για τους ουσιαστικούς, όπως ο μόλυβδος της βενζίνης, το τσιγάρο, τα φυτοφάρμακα, τα «πρεμιστικά», τόνισε ο Κάρολος και πρόσθεσε.

Πάμε τώρα, στο υπόγειο ψυχροκήπιο. Εκεί θα μαζέψεις φραγκοστάφυλα και στο θερμοκήπιο τροπικά φρούτα.

– Μα... συμφέρει να υποκαθιστούμε το ηλιακό φως με τεχνητό; διερωτήθηκε η Μαρίνα.

– Σήμερα που η ενέργεια είναι φτηνή, συμφέρει, γιατί η υπόγεια καλλιέργεια έχει πολλά πλεονεκτήματα. Όταν θέλεις να τρως προϊόντα τροπικά – εκτός τό-

που και εποχής – πρέπει να πληρώνεις. Τα υπόγεια θερμοκήπια είναι για τις κοινωνίες των υψηλών εισοδημάτων· εισοδημάτων που αποκτήθηκαν από την προσπάθεια για περισσότερη γνώση. Ύστερα, δεν ξοδεύουμε σπάταλα την ενέργεια, αφού μεγάλο μέρος απ' αυτήν δεν την αξιοποιεί το φυτό· τώρα, με τα ειδικά flash-laser και τα ειδικά φίλτρα του δίνουμε μόνο τα φωτόνια που χρειάζεται και όχι αυτά που δεν μπορεί ν' αξιοποιήσει από το ηλιακό φως, που τα περισσότερα διαχέονται αναξιοποίητα στο περιβάλλον. Ύστερα, με τις αντλίες θερμότητας, την ενέργεια που χρειάζεται για την ψύξη του ψυχροκηπίου την παράγουμε από τη θέρμανση του θερμοκηπίου και αντίστροφα. Η αποτελεσματική «συμπαραγωγή» ενέργειας έκανε εφικτά τα ανέφικτα.

Όπως άνοιγαν την πόρτα του προθαλάμου, μια φωνή τους σταμάτησε: «παρακαλώ σταθείτε για δέκα δευτερόλεπτα στη θέση που είστε· ολική απολύμανση». Ένα flash από όζον και υπεριώδεις ακτίνες και ακολούθησε ένας λεπτός ψεκασμός με απολυμαντικό γαλάκτωμα, και η κύρια πόρτα του ψυχροκηπίου άνοιξε αυτόματα.

– Ένα άλλο πλεονέκτημα του υπόγειου θερμοκηπίου, συνέχισε ο Κάρολος, είναι ότι δεν χρειάζεται φυτοπροστασία. Με την προληπτική απολύμανση κανένα παθογόνο δεν είναι δυνατόν να εισχωρήσει. Στο μέλλον τέτοια θερμοκήπια θα αποτελούν συνέχεια των σούπερ μάρκετ.

Σε λίγο, αφού μάζεψαν τα φρούτα τους, τα μυρωδικά τους βότανα: βασιλικό, εστραγκόν, σκόρδα και κρεμμύδια, προχώρησαν στον κήπο και αποτελείωσαν τις προμήθειές τους με δεντρολίβανο, δάφνη, αρμπαρόριζα, δυόσμο, άνηθο, μάραθο και κάπαρη.

– Σ' αφήνω, είπε ο Κάρολος, θα περάσω δυο λεπτά από της Μάρθας να δω τι κάνει ο δισέγγονός μου.

– Είναι η ώρα που θα παρακολουθεί τα μαθήματά του από την τηλεόραση, είπε η Μαρίνα. Αύριο έχει εξετάσεις στα μαθηματικά.

– Ακόμα καλύτερα, είπε ο Κάρολος και προχώρησε.

## Ένα μάθημα φυσικής και χημείας του 2020

Μέσα στο σπουδαστήριό του ο Αλέξης, ο δισέγγονός του, θρονιασμένος στην ειδική πολυθρόνα-γραφείο, με τον προσωπικό του υπολογιστή, το κασετόφωνο και το βίντεο, δεν αντιλήφθηκε τον παππού του, που προχωρούσε μέσα στο ημίφως του γραφείου. Ήταν βυθισμένος και παρακολουθούσε το μάθημα πειραματικής φυσικής που έδινε το Teleduc, το γενικό ευρωπαϊκό εκπαιδευτικό πρόγραμμα, για όλα τα παιδιά της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Στην οθόνη ο Κάρολος αναγνώρισε δύο γνωστούς του καθηγητές από το Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ.

Σε λίγα λεπτά το φως στην κάμαρα εντάθηκε κι αναγγέλθηκε διάλειμμα. Θ' ακολουθούσε μάθημα χημείας από το κέντρο στο Παρίσι. Τα παιδιά θα έπρεπε να προμηθευτούν την πέμπτη σειρά οργάνων και υλικών για να επαναλάβουν ό,τι βλέπουν στην οθόνη.

– Πώς πάει; ρώτησε ο Κάρολος.

– Μήπως μπορείς να με βοηθήσεις να φτιάξω απ' αυτά τα κομματάκια το κλαδί του δέντρου, παππού; Πρέπει το απόγευμα, που θα πάω στο σχολείο, να το δείξω στο δάσκαλο, είπε ο Αλέξης.

– Δεν ξέρω αγόρι μου. Στην εποχή μου δεν μαθαίναμε αυτού του είδους τη γεωμετρία. Αλλά γιατί δεν ανακαλείς το μάθημα, να το ξαναμελετήσεις;

– Μου σβήστηκε από το δίσκο.

– Αυτό είναι σοβαρό, είπε ο Κάρολος. Θα πρέπει να προσέχεις. Μια λύση τώρα είναι να πάρεις κάποιον συμμαθητή σου στο video-audio να το ξαναγράψεις. Αλήθεια, γιατί δεν ρωτάς το δάσκαλό σου να σε βοηθήσει, το απόγευμα;

– Θα είναι αργά, ψιθύρισε ο μικρός, γιατί το απόγευμα παρουσιάζουμε στο δάσκαλο τις λύσεις που μας έβαλαν στο Teleduc, συζητάμε και μας δίνει βαθμούς, και αύριο θα έχουμε εξετάσεις από τα κεντρικά.

– Καλά, σε τι γλώσσα θα σας εξετάσουν; ρώτησε ο Κάρολος.

– Μπορώ ν' απαντήσω αγγλικά ή με τον αυτόματο μεταφραστή.

– Καλή επιτυχία, λοιπόν.

– Μήπως μπορείς να με πας το απόγευμα με τ' αμάξι σου στο σχολείο; ρώτησε ο Αλέξης.

– Δυστυχώς όχι. Γιατί δεν πας με το τρενάκι; Πιο γρήγορα θα πας.

– Ήθελα να κάνουμε συντροφιά, απάντησε ο μικρός.

– Κρίμα, απάντησε ο Κάρολος.

– Κρίμα, επανέλαβε ο Αλέξης, γιατί ήθελα να μου εξηγήσεις κάτι: ο παππούς του φίλου μου του Γρηγόρη μας είπε ότι για να πετύχουμε στη ζωή δεν είναι ανάγκη να είμαστε πιο έξυπνοι από τους άλλους, αλλά να είμαστε 24 ώρες πριν. Τι ήθελε να πει;

– Μα ότι στη ζωή δεν πρέπει ν' αναβάλεις τίποτα γι' αύριο, αλλά να προβλέπεις εγκαίρως και να διαχειρίζεσαι σωστά το χρόνο σου. Να προγραμματίζεις το αύριο και να προσπαθείς να είσαι συνεπής με όποιο κόστος κι αν αυτό έχει. Τότε θα είσαι πιο μπροστά από τους άλλους. Σοφές κουβέντες σας είπε, συμπέρανε ο Κάρολος, γι' αυτό να τις χαράξεις στο μυαλό σου, θα σου είναι χρήσιμες σ' όλη σου τη ζωή.

Βαδίζοντας προς το σπίτι του ο Κάρολος αναλογιζόταν: *«Έτσι που πλαταίνει η ανθρώπινη γνώση, τελειώνοντας το σχολείο, ακόμα και άλλα είκοσι χρόνια δεν θα είναι αρκετά για ν' αποκτηθεί η εκτεταμένη γνώση της εποχής μας. Σίγουρα, αν δεν υπήρχαν τα φαντασικά σημερινά μέσα για την εκπαίδευση, θα ήταν ίσως αδύνατο να προσεγγίσουμε στις ρίζες της γνώσης».*

Μπαίνοντας στο σπίτι του ο Κάρολος βρήκε καθισμένο στο γραφείο του τον Ευκλείδη.

– Νωρίς, είπε ο Κάρολος, σας περίμενα αργότερα, γι' αυτό κι ερχόμουν με το πάσο μου.

– Ήθελα να σε δω λίγο πιο νωρίς για να με βοηθήσεις, αποκρίθηκε ο Ευ-

κλείδης και πρόσθεσε: Ξέρεις, η ανιψιά μου, που τραυματίστηκε στο αεροπορικό ατύχημα πριν δύο μήνες, είναι βέβαια καλύτερα τώρα αλλά έχει ένα τρομερό ψυχολογικό πρόβλημα. Όπως σου είπα τότε, η μύτη της παραμορφώθηκε τελείως. Η αισθητική παραμόρφωση είναι σημαντική, και είναι πολύ νέα κοπέλα...

– Είναι και ωραία, συμπλήρωσε ο Κάρολος. Αλλά, αφού όλα τ' άλλα γιατρεύτηκαν, μην ανησυχείς. Το πρόβλημα της μύτης είναι σχετικά απλό, νομίζω.

– Αν καλά θυμάμαι, μου είχες μιλήσει κάποτε για ένα φίλο σου που είναι πρωτοπόρος στην *κοπτοραπτική χειρουργική*, είπε ο Ευκλείδης.

– Σωστά θυμάσαι, είπε ο Κάρολος, είναι ένας παλιός φίλος, ο Μάνος, που δουλεύει στο Βερολίνο στο πρόγραμμα για τον *πυσσόμενο οργανισμό* του ευρωπαϊκού κέντρου ιατρικών ερευνών. Πρόκειται για μια προσπάθεια που άρχισε τη δεκαετία του '90 και σήμερα, θα έλεγα, είναι τρέχουσα τεχνική.

– Μα πώς ακριβώς γίνεται; ρώτησε ο Ευκλείδης.

– Πώς ακριβώς, είναι δύσκολο να σου πω, γιατί δεν είμαι ειδικός, αλλά απ' ό,τι κατάλαβα έχουν τη δυνατότητα να ξαναχτίσουν το ανθρώπινο σώμα κομμάτι-κομμάτι. Με την τεχνική που εφαρμόζουν είναι δυνατή η μεταφορά ιστών από ένα μέρος του οργανισμού σ' ένα άλλο, με την αναδιάταξη, με την αναμόρφωσή του, και στη συνέχεια τη μεταφύτευσή του σ' ένα τρίτο μέρος του ίδιου οργανισμού. Στην προσπάθεια αυτή, εκτός από τους ζωντανούς ιστούς, βοηθάνε μια μακρά σειρά νέων υλικών (πλαστικών, κεραμικών και ειδικών κραμάτων), που δεν αποβάλλονται από τον οργανισμό. Έτσι, η αντικατάσταση μιας κατεστραμμένης μύτης πραγματοποιείται τώρα με τη βοήθεια του πήχη του χεριού ή οποιουδήποτε άλλου μέρους του σώματος, όπου με τη μεταφύτευση κατάλληλων κυττάρων σιγά-σιγά αναπλάθεται μια νέα μύτη, η οποία μεταφυτεύεται στο πρόσωπο, όταν η εργασία «ανακατασκευής» τελειώσει. Βλέπεις, τώρα, με τη χρήση της *χιτίνης,* του συστατικού αυτού των καβουριών, των αστακών και των γαρίδων, και με τα νέα πολυπεπτίδια, η επούλωση των τραυμάτων είναι πολύ γρήγορη. Άλλωστε η προσπάθεια που γίνεται με τα βλαστοκύτταρα σύντομα θα οδηγήσει σε παρασκευή ιστών και οργάνων.

– Πόσο σημαντική είναι η πρόοδος αυτή! μουρμούρισε ο Ευκλείδης. Εφαρμόζεται άραγε και γι' άλλα όργανα;

– Σίγουρα, απάντησε ο Κάρολος.

Τη στιγμή εκείνη τα κίτρινα φωτεινά σήματα ειδοποιούσαν ότι ο Τοτός είχε πετύχει τη σύνδεση με το Βερολίνο. Πραγματικά, σε λίγο στην οθόνη του τηλεφώνου εμφανίστηκε η γραμματέας του Μάνου και είπε στον Κάρολο ότι θα τον συνδέσει μαζί του. Σε λίγο ο Κάρολος γύρισε χαμογελαστός κι ανήγγειλε στον Ευκλείδη ότι έκλεισε ραντεβού στην ανιψιά του στο Βερολίνο τον επόμενο μήνα για να την εξετάσουν.

Στο μεταξύ είχε συναχθεί και η υπόλοιπη παρέα και τη συζήτηση άνοιξε ο Κάρολος επηρεασμένος από το μάθημα χημείας που παρακολουθούσε ο δισέγγονός του από το διαδίκτυο. Τι θαυμαστά μέσα έχουν σήμερα στη διαθέση τους τα παιδιά! ψιθύρισε.

– Εγώ θα ήθελα να μάθω περισσότερα γύρω από την πρόοδο της πληροφορικής και του κυβερνοχώρου, είπε η Μάρθα.

## Η πληροφορική

***Η εποχή της πληροφορίας και της επικοινωνίας – Internet: το διαδίκτυο και η δικτατορία του υπολογιστή – Μια απάντηση στο ερώτημα που θέσαμε όταν αρχίσαμε τις συζητήσεις μας: Υπάρχει ελπίδα γι' ανθρωπινότερους ανθρώπους;***

– Η επιστήμη προσφέρει ιδέες και προκλήσεις, οι οποίες ερεθίζουν τη βιομηχανία των υπολογιστών να προχωράει γοργότερα απ' όσο θα προχωρούσε από μόνη της. Αυτό ευτυχώς ισχύει και αντίστροφα, είπε λαμβάνοντας το λόγο ο Ευκλείδης.

Όταν κάποιος ατενίζει το τοπίο της υπολογιστικής στο σημείο που συνδέεται με το φυσικό κόσμο, εφάπτεται δηλαδή με τον απτό, τον ψηλαφητό κόσμο, βλέπει ότι τα επόμενα χρόνια εκεί εδράζεται το μέλλον.

Η επιστήμη βασίζεται στους υπολογιστές, αλλά τα οφέλη είναι αμφίδρομα, το ένα προωθεί την πρόοδο του άλλου. [Ο αριθμός των επιστημονικών στοιχείων (δεδομένων) διπλασιάζεται κάθε χρόνο].

Ο κόσμος *αναπτύσσεται σ' ένα ενιαίο εργαστήριο χωρίς σύνορα, όπου η πληροφορία περνάει τόσο εύκολα από τη μια άκρη της υδρογείου στην άλλη, σαν να ήταν το διπλανό εργαστήριο.*

– Στη δεκαετία 1993-2004 δημοσιεύθησαν στον επιστημονικό τύπο 4.340.793 επιστημονικές εργασίες! Θυμάμαι στην εποχή που σπούδαζα, αναπόλησε ο Κάρολος, τα «Abstracts», οι περιλήψεις, τα συμπεράσματα από τις επιστημονικές έρευνες μόλις που κατελάμβαναν έναν τόμο. Σήμερα χρειάζονται δεκάδες. Οι περισσότερες από τις εργασίες αυτές δεν προσέφεραν μεγάλα πράγματα στην ανθρωπότητα, παρά ταύτα είναι πολύ προτιμότερο οι νέοι άνθρωποι ν' ασχολούνται με μελέτες κι έρευνες, έστω και με δεύτερης ποιότητας εργασίες, παρά με την τηλεόραση και τις άσκοπες ασχολίες.

– Άλλωστε κι αυτές οι μικρής σημασίας εργασίες κάποιο λιθαράκι έβαλαν στο οικοδόμημα της ανθρώπινης γνώσης. Ανάμεσά τους όμως υπήρξαν αρκετές που οδήγησαν σε άλματα, συμπλήρωσε ο Ευκλείδης.

Η αυγή του 21ου αιώνα χαρακτηρίζεται από τη συνεχώς διευρυνόμενη διάδοση των μέσων πληροφόρησης και επικοινωνίας στο ευρύτερο κοινό. Το διαδίκτυο (internet) με τις απεριόριστες πληροφορίες που παρέχει παγκόσμια σ' ελάχιστο χρόνο σ' όλα τα επίπεδα γνώσεων προκαλεί μια επανάσταση χωρίς προηγούμενο στην ιστορία της ανθρωπότητας.

Η μικροηλεκτρονική, τα μικροτσίπς, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που γίνονται συνεχώς μικρότεροι, ισχυρότεροι, ταχύτεροι, τα biochips και οι κβαντικοί υπολογιστές αύριο, οι ακτίνες λέιζερ μαζί με τις οπτικές ίνες, επιτρέπουν τη μετάδοση εκατομμυρίων μηνυμάτων, σ' όλο τον πλανήτη συγχρόνως και ευκρινώς, με αστραπιαίες ταχύτητες.

## Ο νόμος του Μουρ για την τελειοποίηση των υπολογιστών

Η τάση της μικροηλεκτρονικής είναι η συνεχής μείωση των μεγεθών και συγχρόνως η αύξηση της ισχύος, της ταχύτητας και των δυνατοτήτων. Ένας από τους κρίσιμους συντελεστές για τις βελτιώσεις αυτές είναι ο αριθμός των transistors του υπολογιστή. Κατά το νόμο του Μουρ ο αριθμός αυτός διπλασιάζεται ανά περίπου 18 μήνες. Έτσι φθάσαμε σήμερα σε απίθανα μεγέθη, όπου για παράδειγμα σ' ένα I-Pod είναι δυνατόν να αποθηκευτούν χιλιάδες τραγούδια· απίθανες όμως είναι και οι δυνατότητες των υπερυπολογιστών.

Πολλές φορές τίθεται το ερώτημα: υπάρχει όριο ή θα συνεχιστεί αυτή η πρόοδος; Στο ερώτημα αυτό δεν είναι εύκολη η απάντηση δεδομένης της προόδου στη νανοχημεία και τα νεότερα επαναστατικά υλικά που ανακαλύπτονται. Άλλωστε το τεχνολογικό μέλλον, όπως απέδειξε ο χρόνος, είναι αδύνατον να προβλεφθεί!

Οι μνήμες (RAM) του μέλλοντος θα είναι *οργανικές μοριακές μνήμες,* όπου σε μια επιφάνεια όση ενός γραμματοσήμου θα χωράνε *τρισεκατομμύρια* ψηφία (bits) πληροφοριών.

Η νέα γενιά υπερυπολογιστών του αμερικάνικου Πενταγώνου DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) που ανέλαβαν να κατασκευάσουν συνεργαζόμενες οι πιο σημαντικές εταιρείες του κλάδου, θα είναι έτοιμη το 2010. Αποτελείται από 130.000 συνεργαζόμενες μονάδες και δύναται να επεξεργάζεται 280 τρισεκατομμύρια υπολογισμούς το δευτερόλεπτο. Η χρήση μεγάλου αριθμού συνεργαζόμενων υπολογιστών ισχυροποιεί τις δυνατότητες του υπερυπολογιστή, με αποτέλεσμα την επεξεργασία απρόσιτων αρχείων και υπολογισμών. Ο Big Mac της IBM στη φιλοσοφία αυτή βασίζεται. Πολύτιμοι συνεργάτες της βιοπληροφορικής και της αστροφυσικής.

– Γεγονός είναι πάντως, όπως είπαμε, συνέχισε ο Ευκλείδης, ότι οι νεότεροι υπολογιστές και οι συνδυασμοί τους με τις ακτίνες laser και τις οπτικές ίνες έχουν προκαλέσει μια νέα επανάσταση σ' όλα τα επίπεδα των επιστημών, αλλά και τις επικοινωνίες, την κυβερνητική, τη ρομποτική και τις πληροφορίες.

Με τη βοήθεια του διαδικτύου είναι δυνατή, σ' όποιον επιθυμεί, η πρόσβαση σ' έναν *ωκεανό γνώσεων,* κάτι που πριν λίγα χρόνια θεωρούταν αδιανόητο και ανέφικτο. Τώρα, επαναλαμβάνω, ο πλανήτης έχει μεταβληθεί σ' ένα παγκόσμιο εντευκτήριο.

Η κινητή τηλεφωνία και η ανάπτυξη εξαιρετικά «ευφυών» και ευχερών λογισμικών (software) έχουν δημιουργήσει μια πρωτόγνωρη δυναμική στη γνώση, στην πληροφόρηση και στην επικοινωνία, ώστε οι τηλεδιασκέψεις (teleconference) με συμμετοχή στελεχών εταιρειών ή υπηρεσιών από τα πέρατα της Γης ν' αποτελούν καθημερινή ρουτίνα και η άντληση πληροφοριών από τις τεράστιες βιβλιοθήκες γνώσεων που έχουν δημιουργηθεί είναι απεριόριστες και ανεκτίμητες. Με τον όρο *blog* νοείται το προσωπικό ημερολόγιο ενός χρήστη που γνωστοποιεί τις προσωπικές του απόψεις και εμπειρίες, φωτογραφίες (photoblogs,

videoblogs κ.λπ.) με τη βοήθεια του διαδικτύου σε όποιον λήπτη το επιθυμεί.

– Με όσες παγίδες και κινδύνους αυτό υποκρύπτει για ένα παιδί που «σερφάρει» σ' αυτές, παρατήρησε ο Πλάτων, πρόκειται για την πιο γνήσια εκδήλωση της πραγματικής δημοκρατίας, όταν ο καθένας μπορεί να «*εκσφενδονίζει*» τις σκέψεις του στον πλανήτη και να δέχεται τον οποιοδήποτε αντίλογο κι όλα αυτά προσιτά σ' όλους.

– Θα ήθελα να προσθέσω, είπε ο Νίκος την τεράστια σημασία που έχει αυτή η δυνατότητα ανταλλαγής εμπειριών, αλληλογνωριμίας ανάμεσα στους λαούς. Θα οδηγήσει σε μια πραγματική παγκοσμιοποίηση, σε *συγκερασμό πολιτισμών και απόψεων. Είναι η απάντηση στο ερώτημα που θέσαμε όταν αρχίσαμε τις συζητήσεις μας: αυτή είναι η απάντηση, η ελπίδα γι' ανθρωπινότερους ανθρώπους*.

Στο σημείο αυτό παρενέβη η Μάρθα:

– Τίθεται όμως το ερώτημα, πέρα από την ωφελιμιστική πλευρά που παρέχουν στον καθένα από εμάς οι δυνατότητες αυτές, υπάρχουν και άλλες επιπτώσεις στην καθημερινότητά μας και κυρίως στα νεαρά άτομα;

– Το πρόβλημα ξεκινάει, αποκρίθηκε ο Ευκλείδης, αν ο χρήστης δεν έχει συνειδητοποιήσει ότι ο *ηλεκτρονικός υπολογιστής δεν είναι αυτοσκοπός αλλά μέσον, εργαλείο.* Από τη στιγμή που ο χρήστης πλοηγηθεί στον εικονικό κόσμο που προσφέρει το διαδίκτυο, θα πρέπει να γνωρίζει πού και πότε να σταματήσει, γιατί πέρα από την όρασή του κινδυνεύει ν' αναστατώσει και την οικογενειακή, κοινωνική και επαγγελματική του ζωή. Είναι κοινότυπο ότι η υπερβολή σ' οποιοδήποτε χώρο δημιουργεί πάντοτε προβλήματα.

Το χωρίς περιορισμό «σερφάρισμα» στις απολαύσεις, στα παιχνίδια, στα θεάματα του διαδικτύου κινδυνεύουν να δημιουργήσουν *«κυβερνοεξαρτήσεις» οι οποίες θα μπορούσαν, στις βαριές περιπτώσεις, να συγκριθούν με αυτές των τοξικών ουσιών.* Οι επιπτώσεις είναι σοβαρότερες σε άτομα που έχουν ψυχολογικά, οικογενειακά ή γονιδιακά προβλήματα, τα οποία αρχίζουν και δημιουργούν «δεσμούς» με τις μηχανές αυτές, οι οποίες όμως κάθε άλλο παρά τη δυνατότητα να ανταποκριθούν έχουν.

Δυστυχώς στις ανεπτυγμένες οικονομικά κοινωνίες, τις κοινωνίες της σπατάλης και του καταναλωτισμού, τις κοινωνίες της μοναξιάς, *που ο ένας ζει τόσο κοντά και τόσο μακριά από τον άλλο,* τα παιδιά του 21ου αιώνα στις απάνθρωπες πολιτείες, στις κοινωνίες της κερδοσκοπικής τηλεόρασης, της μουσικής των θορύβων και της ασυναρτησίας ενηλικιώνονται. Τα πιο πολλά είναι παιδιά χωρίς πνευματικά ενδιαφέροντα, που ποτέ δεν γνώρισαν τους θησαυρούς της παγκόσμιας λογοτεχνίας, των τεχνών, της μουσικής, τα μοναδικά κληροδοτήματα που άφησαν πίσω οι πιο προικισμένες προσωπικότητες που πέρασαν από τον πλανήτη και που τα ίχνη πίσω τους δεν σβήνουν οι αιώνες. Παιδιά των transistors, που βομβαρδίζονται από τα μηνύματα που διαχέουν στον αέρα οι υποβαθμισμένοι ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί. Παιδιά αποχαυνωμένα σε πνευματικό αυνανισμό, στη μέγγενη των computers, αιχμάλωτα του γυαλιού της τηλεόρασης

και του καναπέ, αναγκασμένα να παρακολουθούν φροντιστήρια (γιατί άραγε; οι παλιές γενιές δεν τα γνωρίζαμε), προκειμένου να ανταποκριθούν στον ανταγωνισμό. Παιδιά υποχρεωμένα να παρακολουθούν ανιαρά, ανούσια, ετερόκλιτα μαθήματα από δασκάλους, που αισθάνονται «αδικημένοι», που κι αυτοί με τον ίδιο τρόπο διδαχτήκανε.

– Τώρα το διαδίκτυο, είπε ο Κάρολος, ίσως θεραπεύσει τις ελλείψεις αυτές, αφού έχει τη δυνατότητα να δώσει με ενάργεια την ουσία των θεμάτων αυτών με πρωταγωνιστές τους πιο προικισμένους δασκάλους της υδρογείου. *Σίγουρα πρέπει να γίνει μια διεθνής συμφωνία, ώστε να επιλεγούν οι πιο κατάλληλοι δάσκαλοι, που θα διδάξουν φυσικές επιστήμες στην υδρόγειο. Η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, τα Μαθηματικά, είναι παγκόσμιες γλώσσες.*

Θα πρέπει να δώσουμε στα παιδιά όλον αυτόν το συναρπαστικό κόσμο των φυσικών επιστημών, όλη τη γνώση που κρύβουν και να τους υποδείξουμε τις δυνατότητες που υπάρχουν για να τον ανακαλύψουν για καλό δικό τους και της ανθρωπότητας. Παιδιά κυνηγημένα από το χρόνο και το στρες για την επιτυχία, την απόκτηση ασφάλειας και υλικών αγαθών. Παιδιά της μοναξιάς και του μηδενισμού μέσα στο πολύβουο πλήθος της πόλης. Παιδιά που αντισταθμίζουν την πλήξη τους με την αποθέωση της κλωτσιάς, της μπάλας, ταυτοποιούμενα με την επιθετικότητα της ομάδας μέσα κι έξω από τα γήπεδα.

– Είναι όμως ευθύνη μόνο των παιδιών; διερωτήθηκε ο Νίκος.

– Ασφαλώς όχι, αφού στην αντίπερα όχθη υπάρχει πλήθος από αξιόλογα, σημαντικά παιδιά που έχουν συλλάβει το πραγματικό νόημα της εφήμερης ζωής μας. Παιδιά που είχαν την τύχη άξιων γονέων και δασκάλων που τους έδειξαν όλη τη γοητεία των φυσικών νόμων και φαινομένων, τους κίνησαν την περιέργεια και τους δημιούργησαν προορισμό, πραγματικά ενδιαφέροντα και προσδοκίες, απάντησε ο Πλάτων και συμπλήρωσε: Όπως έλεγε ο Einstein: «*Δεν έχω κάποιο ιδιαίτερο ταλέντο! Απλά είμαι παθιασμένος από περιέργεια!*»

Βλέπεις, λοιπόν, ότι έχω δίκιο να είμαι αισιόδοξος, αφού η τεχνολογία προσφέρει λύσεις εκεί όπου διαβλέπουμε αδιέξοδα. Φυσικά, αυτά δεν γίνονται από τη μία μέρα στην άλλη, αλλά οι προοπτικές είναι καλές, κι ας μην ξεχνάμε ότι η ευημερία των φτωχότερων λαών θα βοηθήσει και στη βελτίωση των οικονομιών των πιο αναπτυγμένων χωρών. Ευτυχώς, οι τεχνολογίες αιχμής, δηλαδή η πληροφορική, η βιοτεχνολογία και το προϊόν του γάμου τους, η *βιοπληροφορική,* αλλάζουν τώρα τη μορφή του κόσμου, τόνισε ο Κάρολος.

– Θα είχα όμως να παρατηρήσω, είπε ο Ευκλείδης, ότι οι προβλέψεις που κάναμε το 1991 όταν συζητούσαμε για το τι περιμέναμε το έτος 2002 σχεδόν πραγματοποιήθηκαν κι αυτά που προβλέπουμε για το άμεσο μέλλον δεν φαίνεται να είναι πολύ διαφορετικά.

– Σίγουρα οι σκοποί και οι στόχοι είναι οι ίδιοι, αλλά ανεβήκαμε μερικά σκαλοπάτια, είπε ο Κάρολος και πρόσθεσε.

Μέσα στα χρόνια αυτά γιγαντώθηκε η πληροφορική και γαλουχήθηκε μια

νέα τεχνολογία, η *νανοτεχνολογία,* που θα φέρει μια νέα επανάσταση τα χρόνια που έρχονται.

– Έχουμε ακούσει τον όρο, αλλά μήπως θα θέλατε να μας φωτίσετε; είπαν όλοι μαζί.

– Νομίζω ότι πιο αρμόδιος είναι ο Ευκλείδης, είπε ο Πλάτωνας ο οποίος παρατήρησε ότι και ο Κάρολος είναι σχετικός, αφού η αιχμή του δόρατος της τεχνολογίας θα είναι η νανοβιοτεχνολογία!

## Νανοτεχνολογία – Η τεχνολογία του 21ου αιώνα

Τη συζήτηση ξεκίνησε ο Κάρολος:

– Τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα άρχισαν να δημοσιεύονται στον επιστημονικό τύπο οι πρώτες εργασίες σχετικά με τη μελέτη και τις κατασκευές επινοήσεων και δομών σε μεγέθη μορίων και ατόμων, μεγέθη της τάξης των δισεκατομμυριοστών του μέτρου, νανομέτρων (nm, μονάδες που χαρακτηρίζουν το μέγεθός τους). Τα πολύ μικρά αυτά μεγέθη του μικρόκοσμου των ατόμων και μορίων, όπως και τα πολύ μεγάλα αστρονομικά μεγέθη δεν συλλαμβάνονται, δεν συνειδητοποιούνται από τις ανθρώπινες αισθήσεις, είναι όμως ορατά από τα σύγχρονα υπερμικροσκόπια. Μερικά παραδείγματα είναι δυνατόν να δώσουν μια ιδέα: Ένα νανόμετρο προκύπτει αν διαιρέσετε μία τελεία του κειμένου σε 10.000 κομματάκια. Το ύψος ενός ανθρώπου, αντιστοιχεί σε 180 εκατοστά του μέτρου περίπου ή 1.800 χιλιοστά του μέτρου ή 1.800.000.000 νανόμετρα. Το ένα χιλιοστό του πάχους μιας τρίχας από το κεφάλι μας αντιστοιχεί με 100 νανόμετρα. Τα βακτηρίδια – αυτοί οι σημαντικοί για τη ζωή φίλοι μας, αλλά και ορισμένα από αυτά εχθροί μας – είναι σχετικά μεγάλα (100 νανόμετρα) συγκρινόμενα με τα νανοσωματίδια (0,2-10 νανόμετρα). Βέβαια αυτά είναι σχετικά, αφού στις διαστάσεις μιας τελείας του κειμένου χωράνε μερικές χιλιάδες βακτηρίδια. Οι ιοί, που τόσα δεινά προκαλούν στην ανθρωπότητα, βρίσκονται ενδιάμεσα στις δύο αυτές διαστάσεις, ενώ τα άτομα είναι μικρότερα και από τα νανοσωματίδια (δέκατα του νανομέτρου). Χρειάζονται 300.000 άτομα, το ένα πλάι στο άλλο για να σχηματιστεί το πάχος μιας τρίχας. Στο πάχος μιας σελίδας ενός βιβλίου στριμώχνονται περισσότερα από ένα εκατομμύριο άτομα. Σ' ένα εκατοστό του μέτρου χάλκινου σύρματος των καλωδίων των ηλεκτρικών συσκευών, είναι παρατεταγμένα 40.000.000 άτομα χαλκού. Ένα νανόμετρο είναι το πάχος του μορίου ενός συνηθισμένου σακχάρου της καθημερινής ζωής, της γλυκόζης. Εκατόν ογδόντα γραμμάρια σακχάρου (μια κουταλιά της σούπας) περιέχουν έναν αριθμό μορίων γλυκόζης με είκοσι τρία μηδενικά.

– Πραγματικά ασύλληπτα μεγέθη, μουρμούρισε ο Πλάτων. Τα ψελλίζουμε αλλά δεν τα συνειδητοποιούμε.

Όπως λέει, συνέχισε ο Κάρολος, ο Νομπελίστας R. Smalley: *«Ο επόμενος αιώνας θα είναι απίστευτος. Θα αποκτήσουμε την ικανότητα να κατασκευάζουμε πράγματα που θα εργάζονται σε μεγέθη κλίμακας ατόμων».* Αυτές οι νανοδομές

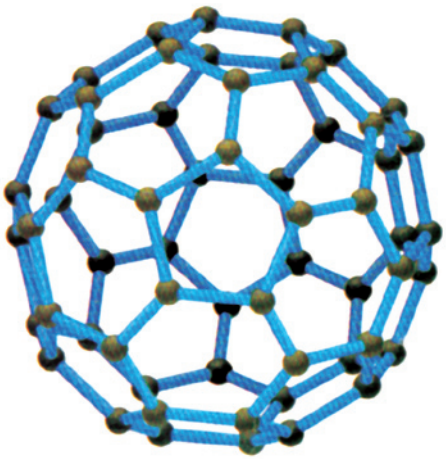
θα προκαλέσουν μια επανάσταση στη βιομηχανία και στη ζωή μας. Νανοεπιστήμες και βιοτεχνολογία θα αλλάξουν τη ζωή μας.

Η επανάσταση αυτή θα έχει αντίκτυπο στη φαρμακευτική, με την παρασκευή βιομορίων μεγέθους κυττάρων (διαμέτρου γύρω στα 100 νανόμετρα) όπου ένα φαρμακείο ή ένα ειδικευμένο φάρμακο θα είναι κλεισμένο σ' ένα τεχνητό κύτταρο για να στοχεύει ειδικά στη θεραπεία ενός προσβληθέντος οργάνου.

Το χαρακτηριστικό των νανοδομών είναι η εξαιρετικά μεγάλη επιφάνεια που παρουσιάζουν. Για παράδειγμα ένας νανοκρύσταλλος μεγέθους 1 έως 10 νανομέτρων, αποτελείται από 100 έως 70.000 άτομα, στην ποσότητα δε ενός γραμμαρίου παρουσιάζει επιφάνεια ίση με αυτήν ενός γηπέδου του ποδοσφαίρου. Νέα υλικά της νανοχημείας με συνδυασμό οργανικών με ανόργανα μόρια, σχεδιασμένα και με τη βοήθεια πολυδύναμων υπολογιστών οδηγούν σε δομές με εσωτερική επιφάνεια (λόγω πόρων) 6.000 τετραγωνικών μέτρων ανά γραμμάριο ουσίας, όση η επιφάνεια 4 γηπέδων του ποδοσφαίρου. Στις διαστάσεις αυτές η ύλη παρουσιάζει εντελώς νέες, άγνωρες ιδιότητες φυσικές και χημικές.

Τα νανοσωματίδια για παράδειγμα λόγω της εξαιρετικά μεγάλης επιφάνειας που διαθέτουν, παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές καταλυτικές ιδιότητες, γεγονός που προοιωνίζει μια επανάσταση στη συνθετική χημεία. Υπό μορφή φαρμάκων διαλύονται εύκολα στο αίμα, όταν η συνηθισμένη μορφή φαρμάκου αδυνατεί να το πράξει. Πράγματι πάρα πολλά φάρμακα δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πρακτικά λόγω της δυσδιαλυτότητάς τους στο αίμα.

Νανοσωματίδια από άτομα χρυσού είναι δυνατόν να επενδυθούν με μόρια DNA και αυτό βοηθά στον προσδιορισμό των ακολουθιών αγνώστων μορίων DNA. Τα «φουλερένια», αυτές οι σφαίρες από άτομα άνθρακα, που κέρδισαν το βραβείο Νόμπελ, βρίσκουν σημαντικές χρήσεις από την κατασκευή νέων υλικών εξαιρετικής αντοχής, μέχρι συστήματα εισαγωγής φαρμάκων στον οργανισμό.



*Το μόριο του φουλερενίου. Ένα μόριο με 60 άτομα άνθρακα, που υπόσχεται πολλά.*

Η νεότερη ιατρική, παρενέβη ο Ιπποκράτης, θα δρα σ' επίπεδο κυττάρων (χίλια κύτταρα καταλαμβάνουν χώρο περίπου όσο μια τελεία του κειμένου). Σ' αυτό το επίπεδο η ιατρική θα είναι μοριακή και εξατομικευμένη. Οι νέοι γατροί θα πρέπει να έχουν ευρείες γνώσεις βιοχημείας και μοριακής βιολογίας, ώστε να χρησιμοποιούν τους ριβοδιακόπτες και τα πρωτεϊνικά μόρια για τη θεραπεία ασθενειών όπως ο διαβήτης, ο καρκίνος, τα καρδιαγγειακά αλλά και οι τρομερές νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Σύμφωνα με τις εργασίες του Langer στο MIT νανοδομές από άνθρακα (φουλερένια) θα περικλείουν φάρμακα χημειοθεραπείας που θα κατευθύνονται μόνο προς τους κακοήθεις όγκους με τη βοήθεια «απτομερών», τα οποία συλλαμβάνονται μόνο από πρωτεΐνες της επιφάνειας των καρκινικών ιστών, αφήνοντας απρόσβλητους τους υγιείς ιστούς και θα καθιστούν πιο αποτελεσματική την αποκατάσταση χωρίς τις παρενέργειες (πτώση μαλλιών, κακοδιαθεσία κ.λπ.).

Εξάλλου, συνέχισε ο Ιπποκράτης, μια νέα τεχνική, η *νανοΰφανση*, που συρράπτει κατεστραμμένα νευρικά κύτταρα, είτε από ατύχημα, είτε από εκφυλιστική νόσο (π.χ. Alzheimer) με βάση αλυσίδες αμινοξέων με διαφορετικές πολικότητες (αρνητικές, θετικές, υδρόφοβες ή υδρόφιλες) θα αναλαμβάνει το έργο της αποκατάστασης. Πρόκειται για σκαλωσιές που σχηματίζουν τα μόρια αυτά πάνω στις οποίες δομούνται τα νέα νευρικά κύτταρα.

Οι νέες αυτές επαναστατικές μέθοδοι τελειοποιούνται καθημερινά και ο συνδυασμός τους με τις θεραπείες με βλαστοκύτταρα, που συζητήσαμε, θα δώσουν νέες διαστάσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Ακόμα είναι δυνατή η παρασκευή μελάνης και νανογραφίδων για την εγγραφή και φύλαξη πληροφοριών σ' εξαιρετικά μεγάλες πυκνότητες. Σημαντικές ακόμα είναι οι εφαρμογές των νανοδομών στα νανολέιζερ, στους βιοαισθητήρες, στη μικροηλεκτρονική, στους συσσωρευτές, στα μαγνητικά πεδία, στη μεταλλουργία και αλλού, που τη στιγμή αυτή δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν. Θεαματικά θα είναι εξάλλου τ' αποτελέσματα του συνδυασμού της νανοτεχνολογίας, με τη βιοτεχνολογία που προχωράει με άλματα, τη νέα υπερμοριακή χημεία, τη μοριακή ηλεκτρονική, τους αυριανούς κβαντικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Όλ' αυτά θα οδηγήσουν τους λαούς, *που επενδύουν στην πραγματική παιδεία και στην έρευνα, σε νέες περιόδους ακμής,* αλλά και το σύνολο της ανθρωπότητας χάρη στη βελτίωση της ιατρικής και της προστασίας του περιβάλλοντος, όπου η επανάσταση αυτή θα συμβάλλει άμεσα και έμμεσα. Βεβαίως όλ' αυτά θα πρέπει να πραγματοποιηθούν προσεκτικά γιατί δεν γνωρίζουμε ακόμη την επίδρασή τους στον ανθρώπινο οργανισμό.

– *Πράγματι οι κίνδυνοι είναι μεγάλοι αν δεν αντιδράσουμε άμεσα: υπερθέρμανση του πλανήτη, διασπορά των πυρηνικών όπλων σε ανεύθυνους, εμφάνιση νέων ιών, πρόσκρουση μετεωρίτη! Το τελευταίο μάλιστα είναι μάλλον απίθανο, αλλά όχι αδύνατο,* παρατήρησε ο Ευκλείδης. *Φαίνεται ότι συνέβη την εποχή που εξαφανίστηκαν οι δεινόσαυροι.*

## Μοριακοί κινητήρες (νανομοτέρ)

– Ζωή σημαίνει κίνηση είπε ο Κάρολος και συνέχισε. Οι περισσότερες μορφές κίνησης πραγματοποιούνται από «μηχανές» γνωστές ως *μοριακοί κινητήρες* (νανομοτέρ). Η *μυοσίνη,* ένα γιγαντιαίο πρωτεϊνικό μόριο, είναι μία από τις πρωτεΐνες αυτές που πρωταγωνιστούν στην κίνησή τους, η οποία προκαλείται από ενδομοριακούς μετασχηματισμούς των συστατικών ατόμων της. Οποιαδήποτε ανωμαλία στη λειτουργία των μικροσκοπικών νανοκινητήρων – ο συνδυασμός των οποίων δημιουργεί τη δυνατότητα για τη μακροσκοπική κίνηση των μελών μας– συνεπάγεται σοβαρές διαταραχές και ασθένειες (μυοπάθειες, δυσκινησία, μείωση της ακοής, οφθαλμολογικές παθήσεις). *Δεν φαντάζεστε τι απίθανοι χημικοί μετασχηματισμοί συντελούνται απλά και μόνο για να κινήσετε το μικρό σας δαχτυλάκι. Πόση σοφία!* Τώρα μόλις η επιστημονική έρευνα αρχίζει να διεισδύει στα μυστήρια των θαυμαστών αυτών μηχανισμών. Οι ελπίδες είναι πολλές για το μέλλον δεδομένης της παγκόσμιας προσπάθειας στη διερεύνηση των πρωτεϊνικών μορίων. Κάθε πρωτεϊνικό μόριο είναι πολικό, διαθέτει δηλαδή ηλεκτρικά φορτία και τείνει να ευθυγραμμιστεί με ένα ηλεκτρικό πεδίο. Περιστρέφεται και βιδώνει προς τα μέσα ή προς τα έξω.

Η νανοτεχνολογία, με πρότυπο τους θαυμαστούς αυτούς μοριακούς νανοκινητήρες προσπαθεί να επινοήσει συστήματα ανάλογα με σημαντικές εφαρμογές στη ρομποτική και στην ιατρική των εμφυτευμάτων στον ανθρώπινο εγκέφαλο για την «επιδιόρθωση» τμημάτων του, που έχουν υποστεί τραυματισμό ή ανεπανόρθωτες βλάβες είπε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Νανοτεχνολογία και ανθρώπινες ανησυχίες

– Η αυτοοργάνωση ατόμων, μορίων σε νέες δομές, σε σύνολα με βάση αυτούς τους δομικούς λίθους της ύλης θα αποτελέσουν τις αυριανές πρώτες ύλες για πλήθος εφαρμογών σ' όλους τους τομείς, από τη βιοϊατρική μέχρι νέα βιομηχανικά προϊόντα. Η αυτοοργάνωση ξεκινάει από το σχηματισμό του κελύφους ενός όστρακου μέχρι τη δημιουργία των ζωντανών κυττάρων. Αλλά και στο εργαστήριο οι αντιδράσεις Belousov Zabotinski, για τις οποίες θα μιλήσουμε κάποιο βράδυ, η υπερμοριακή χημεία, οι οργανικοί ημιαγωγοί, δίνουν μια γεύση για το μέλλον.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Νίκος αρκετά ανήσυχος:

– Από αυτά που ακούω η παντρειά της νανοτεχνολογίας με τη βιοτεχνολογία: η *νανοβιοτεχνολογία,* ανησυχεί τους οικολόγους και τους ακτιβιστές. Φοβούνται ότι είναι δυνατόν να δημιουργηθούν νέες μορφές ζωής, των οποίων η συμπεριφορά είναι απρόβλεπτη και εκτός ελέγχου, επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα, την ανθρώπινη υγεία και γενικά τη ζωή του πλανήτη. Παράδειγμα η δυνατότητα κατασκευής ανεξέλεγκτα αυτοαναπαραγόμενων ρομπότ.

– Οι φόβοι αυτοί, είπε ο Κάρολος, είναι υπερβολικοί, δεν υπάρχει όμως αμ-

φιβολία ότι τα βήματα πρέπει να είναι προσεκτικά και οι κανόνες δεοντολογίας αυστηροί. Πάντα η κάθε πρόοδος συνοδεύεται από ανησυχίες, αντιδράσεις και προβλήματα. Έτσι όμως προχώρησε η ανθρωπότητα. Συζητήσαμε άλλωστε διεξοδικά την επίδραση της τεχνολογίας στο περιβάλλον και τις εφικτές θεραπείες των φαινομένων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ
## ΕΝΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ ΤΟΥ 2020

Ήταν ένα ψυχρό γεναριάτικο σούρουπο κι ο Κάρολος αφού έβαλε το παλτό του ξεκίνησε για το βραδινό του περίπατο. Κατέληξε στο καινούριο νοικοκυριό της νιόπαντρης εγγονής του, της Μαρίας, που μόλις είχαν γυρίσει με τον Γιώργο, τον άντρα της, από το γαμήλιο ταξίδι τους.

– Θα ήθελα να με ξεναγήσετε στο σπίτι σας. Έχω μεγάλη περιέργεια να δω τους νεοτερισμούς που εφάρμοσε ένας χημικός μηχανικός, και μάλιστα με διαστημικές εμπειρίες, είπε ο Κάρολος.

– Καταρχήν, είπε ο Γιώργος, θέλουμε να σ' ευχαριστήσουμε για την έκταση που μας παραχώρησες να χτίσουμε αυτό το σπίτι. Μας βοήθησε πολύ ο προσανατολισμός και η θέση, ώστε να φτιάξουμε ένα αυτοδύναμο ενεργειακά σπίτι. Ύστερα, μας βοήθησαν πολύ και τα νέα υλικά, τα νέα πλαστικά, τα νέα κεραμεικά· αλλά, θέλεις να σου πω και κάτι, πολλές από τις εφαρμογές που εκμεταλλευτήκαμε ήταν κιόλας γνωστές από τη δεκαετία του '80· όπως ο φωτισμός με τις νέες συμπαγείς λάμπες φωσφορισμού που δουλεύουν σε υψηλή συχνότητα και δεν αφήνουν να βγει έξω η υπέρυθρη ακτινοβολία και να θερμάνει άσκοπα το δωμάτιο, αλλά ανακλάται πάλι στο νήμα που φωτοβολεί πιο έντονα, πιο οικονομικά· ακόμα, τ' απαλά χρώματα με τα οποία είναι βαμμένο το εσωτερικό του σπιτιού, ώστε να μην απορροφούν φως, τ' ανακλαστικά πλαστικά, καθώς και τα φωτοαισθητήρια που αυξομειώνουν το φωτισμό ανάλογα με το φως της ημέρας. Έχω υπολογίσει ότι αν αυτά και μόνο εφάρμοζαν στις ΗΠΑ, θα εξοικονομούσαν περίπου το 20% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκουν, ποσό που υπερβαίνει τα εκατό δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο. Αντίστοιχες βελτιώσεις έχουμε κάνει και με τους νέους κινητήρες των ψυγείων και των υπόλοιπων ηλεκτρικών συσκευών.

– Εννοείς τους υπεραγώγιμους κινητήρες; ρώτησε ο Κάρολος.

– Όχι ακριβώς, είπε ο Γιώργος. Το κόστος των υπεραγώγιμων υλικών δεν επιτρέπει ακόμα τις οικιακές εφαρμογές. Η υπεραγωγιμότητα θα είναι η επανάσταση της δεκαετίας που έρχεται.

– Στο σύστημα κλιματισμού έχεις κάνει κάτι καινούριο; ρώτησε ο Κάρολος.

– Όχι ακόμα, είπε ο Γιώργος. Θα έλεγα ότι με τα νέα φωτοβολταϊκά παράθυρα, τις μονώσεις, την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, το σωστό προσανατολισμό και τους αυτόματους ρυθμιστές θερμοκρασίας, οι ανάγκες μας είναι ελάχιστες και καλύπτονται με το σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού, καθώς και τις αντλίες θερμικής ενέργειας.

– Αυτό το σύστημα με τι τροφοδοτείται; ρώτησε ο Κάρολος.

– Όταν η φωτοβολταϊκή ενέργεια και οι ηλιακοί συσσωρευτές δεν επαρκούν ή, όταν η ζέστη το καλοκαίρι είναι ανυπόφορη, τότε το συμπαραγωγό ζεύγος δουλεύει με υδρογόνο, απάντησε ο Γιώργος.

– Εσύ, Μαρία, τι νεοτερισμούς έχεις στην κουζίνα σου; ρώτησε ο Κάρολος.

– Όχι, τίποτα πιο εξελιγμένο απ' αυτά που ξέρεις, είπε η Μαρία. Απλώς, μαζί με το Γιώργο κάναμε έναν συνδυασμό μικροκυμάτων, τα οποία μαγειρεύουν πολύ γρήγορα, αλλά, επειδή δεν δίνουν και την ορεκτική εμφάνιση του καλοψημένου, γι' αυτό, μετά τον προγραμματισμένο χρόνο των τεσσάρων λεπτών, ανάβει αυτόματα το γκάζι, ώστε οι μπριζόλες να πάρουν και το γνωστό μας ροδοκοκκίνισμα. Συγχρόνως παράγεται άρωμα κάρβουνου, για να δώσουμε τις πατροπαράδοτες μυρωδιές της παλιάς υπαίθριας ψησταριάς.

– Βλέπω ότι εκμεταλλεύτηκες τις χημικές σου γνώσεις, είπε ο Κάρολος.

– Απλά, συνεργάστηκα με τον άντρα μου, αποκρίθηκε η Μαρία.

Προχωρώντας προς στις κρεβατοκάμαρες, ο Κάρολος παρατήρησε:

– Όλα είναι ευχάριστα, όλα είναι άνετα και η θαλπωρή διάχυτη.

– Αλήθεια, παππού, είπε η Μαρία, ήθελα να σ' ευχαριστήσω για το πρωτότυπο δώρο σου. Είναι καταπληκτικό.

– Δεν είναι καταπληκτικό, αλλά δείχνει την αγάπη μου για σας, είπε ο Κάρολος, και συνέχισε, αποτελεί εφαρμογή της ερευνητικής μου δουλειάς που έκανα τελευταία. Όπως ξέρεις, τώρα που οι δυνάμεις μου δεν το επιτρέπουν, ασχολούμαι με τη *χημειοφωταύγεια.* Από νέος γοητευόμουνα με τον τρόπο που οι πυγολαμπίδες, τα *φωτοβακτηρίδια,* δημιουργούν το φως. Θυμάμαι, όταν πηγαίναμε καμιά φορά με τη γιαγιά σου βαρκάδα και δεν είχε φεγγάρι, με ρωτούσε, όπως τα κουπιά μπαινόβγαιναν στο νερό, πώς γίνεται και φεγγοβολάει. Τότε δεν ήξερα να της απαντήσω, αλλ' αποφάσισα να το μάθω. Και η απόφασή μου αυτή εδραιώθηκε, όταν σε μια επίσκεψή μου στο Πανεπιστήμιο της Μανίλα στις Φιλιππίνες διοργανώθηκε μια εκδρομή με βαθυσκάφος του ωκεανογραφικού ινστιτούτου και είχα την τύχη να θαυμάσω αυτήν τη μυριόχρωμη φωτεινή εικόνα του βυθού. Εκεί, στο μεγάλο βάθος, είδα ψάρια που δημιουργούσαν φως γαλάζιο, γαλαζοπράσινο, κόκκινο, πορτοκαλί και ταξίδευαν πλάι μας σαν φαντασικά φωτισμένα υπερωκεάνια. Και είναι φωτισμός απαλός, γλυκός, ψυχρός, χωρίς δηλαδή συμπαραγωγή θερμότητας, ενώ ακόμα κι αυτοί οι προνομιακοί εξελιγμένοι λαμπτήρες του σπιτιού σας, μαζί με το φως παράγουν και θερμότητα· στην εποχή μου, μάλιστα, οι συνηθισμένοι λαμπτήρες μετέτρεπαν μόλις το 10% σε φως και το υπόλοιπο 90% σε θερμότητα. Την εποχή εκείνη δούλευα με μια χημική ουσία, τη *λουμινόλη,* η οποία με οξυζενέ και καταλύτες παράγει ένα λαμπρό γαλάζιο φως. Αργότερα γύρισα σε συστήματα πιο φυσικά, τα βιολογικά, γιατί αυτά είναι πολύ πιο αποτελεσματικά. Εδώ πρωταγωνιστής είναι ένα ένζυμο, η *λουσιφεράση,* η οποία οξειδώνει τη *λουσιφερίνη* και παράγεται αυτό το θαυμαστό φως από τις πυγολαμπίδες και τα ψάρια. Με τη χημειοφωταύγεια,

δηλαδή, παράγεται φως, όταν ορισμένες ουσίες αντιδρούν μεταξύ τους, κατέληξε ο Κάρολος.

Συζητώντας είχαν φτάσει κοντά στη μεγάλη γυάλα χημειοφωταύγειας που είχαν τοποθετήσει στο κέντρο της κρεβατοκάμαρας. Ήταν το δώρο του Κάρολου στα νιόπαντρα εγγόνια του.

– Αλήθεια, ρώτησε ο Γιώργος, πόσο καιρό θα δουλεύει το σύστημα αυτό;

– Μα τόσο, όσο θέλετε, αρκεί να το ανεφοδιάζετε με υλικά, είπε ο Κάρολος. Η χρήση δοσιμετρικών αντλιών μαζί με το ακινητοποιημένο πάνω σε ειδικό υπόστρωμα ένζυμο, σας δίνουν απεριόριστη διάρκεια.

Ήταν πραγματικά γοητευτικό να βλέπει κάποιος το φως ν' αναβλύζει μέσα από το υγρό περιεχόμενο της γυάλας, σκορπίζοντας ένα γλυκό φως στην κρεβατοκάμαρα.

– Εξακολουθείς ν' ασχολείσαι με το θέμα αυτό; ρώτησε η Μαρία.

– Ασφαλώς, είναι ένα από τα χόμπι μου, είπε ο Κάρολος, και πρόσθεσε: τώρα, αυτό που προσπαθώ είναι να μεταφυτεύσω, με τις μεθόδους της ανασυνδυαστικής γενετικής μηχανικής, στο DNA ενός φυτού το γονίδιο που υπάρχει στα ψάρια και δίνει εντολή για την παραγωγή του ενζύμου της *λουσιφεράσης.* Με τον τρόπο αυτό το φυτό θα φωτοβολάει στο σκοτάδι, όπως ορισμένα ψάρια και οι πυγολαμπίδες.

– Μα αυτό θα είναι θαυμάσιο! φώναξε αυθόρμητα η Μαρία.

– Ελπίζω να με βοηθήσεις να το πετύχουμε, είπε ο Κάρολος.

– Σίγουρα, είναι πολύ ενδιαφέρον, αποκρίθηκε η Μαρία. Και με την ευκαιρία, έλα να σου δείξω στην οθόνη τα σχέδια του εργαστηρίου που σκοπεύουμε να χτίσουμε πλάι στο σπίτι. Τώρα, όπως θα δεις, η προχωρημένη σχεδίαση και οι νέοι αλγόριθμοι επιτρέπουν στους αρχιτέκτονες-σχεδιαστές και στους πελάτες τους να «περπατήσουν» στα κτήρια των ονείρων τους πολύ πριν από την κατασκευή τους.

– Πώς γίνεται αυτό; ρώτησε ο Κάρολος.

– Μα με τα νέα προγράμματα βοήθειας σχεδιασμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών, απάντησε η Μαρία.

Τώρα στην οθόνη, τρισδιάστατο, χρωματιστό, φάνταζε το μελλοντικό εργαστήριο!

– Είναι υπέροχο, είπε ο Κάρολος και ρώτησε: αλήθεια μυρίζει κάτι ευχάριστο στο δωμάτιο;

– Ναι, είπε ο Γιώργος, είναι το πρόγραμμα «aromachologie», που είχε την έμπνευση να εφαρμόσουμε η Μαρία.

Μια ευχάριστη μυρωδιά φρέσκιας λεβάντας, δεντρολίβανου και θυμαριού διαχύνονταν διακριτικά στην ατμόσφαιρα από το ταβάνι.

– Αλήθεια, παππού, πιστεύεις στην ιστορία αυτή της αρωματοθεραπείας και της «aromachologie»; ρώτησε η Μαρία.

– Μέχρις ενός σημείου, σίγουρα, είπε ο Κάρολος. Βέβαια δεν νομίζω ότι υπάρχει πανάκεια κατά πάσης νόσου, αλλά ότι τα φυσικά προϊόντα βοηθάνε και ανακουφίζουν ορισμένες περιπτώσεις δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία. Ακόμα και

σήμερα μεγάλος αριθμός από φάρμακα έχουν την πηγή τους σε φυτικές πρώτες ύλες.

– Και την «aromachologie», αλήθεια, πώς θα τη μεταφράζαμε; ρώτησε η Μαρία.

–Ίσως «αρωματαισθησιασμό».

– Τι γνώμη έχεις γι' αυτήν; είπε η Μαρία.

– Νομίζω, απάντησε ο Κάρολος, ότι πρόκειται για ένα τόσο πολύπλοκο μείγμα από οργανικές ουσίες, δηλαδή των συστατικών του αρώματος, ώστε να υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα κάποια ή κάποιες από τις ουσίες αυτές να επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στο ρινεγκέφαλο, στα ηδονικά κέντρα και στα κέντρα των ενστίκτων και των παθών. Δεν είναι άλλωστε τυχαία η χρήση των αρωματικών βοτάνων από τότε που είναι γνωστή η ανθρώπινη ιστορία.

– Κι εγώ, είπε ο Γιώργος, πιστεύω, από προσωπικές εμπειρίες, ότι παίζουν σημαντικό ρόλο για την καλή ή κακή μας διάθεση, την ηρεμία μας.

Στο μεταξύ είχαν προχωρήσει και κάθισαν στο λίβινγκ-ρουμ.

– Αλήθεια, ρώτησε, ο Κάρολος τη Μαρία, πώς πάει η μεταδιδακτορική σου δουλειά;

– Καλά, αν και τώρα με το γάμο μου την έχω λίγο εγκαταλείψει. Σκοπεύω όμως να επωφεληθώ από την απουσία του Γιώργου για να αναπληρώσω το χρόνο που έχασα.

– Θύμισέ μου, είπε ο Κάρολος, πού ακριβώς βρίσκεσαι;

–Όπως ξέρεις, υπάρχουν σημεία ομοιότητας ανάμεσα στα ένζυμα και τ' αντισώματα.

– Είναι φυσικό, είπε ο Κάρολος, αφού και τα δύο είναι πρωτεϊνικά μόρια. Και στις δύο περιπτώσεις οι δράσεις πραγματοποιούνται στα ενεργά ειδικευμένα τμήματα του μορίου τους, δηλαδή στους συνδετικούς υποδοχείς. Στις θέσεις αυτές έχουν την τάση να συνδέονται με τα μόρια-στόχους τους με υψηλή επιλεκτικότητα και εξειδίκευση.

– Έτσι, χρησιμοποιούμε τώρα τα αντισώματα ως καταλύτες, όπως τα ένζυμα για διάφορες αντιδράσεις, είπε η Μαρία.

–Έχετε, δηλαδή, παρατήρησε ο Κάρολος, διανοίξει έναν καινούριο δρόμο για να διεισδύσετε στη δραστηριότητα των αντισωμάτων για χημική δουλειά. Θαυμάσια ιδέα. Φαντάζομαι ότι θα συναντάτε σημαντικές δυσκολίες στον πρωτοποριακό αυτό δρόμο.

– Σίγουρα οι δυσκολίες υφίστανται, είπε η Μαρία, αλλά μην ξεχνάς ότι τώρα διαθέτουμε στερεοεξομοιωτές της εικόνας των μοριακών δομών, οι οποίες προβάλλονται στην τρισδιάστατη, υψηλής ευκρίνειας, έγχρωμη οθόνη του υπολογιστή. Ακόμα, το μοριακό μικροσκόπιο, το οποίο μας επιτρέπει να βλέπουμε τα μόρια, μας επιβεβαιώνει την εικόνα, ενώ συγχρόνως είναι δυνατόν με ακτίνες λέιζερ και υπερταχεία φωτογράφιση, δηλαδή σε τρισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου, να φωτογραφίζουμε τα ίδια τα μόρια τη στιγμή που αντιδρούν.

– Αν το απλό μικροσκόπιο μάς επέτρεψε να διακρίνουμε μονοκύτταρους μι-

κροοργανισμούς, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (AFM) μας έδωσε τις δομές των διηθητών ιών, ψιθύρισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Τώρα το μικροσκόπιο των ακτίνων Χ μπορεί να μας δώσει τρισδιάστατες εικόνες των κυττάρων και άλλων μικροσκοπικών δομών, με διακριτικότητα δέκα φορές μεγαλύτερη από των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων, ενώ η διεισδυτικότητα των ακτίνων Χ επιτρέπει την επισκόπηση της βαθύτερης δομής. Αλλά και τα νευρωνικά υπολογιστικά δίκτυα βοηθάνε σημαντικά στην αποκρυπτογράφηση της στερεοδομής των πρωτεϊνικών μορίων. Μην ξεχνάς, ακόμα, ότι η γενετική μηχανική μας βοηθάει αποτελεσματικά για την αναπαραγωγή και την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων μας.

– Η τελευταία δεκαετία του 20ου αιώνα, συνέχισε ο Κάρολος, μας έδωσε τεράστιες δυνατότητες με τον ανασχεδιασμό των τυπικών ενζύμων, το σχεδιασμό των ενεργών κέντρων και τη σταθεροποίησή τους με υποκατάσταση ορισμένων αμινοξέων. Δεν θα πρέπει να ξεχνάτε, εσείς οι νεότεροι, τι οφείλετε σε ερευνητές με απλές αλλά επαναστατικές ιδέες, όπως ο Klibanov, που πρώτος σκέφθηκε να χρησιμοποιήσει τα ένζυμα με ίχνος νερού μέσα σε οργανικούς διαλύτες. Όπως ο ίδιος έλεγε: *«Τι ήταν δυνατόν να χρειάζεται το πολύ νερό, οι μυριάδες μορίων νερού, στα ελάχιστα μόρια ενζύμου που χρησιμοποιούνται στις αντιδράσεις;»*.

– Πραγματικά, είπε η Μαρία. Ίσως να του οφείλουμε και κάτι περισσότερο: το ότι το κάθε ένζυμο μπορεί να κάνει πολύ περισσότερες αντιδράσεις από τις μοναδικές, τις ειδικές που πιστεύατε εσείς στην εποχή σας.

Κι ο Κάρολος συμφώνησε.

Εκείνη τη στιγμή στην τηλεφωνική οθόνη εμφανίστηκε ένας ροδοκόκκινος κύριος, ο οποίος μιλούσε πολύ άσχημα αγγλικά. Γύρευε το Γιώργο· ήταν από το διαστημικό κέντρο που δούλευε. Επειδή τ' αγγλικά του ήταν ακατανόητα, ο Γιώργος του είπε να μιλάει ρωσικά, και ενεργοποίησε τον αυτόματο μεταφραστή από ρωσικά σε αγγλικά.

– Με ρωτάνε πότε θα πάω στο διαστημικό σταθμό, είπε ο Γιώργος στη Μαρία, κλείνοντας την επικοινωνία.

– Ποιο είναι το πρόγραμμά σου; ρώτησε ο Κάρολος.

– Θα πάω από την Αθήνα με το Superconcord στην Καλιφόρνια…

– Αλήθεια, τον διέκοψε ο Κάρολος, πόση ώρα διαρκεί η πτήση;

– Περίπου τρεις ώρες. Το υπερηχητικό αεροπλάνο κάνει τρεις χιλιάδες χιλιόμετρα την ώρα και η πτήση πραγματοποιείται ψηλά, πάνω στο διαστημικό χώρο.

– Σκέψου ότι, στην εποχή μας, για το ταξίδι αυτό θέλαμε περίπου είκοσι ώρες πτήση! είπε ο Κάρολος, και ρώτησε.

– Και από κει πώς πας;

– Με το διαστημικό λεωφορείο. Θα προσγειωθούμε στην εξέδρα του διαστημικού λιμανιού, όπου θα μείνω μια εβδομάδα και μετά θα συνεχίσω για την εξέδρα, όπου στήνεται το ινστιτούτο.

– Και τι φτιάχνετε εκεί; ρώτησε γεμάτος περιέργεια ο Κάρολος.

– Ασχολούμαστε με τη δοκιμαστική παραγωγή υπεραγωγών και ευπαθών

οργανικών μορίων, είπε ο Γιώργος. Εκεί θα γίνει κι ένα πολύ ενδιαφέρον για σένα πείραμα. Θα γίνει ο πρώτος δοκιμαστικός πολλαπλασιασμός του νέου βακτηριδίου βιομοριακής μηχανικής, του B-X-101, το οποίο, όπως ελπίζουν, θα παράγει το σύνολο των εκλυτικών παραγόντων (RF) του υποθαλάμου.

– Αυτό είναι φανταστικό, ψιθύρισε ο Κάρολος.

– Εκεί πάνω, συνέχισε ο Γιώργος, δεν υπάρχουν κίνδυνοι μολύνσεων, επομένως δεν υπάρχει φόβος ν' αναμειχθεί μ' άλλους κλώνους. Ύστερα, η θερμοκρασία, το απόλυτο κενό, η έλλειψη οξυγόνου, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες να προφυλάγονται τα προϊόντα που θα παραχθούν.

– Πόσο σημαντικές είναι οι διαστημικές εμπειρίες για τον άνθρωπο! μουρμούρισε ο Κάρολος.

– Εγώ θα δουλέψω στο στήσιμο των βιοαντιδραστήρων, είπε ο Γιώργος.

– Όλ' αυτά είναι συναρπαστικά, συμφώνησε ο Κάρολος.

– Εκεί, βλέπεις, είπε ο Γιώργος, δεν υπάρχει βαρύτητα κι όλα είναι ευκολότερα· ακόμα, τίποτα δεν σκουριάζει, αφού δεν υπάρχει οξυγόνο. Εμείς πάντως και τα φυτά μέσα στο εργαστήριο έχουμε άφθονο οξυγόνο από ηλιακή ηλεκτρόλυση.

– Καλά, η ζωή είναι άνετη εκεί πάνω; ρώτησε ο Κάρολος.

– Ούτε καταλαβαίνουμε πώς περνάει η μέρα, είναι όλα τόσο ενδιαφέροντα, τόσο συναρπαστικά· είναι απόλαυση να βλέπεις από κει πάνω το γαλάζιο πλανήτη μας. Εξάλλου, ό,τι ώρα θέλουμε επικοινωνούμε με το φωτόφωνο και το audio-video με τους δικούς μας στη Γη. Έχουμε, ακόμα, θαυμάσια λήψη από την cosmotelevision και εξαίρετη ηλεκτρονική μουσική· ακόμα, έχουμε την ευκαιρία, να χαζεύουμε με τις ώρες το Σύμπαν, με το διαστημικό τηλεσκόπιο.

– Αν θέλεις να πάρεις και τη Μαρία μαζί σου, υπάρχει η δυνατότητα; ρώτησε ο Κάρολος.

– Για την ώρα όχι, παρά μόνο για επίσκεψη, είπε ο Γιώργος. Αργότερα, ύστερα από δύο τρία χρόνια, όταν η εγκατάσταση θα έχει ολοκληρωθεί, θα μπορεί αν θέλει να μείνουμε μαζί.

– Δηλαδή, σε λίγο θα έχουμε και τα πρώτα διαστημόπαιδα· παιδιά που θα έχουν γεννηθεί χιλιάδες χιλιόμετρα πάνω από τη Γη, είπε γελώντας ο Κάρολος.

– Σίγουρα, συμφώνησε ο Γιώργος.

– Καιρός είναι να πηγαίνω στο κονάκι μου, είπε ο Κάρολος, και σηκώθηκε.

Σε λίγο, τοποθετημένος στην ευρύχωρη πολυθρόνα του, προγραμμάτισε το televideo πρόγραμμά του στην αναμετάδοση από το δορυφόρο της μεγάλης συναυλίας από το Carnegie-Hall στη Νέα Υόρκη και φώναξε τον Τοτό να παίξουν μια παρτίδα σκάκι. Προσηλωμένος στην αντιμετώπιση του ρομπότ, που πραγματικά ήταν ακαταμάχητο στη λογική των κινήσεών του, και κρύβοντας το θυμό του, γιατί έχανε, ο Κάρολος, σκεφτότανε τι πρόκειται να συμβεί, έτσι που εξελίσσονται τα ρομπότ, αυτά τα κατασκευάσματα του ανθρώπου.

Ο Τοτός, αφού τελείωσαν την παρτίδα τους, ανέκφραστος κι ασυγκίνητος έφερε στον Κάρολο, ίσως για παρηγοριά, ένα ποτήρι από το αγαπημένο του ουίσκι, χωρίς οινόπνευμα, και άρχισε να ετοιμάζει το βραδινό γεύμα, ενώ ο Κάρολος

στοχαζότανε, αν ήταν καλύτερη η παλιά εποχή, που δεν υπήρχαν τα ρομπότ και τα ποτά χωρίς οινόπνευμα.

## Την επόμενη μέρα

Η επόμενη μέρα ξημέρωσε βροχερή. Ο ουρανός ήταν σκεπασμένος με μαύρα σύννεφα γύρω-γύρω και ψιλόβρεχε συνεχώς. Δεν ήταν καιρός για περίπατο. Έτσι, ο Κάρολος κάθισε στο γραφείο του κι αφού διάβασε την αλληλογραφία του, συνδέθηκε με τη δορυφορική βιβλιοθήκη βιολογίας για να ενημερωθεί στις τελευταίες δημοσιεύσεις στα θέματα που τον ενδιέφεραν. Μ' ενδιαφέρον διάβασε για μια ομάδα στο Πανεπιστήμιο της Οζάκα στην Ιαπωνία, που δούλευε στη βιοφωταύγεια, περίπου στην ίδια κατεύθυνση που δούλευε κι ο ίδιος. Σκέφτηκε λοιπόν, μιας και στην Οζάκα ήταν τώρα απόγευμα, να ζητήσει σύνδεση προκειμένου να συζητήσει μαζί τους. Σε δέκα λεπτά περίπου μια νόστιμη νεαρή γιαπωνέζα μ' άσπρη μπλούζα πρόβαλε στην οθόνη. Ο Κάρολος της εξήγησε ποιος είναι και ότι θα ήθελε να μιλήσει στον καθηγητή της. Εκείνη απάντησε χαμογελαστά:

– Μα κύριε καθηγητά σας γνωρίζουμε από τις εργασίες σας, ο καθηγητής Kiwassa θα χαρεί να μιλήσετε.

Ύστερα από τις ευγενικές ανταλλαγές φιλοφρονήσεων κι αφού η συζήτηση γύρω από το επιστημονικό τους πρόβλημα είχε ανάψει, ο Kiwassa είπε στον Κάρολο ότι είχε αρκετές ενδείξεις ότι η *λουσιφεράση* ήταν δυνατόν να μεταβιβαστεί σε φυτό και ότι το video που θα του πρόβαλε θα τον έπειθε. Σε λίγο η οθόνη φεγγοβολούσε από ένα φυτό καπνού, που τα κλαδιά και τα φύλλα του έλαμπαν από πρασινογάλανες ανταύγειες.



*«Καί ἐγένετο φῶς»*

*Το αυτοφωτιζόμενο από χημειοφωταύγεια φυτό καπνού. Στο γονιδίωμά του έχουν μεταφυτευθεί – με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής – γονίδα των πυγολαμπίδων και έτσι λαμποκοπάει μέσα στο σκοτάδι.*

Γοητευμένος ο Κάρολος απ' ό,τι έβλεπε, ευχαρίστησε και υποσχέθηκε να πάρει με την κάμερα και τη δική του δουλειά και να ξαναεπικοινωνήσουν.

Απορροφημένος ο Κάρολος, δεν είχε αντιληφθεί την κόρη του, τη Μαρίνα, που είχε στο μεταξύ προχωρήσει στο δωμάτιο.

– Είμαι λίγο ανήσυχη, είπε η Μαρίνα, γιατί ο εγγονός μου, ο Αλέξης, παρουσίασε ξαφνικά πολύ υψηλό πυρετό και η Μάρθα –η μάνα του– έφυγε το πρωί με το ελικόπτερο για το Βουκουρέστι, όπου έχει συναυλία.

– Καταρχήν, είπε ο Κάρολος, μην ανησυχείς. Ο υψηλός πυρετός δείχνει κάποια λοίμωξη. Οι λοιμώξεις για τα παιδιά δεν εγκυμονούν κινδύνους, εκτός από την προσωρινή ταλαιπωρία τους. Αλλά, όπως και να 'ναι, θα φανεί ο Ιπποκράτης, γιατί σήμερα, λόγω της βροχής, είπαμε να μαζευτούμε εδώ.

Σε λίγο ήρθε και ο Ιπποκράτης και οι τρεις μαζί κατευθύνθηκαν στο σπίτι της Μαρίνας, όπου φιλοξενούσε τον εγγονό της τον Αλέξη.

Ο Ιπποκράτης, αφού τον εξέτασε, είπε ότι ήταν εντερική λοίμωξη και αφού έδωσε τις απαραίτητες οδηγίες στην Μαρίνα, τη διαβεβαίωσε ότι δεν έπρεπε ν' ανησυχεί. Ήταν θέμα δύο ημερών να συνέλθει.

– Αλήθεια, πώς πάει ο Τζίμης με το έμφραγμά του; ρώτησε η Μαρίνα.

– Ακόμα δεν ξέρουμε, γιατί, δυστυχώς, υπάρχει εγκεφαλική προσβολή, είπε ο Ιπποκράτης. Το μεσημέρι θα του κάνουν *PET,* δηλαδή τομογραφία εκπομπής πρωτονίων, και θα τον κοιτάξουν και με τον *MEG,* δηλαδή το μεγάλο μαγνητοεγκεφαλογράφο.

– Είναι αυτός ο καινούριος μαγνητοεγκεφαλογράφος; ρώτησε ο Κάρολος.

– Ναι, είναι η τελευταία λέξη, είπε ο Ιπποκράτης.

– Ελάτε να πιούμε έναν καφέ, είπε η Μαρίνα.

Όπως πήγαιναν στην τραπεζαρία εμφανίστηκε στην οθόνη ο Τοτός και ανήγγειλε την άφιξη της υπόλοιπης παρέας. Ήταν ο Πλάτων κι ο Ευκλείδης που τους παρακάλεσε ο Κάρολος να έρθουν στο σπίτι της κόρης του και καθώς ο ερατεινός κάλυπτε με τη μυρωδιά του τη ζεστή ατμόσφαιρα, η Μαρίνα ρώτησε:

– Μα επιτρέπεται, σήμερα, με τόσες προόδους να υπάρχουν λοιμώξεις;

Ο Ιπποκράτης χαμογέλασε.

– Μα δεν ξέρεις ότι από τότε που δημιουργήθηκε η ζωή ο αγώνας είναι αδυσώπητος; Υπάρχει πάντα κάποιος που θέλει να σιτιστεί, τρώγοντας κάποιον άλλον. Αυτό δεν κάνουμε κι εμείς; δεν παρασιτούμε σε βάρος αμνών και πουλερικών και ψαριών και λαχανικών;... Κάτι ανάλογο προσπαθούν να κάνουν και οι μικροοργανισμοί σε βάρος μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ
## Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ
## ΠΩΣ ΒΡΕΘΗΚΑΜΕ ΕΔΩ;

Το επόμενο απόγευμα η παρέα μαζεύτηκε πιο νωρίς απ' ό,τι συνήθιζε. Το θέμα που θα συζητούσαν ήταν συναρπαστικό: *η προέλευση της ζωής και η εξέλιξή της.*

Τώρα σειρά είχε ο Κάρολος, ο οποίος και άνοιξε τη συζήτηση.

– Δεν είναι εύκολο να δώσει κάποιος έναν ακριβή ορισμό για το τι είναι ζωή και τι ζωντανό· οι συνηθισμένοι ορισμοί αναφέρονται σε ό,τι κινείται, τρώει, αναπαράγεται, μεγαλώνει, πεθαίνει. Στους ορισμούς αυτούς μπορεί ν' αντιπαραταχθούν εξαιρέσεις, όπως οι κρύσταλλοι του αλατιού ή της ζάχαρης που δημιουργούνται, αυξάνονται και αναπαράγονται, όταν ένα θερμό κορεσμένο διάλυμά τους ψύχεται σιγά-σιγά. Ακόμα, οι διηθητοί ιοί, και ίσως τ' αυριανά έξυπνα ρομπότ, που θα έχουν την ικανότητα της αναπαραγωγής, θα ήταν δυνατόν να υπαχθούν σύμφωνα με τα παραπάνω στην κατηγορία αυτή.

Η ζωή όμως είναι κάτι παραπάνω. Είναι η αρχή που μάχεται κατά της φθοράς ή, ακόμα, η δύναμη που ανθίσταται στους νόμους που κυβερνούν την άβια ύλη. Τρεις ιδιότητες συνιστούν τους αναγκαίους και ικανούς όρους για την εκδήλωση της ζωής: ο αυτοδιπλασιασμός, η ετεροκατάλυση και η μετάλλαξη. *Ο αυτοδιπλασιασμός* είναι αυτονόητος. Η *ετεροκατάλυση* είναι η ικανότητα γι' αντίδραση με τα συστατικά του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται συνεχώς η προμήθεια άφθονων υλικών, όπως τροφής, για τη διαιώνιση του συστήματος. Η *μετάλλαξη,* τέλος, δίνει την ώθηση και την ικανότητα για εξέλιξη, αφού οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν στους γονείς μπορεί ν' αναπαραχθούν και στους απογόνους, οι οποίοι είναι παρόμοιοι, όχι όμως ακριβώς οι ίδιοι με τους γονείς τους. *Η αμείλικτη τάση για αναπαραγωγή, οι φάσεις της εμβρυϊκής ανάπτυξης, της αναπνοής, του μεταβολισμού, της φυγής ή της άμυνας μπροστά στο διώκτη, της αποδημίας, αποτελούν επίσης κοινά χαρακτηριστικά των έμβιων.*

Ένας πιο έμμεσος ορισμός είναι αυτός που δόθηκε από τον Schr dinger, έναν από τους πρωτεργάτες των αρχών της κβαντομηχανικής:

*«Ένα κομμάτι ύλης είναι ζωντανό όταν δεν παύει να κάνει κάτι, να μετακινείται, ν' ανταλλάσσει υλικά με το περιβάλλον του, για χρόνο μεγαλύτερο από εκείνον κατά τον οποίο η άβια ύλη θα μπορούσε να κινείται με τις ίδιες συνθήκες, γιατί θα*

*έφτανε λόγω τριβών στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας ή της μέγιστης εντροπίας».*

– Θυμάμαι, παρενέβη ο Πλάτων, τον ορισμό ενός απαισιόδοξου φιλόσοφου: *«Η ίδια η ζωή, είναι μια ασθένεια που μεταδίδεται σεξουαλικά...».*

Κι όλοι γέλασαν.

– Ο οργανισμός, συνέχισε ο Κάρολος, έχει το εκπληκτικό χάρισμα να συγκεντρώνει μέσα του μία ροή τάξης, αποφεύγοντας έτσι την αποσύνθεση προς το χάος και αντλώντας τάξη από το περιβάλλον. Αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα στα έμβια είναι μια ροή ενέργειας από τον Ήλιο (με τη βοήθεια των τροφίμων) μέσω του σώματος. Η ροή αυτή ελέγχεται από το βαθμό τάξης ή αρνητικής εντροπίας της ενέργειας που καταναλώνεται. Η θερμοδυναμική έχει τη βασική σημασία στο φαινόμενο της ζωής και συχνά φωτίζει τις βιολογικές διαδικασίες μ' ένα παράξενο φως.

Ένας ζωντανός οργανισμός, δηλαδή, για ν' αποφύγει τη διολίσθησή του προς τη θερμοδυναμική ισορροπία – εκεί όπου επικρατεί η μέγιστη εντροπία – τρέφεται με αρνητική εντροπία, τροφοδοτείται, δηλαδή, συνεχώς με τάξη. Αυτό πραγματοποιείται με το μεταβολισμό, δηλαδή με την τροφή, το νερό, την αναπνοή και στα φυτά με τη φωτοσύνθεση. *Η ζωντανή ύλη αποτελεί ένα ανοιχτό θερμοδυναμικό σύστημα, που προσπαθεί να βρίσκεται μακριά από την κατάσταση ισορροπίας*. Η ζωντανή δηλαδή ύλη – αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στο Σύμπαν, όπου η τάξη συμβαδίζει με την αταξία – δημιουργεί πρόσκαιρα τάξη από την αταξία, για να οδηγηθεί, τελικά, και πάλι, με το θάνατο, στην αταξία.

Υπενθυμίζεται ότι ένα σύστημα *που βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας είναι νεκρό, αγνοεί και το χρόνο και την ιστορία*. Η τάξη και το χάος, η εναλλαγή ανάμεσά τους, συνιστούν τ' αξιώματα πάνω στα οποία έχει δομηθεί ο Κόσμος που ζούμε.

– Έχω πολλά κενά στην ορολογία που χρησιμοποιείς, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Έχεις δίκιο, θα έχουμε όμως την ευκαιρία, λίγο αργότερα, να τ' αναλύσουμε καλύτερα, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ερωτήματα όπως αυτά: από πού ερχόμαστε, ποια η προέλευσή μας, πού πάμε, πώς ξεκίνησε η ζωή, βασανίζουν τον άνθρωπο από τότε που δύναται να στοχάζεται και να αναζητά απάντηση. Δυστυχώς, η απάντηση στα ερωτήματα αυτά προσκρούει στον εξαιρετικά πολύπλοκο χαρακτήρα των μορίων που συνιστούν το ζωντανό κύτταρο και στον πολύ μακρινό χρόνο κατά τον οποίο πρωτοεμφανίστηκε η ζωή. Η ζωή φαίνεται να είναι το προϊόν αμέτρητων γενιών προσαρμογής, ανάπτυξης και επιλογής. Και το απλούστερο ακόμα κύτταρο αποτελεί ένα εξαιρετικά πολύπλοκο σύνολο λεπτών δομών, μηχανισμών και ρυθμίσεων. Χωρίς αυτήν την πολυπλοκότητα, ούτε αναπαραγωγή, ούτε επιβίωση, ούτε ζωή θα ήταν δυνατή.

*Η εξέλιξη είναι ένα αναμφισβήτητο γεγονός*. Οι πρόγονοι του κάθε είδους

ζωής πάνω στον πλανήτη, για να επιζήσουν και ν' αναπαραχθούν, πρέπει να διέθεταν τα ελάχιστα όρια οργάνωσης και εξοπλισμού. Στο συμπέρασμα αυτό φτάνουμε *γιατί υφίσταται εκπληκτική ομοιότητα στη μοριακή δομή όλων ανεξαιρέτως των ζωντανών οργανισμών*, όπως είπαμε και άλλοτε, και η εξέλιξη είναι μια λογαριθμική διαδικασία, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Ο εξελικτικός αυτός νόμος βασίζεται, δηλαδή, στη φυσική επιλογή. Σύμφωνα μ' αυτήν επιζούν και αναπαράγονται οι ικανότεροι και οι πιο προσαρμοσμένοι οργανισμοί. Οι άλλοι αργοπεθαίνουν και σιγά-σιγά εξαφανίζονται. *Η φυσική επιλογή είναι το κόσκινο της εξέλιξης.*

Ο χρόνος χώρισε τη ζωή σ' εκατομμύρια διαφορετικές εκδηλώσεις, αλλά καθεμιά απ' αυτές είναι ένα αδιάσπαστο μέρος του συνόλου. *Όλοι μας έχουμε βγει από την ίδια μήτρα. Η συνταγή της ζωής είναι πάντα η ίδια*, είτε πρόκειται να γεννηθεί φυτό, ψάρι, ζώο, μικρόβιο ή ελέφαντας, κουνούπι ή αετός, μαρίδα ή καρχαρίας, γουρούνι ή άνθρωπος.

Φαίνεται ότι τα γονίδια – τμήματα του μορίου του DNA – είναι τα ελάχιστα χημικά μόρια που παρουσιάζουν τις ουσιαστικές ιδιότητες της ζωής (είναι μεταλλάξιμα και αναπαράγονται με τη βοήθεια της μοριακής διπλοτυπίας). Όμως χωρίς τη συνεργασία των πρωτεϊνικών μορίων, που δείχνουν ενζυματική δραστηριότητα, οι ιδιότητές τους δεν θα ήταν δυνατόν να υλοποιηθούν.

*Οι βασικές χημικές και δομικές ιδιότητες είναι αξιοθαύμαστα ομοιόμορφες σε οποιαδήποτε ζωντανή μορφή πάνω στη Γη,* γι' αυτό η διερεύνησή τους αποτελεί πρόκληση για τους ερευνητές. Έτσι το πρόβλημα που τίθεται είναι: πώς δημιουργήθηκαν οι αρχικοί ζωντανοί οργανισμοί που περιέχουν DNA και πρωτεΐνες;

– Κάθε ζωντανός οργανισμός, συνέχισε ο Κάρολος, αποτελείται από πολύπλοκους συνδυασμούς μοναχικών κυττάρων και κάθε συστατικό του κυττάρου έχει κοινά σημεία με όλα τα κύτταρα, όχι μόνο του συγκεκριμένου οργανισμού, αλλά και κάθε άλλου που έζησε ποτέ. Από το πιο ασήμαντο βακτηρίδιο και τη μονοκύτταρη αμοιβάδα ως τον άνθρωπο, ο χημικός μηχανισμός είναι κατ' ουσίαν ο ίδιος και ως προς τη δομή, αλλά και ως προς τον τρόπο λειτουργίας. *Όλα τα έμβια όντα, χωρίς εξαίρεση, έχουν κατασκευαστεί από τα ίδια δομικά υλικά: τα είκοσι αμινοξέα και τα τέσσερα νουκλεοτίδια* (A, G, C, T), όπως σας έχω εξηγήσει. Στο αλφάβητο της ζωής έχει γραφτεί η ποικιλία των δομών όλων των έμβιων που ζουν στη βιόσφαιρα της Γης, καθώς και οι πληροφορίες για την αλάνθαστη επαναληψιμότητα των δομών από τα μόρια του DNA, που είναι ο πρωταγωνιστής, τόσο σ' ένα ταπεινό χορτάρι ή σε μια μαρίδα, όσο και σ' ένα λιοντάρι ή τον εγκέφαλο ενός σοφού. Αλλά και ως προς τις λειτουργίες, παντού και πάντα επικρατούν οι ίδιοι κύκλοι χημικών αντιδράσεων, ισχύει το ίδιο ενεργειακό νόμισμα (ATP) και οι ίδιοι μηχανισμοί για τον προσπορισμό της ενέργειας. Όλα συνηγορούν ότι η ανάπτυξη της ζωής στη Γη προχώρησε διαδοχικά: από τα άτομα στα οργανικά μόρια, στα πρωτόβια, στα φυτικά και στα ζωικά κύτταρα, και τελικά στον άνθρωπο· *«αυτό το σκεπτόμενο ζώο»*, όπως το χαρακτηρίζει ο Pascal.

Σας θυμίζω τι μας είπε ο Ευκλείδης – όταν μιλούσαμε για τ' άστρα – για τα συστατικά του ανθρώπινου οργανισμού: *«Ο άνθρακας, το άζωτο, το οξυγόνο, το θειάφι στις πρωτεΐνες, ο φώσφορος στο DNA, το κάλιο και το νάτριο στους νευρώνες μας, τα ιχνοστοιχεία και το ασβέστιο στα δόντια και στο σκελετό μας, το ιώδιο στο θυρεοειδή μας, ο σίδηρος στο αίμα μας, έχουν κοινή καταγωγή για όλα τα όντα, έχουν έρθει από πολύ μακριά, από το γαλαξιακό χώρο, όταν δημιουργήθηκε ο πλανήτης· οι άνθρωποι είμαστε προϊόν γαλαξιακής σκόνης, παιδιά των άστρων· πριν δισεκατομμύρια χρόνια, πολλά από τα συστατικά μας, τα άτομα που μας συνιστούν, ανήκαν σε κάποια σουπερνόβα ή σε κάποια μακρινά αστέρια, κι εκεί θα επιστρέψουν πάλι, για να τροφοδοτήσουν τη δημιουργία νέων αστεριών, νέων πλανητών, νέων όντων»*, είπε, επαναλαμβάνοντας τα λόγια του Ευκλείδη ο Κάρολος, και συνέχισε.

Υπάρχουν εκατό περίπου στοιχεία στη φύση, αλλά μόνο τα δεκαέξι αποτελούν τη βάση της ζωικής ύλης. Ένα απ' αυτά, ο άνθρακας, παίζει τον κεντρικό ρόλο, γιατί έχει την ικανότητα να σχηματίζει πολύπλοκους συνδυασμούς και να ενώνεται με πλήθος άλλα στοιχεία. Αν το άτομο του άνθρακα διαδραματίζει έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στον κόσμο το δικό μας, αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ικανότητά του να σχηματίζει σταθερούς δεσμούς με άλλα άτομα και κυρίως με άτομα άνθρακα και υδρογόνου. Έτσι συνεταιρίζεται με δύο, τρία, δέκα, είκοσι και περισσότερα άλλα άτομα άνθρακα, τα οποία μοιράζονται ανάμεσά τους τα ηλεκτρόνιά τους, καθώς και με τα άτομα υδρογόνου, αζώτου, θείου και φώσφορου. Με τους συνδυασμούς αυτούς δημιουργούνται αλυσίδες ατόμων, ίσιες ή με διακλαδώσεις, δακτύλιοι, πολλοί ή λίγοι, χημικά κομψοτεχνήματα, που θα τα ζήλευε ο καλύτερος ζωγράφος ή αρχιτέκτονας. Έτσι πραγματοποιείται το ποίημα της οργανικής σύνθεσης, αυτής με την οποία χτίστηκε ο κόσμος των έμβιων.

Όλα σ' αυτό τον κόσμο τείνουν να συναθροίζονται. Η γαλαξιακή σκόνη γεννάει τ' αστέρια και τους πλανήτες, αυτά τους γαλαξίες και οι τελευταίοι συνιστούν τον Κόσμο. Τα μόρια δημιουργούνται από τους δεσμούς των ατόμων. Τα άτομα αποτελούνται από ένα σύννεφο ηλεκτρονίων που περιφέρεται γύρω από έναν πυρήνα. Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια, στο εσωτερικό των οποίων βρίσκονται τα κουάρκς· πιο κάτω από τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκς, για την ώρα, δεν δείχνει να υπάρχει κάτι πιο απλό, ίσως οι χορδές. Η πολυπλοκότητα και η ποικιλία των μορφών που αντικρίζουμε στη Γη και στο Σύμπαν, δείχνουν παιδιά της απέραντης απλότητας και των συνδυασμών της. Όπως έλεγε ο Νεύτων: *«Η φύση αρέσκεται στην απλότητα και δεν δημιουργεί ποτέ την πολυτέλεια των "ανώφελων αιτίων"»*.

Τα μικρά μόρια, δηλαδή, για να σχηματιστούν πρέπει να φάνε άτομα, όπως άνθρακα, οξυγόνου, θείου. Στη συνέχεια, τα μικρά μόρια αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα, τρώγοντας τα μικρότερα, και έτσι δημιουργούνται τα μοριακά συγκροτήματα. Μερικές φορές ολόκληρα μόρια μένουν ενσωματωμένα μέσα στο δίχτυ των ατόμων του αρχικού μορίου, όπως μια μύγα στον ιστό της αράχνης.

Τα μακρομόρια δημιουργούν τα κύτταρα και αυτά συναθροίζονται σε ιστούς, οι τελευταίοι σε όργανα, οργανισμούς, ανθρώπους. *Ο άνθρωπος δεν είναι παρά συνδυασμός μορίων*. Βέβαια, σ' αυτά τα «φαγοπότια» ατόμων και μορίων υπάρχουν οι κερδισμένοι, οι οποίοι προχωρούν στη συνέχεια σ' άλλα πιο πολύπλοκα «γεύματα». Σε κάποιο σημείο όλ' αυτά γίνονται τόσο εξεζητημένα, ώστε τα πραγματικά πιο πετυχημένα μόρια αφομοιώνουν αυτά που είναι πιο απρόκοπα και αρχίζουν να συμβιώνουν σε αγέλες. Η γνωστή φράση: το μεγάλο ψάρι τρώει το μικρό, ξεκινάει από επίπεδο ατόμων και μορίων και προχωράει *στην καταβρόχθιση οργανισμών*.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων λέγοντας:

– Δεν θυμάμαι ποιος το είπε, αλλά το βρίσκω έξυπνο: αυτή η καταβρόχθιση αποτελεί προοίμιο κοινωνικών συγκρούσεων· η κατανάλωση αγαθών αρχίζει έτσι να διέπεται από φιλοσοφικές και οικονομολογικές θεωρήσεις, γι' αυτό και ανάμεσα στους ανθρώπους ήταν, ατυχώς, μοιραίο μαζί με τ' άλλα δεινά και τα εξελικτικά λάθη να ξεπηδήσουν κάποτε και οι οικονομολόγοι.

– Η ζωή όμως συνεχίζεται, συνέχισε ο Κάρολος. Τα ζώα τρώνε τα φυτά· τα φυτά καταπίνουν ποτάμια, τα οποία με τη σειρά τους κατατρώνε βουνά και χώματα. Όταν τα ζώα αργότερα πεθάνουν, το σώμα τους ξαναγίνεται βορά των βουνών και του χώματος και άλλων φυτών που θ' αναπτυχθούν από την τέφρα τους. Αλλά και τα βουνά δημιουργούνται από πλανήτες που δεν είναι παρά τα απορρίμματα πεθαμένων αστεριών. Το καθετί είναι φτιαγμένο από το ίδιο υλικό. Όλα ξεκίνησαν από γαλαξιακή σκόνη και όλα θα ξαναγυρίσουν στην κατάσταση αυτή, όταν κάποτε σβήσει το αστέρι μας, ο Ήλιος, και μεταμορφωθεί σε λευκό νάνο. Κι αυτός όμως στη συνέχεια θα μετάσχει στην πανδαισία δημιουργίας νέων αστεριών, νέων πλανητών, νέων γαλαξιών. Εκτός όμως από τα συστατικά, με τα οποία δομείται η ζωντανή ύλη, και η νομοθετική εξουσία στην κάθε μορφή ζωής είναι πάντα η ίδια.

– «Οὐδέν ἐκ τοῦ μή ὄντος γίγνεσθαι, οὐδέν εἰς τό μή φθείρεσθαι». Η σοφή αρχαιοελληνική ρήση παρατήρησε ο Πλάτων.

– Η πιο εύστοχη έκφραση του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου, του Νόμου της Αφθαρσίας της ύλης και της ενέργειας, συμπλήρωσε ο Ευκλείδης.

– Στο σημείο αυτό σας ξαναφέρνω στη μνήμη μερικά δεδομένα που αναφέραμε και παλαιότερα, αλλά είναι σημαντικά, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Υπήρξε μία από τις πιο συγκλονιστικές ανακαλύψεις η γνώση ότι η συνταγή της ζωής είναι πάντα η ίδια, ανεξάρτητα από τη μορφή της, είτε για μικρόβιο πρόκειται είτε για ελέφαντα. Καθετί το ζωντανό έχει βγει από την ίδια μήτρα. Το οποιοδήποτε κύτταρο, φυτικό ή ζωικό, μεταχειρίζεται τον ίδιο γενετικό κώδικα και την ίδια τεχνική, γι' αποκωδικοποίηση, που μεταχειρίζονται και τα ανθρώπινα κύτταρα. Όπως αναφέρει και ο F. Jacob: *«Η κληρονομικότητα εκφράζεται ως πρόγραμμα κωδικοποιημένο μέσα σ' έναν ειρμό χημικών ριζών. Αν τα είδη είναι*

*σταθερά, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα προγράμματα αντιγράφονται σχολαστικά σημείο προς σημείο από τη μία γενιά στην άλλη».* Σ' ένα έμβιο τα πάντα είναι συναρμολογημένα με στόχο την αναπαραγωγή. *Αν υπάρχουν έμβια όντα σήμερα στη Γη, υπάρχουν επειδή δεν σταματούν ν' αναπάραγονται παράφορα εδώ και τρία δισεκατομμύρια χρόνια, μπορεί και παραπάνω.*

Η περιβόητη «πάλη για τη ζωή» δεν αντιπροσωπεύει, σε τελευταία ανάλυση, παρά τον ανταγωνισμό για αυτοσυντήρηση και πιο αποτελεσματική διαιώνιση. Σ' αυτήν την αέναη αναμέτρηση, ένα και μόνο κριτήριο υπάρχει: η *αναπαραγωγή.* Επικρατούν αυτόματα οι πιο επιλεγμένοι και οι πιο γόνιμοι οργανισμοί. Αν ο ζωντανός κόσμος εξελίσσεται, αντίθετα από την άβια ύλη, αυτό συμβαίνει γιατί στα γονίδιά του, *στα μόρια του DNA, είναι γραμμένη η επιτακτική ανάγκη: ν' αναπαράγονται όλο και πιο πολύ, όλο και πιο καλά, να πραγματοποιούν τις χημικές αντιδράσεις της αναπαραγωγής πιο αποτελεσματικά.* Οι έξυπνοι οργανισμοί, αυτοί που προσαρμόζονται ευκολότερα και ταχύτερα στις περιστάσεις, επιζούν, τελικά, πιο αποτελεσματικά και αφήνουν περισσότερους απογόνους από τους απροσάρμοστους. *Η φυσική επιλογή χρησιμεύει σαν κάποιου είδους κόσκινο της νοημοσύνης, ώστε να παράγονται όλο και πιο ικανοί εγκέφαλοι.*

Στα πρωτόγονα ζώα, αλλά και στους εξελικτικά μεταγενέστερους οργανισμούς, το μεταιχμιακό εγκεφαλικό σύστημα (ιππόκαμπος-αμυγδαλή) είναι υπεύθυνο για το σεξ, την πείνα, τη μαχητικότητα, την άμυνα και γενικά τα ένστικτα. Τελευταία μάλιστα διαπιστώθηκε μια καταπληκτική διασύνδεση ανάμεσα στη μνήμη και στη φαντασία με κέντρο και των δύο τον ιππόκαμπο.

– Ο ιππόκαμπος αφετηρία των τεχνών, παρατήρησε ο Ιπποκράτης.

– Η κλασική τριάδα συγκινήσεων: *πείνα-θυμός-φόβος*, ρυθμίζεται από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και την επίδραση των ορμονών του, όπως της αδρεναλίνης. Δεν υπάρχει καμιά μαρτυρία ότι δεν συμβαίνει έτσι και στον άνθρωπο. Αντίθετα, τα ανατομικά, τα φυσιολογικά και βιοχημικά δεδομένα το ενισχύουν απόλυτα. Καθετί το ζωντανό, από το καβούρι ως τον άνθρωπο, αντιδρά με τους ίδιους μηχανισμούς, τις ίδιες αντιδράσεις, με τις ίδιες χημικές ουσίες στον κίνδυνο, στην άμυνα και στην επίθεση. Οι ορμόνες αυτές είναι σχετικά απλά μόρια, όπως, λόγου χάρη, η σεροτονίνη, η ακετυλοχολίνη, η αδρεναλίνη, που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, άζωτο, οξυγόνο· συστατικά δηλαδή του αέρα, της θάλασσας, του Σύμπαντος, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Πώς δημιουργήθηκε η ζωή στη Γη; Πώς βρεθήκαμε εδώ;

– Οι σύγχρονοι παλαιοντολόγοι προσδιόρισαν την εμφάνιση ζωής από ορυκτά ίχνη οργανισμών που υπήρξαν 3,7 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Με τη βοήθεια βαθυσκαφών-ρομπότ που δύνανται να εξερευνούν τα ερέβη στο βάθος των ωκεανών, απομονώθηκαν νέα είδη ιών και μικροοργανισμών (τα αρχαία βακτηρίδια) που χρησιμοποιούν για καύσιμο αντί οξυγόνου, που δεν υπάρχει σ' αυτά τα βάθη, θειάφι, σίδηρο και διάφορες άλλες ενεργειακές πηγές που υφίστανται

εκεί· για παράδειγμα τα βακτήρια anammox, τα οποία διαβιούν σ' αυτά τα βάθη πραγματοποιούν αναερόβια οξείδωση της αμμωνίας αντί του οξυγόνου, το οποίο χρησιμοποιούμε εμείς.

Εξάλλου ο ωκεανός βρίθει από ζωή σε όλα τα στρώματά του και κυρίως προς την επιφάνεια όπου τα διάφορα είδη πλαγκτόν συμβάλλουν αποτελεσματικά στη δημιουργία της τροφικής αλυσίδας, αλλά και στη δημιουργία της ατμόσφαιρας και τις κλιματολογικές συνθήκες.

Στα μικρόβια του ωκεανού αποδίδεται η μισή από τη γήινη παραγωγικότητα, ενώ και οι ιοί της θάλασσας, που ανακαλύφθηκαν τελευταία, συμμετέχουν στον κύκλο του άνθρακα, τον κύκλο που ξεκινάει η ζωή. Η μελέτη του γενετικού υλικού των αρχαϊκών αυτών μικροοργανισμών θα λύσει στα αμέσως επόμενα χρόνια αρκετές απορίες σχετικά με την εμφάνιση της ζωής και την εξέλιξή της.

Υποστηρίζεται ακόμη η εκδοχή ότι η ζωή έχει μεταναστεύσει στη Γη από άλλους κόσμους, ίσως πιο αρχαϊκούς, με μικροοργανισμούς που μεταφέρθηκαν με τους μετεωρίτες που έπεσαν στη Γη. Υποστηρίζεται ακόμη η θεωρία ότι για την ύπαρξη ζωής δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη νερού, με το οποίο είναι συνυφασμένη η ζωή στη Γη. Είναι αυτοί που θεωρούν ότι και σε πλανήτες που δεν υπάρχει νερό είναι δυνατόν το ρόλο του να διαδραματίζει η αμμωνία, το υγροποιημένο μεθάνιο ή το υδρογόνο ή ίσως ισχύει και η πιο τολμηρή υπόθεση οργανισμών, οι οποίοι αντί κεντρικού συστατικού στα μόριά τους του άνθρακα, να έχουν πυρίτιο, ένα στοιχείο της ίδιας ομάδας με τον άνθρακα. Τα διαστημικά ταξίδια στο μέλλον θα ρίξουν φως στις υποθέσεις αυτές, υποθέσεις που αρχίζουν να διερευνώνται πιο συστηματικά μετά την ανακάλυψη των περίεργων ιών και βακτηριδίων που ζουν στα βάθη των ωκεανών και διαβιούν χωρίς οξυγόνο και ηλιακό φως.

Όπως προέκυψε από τα κλασικά πειράματα του Miller ο οποίος με τα υπάρχοντα στην προβιοτική ατμόσφαιρα και επιφάνεια της Γης μόρια (μεθάνιο, άζωτο, αμμωνία, υδρογόνο), με ηλεκτρικές εκκενώσεις συνέθεσε μείγμα από αμινοξέα, τους δομικούς λίθους των πρωτεϊνών, αλλά και από άλλα πειράματα προέκυψαν οι πουρίνες, οι τέσσερεις δομικοί λίθοι του RNA και DNA, δηλαδή η δημιουργία των δύο αλφάβητων της ζωής. Κάτι ανάλογο γίνεται και με την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Σήμερα επικρατούν και συζητούνται οι δύο αυτές εκδοχές: της θεωρίας και του πειράματος του Miller και της δημιουργίας βακτηριδίων στα βάθη των ωκεανών. Η τρίτη εκδοχή μεταφοράς ζωής από άλλους κόσμους με τους μετεωρίτες αν και δεν έχει αποδειχθεί, απλά μεταθέτει το ερώτημα: *πώς η ζωή δημιουργήθηκε εκεί από την άβια ύλη;*

Στα βάθη της ερήμου της Αυστραλίας μια ομάδα Ιαπώνων ανακάλυψε σε βράχους φυσαλίδες μεθανίου που αποδίδονται σε μονοκύτταρους μικροοργανισμούς που έζησαν πριν 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Αν αυτό αποδειχθεί τελικά φαίνεται ότι η ζωή στον πλανήτη εμφανίστηκε πολύ νωρίτερα απ' ό,τι φανταζόμαστε.

## Τα πρωτόκτιστα και τα πρωτόβια

– Τα σημερινά δεδομένα είναι αρκετά, συνέχισε ο Κάρολος, ώστε να μας πείσουν ότι τα πολύπλοκα μόρια των πρωτεϊνών και των νουκλεϊνικών οξέων δημιουργήθηκαν από απλά μόρια χωρίς βιολογική διαδικασία. Δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε τι συνέβη αρχικά, αφού από τότε που ξεκίνησε η βιοσύνθεση πέρασε ένα εξαιρετικά μεγάλο διάστημα. Η ηλικία της Γης εκτιμάται σε τεσσεράμισι δισεκατομμύρια χρόνια (για συντομία 4,5 G χρόνια, από το giga, που σημαίνει δισεκατομμύρια) και η εμφάνιση ζωής πιθανολογείται πολύ πριν από την Κάμβριο περίοδο, δηλαδή πριν εξακόσια εκατομμύρια χρόνια. Από τα άφθονα απολιθώματα που διασώζονται, φαίνεται ότι την εποχή εκείνη υπήρχε ζωή. Πριν απ' αυτήν την περίοδο τα ευρήματα είναι ασαφή, υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι υπήρξαν ζωντανοί οργανισμοί πριν 3 G χρόνια.

Ο πιο παλαιός βράχος με οργανικά απολιθώματα που έχει εξεταστεί είναι τα δείγματα Onverwacht, που βρέθηκαν στη Νότιο Αφρική. Η ανάλυση των απολιθωμάτων αυτών δείχνει ότι πρόκειται για μείγμα βιογενών και αβιογενών ουσιών ηλικίας 3,7 G χρόνων. Επίσης βακτηριακά απολιθώματα ηλικίας 3,1 G χρόνων βρέθηκαν στο βράχο Fig Tree στη Νότιο Αφρική, ενώ στα κυανοπράσινα φύκια αποδίδεται η ηλικία του 1 G χρόνων.

Μία βοήθεια για τη λύση του προβλήματος σχετικά με την προέλευση της ζωής θα ήταν δυνατόν να προέλθει από την πρόσφατη διαστημική εμπειρία του ανθρώπου. Πιθανόν σ' άλλους πλανήτες η ζωή να βρίσκεται σε πιο πρωτόγονα στάδια απ' ό,τι στον πλανήτη μας. Αυτό σημαίνει ότι η χημική εξέλιξη δεν έχει φτάσει στο στάδιο της μοριακής διπλοτυπίας, δηλαδή της ζωής.

Η οργανική ύλη πάντως (χωρίς ζωή) φαίνεται να δημιουργήθηκε σε αρκετές ανεξάρτητες περιοχές του Γαλαξία. Αυτό πηγάζει από τη μελέτη των ανθρακούχων *χονδριτών,* οι οποίοι έχουν ανιχνευθεί σε μετεωρίτες που περιείχαν οργα-

α)



β)



*α) Μέδουσα β) Γη διατόμων. Απίστευτα καλλιτεχνήματα της φύσης.*

νικές ενώσεις. Ζωντανή ύλη προς το παρόν δεν βρέθηκε ούτε στα σεληνιακά δείγματα, ούτε υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξή της στους πιο μακρινούς πλανήτες (Κρόνος, Δίας). Σ' αυτούς, οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι τέτοιες, ώστε δεν επιτρέπουν την εμφάνιση ζωής, τουλάχιστον ανάλογης μορφής μ' αυτήν του πλανήτη μας. Έτσι, φαίνεται πολύ πιθανό η Γη να είναι ο μοναδικός πλανήτης του Ηλιακού μας Συστήματος, στον οποίο φιλοξενούνται ζωντανοί οργανισμοί της δικής μας υφής. Φαίνεται, δηλαδή, ότι είμαστε μόνοι μας, ανάδελφοι, στο Ηλιακό Σύστημα. Αυτό όμως δεν σημαίνει τίποτα. Θα ήταν και εγωιστική και γεωκεντρική η άποψη ότι δεν υφίσταται ζωή και σ' άλλα αστέρια και στους πλανήτες τους, όταν ο αριθμός τους ανέρχεται σε δισεκατομμύρια μόνο στο δικό μας Γαλαξία, χωριστά το τι συμβαίνει στους άλλους, μυριάδες γαλαξίες. *Δεν είναι δυνατόν, στατιστικά τουλάχιστον, να υποστηριχτεί ότι το φαινόμενο ζωή είναι αποκλειστικότητα αυτού του ασήμαντου «μετεωρίτη» που λέγεται Γη.* Πολύ περισσότερο που σήμερα υπάρχουν πειραματικά πειστήρια, σύμφωνα με τα οποία η χημική σύσταση του Σύμπαντος είναι ενιαία και το άτομο της ζωής, ο *άνθρακας,* βρίσκεται παντού στο διάστημα, στους μετεωρίτες και στην αστρική σκόνη.

Από τις συνθήκες που υποθέτουμε ότι επικρατούσαν ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τη δημιουργία της Γης, πρέπει να συμπεράνουμε ότι μάλλον απλά χημικά μόρια ήταν δυνατόν να δημιουργηθούν τότε· αντίθετα από σήμερα, που στη γήινη ατμόσφαιρα κυριαρχεί το άζωτο και το οξυγόνο. Το *οξυγόνο,* αυτό το τόσο δραστήριο μόριο, δεν υπήρχε τότε. Πολλά γεγονότα της γεωλογίας, όπως η εξέταση των αερίων από ηφαίστεια, μας πείθουν ότι το οξυγόνο εμφανίστηκε σε σχετικά πρόσφατες περιόδους. Η αρχική ατμόσφαιρα της Γης πριν περίπου τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια περιείχε κυρίως *υδρογόνο* και γι' αυτό υπήρξε *αναγωγική.* Αυτός είναι ο λόγος που το πλείστον του μεταβολισμού μας και σήμερα βασίζεται σε χημικές αντιδράσεις αναγωγικού χαρακτήρα, ακριβώς γιατί η ατμόσφαιρα, όταν ξεκίνησε η δημιουργία οργανωμένων μορίων, ήταν αναγωγική.

– Θύμισέ μου, παρενέβη ο Πλάτων, τι σημαίνει αναγωγική.

– Αναγωγική είναι *το αντίθετο της οξειδωτικής,* της συνένωσης δηλαδή με το οξυγόνο. Το υδρογόνο είναι το πιο αναγωγικό στοιχείο, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η ατμόσφαιρα τότε περιείχε υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα, νερό, άζωτο, αμμωνία, υδροκυάνιο και υδρόθειο. Ο Ήλιος έστελνε τις ακτινοβολίες του ελεύθερα στη Γη, εφόσον δεν υπήρχε ζώνη όζοντος να συγκρατήσει τις θανατηφόρες υπεριώδεις ακτινοβολίες. Η ζώνη όζοντος δημιουργήθηκε μεταγενέστερα, όταν άρχισε να παράγεται οξυγόνο κατά τη φωτοσύνθεση, γιατί το οξυγόνο είναι η μητρική ουσία, από την οποία παράγεται το όζον. Το *όζον,* που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου, αποτελεί «φίλτρο» για το υπεριώδες φως. Αν η ζώνη όζοντος, που βρίσκεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα της Γης, καταστραφεί, η ζωή στον πλανήτη, όπως τουλάχιστον είναι σήμερα, θα εξαφανιστεί από την υπεριώδη ακτινοβολία που ελεύθερη θα διεισδύει στη Γη.

– Επιτρέψτε μου να διακόψω, είπε η Μάρθα. Ακούμε κάθε μέρα, όταν υπάρχει άπνοια, για τους διάφορους ρύπους που λιμνάζουν στην ατμόσφαιρα, ανάμεσά τους και το όζον. Τελικά είναι ευεργέτης ή φονιάς;

– Ψηλά στην ανώτερη ατμόσφαιρα είναι ευεργέτης, όπως είπαμε. Στον αέρα που αναπνέουμε όμως είναι φονιάς γιατί είναι μια από τις πιο οξειδωτικές ουσίες που κατακαίει τα πάντα, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε.

Ακόμα, τότε, έφταναν πρωτόνια από τον Ήλιο, άφθονη κοσμική ακτινοβολία, ζεστό μάγμα από τη στερεοποιούμενη μάζα της Γης και μέταλλα με καταλυτική δράση, όπως σίδηρος, κοβάλτιο. (Επειδή υπήρχε αναγωγική ατμόσφαιρα, δεν υπήρχε οξυγόνο, ώστε να οξειδωθούν, δηλαδή να κατρακυλήσουν σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα, δηλαδή στη μορφή των οξειδίων τους, να σκουριάσουν). Με τις συνθήκες αυτές, τα παραπάνω μόρια άρχισαν ν' αντιδρούν μεταξύ τους προς πιο πολύπλοκα μείγματα οργανικών ουσιών. Οι συνθήκες αυτές διήρκεσαν ίσως πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια, με αποτέλεσμα τα οργανικά μόρια να πληθαίνουν και σιγά-σιγά να σωρεύονται στις θάλασσες και στις λίμνες. Ειδικότερα στις αβαθείς λίμνες οι συγκεντρώσεις μπορεί να ήταν μεγαλύτερες. Έτσι στις λαγκούνες δημιουργήθηκε η «αρχέγονη σούπα».

Το πρόβλημα όμως δεν είναι μόνο η δημιουργία των πρωταρχικών συστατικών του κυττάρου από τις ουσίες της αρχέγονης σούπας. Σ' αυτήν τη σούπα, όπως και σε ένα άλλο απλό διάλυμα οργανικών ουσιών, μαζί με άλατα και μέταλλα ή άργιλο και άλλους ανόργανους καταλύτες που συνυπάρχουν, οι χημικοί μετασχηματισμοί συνήθως δεν έχουν κανένα ειδικό οργανωτικό χαρακτήρα και προχωρούν ανεξάρτητα ο καθένας προς διάφορες κατευθύνσεις με χαοτικές διασταυρώσεις. Αντίθετα, οι χημικές αντιδράσεις στα έμβια ρυθμίζονται και προχωρούν με μια καθορισμένη σειρά, που στην ολοκλήρωσή της σχηματίζει ένα σύμπλεγμα μεταβολισμών, με σκοπό την απεριόριστη αυτοσυντήρηση, ανάπτυξη και αναπαραγωγή του όλου συστήματος, κάτω από τις «δεδομένες» συνθήκες του περιβάλλοντος. Η οδύσσεια της μετατροπής της άβιας ύλης των οργανικών μορίων σε έμβια οργανική υπήρξε πολύ μακρά και η διαδικασία αυτή συνεχίζεται εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια. Όπως αναφέρει και ο Atkins στο βιβλίο του *«Η Δημιουργία»:*

*«Από τη στιγμή που τα μόρια έμαθαν ν' ανταγωνίζονται και να δημιουργούν άλλα μόρια κατ' εικόνα και ομοίωση, ήταν επόμενο, δεινόσαυροι και αντικείμενα που μοιάζουν με ελέφαντες, να βρεθούν περιπλανώμενα στις σαβάνες σε κάποια χρονική στιγμή».*

– Η ζωή, συνέχισε ο Κάρολος, φαίνεται ότι ξεκίνησε από τις αβαθείς λαγκούνες και τη θάλασσα. Η ζωή στη στεριά αφουγκραζόταν την ηχώ και αυτό που τεκταινόταν στα ερέβη των ωκεανών και στα αβαθή των λιμνοθαλασσών, εκεί όπου η αρχέγονη σούπα μαγειρευόταν. Τι έχει μείνει σ' εμάς σαν ανάμνηση αυτού του μακρινού παρελθόντος της καταγωγής μας; Ίσως η αγάπη μας για τη θάλασσα, για το νερό.

Η εξέλιξη μέσα στο νερό, φαίνεται να συνάντησε σοβαρές αντιξοότητες. Τα ψάρια θα πρέπει ίσως να είπαν στους αμφίβιους συγγενείς τους: η ζωή εκεί στην ξερή τη γη δεν θα έχει καμιά ομοιότητα με την ιχθυόμορφη ζωή, γι' αυτό εμείς θα μείνουμε εδώ που είμαστε· και έμειναν· και η εξέλιξή τους προχώρησε με βραδείς ρυθμούς, και παραμένουν ακόμα ψάρια. Τα δελφίνια, τα θαλάσσια θηλαστικά, τα πιο κοντινά ίσως σ' εμάς, για μυριάδες χρόνια παραμένουν δελφίνια, ίσως πιο μαχητικά, πιο έξυπνα, αλλά πάντα δελφίνια. Ο άνθρωπος όμως στη στεριά προχωράει, εξελικτικά τουλάχιστον, πολύ μακριά, όπως λέει κι ο I. Asimov:

*«Ίσως ακόμα αυτή η όμορφη γη μας να μην είναι παρά ένας προσωρινός σταθμός ανάπαυσης ανάμεσα στη θάλασσα με το αλάτι της, όπου γεννηθήκαμε και τη θάλασσα των αστεριών, όπου πρέπει να συνεχίσουμε».*

– Μέχρι πριν λίγα χρόνια, παρέμενε ένα μεγάλο κενό στη γνώση μας για την προέλευση της ζωής. Η απόσταση ανάμεσα στη χημική εξέλιξη και την πρώτη μονάδα, που ονομάζεται κύτταρο, έδειχνε αγεφύρωτη.

Θα σας πω τώρα δυο λόγια για το μεγάλο οδοιπορικό της επιστήμης, το οποίο συνεχίζεται και βοηθάει στην αποκρυπτογράφηση αυτών των συναρπαστικών γεγονότων, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Σημαντικοί σταθμοί για την απομυθοποίηση της δημιουργίας της ζωής

– Δεν πάνε πολλά χρόνια από τότε που ο W hler (1829), ένας νεαρός Γερμανός χημικός, είχε αφοριστεί γιατί ήταν ο πρώτος που ισχυρίστηκε ότι είναι δυνατόν να φτιάξει οργανικές ουσίες, χωρίς την επενέργεια μιας «υπερκόσμιας» δύναμης, της vita vitalis. Η ζωική δύναμη θεωρείτο τότε απαραίτητη για τη δημιουργία των οργανικών ουσιών, ενώσεων δηλαδή του άνθρακα, που απαντάνε και στους ζωντανούς οργανισμούς. Όταν ο W hler κατάφερε να φτιάξει από ένα ανόργανο αλάτι, το *κυανικό αμμώνιο*, μια οργανική ουσία, που απαντά στα ούρα των θηλαστικών, την *ουρία,* έγραφε χαρακτηριστικά στο δάσκαλό του, τον Berjelius, ο οποίος θεωρείτο διάσημος χημικός της εποχής: *«Πρέπει να σας αναφέρω ότι μπορώ να παρασκευάσω ουρία χωρίς να έχω ανάγκη ούτε από ζωικά ούτε από ανθρώπινα νεφρά»*. Βίαιη υπήρξε η αντίδραση του Berjelius, που θεώρησε θράσος και αποκοτιά τον ισχυρισμό αυτό· και στην απάντησή του στο νεαρό χημικό τελείωνε *«...μην ξεχνάς ότι όποιος αρχίζει με τα ούρα τελειώνει σ' αυτά»*.

Οι βιταλιστικές θεωρίες πολύ γρήγορα θάφτηκαν κάτω από το σωρό των μυριάδων οργανικών ουσιών που παρασκευάστηκαν έκτοτε στα εργαστήρια σ' όλο τον κόσμο και αποτελούν σήμερα την πληθώρα των υλικών που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Είναι αυτές που χαρίζουν τις τόσες ανέσεις στους σύγχρονους ανθρώπους! Αλλά, αν για τη σύνθεση οργανικών ενώσεων οι βιταλιστές πίστευαν στην ανάγκη επενέργειας υπερκόσμιων δυνάμεων, είναι αντιληπτό τι αντιδράσεις θ' αντιμετώπιζε όποιος αποτολμούσε μια προσπάθεια προκειμένου να εξηγήσει τη δημιουργία της ίδιας της ζωής.

Από την εποχή που ο L wenhook (1670) ανακάλυψε το μικροσκόπιο και με τη βοήθειά του πρωταντίκρισε ένα νέο είδος ζωής, τον απειροελάχιστο μικρόκοσμο των μικροοργανισμών, οι βιολόγοι χωρίστηκαν σε δύο σχολές, αυτούς που πίστευαν στην αυτόματη γένεση της ζωής και αυτούς που υποστήριζαν ότι η ζωή δημιουργείται μόνο από τη ζωή.

– Κατά τον Teillhard de Chardin, συνέχισε ο Κάρολος, η ζωντανή αλλά και η άβια ύλη αυτοοργανώνονται από τα απλούστερα στοιχεία προς τις περισσότερο πολύπλοκες ενότητες: «*Από το ανόργανο στο ζωντανό, από το ζωντανό στο λογικό*».

Κατά την υπόθεση αυτή το δαρβίνειο δέντρο της εξέλιξης έχει ως ρίζες του τα εκατό περίπου στοιχεία του περιοδικού συστήματος, από τα οποία ο πρώτος ζωντανός οργανισμός προέκυψε ύστερα από μια πάρα πολύ μακριά εξελικτική διαδικασία. Αυτό όμως παρέμεινε για πολύ διάστημα μια απλή υπόθεση, χωρίς αποδεικτικά ερείσματα. Στον 20ο αιώνα μια σειρά ανακαλύψεων φώτισε σημαντικά το δρόμο. Το πρώτο βήμα έγινε στα μέσα του 20ου αιώνα (1950-1970) όταν διάφοροι ερευνητές παρασκεύασαν στο εργαστήριο με τη βοήθεια απλών μορίων – που πλεόναζαν πριν 3,5 G χρόνια στη γήινη ατμόσφαιρα, και με απομίμηση των συνθηκών, οι οποίες υποθέτουμε ότι επικρατούσαν στον πλανήτη τότε – τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά βιομόρια που συνιστούν το αλφάβητο της ζωής, τη «βιογραμματική» για την οποία μιλήσαμε, δηλαδή πουρινικές βάσεις, συστατικά του DNA, αμινοξέα (συστατικά των πρωτεϊνών), σάκχαρα (δεσοξυριβόζη), αλλά και πιο πολυσύνθετα μόρια, όπως το μόριο του ATP, ακόμα και μικρά μόρια DNA και πρωτεϊνών.

Υπάρχει σήμερα αρκετό πειραματικό υλικό που συσσωρεύθηκε τα τελευταία χρόνια. Πρωτεργάτες για την πειραματική αναπαραγωγή των χαρακτηριστικών οργανικών μορίων, που υπάρχουν σε κάθε ζωντανό οργανισμό – είτε πρόκειται για μονοκύτταρο, είτε για πολυκύτταρο, όπως ο άνθρωπος, είτε για φυτό, είτε για έντομο – είναι οι: S. Miller, J. Oro, C. Ponnamperuna, Schramm, Hazanda, Sztutka, Oparin, Fox, Han Young (1953-1975). Η ερευνητική τους προσπάθεια κατέληξε στη σύνθεση στο εργαστήριο συστατικών μορίων, από τα οποία συντίθενται τα υλικά της βιόσφαιρας.

– Το συμπέρασμα, συνέχισε ο Κάρολος, είναι ότι οι δομικοί λίθοι της ζωής, όπως οι πουρίνες (αδενίνη, γουανίνη), τα σάκχαρα (ριβόζη, δεσοξυριβόζη), τα νεοκλουτίδια, μπορούν να συντεθούν «αβιογενώς» από τα πρωταρχικά αέρια, αέρια της ατμόσφαιρας της Γης, με τις συνθήκες που τότε επικρατούσαν. Αυτά φαίνεται ότι υπήρξαν τα συστατικά της «αρχέγονης σούπας».

Μια πρόσφατη ανακάλυψη που δημοσιεύτηκε στον επιστημονικό τύπο ανέφερε ότι τ' αμινοξέα, αυτοί οι δομικοί λίθοι των μορίων της ζωής των πρωτεϊνών, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν από τα αέρια των ηφαιστείων (μονοξείδιο του άνθρακα και κυανιούχες ενώσεις, παρουσία σιδήρου και νικελίου). *Πιθανόν λοιπόν τα μόρια της ζωής να ξεπήδησαν και από τα έγκατα του πλανήτη!*

Το βασικό πρόβλημα για την εμφάνιση των πρωτοβίων είναι πώς τα προϊ-

όντα των αντιδράσεων τύπου Miller (σάκχαρα, αμινοξέα, πουρίνες) έφτασαν σε τέτοια συγκέντρωση, που θα τους επέτρεπε ν' αντιδράσουν παραπέρα για να δημιουργηθούν μέσα στις λίμνες και στις λαγκούνες οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊνικά οξέα κ.λπ.. Οι υπολογισμοί δεν επιτρέπουν να φανταστούμε συγκεντρώσεις αμινοξέων στην αρχέγονη σούπα μεγαλύτερες από μερικά δισεκατομμυριοστά του γραμμαρίου στο λίτρο.

Υπάρχει, με πρώτη ματιά, μια ανυπέρβλητη δυσκολία στην ιδέα για τη δημιουργία και την εξάπλωση της ζωής μέσα σ' ένα εκτεταμένο υδατικό περιβάλλον, όπως είναι μια λίμνη ή η θάλασσα, γιατί, οπουδήποτε κι αν άρχισε η διαδικασία αυτή, τα μόρια ουσιών που είχαν δημιουργηθεί θα ήταν καταδικασμένα σε συνεχή διάλυση και αραίωση, με αποτέλεσμα να κάνει δύσκολες τις αντιδράσεις σε τόσο αραιό μέσο. Έχουν καταβληθεί πολλές προσπάθειες προκειμένου να βρεθεί μια εξήγηση. Η εκδοχή ότι έγινε συμπύκνωση με εξάτμιση του νερού δεν φαίνεται πιθανή, γιατί, κι αν δεχτούμε ότι την εποχή εκείνη οι λιμνοθάλασσες περιείχαν πολύ μικρές ποσότητες αλατιού, πάλι με τη συμπύκνωση η σχέση οργανικών μορίων αλατιού θα ήταν ένα προς δέκα χιλιάδες. Σχέση που θα καθιστούσε αδύνατη την πραγματοποίηση οργανικών αντιδράσεων.

Μια άλλη εκδοχή είναι η πιθανότητα τα αδιάλυτα πολυμερή, που συμπαράγονται και αποτίθενται στα τοιχώματα της συσκευής σε πειράματα τύπου Miller, να έπαιξαν το ρόλο μεμβράνης, στην οποία προσροφήθηκαν εκλεκτικά τ' αμινοξέα και οι άλλες οργανικές ουσίες. Κατά τον Barnal – κι αυτή είναι μια σημαντική εκδοχή – τα απλά μόρια, τα οποία με τη βοήθεια των ανέμων και των κυμάτων συσσωρεύονταν στις υγρές όχθες των ακτών και των εκβολών των ποταμών, άρχισαν να προσκολλώνται εκλεκτικά σε προσροφητικές επιφάνειες, όπως είναι η άργιλος, οι οποίες εμπλουτίζονταν έτσι καθημερινά σε οργανικό υλικό. Η άργιλος και η άμμος, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, συγκρατούν εκλεκτικά ορισμένα μόρια· κάτι που εκμεταλλευόμαστε σήμερα εντατικά στα εργαστήρια για την ανάλυση και το διαχωρισμό πολύπλοκων μειγμάτων στα συστατικά τους. Πρόκειται για τις χρωματογραφικές μεθόδους, τις πιο συνηθισμένες αναλυτικές μεθόδους της σύγχρονης χημείας κατέληξε ο Κάρολος.

**Είμαστε μόνοι στον κόσμο;**

– Σύμφωνα με τις τελευταίες θεωρίες, πήρε το λόγο ο Ευκλείδης, πιθανόν, ένα μέρος από τα βαριά στοιχεία να δημιουργείται και στις παρυφές του δίσκου των μαύρων οπών. Σ' αυτό το ζοφερό ενεργειακό καμίνι, όπου οι θερμοκρασίες κυμαίνονται σε δισεκατομμύρια βαθμούς, η ύλη στροβιλίζεται γύρω από το στόμα του «δράκου», χωρίς να εισχωρεί στο εσωτερικό, κι εκεί συντήκεται και μεταμορφώνεται στα βαριά μέταλλα. Τα μέταλλα αυτά αποδίδουν την ενέργεια με τη σχάση του πυρήνα τους, κάτι που ο άνθρωπος γνώρισε στη Χιροσίμα και εκμεταλλεύεται στα εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας.

Έτσι, λοιπόν, μόνο καταστροφικές εκρήξεις από σουπερνόβες ή οι μαύρες

τρύπες μπορούν να δώσουν την απαιτούμενη ενέργεια για βαρύτερα στοιχεία. Επειδή στο δικό μας τον Ήλιο και στη Γη απαντούν τέτοια στοιχεία, συμπεραίνουμε ότι προηγήθηκε η γέννηση και ο θάνατος άλλων αστεριών πριν δημιουργηθεί ο δικός μας Ήλιος. *Το Ηλιακό μας Σύστημα,* δηλαδή, δημιουργήθηκε από τις στάχτες μιας σουπερνόβας.

Όλα τα στοιχεία της Γης φαίνεται ότι δημιουργήθηκαν μέσα σ' ένα αστρικό εργαστήρι πριν μερικά δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά την υπόθεση αυτή, σε κάθε σταγόνα από το πορφυρό υγρό της ζωής, το *αίμα,* πρωταγωνιστεί ένα άτομο σιδήρου, που «συνελήφθη» τις ώρες της ενεργειακής ευωχίας κάποιας μακρινής σουπερνόβας στις παρυφές του Γαλαξία μας ή κάποιου άλλου γαλαξία, αφού τέτοια βαριά άτομα δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθούν στο ηλιακό σύστημα. Το ασβέστιο στα οστά και στα δόντια μας, το κοβάλτιο στο συκώτι μας, το ιώδιο στο θυρεοειδή αδένα μας, ο ψευδάργυρος στο πάγκρεας, προέρχονται από τον αστρικό χώρο, αλλά και το άζωτο, ο άνθρακας, το οξυγόνο, μπορεί να προέρχονται από άλλα άστρα του Γαλαξία. Είμαστε φτιαγμένοι, όπως είπαμε, από διαστημική ύλη, από αστρική σκόνη. *Είμαστε παιδιά των άστρων.* Όπως λέει ο C. Sagan: *«Κάθε άνθρωπος είναι λίγο ή πολύ και ένα αστέρι. Όταν κοιτάμε τον έναστρο ουρανό είναι σαν να βλέπουμε τον εαυτό μας στον καθρέφτη»*, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

Κατά τα πρώτα πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια από τη δημιουργία του Γαλαξία μας, αναπτύχθηκαν γρήγορα γιγάντια άστρα και οι σουπερνόβες τους δημιούργησαν τα βαριά στοιχεία. Δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα οι στάχτες από τα γιγαντιαία αυτά αστέρια κυκλοφορούσαν ως διαστρικό νέφος και τα συστατικά τους συνενώθηκαν, όπως το χιόνι σε χιονοστοιβάδες. Πέντε δισεκατομμύρια χρόνια μετά την έκρηξη του διαστημικού νέφους δημιουργήθηκε το Ηλιακό μας Σύστημα, που είναι ένα από τα τελικά προϊόντα αυτής της κοσμογονίας, όπως και μερικοί μεγάλοι μετεωρίτες. Ένας απ' αυτούς είναι και ο πλανήτης Γη. Ένας πλανήτης που μοιάζει με αβγό ή πορτοκάλι· πρόκειται για ένα λεπτό στερεό φλοιό, πάνω στον οποίο διαβιώνουμε, ενώ εσωτερικά είναι ρευστός, όπως τραγικά το διαπιστώνουμε, εκεί όπου μικρές ρωγμές επιτρέπουν στη ζοφερή λάβα των ηφαιστείων να ξεχυθεί, κατακαίγοντας ό,τι βρεθεί στο διάβα της.

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του πλανήτη διατηρείται χάρη στις ραδιενεργές αντιδράσεις αποικοδόμησης ασταθών βαρέων στοιχείων, που διατηρούν το εσωτερικό της Γης σε κατάσταση τήγματος. Ο εσωτερικός πυρήνας αποτελείται από τηγμένο σίδηρο και νικέλιο και περιβάλλεται από ένα λεπτό φλοιό πυριτικών βράχων. Αξίζει ίσως τον κόπο να σημειωθεί ότι τα πιο βαθιά ορυχεία μας, βάθους τριών χιλιομέτρων, δεν είναι παρά ένα τσίμπημα καρφίτσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας, που έχει διάμετρο δεκατρείς χιλιάδες χιλιόμετρα. Μπορεί να φτάσαμε στο φεγγάρι και στις παρυφές του Ηλιακού μας Συστήματος, αλλά είμαστε ακόμα πολύ μακριά από το κέντρο της Γης, εξήμισι χιλιάδες περίπου χιλιόμετρα από εδώ που καθόμαστε.

Στο χώρο ανάμεσα στ' αστέρια, δηλαδή τους ήλιους, τους πλανήτες, τους δορυφόρους, τους κομήτες, τους αστεροειδείς και τους μετεωρίτες, φαίνεται ότι δημιουργήθηκε και η ζωή. Ένα από τα σκηνικά που εμφανίστηκαν σ' αυτόν τον πλανήτη είναι και η ανάπτυξη του «εχέφρονος ανθρώπου», του homo sapiens.

Σ' αυτό το απέραντο Σύμπαν, ο γεωκεντρικός, ο εγωκεντρικός, ο αλαζονικός άνθρωπος, έχει την υπεροψία να νομίζει ότι είναι η μόνη νοήμων μορφή, όταν τα υλικά κατασκευής είναι σκορπισμένα παντού στο αχανές διάστημα. Ας μην ξεχνάμε ότι οι μετεωρίτες περιέχουν όλα τα συστατικά για να σχηματιστούν οι μεμβράνες των κυττάρων, δηλαδή οι *βασικοί δομικοί λίθοι της ζωής*. Ίσως, ένα ακόμα επιχείρημα στις θεωρίες του D nicken, ότι η ζωή ήρθε από το διάστημα, πρόσθεσε ο Ευκλείδης και συνέχισε:

Αν δεχτούμε την υπόθεση του C. Sagan, ότι σε κάθε εκατό χιλιάδες αστέρια υπάρχει ένας πολιτισμός ανάλογος με το δικό μας, τότε θα πρέπει στο δικό μας μόνο Γαλαξία να υπάρχουν σχεδόν ένα εκατομμύριο τέτοιοι πολιτισμοί. Αλλά και με τη συλλογιστική του H rner, του εθνικού ραδιοαστρονομικού παρατηρητηρίου των ΗΠΑ, αν σε ένα από κάθε τρία εκατομμύρια άστρα μπορεί ν' αναπτυχθεί τεχνολογικός πολιτισμός, τότε, πάλι ο Γαλαξίας μας θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον τριάντα πέντε χιλιάδες τέτοιους πολιτισμούς. Κατά τον H rner, το κοντινότερο από τ' αστέρια αυτά θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση εξακοσίων ετών φωτός από τη Γη, πράγμα που σημαίνει ότι: αν μας στείλει τώρα ένα μήνυμα με την ταχύτητα του φωτός (300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο), θα φτάσει μετά από εξακόσια χρόνια και θα πάρει άλλα τόσα για να του απαντήσουμε. Αλλά, όπως λέει κι ένας Σοβιετικός αστρονόμος: αν οι πολιτισμοί αυτοί, που η ηλικία τους μπορεί να είναι διπλάσια ή και τριπλάσια από αυτή του δικού μας Ήλιου, είναι πολύ πιο προηγμένοι από το δικό μας, ίσως δεν έχουν καμιά διάθεση να επικοινωνήσουν με τη Γη, όπως εμείς δεν θα είχαμε καμιά διάθεση επικοινωνίας μ' έναν πλανήτη που κατοικείται από πρωτόζωα. Άσε που θα κινδυνεύαμε, όπως φαντάζεται ο Hibs, να θεωρηθούμε από κάποιους πιο έξυπνους εξωγήινους σαν είδος κατοικίδιων ζώων, τα οποία θα άρχιζαν να περιποιούνται για εκμετάλλευση ή για φαγητό. Μήπως έτσι δεν κάνουμε κι εμείς με τα τόσα έξυπνα ζώα του πλανήτη μας;

Τα όσα μέχρι στιγμής σας διηγήθηκα είναι πολύ γενικά. Οι γνώσεις σήμερα σωρεύονται γοργά· ζωτικά ερωτηματικά και αντιρρήσεις θα βρουν θετικές απαντήσεις με τις διαστημικές μας δραστηριότητες σύντομα, τόνισε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Η πιο σημαντική κοσμολογική πληροφορία του 20ου αιώνα είναι, ίσως, η αποκάλυψη ότι ο Γαλαξίας μας δεν είναι ο μοναδικός, αλλά ένας ασήμαντος ανάμεσα σε δισεκατομμύρια άλλους ορατούς και πλήθος άλλους σκοτεινούς, ψυχρούς, αόρατους, που ανακαλύφθηκαν τα τελευταία χρόνια. Οι γαλαξίες αυτοί δεν είναι σκορπισμένοι τυχαία στο διάστημα, αλλά σχηματίζουν ομάδες, σμήνη, υπερσμήνη, που οι κινήσεις τους ακολουθούν μια νομοτέλεια. Φαίνεται

ότι υπάρχει περιοδικότητα της κατανομής των γαλαξιών σε μεγάλη έκταση του Σύμπαντος, πράγμα που δίνει την εικόνα της οργάνωσης μέσα από το χάος των μεγάλων συγκροτημάτων της ύλης.

*Το Σύμπαν είναι πολύ μεγαλύτερο απ' ό,τι φανταζόμαστε εμείς οι άνθρωποι, σκαρφαλωμένοι στην επιφάνεια ενός μικρού μετεωρίτη-πλανήτη, ενός ασήμαντου αστεριού, του Ήλιου, που ταξιδεύει στις παρυφές ενός ασήμαντου γαλαξία.*

Οι πιο σημαντικοί γαλαξίες πιθανόν να βρίσκονται συγκεντρωμένοι στις επιφάνειες τεράστιων σπειροειδών κενών. Πρόκειται για τη *Θεωρία των «Φυσαλίδων»*. Όλα τα σμήνη και τα υπερσμήνη γαλαξιών είναι κατανεμημένα σαν να διαγράφουν τις επιφάνειες τεράστιων φυσαλίδων.

Το Σύμπαν, πραγματικά, μοιάζει σαν να είναι «αφρός». Αποτελείται από σφαιροειδή κενά, στις κυρτές επιφάνειες των οποίων και μόνο υπάρχει ύλη και μετά πάλι μεσολαβεί τεράστιος κενός χώρος. Κανείς για την ώρα δεν ξέρει πώς δημιουργήθηκε η δομή αυτών των φυσαλίδων. Ίσως τα κενά, δεν είναι κενά αλλά καταλαμβάνονται από σκοτεινή ύλη, ψυχρή ύλη, ορατή με υπέρυθρους ανιχνευτές· μια άποψη που ενισχύεται από τις τελευταίες παρατηρήσεις, κατέληξε ο Ευκλείδης.

– Θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να συνεχίσουμε τη συζήτησή μας για τη δημιουργία της ζωής και την απομυθοποίησή της, συνέχισε ο Κάρολος, σύμφωνα με τα πορίσματα της νέας χημείας που γεννήθηκε περί το τέλος του 20ου αιώνα, με πρωτεργάτη τον νομπελίστα Il. Priogogine και τη σχολή του.

## Η ζωή και το χάος – Η εξέλιξη της ζωής

### *Ο υπέρτατος, ο παντοδύναμος νόμος – Η αταξία, η εντροπία, ο θερμικός θάνατος και η τάξη*

– Μας είχες υποσχεθεί Κάρολε να συνεχίσουμε τη συζήτηση για την απομυθοποίηση της προέλευσης της ζωής υπό το φως της νέας χημείας, είπε ο Ιπποκράτης.

– Το περιμένω με μεγάλο ενδιαφέρον, συμπλήρωσε ο Ευκλείδης.

– Νομίζω όμως, είπε ο Κάρολος, ότι θα ήταν ωφέλιμο προηγουμένως να μας θυμίσει ο Ευκλείδης τον αδυσώπητο Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο.

– Όλα στον κόσμο αυτόν που ζούμε, άρχισε ο Ευκλείδης, έχουν την τάση να πορεύονται προς την άνεση, εκεί όπου η ενέργεια βρίσκεται στα χαμηλότερα επίπεδά της. Όλα ρέπουν προς το κατρακύλημα, προς τις χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες. Στον κανόνα αυτόν υπακούουν τα ηλεκτρόνια, τα άτομα, τα μόρια, οι πέτρες, τα ποτάμια και φυσικά τα έμβια και οι άνθρωποι, που είναι φτιαγμένοι από ηλεκτρόνια, άτομα και μόρια.

Όλα από ψηλά πέφτουν αυθόρμητα προς τα χαμηλότερα. Οι πέτρες, αν αφεθούν από ψηλά, πέφτουν· ποτέ δεν τινάζονται αυθόρμητα προς τα πάνω. Τα ποτάμια κατρακυλάνε από τα βουνά προς τη θάλασσα. Η θερμοκρασία, αυθόρμητα, έχει την τάση να πέφτει προς τα χαμηλά. Οι φωτεινές ακτινοβολίες ψάχνουν

να βρουν τη συντομότερη διαδρομή στο συντομότερο χρόνο, γι' αυτό το φως μεταδίδεται σ' ευθεία γραμμή και δεν προτιμάει την τεθλασμένη. Το ζεστό φαΐ κρυώνει, αλλά ποτέ δεν αυτοθερμαίνεται. Είναι εύκολη η κάθοδος από έναν ουρανοξύστη, μα πολύ πιο δύσκολη η άνοδος χωρίς ανελκυστήρα. Όλα τα φυσικά φαινόμενα τείνουν προς την εύκολη λύση ή τουλάχιστον την κατά το δυνατόν ευκολότερη. Στον κόσμο αυτόν που ζούμε, όλα τα σωματίδια, το φως, οι άνθρωποι, οι πλανήτες, τ' αστέρια, προτιμούν ν' ακολουθούν τις συντομότερες δυνατές διαδρομές.

Όλοι προτιμάμε ένα άνετο κρεβάτι σε σχέση με μια πολυθρόνα. Οπωσδήποτε, όμως, η τελευταία είναι πιο άνετη από την ορθοστασία. Αν όμως για μια στιγμή βρεθούμε κρεμασμένοι σ' ένα μονόζυγο, φορτωμένοι με την πρόσθετη ενέργεια που καταβάλαμε για ν' ανυψώσουμε το κορμί μας, τότε νοσταλγούμε την ορθοστασία και λαχταράμε να ξεφορτωθούμε την περισσή ενέργεια· επειγόμεθα να πηδήξουμε από το μονόζυγο, κι αν είναι δυνατόν να ξαπλώσουμε.

Όλοι *γνωρίζουμε τα δικαιώματά μας, λίγοι όμως τις υποχρεώσεις μας· αυτές συνεπάγονται προσπάθεια, καταβολή έργου, δηλαδή υψηλότερες ενεργειακές στάθμες. Η συνέπεια στους ανθρώπους έχει «λύτρα».* Γι' αυτό οι περισσότεροι προτιμάνε *την ασυνέπεια.* Πρόκειται για την αδυσώπητη αρχή της *ήσσονος προσπάθειας*. Όλοι επιθυμούν τη μέγιστη απολαβή, καταβάλλοντας το μικρότερο τίμημα. Πολύ παλαιά εξάλλου είναι η ρήση: *e dolce far niente**. Η ξάπλα του καλοχορτασμένου γάτου στη λιακάδα είναι πρότυπο παράδειγμα του επιθυμητού, όχι όμως και του εφικτού – τουλάχιστον για όλες τις ώρες – για ένα κοινωνικό ον, όπως είναι ο άνθρωπος.

Υπάρχει όμως για τον άπληστο και αχόρταγο άνθρωπο, που έχει ανάγκη να καταναλώνει συνεχώς ενέργεια, ακόμα ένας νόμος, μια φυσική δυσχέρεια, που τον υποχρεώνει σε συνεχή προσπάθεια, προκειμένου να επιβιώσει: *η τάση που επικρατεί στη φύση για υποβάθμιση της ενέργειας*. Πιο ειδικά, η θερμική ενέργεια, πανταχού παρούσα, αποτελεί υποβαθμισμένη χαμηλής αξίας μορφή ενέργειας, *αφού δεν είναι δυνατόν να μετατραπεί στις άλλες ωφέλιμες μορφές, όπως την κινητική, την ηλεκτρική, παρά με πολύ μεγάλες απώλειες*. Ένα αυτοκίνητο, για παράδειγμα, αξιοποιεί για κίνηση το 10-20% της ενέργειας που του παρέχει η καύση της βενζίνης· το υπόλοιπο σκορπίζεται από την εξάτμιση, με τα καυσαέρια, το ψυγείο, τις τριβές των ελαστικών στην άσφαλτο, τις τριβές του αέρα, που απλώς ανεβάζουν κατά ένα απειροελάχιστο τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος· τελικά, άχρηστη γι' αξιοποίηση θερμότητα. Το έργο δηλαδή αποτελεί τακτική κίνηση. Αντίθετα, στη θερμότητα δεν υπάρχουν παρά τυχαίες κινήσεις και ροπή προς την αταξία. Σ' όλες τις ενεργειακές μετατροπές παρέχεται λίγο ή πολύ και ένα ποσό θερμότητας που οφείλεται σε τριβές από ατέλειες των μηχανών, τα βραχυκυκλώ-

* Δηλαδή είναι «γλυκό να μην κάνεις τίποτα».

ματα, τα τυχαία γεγονότα, τις εξώθερμες χημικές αντιδράσεις. Υπάρχει δηλαδή μια συνεχής *υποκλοπή* σε βάρος των διάφορων μορφών ενέργειας προς όφελος μιας άχρηστης θερμικής ισοπεδωμένης ενέργειας.

Δυστυχώς για τον άνθρωπο, η πραγματική χρησιμότητα μιας θερμίδας δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβλητή ποσότητα. Μόλις ελευθερωθεί μια θερμίδα, κατά την οποιαδήποτε καύση, η χρησιμότητά της αρχίζει να κατρακυλάει και να υποβαθμίζεται, και όσο η θερμοκρασία της χαμηλώνει, τόσο η αξία της για το ανθρώπινο γένος εξαφανίζεται. Όταν πλησιάσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, πρακτικά η αξία της μηδενίζεται. Αυτός είναι ο λόγος που δεν μπορούμε ν' αξιοποιήσουμε τις απεριόριστες ποσότητες ενέργειας που περικλείουν οι απέραντες θάλασσες ή τη θερμότητα που σκορπίζουν εκατομμύρια εξατμίσεις αυτοκινήτων και καυστήρων ή οι ανάσες τρισεκατομμυρίων ζωικών οργανισμών που ζουν στον πλανήτη και σκορπίζονται άχρηστες στον αέρα. Δηλαδή σ' ένα ενεργειακώς απομονωμένο σύστημα οι διάφορες θερμοκρασίες υποχρεωτικά τείνουν να μηδενιστούν. Όπου όμως οι θερμοκρασίες εξισώνονται, είναι αδύνατον να υπάρξουν διαφορές θερμικού δυναμικού. Χωρίς αυτήν τη διαφορά δεν μπορεί να συντελεστεί κανένα φαινόμενο και το σύστημα παραμένει αδρανές (γι' αυτό και η ανάγκη να δαπανάμε ενέργεια όταν θέλουμε να ψύξουμε ένα ψυγείο). Με βάση αυτό, η ποιότητα της ενέργειας τείνει φυσιολογικά να εκφυλιστεί παρά να βελτιωθεί.

– Έτσι, αν το Σύμπαν αποτελεί κλειστό περιορισμένο σύστημα, η ενέργειά του θα υποβαθμίζεται συνεχώς και θα διαχέεται σε άχρηστη θερμότητα, ανίκανη να παράγει έργο, μέχρις ότου αποκτήσουν όλα μια ομοι-όμορφη θερμοκρασία, τη θερμοκρασία των -273 βαθμών Κελσίου, δηλαδή τη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός, την οριακή κατώτερη θερμοκρασία, όπου τα πάντα ακινητούν, ακόμα και οι δονήσεις των ατόμων και των μορίων. Αυτό όμως αντιστοιχεί με το θερμικό θάνατο του Σύμπαντος, το περίφημο Waermetod του Clausius, ενός διάσημου φυσικού, που βασάνισε τη σκέψη των φιλοσόφων του περασμένου αιώνα, παρενέβη ο Κάρολος και συνέχισε.

Συγχρόνως, υπάρχει στη φύση κι ένας ακόμα αυθορμητισμός: η αύξηση της αταξίας· *η τάξη ρέπει προς την αταξία.* Ένα νοικοκυρεμένο σπίτι, για παράδειγμα, που εγκαταλείπεται, ύστερα από καιρό, η βροχή, οι άνεμοι, το κρύο, η ζέστη, θα το γεμίσουν σκόνες, πεσμένους σοβάδες, αταξία. Γι' αυτό άλλωστε ο καθημερινός αγώνας της νοικοκυράς. Ένα αφρόντιστο αυτοκίνητο θα μεταβληθεί γρήγορα σε σακαράκα. Είναι εύκολο να καταστρέψεις την αρμονική δομή ενός αβγού, είναι όμως αδύνατο να ξαναφτιάξεις αβγό από ομελέτα. Είναι εύκολο να καταστρέψεις ένα λουλούδι, να πατήσεις ένα μυρμήγκι, όχι όμως και να τα δημιουργήσεις. Είναι εύκολο να καταστρέψεις ένα σπίτι με μια βόμβα. Όλοι όμως γνωρίζουμε την προσπάθεια, το έργο που πρέπει να καταβληθεί προκειμένου να ξαναχτιστεί. Πόση ενέργεια, πόσα υλικά, πόση προσπάθεια για τάξη, ώστε να χτιστεί ένα σπίτι που αν αφεθεί αφρόντιστο αρχίζει η κατάρρευσή του. Η ενέργεια αυτή, που ξοδεύτηκε για να χτιστεί, υποβαθμίστηκε, χάθηκε στην πράξη για πάντα. Η

ζυγαριά γέρνει πάντα προς τη μεριά της αταξίας. Ποτέ το μπερδεμένο κουβάρι δεν ξεμπερδεύεται, αλλά συμβαίνει το αντίθετο· και επειδή ενός κακού μύρια έπονται, όλα σ' αυτόν τον κόσμο πάνε από το κακό στο χειρότερο. Είναι άλλωστε λογικό η τάξη να ρέπει προς την αταξία, αφού για ένα φυσικό σύστημα οι δυνατές καταστάσεις αταξίας είναι πάντοτε πολύ περισσότερες από τις καταστάσεις που επικρατεί τάξη. Για παράδειγμα, φανταστείτε ένα παιγνίδι που παίζεται με χρωματιστούς κύβους. Αν αυτοί συναρμολογηθούν σωστά, προκύπτει κάποια εικόνα. Αυτός όμως είναι ο ένας και μοναδικός συνδυασμός. Αντίθετα, υπάρχει τεράστιος αριθμός διατάξεων αταξίας, όπου η εικόνα εξαφανίζεται. Έτσι, στις επόμενες στιγμές είναι πολύ πιθανότερο οι κύβοι να βρεθούν σε κατάσταση αταξίας. Όλοι γνωρίζουμε ότι αν αδειάσουμε τους κύβους από το κουτί τους στο τραπέζι είναι απίθανο να σχηματιστεί αυτόματα η επιθυμητή εικόνα.

Η τάση αυτή προς την αταξία χαρακτηρίζεται με τον όρο *εντροπία*. Έτσι η *εντροπία,* συνώνυμη με την *αταξία,* όσο ενηλικιώνονται οι άνθρωποι αυξάνεται – μιας και σε κάθε κύκλο πραγματοποιούνται αντιδράσεις που αποτελούν συνεχές φαινόμενο στην εκδήλωση της ζωής μας – και η τάση για αταξία μεγαλώνει. Γι' αυτό την εντροπία τη χαρακτηρίζουμε και *βέλος του χρόνου*, μιας και όσο μεγαλύτερη είναι τόσο πιο πολύς χρόνος έχει περάσει. Το ίδιο ισχύει για τη Γη και το Σύμπαν. Όσο ο «σχετικός» για τον άνθρωπο χρόνος κυλάει προς το μοιραίο φινάλε, την απόλυτη αποδιοργάνωση, τη μισητή αταξία του θανάτου, η ύπαρξή του συνεχώς φθείρεται· είναι η αντίθετη διαδρομή από τη χαρμόσυνη γέννηση, τη δημιουργία της τάξης. *Έτσι η λαχταριστή χυμώδης κοπέλα, όσο κι αν αντιστέκεται, θα μεταμορφωθεί τελικά στη στραφιδιασμένη, μελαγχολική, όλο παραξενιές υπερήλικη.*

Όλα τα γεγονότα γύρω και μέσα μας έχουν το ίδιο κίνητρο: οδηγούνται από μια άσκοπη κατάρρευση. Η τάση της ενέργειας να οδεύει προς το χάος την αναγκάζει να μεταμορφώνεται τελικά σε αγάπη, μίσος ή πόλεμο με τη βοήθεια χημικών αντιδράσεων. *Όλες οι πράξεις, ακόμα και η μετουσίωση της σκέψης σε δράση, δεν είναι παρά αλυσίδες χημικών αντιδράσεων*. Το κίνητρο όλων των μεταβολών και η φυσική διασπορά της ενέργειας συντελούν στην ακαριαία κατάρρευση. Οι πράξεις δημιουργίας συνιστούν προσωρινές και τοπικές μειώσεις της αταξίας της εντροπίας. Κάθε μείωση όμως οδηγείται σε μια μεγαλύτερη θύελλα αταξίας, κάπου αλλού.

– Είναι όμως μόνον έτσι; διερωτήθηκε ο Πλάτων.

– Ευτυχώς υπάρχει και η αντίθετη τάση, συνέχισε ο Κάρολος. Τα έμβια συστήματα όταν δημιουργούνται αυθόρμητα τείνουν προς την οργάνωση, την *τάξη,* την *αρμονία.* Εμφανίζουν δηλαδή *αρνητική εντροπία*. Τα ζωντανά συστήματα αποτελούνται από καλά οργανωμένη δομή. Έχουν την ικανότητα να δημιουργούν από την αταξία τάξη και παλεύουν με όλες τις δυνάμεις τους για ν' αποφύγουν την αποσύνθεση, τη *διάλυση,* το *θάνατο. Τάξη και αταξία συνεχώς εναλλάσσονται.*

Αυτό που προσπαθεί το κάθε σύστημα, το οποίο έχει δημιουργήσει κάποια τάξη, είναι να καθυστερήσει την επιστροφή του προς την αδυσώπητη ροπή, προς

την αταξία. Όλα τα έμβια αγωνίζονται απεγνωσμένα για να μην οδηγηθούν στην αταξία, στο θάνατο. Η πάλη του ανθρώπου με τη φθορά, τις ρυτίδες, είναι απεγνωσμένη. Γι' αυτό η βιομηχανία καλλυντικών αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες οικονομικές δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα.

Τα έμβια, αντλώντας ενέργεια από τον Ήλιο, προσπαθούν να διατηρήσουν το τακτικό τους σύστημα σε λειτουργία. Τα έμβια, δηλαδή, αποτελούν «ανοιχτά» συστήματα, αφού για να επιβιώσουν είναι αναγκασμένα να εισάγουν και να εξάγουν συνεχώς στο περιβάλλον υλικά και ενέργεια. Για να ζήσουν δηλαδή οι άνθρωποι, όπως και κάθε έμβιο, καταναλώνουν τρόφιμα που είναι μορφή ενέργειας, η οποία χαρακτηρίζεται από τάξη και τη μεταμορφώνουν, μεταξύ άλλων, κυρίως σε θερμότητα του κορμιού τους και απορρίμματα, αυξάνοντας έτσι την αταξία του Σύμπαντος. Είναι πραγματικά χαρακτηριστικό της ζωής η απορρόφηση τάξης, υψηλής δηλαδή ποιότητας ενέργειας από το περιβάλλον, και ο διασκορπισμός της στον περίγυρο υπό μορφή χαμηλής ποιότητας θερμικής ενέργειας, δηλαδή αταξίας. Κατά την έννοια αυτή, διαφθείρουμε, υποβαθμίζουμε τον εξωτερικό κόσμο, προκειμένου να χτίσουμε το δικό μας. Για να δημιουργήσουμε αρνητική εντροπία, με την οποία ταυτίζεται η ζωή, δημιουργούμε εντροπία, δηλαδή αυξάνουμε την αταξία, υποβαθμίζουμε την ενέργεια. Έτσι, *η αρνητική εντροπία αναφέρεται στη δύναμη που έχει η ζωή να χτίζει περίπλοκα σχήματα από απλούστερα στοιχεία, δομημένες μορφές από το άμορφο, τάξη από την αταξία. Είναι η δύναμη που έχει το φυτό να παίρνει ακατάστατα μόρια του αέρα, του νερού, της γης και φωτόνια του Ήλιου και να συνθέτει σχήματα, χρώματα, αρώματα, αρμονία. Αυτή είναι η ροπή που η φύση και οι νόμοι της επιτάσσουν.*

Όλοι πραγματικά οι ζωντανοί οργανισμοί από τον πιο απλό μονοκύτταρο ως το πιο πολύπλοκο θηλαστικό διατηρούν την περίπλοκη μορφή τους και τις λειτουργίες τους με συνεχή ανταλλαγή ύλης, ενέργειας και πληροφοριών με το περιβάλλον τους. Ο ζωντανός οργανισμός συνεχώς δημιουργεί περιπλοκότερα και με περισσότερη τάξη υλικά από τα υλικά με τα οποία διατρέφεται, πιο πολύπλοκες μορφές ενέργειας, από την ενέργεια που απορροφά, περιπλοκότερες πληροφορίες απ' αυτές που περνούν την είσοδό του: *αντιλήψεις, σκέψεις, συναισθήματα.* Άλλωστε, σ' αυτό βασίζεται η εξέλιξη.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των ενζύμων που δρουν σε μικροσκοπική κλίμακα με αρνητική εντροπία και διοχετεύουν το χημικό δυναμικό προς τις κατευθύνσεις που έχουν επιλέξει και του οποίου το πρόγραμμα εκτελούν. Όπως λέει ο Charon, ένας Γάλλος φυσικός: «*Η περιπέτεια αυτού του κόσμου οικοδομείται με μια μηχανική που παίζει ανάμεσα στην τάξη και στην αταξία και η μία είναι απαραίτητη για την ύπαρξη της άλλης*». Το χάος και η αρμονία.

Ο άνθρωπος σε απάντηση στις φυσικές αυτές τάσεις, υποχρεωμένος να ζει σε κοινωνικές ομάδες, προσπαθεί με την οργάνωση και την παιδεία να βάλει ένα φραγμό στην αποδιοργάνωση. Οι μηχανές, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, η πληροφορική, τα «έξυπνα» ρομπότ είναι η αντίδρασή του.

## Η έννοια του χάους

– Παρά τις επιτυχίες στην αποκρυπτογράφηση της προέλευσης της ζωής που συζητήσαμε προηγούμενα βράδια, ένα βαθύ βάραθρο άγνοιας χώριζε ακόμα το έμβιο από το άβιο. Νέα θετικά στοιχεία πρόσφερε μετά το 1960 η «νέα χημεία», η χημεία που ασχολείται με «τ' ανοιχτά» θερμοδυναμικά συστήματα, τα συστήματα που βρίσκονται μακριά από την κατάσταση ισορροπίας, τόνισε ο Κάρολος.

– Τι ακριβώς εννοείς όταν μιλάς για συστήματα που βρίσκονται μακριά από *τη θέση ισορροπίας;* ρώτησε ο Πλάτων.

– Έχεις δίκιο, είπε ο Κάρολος, καμιά φορά, επειδή εμείς αυτήν την ορολογία τη χρησιμοποιούμε συχνά, τη θεωρούμε αυτονόητη. Να σου εξηγήσω με δυο λόγια. Οι περισσότερες αντιδράσεις ανάμεσα σε οργανικά μόρια είναι αμφίδρομες: Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι η ουσία Α αντιδρά με την ουσία Β, και τα δύο αυτά μόρια μετασχηματίζονται σ' ένα νέο προϊόν Γ, όταν αποκατασταθεί η ισορροπία Α+Β ⇆ Γ, τότε όχι μόνο μόρια Α και Β μετασχηματίζονται σε προϊόν Γ, αλλά συγχρόνως και μόρια Γ διασπώνται προς τα μητρικά Α και Β. Γι' αυτό και η απόδοση σε προϊόν Γ δεν είναι ποσοτική, αλλά ένα ποσοστό της θεωρητικής. Όταν το σύστημα σταθεροποιηθεί ως προς τα ποσοστά των ουσιών Α, Β και Γ, δηλαδή όσα συντίθενται τόσα και αποσυντίθενται, τότε λέμε ότι το *σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία.* Σύμφωνα με το Δεύτερο Νόμο: όλα τα συστήματα τείνουν προς μια κατάσταση ισορροπίας. Υπάρχουν όμως και συστήματα, όπως θα δούμε, που βρίσκονται μακριά από τη θέση ισορροπίας, κι αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

– Αυτό το κατάλαβα, είπε ο Πλάτων, αλλά μίλησες και γι' *ανοιχτά θερμοδυναμικά συστήματα.* Γιατί ακριβώς πρόκειται;

– Ένα σύστημα, το οποίο δεν ανταλλάσσει θερμότητα, ύλη και έργο με το περιβάλλον, απάντησε ο Κάρολος, είναι ένα *κλειστό θερμοδυναμικό σύστημα.* Για παράδειγμα, μια χειραντλία ποδηλάτου, που έχει τυλιχτεί καλά μ' ένα θερμομονωτικό υλικό και έχει τροποποιηθεί, ώστε να παίρνει και να δίνει αέρα στο ίδιο λάστιχο (θερμικά μονωμένο επίσης), πλησιάζει στο *κλειστό* θερμοδυναμικό σύστημα. Αντίθετα, ένα σύστημα που μπορεί ν' ανταλλάσσει ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον είναι *ανοιχτό* θερμοδυναμικό σύστημα, και σ' αυτό ανήκουν τα έμβια, αφού για να επιζήσουν έχουν ανάγκη από το περιβάλλον, από το οποίο προμηθεύονται ενέργεια και υλικά: τροφές, νερό, αέρα... Συγχρόνως εξάγουν στο περιβάλλον διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμό, μεθάνιο, ιδρώτα, απορρίμματα, ιδέες και άχρηστη υποβαθμισμένη θερμική ενέργεια. Κι εδώ, θα χρειαστούμε και μιαν άλλη βασική έννοια την οποία μας ανέλυσε ο Ευκλείδης, την έννοια της *εντροπίας* που ταυτίζεται με την *αταξία,* τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Όλα στον κόσμο αυτό, όπως είπαμε, τείνουν προς την υποβάθμιση της ενέργειας και την αταξία. Αντίθετα, τ' ανοιχτά θερμοδυναμικά συστήματα, στα οποία ανήκουν τα έμβια, παρουσιάζουν αρνητική εντροπία, αφού προσλαμβάνουν άτακτα μόρια του αέρα και τα μετατρέπουν στην αρμονικότητα, δηλαδή στην τάξη

της έμβιας οργάνωσης. Η δημιουργία ζωής συνδέεται άμεσα με την οργάνωση, γι' αυτό και ο όρος «οργανισμός» για τα έμβια είναι διεθνώς αποδεκτός. Συγχρόνως, όμως, η εκδήλωση της ζωής μας συντελεί στην αύξηση της παγκόσμιας εντροπίας, αφού συνεχώς προσλαμβάνουμε *τάξη* (φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς) και τελικά αποβάλλουμε προς το περιβάλλον υποβαθμισμένη θερμική ενέργεια, αταξία, δηλαδή αυξάνουμε την εντροπία.

– Πρόκειται για τον αδυσώπητο αγώνα ανάμεσα στην αρμονία, την τάξη και την αταξία, το *χάος.* Αλλά, μιας και ανέφερα το χάος, θα ήθελα ν' ακριβολογήσω τι εννοούμε σήμερα με τον όρο *χάος* (chaos), που έχει διεθνοποιηθεί, πρόσθεσε ο Κάρολος.

– Νομίζω, παρατήρησε ο Πλάτων, ότι είναι ίσως η μόνη λέξη που δεν έχει πληθυντικό.

– Πράγματι, είπε ο Κάρολος και συνέχισε. *Το χάος ταυτίζεται με την πολύπλοκη συμπεριφορά, που, ενώ μοιάζει τυχαία, στην πραγματικότητα κρύβει τάξη*. Με την έννοια αυτή πρωτοασχολήθηκε ο Feigenbaum, ένας μαθηματικός και μετεωρολόγος, το 1974. Από την παρακολούθηση της συννεφιάς, ξεκίνησε η μελέτη για ένα πρόβλημα, που, όπως αποδείχτηκε, έκρυβε «μέγα βάθος»: εκεί που το χάος ξεκινάει, σταματάει η κλασική επιστήμη. Μέχρι τότε αγνοούσαμε τους φυσικούς νόμους που διέπουν την ατμοσφαιρική αταξία, την τρικυμισμένη θάλασσα, τις διακυμάνσεις των πληθυσμών των άγριων ζώων, τους παλμούς της καρδιάς και του εγκεφάλου, την άτακτη όψη της φύσης, την ασυνεχή και την «καπριτσιόζικη» μορφή της. Το χάος εμφανίζεται στον καπνό ενός τσιγάρου, όπως ανεβαίνει, στη συμπεριφορά ενός αεροπλάνου κατά την πτήση του, στο νερό ενός χειμάρρου ή τη ροή του πετρελαίου μέσα σ' έναν αγωγό.

Μαθηματικοί, φυσικοί, βιολόγοι, χημικοί, άρχισαν να διερευνούν όλοι μαζί τα διάφορα είδη αταξίας. Οι φυσιολόγοι, για παράδειγμα, βρίσκουν μια καταπληκτική τάξη στο χάος που αναπτύσσει η ανθρώπινη καρδιά, στην περίπτωση αιφνίδιου ανεξήγητου θανάτου· οι οικολόγοι στη μελέτη των ανερχόμενων ή μειούμενων πληθυσμών των εντόμων. Ακόμα και οι οικονομολόγοι βρήκαν νέες μεθόδους αναλύσεων για τις τιμές των μετοχών. Οι νέες αντιλήψεις οδήγησαν στη μελέτη του σχήματος των νεφών, στην πορεία που ακολουθεί η αστραπή, στη μικροσκοπική πλεγματοποίηση των αιμοφόρων αγγείων, στο σχηματισμό των συμπλεγμάτων γαλαξιών.

Τα απλούστερα συστήματα τώρα θεωρείται ότι δημιουργούν εξαιρετικά πολύπλοκα προβλήματα ως προς τη δυνατότητα για πρόβλεψη. Ακόμα, η τάξη αναπηδάει αιφνίδια στα συστήματα αυτά. Από το χάος η τάξη και αντίστροφα. Μόνο ένας νέος κλάδος της επιστήμης θα μπορούσε να ασχοληθεί με το τι κάνει ένα μόριο νερού, ένα κύτταρο του καρδιακού ιστού, ένας νευρώνας, αλλά συγχρόνως και τι συμβαίνει όταν συνεργάζονται εκατομμύρια από αυτούς.

– Σ' ένα Σύμπαν, η εντροπία του οποίου συνεχώς αυξάνεται και την τάξη διαδέχεται όλο και μεγαλύτερη αταξία, πώς δημιουργείται τάξη; διερωτήθηκε ο Πλάτων.

– Φαίνεται, απάντησε ο Κάρολος, ότι η συμπεριφορά αυτή υπακούει σε νέους νόμους, που μόλις αποκαλύπτονται. Αν οι αρχές του 20ου αιώνα σημαδεύτηκαν από τις Θεωρίες της Σχετικότητας και την Κβαντική Θεωρία, το τέλος του, και η αρχή του 21ου αιώνα χαρακτηρίζονται από το χάος. Αν η σχετικότητα του Einstein απομάκρυνε τη νευτώνεια θεώρηση του απόλυτου χώρου και χρόνου και η κβαντική θεωρία το νευτώνειο όνειρο της δυνατότητας ελεγχόμενων μετρήσεων του παντός, το χάος εκμηδένισε τη φαντασίωση του Laplace για την αιτιοκρατική προβλεψιμότητα. Και ενώ οι δύο πρώτες θεωρίες δικαιώνονται, κυρίως στο χώρο των απεριόριστα μεγάλων και μικρών μεγεθών, αντίστοιχα, το χάος εφαρμόζεται τόσο στον κοσμικό χώρο που βλέπουμε κι αγγίζουμε, όσο και στ' αντικείμενα σε ανθρώπινη κλίμακα. Το χάος συνδέεται και με τα καθημερινά ανθρώπινα προβλήματα. Παράδοξα, όμως, παρά τη μεγάλη εξοικείωσή μας με τα φαινόμενα αυτά η συνειδητοποίησή τους δεν είναι ευχερής· όχι γιατί είναι δυσκολοχώνευτα ή ασαφή, αλλά γιατί η ύλη έχει «επαναστατική» – για την ανθρώπινη νόηση – υφή. Έτσι αυθόρμητα γεννιούνται ερωτήματα όπως: Μπορεί να είναι αληθινά όσα διαβάζω; Να πιστέψω αυτό που διάβασα; τόνισε ο Κάρολος και πρόσθεσε: Αλλά, ας εξετάσουμε τα πράγματα με τη σειρά τους:

## Η γένεση της «νέας χημείας» και η ζωή – Βιολογικά και χημικά ρολόγια – Βιορυθμοί

– Η αποκάλυψη του μορίου του DNA από τους Crick και Watson, η ταχεία ανάπτυξη της μοριακής βιολογίας και της βιοχημείας που ακολούθησαν, υπήρξαν σημαντικά βήματα για την ενοποίηση του γενετικού αλφαβήτου και την καλύτερη κατανόηση για την προέλευση της ζωής. Παρόλ' αυτά, όμως, έλειπαν ακόμα αρκετοί κρίκοι της αλυσίδας, που θα μπορούσαν να συνδέσουν την άβια με τη ζωντανή ύλη.

Στο γεφύρωμα της απόστασης που χωρίζει τα απλά από τα οργανωμένα μόρια, την ίδια τη ζωή, βοήθησε αποτελεσματικά η «νέα χημεία», που αναπτύχθηκε μετά το 1960 από τον Prigogine, το νομπελίστα χημικό, και τους συνεργάτες του. Μαζί με τις αντιδράσεις των χημικών ρολογιών των Belusov και Zabotinski, αντιδράσεις που για συντομία θα τις λέμε με τα αρχικά τους B-Z, έριξαν τις πρώτες ακτίνες φωτός στη δυνατότητα για αυτοοργάνωση και παλινδρόμηση που διαθέτει σε ορισμένες περιπτώσεις η άβια ύλη. Ιδιότητες δηλαδή χαρακτηριστικές των ζωντανών οργανισμών.

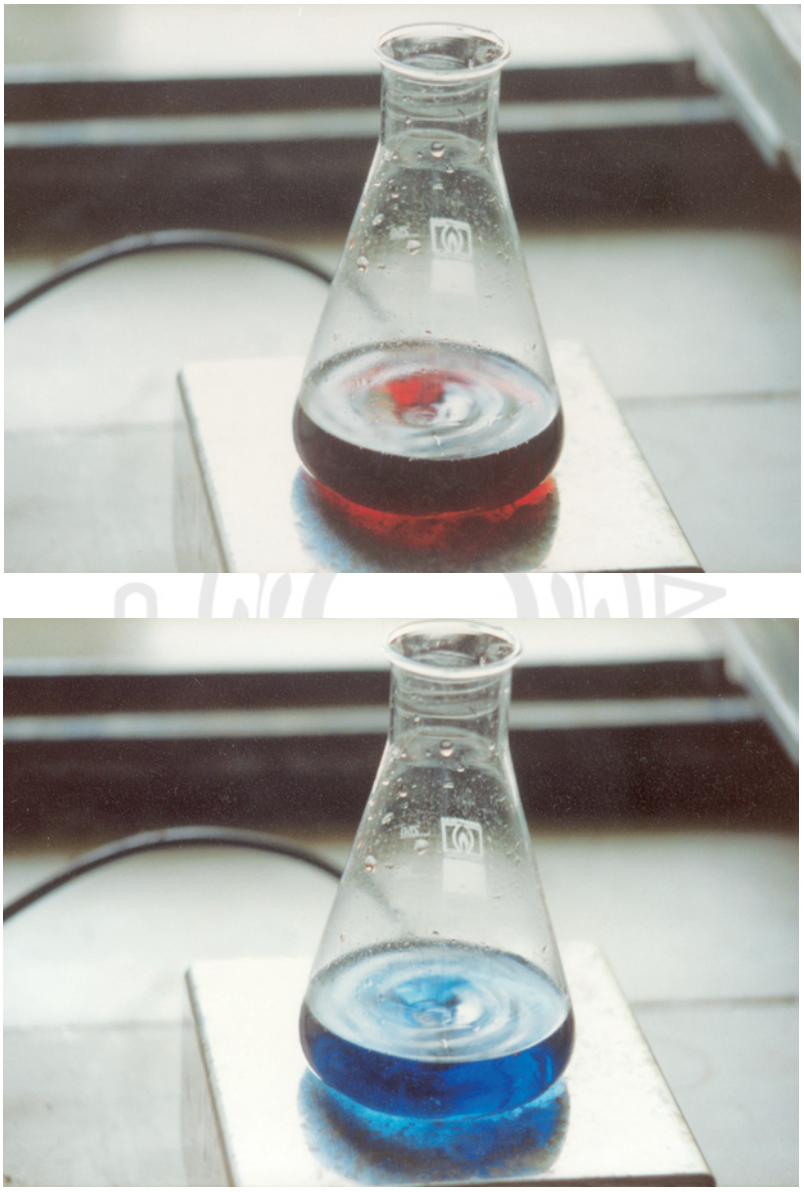
Χαρακτηριστικό των χαοτικών συστημάτων είναι η έλλειψη γραμμικότητας και ο πολλαπλασιαστικός τους χαρακτήρας. Ο Prigogine, ο οποίος θεμελίωσε τη θερμοδυναμική των συστημάτων που βρίσκονται μακράν της θέσης ισορροπίας, συστημάτων χαοτικών, τα οποία σε συνάρτηση με το χρόνο αποκτούν απρόβλεπτες εξελίξεις, στα οποία μικρές μεταβολές, κατά την έναρξη, επιφέρουν μέγιστα και απροσδόκητα αποτελέσματα. Το χάος συνδέεται με την αταξία, δηλαδή την αυξημένη εντροπία, χαρακτηρίζεται από τη μη προβλεψιμότητα και η πορεία

εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες. Στα συστήματα αυτά ανήκουν περιπτώσεις αλυσιδωτών αυτοκαταλυόμενων αντιδράσεων που εξελίσσονται μη γραμμικά, πολλαπλασιαστικά και αποκτούν εκρηκτικές διαστάσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ανήκουν και οι μη ελεγχόμενες πυρηνικές σχάσεις με τα γνωστά σε όλους μας αποτελέσματα.

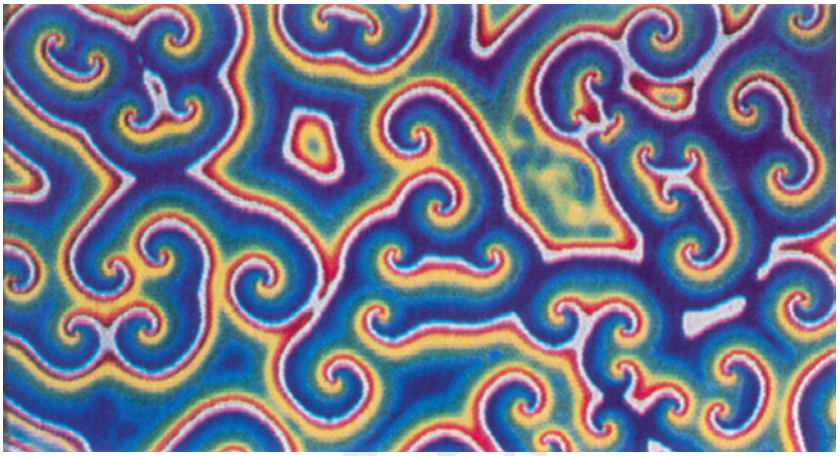
Η επίδραση των νέων αυτών ανακαλύψεων υπήρξε καταλυτική και θα επηρεάσει στο άμεσο μέλλον όλους τους τομείς, τόσο των φυσικών, όσο και των κοινωνικών επιστημών και της φιλοσοφίας. Πρόκειται γι' αντιδράσεις, οι οποίες, ανάλογα με τις συνθήκες, επιτρέπουν σ' ένα σύστημα ουσιών που αντιδρούν να φτάνει στη θέση ισορροπίας, να την ξεπερνάει, να παλινδρομεί, να ξαναπερνάει από τη θέση ισορροπίας με αντίθετη κατεύθυνση κ.ο.κ.. Πρόκειται για ένα φυσικό χημικό εκκρεμές.

Το 1958 ο Belusov, ένας Ρώσος χημικός, μελετούσε το μηχανισμό που ακολουθούσε μια πολύπλοκη χημική αντίδραση. Γεμάτος έκπληξη παρατήρησε ότι το διάλυμα με το οποίο εργαζόταν, ξαφνικά, από άχρωμο γινόταν κίτρινο, ύστερα από λίγη ώρα πάλι άχρωμο, και πάλι κίτρινο κ.ο.κ.. Τα πειράματα αυτά, δημοσιευμένα σ' ένα επιστημονικό περιοδικό που διαβαζόταν ελάχιστα από χημικούς, έμειναν θαμμένα μέχρι πριν λίγα χρόνια. Πόσες φορές δεν έχει συμβεί αυτό στην ιστορία των φυσικών επιστημών; Αργότερα ο Zabotinski επανέλαβε τα πειράματα του Belusov και τα επιβεβαίωσε. Με ορισμένες τροποποιήσεις των ουσιών που αντιδρούσαν, ήταν δυνατόν το διάλυμα να μεταπίπτει από ένα λαμπρό κόκκινο χρώμα σε κυανό και πάλι σε κόκκινο κ.ο.κ.. Αυτή η καταπληκτική εναλλαγή χρωμάτων διαρκεί περίπου μία ώρα· μετά σταματάει από έλλειψη ενεργειακής προσφοράς. Αν όμως το διάλυμα τροφοδοτείται συνεχώς με τις ουσίες που χρησιμοποιούνται, το φαινόμενο συνεχίζεται και μπορεί να επαναλαμβάνεται στο διηνεκές. Η συχνότητα των παλμών, δηλαδή της αλλαγής του χρώματος στη μονάδα του χρόνου, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα των ουσιών που αντιδρούν στο αρχικό διάλυμα. Πρόκειται για ένα χημικό ρολόι, για μια πολύπλοκη ρυθμική χημική αντίδραση.

Αν η ίδια η αντίδραση πραγματοποιηθεί σ' ένα αβαθές γυάλινο δισκάκι, ένα petri, απ' αυτά που χρησιμοποιούν σ' όλα τα βιολογικά και βιοχημικά εργαστήρια, τότε, ύστερα από λίγο εμφανίζονται μπλε και κόκκινα αρμονικά σχήματα και μαίανδροι, που σε λίγο γεμίζουν όλο το χώρο του δίσκου. Πρόκειται για κυκλοτερή «χημικά κύματα» που διαδίδονται στο χώρο και οφείλονται στις παλινδρομήσεις των αντιδράσεων μπλε-κόκκινο και αντίστροφα, και ακολουθούνται από διαχύσεις στο χώρο των δίσκων και τη δημιουργία των σπειροειδών βραχιόνων. Σε κάθε σημείο του δίσκου υπάρχει ένα μικροσκοπικό χημικό ρολόι που μεταβάλλει κάθε λεπτό το χρώμα του διαλύματος σε μπλε, διατηρείται σ' αυτήν την απόχρωση πέντε δευτερόλεπτα, ύστερα μεταπίπτει πάλι σε κόκκινο για ένα λεπτό κ.ο.κ.. Επειδή αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς με τους ίδιους ρυθμούς, αλλά με διαφορά φάσης (το πρώτο για παράδειγμα στις δώδεκα ακριβώς, το δεύτερο μετά πέντε δευτερόλεπτα κ.ο.κ.), το χρώμα θα εμφανίζεται διαδοχικά και θα δί-



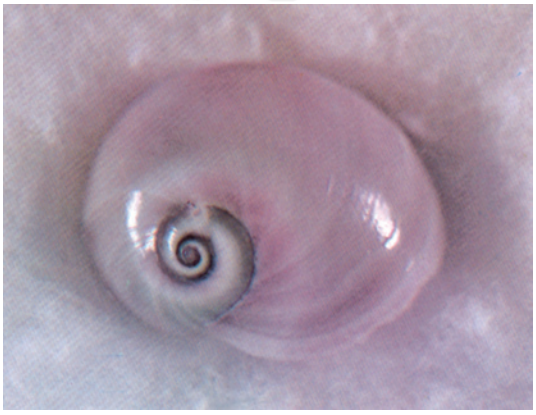
*Αντίδραση Belusov - Zabotinski σε εξέλιξη. Πάνω σε φάση «κόκκινη», κάτω «κυανή». Η μετάπτωση από το κόκκινο στο κυανό είναι περιοδική. Πρόκειται για ένα χημικό εκκρεμές (φωτό από τα εργαστήρια της ΒΙΟΡΥΛ).*



*Αντίδραση B-Z σε petri. Φαίνονται τα «κυκλοτερή χημικά κύματα», τα οποία δημιουργούν αρμονικά σχήματα και μαιάνδρους (φωτό από τα εργαστήρια της ΒΙΟΡΥΛ).*



*Μερικές χημικές αντιδράσεις παρουσιάζουν περιοδικότητα. Στην πιο πάνω εικόνα φαίνονται τα στάδια μιας αντίδρασης Belusov - Zabotinski 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.*



νει την εντύπωση λεπτών γραμμών που κινούνται και σχηματίζουν μαιάνδρους και μωσαϊκά σε ρυθμούς λιτούς, δωρικούς και ιωνικούς, τεχνουργήματα κοχυλιών της θάλασσας και κεράτων κερασφόρων ζώων.

Η ύλη, συνέχισε ο Κάρολος, όταν εξετάζεται σε μοριακό επίπεδο, παρουσιάζεται συνήθως με άτακτη, χαοτική συμπεριφορά. Σ' ένα αέριο ή υγρό, το οποίο εμφανίζεται φαινομενικά σαν αδρανές, τα μυριάδες μόρια που το συνιστούν κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις με χαοτικές κινήσεις, συγκρουόμενα μεταξύ τους. Αν, για παράδειγμα, μέσα σ' ένα ποτήρι με νερό στάξουμε μια σταγόνα μελάνι, σε λίγο το χρώμα θα διαχυθεί σ' όλη τη μάζα του νερού και θα γίνει όλη μπλε, παρόλο που δεν ανακατεύεται. Αυτό οφείλεται στις τυχαίες προσκρούσεις των μυριάδων μορίων του νερού πάνω στα μόρια της χρωστικής. Στις αντιδράσεις τύπου B-Z, αν η ταχύτητα τροφοδοσίας των ρευστών που αντιδρούν ξεπεράσει ένα όριο, γι' άγνωστους προς το παρόν λόγους, η παλινδρόμηση αναστέλλεται και υποκαθίσταται από χημικό στροβιλισμό ή χαοτική κίνηση. Αν η ροή μειωθεί κάτω από ένα όριο, η παλινδρόμηση επανέρχεται.

Τα χημικά αυτά συστήματα φαίνεται ότι διαθέτουν εσωτερική μνήμη, αφού, ξεκινώντας από ένα σημείο και εκτελώντας μια ορισμένη διαδρομή, επανέρχονται στο σημείο εκείνο από το οποίο ξεκίνησαν.

Όπως εξακριβώθηκε, πολλά φυσικά φαινόμενα πραγματοποιούνται υπό την επίδραση δυνάμεων που δεν εξισορροπούνται. Έτσι βρίσκονται σε κατάσταση, όπου επικρατεί ανυπαρξία ισορροπίας. Γι' αυτό και χρειάστηκε να επεκταθούν οι μέθοδοι της κλασικής θερμοδυναμικής σε συστήματα εκτός ισορροπίας, τα οποία υπόκεινται σε μη αντιστρεπτές μεταβολές· φαινόμενα που δεν αναμένονται από την κλασική στατιστική. Πρόκειται για τις *δομές σε διασπορά,* τις dissipative structures. Συστήματα, δηλαδή, που χάνουν ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε μιαν άλλη ενεργειακή μορφή, κυρίως θερμότητα. Οι δομές αυτές, όπως είναι φυσικό, χρειάζονται συνεχή τροφοδότηση με ύλη και ενέργεια από το περιβάλλον, μοιάζουν δηλαδή στις συνήθειές τους με τη ζωντανή ύλη.

Συστήματα χημικών ρολογιών φαίνεται ότι λειτουργούν πολλά στους ζωντανούς οργανισμούς. Είναι αυτά που δημιουργούν τους βιορυθμούς, αυτά που τους δίνουν την ικανότητα να αισθάνονται τη μέρα και τη νύχτα, την άνοιξη και το φθινόπωρο, το σεληνιακό κύκλο, τον ύπνο και την εγρήγορση, την άμπωτη και την παλίρροια. Κάθε σταγόνα των ωκεανών, όπως αποδεικνύεται από τα παλιρροϊκά φαινόμενα, έλκεται από τη μαγνητική δύναμη του σεληνιακού πεδίου και κάθε ζωικός ή φυτικός οργανισμός, που η βασική του σύσταση είναι το νερό, φαίνεται ότι υπακούει στους ρυθμούς αυτής της έλξης, και η ζωή του επηρεάζεται βαθιά.

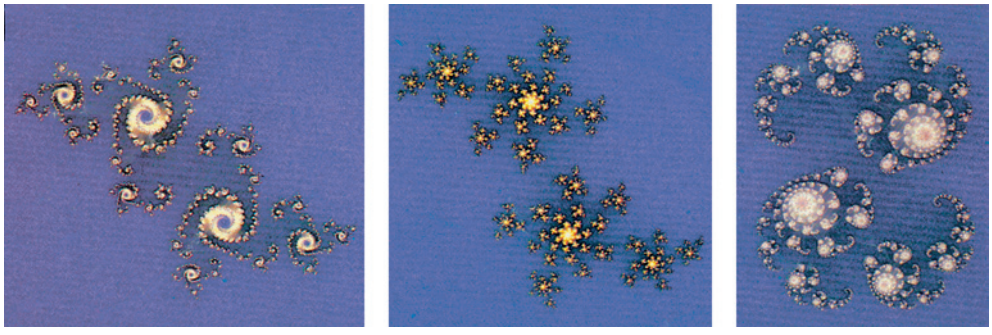
Η φύση είναι γεμάτη από βιοχημικά ρολόγια. Ένα από τα χαρακτηριστικά της ζωής είναι και οι ρυθμοί, οι *βιορυθμοί.* Οι χτύποι της καρδιάς με τους εβδομήντα παλμούς το λεπτό είναι ίσως οι πιο γνωστοί. Μιας καρδιάς όμως που παύει να «πάλλεται», όπως και οι αντιδράσεις B-Z, αν δεν τροφοδοτείται συνεχώς με οξυγόνο και γλυκόζη. Αλλά και οι *κιρκαδιακοί* ρυθμοί κυριαρχούν σε πάμπολ-

λες περιπτώσεις. Τα φαινόμενα αυτά συνεχίζονται *έστω* κι αν ο οργανισμός έχει απομονωθεί από το φως τους ημέρας. Είναι εξάλλου πολλά λουλούδια που ανοίγουν και κλείνουν κάθε είκοσι με είκοσι τέσσερεις ώρες. Αν τα λουλούδια αυτά κοπούν από τα φυτά, αλλά φωτίζονται συνεχώς, συνεχίζουν τους φυσικούς κιρκαδιακούς ρυθμούς τους για μία περίπου εβδομάδα, αν τους παρέχεται διατροφή, κατέληξε ο Κάρολος.

– Δηλαδή, αν θυμάμαι καλά, παρατήρησε ο Ευκλείδης, όταν λέμε κιρκαδιακούς ρυθμούς, εννοούμε τα διάφορα φαινόμενα που επαναλαμβάνονται περιοδικά σε περίπου μια ημέρα (circa diem, λατινικά σημαίνει περίπου ημερήσιο ρυθμό) και, κατ' επέκταση, όλα τα περιοδικά φαινόμενα που επαναλαμβάνονται, όπως μας είπες όταν μιλήσαμε για το μυστηριώδη αδένα: την επίφυση, το κωνάριο.

– Ορθά, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε. Κιρκαδιακοί είναι και οι ρυθμοί εκπομπής του αρώματος από πολλά λουλούδια, για παράδειγμα από τα νυχτολούλουδα ή τα γιασεμιά που εκπέμπουν μόνο τη νύχτα, ενώ άλλα χρωματιστά άνθη εκπέμπουν την ημέρα και άλλα συνεχώς. Τα φυτά, γενικά, ακολουθούν παλμική εκπνοή νερού που επαναλαμβάνεται κάθε τριάντα λεπτά. Οι ρυθμοί της εκπνοής συνδέονται με μια κυκλική μεταβολή των «στομάτων» που υπάρχουν πάνω στα φύλλα και τροφοδοτούνται με νερό από τις ρίζες, κάτω από τη γη.

Αλλά και η αντίδραση από την οποία προσπορίζεται ενέργεια το κύτταρο (ζωικό ή φυτικό) ακολουθεί τους ρυθμούς αυτούς. Πρόκειται για τη μετατροπή της τριφωσφορικής αδενοσίνης, του γνωστού *ATP,* του *παγκόσμιου ενεργειακού νομίσματος της ζωής,* σε διφωσφορική αδενοσίνη (ADP). Η τελευταία απορροφά την ενέργεια, την οποία παρέχει η καύση της γλυκόζης (σε τελευταία ανάλυση η ηλιακή ενέργεια που απορροφήθηκε από τα φυτικά κύτταρα και μετατράπηκε σε μόρια γλυκόζης), και έτσι ανασχηματίζονται τα μόρια ATP. Επειδή οι ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού είναι συνεχώς μεγάλες, υπολογίζεται ότι το φυσικό αυτό εκκρεμές, ATP ⇆ ADP, λειτουργεί συνεχώς κι έτσι παράγονται και αποικοδομούνται περίπου εξήντα κιλά μορίων ATP το εικοσιτετράωρο, όσο δηλαδή το βάρος του σώματός μας.

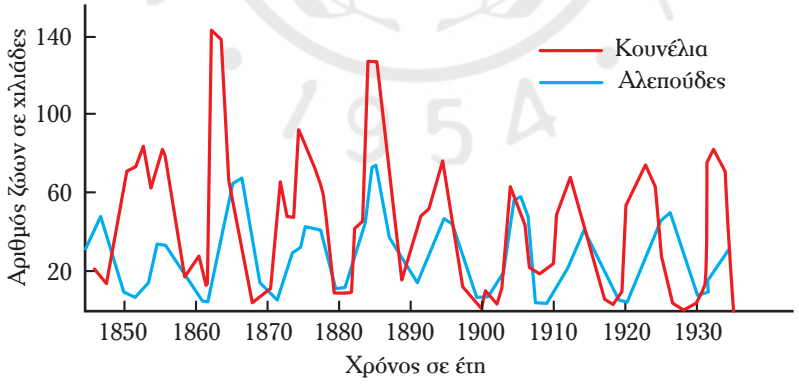


*Δημιουργία πολύπλοκων δομών από απλά «θραύσματα».*

– Αν λοιπόν όλες οι πράξεις κυβερνώνται από το Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο και η φυσική κατάσταση της ύλης είναι η αταξία και το χάος, τα ζωντανά συστήματα, όπως αναφέραμε, συνέχισε ο Κάρολος, που αποτελούνται από καλά οργανωμένη ύλη συνιστούν ανοικτές θερμοδυναμικές διαδικασίες, σε αντίθεση με την κλειστή δομή των κοινών χημικών δράσεων της μη ζωντανής ύλης. Στη ζωική εξέλιξη, δηλαδή, φαίνεται να υπάρχει μια κατεύθυνση προς αυξανόμενη τάξη. Στους πολυκύτταρους οργανισμούς είναι χαρακτηριστική η τάξη στο χώρο, την οποία διαδέχεται και πάλι η αταξία, το χάος, ο θάνατος. Οι ραβδώσεις της ζέβρας, τα στίγματα της λεοπάρδαλης, η ταξινόμηση των οργάνων στο σώμα μας, η συμμετρία των δύο ματιών και των αφτιών στα ζώα, των φύλλων και των κλαδιών στα δέντρα, συνιστούν στοιχειώδη παραδείγματα μορφολογικής τάξης. Το ίδιο το μυαλό μας συνιστά ένα αριστούργημα αρμονικότητας, συνεργασίας και συνοχής, ανάμεσα σε δισεκατομμύρια κύτταρα.

Ο εγκέφαλος μετασχηματίζει, σχεδόν στιγμιαία, τα μηνύματα του εξωτερικού κόσμου, που του φέρνουν οι αισθήσεις σε αντιληπτά νοήματα. Σ' αυτήν την ταχεία αναγνώριση συμμετέχουν εκατομμύρια νευρώνων που αναπτύσσουν χαοτική συλλογική αναγνώριση. Το *χάος* σημαίνει εδώ την πολύπλοκη συμπεριφορά που μοιάζει με τυχαία, αλλά στην πραγματικότητα πρόκειται για *κρυμμένη τάξη.* Το χάος έχει την εμφανή τάση των μεγάλων ομάδων νευρώνων να μεταπίπτουν απότομα και συγχρόνως από τα χνάρια μιας πολύπλοκης δραστηριότητας σε μιαν άλλη, σε ανταπόκριση ενός ελάχιστου ερεθίσματος. Η ανακάλυψη της λειτουργίας αυτής θ' ανοίξει νέους συναρπαστικούς ορίζοντες στην ανθρώπινη γνώση, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι νευρώνες μας, συστατικά δομικά του μυαλού μας, ταγμένοι στην αρμονία




*Διακύμανση πληθυσμού αρπακτικών ζώων και των θυμάτων τους*

*Εικόνα περιοδικότητας εμφανίζεται και σε πιο μακροσκοπικά φαινόμενα, τα οποία, σε τελευταία ανάλυση, συνιστούν αλυσίδες χημικών δράσεων. Αν για παράδειγμα σ' ένα κλειστό λιβάδι υπάρχει άφθονο χοριάρι, θ' αναπτυχθούν κουνέλια. Αν συνυπάρξουν και αλεπούδες, θα φάνε τα κουνέλια, θα πολλαπλασιαστούν οι αλεπούδες και θα μειωθούν τα κουνέλια. Όταν θα τελειώσουν τα κουνέλια θα μειωθούν οι αλεπούδες και, στη συνέχεια, θ' αυξηθούν τα κουνέλια κ.ο.κ..*

και το χάος, προσπαθούν να υπηρετούν την εκάστοτε πραγματικότητα, να χτίζουν από το χάος την αρμονία, να υπηρετούν τη σχιζοφυσιολογία, αποτέλεσμα της κακής συνεργασιμότητας των τριών εγκεφάλων, αλλά και να υπηρετούν τον ποιητή στο θαυματουργό έργο του. (Αν ο αναγνώστης κατανοεί το κείμενο που διαβάζει τώρα, αυτό οφείλεται στην ανυπαρξία ισορροπίας των ιόντων νατρίου και καλίου μέσα κι έξω από τις μεμβράνες των νευρώνων). Οι νευρώνες είναι οργανωμένοι σε μονάδες στο χώρο και σε λειτουργικές ενότητες. Φαίνεται ότι υφίστανται πολλά σημεία διακλαδώσεων, καθώς και εξαιρετικά μεγάλες ικανότητες γι' αυτοοργάνωση. Ίσως πολλές από τις εγκεφαλικές δραστηριότητες να σχετίζονται μ' αυτές τις αυτοοργανούμενες καταστάσεις. Φαίνεται ότι η χαοτική δυναμική υφίσταται στις εγκεφαλικές δραστηριότητες. Οι δομές σε διασπορά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για τη διερεύνηση των τάσεων για συνεργασία μεταξύ των νευρώνων του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα νεφρά, ρυθμιστές κι αυτά της αρτηριακής πίεσης, παρουσιάζουν ρυθμικούς παλμούς σε υγιείς καταστάσεις, σύμφωνα με τους οποίους διυλίζουν και αποβάλλουν τα υγρά του σώματος. Οι ρυθμοί αυτοί μετατρέπονται σε ακανόνιστους και χαοτικούς ρυθμούς σε περιπτώσεις καρδιακής αρρυθμίας. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι: η δυναμική της υγείας έχει κανονικότητα και τάξη, ενώ οι παθολογικές καταστάσεις ακολουθούν χαοτικές διαδικασίες και αντιδράσεις «διακλαδώσεων»· παράδειγμα αποτελεί το απότομο καρδιακό επεισόδιο που οδηγεί στο θάνατο, όταν δηλαδή τους κανονικούς ρυθμούς της καρδιάς διαδεχτούν χαοτικοί ρυθμοί, αποτέλεσμα ενός μηχανισμού υπαρμονικής «διακλάδωσης», παρότι υποστηρίζεται και η ακριβώς αντίθετη εκδοχή. Οι μελέτες αυτές είναι, βλέπετε, πρόσφατες, ώστε να δικαιολογείται κάποια σύγχυση. Τα θέματα αυτά έχουν ενδιαφέρον, γι' αυτό, ας πούμε δυο λόγια για τα νεότερα μαθηματικά των διακλαδώσεων, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε:

### Το νερό, ο αέρας, οι δίνες και το χάος – Οι μαγικές διακλαδώσεις

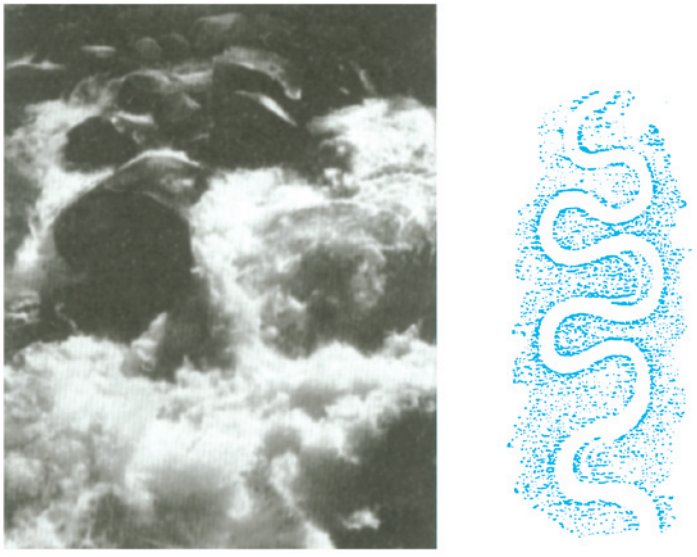
– Ο κόσμος μας αποτελείται από άτομα και μόρια. Είναι ένας κόσμος, όπου την αρμονία και την τάξη διαδέχονται η αταξία και το χάος και αντίθετα. Την αρμονική συμμετρία μιας χιονονιφάδας θ' ακολουθήσει σε λίγο, μόλις αυτή λιώσει, *η αταξία της ρευστής υγρής φάσης,* και όταν αργότερα ζεσταθεί και γίνει ατμός, *η χαοτική κατανομή των αέριων μορίων* στο χώρο που, ασυνάρτητα, τυχαία και αδιάκοπα, συγκρούονται ανάμεσά τους· αλλά, όταν τη νύχτα η παγωνιά ξαναπέσει, *τα άτακτα αυτά μόρια* θα σπεύσουν να πάρουν θέσεις *στην αρμονική συμμετρία* του κρυστάλλου μιας χιονονιφάδας· μιας από τις τόσες μυριάδες αριστουργηματικές αρχιτεκτονικές δομές, οι οποίες είναι τόσες, όσες και οι χιονονιφάδες.

Το νερό, που αποτελεί περίπου τα τρία τέταρτα της επιφάνειας του πλανήτη μας, αλλά και το 70% του βάρους του σώματός μας, ακολουθεί τους κιρκαδιακούς ρυθμούς της Σελήνης και του Ήλιου. Η άμπωτις και η παλίρροια είναι φαινόμενα γνωστά σε όλους· για παράδειγμα, στον πορθμό του Ευρίπου, στην

Ελλάδα, τα νερά πάνε κι έρχονται περιοδικά, πότε πάνω πότε κάτω, δημιουργώντας μυριάδες στροβίλους και δίνες κάτω από το γεφύρι.

Τα κύματα της θάλασσας άλλοτε χαϊδεύουν απαλά την ακτή κι άλλοτε αφρισμένα βρυχώνται στα βράχια στο αέναο παιγνίδι του νερού με τον αέρα, δημιουργώντας δίνες κι αφρούς. Αρμονικές πιρουέτες και χαοτικές κινήσεις σχηματίζουν και τα κοπάδια των ψαρονιών το χειμώνα στο φόντο του μολυβένιου ουρανού, καθώς το κοπάδι σκορπίζεται και συνάζεται ρυθμικά, δημιουργώντας στιγμιαία σχήματα, κυματισμούς και μοναχικές κινήσεις. Το ίδιο συμβαίνει και με το σιγανό ποταμάκι που ράθυμα κυλάει σαν φίδι και χαράζει μαιάνδρους μέσα στο καταπράσινο λιβάδι, αλλά λίγο παραπέρα, στην πλαγιά, μεταμορφώνεται σε στροβιλώδη χείμαρρο· τότε, γοργό, πολύβουο, κατρακυλά τα κρυστάλλινα νερά του στο φαράγγι και, καθώς στροβιλίζεται ανάμεσα στις ξεπλυμένες από το διάβα του χρόνου κροκάλες, αναγκάζει τις δροσοσταλίδες του νερού να ξεππδάνε στον αέρα και ν' αναλύουν το χρυσό του Ήλιου φάσμα σε πορφυρό και ιώδες, πράσινο και κυανό· προκαλείται έτσι η *χαοτική* των πραγμάτων ροή και εναρμονίζεται το χάος με το χρώμα, η δίνη με τη νηνεμία, η τάξη με την αταξία· δομές, όλες αυτές, του κόσμου όπου ζούμε. Στο μικρόκοσμο η πολυπλοκότητα που δημιουργείται έχει ως επακόλουθο το χάος, το χάος που διαδέχεται η τάξη. Υφίσταται περιοδικότητα τάξης-αταξίας και η νομοτέλεια αυτή δείχνει να είναι ακόμη ένας παράγοντας στις εξελικτικές διαδικασίες.

Χαοτικές καταστάσεις δημιουργούνται και στον αρμονικό κόσμο των αστεριών και των γαλαξιών, στον κόσμο της συμπυκνωμένης ύλης και των υψηλών



*Τα νερά του χειμάρρου (αριστερά), όπως κατρακυλάνε, στροβιλίζονται σε δίνες, αδιάκοπα. Τα ρυάκια, τα ποτάμια (δεξιά), όπως κυλάνε στην πεδιάδα, σχηματίζουν πάντα μαιάνδρους.*

ενεργειών, εκεί στα διαβολικά καμίνια όπου δημιουργείται η ύλη και η ενέργεια, αλλά και τα σπέρματα για κοινωνίες έμβιων και ανθρώπων.

Στο βιβλίο του Th. Schwenk *«Το ευαίσθητο χάος, δημιουργία σχημάτων από το θυελλώδες νερό και τον αέρα»,* όλ' αυτά απεικονίζονται με τρόπο θαυμαστό· και ο συγγραφέας καταλήγει με τη ρήση του G the: *«Όποιος αρχίζει ν' αποκαλύπτει τα μυστικά της φύσης, αισθάνεται μιαν ακατανίκητη νοσταλγία για την πιο άξια ερμηνεύτριά της, την τέχνη».*

Πραγματικά, η τέχνη δεν αγνόησε – εδώ και χιλιάδες χρόνια – τις δίνες, τους στροβίλους και τους μαιάνδρους, αλλά τα μορφοποίησε όλ' αυτά, συμπυκνωμένα κι ακίνητα στα γλυπτά του Παρθενώνα και τα μωσαϊκά των Δελφών, στις μπακιρένιες θύρες των ανακτόρων της Βερόνα, στις Κελτικές στήλες, στου κοχυλιού τις έλικες, στις αντιλόπης τα κέρατα. Αλλά και η σύγχρονη ηλεκτρονική, όταν απεικονίζει στις οθόνες των υπολογιστών τα διάφορα επίπεδα της ζωής, από τις πρωτεΐνες και τους έλικες των νουκλεϊνικών οξέων ως τα ινίδια και τις ινώδεις δομές, από τα οργανίδια των κυττάρων, όπως τα μιτοχόνδρια (που αναπλάθουν τον εαυτό τους ύστερα από σοβαρές διαταραχές) και τους ιστούς ή, ακόμα, τα εμβρυϊκά όργανα (που ξαναοργανώνονται ύστερα από διαμελισμό).

– Οι αντιδράσεις τύπου B-Z, συνέχισε ο Κάρολος, που σας ανέφερα παραπάνω ότι ισχύουν στα έμβια, και οι θαυμαστές ιδιότητές τους άλλαξαν σημαντικά τις απόψεις μας σχετικά με τη χημεία. Μια χημική διεργασία δεν αποτελεί πλέον μια απλή ανάμειξη συστατικών που αντιδρούν μεταξύ τους για να δώσουν άλλα *άβια* συστατικά· όταν τα συστήματα βρίσκονται μακριά από τη θέση ισορροπίας –κατάσταση αναγκαία για τα έμβια συστήματα– μια χημική αντίδραση



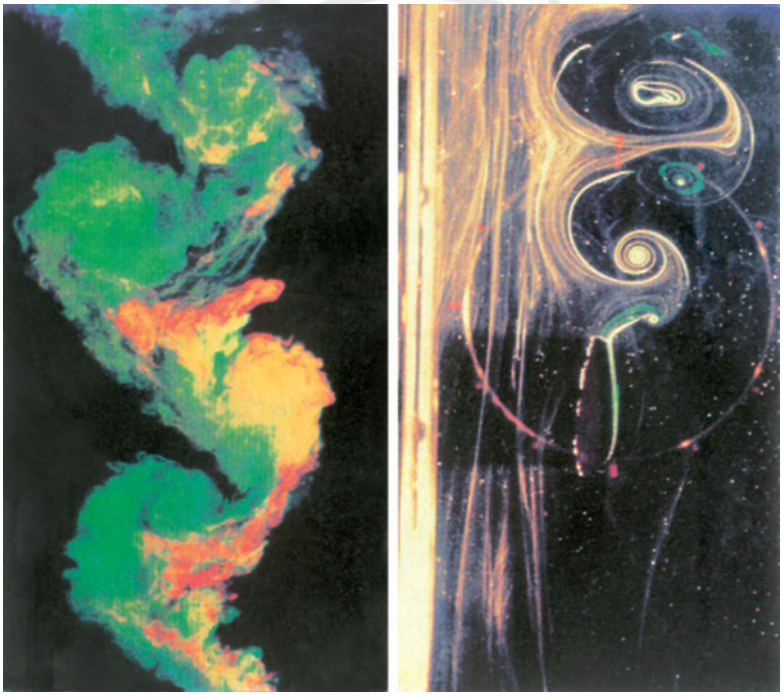
*Σε όλα τα γλυπτά των αρχαίων και των νεότερων πολιτισμών υπάρχουν διακοσμητικά όπως το παραπάνω.*



*Πιθανότατα, με αντιδράσεις του τύπου B-Z δημιουργούνται τα αριστοτεχνικά κέρατα των κεραστόρων.*

αποκτά ζωή, μετράει το χρόνο, αποκτάει μνήμη, μεταφέρει πληροφορίες, διακρίνει ανάμεσα στο παρόν και το μέλλον, σχηματίζει μωσαϊκά σχήματα· αν πιεστεί ως προς τους ρυθμούς, αμφιρρέπει και συμπεριφέρεται χαοτικά, παράλογα. Οι πολύπλοκες λειτουργίες της ζωής εκδηλώνονται με την υπέρθεση χιλιάδων αλληλεξαρτώμενων αντιδράσεων. Μερικές απ' αυτές είναι βέβαιο ότι βρίσκονται μακριά από τη θέση ισορροπίας.

Χαρακτηριστικό των συστημάτων, μακριά από τη θέση ισορροπίας των ανοικτών θερμοδυναμικών συστημάτων, είναι ότι προσπορίζονται και ανταλλάσσουν συνεχώς ενέργεια και υλικά με το εξωτερικό περιβάλλον, *αυτοοργανώνονται* σε δομές και μορφές και πάλλονται σαν εκκρεμή, όπως στις αντιδράσεις B-Z, και θυμίζουν τους παλμούς της καρδιάς ή το εκκρεμές. Αν μια απλή χημική αντίδραση τύπου B-Z είναι δυνατόν να εμφανίζει συμπεριφορά ανάλογη μ' αυτήν που χαρακτηρίζει τη ζωή, τότε είναι δικαιολογημένο να προσδοκούμε τη δημιουργία και τη διατήρηση της ζωής από μια τόσο μεγάλη ποικιλία τέτοιων αντιδράσεων,



*Τάξη μέσα στο χάος*

*Όπως ο καπνός ανεβαίνει ψηλά, λικνιζόμενος στης αύρας τους ρυθμούς, φαίνεται ότι σχηματίζει στην τύχη τις ελικοειδείς μορφές του. Οι φωτογραφίες δείχνουν ότι η κάθε περιστροφή, η κάθε κίνηση, υπακούει σε μια ακριβή γεωμετρία. Στην καρδιά της οργάνωσης αυτής βρίσκεται αυτό που οι ειδικοί του «χάους» βάφτισαν «παράδοξο ελκυστήρα». Σ' αυτό το εκπληκτικό φυσικό φαινόμενο, που μόλις τώρα αρχίζουμε ν' ανακαλύπτουμε, εμπεριέχονται όλες οι πληροφορίες, οι οποίες θα δημιουργήσουν τη γεωμετρία των κινήσεων, που θα οργανωθεί κάτω από την επιρροή του «ελκυστήρα».*

σε συνεργασία ή σε συνδυασμό με υδροδυναμικά φαινόμενα.

Τα ευρήματα αυτά στένεψαν σημαντικά το χάσμα που υφίστατο ανάμεσα στην *άβια ύλη* και στη *ζωή*. Τα δεδομένα που διαθέτουμε τώρα μας επιτρέπουν να ελπίζουμε ότι σύντομα η ύλη θα είναι δυνατόν να μετατραπεί σε «ζώσα», με την επενέργεια των συνηθισμένων φυσικοχημικών νόμων. Μια τέτοια προοπτική συνιστά επανάσταση στην επιστήμη, και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η νέα χημεία διάγει τη νηπιακή της ηλικία. *Μέχρι πριν λίγο, φυσική, χημεία, βιολογία, ταξίδευαν μοναχικά. Η αυγή για την ενοποίησή τους χάραξε με τις σημαντικές ανακαλύψεις της μοριακής βιολογίας και της νέας χημείας,* κατέληξε ο Κάρολος.

– Είναι συναρπαστικά αυτά που ακούσαμε και που είδαμε στη μικρή οθόνη, μου φέρνουν στο νου όσα λέει ο φυσικός Mayer-Kress, γνωστός για τις φιλειρηνικές και «αντιπυρηνικές» ιδέες του, είπε παρεμβαίνοντας ο Ευκλείδης, και πρόσθεσε: Εξακολουθεί, όμως, παρά το φιλειρηνισμό του, να υπηρετεί στο Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, στην υπηρεσία που ασχολείται με το σχεδιασμό «αμυντικών» όπλων, στο περίφημο πρόγραμμα του «πολέμου των άστρων». Για να καθησυχάσει προφανώς τη συνείδησή του, προσπαθεί να εφαρμόσει τις γνώσεις και τις επιδόσεις του στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα, τα οποία επεκτείνονται και στις καταστάσεις που επικρατούν ανάμεσα στα κράτη και οι οποίες είναι δυνατόν να περιγραφούν μαθηματικά ως μη γραμμικά και, ακόμα, ως «χαοτικά» συστήματα.

Σε τέτοια συστήματα, συνέχισε ο Ευκλείδης, ελάχιστες διαταραχές είναι δυνατόν να οδηγήσουν ακόμα και σε πυρηνικό πόλεμο. Τα ίδια μαθηματικά που περιγράφουν τη μετάπτωση ενός ήσυχου ρυακιού σε στροβιλώδη χείμαρρο, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για την περιγραφή μιας σύρραξης μεταξύ κρατών. Ο Mayer-Kress, για να συσχετίσει τα «απρόβλεπτα» των ανθρώπινων αποφάσεων, έχει προτείνει μια συνάρτηση, η οποία προκαλεί τη διακύμανση ορισμένων μεταβλητών κατά τρόπο τυχαίο. Στη συνέχεια, προσπαθεί να επιλύσει τα δυσχερή αυτά προβλήματα με τη βοήθεια ενός υπερυπολογιστή. Όπως λέει ο ίδιος: *«Αυτός είναι ακόμα ένας δρόμος ν' αποφύγουμε αυτό που κανένας δεν επιθυμεί, τον πόλεμο».*

– Οι παραπάνω θεωρίες, είπε ο Κάρολος, στους αμύητους στη στοχαστική της νεότερης θερμοδυναμικής και της χημείας, ίσως να φαντάζουν παράδοξες· χρειάζεται κάποια ενασχόληση και εμβάθυνση. Θα προσπαθήσω να σας δώσω κάποιο έναυσμα, κάποια χαραμάδα με ίχνη φωτός για στοχαστική, μιας και βρίσκεστε εκτός των τειχών.

– Θα είναι πολύ χρήσιμο, είπε ο Ιπποκράτης.

– Με αφορμή τα μη γραμμικά, τα ευρισκόμενα μακριά από τη θέση ισορροπίας θερμοδυναμικά συστήματα, συνέχισε ο Κάρολος, αναπτύσσεται γοργά τα τελευταία χρόνια μια νέα θεωρία των εφαρμοσμένων μαθηματικών, *η θεωρία των διακλαδώσεων,* γνωστή ως «bifurcation theory», με σημαντικές εφαρμογές σε διάφορες επιστημονικές περιοχές της φυσικής, της χημείας, της βιολογίας, αλλά

και στην οικονομία, στα κοινωνικά φαινόμενα και στην κοινωνική βιολογία. Η έννοια του *χάους* φέρνει στο νου την *τύχη* και το *τυχερό*. Μήπως συγγενεύουν ή, πολύ περισσότερο, μήπως πρέπει να συσχετίζονται; Τότε, ίσως πολλά είναι δυνατόν να φωτιστούν με τη βοήθεια των *«μαθηματικών των διακλαδώσεων και του χάους»*.

Η διακλάδωση μπορεί να παρομοιαστεί μ' ένα δρόμο που φτάνει σ' ένα αστα-θές κρεμαστό γεφυράκι, που μόλις πατηθεί δονείται ελαφρά σαν αιώρα· από το γεφυράκι αυτό ξεκινάνε δύο διακλαδωτήρια δρομάκια, ένα αριστερά, και ένα δεξιά, αλλά υπάρχει και η ευθεία, η συνέχεια του δρόμου· αν ένας δρομέας πατήσει στο γεφυράκι, χάνει την ισορροπία του, λόγω της αστάθειάς του, και οδηγείται σ' ένα από τα δύο διακλαδωτήρια δρομάκια· κι αυτά, όμως, με τη σει-ρά τους, οδηγούν παρακάτω πάλι σ' ένα παρόμοιο δονούμενο γεφυράκι με δύο διακλαδώσεις κ.ο.κ.. Η θεωρία των διακλαδώσεων εφαρμόζεται στις χημικές αντιδράσεις που βρίσκονται μακριά από την κατάσταση ισορροπίας, κατάσταση που αποτελεί τη συνέχεια από το σημείο ισορροπίας, όπως οι αντιδράσεις τύπου B-Z, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Για να κατανοηθεί η νέα χημεία, θα πρέπει να λησμονηθεί η στατική θεώρηση της ύλης· και η ύλη και η ενέργεια θα πρέπει ν' αντικρίζονται στο δυναμικό πλαί-σιό τους. Οι χημικές αντιδράσεις, δηλαδή, ρέουν συνεχώς, δεν σταματάνε ποτέ και τείνουν ν' αποφύγουν με κάθε τρόπο και κόστος τη θερμοδυναμική ισορρο-πία. Σ' ένα τέτοιο περιβάλλον τ' άτομα και τα μόρια συνεργάζονται μερικές φο-ρές σε κλίμακα συνολικού συστήματος και δημιουργούν έτσι ιδιότητες, τις οποίες δεν θα υποψιαζόταν κανείς ότι είναι δυνατόν να υφίστανται, θεωρώντας απλά τη συμπεριφορά των μεμονωμένων μορίων και των ατόμων που τα συνιστούν. Γι' άλλη μια φορά, η αναγωγική και η ολιστική θεωρία συνεργάζονται.

Η μοριακή συνεργασία εισάγει διάφορους τύπους συμπεριφοράς «υπερμο-ριακών» καταστάσεων στην κατά τα άλλα αποδιοργανωμένη ύλη. Αυτές οι κα-ταστάσεις εμφανίζονται αυθόρμητα ως ενυπάρχουσες ιδιότητες μιας δεδομένης αντίδρασης, χωρίς την παρουσία οποιωνδήποτε εξωτερικών οργανωτικών συ-ντελεστών· πρόκειται για την *αυτοοργάνωση* της ομοιογενούς ύλης. Βέβαια, η αυτοοργάνωση απαιτεί συνεχή εισαγωγή και εξαγωγή ύλης και ενέργειας· πρό-κειται για τις *δομές σε διασπορά* που πρότεινε ο Prigogine, και που σας ανέφερα πριν λίγο· δομές οι οποίες περιλαμβάνουν την περιοδικότητα και την τάξη στο χώρο.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των δομών σε διασπορά είναι ότι εμφα-νίζονται και διατηρούνται, εφόσον ισχύουν συνθήκες μη ισορροπίας. Όταν το σύστημα έχει τη δυνατότητα να αυτοοργανωθεί, να υπολογίζει το χρόνο, έχει περιοδικότητα, ρυθμούς και μνήμες. Μπορεί τότε να οργανώνει το χώρο κατά τέ-τοιον τρόπο, ώστε να επιβιώνει παρά τις αντιξοότητες. Έτσι φαίνεται ότι ξεκίνησε η ζωή και η εξέλιξη, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Η γεωμετρία των θραυσμάτων (fractal geometry)

– Όπως λέει ο F. Dyson: *«Η φύση έπαιξε ένα παιγνίδι στους μαθηματικούς του 19ου αιώνα, στους οποίους φαίνεται ότι έλειψε η φαντασία, ιδιότητα που η φύση διαθέτει σε μεγάλο βαθμό».*

Αυτά που οι μαθηματικοί αποκαλούσαν «παθολογικές δομές» κατά το 19ο αιώνα, πρόσφατα χαρακτηρίστηκαν ως «θραύσματα», μαθηματικές δηλαδή απεικονίσεις που έχουν περισσότερο τη μορφή «κλασμάτων» (θραυσμάτων) παρά ολοκληρωμένες διαστάσεις.

Τα μαθηματικά των θραυσμάτων θεμελιώθηκαν από τον B. Mandelbrot της IBM με το βιβλίο του *«Η θραυσματική γεωμετρία της φύσης»*. Πρόκειται για την πιο εντυπωσιακή ανακάλυψη των σύγχρονων μαθηματικών.

Τα θραύσματα δεν αποτελούν απλό μαθηματικό περίεργο· δίνουν μια νέα συμπαγή μέθοδο για την περιγραφή αντικειμένων και σχηματισμών. Όταν εξετάζουμε αντικείμενα σε διαφορετικές κλίμακες μεγέθους, συναντάμε συνεχώς τις ίδιες θεμελιώδεις δομές σε διαφορετικά μεγέθη. Τα επαναλαμβανόμενα κλάσματα ή θραύσματα προσδιορίζουν τις διαστάσεις των δομών· έτσι τα φυσικά σχήματα και οι μορφές περιγράφονται πιο πιστά, πιο αποτελεσματικά σε σχέση με την «Ευκλείδεια Γεωμετρία».

Με τη γεωμετρία των *fractals*, δηλαδή των «θραυσμάτων» – μαθηματικές απεικονίσεις που έχουν περισσότερο κλασματική (θραυσματική) διάσταση παρά ολοκληρωμένες διαστάσεις οικείων γεωμετρικών σχημάτων – οι μαθηματικοί μπορούν να περιγράψουν, γενικά, πολύπλοκα φυσικά αντικείμενα και διεργασίες, όπως μια δαντελωτή ακτή, τους κτύπους μιας καρδιάς που πεθαίνει, τη γένεση ενός νέφους ή ενός τυφώνα, με την ίδια ευκολία που ένας αρχιτέκτονας συλλαμβάνει το σχέδιο ενός σπιτιού. Είναι δυνατόν ακόμα να δημιουργήσουν με ακρίβεια πολύπλοκες δομές, χρησιμοποιώντας λίγα μαθηματικά σύμβολα. Οι θραυσματικοί αλγόριθμοι είναι δυνατόν να βοηθήσουν στο να μειωθεί η πολυπλοκότητα και οι δαπάνες κατά τη μετάδοση και φύλαξη πληροφοριών, αλλά, κατ' επέκταση, και στη λειτουργία των νευρωνικών υπολογιστών· ακόμα, συντείνουν στο να δημιουργηθεί μια νέα μουσική, η παράξενη μουσική των θραυσμάτων.

Το χάος και τα θραύσματα (fractals) συνδυάζονται με τις αρχές της μη γραμμικής δυναμικής. Η θεωρία της μη γραμμικής δυναμικής μας βοηθάει όχι μόνο στη μελέτη της κινητικής ορισμένων χημικών αντιδράσεων, αλλά και στις μεταβολές του καιρού και την εμφάνιση επιδημιών. Υπό ορισμένες συνθήκες, καθορισμένα μη γραμμικά συστήματα – αυτά που αποτελούνται από απλά στοιχεία – συμπεριφέρονται *χωρίς την καθορισμένη των πραγμάτων τάξη*, δηλαδή τυχαία, ανώμαλα, χαοτικά.

Θα πρέπει, πάντως, να σας ξαναθυμίσω, συνέχισε ο Κάρολος, ότι *ο όρος χάος δεν έχει τη συνηθισμένη στην καθημερινή εννοιολογία σημασία της αποδιοργάνωσης και του τυχαίου, αλλά ταυτίζεται με την πολύπλοκη συμπεριφορά, η οποία, ενώ*

*μοιάζει τυχαία, «κρύβει» τάξη*. Συμπερασματικά θα κατέληγα: κάποτε λέγαμε ότι η τάξη τείνει προς την αταξία, την αύξηση της εντροπίας, τώρα ισχυριζόμαστε ότι η τάξη τείνει προς το χάος, το οποίο όμως αποκρύπτει αφάνταστη αρμονία και τάξη. Το μη γραμμικό χάος αναφέρεται σ' ένα βεβιασμένο είδος ενδεχομενικότητας, που σχετίζεται με τη γεωμετρία των θραυσμάτων.

– Όταν λες «ενδεχομενικότητα», τι εννοείς; ρώτησε ο Πλάτων.

– Θα έλεγα τυχαίο ή, ακριβέστερα, αυτό που οι Αγγλοσάξονες χαρακτηρίζουν ως randomness και οι Γάλλοι alleatoire, απεκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι δομές των θραυσμάτων αποτελούν συνήθως λείψανα χαοτικών μη γραμμικών δυναμικών. Όπου κάποια χαοτική διεργασία έχει δημιουργήσει ένα περιβάλλον, αφήνει πίσω της θραύσματα, όπως στη δαντελωτή ακρογιαλιά, στις δίνες του νερού και του αέρα, στα σύννεφα, στους βράχους.

Πάντως η γεωμετρία των θραυσμάτων και η μη γραμμική δυναμική αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα η μια από την άλλη, αλλά, φυσικά, όσο ο καιρός προχωράει τα δύο συστήματα προσεγγίζουν και αναμειγνύονται. Η γεωμετρία των θραυσμάτων είναι η γεωμετρία του χάους.

Ένα θραύσμα συνίσταται από γεωμετρικά κλάσματα διαφορετικών μεγεθών και προσανατολισμού του ίδιου, όμως, πάντοτε σχήματος, παρουσιάζουν δηλαδή «αυτοομοιότητα». Για παράδειγμα, ορισμένοι νευρώνες έχουν θραυσματική δομή· υπό μεγέθυνση στο μικροσκόπιο παρατηρεί κάποιος τα μικρά κλαδιά που δημιουργούν τα μεγαλύτερα και, όσο η μεγέθυνση αυξάνεται, δεν βλέπει κανείς παρά κλαδιά, κλαδιά. Ενώ, όμως, αυτό στο παράδειγμά μας κάπου σταματάει, στην περίπτωση ιδανικών θραυσμάτων αυτά θεωρούνται άπειρα. Ενώ μία ευκλείδειος γραμμή έχει μια διάσταση, ένας κύκλος δύο, μία σφαίρα τρεις, τα θραύσματα δεν έχουν ακέραιες, αλλά θραυσματικές, κλασματικές διαστάσεις. Ενώ δηλαδή μία ευκλείδειος γραμμή καταλαμβάνει μια διάσταση του χώρου, μία θραυσματική γραμμή εκτείνεται στο δισδιάστατο χώρο. Η γραμμή, για παράδειγμα, της ακτής έχει μια διάσταση ανάμεσα στη μία και τις δύο, ενώ μια κλασματική επιφάνεια, για παράδειγμα ένα βουνό, έχει διαστάσεις μεταξύ δύο και τριών. Όσο περισσότερες είναι οι διαστάσεις ενός θραύσματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα μια δεδομένη περιοχή του χώρου να εμπεριέχει ένα κομμάτι αυτού του θραύσματος.

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει πλήθος θραυσματοειδών δομών, όπως τα δίκτυα των αιμοφόρων αγγείων, οι πνεύμονες, το νευρικό σύστημα, οι πεπτικοί αγωγοί. Τα αιμοφόρα αγγεία της καρδιάς, για παράδειγμα, εμφανίζουν θραυσματική υφή. Τα μεγάλα αγγεία διακλαδίζονται σε μικρότερα και εκείνα σε ακόμα μικρότερα κ.ο.κ..

Όλες οι μέχρι σήμερα έρευνες στο νέο αυτόν τομέα συγκλίνουν στη διαπίστωση ότι οι χαοτικές καταστάσεις υποδηλώνουν νιάτα και υγεία. Όταν αυτά συντείνουν προς την περιοδικότητα, τότε είναι δυνατόν να προοιωνίζουν γηρατειά και ασθένειες. Η υγιής καρδιά, για παράδειγμα, χτυπάει πάντα με ρυθμούς που συνεχώς αλλάζουν, αυτοί όμως γίνονται περιοδικότεροι, πιο αρμονικοί, όταν



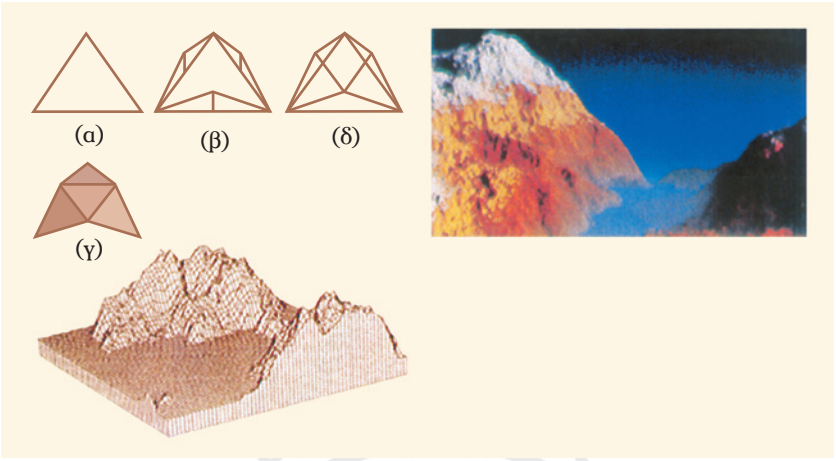
*Θρανσματική δομή ενός δέντρου. Φαίνεται πολύπλοκο αλλά δεν είναι. Από ένα απλό θραύσμα, με τον κανόνα των διακλαδώσεων είναι δυναιόν να δημιουργηθούν παρυφές, κλαδιά· τα κλαδιά να διακλαδιστούν σε κλαδάκια, τα τελευταία σε ακόμα πιο μικρά κλαδάκια κ.ο.κ.. (Κάτι αντίστοιχο είναι δυνατόν να συμβεί και με τα γονίδια). Με επαναλήψεις του θραύσματος, μέσα στο παραλληλόγραμμο, δημιουργείται το κλαδί, το δέντρο.*

κάποια αρρώστια εμφανιστεί. Η χαοτική δυναμική είναι δυνατόν να υποκρύπτει σχηματισμούς πολλών θραυσματοειδών δομών του σώματος, που αρχίζουν τώρα να μελετώνται συστηματικά.

Στις παραπάνω νέες θεωρίες, θα πρέπει να προσθέσουμε και την άποψη του Dawking, στο βιβλίο του για τον *Τυφλό ρολογά*, τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται από μικρά επαναλαμβανόμενα «κλάσματα» πολύπλοκες φαινομενικά δομές, όπως ένα μεγάλο δέντρο.

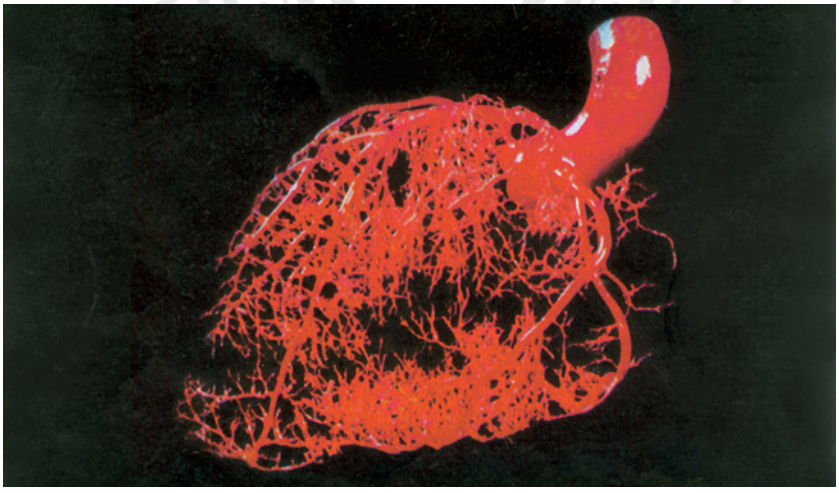
Όλ' αυτά, σίγουρα σας ζάλισαν, ελπίζω όμως οι εικόνες που σας έδειξα να σας έδωσαν μια ιδέα των νέων αυτών κατευθύνσεων της επιστήμης, η οποία τώρα προσπαθεί να βρει νομοτέλειες εκεί όπου δεν είναι εκ πρώτης όψεως ορατές, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Μπορούμε τώρα να επανέλθουμε στο πρόβλημα της δημιουργίας της ζωής. Ένα ερώτημα που ετίθετο ανέκαθεν, σχετικά με το ξεκίνημα της ζωής, ήταν, αν



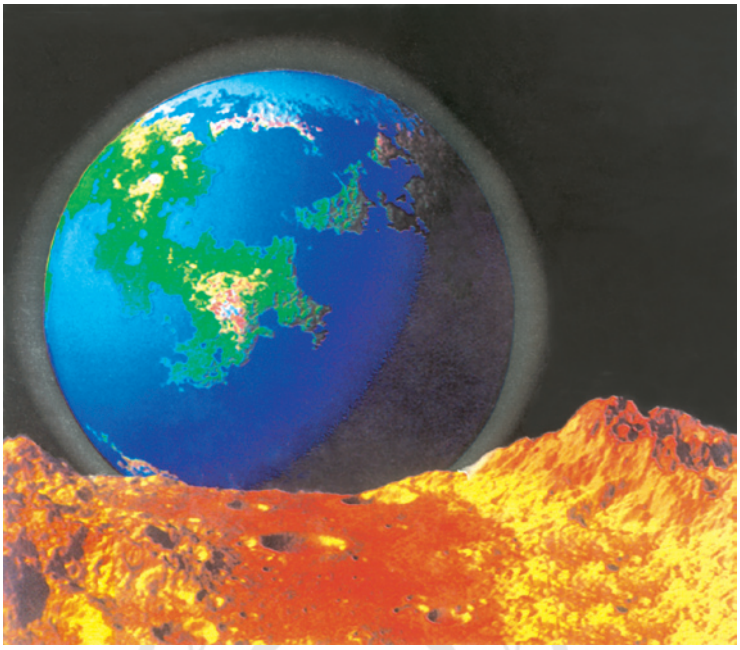

*Με τη θρανσματική τοπογραφία είναι δυνατόν ν' αναπαρασταθεί π.χ. τμήμα μιας οροσειράς. Τα μεσαία σημεία των ακμών (πλευρών ενός τριγώνου) (α) συνδέονται με τμήματα γραμμών και κινούνται πάνω-κάτω, έξω απ' το επίπεδο της εικόνας (β). Έτσι δημιουργούνται τέσσερα μικρότερα τρίγωνα, κι αυτό είναι δυνατόν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

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

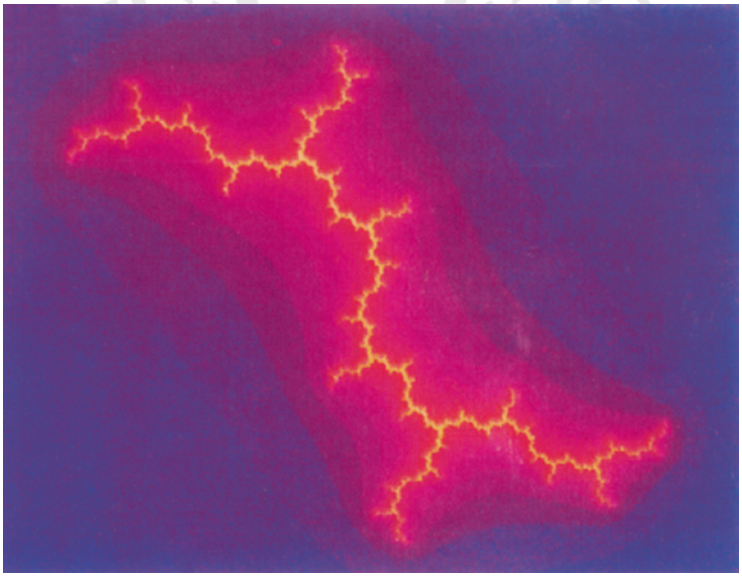


*Θρανσματική υφή των αιμοφόρων αγγείων της καρδιάς.*

*(Από τον B. Sobel - Sc. Amer.)*



*Η αναιολή του πλανήιτη, «καιά θραυσματική θεώρηση».*
*Από το βιβλίο του B. Mandelbrot «The Fractal Geometry of the Nature».*



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

*(Από τον H. J rgens - Sc. Amer.)*

πρώτα δημιουργήθηκαν τα μόρια του DNA και ακολούθησαν τα πρωτεϊνικά ή αντίστροφα. Το πολύ γνωστό πρόβλημα: αν η κότα έκανε το αβγό ή το αβγό την κότα.

Σήμερα φαίνεται αυτό να ξεδιαλύνεται. Το πρώτο μόριο-σκαλοπάτι για τη δημιουργία έμβιων, δείχνει να είναι το μόριο *του RNA,* που αποστέλλεται από το DNA ως αγγελιοφόρος και καλούπι ώστε ν' αρχίσει η σύνθεση κάποιας συγκεκριμένης πρωτεΐνης.

## RNA, τα πρώτα μόρια με πληροφοριακό υλικό

### *Οι υπέρκυκλοι του Eigen*

– Σήμερα εδραιώνεται η άποψη ότι το πρώτο μακρομόριο που δημιουργήθηκε στην αρχέγονη σούπα ήταν το μόριο του RNA και μάλιστα το μικρό μόριο μεταφοράς RNA, που αποτελείται από πενήντα ως εξήντα βάσεις. Η άποψη αυτή ενισχύθηκε και από την αποκάλυψη (1989) των καταλυτικών ιδιοτήτων του RNA. Ο Cech, νομπελίστας βιολόγος, έδειξε ότι το μόριο του RNA είναι δυνατόν να δρα και ως ένζυμο, κόβοντας κομμάτια του RNA και ξανασυνδέοντας τα άκρα και πάλι ανάμεσά τους. Πρόκειται για τα μόρια που χαρακτηρίστηκαν ως «ριβοζύμες». Το RNA στη συνεργασία του με πρωτεϊνικά μόρια έχει τη δυνατότητα για σημαντική αύξηση των καταλυτικών δυνατοτήτων και των δύο μορίων, με αποτέλεσμα όχι μόνο να επιταχύνεται η αναπαραγωγή τους, αλλά και να βελτιώνεται το πληροφοριακό υλικό που περιέχουν. Μόρια δηλαδή που ανακάλυψαν τα αγαθά της συνεργασίας, αντί του ανταγωνισμού, πρόκοψαν και εξελίχθηκαν. Πρόκειται για τη θεωρία των «υπέρκυκλων» του Eigen, η οποία αποτελεί προέκταση της δαρβίνειας θεωρίας στην εξέλιξη των προβιοτικών μορίων προς έμβια. Όπως καταλήγει ο Eigen:

*«Η φύση έγραψε το βιβλίο της ζωής στην ίδια γλώσσα από την αρχή ως το τέλος. Δεν ήταν ούτε οικονομικό ούτε πρακτικό ν' αλλάξει γλώσσα κατά τη διάρκεια των βιολογικών εξελίξεων».*

– Τα νεότερα πειραματικά δεδομένα, συνέχισε ο Κάρολος, δικαιώνουν τις θέσεις αυτές. Η ιδιότητα δηλαδή των μορίων γι' «αυτοοργάνωση» βασίζεται σε τρεις σημαντικές παραδοχές: την αυτοκατάλυση, τον εξαναγκασμό του συστήματος να είναι μακριά από τη θέση ισορροπίας και την τάση των μορίων για συνεργασία. Βέβαια, ας μη λησμονείται ότι αυτή η οδύσσεια της μετατροπής της άβιας ύλης – των οργανικών μορίων – σε έμβια οργάνωση, υπήρξε πολύ μακρά, αφού το πρώτο βακτηρίδιο δημιουργήθηκε πριν τρεισήμισι δισεκατομμύρια χρόνια, και από τότε η ανάπτυξη των ειδών συνεχίζεται εξελικτικά.

Στην αρχική φάση αποφασιστικό ρόλο φαίνεται να έπαιξαν τα μόρια DNA και ATP. Η σύνθεση *πολυνουκλεοτιδίων* συνδέθηκε, χωρίς αμφιβολία, με τη σύνθεση ευνοούμενων πολυπεπτιδίων από αμινοξέα. Ας μην ξεχνάμε ότι τα μόρια

DNA και τα πρωτεϊνικά μόρια είναι αποθήκες πληροφοριών. Τις πληροφορίες αυτές αξιοποιεί το κύτταρο για να επιζήσει. Μια ορισμένη διάταξη *μονονουκλεοτιδίου* σε πολυνουκλεϊδική αλυσίδα θα μπορούσε να επηρεάσει το συνδυασμό των αμινοξέων σε μια πρωτεΐνη, που με τη σειρά της θα δημιουργούσε μια διαφορετική οργάνωση του μεταβολισμού του πρωτοβίου. Όπως προκύπτει από τις εργασίες των Crick και Watson, σε κάθε τριάδα βάσεων του νουκλεοτιδίου αντιστοιχεί ένα αμινοξύ. Έτσι, φαίνεται ότι το μόριο του DNA ειδικεύτηκε στο μοριακό αντιγραφικό κύκλο, ενώ τα δύο μόρια του RNA (αγγελιοφόρος και μεταφορέας) ειδικεύτηκαν στη σύνθεση πρωτεϊνών.

Θα πρέπει να υποθέσουμε ότι, αφού τα μόρια του DNA παίζουν το ρόλο μεσολαβητή στην πρωτεϊνική σύνθεση, και μόνο οι αγγελιοφόροι τους, δηλαδή τα μόρια του RNA, είναι αυτά που έρχονται σε επαφή με μόρια αμινοξέων και πρωτεϊνών, το μόριο του RNA είναι το πρώτο βιομόριο που ενείχε πληροφοριακό υλικό για την αλληλουχία του πρωτεϊνικού μορίου και αναπτύχθηκε στο προβιολογικό περιβάλλον. Αν αυτό συνδυαστεί και με την ανακάλυψη των καταλυτικών του ιδιοτήτων, τότε γίνεται ακόμα μεγαλύτερη η σημασία του στην εξελικτική πορεία προς τη *ζωντανή ύλη.* Στα πειράματα του Szostak, στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης, με ανάμειξη λίπους, νερού, σπερμιδίνης (μιας ουσίας του σπέρματος) και τμημάτων μορίων RNA από τα κύτταρα ενός πρωτόζωου, παρατηρήθηκε ότι τα κύτταρα άρχισαν να διαιρούνται και να σχηματίζουν νέα κύτταρα. *Όλα λοιπόν συνηγορούν στο ότι το μόριο του RNA έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο στη δημιουργία της ζωής!* τόνισε ο Κάρολος, και πρόσθεσε:

– Θα ήθελα να σας θυμίσω, ότι το Nobel ιατρικής του 2006 δόθηκε στους Fire και Mello για την ανακάλυψη της σημασίας του διαμεσολαβητικού (interference RNA: RNAi, όπως σημειώνεται), κυρίως όχι με την απλή μορφή του, όπως το συνηθίζουμε αλλά τη μορφή της διπλής έλικας. Υπό τη μορφή αυτή συμβάλλει στη «σιωπή» ορισμένων γονιδίων και ότι η αντίδραση αυτή είναι καταλυτική. Μια έκπληξη κι ένας δρόμος ανοίγεται τώρα.

Αλλά τώρα, ήρθε η ώρα να μιλήσουμε και για ένα πολύ αποφασιστικό βήμα στην πορεία της εξέλιξης, για το σεξ και το θάνατο κατέληξε ο Κάρολος.

## Το σεξ και ο θάνατος

– Στη συνέχεια της εξελικτικής πορείας της ζωής, άρχισε ο Ιπποκράτης, μια εφεύρεση κι ένας «νόμος» έδωσαν μεγάλη ώθηση στην πολυμορφία της, το *σεξ* και ο *θάνατος.* Από τη στιγμή που εφευρέθηκε η σεξουαλικότητα, κάθε γενετικό πρόγραμμα δεν σχηματίζεται πια με την πιστή αντιγραφή ενός προγράμματος, αλλά με αναδιάταξη δύο διαφορετικών προγραμμάτων. Το γενετικό πρόγραμμα ανήκει πλέον στο σύνολο των όντων, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με τα φύλα.

Στους μικροοργανισμούς που αναπαράγονται με διχοτόμηση, η εξαφάνιση του ατόμου – επακόλουθο της ταχύτητας, με την οποία συμπληρώνεται ο ζωικός

κύκλος – βοηθάει για να εξερευνηθεί το παρελθόν. Η μίτωση, η διχοτόμηση δηλαδή των κυττάρων και η δημιουργία από το ίδιο κύτταρο πανομοιότυπων απογόνων, καθιστά απλούστερη τη διερεύνηση. Αντίθετα, στους πολυκύτταρους οργανισμούς με τη διαφοροποίηση των κυττάρων που προκύπτουν από την αναπαραγωγή και τη βοήθεια του σεξ, το πρόβλημα γίνεται τυχαίο και, φυσικά, πιο περίπλοκο. *Ας μην ξεχνάμε ότι από τα σαράντα έξι χρωμοσώματα του πατέρα και τα σαράντα έξι της μητέρας στα γαμετοκύτταρα (σπερματοζωάριο - ωάριο) θα μεταβιβαστούν τυχαία στον απόγονο μόνο τα μισά (23 + 23).* Είναι τα μόνα κύτταρα του οργανισμού που περιέχουν κατ' εξαίρεση το μισό μόνο από το γενετικό υλικό.

Τη σεξουαλική αποτελεσματικότητα, που συνοδεύεται από εγκυμοσύνες, φροντίδες, ανατροφή, ακολουθεί η εξαφάνιση με τα γηρατειά της γενιάς που τερμάτισε το ρόλο της μετά την αναπαραγωγή και αρχίζει ν' αποχωρεί. Η ίδια λοιπόν η εκτέλεση του προγράμματος κανονίζει τη διάρκεια της ζωής. Όπως κι αν είναι, *ο θάνατος αποτελεί συστατικό στοιχείο του συστήματος και παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη*. Χωρίς το θάνατο, χωρίς την εξαφάνιση του ατελέστερου, του γερασμένου, εξέλιξη δεν νοείται. *Οι περιορισμοί στην εξέλιξη δεν συμβιβάζονται με το παλαιό όνειρο της αθανασίας*. Κάτι, άλλωστε, που δεν υφίσταται στο Σύμπαν, αφού η αθανασία δεν ισχύει ούτε καν για τ' αστέρια.

Για να συνεχιστεί εξελικτικά η ζωή δεν αρκεί ο φυσιολογικός ανασυνδυασμός των κυττάρων που πραγματοποιείται κατά τη σεξουαλική αναπαραγωγή, χρειάζεται και ο θάνατος. Αν ο θάνατος δεν απομάκραινε όλα τα όντα, των οποίων τα γονίδια δεν έχουν προσαρμοστεί στο περιβάλλον, αυτά θα «μόλυναν» με τη γενετήσια λειτουργία τους τ' άλλα που προσαρμόστηκαν και αντιπροσωπεύουν ανταγωνιστικά άτομα. Όσο κι αν φαίνεται περίεργο ότι ο θάνατος είναι όργανο στα χέρια της εξέλιξης, η γήρανση και ο θάνατος ρυθμίζουν τη ροή των πραγμάτων έτσι, ώστε τα άτομα να μην ζουν περισσότερο χρόνο απ' αυτόν που απαιτεί η φύση για να εξασφαλιστεί η επιβίωση του είδους μακροπρόθεσμα. Όπως λέει και ο Terner: *«Το σεξ και ο θάνατος συνιστούν την ουσιαστικότερη διαλεκτική στη φύση»*.

Παρόλη, όμως, τη γνώση αυτή που συσσωρεύτηκε τα τελευταία χρόνια, παρενέβη ο Κάρολος, υπάρχουν ακόμα πολλά κενά σχετικά με τα γεγονότα που μεσολάβησαν για να δημιουργηθούν ορισμένοι από τους μεγάλους σταθμούς στην εξέλιξη, δηλαδή στην αλλαγή της οργανωτικής του κυττάρου. Η γνώση μας για το πέρασμα από την απλή προκαταρκτική μορφή των ζυμομυκήτων από τους μονοκύτταρους στους πολυκύτταρους οργανισμούς, την εμφάνιση των σπονδυλωτών και, τελικά, του ανθρώπου με τη νοημοσύνη, την περιέργεια και την ομιλία, παρουσιάζει πολλά κενά. Καθένας από τους σταθμούς δείχνει ν' αντιστοιχεί σε αξιοσημείωτη αύξηση της ποσότητας των νουκλεϊνικών οξέων. Ένα βακτηρίδιο, για παράδειγμα, αντιπροσωπεύει τη μετάφραση μιας νουκλεϊνικής αλληλουχίας (αν ξεδιπλωθεί), μήκους ενός χιλιοστόμετρου, και περιέχει περίπου είκοσι εκατομμύρια σήματα. Οι αντίστοιχοι αριθμοί στον άνθρωπο είναι δύο μέτρα και

δισεκατομμύρια σήματα. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η «αναγωγική» μας βοηθάει πολύ αποτελεσματικά στη μοριακή βιολογία· έχει όμως κι αυτή, όπως όλες οι θεωρίες, τα όριά της, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Αν όμως αρχίζει να γίνεται κατανοητή η λειτουργία του κυττάρου, δυστυχώς πολύ λίγα πράγματα είναι σαφή σχετικά με τη λειτουργία των ιστών και των οργάνων. Αγνοούμε ακόμα τη λογική που διέπει την εκτέλεση σύνθετων προγραμμάτων, όπως την ανάπτυξη ενός θηλαστικού. Το ωάριο, όπως γνωρίζετε είναι σχετικά πολύ πιο μεγάλο από το σπερματοζωάριο και περιέχει πλήθος θρεπτικών συστατικών απαραίτητων στα έμβια. (Όλοι γνωρίζουμε τη θρεπτική αξία των αβγών). Θα πρέπει να σημειωθεί, ακόμα, ότι ένα ανθρώπινο γονιμοποιημένο ωάριο διαφοροποιείται σε περίπου διακόσιους τύπους κυττάρων.

Ο σχηματισμός ενός ανθρώπου από ένα ωάριο και ένα σπερματοζωάριο αποτελεί *θαύμα ακρίβειας και τάξης.* Με ποιο μηχανισμό, ξεκινώντας από ένα μόνο κύτταρο, αναδύονται χιλιάδες, δισεκατομμύρια άλλα κύτταρα με ειδικευμένες σειρές (ηπατικά, εγκεφαλικά, επιδερμικά κ.λπ.), σύμφωνα με μια τέλεια τάξη μέσα στο χώρο και το χρόνο; Αυτά είναι πραγματικά ερωτήματα, για τα οποία προς το παρόν δεν διαφαίνονται οι προϋποθέσεις γι' απάντηση. Στη διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης μεταφράζονται και εκτελούνται βαθμιαία οι οδηγίες που είναι γραμμένες μέσα στα χρωμοσώματα, λόγου χάρη του αβγού· οι γενετικές οδηγίες καθορίζουν πού και πότε θα σχηματιστούν οι χιλιάδες των μοριακών ειδών, που θ' αποτελέσουν το σώμα του ενήλικα. Στην εκτέλεση του σχεδίου αυτού ελάχιστες αποτυχίες συμβαίνουν, αν κρίνει κάποιος από το μικρό ποσοστό αποβολών και τερατογονίας.

Εκτός όμως από την άγνοιά μας γύρω από τη λογική των σύνθετων προγραμμάτων, αγνοούμε ακόμα τον τρόπο με τον οποίο τα επίκτητα κυκλώματα προστίθενται στο κληρονομικό δίκτυο· *δεν ξέρουμε πώς συνεργάζεται το έμφυτο και το επίκτητο, γιατί αυτά δεν είναι αντίθετα μεταξύ τους, απλώς αλληλοσυμπληρώνονται.*

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ανάπτυξη της νέας χημείας θα βοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση των προβλημάτων αυτών και ότι η βαθύτερη σπουδή των πρωτεϊνικών μορίων και των ορμονικών δράσεων θα διευκολύνει στην κατανόηση πολλών αισθηματικών εκδηλώσεων. Ακόμα, η πρόοδος στον τομέα της νευροχημείας, η ανάλυση του μοριακού μηχανισμού στις απολήξεις των νευρικών κυττάρων και οι χημικές αντιδράσεις στα εγκεφαλικά κύτταρα, θα βοηθήσουν στην κατανόηση των λογικών αντιδράσεων. Η κατανόηση, όμως, σε χημικό επίπεδο ορισμένων συνειδησιακών πράξεων δείχνει να είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και οι εξηγήσεις γι' αυτές προς το παρόν πολύ απομακρυσμένες. Κάπου στην εξελικτική αλυσίδα αναπτύχθηκε μια ποιότητα που τη χαρακτηρίζουμε με τη λέξη *νοημοσύνη*. Η ανάπτυξή της ήταν ένας από τους πολλούς δρόμους για την άσκηση ελέγχου στο περιβάλλον προς όφελος του χρήστη. Η αποκάλυψη των μυστικών του εγκεφάλου θα είναι γοργή τα χρόνια που έρχονται. Κατά κάποιον

τρόπο, μπορούμε να θεωρήσουμε τους εαυτούς μας, όπως λέει ο Sagan: «*Σαν μια εκλεκτική συλλογή αυτοδιπλασιαζόμενων μορίων. Αρκετές από τις ενέργειες, τις σκέψεις και τα αισθήματά μας συνιστούν ακριβώς πλεονεκτήματα της υψηλής εκλεκτικότητας των μορίων που περιέχουμε*».

## Ο Δαρβίνος και η εξέλιξη

– Είναι εντυπωσιακές οι στιγμές, συνέχισε ο Κάρολος, που ο άνθρωπος σπάει τα δεσμά του κι ελευθερώνεται από τα ταμπού, με τα οποία έχει γαλουχηθεί εξ απαλών ονύχων, τα θέσφατα, τα γενικώς αποδεκτά δόγματα, που δεν επιδέχονται αμφισβήτηση! Τότε πετάει σε νέους ορίζοντες, αφήνεται σε οραματισμούς πρωτόγνωρους, που οι μετέπειτα εμπειρίες επιβεβαιώνουν. Η θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου αποτελεί μία απ' αυτές τις πολύ γόνιμες στιγμές για το ανθρώπινο γένος.

Τα επιτεύγματα γίνονται πιο επιβλητικά, όταν ληφθεί υπόψη ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει σχεδιαστεί για να κατευθύνει στο κυνήγι, στη συλλογή τροφίμων, την αναπαραγωγή, την ανατροφή των παιδιών, την κατανόηση, γενικότερα, ενός κόσμου από αντικείμενα μέτριου μεγέθους, που υποπίπτουν στις αισθήσεις του και κινούνται στις τρεις διαστάσεις. Αντίθετα, δεν έχουμε σχεδιαστεί για να κατανοούμε το πολύ μικρό και το πολύ μεγάλο, είτε πρόκειται για κύτταρα, μόρια άτομα ή κουάρκς, είτε για γαλαξίες, είτε για το χρόνο, κι ακόμα περισσότερο για το *χωροχρόνο.* Οι έννοιες των *άνγκστρομς* ή των *νανόμετρων,* μερικών δηλαδή δισεκατομμυριοστών του εκατοστού του μέτρου στον κόσμο των ατόμων και των μορίων ή *των πικοδευτερολέπτων* (την υποδιαστολή ακολουθούν δεκαπέντε μηδενικά) της ηλεκτρονικής ή των *γιγαετών* (πρόκειται για τα δισεκατομμύρια ετών) του κοσμικού χρόνου, αποτελούν λέξεις που κατανοούμε ίσως, αλλά δεν τις αισθανόμαστε, δεν έχουμε την ικανότητα να τις οικειοποιηθούμε. Το ίδιο συμβαίνει και με τα πολύπλοκα μοριακά παιγνίδια της ζωντανής ύλης.

Ο Δαρβίνος (1809-1882) στην Αγγλία, είχε την τύχη σε μια γόνιμη περίοδο της ζωής του, γύρω στο 1836, να επιβιβαστεί στο πλοίο «Beagle» για ένα συναρπαστικό ταξίδι. Το ταξίδι αυτό του έδωσε τις πρώτες εμπειρίες για πολλά φαινόμενα, όπως για ένα ηφαίστειο στο νησί του Πράσινου Ακρωτηρίου, για τα τροπικά δάση της Βραζιλίας, τα ορυκτά της Αργεντινής, τους σεισμούς της Χιλής, συνάντησε τους άγριους κατοίκους της Γης του Πυρός· αλλά η μεγάλη στιγμή ήρθε στα εξωτικά νησιά του Ειρηνικού, στα νησιά Galapagos. Εκεί, σ' αυτό τον παράδεισο, όπου η ζωή έσφυζε, παρατηρώντας τη διαφοροποίηση της ζωής στην παρθένα έκφρασή της, συνέλαβε και γονιμοποίησε την ιδέα, η οποία επρόκειτο να μορφοποιηθεί, όταν θα επέστρεφε στην Αγγλία:

*«Ο ανταγωνισμός για επιβίωση σ' ένα πυκνοκατοικημένο περιβάλλον, όπως τα νησιά Galapagos, είναι υπεύθυνος για τις διαφοροποιήσεις των ειδών».*

Οι ιδέες αυτές θα ωριμάσουν το 1859 με το βιβλίο του «*The Origin of Species*

*by Means of Natural Selection».* Η θεωρία αυτής της ανάπτυξης με φυσική επιλογή, επαναστατική για τη μέχρι τότε βιολογία, προκάλεσε θύελλα αντεγκλήσεων· μια θεωρία, όμως, που δικαιώθηκε στις μέρες μας. Δεν υπάρχει βιολόγος σήμερα που ν' αμφισβητεί τη δαρβίνεια άποψη, έστω και ως *νεοδαρβίνεια,* τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Στην ερώτηση, αν τα συστατικά μέρη ενός ανθρώπου *είναι σχεδιασμένα από έναν επιδέξιο μηχανικό, η απάντηση είναι: όχι ή τουλάχιστον, όχι κατ' ανάγκην.* Πρόκειται για μια απάντηση που ίσως κατ' αρχήν δημιουργεί κάποια έκπληξη, αν όχι αμηχανία. Η γνώση αυτή αποκτήθηκε όταν έναν περίπου αιώνα πριν ο Δαρβίνος συνέλαβε την εξελικτική θεωρία των ειδών. Είναι γεγονός ότι οι μεγαλύτερες πρόοδοι στην επιστήμη πραγματοποιήθηκαν από έξυπνους ανθρώπους, που κατάφεραν να πιστοποιήσουν αναλογίες ανάμεσα σε αντικείμενα, που ήταν ήδη κατανοητά, και σε άλλα, που μέχρι τότε φαίνονταν μυστηριώδη. Ο Δαρβίνος ήταν ένας απ' αυτούς. Έβλεπε πολύ μακριά, πολύ βαθιά. Ήταν ένας από τους στυλοβάτες της ανθρώπινης γνώσης.

Μια σειρά από παρατηρήσεις τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι: όλα τα είδη προέρχονται από έναν κοινό αρχαίο πρόγονο· το σημερινό οικολογικό σύστημα είναι αποτέλεσμα μιας μακράς εξελικτικής πορείας· τα διάφορα είδη αναπαράγονται με πολλαπλασιαστικές διαφοροποιήσεις, όπως όμως οι διάφοροι οργανισμοί ανταγωνίζονταν για την ιδιοποίηση των πηγών διατροφής που υπήρχαν, επιζούσαν εκείνοι οι οποίοι με φυσική επιλογή είχαν τις περισσότερες δυνατότητες να επιβληθούν· σ' αυτήν την πορεία ήταν φυσικό να επικρατούν εκείνα τα




*Η εξέλιξη από τα πιθηκοειδή προς τον άνθρωπο. Ο πρώτος πολυκύτταρος οργανισμός εμφανίστηκε πριν εξακόσια εκατομμύρια χρόνια. Τα θηλαστικά πριν διακόσια εκατομμύρια χρόνια. Τα ανθρωποειδή πριν μερικά εκατομμύρια χρόνια και ο homo sapiens περίπου πριν εκατό χιλιάδες χρόνια. Χρειάστηκαν όμως μερικά διοεκατομμύρια χρόνια προκειμένου να δημιουργηθούν τα πρωιόβια.*

είδη που συσσώρευαν επιτυχείς διαφοροποιήσεις ή μεταλλάξεις· έτσι δημιουργούνταν τα νέα είδη.

Απ' αυτήν τη θεώρηση προέκυπτε ότι όλα τα ζωντανά προέρχονταν από ένα απλό μονοκύτταρο οργανισμό ή βακτηρίδιο. Εμείς οι άνθρωποι είμαστε συνταξιδιώτες με πολλά άλλα πλάσματα στο μεγάλο οδοιπορικό, την «οδύσσεια» των εξελικτικών διαδικασιών.

Εκεί, στα νησιά Galapagos, ο Δαρβίνος παρατήρησε ότι υπάρχουν παραλλαγές των διάφορων έμβιων. Βρήκε απολιθώματα από φυτά και ζώα που ήταν διαφορετικά απ' ό,τι εμφανίζονται σήμερα.

Κατά τον Δαρβίνο, τα νέα είδη οργανισμών δημιουργούνται ύστερα από «φυσική επιλογή» και συγκεκριμένα: η αναπαραγωγή του οργανισμού πραγματοποιείται κατά εκθετικό και όχι αριθμητικό τρόπο (1, 2, 4, 8... κ.λπ.). Παρόλα αυτά, ο αριθμός των μελών, ύστερα από πολλές γενιές, παράδοξα μένει σταθερός. Επομένως, θα πρέπει να υπάρξει πάλη για το ποιος τελικά θα επιλεγεί, δηλαδή θα επιβιώσει. Εξάλλου, σε κάθε είδος (φυτικό ή ζωικό) δημιουργούνται παραλλαγές που κληρονομούνται. Έτσι, για έναν οργανισμό, που διαβιώνει σε συγκεκριμένο περιβάλλον, ορισμένες παραλλαγές είναι ευνοϊκές και τον βοηθούν να επιζήσει και ν' αναπαραχθεί πιο εύκολα. Οι προνομιούχοι αυτοί οργανισμοί μεταβιβάζουν τις κληρονομικές τους παραλλαγές στους απογόνους τους. Ύστερα από μακρά πορεία μέσα στο χρόνο, δημιουργούνται σοβαρές διαφορές, μέχρις ότου τα παλαιά είδη μεταμορφώνονται σε άλλα· έτσι δημιουργούνται τα νέα είδη.

*Ο εξελικτικός αυτός νόμος βασίζεται, δηλαδή, στη φυσική επιλογή. Σύμφωνα μ' αυτήν, επιζούν και αναπαράγονται οι ικανότεροι και πιο προσαρμοσμένοι οργανισμοί, οι άλλοι, οι πιο ασθενικοί, οι ανήμποροι, πεθαίνουν και σιγά-σιγά εξαφανίζονται*. Ο ανταγωνισμός ανάμεσα στα είδη αποτελεί ακόμα ένα εξαιρετικό κίνητρο. Οι γαζέλες, για παράδειγμα, συνεχώς βελτιώνουν το τρέξιμό τους για να μην τις προφταίνουν τα λιοντάρια, και τα λιοντάρια συνεχώς αυξάνουν σε αποτελεσματικότητα την όρασή τους για να προλαβαίνουν τις γαζέλες. Κάτι ανάλογο δεν συμβαίνει και με τους ανθρώπους; τόνισε ο Κάρολος και πρόσθεσε.

Οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Σοβιετική Ένωση, για παράδειγμα, προσπαθούσαν συνεχώς να βελτιώνουν τους πυραύλους και τις πυρηνικές κεφαλές, σ' έναν αδυσώπητο ανταγωνισμό επικράτησης και υπεροχής. Πύραυλοι και αντιπύραυλοι, απίθανοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και λέιζερ και πόλεμοι των άστρων και ταξίδια στο διάστημα, των οποίων τα κίνητρα διακυμαίνονται ανάμεσα στη θαυμαστή ανθρώπινη περιέργεια και στην τελειοποίηση των μέσων για το μεγάλο φονικό.

Η εξέλιξη ενός θαυμαστού οργάνου, του ματιού, από τα απλά φωτοευαίσθητα κύτταρα στο ατελές – χωρίς φακούς – μάτι του *ναυτίλου* (ένα είδος πανάρχαιου καλαμαριού), στο μάτι του χταποδιού, που βρίσκεται τόσο κοντά στο δικό μας και του αετού, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό εξελικτικό παράδειγμα, που εκτυ-

λίσσεται εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια. Κι ακόμα, πόση εξέλιξη δεν επιδέχεται το σχετικά ατελές ανθρώπινο μάτι, το οποίο αγνοεί το υπεριώδες ή το υπέρυθρο φως και συλλαμβάνει μιαν απλή ελάχιστη σχισμή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από το ιώδες στο ερυθρό; Πώς θα είναι άραγε μετά από δισεκατομμύρια χρόνια; διερωτήθηκε ο Κάρολος και συνέχισε.

Με βάση την ιστορία της ζωής, υπολογίζεται ότι για ν' αναπτυχθούν νέα είδη χρειάζονται μερικά εκατομμύρια χρόνια, για την ανάπτυξη ενός νέου γένους δεκάδες εκατομμύρια χρόνια, για μια νέα ζωική τάξη εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια και για να δημιουργηθεί ένα νέο ον, όπως ο homo sapiens, μερικά δισεκατομμύρια χρόνια.

Η θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου έθιξε τα θεμέλια θρησκευτικών πεποιθήσεων ακόμα περισσότερο και από τον Κοπέρνικο, που τοποθέτησε τον Ήλιο, αντί της Γης, στο κέντρο του Ηλιακού μας Συστήματος και εξοικείωσε τον απλό άνθρωπο με τις μεθόδους της επιστημονικής ανάλυσης. Οι αρχές του Δαρβίνου, επαναστατικές για την εποχή εκείνη, όπως όλες οι νεοτεριστικές ιδέες, συνάντησαν πολεμική απ' όλες τις πλευρές, επιστημονικές, πολιτικές, θρησκευτικές, αλλά δικαιώθηκαν απόλυτα στις μέρες μας· γιατί, σήμερα, στην εποχή της μοριακής βιολογίας, οι παλαιοί αντιδαρβινιστές δεν υφίστανται.

Βιολόγοι, οι οποίοι αμφισβήτησαν τις δαρβινικές αρχές, ανήκουν σε τρεις κατηγορίες: σ' αυτούς που για θρησκευτικούς λόγους θεωρούσαν αναληθή την εξέλιξη· σ' αυτούς που για πολιτικούς ή ιδεολογικούς λόγους την αποκήρυξαν χωρίς κανένα επιχείρημα, και τέλος η τρίτη κατηγορία αναφέρεται σ' αυτούς που επιθυμούν κάποιο θόρυβο γύρω από τ' όνομά τους – και τέτοιοι υφίστανται παντού και πάντοτε.

Σε γενικές γραμμές, τα πρώτα έμβια, οι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, εμφανίστηκαν πριν τρεισήμισι περίπου δισεκατομμύρια χρόνια και όπως φαίνεται στα τρίσβαθα των ωκεανών. Χρειάστηκαν τρία ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια για να εξελιχθούν σε πολυκύτταρους οργανισμούς, που η ανάπτυξή τους τοποθετείται πριν εξακόσια εκατομμύρια χρόνια. Τα θηλαστικά είναι σχετικά νεότερα, πριν διακόσια εκατομμύρια χρόνια. Ο παλαιότερος πρόγονος του σημερινού αλόγου, το hyracotherium, έζησε πριν πενήντα περίπου εκατομμύρια χρόνια και είχε το μέγεθος ενός σκύλου πολυτελείας, παραδείγματος χάριν ενός φοξ-τερριέ· η μεγέθυνση του σώματός του προχώρησε με ρυθμό (αν και οι εξελικτικοί ρυθμοί ήταν γραμμικοί) 0,0025 εκατοστών το χρόνο. Ο αυστραλοπίθηκος έζησε μόλις πριν δύο εκατομμύρια χρόνια και ο homo sapiens πριν εκατό χιλιάδες και μόνο χρόνια. Η φιλοσοφία γεννήθηκε πριν δυόμισι χιλιάδες περίπου χρόνια και η τεχνολογική έκρηξη αριθμεί ζωή μόλις διακοσίων ετών· τα τελευταία πενήντα, όμως, χρόνια η ανάπτυξή της έχει πάρει τη μορφή χιονοστιβάδας.

Μέσα στα τρεισήμισι δισεκατομμύρια χρόνια που πορεύεται η εξέλιξη, υπολογίζεται ότι περίπου πεντακόσια εκατομμύρια είδη οργανισμών «ήλθαν και απήλθαν», για να διατηρηθούν στη ζωή περίπου ένα εκατομμύριο από αυτούς· ανάμεσά τους και ο άνθρωπος. Αυτό δείχνει ότι ο Δαρβίνος είχε δίκιο, επιμέ-

νοντας στις λειτουργικές ατέλειες του ζωντανού κόσμου· υπογραμμίζει κάποιες περίεργες πορείες, τις οποίες ένας λογικός Δημιουργός δεν θα τις είχε χρησιμοποιήσει ποτέ. Η εξαφάνιση τόσων εκατομμυρίων ειδών είναι μία από τις αποδείξεις. Δεν φαίνεται να υφίσταται τέλεια Δημιουργία. Αυτό επιτείνεται και από την ύπαρξη λαθών και ατέλειωτων επαναλήψεων μέσα στις αλληλουχίες των μορίων του DNA, που συνθέτουν τα γονιδιώματα.

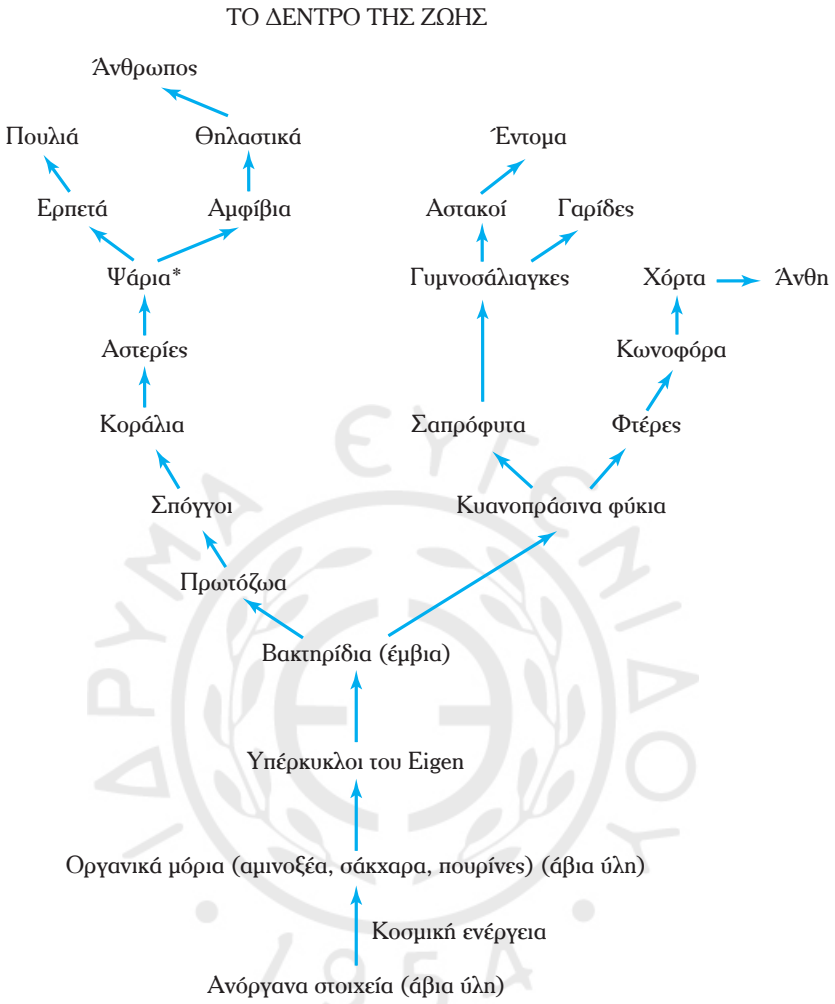
Η υπόθεση του Δαρβίνου φαίνεται σχηματικά απλοποιημένη σ' ένα είδος γενεαλογικού δέντρου, *το δέντρο της εξελικτικής πορείας της ζωής,* το οποίο τώρα βλέπετε στη μικρή οθόνη, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι πριν τον αυστραλοπίθηκο πρόγονοί μας έμοιαζαν με πίθηκο. Γενικά, οι πιο κοντινοί συγγενείς μας είναι οι πίθηκοι, με τους οποίους έχουμε σημαντικές γενετικές ομοιότητες, και κυρίως ο χιμπατζής, όπως ήδη είχαμε την ευκαιρία να το συζητήσουμε. Παρόλο που ο χιμπατζής είναι σήμερα ο πιο κοντινός συγγενής μας, αφού καταγόμαστε από τον ίδιο αρχικό κοινό πρόγονο, ο άνθρωπος δεν υπήρξε ούτε χιμπατζής, ούτε γορίλας, ούτε κάποιο είδος πιθήκου ή μαϊμούς.

Πάντως, είναι δυνατόν να συνδυάσουμε πολλές ομοιότητες με πρωτόγονες κοινωνίες, μελετώντας τη ζωή των χιμπατζήδων. Για παράδειγμα, οι χιμπατζήδες είναι νομαδικοί, δεν έχουν αίσθηση ζωτικών χώρων και ιδιοκτησίας και δεν ανήκουν σε μόνιμες ομάδες (πόσοι άνθρωποι νοσταλγούν την ελευθερία και θα επιθυμούσαν να είναι νομάδες!). Σ' ορισμένα δάση, πάντως, έχουν προσδιοριστεί και κοινωνικές ομάδες χιμπατζήδων, κυρίως από νεαρά άτομα. Τις ομάδες επισκέπτονται νεαρές σε οίστρο, που προσπαθούν να επισύρουν την προσοχή των αρσενικών, αφού διεγείρουν όσο πιο πολλούς μπορούν· τα θηλυκά όμως αυτά αλλάζουν συχνά ομάδες και συζύγους, κάτι, άλλωστε, που συμβαίνει και είναι ενδόμυχα επιθυμητό από πολλές γυναίκες! Η συνεργασία μεταξύ μελών μιας ομάδας δημιουργεί συνένωση των προσπαθειών και δυνάμεων εναντίον λιονταριών και άλλων διωκτών τους, ενώ προσφέρει καλύτερη προστασία στις μητέρες και τα μικρά τους. Τα μικρά κάθονται συνήθως με τη μητέρα μέχρι να γίνουν πέντε ως έξι χρονών, αλλά την επισκέπτονται και αργότερα. Οι νεαροί χιμπατζήδες, όταν συναντώνται μεταξύ τους στο δάσος, δείχνουν διαφόρων ειδών αντιδράσεις. Μερικές φορές δείχνουν ερεθισμένοι, μερικές φορές επιδεξιομανείς, μερικές φορές φτάνουν σε φιλόστοργες εκδηλώσεις.

Κοινός πρόγονος όλων αυτών, αλλά και του αυστραλοπιθήκου, ήταν οι *δρυοπιθηκίνες.* Ζούσαν στην Αφρική κατά τη μειόκαινο περίοδο, δεκαοχτώ με είκοσι τρία εκατομμύρια χρόνια πριν. Πρόκειται για μορφές πιθήκων που εξελίχθηκαν σε δύο διαφορετικούς κλάδους: τα πρωτεύοντα και τον αυστραλοπίθηκο. Ο τελευταίος είναι αυτός που εξελίχθηκε στο γένος homo, πρόγονο του homo sapiens.

Τα πρώτα ανθρωποειδή ήταν σποροφάγα. Αργότερα, ο αυστραλοπίθηκος από φυτοφάγος και σποροφάγος εξελίχθηκε σε σαρκοφάγο κυνηγό και τελικά σε παμφάγο. Έτσι, οι αρσενικοί άρχισαν να εγκαταλείπουν τα θηλυκά και τα παιδιά τους και να συναθροίζονται σε ομάδες που ξεκινούσαν για μακρινά κυνήγια.




*Σε γενικές γραμμές, τα πρώια έμβια, οι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, εμφανίστηκαν πριν περίπου 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Χρειάστηκαν 3 δισεκατομμύρια χρόνια για να εξελιχθούν σε πολυκύτταρους οργανισμούς, που η ανάπτυξή τους τοποθετείται πριν 600 εκατομμύρια χρόνια. Τα θηλαστικά είναι σχετικά νεότερα: δημιουργήθηκαν πριν 200 εκατομμύρια χρόνια. Ο παλαιότερος πρόγονος του σημερινού αλόγου, το hyracotherium, έζησε πριν περίπου 50 εκατομμύρια χρόνια. (Είχε το μέγεθος ενός σκυλιού πολυτελείας, π.χ. ενός φοξ-τερριέ). Η μεγέθυνση του σώματός του προχώρησε με ρυθμό (οι εξελικτικοί ρυθμοί ήταν γραμμικοί) 0,0025 εκατοστών το χρόνο. Ο αυστραλοπίθηκος έζησε μόλις πριν 2 εκατομμύρια χρόνια και ο homo sapiens πριν 100.000 και μόνο χρόνια. Η φιλοσοφία γεννήθηκε πριν 2.500 περίπου χρόνια και η τεχνολογική έκρηξη αριθμεί ζωή μόλις 200 ετών, ενώ τα τελευταία πενήντα, η ανάπτυξή της έχει πάρει τη μορφή χιονοστιβάδας.*

**Θα ήθελα να σας υπενθυμίσω την τελευταία ανακάλυψη του απολιθώματος του φαριού Tiktaalik που βγήκε από τη θάλασσα στη στεριά και ακολούθησαν οι σαύρες, οι κροκόδειλοι κ.λ.π.. Ήταν ο κρίκος που μας έλειπε.*

Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι, παρότι ο εγκέφαλος του αυστραλοπιθήκου, τρία εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα, δεν ήταν μεγαλύτερος από του σημερινού πιθήκου (τριακόσια με τετρακόσια ογδόντα γραμμάρια, έναντι τετρακοσίων με εφτακοσίων γραμμαρίων του αυστραλοπιθήκου και χιλίων τριακοσίων γραμμαρίων του σύγχρονου ανθρώπου), ήταν σαφώς διαφορετικός από αυτόν· πλησίαζε από μορφολογικής πλευράς, σαφώς τα ανθρωποειδή χαρακτηριστικά, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Κατά τη μετάβαση από τον αυστραλοπίθηκο στον άνθρωπο, η πιο εντυπωσιακή και αναπάντεχη μεταβολή, που συνέβη στο σύνολο της αναπτυξιακής και εξελικτικής πορείας της έμβιας ύλης, ήταν η εμφάνιση της εννοιολογικής αντίληψης, της συνειδητοποίησης των κοινωνικών μορφών και των κοινωνικών σχέσεων. Αυτή η δυνατότητα για εννοιολογική αντίληψη ήταν η πιο κρίσιμη, ίσως, αλλά και η βασική προσαρμογή που κατέστησε ικανό τον άνθρωπο να εξουσιάσει καταρχήν τη σαβάνα και αργότερα το υπόλοιπο του πλανήτη, κάτι για το οποίο αξίζει ν' ασχοληθούμε αργότερα. Δεν υπάρχει όμως αμφιβολία ότι ο πιθηκάνθρωπος, υποσκελισμένος τώρα από το γνωστικό άνθρωπο, διατηρείται ακόμα μέσα στον καθένα μας, και κατά πάσα πιθανότητα θα συνεχίσει να συνυπάρχει και στο μέλλον· *χρειάζεται πολύ παιδεία για ν' αποκρυφιεί.*

Παρά τις προόδους, είμαστε δυστυχώς ακόμα μακριά από την τελική ερμηνεία, κυρίως του μηχανισμού της εξέλιξης. Η γενετική εξετάζει τους οργανισμούς σε δύο ξεχωριστά επίπεδα: Το πρώτο αφορά στους ορατούς χαρακτήρες, στις μορφές, στη συμπεριφορά, ό,τι δηλαδή ονομάζουμε «φαινότυπο». Το δεύτερο ενδιαφέρεται για τις κρυμμένες δομές μέσα στα γονίδια, δηλαδή το «γονότυπο». Αυτό που χαρακτηρίζει τους ανώτερους οργανισμούς είναι η πολυπλοκότητα και η ποικιλομορφία. Η λέξη-κλειδί γι' αυτούς είναι η *συνδυαστική*. Πρόκειται για το συνδυασμό μικρού αριθμού στοιχείων, που θεμελιώνουν την ποικιλομορφία του «ζωντανού», η οποία όμως δομείται από το απλό αλφάβητο των είκοσι αμινοξέων και των τεσσάρων πουρινικών βάσεων.

Οι ζωικοί οργανισμοί, εμείς οι άνθρωποι, είμαστε τα πολυπλοκότερα αντικείμενα στο γνωστό Σύμπαν με αποκορύφωση τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Η πολυπλοκότητα αναφέρεται κυρίως στο σχέδιο και όχι στα υλικά που είναι απλά· αυτό ακριβώς είναι και το πρόβλημα του βιολόγου: το *πρόβλημα της πολυπλοκότητας.* Οι ιδιότητες και τα φαινόμενα, στα οποία υπακούουν ένας βράχος, ένα σύννεφο, ένας γαλαξίας, ένα άτομο, περιγράφονται σχετικά εύκολα από μαθηματικούς τύπους της φυσικής και της χημείας. Στη μοριακή βιολογία η μελέτη είναι πολύ πιο πολύπλοκη, ώστε να υπακούει σε απλούς μαθηματικούς νόμους.

Το έργο του Δαρβίνου γίνεται πιο θαυμαστό γιατί επινοήθηκε σε μια εποχή σκοταδισμού, ημιμάθειας και προκαταλήψεων. Σήμερα, βέβαια, γνωρίζουμε, χάρη στη μοριακή βιολογία, ότι όλοι οι επιζώντες οργανισμοί κατάγονται, *είναι κατιόντες,* από τον ίδιο απλό πρόγονο από τον οποίο κληρονόμησαν το ίδιο ταυτόσημο γενετικό λεξικό. Η βιογραμματική, η ακολουθία των 64 λέξεων του DNA

– που δημιουργείται από το συνδυασμό των τεσσάρων πουρινικών βάσεων ανά τρεις ($4^3 = 64$) – συνιστά το ευαγγέλιο που περιέχει όλες τις οδηγίες για αποδείξεις κάθε μορφής ζωής. Απ' αυτό το αλφάβητο, χάρη στον Crick και τον Watson, μάθαμε, πολύ πρόσφατα, να αποκρυπτογραφούμε· αλλά γι' αυτό ήδη έχουμε μιλήσει εκτεταμένα, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η ζωή εξαρτάται από την ύπαρξη μιας ιδιότητας, της ιδιότητας της αυτοαναπαραγωγής του μορίου του DNA. Το μόριο αυτό είναι η βάση της «σωρευτικής επιλογής»· της επιλογής που σήμερα αποδέχονται σχεδόν όλοι οι βιολόγοι και όσοι αυτοαποκαλούνται «νεοδαρβινιστές».

Ο Paley, στη *«Φυσική Θεολογία»,* έχει μιαν αξιομνημόνευτη παράγραφο, στην οποία δίνεται πολύ σωστά η διαφορά ανάμεσα σε φυσικά αντικείμενα, όπως οι πέτρες, και σε αντικείμενα που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί, για παράδειγμα ένα ρολόι:

*«Αν υποθέσουμε ότι στο δρόμο το πόδι μου σκοντάφτει πάνω σε μια πέτρα, θα διερωτηθώ: πού βρέθηκε εκεί η πέτρα; Μια δυνατή απάντηση θα ήταν: απ' ό,τι γνωρίζω θα έπρεπε να ήταν εκεί από πάντα. Βέβαια, θα ήταν δύσκολο ν' αποδείξουμε το λογικό ή όχι της απάντησης. Ας υποθέσουμε τώρα ότι σκοντάφτω πάνω σ' ένα ρολόι, στο δρόμο· και πάλι υποβάλλω την ερώτηση: πώς συνέβη να βρεθεί το ρολόι εκεί πέρα; Θα ήταν δύσκολο τώρα να δώσω την προηγούμενη απάντηση, ότι το ρολόι βρισκόταν εκεί από πάντα».*

Και ο Paley, συνέχισε ο Κάρολος, διαπιστώνει ότι το ρολόι έπρεπε να είχε κάποιον κατασκευαστή· πολύ περισσότερο, ο άνθρωπος, δεν θα μπορούσε παρά να είναι προϊόν ενός μεγάλου Δημιουργού: *του Υπέρτατου Όντος.*

Ο R. Dawkins στο βιβλίο του *«Ο τυφλός ρολογάς»* παραλληλίζει τη φυσική επιλογή με το ρολογά. Το επίθετο *τυφλός* αποδίδεται στο γεγονός ότι η επιλογή δεν βλέπει μπροστά, δεν σχεδιάζει τις συνέπειες, δεν προβλέπει κάποιο σκοπό. Αυτό μοιάζει σ' έναν αμύητο σαν αντιφατικό, αφού όλα στους έμβιους οργανισμούς δείχνουν να είναι αναπότρεπτα σχεδιασμένα από έναν μεγαλοφυή ρολογά. Θα ήταν απλώς παράλογο, λέει ο Paley, να υποτεθεί ότι το μάτι ενός θηλαστικού, για παράδειγμα, με όλη την οπτική του ακρίβεια και γεωμετρία, είναι δυνατόν να σχηματιστεί από καθαρή τύχη.

Ο Δαρβίνος, ακριβώς με τα ίδια επιχειρήματα, των βαθμιαίων σωρευτικών εξελικτικών μετασχηματισμών, βήμα προς βήμα, θεωρεί ότι από τ' απλούστερα – τα οποία πριν δισεκατομμύρια χρόνια ήταν τόσο απλά, ώστε ήταν δυνατόν ν' αποτελούν και προϊόντα τύχης – προέκυψαν όλο και πιο περίπλοκα όντα. Αυτά, μέσα στο διάβα δισεκατομμυρίων χρόνων μετατράπηκαν στους εξαιρετικά πολύπλοκους σημερινούς οργανισμούς. Οι ζωντανοί οργανισμοί, κατά τον Δαρβίνο, είναι τόσο όμορφα σχεδιασμένοι, που φαίνεται απίθανο να δημιουργήθηκαν τυχαία, η μετάλλαξη όμως είναι τυχαία. Κάθε πετυχημένη μεταβολή στη βαθμιαία εξελικτική πορεία είναι αρκετά απλή σχετικά με την προηγούμενη, η τύχη όμως

φιλτράρεται σωρευτικά με την επιλογή, βήμα προς βήμα, σε πλήθος γενιών που διαδέχονται η μία την άλλη.

Οι μεταλλάξεις είναι δυνατόν να προκληθούν από τυχαία αλλά καθορισμένα φυσικά αίτια, όπως τα *μεταλλαξιογόνα* (που προκαλούν και ορισμένες μορφές καρκίνου). Σ' αυτά ανήκουν οι ακτίνες Χ, οι κοσμικές ακτινοβολίες, ορισμένες ραδιενεργές ουσίες, διάφορες χημικές ουσίες, όπως το βενζανθρακένιο στον καπνό του τσιγάρου, ορισμένοι ιοί, ακόμα και ορισμένα γονίδια. Η *μετάλλαξη* κατ' ανάγκην δεν οδηγεί σε βελτίωση. Δεν υπάρχουν γνωστοί μηχανισμοί που θα ήταν δυνατόν να οδηγήσουν σε προσαρμοστική βελτίωση. Η μετάλλαξη, δηλαδή, είναι προϊόν τυχαίων μεταβολών. Οι μεταλλάξεις στα έμβια αποτελούν τα ορατά ή τα αόρατα ίχνη της αναπόδραστης επέμβασης της τύχης στην εξελικτική πορεία. Η επιλογή, όμως, και μόνο αυτή, είναι εκείνη που προσανατολίζει την εξέλιξη προς κατευθύνσεις που δεν είναι τυχαίες.

Παραλλαγές και επιλογή συνεργάζονται για να δημιουργηθεί η εξελικτική ανάπτυξη. Κατά τον Δαρβίνο, η παράλλαξη είναι τυχαία κατά την έννοια ότι δεν κατευθύνεται προς τη βελτίωση. Η βελτίωση έρχεται με επιλεκτική διαδικασία. Αν δηλαδή μια μετάλλαξη προσφέρεται στο να επιλεγούν διαζευτικά οργανισμοί με μικρότερο ή μεγαλύτερο σε όγκο εγκέφαλο, η επιλογή θα ευνοούσε τους τελευταίους. Τα γονίδια τα οποία επιζούν είναι εκείνα που, είτε η επιβίωσή τους συνεπάγεται πλεονεκτήματα, είτε, τουλάχιστον, δεν εμφανίζει μειονεκτήματα.

Οι μεταλλάξεις στους ζωντανούς οργανισμούς αποτελούν τα ορατά ή αόρατα ίχνη της αναπόδραστης επέμβασης της τύχης. Ίσως ο όρος της *ενδεχομενικόιπτας*, που χρησιμοποιεί ο Ph. Kourilsky στο βιβλίο του *«DNA. Το νήμα της ζωής»*, να είναι ορθότερος, όπως γράφει:

*«Η έννοια της τύχης, ακριβέστερα, θα άρμοζε της ενδεχομενικόιπτας, γιατί ο όρος αυτός, αντίθετα από τον όρο τύχη, είναι λιγότερο χρωματισμένος από πολιτισμικά υπονοούμενα. Γι' αυτό και κατέκτησε έναν ουσιαστικό ρόλο. Η θεωρία της αβεβαιότητας και η κβαντική θεωρία, αναιρούν τη δυνατότητα της υλικής περιγραφής των στοιχειωδών σωματιδίων. Αντίστοιχα, η ενδεχομενικότητα είναι αναλλοίωτη, περιέχεται στην ίδια τη φύση του φαινομένου».*

– Η εξέλιξη, συνέχισε ο Κάρολος, πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο: συρράπτει κομμάτια γονιδίων, φτιάχνοντας γενετικούς συνδυασμούς. Κάποιοι απ' αυτούς κάποτε είναι επιτυχείς. Είναι αυτοί που θα επιβληθούν, θα επιβιώσουν, προνομιακά, γιατί είναι αποτελεσματικότεροι. Η εξέλιξη έγινε με ουσιαστικά προοδευτικό τρόπο, με τη συσσώρευση απλών στην πλειονότητά τους μεταλλάξεων και κάτω από την προσεκτική επίβλεψη της φυσικής επιλογής. *Τύχη, ριζικό, συμπτώσεις, θαύματα.* Αυτό που ονομάζουμε *θαύματα* δεν είναι υπερφυσικές δράσεις, αλλά μέρος μιας σειράς από περισσότερο ή λιγότερο απίθανα *φυσικά γεγονότα.*

Η θεωρία του τυφλού ρολογά του Dawkins είναι ιδιαίτερα δυνατή, αφού

επιτρέπει να συμπεράνουμε τον αναδιπλασιασμό του μορίου του DNA, και ως επακόλουθο τη σωρευτική επιλογή. Όπως περιγράφει: *«Η φυσική επιλογή είναι ο τυφλός ρολογάς. Τυφλός γιατί δεν βλέπει μπροστά, δεν σχεδιάζει τις συνέπειες, δεν έχει σκοπό...»*. Η μετάλλαξη είναι τυχαία. Είναι αδύνατον από πριν να προβλέψουμε τη φύση, τη θέση και την εντόπισή της. Η φυσική όμως επιλογή είναι ακριβώς το αντίθετο του τυχαίου. Δεν επιβιώνει παρά το αποτελεσματικότερο κι αυτό συνεχίζει να τείνει προς τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, περιμένοντας την επόμενη μετάλλαξη. Μέσα στους μυριάδες αιώνες, δηλαδή, οι κοσκινισμένες, οι πιο πετυχημένες μεταλλάξεις, βαθμηδόν συσσωρεύονται και φυσικά επιβάλλονται, αφού οι κάτοχοί τους τα καταφέρνουν καλύτερα στον αγώνα για την επιβίωση, κατέληξε ο Κάρολος.

– Δηλαδή, παρενέβη ο Ιπποκράτης, πιστεύεις ακράδαντα στην «τύχη» και στην «αναγκαιότητα», όπως την έθεσε ο J. Monod.

– Δεν θα ήθελα να σου απαντήσω μονολεκτικά για ένα τόσο πολυσυζητημένο θέμα· θα πρέπει να το αντιμετωπίσουμε κάποτε πιο διεξοδικά, είπε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η «σωρευτική» εξελικτική πορεία δεν είναι, σίγουρα, προϊόν τύχης αλλά σκοπιμότητας γι' αποτελεσματικότερη επιβίωση. Εδώ αρχίζει ένα συνεχές κοσκίνισμα από όλο και λεπτότερες κρησάρες, και όταν το πετυχημένο προχωράει, το αποτυχημένο πεθαίνει και εξαφανίζεται. Η ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στην απλή μονοβάθμια επιλογή και στις «σωρευτικές επιλογές» είναι ακριβώς αυτή: το συνεχές, το αέναο κοσκίνισμα, που συντείνει στη διαιώνιση του πιο πετυχημένου. Το τελικό προϊόν μιας επιλεκτικής γενιάς είναι το σημείο για εκκίνηση για την επόμενη γενιά επιλογής κι αυτό συνεχίζεται γι' αμέτρητες γενιές που θα έρθουν.

Υπάρχουν δρόμοι που η μετάλλαξη και η φυσική επιλογή μαζί είναι δυνατόν να οδηγήσουν, όσο συνεχίζεται το μακρύ ξετύλιγμα του κουβαριού του γεωλογικού χρόνου, στο σχηματισμό πολυπλοκότητας που αυξάνεται προσθετικά συνεχώς. Τόση πολυπλοκότητα, που οδηγεί μέχρι τη δημιουργία της ομιλίας, *της γλώσσας,* τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Η γλώσσα των γονιδίων και η ομιλία μας

– Τόσο στο κελάηδημα των πουλιών, όσο και στα χνάρια της ανθρώπινης ομιλίας, μερικές ουσίες, κάποιες πρωτεΐνες, αναπαράγονται πιο αποτελεσματικά από κάποιες άλλες. Οι νεότερες στατιστικές μελέτες δείχνουν ότι οι Ευρωπαίοι που έχουν την ίδια γλώσσα είναι γενετικά πιο όμοιοι από άλλους, που μιλάνε άλλη γλώσσα. Για παράδειγμα, οι Βάσκοι διαφέρουν γλωσσικά και γενετικά από τους άλλους γειτονικούς τους λαούς.

Υπάρχουν δηλαδή σοβαρές ενδείξεις ότι υφίσταται αξιοπρόσεκτος παραλληλισμός μεταξύ της «γεωγραφίας» των γονιδίων, δηλαδή του τόπου απ' όπου προέρχονται και της γλώσσας. Οι ενδείξεις αυτές συγκλίνουν στην κοινή εξελικτική

τους ιστορία. Φαίνεται, δηλαδή, να υφίστανται φανερές αναλογίες ανάμεσα στη γλωσσική και τη γενετική εξέλιξη. Και οι δύο εξαρτώνται από την προέλευση νέων κωδικοποιημένων στοιχείων με μετάλλαξη, με τυχαίες ή κατευθυνόμενες μεταβολές ως προς τη συχνότητα και την εξάπλωσή τους με διάχυση ή μετανάστευση.

Μετά από πολλές γενιές σωρευτικής επιλογής σ' έναν ιδιαίτερο τόπο, τα τοπικά φυτά και τα ζώα προσαρμόζονται καλά στις καιρικές και γενικά στις κλιματολογικές συνθήκες· για παράδειγμα, αν κάνει κρύο, τα ζώα αποκτούν πλούσιο τρίχωμα. Η προσαρμογή στις συνθήκες αφορά γενικότερα στο σχήμα, στο χρώμα, στα εσωτερικά όργανα, στη συμπεριφορά και στη χημεία των κυττάρων.

Τελευταίες έρευνες που διεξήχθησαν σχετικά με την έκφραση των γονιδίων ανάμεσα στους Ιάπωνες και στους Καυκάσιους βρέθηκε ότι περισσότερα από 1.000 γονίδια συμπεριφέρονται διαφορετικά.

Φυσικά αυτό δεν σημαίνει τίποτα (ώστε να κινήσει το ενδιαφέρον των ρατσιστών), χρειάζεται πολλή δουλειά ακόμη προκειμένου να διευκρινιστούν οι συνέπειες των γονιδιακών διαφορών των δύο φυλών έναντι των ασθενειών.

Πάντως οι βελτιώσεις αυτές παίρνουν πολύ μακρύ χρόνο για να πραγματοποιηθούν. Ποτέ δεν είναι ορατές από ένα βραχύβιο ον, όπως ο άνθρωπος. Οι μεταλλάξεις δεν μετριούνται σε ανθρώπινες γενιές, αλλά είναι σημαντικές στον απεριόριστο γεωλογικό χρόνο, που μετριέται σε δισεκατομμύρια χρόνια. Θα πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι τις σύντομες περιόδους γοργών εξελικτικών διαδικασιών ακολουθούν μακρές περίοδοι εξελικτικής στασιμότητας.

Ακόμα και στ' ανθρώπινα μέτρα, αν υπολογίσουμε εκατό χρόνια, ένας αιώνας σημαίνει περίπου τέσσερεις γενιές. Μέσα όμως σε δέκα εκατομμύρια χρόνια που μεσολάβησαν από το δίποδο πρόγονό μας, τον αυστραλοπίθηκο, μέχρι σήμερα έχουν διαβεί από τον πλανήτη περισσότερες από τετρακόσιες χιλιάδες γενιές. Κι αν θελήσουμε να μετρήσουμε τις γενιές που μας χωρίζουν, από τα πρώτα έμβια, θα πρέπει να υπολογίσουμε αρκετά δισεκατομμύρια γενιές προγόνων μας.

Η εικόνα της εξελικτικής πορείας από τα απλά στα πολυπλοκότερα όντα δίνεται θαυμάσια στο βιβλίο του Dawkins *«Ο τυφλός ρολογάς»,* στο κεφάλαιο *Σωρεύοντας μικρές μεταβολές*, με ένα παράδειγμα, το οποίο αναφέρεται στον τρόπο που από είκοσι οχτώ τυχαία γράμματα είναι, τελικά, δυνατόν να δημιουργηθεί μια φράση με νόημα, παρά τις αστρονομικές πιθανότητες να προκύψουν ακατανόητοι συνδυασμοί των είκοσι οχτώ γραμμάτων. Στο ίδιο κεφάλαιο, ξεκινώντας από το παράδειγμα ενός πραγματικού δέντρου, που το ένα κλαδί του διακλαδίζεται σε δύο κι αυτό σε τέσσερα, το τελευταίο σε οχτώ κ.ο.κ., αποκτάμε την εντύπωση ότι το μεγάλο δέντρο φαίνεται, τελικά, εξαιρετικά πολύπλοκο. Στην πραγματικότητα, δεν πρόκειται παρά για το αποτέλεσμα αλλεπάλληλων συνεχών δικλαδώσεων, όπως είδαμε προηγουμένως. Έτσι, οι διακλαδώσεις είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε σχήματα, των οποίων θα ήταν δύσκολο κάποιος να φανταστεί την αρχή τους.




*Από ένα απλό θραύσμα δημιουργείται ένα πολύπλοκο κλαδί δέντρου. Αντίστοιχα, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα δέντρο, ένα χελιδόνι, ένα ανθρώπινο κεφάλι με καπέλο, μια σελινάκατος, μια ζυγαριά ακριβείας, ένα αεροπλάνο, ένας σκορπιός, μια αλεπού, μια νυχτερίδα, ένα έντομο.*

– Πρόκειται, παρενέβη ο Ευκλείδης, για τις αρχές της θραυσματικής γεωμετρίας, που μας ανέφερες.

– Ακριβώς, απάντησε ο Κάρολος και συνέχισε:

Η εξέλιξη είναι από τη φύση της εξαιρετικά συντηρητική. Δεν της αρέσουν τα πηδήματα. Προτιμάει τα μικρά σίγουρα βήματα. Πειραματίζεται, κοσκινίζει και προχωράει βαθμηδόν, όπως μια εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων βελτιώνει σιγά-σιγά τα μέρη και τα εξαρτήματα των νεότερων μοντέλων της. Ποτέ δεν εμφανίζεται ξαφνικά και απότομα ένα νέο μοντέλο άσχετο απόλυτα με τα προηγούμενα· απλά πρόκειται για βελτιώσεις, σημαντικές ή ασήμαντες, αυτών που προηγήθηκαν. Ένα είναι βέβαιο: αν δεν υπήρχε φυσική επιλογή δεν θα έπρεπε να περιμένουμε εξέλιξη, βελτίωση, ανάπτυξη.

Έχει δίκιο ο Jacob, ο οποίος λέει ότι η εξέλιξη δεν εργάζεται σαν μηχανικός αλλά σαν ένας μάστορας, όπως ακριβώς ο καλός τεχνίτης· ενώ, δηλαδή, ο μηχανικός εργάζεται πάντα με βάση ένα σχέδιο, το οποίο προσπαθεί να εκτελεί όσο πιο πιστά γίνεται, αντίθετα, ο μάστορας μεταποιεί συνεχώς το έργο του, κόβοντας εδώ, μακραίνοντας εκεί, επιδιορθώνοντας, εκμεταλλευόμενος όλες τις ευκαιρίες ώστε να το προσαρμόσει σε νέες χρήσεις, να το μεταμορφώσει, να δημιουργήσει. Η εξέλιξη δεν παράγει νεοτερισμούς από απορρίμματα· δουλεύει πάνω σε ό,τι υφίσταται, είτε τροποποιώντας ένα σύστημα για να του προσδώσει νέες λειτουργίες, είτε συνδέοντας διάφορα συστήματα, ώστε να παραχθεί ένα νέο πιο αποτελεσματικό. Στην εξέλιξη το καινούριο κατασκευάζεται από το παλιό, μαστορεύοντας, *συνδέοντας,* δηλαδή, *κομμάτια DNA.* Για χρόνια θεωρούσαμε τα χρωμοσώματα τέλειες δομές και μάλιστα άθικτες, που περιέχουν ακριβώς το γενετικό υλικό που χρειάζεται για να εξασφαλιστεί η αναπαραγωγή και η λειτουργία του οργανισμού. Σήμερα ξέρουμε ότι ίσως και περισσότερο από 40% του γονιδιώματος αποτελείται από άσκοπα επαναλαμβανόμενες ακολουθίες, ενώ φαίνεται να υπήρχαν μέσα στα μόριά του και πολλές ατέλειες και «άχρηστα» κομμάτια.

Το γεγονός ότι το νευρικό σύστημα προχώρησε εξελικτικά από το σκουλήκι στο

καλαμάρι, στα ποντίκια, στους χοίρους, στα πρωτεύοντα, στον άνθρωπο, μας βοήθησε εξαιρετικά ν' αρχίσουμε να κατανοούμε το ανθρώπινο νευρικό σύστημα.

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Ιπποκράτης λέγοντας:

– Βέβαια, απαιτείται η εκατόμβη και ο βασανισμός εκατομμυρίων πειραματόζωων για να καταλήξουμε σε ορισμένα συμπεράσματα. Ευτυχώς που ανακαλύψαμε τις βιολογικές μας ομοιότητες με τους ποντικούς, που η ζωή τους διαρκεί μερικούς μήνες. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε στο σύντομο αυτό χρονικό διάστημα τη *γένεση,* την *εφηβεία,* τη *γήρανση.* Μυριάδες ποντικοί και πειραματόζωα θυσιάζονται κάθε χρόνο, προκειμένου ο άνθρωπος να ικανοποιήσει την αχαλίνωτη περιέργειά του, αλλά και να βελτιώσει την ποιότητα της ζωής και του είδους του. Οι χιμπατζήδες, για κακή τους τύχη, έχουν σχεδόν το 98% των γονιδίων τους κοινό με τους ανθρώπους, όπως είδαμε. Αυτός είναι ο λόγος που τους προτιμάμε για προχωρημένα πειράματα.

– Τα τελευταία όμως χρόνια, παρενέβη ο Πλάτων, όλο και αυξάνονται αυτοί που διαμαρτύρονται για τη χρήση πειραματόζωων στα εργαστήρια.

– Τα ζώα είναι πολύ χρήσιμα για πειραματόζωα, αφού και ο άνθρωπος ανήκει στα ζώα, αποκρίθηκε ο Κάρολος. Έτσι συνεισφέρουν άθελά τους για τη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής. Η χρησιμοποίησή τους ως πειραματόζωα δικαιολογείται μόνο από τη συμβολή τους στη μείωση των ανθρώπινων ασθενειών και του πόνου.

– Πόσο υποκριτικοί είναι όλοι αυτοί οι θορυβώδεις προστάτες των ζώων! παρετήρησε ο Ιπποκράτης. Ποιος διαμαρτυρήθηκε για παράδειγμα για τα μυριάδες αρνάκια και κατσικάκια που οδηγούνται καθημερινά στα σφαγεία για την εκτροφή μας; Υπερβολές και αβδηριτισμός, όταν σε τόσα μέρη του πλανήτη αθώοι μικροί απόγονοί μας πεθαίνουν από πείνα και αρρώστιες.

– Ο homo sapiens, παρατήρησε ο Πλάτων, δεν διστάζει μπροστά σε τίποτα, όταν πρόκειται να ικανοποιήσει την περιέργειά του και να βελτιώσει τις ικανότητες του είδους για πιο αποτελεσματική επιβίωση. Αλλά σε διακόψαμε, και θα ήθελα για την ώρα να συνεχίσεις, παρόλο που έχω πολλές αντιρρήσεις και απορίες σχετικά με «το τυχαίο».

Και ο Κάρολος συνέχισε:

– Όπως αναφέρει και ο Dawkins, τα γονίδια επιλέγονται όχι τόσο με βάση τις συστατικές τους ιδιότητες, αλλά σύμφωνα με την ικανότητά τους ν' αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Αυτό είναι ένα ουσιαστικό γεγονός για ένα γονίδιο ή για τ' άλλα γονίδια που βρίσκονται στο περιβάλλον του. Το ότι αυτό είναι τόσο σημαντικό συσχετίζεται με το γεγονός ότι και τ' άλλα γονίδια μεταβάλλονται, όπως η εξελικτική πορεία συνεχίζεται μέσα στο χρόνο. Αυτό όμως έχει δύο συνέπειες: Πρώτον· ευνοούνται εκείνα τα γονίδια που είναι «συνεργάσιμα» με άλλα γονίδια, γιατί η συνεργασία έχει ωφελιμιστικά αποτελέσματα για όλους τους συνεργαζόμενους, οι οποίοι επιδιώκουν ένα κέρδος: την επιβίωση και την αναπαραγωγή του κοινού σώματος, το οποίο συνιστούν. Η συνεργασία αναφέρεται

σε αποτελεσματικότερη χημική συνεργασία, όπως στην παραγωγή ενζύμων και άλλων επωφελών μεταβολιτών. Αν τα γονίδια ανήκουν στο ίδιο είδος, τότε δημιουργούνται «σύλλογοι συνεργαζόμενων γονιδίων», οι οποίοι απολήγουν στη δημιουργία του σώματος, προϊόντος της εκτεταμένης συνεργασίας γονιδίων. *Ένα σώμα δεν είναι παρά ένα μεγάλο «συνδικάτο γονιδίων».* Δεύτερον· δυστυχώς, όπως και στη ζωή, η συνεργασία, αν και επιθυμητή, δεν είναι πάντα εφικτή· διάφορες εξωγενείς αιτίες δημιουργούν προϋποθέσεις ανταγωνιστικές. Αυτό συμβαίνει κυρίως με γονίδια που προέρχονται από διαφορετικά είδη (προκειμένου για τον άνθρωπο, γονίδια από διηθητούς ιούς, μικρόβια, αλλά ακόμα και από μια ξένη, μεταμοσχευμένη καρδιά). Η απέχθεια αυτή δημιουργείται από το γεγονός ότι γονίδια από διαφορετικά είδη δεν αναμειγνύονται μεταξύ τους, δεν «παντρεύονται». Αυτό μακροσκοπικά εκδηλώνεται με το γεγονός ότι ποτέ σκύλος δεν γονιμοποιεί γάτα ή άνθρωπος κατσίκα.

– Αν και το τελευταίο φαίνεται να μην ισχύει στην «πουριτανική» ύπαιθρο, όπου καταβάλλονται φιλότιμες προσπάθειες, ιδιαίτερα από τα τσοπανόπουλα και τις αμνάδες, παρατήρησε *ο* Πλάτων.

– Όταν διαλεγμένα γονίδια ενός είδους, συνέχισε ο Κάρολος, βρεθούν στο περιβάλλον από το οποίο επιλέγονται τα γονίδια άλλου είδους, το αποτέλεσμα είναι συχνά «ανταγωνισμός εξοπλισμών». Κάθε γενετική βελτίωση που επιλέγεται από τους ανταγωνιζόμενους, ας πούμε από τα σαρκοβόρα, μεταβάλλει το περιβάλλον για την επιλογή των γονιδίων της άλλης ανταγωνιστικής πλευράς, λόγου χάρη των φυτοφάγων. Αυτή η «προοδευτική» ποιότητα στην εξέλιξη είναι αυτή που δημιουργεί ταχύτερους λαγούς, καλύτερη όραση στις αλεπούδες για ν' αντιλαμβάνονται γρηγορότερα τους ταχύτερους λαγούς, πιο ευαίσθητη ακοή στο λαγό κ.ο.κ.. Αυτές οι βελτιώσεις φυσικά δεν συνεχίζονται αδιάκοπα. Κάπου σταματάνε, όταν η συνέχισή τους γίνεται «αντιοικονομική» για τον οργανισμό.

Η εξέλιξη είναι βελτιωτική γιατί στη φύση δεν υφίστανται ζωικοί οργανισμοί με μαζοχιστικές, αυτοκαταστροφικές τάσεις κι αυτή είναι η αιτία που οι μεταβολές τείνουν προς τη βελτίωση και δεν πραγματοποιείται ποτέ το αντίστροφο. Έτσι, η δαρβίνεια επιλογή εξηγεί απλά την εξελικτική πορεία της βελτίωσης, την εξέλιξη των βελτιωμένων βιολογικά οργανισμών, ως επιβράβευση ακριβώς αυτής της επιτυχίας τους.

Στη βελτιωτική αυτή νομοτέλεια φαίνεται ότι είναι γραμμένα και διάφορα είδη «συμπεριφοράς», παρεξηγημένα και ωραιοποιημένα από τους ανθρώπους, όπως πολλές «αλτρουιστικές και ηθικές πράξεις», τις οποίες σχολιάσαμε σε προηγούμενες συζητήσεις· τώρα, όμως, ας τις δούμε περισσότερο από τη βιολογική, την εξελικτική τους πλευρά, όσο κι αν αυτό δημιουργεί αντιπάθειες, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Όποιος έχει παρακολουθήσει τις ατέλειωτες στρατιές των μυρμηγκιών-φαντάρων που κουβαλάνε το ένα πίσω από τ' άλλο προς την κοινότητα τα εφόδια – σποράκια, πολλές φορές μεγαλύτερα από το μπόι τους – σκέφτεται: γιατί άραγε

είναι έτοιμα να πεθάνουν για τη βασίλισσά τους; Σίγουρα δεν είναι η αγάπη τους για τη βασίλισσα, που τα σπρώχνει στην αθανασία, ούτε γιατί έχουν ανατραφεί με τις ιδεολογίες του πατριωτισμού και της μοναρχίας· απλά, γιατί ο εγκέφαλός τους και τα σαγόνια τους δομούνται από γονίδια σφραγισμένα με τη σφραγίδα των γονιδίων της βασίλισσας. Συμπεριφέρονται σαν γενναίοι στρατιώτες, γιατί κληρονομήσανε τα γονίδια μιας μακράς σειράς από προγονικές βασίλισσες, των οποίων οι ζωές και τα γονίδια της γενναιότητας μεταφέρθηκαν στους «φαντάρους» ως κληρονομιά της βασίλισσας. Οι «φαντάροι» διαφυλάττουν τα κύρια αντίγραφα των σημαντικών οδηγιών, που τους επιτάσσουν να είναι φρουροί, φύλακες της βασίλισσας. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στο ζωικό βασίλειο που θέτουν στη σωστή βάση το «μητρικό φίλτρο», ως κίνητρο γι' ακόμα πιο «αποτελεσματικές» βιολογικές εξελίξεις· είναι ο αδήριτος νόμος: εξέλιξη που προχωρεί προς μια συγκεκριμένη ιδιαίτερη κατεύθυνση, τείνει έμμεσα να συνεχίζεται πάντα προς την κατεύθυνση αυτή.

Ο Hamilton είναι ένας από εκείνους που έδειξαν ότι η φυσική επιλογή ευνοεί τα γονίδια να συμπεριφέρονται «αλτρουιστικά» προς τους στενούς συγγενείς τους, γεγονός που οδηγεί και σε θυσίες και αυτοθυσίες. Αυτό οφείλεται στο ότι αντίγραφα των ίδιων αυτών γονιδίων υπάρχει πιθανότητα να βρίσκονται και στα σώματα των συγγενών. (Η συγγένεια είναι ο μόνος τρόπος με τον οποίο τα γονίδια ανιχνεύουν αντίγραφα των δικών τους γονιδίων σε άλλα σώματα). Σε πολλές περιπτώσεις φαίνεται ότι η αλτρουιστική συμπεριφορά δεν είναι εθελουσία, αλλά αποτέλεσμα καταναγκασμού. Για παράδειγμα οι μέλισσες, οι οποίες σημειωτέον διαθέτουν ωοθήκες, δεν εναποθέτουν αβγά, πράγμα που οφείλεται στον αφανισμό των αβγών τους από τη βασίλισσα ή τις άλλες εργάτριες ή τον κίνδυνο να φονευθούν. Σε άλλες περιπτώσεις ο αλτρουισμός έχει κυρίως ωφελιμιστικά κίνητρα. Για παράδειγμα τα σπερματοζωάρια ορισμένων ποντικών έχουν σχήμα άγκιστρου. Έτσι πιάνονται το ένα πίσω από το άλλο, όπως τα βαγόνια του τρένου γιατί, όπως αποδείχθηκε, *ενωμένα νικάνε, κάποιο από αυτά θα γονιμοποιήσει, χωρισμένα όμως αποτυγχάνουν*.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τα θηλυκά, γενικότερα, ευνοούν τη γέννηση βελτιωμένων απογόνων τους, όταν επιλέγουν τους υγιέστερους από τη γενιά των αρσενικών. Η συμπεριφορά των παγωνιών αποτελεί ακόμα ένα παράδειγμα προς την κατεύθυνση αυτή, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Το σεξ και η μακριά ουρά

– Η ουρά του αρσενικού παγωνιού το βοηθάει ν' αναπαράγεται πιο αποτελεσματικά, γιατί αυξάνει τη σεξουαλική του ελκυστικότητα στα θηλυκά του είδους. Η θηλυκή προτίμηση αποτελεί εκδήλωση του θηλυκού νευρικού συστήματος. Το θηλυκό όμως νευρικό σύστημα αναπτύσσεται υπό την επίδραση των γονιδίων του και οι ιδιότητές του φαίνεται ότι έχουν επηρεαστεί σοβαρά από επιλεκτικές διαδικασίες στις γενιές που πέρασαν. Στα παγώνια, αλλά και σ' άλλα πουλιά,

συνήθως η θηλυκιά είναι εκείνη που επιλέγει με ποιον αρσενικό θα γονιμοποιηθεί και, συνήθως, διαλέγει τον πιο εντυπωσιακό. Η προτίμηση του θηλυκού, λόγου χάρη για τις μακριές ουρές, είναι μια ποσοτική μεταβλητή, που επηρεάζεται γενετικά και βρίσκεται υπό τον έλεγχο των πολυγονιδίων, κατά τον ίδιο τρόπο που επηρεάζεται και η μακριά ουρά του αρσενικού. Αυτά τα πολυγονίδια επενεργούν σε εκτεταμένα τμήματα του εγκεφάλου τους, ακόμα και στην όρασή τους, και είναι αυτά που καθορίζουν τις προτιμήσεις τους για το μήκος της ουράς του επιβήτορά τους ή, ακόμα, για τα χρώματα, τους ακκισμούς και άλλα ερωτικά τερτίπια. Έτσι, η προτίμηση του θηλυκού είναι δυνατόν να μετρηθεί με τις ίδιες μονάδες που μετριέται η ουρά, παραδείγματος χάριν σε εκατοστά του μέτρου. Όπως αναφέρει ο Fisher: *«Τα γονίδια για τις προτιμήσεις των θηλυκών εμπεριέχονται και στ' αρσενικά, αλλά εκφράζονται μόνο στα θηλυκά»*.

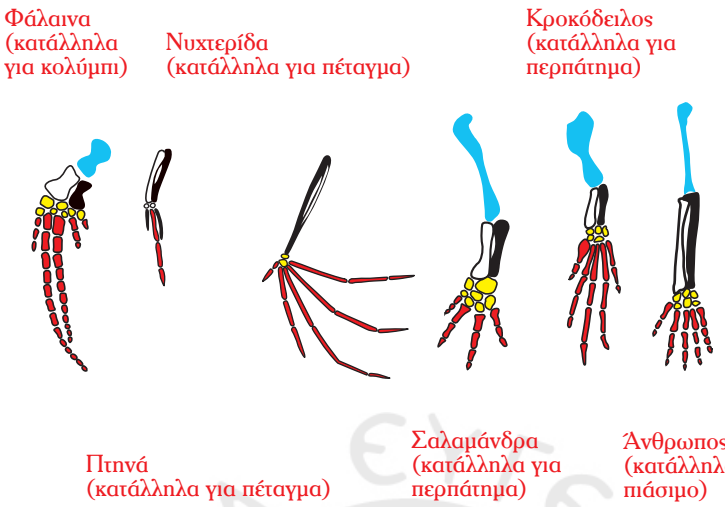
Κατά την έννοια αυτή τα γονίδια, τα υπεύθυνα για την προτίμηση για αρσενικά παγώνια με μακριά ουρά, υπάρχουν και στο σώμα του θηλυκού, όπου όμως δεν εκφράζονται· ακριβώς, όπως ένας πατέρας με μακρύ πέος είναι δυνατόν να μεταβιβάσει το γονίδιό του αυτό, τόσο στο γιο του όσο και στην κόρη του. Στην τελευταία όμως δεν παίζει κανένα ρόλο γιατί δεν εκφράζεται.

Κάθε φορά που ένας αρσενικός επιλέγεται χάρη στη μακριά ουρά του, δεν επιλέγονται μόνο τα γονίδια της μακριάς ουράς, αλλά και ο συνδυασμός συγχρόνως των γονιδίων που διαθέτουν και τα θηλυκά και συσχετίζονται με τη μακριά ουρά. Αυτό σημαίνει ότι τα γονίδια αναγκάζουν τις θηλυκές να επιλέγουν αρσενικούς με μακριά ουρά. Στην περίπτωση αυτή δεν κάνουν τίποτ' άλλο παρά να επιλέγουν αντίγραφα των δικών τους γονιδίων που ενυπάρχουν και σ' αυτούς τους αρσενικούς.

Ο Anderson έκανε ένα συστηματικό πείραμα με τριάντα έξι αρσενικά παγώνια. Σε ορισμένα κόντυνε την ουρά τους κατά δεκατέσσερα εκατοστά και τα κομμάτια αυτά τα συγκόλλησε με κόλλα σε άλλα αρσενικά παγώνια· έτσι, τεχνητά η ουρά των τελευταίων μάκρυνε. Σε μια άλλη ομάδα παγωνιών η ουρά αφέθηκε ανέπαφη. Τέλος, από μια τέταρτη ομάδα έκοψε την ουρά τους και την επανασυγκόλλησε με κόλλα.

– Αντικειμενικός σκοπός του πειράματος ήταν να μελετηθούν συστηματικά με στατιστική ανάλυση οι ερωτικές επιτυχίες αυτών των αρσενικών, που είχαν υποστεί αυτές τις τεχνητές επεμβάσεις στις ουρές τους. Το αποτέλεσμα ήταν: οι θηλυκές να προτιμήσουν αρσενικά με τις τεχνητά επιμηκυσμένες, τις πελώριες ουρές· προσέλκυσαν τέσσερεις φορές περισσότερες θηλυκές σε σύγκριση με αυτά που τους είχε επιβραχυνθεί η ουρά. Τα αρσενικά με τη φυσιολογική ουρά πήραν μια ενδιάμεση θέση. Με άλλα λόγια, πρόσθεσε ο Κάρολος, η σεξουαλική επιλογή συνεχώς προωθεί προς την επιμήκυνση της ουράς (με την εξελικτική έννοια).

Όμως και άλλα είδη πουλιών, όπως οι αρσενικές φραγκόκοτες, συναθροίζονται σ' ένα μέρος και πολεμούν, όπως και τα κοκόρια, για το ποιος θα επικρατήσει στο χαρέμι. Οι τελευταίες πάντως συστηματικές παρατηρήσεις κατέληξαν στο




*Οσιά από τα εμπρόσθια άκρα έξι οπονδυλωτών. Η προσεκτική εξέταση της φωτογραφίας (πρβ. όμοια χρώματα) δείχνει ότι όλοι αυτοί οι οργανισμοί έχουν κοινό πρόγονο.*



*Η προέλευση των ειδών*

*Η δημοσίευση του βιβλίου του Κάρολου Δαρβίνου με τον παραπάνω τίτλο, προκάλεσε, το 1850, θύελλα αντιεγκλήσεων, κυρίως για τη συγγένεια ανάμεσα στις μαϊμούδες και τους ανθρώπους. Χαρακτηριστικό είναι το σκίτσο από εφημερίδα της εποχής.*

ότι: όταν επιλεγεί ο γόης και επιβεί στην πρώτη φραγκόκοτα και όλες οι άλλες επιθυμούν τον ίδιο επιβήτορα. Η καθεμιά δηλαδή αντιγράφει την επιλογή της άλλης. Πρόκειται για τον δυνατό, τον τυχερό, που ευσυνείδητα θα εκτελέσει τα συζυγικά του καθήκοντα μέχρις εξάντλησης. Μήπως όμως και σ' ορισμένα είδη ψαριών, όπως στην περίπτωση του ξιφία, τα θηλυκά δεν προτιμούν σαφώς τη γονιμοποίηση από τους πιο μεγαλόσωμους αρσενικούς; Νομίζω όμως ότι αρκετά φλυάρησα πάνω στο θέμα, κατέληξε ο Κάρολος.

– Ήταν πολύ ενδιαφέροντα όλ' αυτά, απάντησε ο Πλάτων, αλλά νιώθω να κλονίζονται πολλά απ' όσα έχω ωραιοποιήσει.

– Μην ανησυχείς, είπε ο Κάρολος, τώρα ίσως να τα βλέπεις και από μιαν άλλη οπτική γωνία.

– Αλήθεια, δεν μας είπες τίποτα για τον πολυσυζητημένο Lamarque και τις θεωρίες του, είπε ο Πλάτων. Θα μ' ενδιέφερε ν' ακούσω τις απόψεις σου, γιατί το πρόβλημα, έμφυτο ή επίκτητο, βιολογικό ή πολιτισμικό, είναι πάντα επίκαιρο. Οι φασίστες και οι ρατσιστές πάντα ελλοχεύουν για ν' αποκτήσουν μετερίζια.

– Παρά τις αντίθετες απόψεις, που καμιά φορά ακούγονται, η επιστήμη δεν προκαθορίζει την πολιτική, αλλά η πολιτική παραμορφώνει, καταχράται και προσπαθεί να υπεξαιρέσει ντοκουμέντα από την επιστήμη, ώστε να βρει δικαιολογίες και άλλοθι στα συμφέροντά της, αποκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε:

## Το κληρονομικό και το επίκτητο

– Ο Lamarque λοιπόν έζησε λίγα χρόνια πριν από τον Δαρβίνο στη Γαλλία και, όπως φαίνεται, τον επηρέασε κάπως. Σύμφωνα με τον Lamarque, τα κτηθέντα, τα «επίκτητα» χαρακτηριστικά των γονέων κληρονομούνται στους απογόνους. Οι λαμαρκιανές θεωρίες έχουν παραδοσιακά απορριφθεί, γιατί ποτέ δεν βρήκαν στερεά ερείσματα. Θα πρέπει πάντως ν' αναφερθεί ότι ο Lamarque πρόσφερε την καλύτερη για την εποχή του θεωρία των εξελικτικών μηχανισμών. Οι θεωρίες του όμως περιείχαν ένα είδος «μυστικισμού». Για παράδειγμα, πίστευε ισχυρά, όπως και πολλοί άλλοι, ακόμα και σήμερα, ότι για την εξελικτική ανέλιξη στην κλίμακα της ζωής ήταν ανάγκη να παλέψουν σκληρά όσοι επιθυμούσαν συνειδητά να εξελιχθούν. Υπάρχουν όμως και μη μυστικιστικές απόψεις του Lamarque, μερικές από τις οποίες έχουν υιοθετηθεί από τους «νεολαμαρκιανούς», όπως *«η κληρονομικότητα των αποκτημένων χαρακτηριστικών»* και *«το αξίωμα της χρήσης ή αχρησίας»*.

Το τελευταίο αξίωμα αναφέρεται στο γεγονός ότι τα μέρη εκείνα του οργανισμού που χρησιμοποιούνται πιο εντατικά γίνονται μεγαλύτερα, ισχυρότερα, όπως, για παράδειγμα, οι μυς ενός αθλητή σε σχέση με τους μυς κάποιου που δεν αθλείται. Αντίθετα, αυτά που δεν χρησιμοποιούνται ατροφούν. Το αξίωμα της χρήσης και της αχρησίας δίνει τη δυνατότητα στα ζώα ν' ανταπεξέρχονται καλύτερα, πιο αποτελεσματικά, στον αγώνα για την επιβίωση κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Αυτά τα «αποκτηθέντα προσόντα», κατά τον Lamarque, κληρονομούνται στις επόμενες γενιές. Εάν στο αξίωμα της χρήσης και της αχρησίας τοποθετηθεί και η κληρονομικότητα των «κτηθέντων χαρακτηριστικών», τότε δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για εξελικτική βελτίωση. Έτσι, κάθε νέα γενιά έρχεται με πλεονεκτήματα έναντι της προηγούμενης, τόνισε ο Κάρολος, και συνέχισε.

Βέβαια, οι θεωρίες του Lamarque δεν έγινε δυνατόν να θεμελιωθούν και να καταξιωθούν από τις έρευνες που ακολούθησαν. Επειδή όμως οι αντεγκλήσεις – αν και χωρίς φανατισμούς σήμερα – κάπου-κάπου αναζωπυρώνονται, ίσως να μην πρέπει ν' απορριφθούν ολοκληρωτικά. Τα πολυσυζητημένα θέματα, αυτά που αντέχουν στη φθορά του χρόνου, σπάνια είναι μαύρα ή άσπρα· ίσως κάποιες

πτυχές τους να είναι αληθινές. Άλλωστε, οι τελευταίες μελέτες σχετικά με την ανθρώπινη ευφυΐα, τα περιβόητα IQ των ανθρώπων, δικαιολογούν μερικές από τις σημερινές τροποποιημένες νεολαμαρκιανές απόψεις. Είναι γνωστό, ακόμα, ότι ανάλογα με την κοινωνικοοικονομική τάξη, στην οποία ανήκουν τα παιδιά, έχουν παρατηρηθεί διαφορές, λόγου χάρη για τα παιδιά των εύπορων κοινωνικών ομάδων, τα οποία στην ηλικία των έντεκα ετών έχουν διαφορά μέχρι και έξι εκατοστά στο ύψος και τρία κιλά στο βάρος έναντι παιδιών απόρων οικογενειών. Οι στατιστικές μελέτες γύρω από το θέμα αυτό συνεχίζονται τώρα σε πολλά μέρη του κόσμου. Χάρη στην καλή διατροφή, την άθληση και στην ιατρική περίθαλψη, οι άνθρωποι όλο και ψηλώνουν αντί να κονταίνουν. Οι διπλωματούχοι του Χάρβαρντ, για παράδειγμα, που είναι σίγουρα μια προνομιούχος κοινωνική γενιά, είναι ψηλότεροι κατά δυόμισι πόντους σχετικά με την προηγούμενη γενιά, κατέληξε ο Κάρολος.

– Θα έλεγα ότι, πέρα από όσα ανέφερες, διατροφή, άθληση κ.λπ., παρατήρησε ο Ευκλείδης, οι άνθρωποι βάζουν κανόνες ακόμα και στους γάμους τους. Η ομοιογαμία, δηλαδή η παντρειά κατά προτίμηση με ετερόφυλο της ίδιας κάστας, θρησκείας και κοινωνικοοικονομικής τάξης, είναι κάτι πολύ συνηθισμένο στις ανθρώπινες κοινωνίες και συντείνει στη διατήρηση και τη βελτίωση εξελικτικών επιτευγμάτων.

– Σίγουρα, είπε ο Ιπποκράτης, παρόλο που ο κανόνας αυτός έχει πολλές εξαιρέσεις και με πολύ αγαθά αποτελέσματα μερικές φορές, όπως στην περίπτωση των μιγάδων.

– Η βιοτεχνολογία, συνέχισε ο Κάρολος, άνοιξε το δρόμο τώρα για την επέμβαση του ανθρώπου στο γενετικό υλικό των έμβιων, με τη μεταφύτευση, για παράδειγμα, *γονιδίων* από οργανισμό σε οργανισμό. Το έργο της φύσης που προχωρούσε τυχαία και βραδέως εδώ και μυριάδες χρόνια, το έχει τώρα υποκαταστήσει η γενετική μηχανική. Οι βραδύτατες, δηλαδή, σωρευτικές εξελικτικές μεταλλάξεις, που απαιτούσαν μυριάδες χρόνια για να πραγματοποιηθούν, έχουν υποκατασταθεί τώρα από τις ταχύτατες ανθρώπινες επεμβάσεις της γενετικής μηχανικής, το *συνειδητό ανασυνδυασμό του DNA.* Από την άλλη μεριά, δημιουργούνται προϋποθέσεις για την παροχή περισσότερων απαραίτητων αγαθών και γνώσης στις υπανάπτυκτες περιοχές, ώστε να προχωρήσουν στο δρόμο της προόδου, να βελτιώσουν τη ζωή τους.

Βέβαια, ο δρόμος της εξέλιξης με γενετικές επεμβάσεις των κληρονομικών ελαττωμάτων ή ενίσχυσης των κληρονομικών πλεονεκτημάτων οδηγεί και στο δρόμο της απευθείας εισαγωγής καινούριων χαρακτηριστικών. Κάπου εδώ κοντά, τώρα, φαίνεται να περιπλανώνται ο τρόμος, οι φαντασιώσεις και οι υπερβολές, που ακούστηκαν στο συνέδριο βιοτεχνολογίας και προστασίας του ανθρώπου στο Asilomar, όταν γνωστικοί και μη, ζητούσαν να προφυλαχθούμε από τα τέρατα που θα δημιουργούσε η βιοτεχνολογία.

Η δημιουργία υπεράνθρωπων, ο ευγονισμός και ο ρατσισμός, έχουν το κοινό

χαρακτηριστικό ότι βασίζονται σε δύο αντικείμενα: το πρώτο είναι ότι ιδιότητες, όπως η ιδιοφυΐα, η βλακεία, η καλοσύνη, η κακία, η ευκολία στη μάθηση και η προσαρμογή, η κλίση προς τη μουσική, τα μαθηματικά, το αλκοόλ, τα ναρκωτικά, την ομοφυλοφιλία, το έγκλημα, έχουν δυστυχώς, τουλάχιστον κατά ένα μέρος, γενετική βάση· σίγουρα, όμως, η βάση αυτή δεν είναι απλή γιατί υφίσταται και το δεύτερο, το *επίκτητο.* Η ιδιοφυΐα δεν φαίνεται να είναι με κανένα τρόπο το αποτέλεσμα ενός και μόνου γονιδίου, το οποίο είναι δυνατόν να μεταβιβάζεται, όπως λόγου χάρη το χρώμα των ματιών, το οποίο κληρονομείται από τους προγόνους στους απογόνους. Επειδή όμως οι παραπάνω ορισμοί είναι υποκειμενικοί και δεν υφίσταται αντικειμενικός ορισμός του «κανονικού ανθρώπου», του homo normalis, ο διαχωρισμός είναι δυσχερής και τα στοιχεία τόσο αβέβαια και ακαθόριστα, ώστε δύσκολα να θεμελιώνονται επιστημονικά. Βέβαια, εξίσου παράλογη είναι και η ολοκληρωτική απόρριψη του γενετικού συσχετισμού των παραπάνω πολύπλοκων χαρακτηριστικών.

Κάτι που θεωρούνταν μέχρι πριν λίγο ακατόρθωτο, η συνένωση ετερόκλιτων κυττάρων, όπως ζωικών και φυτικών ή ζωικών και ανθρώπινων, σήμερα αρχίζει να φαίνεται μέσα στα όρια του εφικτού. Τα πειράματα της ομάδας του Fariz στη Σουηδία, που έγιναν ανάμεσα σε κύτταρα που είχαν υποστεί ειδική ενζυματική προεπεξεργασία, κατέληξαν σ' ένα είδος πολύ στενής επαφής ανάμεσα σε ζωικά και φυτικά κύτταρα, κάτι που επεκτάθηκε από άλλους ερευνητές με την παραγωγή ανθρώπινων αντισωμάτων από φυτικά κύτταρα. Φαίνεται ότι οι ομοιότητες ανάμεσα στα ζωικά και τα φυτικά κύτταρα στο βάθος των δομών και της οργάνωσής τους είναι μεγαλύτερες από τις διαφορές τους.

Άλλωστε, για ποιες διαφορές μιλάμε; Τις μορφολογικές, τις επιφανειακές, αυτές τις οποίες διακρίνει το μάτι ή αυτές που εμφανίζονται στο μικροσκόπιο των χιλίων πεντακοσίων μεγεθύνσεων; Αλλά αυτές μεταμορφώνονται ριζικά κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο των εκατό χιλιάδων μεγεθύνσεων, εκεί όπου πλησιάζουμε το μοριακό επίπεδο, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Βέβαια, τα παραπάνω είναι δυνατόν να δώσουν λαβή σε άπειρα θέματα επιστημονικής φαντασίας γι' ανθρώπους-φυτά ή φυτά με ανθρώπινες ιδιότητες, αλλά προς το παρόν δεν έχουν καμιά βάση. Η τυχόν πρόοδος όμως στον τομέα αυτό ίσως οδηγήσει σε κάποια αναθεώρηση του «τυχαίου» του J. Monod, αλλά και της κλασικής δαρβινικής θεωρίας, για την παντοδυναμία του εξωτερικού περιβάλλοντος του Δαρβίνου, αφού εδώ δείχνει να υφίσταται παντοδύναμο το «χρωμοσωμικό πεδίο» του Fariz, ο οποίος είναι δυνατόν να συντήξει κύτταρα με τεράστιες εξελικτικές και χρονικές διαφορές.

Συνδυάζοντας τις επιπτώσεις από την πρόοδο στους τομείς της νευροχημείας, της χημείας του εγκεφάλου, της χημείας του πόνου και της συμπεριφοράς, με τις δυνατότητες της μοριακής βιολογίας και της σύγχρονης γενετικής, πιστοποιούμε ότι δεν είμαστε πολύ μακριά από την ημέρα που η γενετική μας ταυτότητα θα επηρεάζεται από τους πιο πολύπλοκους συνδυασμούς που δημιουργούν οι επα-

ναστατικές αυτές τεχνολογίες. Έτσι, είναι εύλογο το ερώτημα, όπως το θέτει ο AI. Jacquard: *«Τι θα απομείνει από την ελευθερία μας, την ημέρα που ο καθένας από μας θα είναι γενετικά γυμνός;»*.

– Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία, συνέχισε ο Κάρολος, ότι έχει γίνει κατάχρηση κατά τη δημοσιοποίηση των δυνατοτήτων της βιοτεχνολογίας, ιδιαίτερα αφότου διολίσθησε προς μυθιστορήματα της αχαλίνωτης επιστημονικής φαντασίας. Η δημιουργία υπεράνθρωπων, τεράτων, Φρανκεστάιν, μικροοργανισμών με διαβολικές ιδιότητες, η κατάχρηση και η καταπάτηση των ανθρώπινων δικαιωμάτων από παράφρονες επιστήμονες σε συνδυασμό και με διαστημικούς εισβολείς, έχουν κατακλύσει τις σειρές των best sellers σ' όλο τον κόσμο.

Εδώ όμως θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι, όταν η επέκταση των γνώσεών μας ξανοίγεται σε αγνώστους, καινοφανείς χώρους, το ανθρώπινο πνεύμα αναστατώνεται, το κυριεύει ο ίλιγγος κι αυτός ακολουθείται από αντεγκλήσεις, καχυποψία και διαμάχες. Πολύ περισσότερο, όταν οι γνώσεις αυτές αφορούν στα πιο ισχυρά ταμπού, στις δραματικές ανθρώπινες εμπειρίες για τη γέννηση, στη ζωή και στο θάνατο.

Η πραγματικότητα όμως είναι ότι ο τεράστιος θόρυβος που προκλήθηκε τις πρώτες δεκαετίες μετά την ανακάλυψη του γενετικού κώδικα σχετικά με τους κινδύνους που εγκυμονούσε για το ανθρώπινο είδος η βιοτεχνολογία και, κυρίως, οι φοβίες για τις ιδιότητες που θα παρουσιάζουν οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, αποδείχτηκαν από το χρόνο και τις εμπειρίες εντελώς αβάσιμες. Αντίθετα, τώρα ξέρουμε τι οφείλουμε και, κυρίως, τι θα οφείλουν οι νεότερες γενιές στις γνώσεις αυτές. Έτσι ο θόρυβος της δεκαετίας του '70 έσβησε για ν' αντικατασταθεί από τις προσδοκίες του ανθρώπινου γένους για ένα καλύτερο αύριο, για μια πιο βελτιωμένη ποιότητα ζωής.

Στο γέρμα του 20ου αιώνα, ο άνθρωπος, *αυτό το αδύναμο ον,* ξεπέρασε τις δυνατότητές του. Ήταν ο πιο σημαντικός αιώνας της ιστορίας του για την κατάκτηση της γνώσης· από το μικρόκοσμο του ατόμου, στο γιγαντιαίο κόσμο του Σύμπαντος. Οι κατακτήσεις αυτές του δίνουν δυνατότητες ειρηνικές αλλά και καταστροφικές. Το μέλλον, ελπιδοφόρο ή ζοφερό, είναι στα χέρια του. Αν είχε προχωρήσει και η πνευματική διαπαιδαγώγηση ανάλογα με όμως τεχνολογικές κατακτήσεις, δεν θα χωρούσε κανένας σκεπτικισμός για το μέλλον. Δυστυχώς, όμως, είμαστε πολύ μακριά απ' αυτό, κατέληξε ο Κάρολος.

– Σίγουρα, έτσι είναι, είπε σκεφτικός ο Πλάτων. Αλλά όλη αυτή η βιολογική αντιμετώπιση καταρχήν ήταν για μένα έκπληξη. Δεν μπορώ να σου κρύψω ότι νιώθω κι ένα αίσθημα πικρίας, απογοήτευσης. Εμάς, που ζήσαμε μια ζωή στον κόσμο των ιδεών και της κλασικής φιλοσοφίας, αυτή η απογύμνωση, η προσπάθειά σας γι' απομυθοποίηση των πάντων μας τρομάζει.

– Μίλησες, Πλάτων, είπε ο Κάρολος, γι' απομυθοποίηση των πάντων. Όταν διαμαρτυρήθηκε η Μάρθα, τη δικαιολόγησα, γιατί είναι νέα, ρομαντική κι ερωτευμένη· εσύ, όμως, δεν έχεις δίκιο. Η απογύμνωση, η απομυθοποίηση δεν είναι

αυτοσκοπός, έρχεται ως αποτέλεσμα του πειράματος, της ερευνητικής προσπάθειας, κι αυτά δεν μπορεί κανένας να τ' αρνηθεί, γιατί δεν ανήκουν στον αβέβαιο κόσμο των ιδεών, αλλά υφίσταται η δυνατότητα για επαλήθευση από τον καθένα. Άλλωστε, θα ήθελα να σου επαναλάβω: είμαστε ακόμα μακριά από την αποκάλυψη ενός τόσου πολύπλοκου βιολογικού όντος, *όπως είναι* άνθρωπος, κατέληξε ο Κάρολος.

– Αλλά, νομίζω, είπε ο Πλάτων, αρκετά σε κουράσαμε απόψε. Ώρα είναι να σ' αφήσουμε να ξεκουραστείς.

……
……
……

Και η συντροφιά διαλύθηκε. Κανείς δεν φαντάστηκε ότι μια σειρά από απρόοπτα γεγονότα θα τους χώριζε γι' αρκετό καιρό. Ο αδυσώπητος χρόνος των θνητών προχωρούσε ακάθεκτος...

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ
## ΤΟ ΡΕΚΒΙΕΜ ΤΗΣ ΠΑΡΕΑΣ

*Νῦν ἡ ταπείνωση τῶν Θεῶν Νῦν ἡ σποδός τοῦ Ἀνθρώπου*
*Νῦν Νῦν τό μηδέν καί Αἰέν ὁ κόσμος ὁ μικρός ὁ Μέγας!*
*Ὁδ. Ἐλύτης*

Το ανοιξιάτικο εκείνο απόγευμα, ο Κάρολος, ξαπλωμένος στην πολυθρόνα του, ένιωθε τις δυνάμεις του εξαντλημένες. Είχε ανοίξει όλη την ανατολική πλευρά του δωματίου κι ένας μυρωμένος χλιαρός αέρας από τον Ευβοϊκό δημιουργούσε μια ευχάριστη θαλπωρή. Οι πλαγιές προς τη θάλασσα ήταν καταπράσινες και διακόπτονταν πού και πού από τις κόκκινες άλικες κηλίδες από παπαρούνες. Στο βάθος, μέσα στη θάλασσα, λικνιζόταν κάποιο ιστιοφόρο, ακινητοποιημένο από την άπνοια.

Ο Κάρολος, έχοντας προγραμματίσει το σελεκτόφωνο στις μουσικές επιλογές του, ρέμβαζε βυθισμένος στους στοχασμούς του με μισόκλειστα μάτια. Όλα ήταν ήρεμα και γαλήνια, όταν μπήκαν στο δωμάτιο ο Πλάτων με τον Ευκλείδη.

– Δεν νιώθω καλά σήμερα, τους είπε ο Κάρολος μόλις τους αντίκρισε. Ευτυχώς δεν πονάω πουθενά, οι ενδορφίνες μου δείχνουν να δουλεύουν ακόμα.

– Ε, όλοι γεράσαμε, είπε ο Πλάτων. Πάλι καλά που είμαστε όρθιοι.

– Είσαστε όρθιοι, και είναι φυσικό, απάντησε ο Κάρολος. Ξέρεις τι θα πει στην ηλικία μας τέσσερα-πέντε χρόνια διαφορά που έχουμε! Εσείς είσαστε νεότεροι. Ο Ιπποκράτης κι εγώ έχουμε πάρει σειρά.

– Κρίμα, είπε ο Ευκλείδης, που δεν είναι μαζί μας ο Ιπποκράτης, αλλά δεν μπορεί πια να κυκλοφορεί.

– Δεν θυμάμαι ποιος το είπε, αλλά είχε δίκιο, παρατήρησε ο Κάρολος: *«Ο κόσμος όπου ζούμε είναι σκοτεινός και κρύος, αν δεν ανοίξουμε τα εσωτερικά μάτια της ψυχής στην εσωτερική φλόγα της φύσης»*. Κι όταν βιώνει κάποιος τόση ομορφιά, όπως σήμερα, όταν όλες οι αισθήσεις συμμετέχουν στη φυσική αρμονία, νιώθει θλίψη, γιατί πλησιάζει η ώρα να τα εγκαταλείψει. Ένα τέτοιο απόγευμα θα προτιμούσα, σίγουρα, το βέλος του χρόνου να τραβάει κατά πίσω, αλλά τι να κάνουμε, δεν γίνεται. Τώρα, ανήμποροι, δεν μας έμεινε παρά να φιλοσοφούμε, ν' ανατρέχουμε στα μεγάλα υπαρξιακά *γιατί.*

– Αυτά τα χρόνια που δεν βλεπόμασταν, είπε ο Πλάτων, είχα την ευκαιρία και την ευχαρίστηση, χάρη στις δισκέτες που είχαμε γράψει από τις συνομιλίες μας, να ενδιατρίψω σε βάθος σε όσα τότε είχαμε συζητήσει. Ιδιαίτερα έχω προ-

βληματιστεί, ξανακούγοντας τις αφηγήσεις σου σχετικά με το Σύμπαν και την προέλευση της ζωής. Δεν βρίσκω ότι απ' όσα άκουσα μπορώ να βγάλω κάποιο συμπέρασμα, αν η δημιουργία, τόσο του Σύμπαντος, όσο και της ζωής, είχαν ανάγκη από την παρουσία και το σχέδιο μιας Υπέρτατης Δύναμης, ενός Δημιουργού, ενός Θεού!

Τα τελευταία χρόνια στις ΗΠΑ έχει γιγαντωθεί ο αγώνας ανάμεσα σ' αυτούς που πιστεύουν στις βιολογικές διαδικασίες, που πρότεινε ο Darwin, διαδικασίες τις οποίες δεν υπάρχει κάποιος βιολόγος που δεν τις ενστερνίζεται και αυτών που πιστεύουν στον «ευφυή σχεδιαστή», το Θεό, που παρακολουθεί και κατευθύνει τις εξελίξεις αυτές. Μάλιστα υπάρχουν και οι φανατικοί που επιθυμούν να μην διδάσκονται στα σχολεία οι εξελικτικές θεωρίες, αλλά ο «ευφυής σχεδιαστής».

– Θυμάμαι, συνέχισε ο Πλάτων, την απάντηση που έδωσε ο Fabio Mussi, Υπουργός Έρευνας της Ιταλίας, όταν ρωτήθηκε σχετικά: «*Μου φαίνεται ότι αυτοί που πιστεύουν στο "έξυπνο σχέδιο", είναι αυτοί που υποστηρίζουν πολιτικούς που δεν είναι έξυπνα σχεδιασμένοι*».

– Μου θύμισες, συμπλήρωσε ο Κάρολος, την απάντηση του M. Konner, του Πανεπιστημίου Emery: «*Εμείς οι κοινωνικοί επιστήμονες θα πρέπει να σταματήσουμε το παιχνίδι με τις ανόητες λέξεις και ν' ανοίξουμε τα βιβλία βιολογίας*» και συμπλήρωνε: «*η επιστημονική γνώση και οι επιστημονικές απαντήσεις είναι αντιδογματικές. Δεν συνιστούν απόλυτες αλήθειες, βασίζονται στην πειραματική επαλήθευση και υπόκεινται σε διαρκή κριτική και ανάλογη τροποποίηση ή αναθεώρηση, αν χρειαστεί*». Η δογματική εξήγηση της δημιουργίας του κόσμου δεν γίνεται πιστευτή από κανέναν που ασχολείται με την επιστημονική έρευνα.

Η δύναμη του αξιώματος, των θέσφατων, είναι ισχυρότατη όταν υπάρχει άγνοια. Όλα τα σημαντικά σ' αυτόν τον κόσμο άπτονται του συνδυασμού στα όρια της φυσικής-χημείας-βιολογίας. Το κακό είναι ότι όσο αυξάνεται η γνώση μας, τόσο αυξάνεται και η άγνοιά μας. *Η επιστήμη δυστυχώς δεν πρόκειται ποτέ ν' αποδείξει την ύπαρξη ή μη του ευφυούς σχεδιαστή. Το μυστήριο που βιώνουμε θα διαιωνίζεται.*

– Αυτά, είπε χαμογελώντας ο Ευκλείδης, είναι συναρπαστικά για συζήτηση ερωτήματα, αλλά δεν είμαι καθόλου βέβαιος ότι έχουν απαντήσεις, αν δεν θέλουμε να είμαστε δογματικοί.

– Πραγματικά είναι συναρπαστικά για μένα, συμφώνησε ο Πλάτων, και μου θυμίζουν αυτό που έλεγε σε παρόμοιες περιπτώσεις ο διάσημος παρουσιαστής του ραδιοφώνου, ο Max Beerbohm: «*Κυρίες και Κύριοι, φοβάμαι ότι το θέμα μου είναι συναρπαστικό και επειδή απεχθάνομαι τις συγκινήσεις, θα το πλησιάσω μ' έναν ήρεμο, δειλό και έμμεσο τρόπο*».

Ευτυχώς το ήρεμο και το δειλό, πρόσθεσε ο Πλάτων, είναι για μας δεδομένα, αλλά και το έμμεσο ταιριάζει, γιατί η προσφορά της επιστημονικής γνώσης στα καυτά αυτά ερωτήματα δεν μπορεί παρά να είναι έμμεση. Από την άλλη μεριά, όπως λέει και ο Wittgenstein: «*Η φιλοσοφία δεν δίνει εικόνα της πραγματικότητας, δεν μπορεί ούτε να επιβεβαιώσει ούτε ν' αντικρούσει επιστημονικές έρευνες*».

– Στα προβλήματα όμως αυτά οι επιστημονικές γνώμες είναι και αντικρουόμενες και συχνά αντιφατικές. Κι αυτό, γιατί τα επιστημονικά δεδομένα που διαθέτουμε δεν είναι επαρκή για να θεμελιώσουν ατράνταχτες απαντήσεις, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Για την ερμηνεία του Σύμπαντος βασιζόμαστε σε οπτικές αναπαραστάσεις του Κόσμου και στη γοητεία των μαθηματικών λογισμών. Εικόνες και συμπεράσματα που εξαρτώνται από τις περιορισμένες δυνατότητες του φτωχού εγκεφάλου μας και των ασθενικών αισθήσεών μας. Ίσως μετά από εκατομμύρια εξελικτικών χρόνων, αν δεν έχουμε αυτοκαταστραφεί ως είδος και ως πλανήτης να ερμηνεύουμε διαφορετικά τον Κόσμο και τη Δημιουργία.

Εκείνη την ώρα εμφανίστηκε στο σαλόνι ο Μάο, ο σιαμαίος γάτος του Κάρολου. Χαδιάρης και ναζιάρης άρχισε να τρίβεται στα πόδια του αφεντικού του. Ο Ευκλείδης τότε χάραξε με το μαρκαδόρο πάνω στο δίσκο του καφέ το Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης του Νεύτωνα και προσπάθησε να τον επιδείξει στο γάτο, ο οποίος φυσικά δεν έδειξε να συγκινείται καθόλου.

– Δεν καταλαβαίνει, είπε η Μάρθα.

Ο Πλάτων τότε παρατήρησε ότι ίσως σε μερικά εκατομμύρια χρόνια, όταν εμείς κατανοήσουμε τη Θεωρία των Χορδών και των έντεκα διαστάσεων που προσπαθεί να ενοποιήσει τα έσχατα συστατικά των ατόμων, των ηλεκτρονίων και των Γαλαξιών σε παλλόμενες χορδές, να εξελιχθεί κι ο εγκέφαλος του Μάο, ώστε να συνειδητοποιήσει το νόμο που κρατάει τη Γη να περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο (αυτονόητο σήμερα για εμάς). Ποιος ξέρει!

Όλοι κατάλαβαν την αλληγορία κι έμειναν για λίγο σκεπτικοί!

**Έχει ανάγκη από δημιουργό το Σύμπαν;**

– Με όση γνώση μ' εφοδιάσατε από τις συζητήσεις μας, είπε ο Πλάτων, είχα τη δυνατότητα να διαβάσω το βιβλίο του J. Monod *«Τύχη και αναγκαιότητα»,* κι όλες τις θυελλώδεις συζητήσεις και αντικρούσεις που το ακολούθησαν. Διάβασα ακόμα τη *«Λογική του ζώντος»* του Fr. Jacob, το *«Χρονικό του χρόνου»* του St. Hawking, το *«Θεός και μοντέρνα Φυσική»* του Davis, τη *«Γλώσσα του Θεού»* του F. Collins, το *«Εγωιστικό γονίδιο»,* τον *«Τυφλό ρολογά», την «Πλάνη του Θεού»* του R. Dawkins και πολλά άλλα. Ομολογώ ότι, παλεύοντας ανάμεσα σε όσα η ακαδημαϊκή μου παιδεία και οι γενικές γνώσεις μου μ' εφοδίασαν, και όσα συζητήσαμε και όσα διάβασα, τελικά μου δημιουργούν πλήρη σύγχυση.

– Όπως σου εξηγήσαμε, αυτό δεν είναι καθόλου περίεργο, απάντησε αυθόρμητα ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Μη νομίζεις ότι κι εμείς οι φυσικοί, που γαλουχηθήκαμε με μια καρτεσιανή λογική, δεν προβληματιζόμαστε με τα όσα φανταστικά η κβαντική φυσική και η σχετικότητα μας προσφέρουν, και ότι έχουμε πιο ξεκαθαρισμένες ιδέες. Απλώς, ίσως έχουμε πιο συγκεκριμένους προβληματισμούς. Έχει δίκιο ο Oscar Wild, που λέει ότι: *«Η αλήθεια σπάνια είναι καθαρή και ποτέ απλή».* Ξέρεις τι απαντού-

σε ο Bohr, όταν του έθεταν το ερώτημα για την αναγκαιότητα Δημιουργού κατά τη γένεση του Σύμπαντος; *«Η Φυσική εκθέτει πώς λειτουργεί και όχι τι είναι το Σύμπαν».*

– Μα κι εμείς οι βιολόγοι, παρατήρησε ο Κάρολος, στο αντίστοιχο ερώτημα, αν χρειάζεται ή όχι Δημιουργός για να υπάρξει ζωή – παρόλο που τα δεδομένα που συσσωρεύονται δεν καθιστούν αναμφισβήτητα αναγκαία την ύπαρξη Υπέρτατης Δύναμης – δεν σημαίνει ότι είμαστε αγνωστικοί, απλώς μάλλον υποκαθιστούμε την έννοια «Δημιουργός» με την έννοια «Φύση» ή «Υπέρτατος νόμος». Γιατί, κι αν η ζωή εξελίχθηκε από το ανόργανο στο έμβιο και απ' αυτό στο λογικό, στο σκεπτόμενο ζώο, πάλι τα ερωτηματικά δεν εξαντλούνται. Μην ξεχνάς αυτό που έλεγε ο φίλος σου ο A. K stler:

*«Το ξετύλιγμα των μυστικών της φύσης συνοδεύεται από μια παράλληλη διεργασία περιτυλίγματος. Οποιαδήποτε προσπάθεια να συλλάβουμε τη γυμνή αλήθεια σημαίνει αυτοσυντριβή. Η Ουρανία, όπως και οι άλλες Μούσες, κρατάνε πάντα ένα τελευταίο πέπλο για να τυλίγονται μέσα».*

– Θα θυμηθώ και πάλι, είπε ο Πλάτων, το εύστοχο παράδειγμα του θεολόγου W. Palley: *«Αν περπατώντας σκουντουφλήσεις στο δρόμο σε μια πέτρα και σας ρωτήσουν πώς βρέθηκε εκεί, θα σκεφθείτε ότι μπορεί να ήταν εκεί από πάντα· αν όμως το πόδι σας πέσει πάνω σ' ένα ρολόι, τότε δεν θα μπορούσατε να πείτε ότι βρισκόταν εκεί ανέκαθεν».*

Η πολύπλοκη και λεπτή οργάνωση ενός ρολογιού με την ακριβή συναρμολόγηση των εξαρτημάτων του, αποτελεί συντριπτική ένδειξη της ύπαρξης ενός σχεδίου, ενός ρολογά. Ακόμα κι ένας που ποτέ του δεν έχει δει ρολόι, θα κατέληγε στο συμπέρασμα ότι αυτός ο μηχανισμός έχει επινοηθεί από κάποιον σκεπτόμενο άνθρωπο, για να εξυπηρετήσει κάποιο σκοπό. Αντίστοιχα, όταν βλέπουμε ένα γεωμετρικό σχήμα σχεδιασμένο στην άμμο, μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι τα στοιχεία αυτού του σχήματος δεν μαζεύτηκαν εκεί κατά τύχη, έρμαια των ανέμων, πρόσθεσε ο Πλάτων.

– Σ' αυτά τα σχήματα, άλλωστε, που φαίνονται σε πολλές ερημιές του Πλανήτη από ψηλά, βασίστηκε ο von D nicken για να θεμελιώσει την αμφισβητούμενη θεωρία του ότι, η ζωή στη Γη έχει εισαχθεί από άλλους πλανήτες, είπε ο Ευκλείδης. Αυτό όμως δεν αλλάζει την ουσία του προβληματισμού μας, απλά μεταθέτει το ερώτημα σχετικά με το πώς η ζωή δημιουργήθηκε στους άλλους πλανήτες.

– Ο Palley, αναπτύσσοντας την επιχειρηματολογία του, συνέχισε ο Πλάτων, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το Σύμπαν μοιάζει σε πολυπλοκότητα και οργάνωση μ' ένα ρολόι – σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα βέβαια. Συνεπώς πρέπει να υπάρχει ένας κοσμικός σχεδιαστής. Η άποψη της δημιουργίας «βάσει σχεδίου» συνδέθηκε με την ιδέα της τελεολογίας· ότι, δηλαδή, το Σύμπαν προγραμματίστηκε να εξελιχθεί προς κάποιο τελικό σκοπό. Αλλά και στο τέλος του αιώνα, μετά τα εξαιρετικά επιτεύγματα της επιστήμης, το πρόβλημα ξανάρχεται με το φως των νέων δεδομένων. Στο βιβλίο τους «Θεός *και επιστήμη»,* ο J. Guitton,

φιλόσοφος, και οι αδερφοί I. και G. Bogdanov, αστροφυσικοί, αναφέρουν:

*«Αφού στο ίδιο το χάος ανακαλύπτουμε μια αρμονία, μια τάξη, πώς είναι δυνατόν το Σύμπαν να είναι κάτι τυχαίο; Όταν όμως μια τάξη, που τώρα αποκαλύπτεται, κυβερνά με ακριβή τρόπο τις κινήσεις και την ανάπτυξη των φαινομένων, είναι δύσκολο να υποστηρίζει κάποιος ότι η ζωή και η ευφυΐα εμφανίστηκαν τυχαία, σαν μια σειρά συμβάντων ενδεχομενικότητας, χωρίς να διακρίνεται κάποιος σκοπός, κάποιο τέλος...».*

Η ανακάλυψη ότι το κοσμικό μικροκυματικό υπόβαθρο διατηρούσε θαμμένα δείγματα, συγκίνησε όλο τον κόσμο. Αυτή η θερμοκρασία των 2,7°K που παρέμεινε σαν ανάμνηση του Big-Bang ποικίλλει σε διάφορες περιοχές του ουρανού. Αυτές οι ρυτιδώσεις είναι δυνατόν να υιοθετούν μαθηματική ανάλυση κατά Fourrier. Μερικοί αστρονόμοι σ' αυτό διακρίνουν κάποιο σχέδιο, ένα μήνυμα. Αυτό το μήνυμα σίγουρα δεν είναι γραμμένο σε κάποια από τις ανθρώπινες γλώσσες, αλλά στην παγκόσμια γλώσσα, των μαθηματικών. Κι αυτό έκανε κάποιους να αναφωνήσουν: *«ο Θεός πρέπει να είναι μαθηματικός!»*, ίσως και κβαντομηχανικός.

Έτσι ο θρησκευτικός ζήλος βρέθηκε ταπεινωμένος από την απόδειξη ότι το Σύμπαν έκρυβε νοήματα, τα οποία οι άνθρωποι δεν είχαν αρκετά προχωρημένη νόηση και ευφυΐα, ώστε να τα κατανοήσουν. Πάντως οι εργασίες για την αποκρυπτογράφηση του μηνύματος συνεχίζονται στα νέα τμήματα μερικών Πανεπιστημίων της εφαρμοσμένης μαθηματικής θεολογίας!

– Από μιαν άλλη σκοπιά, ο Swinburne, στηρίζοντας την πίστη του όχι στην πολύπλοκη, αλλά στην απλή τάξη, καταλήγει στο ότι: *«η παρουσία τάξης στο Σύμπαν μεγαλώνει σημαντικά την πιθανότητα να υπάρχει Θεός»*, παρατήρησε ο Ευκλείδης και πρόσθεσε.

Η φυσική μπορεί ίσως να εξηγεί το περιεχόμενο, την προέλευση και την οργάνωση του φυσικού κόσμου, όχι όμως και τους ίδιους τους νόμους (ή τον υπερνόμο) της φυσικής, όπως λέει ο Davis:

*«Η παραδοσιακή άποψη είναι ότι ο Θεός εφεύρε τους φυσικούς νόμους και δημιούργησε το χωροχρόνο, τα άτομα, τους ανθρώπους, που υπακούουν σ' αυτούς τους νόμους».*

Ο ίδιος, όμως, συνέχισε ο Ευκλείδης, κάπου άλλου αναφέρει:

*«Υπάρχει όμως κι ένα άλλο "δωρεάν σενάριο", που ισχυρίζεται ότι το μόνο που χρειάζεται είναι οι νόμοι – κατά τα άλλα, το Σύμπαν μπορεί να φροντίσει για τον εαυτό του ακόμα και για τη δημιουργία του».*

– Πάντως, είπε ο Πλάτων, παρά τις θεαματικές επιτυχίες της επιστήμης, θα ήταν αφέλεια να υποστηρίξουμε ότι εδόθησαν απαντήσεις στα θεμελιώδη ερωτήματα για την ύπαρξη του Θεού, το νόημα του Σύμπαντος ή το ρόλο του ανθρώπου στο φυσικό και υπερφυσικό σχήμα των πραγμάτων. Άλλωστε θα έλεγα ότι

υπάρχει ίσως και τρίτη άποψη. Δεν είναι ανάγκη να είναι ή το ένα ή το άλλο, είναι δυνατόν να είναι και τα δύο. Γιατί ο Δημιουργός να μην έχει επινοήσει και την εξέλιξη;

– Ο άνθρωπος, παρατήρησε ο Κάρολος, άλλοτε υπερόπτης κι αλαζονικός, όταν αισθάνεται ασφαλής και δυνατός ή όταν ανακαλύπτει μια νέα μικρή χαραμάδα φωτός στους νόμους που κυβερνούν τον κόσμο, άλλοτε ταπεινόφρων και ικετευτικός, όταν αισθάνεται αδύνατος κι ανήμπορος, ταλαντεύεται ανάμεσα στην απιστία και στην πίστη!

– Μου έρχεται στο νου, συνέχισε ο Πλάτων, ο E. Wigner, ο οποίος μίλησε για δύο θαύματα: το θαύμα της ύπαρξης των φυσικών νόμων και το θαύμα της ανθρώπινης διανόησης να τους συλλαμβάνει· θα πρόσθετα: ίσως να τους διαισθάνεται. Η ικανότητα όμως της ανθρώπινης διάνοιας να συλλαμβάνει τους φυσικούς νόμους, είναι πέρα από την ανθρώπινη δυνατότητα και να τους κατανοεί. Τα ζωντανά όντα είναι από τη φύση τους ανίκανα να συλλάβουν την υφή της πραγματικότητας. Όπως λέει ο Heisenberg:

*«Όσο πιο ακριβή γνώση αποκτούμε στη φυσική, λόγου χάρη για το ηλεκτρόνιο, τόσο πιο συγκεχυμένα και ακαθόριστα σύμβολα χρειάζονται για να την εκφράσουμε».*

Και κατά τον L. Kevran:

*«Δεν γνωρίζουμε από τι είναι φτιαγμένο ένα πρωτόνιο ή ένα ηλεκτρόνιο και οι λέξεις χρησιμεύουν μόνο για να καλύψουμε την άγνοιά μας».*

– Αν όμως αγνοούμε αυτά τα στοιχειώδη, μήπως είναι υπεροπτικό να προχωράμε παρακάτω; διερωτήθηκε ο Πλάτων.

– Ο άνθρωπος, είπε ο Ευκλείδης, στην αγωνιώδη προσπάθειά του να δώσει απαντήσεις στα αιώνια αυτά ερωτήματα, περιπλανιέται στον κόσμο των ιδεών, αγωνίζεται και προβληματίζεται έντονα, όπως ο Hawking στο βιβλίο του *«Το χρονικό του χρόνου»:*

*«Αν ο χωροχρόνος έχει τη δυνατότητα να είναι πεπερασμένος, δηλαδή να μην είναι άπειρος, όχι όμως και περιορισμένος, δηλαδή να μην έχει όρια, να μην έχει άκρη, αυτό σημαίνει ότι δεν υπήρξε ποτέ μια αρχή του Σύμπαντος, ούτε μια στιγμή Δημιουργίας του».*

– Αυτό, όμως, δεν αντίκειται στο Big-Bang; παρατήρησε ο Πλάτων.

– Μα ακριβώς, γι' αυτό προβληματίζεται βαθιά ο Hawking, επεκτείνοντας τη θεωρία του για τις μαύρες τρύπες, είπε ο Ευκλείδης· γι' αυτό κι αξίζει τον κόπο να σας πω τι λέει ο ίδιος παρακάτω:

*«Όσο καιρό φανταζόμασταν ότι το Σύμπαν είχε μιαν αρχή στο χρόνο, μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι είχε κι έναν Δημιουργό. Αλλ' αν το Σύμπαν στην πραγματικότητα περιέχει πλήρως τον εαυτό του και δεν έχει όριο ή άκρη, δεν θα είχε μιαν αρχή, ούτε θα έχει ένα τέλος, απλώς θα υπάρχει. Ποιος λοιπόν τότε ο λόγος ύπαρξης ενός*

*Δημιουργού του; "Οι οριακές συνθήκες του Σύμπαντος είναι ότι το Σύμπαν δεν έχει όρια". Το Σύμπαν περιέχει τον εαυτό του και δεν επηρεάζεται απ' οτιδήποτε άλλο έξω απ' αυτό. Δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, απλώς υπάρχει.*

*Θα μπορούσε κάποιος να φανταστεί έναν Θεό που δημιούργησε το Σύμπαν τη στιγμή της μεγάλης έκρηξης ή και μετά τη μεγάλη έκρηξη, οποιαδήποτε στιγμή το θέλησε. Αυτός όμως ο Θεός δεν θα μπορούσε να δημιουργήσει το Σύμπαν πριν τη μεγάλη έκρηξη, ακόμα κι αν το ήθελε. Η διαισθολή, δηλαδή, του Σύμπαντος δεν αποκλείει τη δυνατότητα ύπαρξης ενός Θεού, περιορίζει όμως την παντοδυναμία του!».*

Και ο Hawking συνεχίζει κάπου αλλού:

*«Ένα Σύμπαν χωρίς όρια στο χώρο, χωρίς αρχή ή τέλος στο χρόνο. Ένα Σύμπαν που δεν χρειάζεται Δημιουργό, γιατί δεν θα είχε τίποτα να δημιουργήσει! Αρχίζω να διαμορφώνω την ιδέα ότι ο μοναδικός* τρόπος *να εξηγηθεί η δημιουργία είναι να δειχτεί ότι ο Δημιουργός του δεν θα είχε καμιά δουλειά να κάνει, κι έτσι ήταν δυνατόν ακόμα και να μην υφίσταται.*

*Αναλύοντας τα πολύπλοκα σε απλά, στο τέλος της διαδρομής είναι δυνατόν να καταλήξουμε ότι ένας ανύπαρκτος Δημιουργός είναι δυνατόν να εξαφανιστεί από τη σκηνή».*

Αυτά λέει ο Hawking, αλλά, όπως θα φανεί από την περαιτέρω συζήτησή μας, κι ο ίδιος αμφιβάλλει ζωηρά, κατέληξε ο Ευκλείδης.

– Υπάρχουν όμως πλήθος από αντίθετα επιχειρήματα, παρατήρησε ο Πλάτων. Για παράδειγμα, πίσω από το γεγονός της «Μεγάλης Έκρηξης» πολλοί διαπίστωσαν την ύπαρξη Δημιουργού. Αλλά και οι θιασώτες ενός παλλόμενου Σύμπαντος, που αρχίζει και αποκτά περισσότερα επιχειρήματα τελευταία, υποστηρίζουν ότι σ' ένα παλλόμενο Σύμπαν πρέπει να υπάρχει άπειρος και αιώνιος Θεός.

– Δεν έχω σαφείς, ατράνταχτες θρησκευτικές πεποιθήσεις, είπε ο Πλάτων, το γεγονός όμως ότι οι άνθρωποι με τις φτωχές αισθήσεις τους προσέγγισαν θέματα, όπως το Big-Bang, τη δημιουργία και την απεραντοσύνη του Σύμπαντος, το μικρόκοσμο των ηλεκτρονίων και των κουάρκς, τις μαύρες τρύπες και τον αρνητικό χρόνο, τη θεωρία της σχετικότητας και την κβαντική θεωρία, την τέταρτη διάσταση, το χρόνο, την ισοδυναμία της ύλης και της ενέργειας, τη λύτρωση του ανθρώπου από τα δεσμά της βαρύτητας και τις διαστημικές εμπειρίες του, την αποκάλυψη του γενετικού κώδικα, τη βιοτεχνολογία και τη μικροηλεκτρονική, *δεν κλονίζει* τις *πεποιθήσεις* των αγνωστικών για το τυχαίο της δημιουργίας μας; δεν τους *προβληματίζει για* το *ένθεό μας;* Δεν ξέρω τι υπάρχει ή τι θα μπορούσε να υπάρξει. Μου φαίνεται όμως ότι το συγκεκριμένο Σύμπαν, στο οποίο ζούμε, έχει δημιουργηθεί από κάποια διάνοια. Νομίζω ότι ο διάσημος βιολόγος που επισκέφθηκε ένα μοναστήρι, πήρε την ορθή απάντηση από μια καλόγρια: *«Εσείς οι επιστήμονες δεν βλέπετε παρά τα πισινά του Θεού».* Κάπως έτσι το είπε κι ο Αριστοτέλης: *«Οι άνθρωποι, αντιμετωπίζοντας απλές ιδέες, είναι όπως οι τυφλοπόντικες μπροστά στο φως, είναι τυφλοί».*

Στο σημείο αυτό παρενέβη σκεπτικός ο Κάρολος:

– Η ύπαρξη λεπτότατων και πολύπλοκων ισορροπιών ανάμεσα στις εξασκούμενες στο Σύμπαν δυνάμεις έτσι, ώστε αντισταθμιζόμενες να μην το αφήνουν ν' αφηνιάσει – διαστελλόμενο ή συστελλόμενο – και να εκραγεί, ακόμα, η «ως εκ θαύματος» σύμπτωση των αριθμητικών τιμών που έχει εκχωρήσει η φύση στις θεμελιώδεις σταθερές της, θεωρούνται, νομίζω, από τις πειστικότερες μαρτυρίες για την ύπαρξη ενός στοιχείου κοσμικού σχεδίου, *Ενός σχεδιαστή.* Εκτός όμως από το Σύμπαν, στην αντίπερα όχθη, αντικρίζοντας το μικρόκοσμο των ατόμων και των ηλεκτρονίων, δεν σταματάει το μυαλό μας στην αρχή της απροσδιοριστίας και της αβεβαιότητας;

Ας μην ξεχνάμε, πρόσθεσε ο Κάρολος, ότι το ηλεκτρόνιο – το ύστατο αυτό συστατικό κάθε ζωντανής ή άβιας ύλης στη Γη ή στο Σύμπαν – σύμφωνα με τις σύγχρονες αρχές της κβαντικής φυσικής, άλλοτε συμπεριφέρεται ως κύμα κι άλλοτε ως σωμάτιο, που η θέση του στο χώρο δύσκολα προσδιορίζεται. Η έννοια αυτής της συμπληρωματικότητας –που υιοθέτησε η σχολή της Κοπεγχάγης – ταιριάζει στον καρτεσιανό δυϊσμό της ύλης και του πνεύματος και δίνει την πιο πειστική λύση στην ερμηνεία του πνεύματος και του σώματος ως συμπληρωματικών όψεων της ίδιας πραγματικότητας.

– Αν για το ηλεκτρόνιο ισχύει η αρχή της απροσδιοριστίας, πώς θα ήταν δυνατόν η περιγραφή του Θεού και μάλιστα από τις περιορισμένες ανθρώπινες αισθήσεις; Αλλά και οι σχέσεις ανάμεσα στη μάζα και στην ενέργεια μήπως δεν θεωρήθηκαν αποδείξεις για την εξαφάνιση της ύλης, την αναγωγή της στην άυλη ενέργεια, και οριακά στο Πνεύμα και στο Θεό; είπε παρεμβαίνοντας ο Πλάτων και συνέχισε.

Νομίζω, όμως, ότι όσο κι αν ερανιζόμαστε σκέψεις, πάντα θα φτάνουμε σ' αδιέξοδο. Γι' αυτό, ας δούμε το πρόβλημα κι από μιαν άλλη σκοπιά:

**Τύχη και αναγκαιότητα ή σχεδιασμός;**

– Τελικά, Κάρολε, τα τελευταία χρόνια, πολλοί βιολόγοι με επικεφαλής τον J. Monod, διατείνονται ότι η δημιουργία της ζωής είναι τυχαία, δεν προήλθε, δηλαδή, από κάποιο προγραμματισμένο σχεδιασμό ενός υπερφυσικού σχεδιαστή, αλλά είναι αποτέλεσμα ενός απεριόριστα μεγάλου αριθμού τυχαίων μεταλλάξεων μέσα στα δισεκατομμύρια χρόνια εξελικτικής πορείας, η οποία μετά από ένα ορισμένο στάδιο εξέλιξης παίρνει το χαρακτήρα αναγκαιότητας. Μήπως ο Monod, στην ανυπομονησία του να προωθήσει μια ιδιαίτερη άποψη, τείνει να διασκεδάσει τα κενά της γνώσης μας και εμφανίζεται υπεραισιόδοξος για τις σημερινές θεωρίες της βιολογίας; Ποια είναι η γνώμη σου;

– Φυσικά, Πλάτων, δεν περιμένεις να σου απαντήσω μ' ένα ναι ή μ' ένα όχι σ' ένα τόσο δύσκολο ερώτημα, το οποίο, κατ' αρχήν, όπως ξέρεις, έθεσε αιώνες πριν ο Δημόκριτος, με τη ρήση του: *«ό,τι υπάρχει στο Σύμπαν είναι προϊόν τύχης και αναγκαιότητας»*, αποκρίθηκε ο Κάρολος και συνέχισε.

Οι απόψεις του Monod, εκ πρώτης όψεως, είναι δυνατόν να θεωρηθούν υπεραπλουστευτικές· ο Monod, όμως, ξεκινάει την προβληματική του ως βιολόγος που διαπιστώνει ότι, αφού ο γενετικός του κώδικας είναι όμοιος με τον κώδικα ενός βακτηριδίου, είναι φυσικό να κάνει σκέψεις γύρω από τον ίδιο τον εαυτό του. Είναι γεγονός ότι κατά τη βιολογική πορεία από το ανόργανο στο έμβιο κι απ' αυτό στο λογικό, έχουμε σήμερα αρκετά δεδομένα, ακόμα και τη νεότερη χημεία, για την οποία μιλήσαμε, που ενισχύουν την εκδοχή του τυχαίου. Το πρόβλημα δεν είναι το τυχαίο, αλλά αν αρκεί μόνο το τυχαίο για να προχωρήσει η εξέλιξη από το βακτηρίδιο στον homo sapiens-sapiens.

Το τυχαίο, κατά τον Monod, βρίσκεται στην πηγή, την προέλευση των μεταλλάξεων, των μεταβολών. Η αναγκαιότητα υπάρχει στο επίπεδο της επιλογής. Όλες οι ενδείξεις συγκλίνουν προς την άποψη ότι η ανάπτυξη της οργάνωσης της ύλης υπήρξε μια εξαιρετικά αργή εργασία, χωρίς προσδιορισμένο σχέδιο. Μήπως και ανθρώπινες εμπειρίες δεν μας δείχνουν ότι από έναν απίθανο συνδυασμό συμπτώσεων, αφελειών, «τυχερών παρανοήσεων» και σφαλμάτων, προκύπτουν συχνά οι πιο μεγάλες εφευρέσεις; Πάντα θα ισχύει στην ανθρώπινη φαντασία η «Serendipity*». Ας μην ξεχνάμε όμως εδώ τη σκέψη του Heisenbereg:

«Η *φύση είναι απρόβλεπτη. Φαίνεται μάλλον παράλογο ν' αρνούμαστε στον έμβιο οργανισμό κι αυτό ακόμα το ποσοστό απρόβλεπτου, που η κβαντική φυσική παραχωρεί στην άψυχη φύση».*

– Η συνεχής προοδευτική και «σωρευτική προοδευτικά» πορεία της εξέλιξης, είναι μια πορεία επιταχυνόμενη με συνεχώς αυξανόμενη τάση για αρνητική εντροπία, δηλαδή τάξη που τείνει προς αυξημένη διανοητικότητα, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

Σίγουρα η επινόηση των δύο αλφαβήτων: του DNA και των αμινοξέων στα πρωτεϊνικά μόρια, με τα οποία χτίστηκε κάθε τι ζωντανό, υπήρξε σίγουρα μεγαλοφυής. Από τόση απλότητα, τόση πολυπλοκότητα, τόση βιοποικιλότητα, όσο κι αν δεχόμαστε την εξελικτική πορεία! Ποιος ξέρει πόσες κρίσιμες λειτουργίες κρύβονται στα πρωτεϊνικά μόρια που νομίζουμε ότι καταλαβαίνουμε; Τώρα όσο προχωράμε στη μελέτη των πρωτεϊνών, τόσο περιπλεκόμαστε στον κυκεώνα των «proteomics».

Φαντάζεσαι πώς θα είναι ο άνθρωπος μερικά εκατομμύρια, δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα, ακολουθώντας τους ξέφρενους ρυθμούς διανοητικών και τεχνολογικών κατακτήσεων, με τις οποίες τον προίκισαν η διάνοια και η περιέργειά του, αν μάλιστα αναλογιστούμε ότι η σημερινή επιστήμη με τα επιτεύγματά της έχει ηλικία μόλις δύο αιώνων;

– Αν δεν αυτοκαταστραφεί ή δεν καταστρέψει τον πλανήτη, διέκοψε ο Ευκλεί-

* Η δυνατότητα απρόσμενων σημαντικών ανακαλύψεων κατά τύχη. Η λέξη προέρχεται από τους τρεις πρίγκιπες της Serendip, της σημερινής Σρι-Λάνκα, να κάνουν τέτοιες ανακαλύψεις. Ό,τι έπιαναν γινόταν χρυσάφι.

δης και συνέχισε: Όπως λέει ο Davis στο βιβλίο του *«Ο τυφλός ρολογάς»:*

*«Σ' ένα τόσο μακρινό μέλλον, όπου η σημερινή εποχή δεν θα διακρίνεται από την εποχή της Δημιουργίας, αν υπήρχαν συνειδητά πλάσματα, σίγουρα δεν θα ήταν άνθρωποι, υπό τη σημερινή έννοια».*

– Για τη μεταμόρφωσή τους, συνέχισε ο Κάρολος, θα συνέβαλλαν η βιολογική εξέλιξη και η τεχνολογική πρόοδος των μυριάδων χρόνων που θ' ακολουθήσουν. Μήπως όμως αυτή η λογική εκδοχή δεν οδηγεί προς αυτό που ο Teillard de Chardin ονομάζει *σημείον ωμέγα,* την ανάπτυξη του ανθρώπινου πνεύματος προς την ύστατη εξέλιξη, που συμβολίζεται με το έσχατο γράμμα του ελληνικού αλφαβήτου;

Τώρα, μετά τη συναρπαστική δουλειά του M. Randman στο Ινστιτούτο J. Monod στο Παρίσι, έχουμε ίσως τη δυνατότητα να γυρίσουμε το βιολογικό ρολόι πίσω στο χρόνο, κι αυτό είναι πολύ σημαντικό.

Όπως μας δόθηκε η ευκαιρία να πούμε και παλαιότερα, η φύση κατά κανόνα δεν επιτρέπει γάμους ανάμεσα σε οργανισμούς από διαφορετικές οικογένειες. Αυτές οι παντρειές δεν είναι συμβατές. Ο Randman όμως κατάφερε να παντρέψει δύο πανάρχαιους μικροοργανισμούς, το βακτηρίδιο esherichia coli, το γνωστό κολοβακτηρίδιο των εντέρων, μ' ένα άλλο, που προκαλεί τις τροφικές δηλητηριάσεις, τη salmonella. Από τον άνομο αυτό γάμο προέκυψε ένα νέο είδος βακτηριδίου, το «salmorichia».

Τα βακτηρίδια, όπως και κάθε έμβιο, διαθέτουν ένα σύστημα ενζύμων ειδικευμένων στην «ανάγνωση» και διόρθωση των αντιγράφων του DNA. Η ιδέα του Randman, που αποδείχτηκε φαεινή, βασίστηκε στην υπόθεση ότι τα διορθωτικά ένζυμα αποτελούν το έσχατο εμπόδιο για την ένωση δύο ετερογενών οργανισμών. Εξουδετερώνοντας έτσι τα διορθωτικά ένζυμα, τους έσχατους αυτούς ανιχνευτές της ετερογένεσης σ' επίπεδο μορίων, πέτυχε τη μέχρι τότε ακατόρθωτη «επιμιξία», την ανάμειξη δηλαδή των χρωμοσωμάτων των δύο βακτηριδίων και τη σύνθεση ενός νέου γενετικού «κειμένου», ενός νέου οργανισμού, του «salmorichia». Όπως λέει ο ίδιος ο Randman:

*«Ελέγχοντας τα ένζυμα μπορεί κάποιος μέσα σε σαράντα λεπτά γενετικών χειρισμών να ξανακάνει όλες τις διαδρομές της εξέλιξης των ειδών μέχρι πριν από εκατόν πενήντα εκατομμύρια χρόνια, την εποχή δηλαδή που τα δυο είδη είχαν διαχωριστεί από έναν κοινό πρόγονο».*

– Ζηλεύω, συνέχισε ο Κάρολος, τους διαδόχους μας· θα βιώνουν όλ' αυτά τα συναρπαστικά που κάθε μέρα προστίθενται στο οπλοστάσιο της γνώσης. Αυτές οι ανακαλύψεις μαζί με την αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος θα χαράξουν σίγουρα νέους δρόμους στη σκολιά διαδρομή της δημιουργίας και της εξέλιξης της ζωής. Για την ώρα, περισσότερο θα κάνουμε υποθέσεις παρά θα παραθέτουμε επιχειρήματα.

Έχουν χυθεί τόνοι μελανιού για να υποστηρίξουν ή ν' αντικρούσουν τις από-

ψεις αυτές. Είναι πολλοί οι επιστήμονες που έχουν εναντιωθεί στις αναγωγικές, τις υπεραπλουστευμένες εκδοχές των σύγχρονων βιολόγων.

– Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι υπάρχουν λογικά και ισχυρά επιχειρήματα και από τις δύο πλευρές, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Τα τελευταία χρόνια, συνέχισε ο Κάρολος, η λέξη τύχη έχει αντικατασταθεί με τη λέξη «ενδεχομενικότητα», που ίσως αποδίδει καλύτερα τη βιολογική μοίρα. Η επέμβαση της ενδεχομενικότητας είναι καρπός ενός νόμου απροσδιοριστίας και δεν φαίνεται να είναι αποτέλεσμα των γνωστών νόμων. *Νομοτέλεια* και *απροσδιοριστία* δείχνουν αναπόσπαστα συνδεδεμένες. Η ενδεχομενικότητα του F. Jacob, αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό ενός προγράμματος που είναι ουσιαστικά αποτελεσματικό.

– Θα ήθελα όμως να σου θυμίσω, παρενέβη ο Ευκλείδης, και τους προβληματισμούς του J. Monod, όταν αναφέρεται στην ανάπτυξη της ομιλίας στον άνθρωπο. Όπως γράφει:

*«Ο άνθρωπος που βιολογικά, μορφολογικά, δεν έχει τίποτα ξεχωριστό από τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς, είναι απόλυτα μοναδικός σ' ένα σημείο: τη γλώσσα. Το γεγονός και μόνο που αυτό συνέβη μία μόνο φορά στην ιστορία της βιόσφαιρας, δείχνει ότι δεν είναι γραμμένο κάπου στην εξέλιξη. Από την ημέρα που ο αυστραλοπίθηκος ή, ορθότερα, ο αυστραλάνθρωπος κατάφερε να εξωτερικεύσει το περιεχόμενο μιας υποκειμενικής πείρας μιας προσωπικής ανάπλασης, ένα καινούριο βασίλειο είχε γεννηθεί: το βασίλειο των ιδεών. Μια καινούρια εξέλιξη, η εξέλιξη της κουλτούρας, εισερχόταν στη σφαίρα του εφικτού. Ένας αμερόληπτος παρατηρητής, ένας Αρειανός, λόγου χάρη, θα ήταν χωρίς άλλο υποχρεωμένος ν' αναγνωρίσει ότι η ανάπτυξη του ειδοποιού αποτελέσματος του ανθρώπου, της συμβολικής γλώσσας, ανεπανάληπτου συμβάντος μέσα στη βιόσφαιρα, άνοιγε το δρόμο σε μιαν άλλη εξέλιξη, δημιουργό ενός καινούριου βασιλείου, του βασιλείου της κουλτούρας, των ιδεών, της γνώσης».*

– Η προσπάθειά μας, πάντως, συνέχισε ο Κάρολος, να εξηγηθεί η προέλευση της διαδικασίας από τα μόρια του DNA προς τα πρωτεϊνικά μόρια και το συσχετισμό τους, επικαλούμενοι έναν υπερφυσικό σχεδιαστή, δεν επεξηγεί τίποτα με ακρίβεια, γιατί αφήνει ανεξήγητη την προέλευση του σχεδιαστή, όπως παραδέχεται ο Dawking.

– Πώς όμως ένας «άσκοπος», «τυχαίος» κόσμος, μπόρεσε να δημιουργήσει ζωντανούς οργανισμούς, οι οποίοι από την ίδια τη φυσική τους δομή έχουν σκοπιμότητα, *τελεονομία,* την ιδιότητα δηλαδή που έχουν τα έμβια να είναι προικισμένα με κάποιο «τέλος», δηλαδή σκοπό ή σχέδιο, όπως από ένα καρύδι είναι γραμμένο να βγει μια καρυδιά; παρατήρησε ο Πλάτων.

– Οι υποστηρικτές αυτής της κοσμοθεωρίας, αποκρίθηκε ο Κάρολος, απορρίπτουν τη θεοκρατική άποψη και προσπαθούν να δώσουν μια φυσική ερμηνεία της Δημιουργίας· υποστηρίζουν δηλαδή ότι, ενώ στο Σύμπαν δεν υπάρχει σκοπιμότητα, στη βιόσφαιρα υπάρχουν ένα σωρό συστήματα που έχουν κάποιο

σχέδιο, κι αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η ιστορία ξεκίνησε με ορισμένες μικροσκοπικές κατασκευές, τα *πρωτόκτιστα,* τα *πρωτόβια,* που είχαν την ικανότητα ν' αναπαράγουν τη δομή, κι οτιδήποτε τυχαίο συνέβαινε σ' αυτήν. Έτσι, όπως λέει κι ο Monod:

*«Έχουμε μια ρουλέτα απ' όπου "βγαίνουν" αριθμοί μ' έναν φανταστικά γρήγορο ρυθμό. Από καιρό σε καιρό όμως βγαίνει ένας "καλός αριθμός" που δίνει σ' αυτήν την αμετάλλαχτη και αυτοαναπαραγόμενη δομή καλύτερες ευκαιρίες ν' αναπαραχθεί ακόμα καλύτερα και ταχύτερα στις νέες συνθήκες».*

Ή, όπως καταλήγει ένας διάσημος Ιάπωνας βιολόγος, ο Kimura: *«Τελικά επιβιώνει το πιο τυχερό κι όχι κατ' ανάγκην το πιο ικανό»*, πρόσθεσε ο Κάρολος και συνέχισε.

– Βέβαια η αόρατη ζωή στα βάθη των ωκεανών χρειάστηκε δισεκατομμύρια χρόνια να διαφοροποιηθεί μέχρις ότου καταστεί ορατή. Από το βακτηρίδιο στον άνθρωπο η διαδρομή είναι κολοσσιαία, αλλά και τα εξελικτικά χρόνια που πέρασαν, δισεκατομμύρια. Όλα συγκλίνουν στο ότι ο άνθρωπος κληρώθηκε από έναν απίθανο αριθμό συνδυασμών τυχαίων γεγονότων. Δεν είναι καθόλου εύκολο να υποστηριχθεί η εκδοχή ότι πριν την εμφάνιση του ανθρώπου παραμόνευε ένα υπερφυσικό επιστημονικό μυαλό, και ότι το μυαλό αυτό μπορούσε ίσως να προβλέψει το γεγονός.

– Μπορεί, όμως, η αποκωδικοποιημένη πληροφορία στο DNA να εξισωθεί στην πραγματικότητα με την πληροφορία στο σύνολο του οργανισμού, όπως θέλει ο Monod ή θα έπρεπε η γενετική πληροφορία να θεωρείται ως σύνολο οδηγιών, με όρους αλγορίθμων, για συναρμολόγηση και διατήρηση του οργανισμού; διερωτήθηκε ο Ευκλείδης και πρόσθεσε.

Κατά κάποιο τρόπο πρέπει να υπάρχει μια οργάνωση, αλλιώς ο κώδικας του DNA θα παρήγαγε, στην καλύτερη περίπτωση, μιαν αρμαθιά από πρωτεΐνες, όχι ένα οργανωμένο σύστημα, όπως είναι ένα βακτηρίδιο, μια μύγα, ένα ανθρώπινο ον.

– Τώρα, είπε ο Κάρολος, γνωρίζουμε το λεξιλόγιο του γενετικού κώδικα, τις τριπλέτες, δηλαδή, που αντιπροσωπεύουν αμινοξέα, αλλά δεν ξέρουμε ακόμα το συντακτικό του, το νόημα του μηνύματος στο σύνολό του. Αγνοούμε ακόμα τη σημασία των τμημάτων του DNA που δεν «κωδικοποιούν», δεν ανταποκρίνονται στη σύνθεση πρωτεϊνικών μορίων. Είναι όμως καθαρά θέμα χρόνου να το μάθουμε. Η *βιογραμματική* ή το *πρόγραμμα* ή ο *αλγόριθμος*, για τη βιοπαραγωγή ενός οργανισμού, σε αντιδιαστολή με τα στοιχεία πληροφορίας που παρέχονται από τμήματα των γονιδίων είναι άγνωστα, αλλά πρέπει να τεθούν ως αξίωμα. Στο μέλλον θα μάθουμε περισσότερα.

– Πάντως υπάρχουν και οι αντίθετες απόψεις, που νομίζω ότι έχουν σημαντικά επιχειρήματα, παρατήρησε ο Πλάτων. Θα επικαλεστώ τον A. K stler, που υποστήριζε με πάθος:

*«Η ύστατη αναγωγή των φαινομένων της ζωής στις μοριακές ιδιότητες του DNA*

*και των σχετικών ουσιών, όπως εμφανίζεται στις εκλαϊκευμένες περιγραφές της μοριακής βιολογίας, δεν φαίνεται αρκετά πιστευτή. Η μετάλλαξη (στη βασική της μορφή) ορίζεται ως η μεταβολή μέσα σ' ένα χρωμοσωματικό γονίδιο* και τελικά *μέσα σ' ένα μόριο DNA. Η τάση όμως της σημερινής βιολογίας να αναγάγει τη ζωή στις ιδιότητες του μορίου του DNA και να υιοθετεί απόλυτα τις αφελείς λέξεις της μόδας, όπως μετάλλαξη και επιλογή, σαν ύστατες απαντήσεις, δεν φαίνεται αρκετά πειστική».*

– Ο κώδικας, είπε ο Κάρολος, όπως σήμερα τον ξέρουμε, εκπροσωπείται από την αλυσίδα των νουκλεοτιδίων μέσα στα χρωμοσωμικά μόρια του DNA, όπου οι τριπλέτες των βάσεων «υπαγορεύουν» διάφορα μηνύματα και την αλληλουχία των αμινοξέων για τη σύνθεση των πρωτεϊνών, με τον πασίγνωστο τρόπο μέσω του αγγελιοφόρου και του μεταφορικού RNA στα ριβοσώματα.

– Ο κώδικας όμως μπορεί να είναι ένα τυχαίο κομπολόι από λέξεις (τριπλέτες) σαν τη σαλάτα λέξεων, που φτιάχνει ο σχιζοφρενής, παρατήρησε ο Πλάτων. Τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά, όταν βρισκόμαστε αντιμέτωποι με τα προβλήματα των οργανωμένων πολύπλοκων συστημάτων σε όλα τα επίπεδα της ιεραρχικής δομής του Σύμπαντος. Εδώ, η «ολιστική» θεώρηση, κατά τη γνώμη του K estler, είναι απαραίτητη. Και όπως παρατηρεί ο von Bertalanffy:

*«Ο Κόσμος αρχίζει να μην μοιάζει πια μ' ένα χαοτικό παιγνίδι με ζάρια, αλλά περισσότερο με μια μεγάλη οργάνωση, όπως την εννοούσαν ο Leibnitz και ο G the. Αν οι μόνοι κατευθυντήριοι παράγοντες της εξέλιξης είναι η διαφορική αναπαραγωγή, σύμφωνα με τη νεοδαρβινική άποψη, δηλαδή επικρατούν βαθμιαία οι μεταλλάξεις που παράγουν το μεγαλύτερο αριθμό απογόνων, θα ήταν δύσκολο να καταλάβουμε γιατί η εξέλιξη προχώρησε πέρα από το κουνέλι, τη ρέγγα ή, ακόμα, και τα βακτηρίδια, που είναι ανυπέρβλητα ως προς τις αναπαραγωγικές τους ικανότητες!».*

– Θα ήθελα να σου θυμίσω, είπε ο Κάρολος, ότι ο K stler ήταν άριστος συγγραφέας, είχε ευρύτατες γνώσεις και καλή θέληση, δεν ήταν όμως βιολόγος· βέβαια, ευτυχώς, πολλές φορές επικαλείται και τις γνώμες άλλων επιστημόνων. Παρά τις αναμφισβήτητες επιτεύξεις της νεοδαρβινικής θεωρίας, εκείνο που αμφισβητείται από ορισμένους είναι ο ισχυρισμός: «τίποτε άλλο παρά μόνο». Αν η ερμηνεία της επιλογής δουλεύει καλά σε ορισμένες περιπτώσεις, σε άλλες μπορεί και να μην τη δεχτούμε. Θα σου απαντήσω, λοιπόν, κάνοντας το δικηγόρο του διαβόλου, με τις θέσεις του Monod στις παραπάνω απόψεις των «ολιστών», μιας και η διαλεκτική μας απόψε βασίζεται στον ερανισμό της στοχαστικής πολλών και διάσημων ερευνητών. Γράφει, λοιπόν ο Monod:

*«Αν πιστέψει κάποιος αυτές τις Σχολές, τις οργανικοκρατικές ή ολιστικές, θ' αντιληφθεί ότι επιμένουν να αμφισβητούν την αξία της αναλυτικής προσπέλασης (που τη χαρακτηρίζουν και ως αναγωγική), όταν πρόκειται για συστήματα τόσο πολύπλοκα, όπως τα έμβια όντα. Οι θεωρίες αυτές καταδικάζουν την αναλυτική μέθοδο, γιατί απαιτεί σώνει και καλά να αναγάγει τις ιδιότητες μιας πολυδαίδαλης*

*οργάνωσης «απλώς» και μόνο στο «άθροισμα» των ιδιοτήτων των μερών που την απαρτίζουν. Πρόκειται για κακεντρεχή και εντελώς ανόητη έριδα, δείγμα εκ μέρους των ολιστών βαθύτατης παραγνώρισης της επιστημονικής μεθόδου και του ουσιαστικού ρόλου, που παίζει σ' αυτήν η ανάλυση.*

*Είναι δυνατόν ποτέ να φανταστεί κάποιος ότι ένας Αρειανός μηχανικός, θέλοντας να ερμηνεύσει τον τρόπο λειτουργίας ενός γήινου υπολογιστή, θα κατορθώσει να φτιάσει σ' οποιοδήποτε αποτέλεσμα, εάν αρνούταν, για λόγους αρχής, να προβεί στην ανατομία των βασικών ηλεκτρικών εξαρτημάτων, που εκτελούν τις πράξεις της παραδοσιακής άλγεβρας;*

*Η πλοκή, ο πλούτος και η ισχύς του κυβερνητικού δικτύου στα έμβια όντα, ξεπερνούν κατά πολύ όσα η σπουδή και μόνο των ολικών αποτελεσμάτων των οργανισμών θα μπορούσε ποτέ να μην αφήσει να διαβλέφουμε».*

– Όπως βλέπουμε, συνέχισε ο Κάρολος, είναι μια τιτανική προσπάθεια της ανθρώπινης διάνοιας, με τη βοήθεια των πτωχών της αισθήσεων, να προσπελάσει σ' έναν ουτοπικό για τις δυνατότητές της χώρο, τον *Κόσμο,* τον απίστευτα για τα δικά του μέτρα μικρό και μεγάλο, σ' επίπεδο μορίων, ηλεκτρονίων, γαλαξιών, κι ένα *χωροχρόνο,* ο οποίος εκτείνεται στο άπειρο. Έννοιες αδιανόητες για το φτωχό σημερινό μυαλό μας. Ας μην ξεχνάμε, ακόμα, ότι η σύγχρονη επιστήμη θεμελιώθηκε πάνω σ' ένα δόγμα ενός αρμονικού Σύμπαντος, δημιουργημένου από έναν Θεό που είναι έξω από τη φύση, ο οποίος την κυβερνά με νόμους προσιτούς στην ανθρώπινη διάνοια.

Η δυναμικότητα του ανθρώπου, οι επιτυχίες του στην ικανοποίηση της περιέργειάς του, έκαναν τον άνθρωπο αλαζονικό και υπερφίαλο. Περιπλανώμενος ανάμεσα σ' αυτά που εξακρίβωσε, σ' αυτά που φαντάζεται, σ' αυτά που θα επιθυμούσε να συλλάβει και δεν δύναται καν να προσεγγίσει, τελικά αλλάζει ονόματα και ετικέτες. Οι έννοιες «Υπέρτατον ον», «Δημιουργός», «Θεός» μετονομάζονται σε Big-Bang ή σε φύση ή σε DNA ή σε τύχη ή σε εικοτολογίες. Η απεγνωσμένη προσπάθειά του να κατανοήσει, τον φέρνει μάλλον σε μια κατάσταση απελπισίας, παρά ενθουσιασμού, και τότε χρειάζεται ταπεινοφροσύνη και εγκαρτέρηση και θάρρος για να συνεχίσει τον αγώνα τον καλό, για περαιτέρω διερεύνηση. Είναι οι στιγμές, που, όπως τις φαντάστηκε ένας διάσημος φυσικός:

*«Καθώς ψάχνουμε και πειραματιζόμαστε και στοχαζόμαστε, μπορεί να γίνει αυτό που δεν μου είναι δυνατό να το μεταδώσω: η συνένωσή μου με τη θεότητα, με το Σύμπαν, αγνοώντας αν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές λέξεις».*

– Αλήθεια, μιας και μιλάμε για τύχη και αναγκαιότητα, μήπως και τα μαθηματικά είναι προϊόν τύχης; ρώτησε ο Πλάτων.

– Σωστή η παρατήρησή σου, υπάρχουν όμως απαντήσεις; Για παράδειγμα, ο Chandrasekhar, ο διάσημος Ινδός φυσικός, έλεγε ότι η ανθρώπινη διάνοια «δημιούργησε» τα μαθηματικά από «κερδοσκοπική» σκέψη, και θαύμαζε το γεγονός ότι η δημιουργία αυτή αποτέλεσε ένα εξαίρετο «προφητικό» του φυσικού κόσμου, είπε παρεμβαίνοντας ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Ίσως όμως να έχει πιο πολύ δίκιο ο R. Baker, που υποστηρίζει ότι ο φυσικός κόσμος με τις εξελικτικές διαδικασίες δημιούργησε τον ανθρώπινο εγκέφαλο· κι αν ο Κόσμος είναι μαθηματικός, το γεγονός αυτό πρέπει να αποτυπώνεται στις λειτουργίες του εγκεφάλου. Μην ξεχνάμε ότι τα ιοντικά κανάλια στις μεμβράνες των κυττάρων, τα οποία ελέγχουν τη νευρική και μυική δραστηριότητα, συνιστούν ένα εκπληκτικά απλό σχεδιασμό αισθητηρίων της ηλεκτρικής τάσης, ώστε δίκαια ν' αποκαλούνται «transistors της ζωής». Πόσο πιο τέλειοι, πόσο συντονισμένοι, παρά το φανταστικό αριθμό τους, οι νευρώνες και ο εγκέφαλος! Πόσο φτωχοί φαίνονται ακόμη και οι σύγχρονοι υπερυπολογιστές!

Πολύ πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη υπήρχαν κινούμενα αντικείμενα στο περιβάλλον. Βλήματα σε ελλειψοειδείς τροχιές, αρπακτικά που διέγραφαν κύκλους, ευθείες γραμμές, που συνιστούσαν τη συντομότερη διαδρομή. Ο εγκέφαλος σίγουρα πρέπει να είναι καλωδιωμένος στα *μαθηματικά.* Κι έτσι ήρθε μια μέρα που οι Έλληνες έριξαν τα μαθηματικά από το μυαλό τους σ' ένα κομμάτι πάπυρο. Από εκείνη την ημέρα, το *να προλέγουμε τον Κόσμο* έγινε θέμα συλλογικής προσπάθειας, με τ' αποτελέσματα που βλέπουμε στη σημερινή φυσική. Εντυπωσιακό αλλά όχι εκπληκτικό.

– Ο προβληματισμός μας για τη δημιουργία και το Δημιουργό της είναι φιλοσοφικός, παρατήρησε ο Πλάτων, και θα μπορούσαμε για ώρες να ερανιζόμαστε αντικρουόμενα επιχειρήματα από τις επιστήμες. Ίσως να προσθέτουμε κι ανάλογα δικά μας, παρόλο που ζωηρά αμφιβάλλω, αν ύστερα από τόσα χρόνια προβληματισμού τόσων άξιων ανθρώπων υπάρχει περιθώριο καινοτομίας. Γι' αυτό θα ήθελα να συζητήσουμε τον προβληματισμό μας για το θάνατο που μας προσεγγίζει, και γι' αυτό είναι καίριος. Πιστεύετε, αλήθεια, ότι κάτι άλλο είναι δυνατόν ν' ακολουθεί το θάνατο;

## Στιγμές μεταφυσικής

– Στη βιοχημεία, είπε ο Κάρολος, το μόνο που ισχύει είναι ότι η αύξηση της εντροπίας, δηλαδή η μετάβαση από την τάξη της ζωής στην αταξία του θανάτου, θα οδηγήσει σε μετατροπή της σάρκας μου – άμεσα, αν με κάψουν, έμμεσα, αν με θάψουν, δηλαδή με τη βοήθεια οργανισμών και μικροοργανισμών του εδάφους, των οποίων θ' αποτελέσει βορά – σε άτακτα μόρια υδρατμού, διοξειδίου του άνθρακα και λίγων ανόργανων συστατικών, της σποδού, της τέφρας που απομένει. *Τα σαράντα πέντε περίπου κιλά διοξειδίου του άνθρακα που θα παραχθούν κατά τις διαδικασίες αυτές, θα σκορπιστούν στους ανέμους, κι από εκεί, ακολουθώντας τους φωτοσυνθετικούς κύκλους, θ' ανακυκλωθούν από κάποιο χορτάρι ή τσουκνίδα ή κυπαρίσσι.* Αλλά κι αυτά με τη σειρά τους θ' αποτελέσουν βορά κάποιου ζωντανού, κάποιας κατσίκας, όπου κι αυτή θα φαγωθεί από κάποιον συνάνθρωπό μας, κι ο κύκλος θα συνεχίζεται όσο υπάρχει ζωή. Δυστυχώς, η τάξη μου είναι θνητή, ενώ η αταξία, η εντροπία μου, μοιάζει αθάνατη. Όλα σ' αυτόν τον κόσμο, όπως είπαμε, κλυδωνίζονται ανάμεσα στο χάος και στην τάξη. Παρακάτω απ'

αυτό δεν γνωρίζω ή, τουλάχιστον, δεν έχω εξακριβωμένα πειραματικά δεδομένα για να σας πω. Εφόσον ζούμε, υφίσταται η ενορχήστρωση ανάμεσα στις ορμονικές διαδικασίες, στην κυκλοφορία των νευροδιαβιβαστών, στη ροή ηλεκτρονίων με τη συμμετοχή του μεγάλου μαέστρου: του εγκεφάλου. Οι ισορροπίες αυτές αλληλοεπιδράσεων νευροδιαβιβαστών-ορμονών και η ενστικτώδης ανάγκη διατήρησής τους, δημιουργούν μια τάση προσφυγής στον «υπερκόσμο», στην υπέρτατη δύναμη που συχνά επικαλούμεθα, το Θείο. Για τον άνθρωπο, το μοναδικό ον που γνωρίζει ότι θα πεθάνει, η συνειδητοποίηση του θανάτου είναι το τίμημα που πληρώνει για την υψηλή του νοημοσύνη, ένα τίμημα που γίνεται λιγότερο επώδυνο όταν πιστεύει κάποιος σε μεταθανάτια ζωή.

Υπό τις συνθήκες αυτές δεν είναι αβάσιμη η προσπάθεια του D. Hamer ν' αναζητά γονίδια θρησκευτικής πίστης, αφού η χημεία του εγκεφάλου και των ουσιών που ρυθμίζουν τις διαθέσεις μας, τους φόβους, τις προσδοκίες μας και τη στάση μας απέναντι στον Θεό, είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των γονιδίων μας. Τα γονίδιά μας όμως, τα μόρια του DNA, τα ταμιευτήρια αυτά αρχαίων εμπειριών και γνώσεων με το θάνατο αποδιοργανώνονται, διαλύονται. Σ' αυτές τις αναζητήσεις βρίσκεται και ο άγνωστος που λέμε «συνείδηση». Ο F. Crick μετά το θρίαμβο της ανακάλυψης του DNA εστράφη στη μελέτη της συνείδησης στη βάση της νευροβιολογικής εξέτασής της και όπως ο Schr dinger της κβαντομηχανικής ανεφώνησε: *«Τι είναι ζωή;»*, ο Crick αντίστοιχα διερωτήθηκε: *«Τι είναι συνείδηση;»*.

Βέβαια δεν κατάφερε να δώσει απαντήσεις μέσα στον κυκεώνα των νευρώνων, άνοιξε όμως ένα δρόμο. Η άποψή του βασίστηκε στην πεποίθησή του ότι η συνείδηση είναι γραμμένη στο φλοιό, στη φαιά ουσία, αλλά δυστυχώς ο θάνατος πρόλαβε τις αναζητήσεις του.

– Με άλλα λόγια, είπε ο Πλάτων, δεν έχεις τίποτα να μας πεις γι' αυτό που λέμε «ψυχή»;

Ο Κάρολος, λυπημένος και με ύφος που έδειχνε φανερή κόπωση είπε αργά:

– Πίστευα, με όσα είπαμε μέχρι σήμερα, ότι δεν θα μου έκανες αυτή την ερώτηση, αλλά θα σου αποκριθώ με τη σκέψη του J. Monod:

*«Το ν' αποποιηθούμε την πλάνη που βλέπει μιαν άυλη "ουσία", δεν σημαίνει ότι αρνιόμαστε την ύπαρξή της, αλλ' απεναντίας πως αρχίζουμε να αναγνωρίζουμε την αυθεντικότητά της, τον πλούτο της, το απύθμενο βάθος της γενετικής και πολιτισμικής κληρονομιάς, καθώς και της προσωπικής εμπειρίας, συνειδητής ή μη, που μαζί απαρτίζουν το ον που αποτελούμε, μοναδικό και μη εξαιρετέο του ίδιου του εαυτού τους».*

– Δεν ξέρω γιατί μου έρχεται τώρα στο νου, είπε ο Ευκλείδης, η παράξενη θεωρία ενός φυσικού, του Charon, ο οποίος, στο βιβλίο του *«Το πνεύμα, αυτό το άγνωστο»*, αναφέρει:

*«Αυτό που ονομάζουμε προσωπικότητά μας, το "εγώ" μας δηλαδή, το πνεύμα μας, εδράζεται στις μυριάδες (έναν αριθμό με είκοσι οχτώ μηδενικά) στοιχειωδών*

*υποατομικών σωματιδίων που απαρτίζουν το κορμί μας, τα ηλεκτρόνιά μας. Καθένα από τα σωματίδια αυτά κατέχει από μόνο του το σύνολο των πληροφοριών που χαρακτηρίζονται από το περιεχόμενό τους. Αυτό που ονομάζουμε το πνεύμα μας, την προσωπικότητά μας, το "Εγώ" μας. Αυτό που συγκροτεί τον καθένα μας είναι το πνεύμα μας, και αυτό, το επαναλαμβάνουμε, εγκλείεται στο καθένα από τις μυριάδες ηλεκτρόνια που συνιστούν το κορμί μας».*

Και συνεχίζει ο Charon, πρόσθεσε ο Ευκλείδης:

*«Χρειάζεται άραγε το σύνολο αυτών των ηλεκτρονίων για να δικαιολογηθεί το "Εγώ" μας; Σ' αυτήν την περίπτωση δεν θα έμενε τίποτα από το "Εγώ" αυτό, μετά το θάνατό μας, αφού αυτά τα ηλεκτρόνια θα διασκορπιστούν στα τέσσερα σημεία του Κόσμου. Μήπως, όμως, αντίθετα, μερικά από τις μυριάδες ηλεκτρονίων που συνιστούν το κορμί μας, αν όχι όλα, είναι φορείς του συνολικού "Εγώ" μας; Τα ηλεκτρόνια που συνιστούν το κορμί μας εγκλείουν ένα χώρο και ένα χρόνο διαφορετικό από αυτούς που έχουμε συνηθίσει. Μέσα σ' αυτό το νέο χωροχρόνο εμπλουτίζονται αδιάκοπα η τάξη και οι μνήμες του παρελθόντος. Μήπως σε κάθε ηλεκτρόνιο του κορμιού μας περιέχεται ολόκληρο το πνεύμα μας; Και όπως παραδέχεται η φυσική, τα σωματίδια αυτά ή κύματα, κατά περίσταση, είναι ταυτισμένα με την αιωνιότητα, με το παρελθόν και το μέλλον, όπως και με το πνεύμα μας. Δηλαδή ο καθένας από μας ήταν και θα είναι παρών, όσο διαρκεί ο Κόσμος, αφού και τα ηλεκτρόνια, η σύγχρονη φυσική, πρακτικά τουλάχιστον, τα θεωρεί αιώνια».*

– Μέχρι του σημείου που μιλάει για το σύνολο των ηλεκτρονίων, δεν θα είχα ίσως πολλές αντιρρήσεις, παρατήρησε ο Κάρολος, γιατί οι δομικοί μας λίθοι, το DNA και οι πρωτεΐνες, συνίστανται από άτομα και τα άτομα από ηλεκτρόνια. Ένα μόριο DNA έχει περισσότερα από εκατό εκατομμύρια ηλεκτρόνια, κι όλ' αυτά ανήκουν σε μια οργάνωση. Θεωρώ λοιπόν τολμηρό και αβάσιμο όλο αυτό το πληροφοριακό υλικό να έχει γραφτεί σε ορισμένα «προνομιούχα» ηλεκτρόνια.

– Μου θυμίζει, πάντως, παρενέβη ο Πλάτων, αυτά που είπε σχεδόν τετρακόσια χρόνια πριν ο Kepler, ο διάσημος αστρονόμος:

*«Ο μικρόκοσμος αντικατοπτρίζει το μακρόκοσμο. Είναι μοναδική η ικανότητα της ανθρώπινης ψυχής να αντιλαλεί* το *Σύμπαν. Τίποτα δεν υπάρχει και τίποτα δεν συμβαίνει στον ορατό ουρανό, που να μην γίνεται με κάποιο κρυφό τρόπο αισθητό από τις δυνάμεις της Γης και της φύσης, κι έτσι οι πνευματικές δυνάμεις εδώ στη Γη επηρεάζονται όσο κι ο ίδιος ο ουρανός. Το μέγεθος της φυσικής ψυχής του ανθρώπου δεν περνάει την τελεία. Και βαθιά σ' αυτήν την τελεία χαράζεται η μορφή όλου του ουρανού σαν να ήταν εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη».*

Όλοι παραδέχτηκαν ότι είναι πολύ ενδιαφέρον, και ο Ευκλείδης συνέχισε.

– Είναι αλήθεια, ότι ο Charon, καλός θεωρητικός φυσικός, όταν επιχείρησε μαθηματικά ν' αποδείξει τις θεωρίες του, δεν ήταν αρκετά πειστικός, ώστε αυτές να επιζήσουν του χρόνου, παρόλο που πολλά απ' όσα ανέφερε έχουν θεωρητική

βάση. Θυμάμαι ότι γράφει κάπου:

*«Το πληροφοριακό υλικό των υποατομικών σωματιδίων της ύλης που αυξάνεται συνεχώς σε παγκόσμια κλίμακα, επιτρέπει σ' αυτό το υλικό ν' αναγεννά όλο και πιο πολύπλοκες δομές, δίνοντας έτσι την ευκαιρία ν' αυξάνεται η κατάσταση αρνητικής εντροπίας (τάξης) του κάθε στοιχειώδους σωματίου [...]. Φαίνεται ότι υφίσταται ένα αξίωμα αιωνιότητας, το οποίο γνωρίζει τον αντικειμενικό σκοπό προς τα πού πρέπει να κατευθύνεται το Σύμπαν. Αυτό διαθέτει άπειρο χρόνο και περιέχει ηλεκτρόνια με αποτυπωμένη μνήμη και σκέψη, των οποίων η αρνητική εντροπία θα γίνει επίσης άπειρη. Αυτό το αξίωμα της αιωνιότητας το αποκαλούμε "Θεό"».*

– Αυτή η θεώρηση έχει διαστάσεις εξελικτικές, δαρβινικές, παρατήρησε χαμογελώντας ο Κάρολος, και μου θυμίζουν έναν τόσο διάσημο, όσο και παράξενο ηλεκτρονικό, που δίδασκε στο MIT, τον Ed. Frendkin, και ο οποίος ισχυριζόταν ότι:

*«Δεν υπάρχουν αντικείμενα σαν αυτά που ονομάζουμε "ηλεκτρόνια ή φωτόνια". Ούτε υπάρχουν αντικείμενα που είναι μόνο αυτό και τίποτα άλλο. Υπάρχει μόνο μια αδιάκοπη ροή πληροφόρησης και τα κομματάκια της, όταν βρίσκονται σε ορισμένη διάταξη, συμπεριφέρονται όπως αυτά που ορίζουμε ως "ηλεκτρόνια ή άτομα υδρογόνου" ή οτιδήποτε άλλο. Η ύλη και η ενέργεια συναντιώνται με μια τρίτη έννοια: την πληροφορία. Ποια όμως είναι η σχέση ανάμεσα στις τρεις αυτές έννοιες; Η πληροφορία δεν είναι παρά μία από τις πολλές μορφές της ύλης και της ενέργειας και εμπεριέχεται στα ηλεκτρόνια του υπολογιστή, στους νευρώνες του εγκεφάλου, στις τυπωμένες σελίδες, στα ραδιοσήματα, αλλά και στις μακριές αλυσίδες των μορίων του DNA. Οι τρεις παραπάνω μορφές σχηματίζουν μια τριάδα».*

– Ο Frendkin, είπε ο Ευκλείδης, πιστεύει ότι τα άτομα, τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκς, αποτελούνται τελικά από bits, δηλαδή τις δυαδικές μονάδες πληροφορίας (αυτές που χρησιμοποιούνται σ' όλους τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές). Η συμπεριφορά των bits, και επομένως ολόκληρου του Σύμπαντος, καθορίζεται από έναν και μοναδικό υπερκανόνα προγραμματισμού. Ο υπερκανόνας αυτός είναι απλός, όμως με την αέναη επανάληψη, δεχόμενος συνεχώς πληροφορίες που είχε παράγει ο ίδιος και μετασχηματίζοντάς τις περαιτέρω για να τις εκπέμψει και πάλι, έχει υφανθεί στο Σύμπαν μια γενική πολυπλοκότητα. Όταν ο Frendkin κατάλαβε ότι ένας απλός κανόνας προγραμματισμού μπορεί να επιφέρει τεράστια πολυπλοκότητα, ενθουσιάστηκε, και έκτοτε συνεχίζει να επεξεργάζεται και ν' αναπτύσσει τις ιδέες του αυτές. Αυτόν τον κανόνα κοσμικής πληροφόρησης με συνεχή ανατροφοδότηση, ο Frendkin τον ονομάζει *«αίτιο και κινητήριο δύναμη των πάντων»*, και καταλήγει:

*«Το Σύμπαν αποτελεί ενσάρκωση προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να μπορεί να εξασφαλίσει την απάντηση στο ερώτημα για την ίδια τη δημιουργία του».*

Στο σημείο αυτό παρενέβη ο Πλάτων:

– Μην ξεχνάτε τι είπε ο αρχαίος συνονόματός μου: *«Η ιδέα είναι κατ' εξοχήν πληροφορία».* Ξαναγυρνάμε, όπως βλέπετε, στις πηγές! Μήπως στους ίδιους κύκλους, στον ίδιο κυκεώνα δεν γυρνάμε κι εμείς κι ο Frendkin;

– Θα πρέπει να σας θυμίσω, παρατήρησε ο Ευκλείδης, τη συνάρτηση της πληροφορίας με την εντροπία, την αταξία, αφού και η πληροφορία, όπως μεταδίδεται, τείνει προς την αλλοίωση, τη διασπορά, την απώλεια του νοήματός της, ενώ, αντίστοιχα, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, όπως συγκεντρώνει και ταξινομεί την πληροφορία, τείνει προς την οργάνωση, την τάξη, την αρνητική εντροπία. Μήπως αυτό δεν συμβαίνει και στο Σύμπαν, όπου στα σκοτεινά του μέρη κυριαρχεί η διαστολή, η ψύξη, η υποβάθμιση της ενέργειας, η αύξηση της εντροπίας; Και αντίθετα, η μείωσή της, η εμφάνιση τάξης, εκεί στα φωτεινά τ' αστέρια που συνιστούν πηγές υψηλής ενέργειας, δηλαδή αρνητικής εντροπίας; Κι αυτή όμως η τάξη συνεχώς υποβαθμίζεται όπως σκορπίζεται στο χάος για να θερμάνει πλανήτες, όπως ο δικός μας.

– Απ' ό,τι καταλαβαίνω, είπε ο Πλάτων, δεν κάνουμε τίποτα άλλο, παρά κάθε τόσο ν' αλλάζουμε λέξεις για να κρύψουμε τη βαθύτερη άγνοιά μας. Θα έλεγα ότι, αν κάποιος έχει την καλή θέληση να συνδυάσει τις ιδέες του Charon και του Frendkin, ίσως αποκτήσει μεταθανάτιες ελπίδες.

Οι φίλοι του όμως τον κοίταζαν πολύ σκεπτικοί κι αμίλητοι, κι ο Πλάτων συνέχισε:

## Ο άνθρωπος και η θρησκεία

– Εμείς μπορούμε να έχουμε τα ακαδημαϊκά μας, τα υπαρξιακά μας ερωτηματικά και τις άγνοιές μας, αλλά η ύπαρξη θεών και θρησκειών φαίνεται ν' αποτελεί αδήριτη ανάγκη για μας τα φτωχά ανθρώπινα όντα, που, ζώντας ανασφαλικά, *έχουμε το μοναδικό προνόμιο και την κατάρα να γνωρίζουμε ότι θα πεθάνουμε.*

– Οι άνθρωποι, παρατήρησε ο Ευκλείδης, στρέφονται προς τη θρησκεία, όχι για να φωτιστούν διανοητικά, αλλά για ν' ανακουφιστούν ψυχικά, επειδή ζουν σ' έναν σκληρό και αβέβαιο κόσμο.

– Όπως λέει κι ο Monod, παρενέβη ο Κάρολος:

*«Ο άνθρωπος έχει την ανάγκη να βρίσκει μια εξήγηση, έχει την αγωνία που τον εξωθεί ν' αναζητάει το νόημα της ύπαρξης. Αγωνία που είναι δημιουργός όλων των μύθων, όλων των θρησκειών, όλων των φιλοσοφιών, αλλά και της επιστήμης της ίδιας. Όλη αυτή η επιτακτική ανάγκη είναι έμφυτη, γραμμένη κάπου μέσα στη γλώσσα του γενετικού κώδικα, και αναπτύσσεται αυτενεργά. Η επινόηση των μύθων και των θρησκειών, η κατασκευή περιεκτικών φιλοσοφικών συστημάτων, είναι το τίμημα που ο άνθρωπος έπρεπε να πληρώσει για να επιβιώσει ως κοινωνικό ζώο, χωρίς να υποταχθεί σ' έναν απόλυτο αυτοματισμό».*

– Θα πρέπει πάντως, είπε ο Πλάτων, να διακρίνουμε ανάμεσα στην τυπολα-

τρεία, τον έμφυτο φόβο των ανθρώπων για το θάνατο, τις κοινωνικές παρεμβολές για ηθική και τιμωρία, τη βιολογική του διχοστασία, τον έμφυτο εγωισμό του, τα κοινωνικά «πρέπει και οφείλεις», που του επιβάλλονται εξ απαλών ονύχων, και το φιλοσοφικό πρόβλημα που μας απασχολεί.

Ο Αριστοτέλης διαιρούσε το Σύμπαν σε δύο διακριτά βασίλεια: το ανώτερο ουράνιο και το κατώτερο γήινο. Η πίστη αυτή μεταφέρθηκε και στη χριστιανική θρησκεία, με τους αγίους, τους αγγέλους, τους πεθαμένους να κατοικούν στο ανώτερο ουράνιο βασίλειο, ενώ οι κοινοί θνητοί στο κατώτερο.

Έτσι και μετά τον Κοπέρνικο και τις απομυθοποιήσεις για τη σημασία της Γης ως κέντρου του Σύμπαντος, επικρατούσε η πεποίθηση ότι οι εξωγήινοι ήταν αθάνατοι και γι' αυτό εξακολουθούμε να τους αναζητούμε. Προς το παρόν μάταια!

Σύμφωνα και με τις βασικές αρχές του Βουδισμού οι άνθρωποι υποφέρουν γιατί έχουν επιθυμίες, κάτι που γιατρεύεται αν πάψουμε να επιθυμούμε, να ενεργούμε και κυρίως να σκεπτόμαστε γενικά «ορθά». Έτσι οδηγούμεθα στο διαφωτισμό και τη Νιρβάνα, παρατήρησε ο Πλάτων και συνέχισε.

– Η θρησκεία είναι θρησκεία κι η επιστήμη επιστήμη, αυτή είναι η θέση της Καθολικής Εκκλησίας. Ενώ η βουδιστική άποψη καταλήγει ότι η επιστήμη ξεκινάει με μια αντικειμενική θεώρηση, στη βουδιστική φιλοσοφία πρωταρχική σημασία έχει η υποκειμενική θεώρηση.

– Υποστήριζα πάντα, παρενέβη ο Κάρολος, ότι με την «πραγματική γνώση» αποκτάται και η φιλοσοφία, η οποία, όπως έλεγε ο Σωκράτης: *«Συνισιά τρόπο ζωής και όχι συσσώρευση γνώσεων»*. Αλλά, δυστυχώς, η απόκτησή της δεν είναι εύκολη, γι' αυτό, για τον πολύ κόσμο η θρησκεία έχει το ρόλο να διατηρεί τις κοινωνικές δομές, να δημιουργεί πρότυπα συμπεριφοράς με δόγματα εντιμότητας, δικαιοσύνης και «αλτρουισμού».

– Και υποκρισίας, θα πρόσθετα, παρενέβη ο Πλάτων. Όπως περιγράφεται στο βιβλίο των A. Burt και R. Trivers: *«Γονίδια σε σύγκρουση»*: *«Τα εγωιστικά γενετικά στοιχεία είναι κάτι παραπάνω από γονίδια, περιλαμβάνουν επεκτάσεις τμημάτων του DNA που δεν "κωδικοποιούν" τμήματα των χρωμοσωμάτων κ.λπ.. Τα τμήματα αυτά δρουν προς ίδιον όφελος, ευρισκόμενα σε διαμάχη με άλλα τμήματα του γονιδιώματος. Μερικά γονίδια για παράδειγμα, προστατεύουν τα χρωμοσώματα από βλάβες, ενώ άλλα ενδιαφέρονται για τη διάσπασή τους για να ανασυνδυαστούν»*. Ένας αδυσώπητος πόλεμος ανάμεσα στους χημικούς δεσμούς που συνδέουν τα άτομα στα μόρια του DNA. *Τι αλτρουισμό να περιμένει κάποιος από τέτοια γονίδια!*

– Από την άλλη μεριά, η τρισδιάστατη εξέταση των ρυθμίσεων των γονιδίων δείχνει ότι τμήματα από διάφορα χρωμοσώματα «επικοινωνούν» μεταξύ τους, και θέτουν σε επαφή τα σχετικά γονίδια για να συντονίσουν την έκφρασή τους. Χρειάζεται πολλή δουλειά ακόμη, κατέληξε σκεπτικός ο Κάρολος.

– Ένα βασικό μήνυμα των περισσότερων θρησκειών, είπε λαμβάνοντας το λόγο ο Πλάτων, είναι ότι δίνουν τη δυνατότητα να βελτιώνουμε το χαρακτήρα μας. Πέρα όμως από τον κοινωνικό της χαρακτήρα, *η προσήλωση στη θρησκεία*

*οφείλεται κι αυτή στο ένστικτο της αυτοσυντήρησης, που λαχταράει ν' αρνείται το χάος του θανάτου ή προσπαθεί να το μετουσιώσει.* Γι' αυτό κι απ' τα βάθη της ιστορίας, από τα τοτέμ και τα ταμπού, το Πάνθεο των Ολύμπιων Θεών, μέχρι τις νεότερες θρησκείες, για την εξασφάλιση μιας θέσης στον «παράδεισο», πολλά δεινά έχουν συσσωρευτεί και υπήρξαν και θύματα καπηλείας, σκοταδισμού και βολικών ερμηνειών· για παράδειγμα, ακόμα και οι Γραφές της πιο φιλοσοφημένης, της πιο ανθρώπινης θρησκείας, της θρησκείας της αγάπης, της *χριστιανικής,* πόσες φορές δεν έχουν ερμηνευτεί σύμφωνα με τα συμφέροντα και τις φιλοδοξίες κάποιας κάστας; Μήπως έτσι δεν οδηγήθηκε η ανθρωπότητα στο όργιο αίματος των Σταυροφοριών ή στην εφιαλτική «Ιερά Εξέταση»; Πόσες φορές τα άγια των αγίων δεν παραδόθηκαν στα άσματα των κολασμένων μοναχών, τα Κάρμινα Μπουράνα; Όπως όλες οι θρησκείες, έτσι κι αυτή τροφοδότησε το καλό και το κακό. Εκατομμύρια ανθρώπων κινδύνευσαν και πρόσφεραν τη ζωή τους για την οικοδόμηση μιας πιο δίκαιας κι αδελφωμένης κοινωνίας, και δεν υπάρχει αμφιβολία για τη συνεισφορά τους σε μια πιο δίκαιη κοινωνική κατανομή. Αλλά και περισσότερα εκατομμύρια θυσιάστηκαν στον ολοκληρωτικό, αποικιακό και ιμπεριαλιστικό Μολώχ, που βασίλευε τόσα χρόνια στ' όνομά του.

– Δυστυχώς, η πίστη προσανατολίζει πολλές φορές τους αμαθείς – οι οποίοι δυνατόν να είναι αγαθοί κατά τα άλλα άνθρωποι – να εκτελούν πράξεις ανείπωτης φρίκης! Πόσες φορές ο φόβος του Θεού δεν χρησιμοποιήθηκε για να καούν γυναίκες, με την υποψία ότι ήταν μάγισσες; Πόσα βασανιστήρια, πόσοι αθώοι δεν θυσιάστηκαν σε βωμούς «στοργικών» Θεών; Σε αμαθείς, ο δογματισμός είναι επικίνδυνος και, δυστυχώς, οι πιο πολλές θρησκείες διαποτίζουν τους πιστούς με το δόγμα ότι «αποκλείεται η περίπτωση λάθους». Το «αλάθητο» των εκπροσώπων του Θεού στη Γη είναι δεδομένο. Τίποτα δεν είναι πιο ξένο στον πιστό, τον οιονδήποτε πιστό, όσο η ελάχιστη ταπεινοφροσύνη. Γι' αυτό όλοι, αναγκαστικά, οφείλουν να υποκύψουν στη δική τους την πίστη. Μόνο αυτοί, κατά τη γνώμη τους, διαθέτουν ιδιωτική διασύνδεση με το «γραφείο» του Παντοδύναμου, ενώ όλοι οι άλλοι είναι λιγότερο τυχεροί, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε. Όπως γράφει ο Κοσμάς ο Αιτωλός (Προφ. 56): *«Θα έρθει καιρός που δεν θα υπάρχει αυτή η αρμονία μεταξύ λαού και κλήρου»* και (Προφ. 57): *«Οι κληρικοί θα γίνουν οι ασεβέστεροι όλων»*.

Παρόλο που οι τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η κατάκτηση του διαστήματος, έδωσαν νέες διαστάσεις και στα θρησκευτικά προβλήματα και σε μερικά μεγάλα θεολογικά θέματα των προηγούμενων αιώνων – για παράδειγμα η τοποθεσία του Παραδείσου ή της Κόλασης έχασε το νόημά της υπό το φως της σύγχρονης κοσμολογίας και της καλύτερης κατανόησης της φύσης, του χώρου και του χρόνου – ακόμα διαμείβονται ατέλειωτες συζητήσεις, όχι για την ουσία, αλλά για τους τύπους των θεμάτων· για παράδειγμα, συζητάνε κι ασχολούνται πολλοί: αν υπήρξε Υιός Θεού, αν ήρθε στον κόσμο με παρθενογένεση, αν έκανε θαύματα, ακόμη και αν ιστορικά υπήρξε ή πρόκειται για φαντασιώσεις και δημιουργήματα φανατικών, κατέληξε ο Κάρολος.

– Για μένα, παρατήρησε ο Πλάτων, είναι αρκετό το ότι σε εποχές απεριόριστου σκοταδισμού και αμάθειας, στο *«ὀφθαλμόν ἀντί ὀφθαλμοῦ»*, αντιτάχθηκε το *«ἀγαπᾶτε ἀλλήλους»*, και το *«ἄν ραπισθεῖτε δεξιά στρέψατε καί τήν ἀριστεράν παρειάν»*. Το γεγονός ότι αυτά ελέχθησαν δύο χιλιάδες χρόνια πριν, στα σκοτεινά εκείνα χρόνια που ορδές βαρβάρων διέτρεχαν τη Γη, φτάνει για να θεωρηθούν, πέρα από τ' ανθρώπινα – παρά τον ενδεικτικό και περιορισμένο τους χαρακτήρα– ακόμα και για τη σημερινή εποχή της κουλτούρας, μεγαλειώδη επιτεύγματα. Είναι κοινωνική απάντηση στο «εγωιστικό γονίδιο», το βιολογικό εαυτό μας. Και θα πρόσθετα, ακόμα, ότι ειδικά για το δικό μας το έθνος, η συμβολή της χριστιανικής θρησκείας στα χρόνια της οθωμανικής σκλαβιάς υπήρξε καθοριστική για τη διατήρηση των πολυτιμότερων αγαθών που διαθέτει ένας λαός, δηλαδή της γλώσσας του, των παραδόσεών του, της τέχνης του. Τα κρυφά σχολειά και οι γραφές τους, τα αιγαιοπελαγίτικα ξωκλήσια και οι διάσπαρτες μονές με τα τέμπλα τους, μαρτυρούν μέχρι σήμερα τις οφειλές μας.

– Κι εγώ πιστεύω, είπε ο Κάρολος, ότι η χριστιανική φιλοσοφία, αν τα διδάγματά της εφαρμόζονται με συνέπεια κι όχι οι τύποι ή οι αλλοιώσεις, τις οποίες επιφέρουν οι εκάστοτε επί Γης εκπρόσωποί της με τις ερμηνείες τους, συνιστά μια φιλοσοφία εξισορρόπησης κατά την πάλη του ανθρώπου ανάμεσα στο βιολογικό και το κοινωνικό «εγώ» του. Είναι βάλσαμο στη νευρορμονική του διχοστασία ανάμεσα στο ένστικτο και στην κοινωνικότητά του. Φαίνεται ότι το θρησκευτικό αίσθημα δρα σαν βάλσαμο στο ορμονοεγκεφαλικό σύστημα του ανθρώπου.

Οι στατιστικές εργασίες του Comstock, συνέχισε ο Κάρολος, παρόλο που δεν έχουν παρά ενδεικτικό και περιορισμένο χαρακτήρα, αποσκοπούν στο συσχετισμό της θρησκευτικής πίστης, με τους θανάτους από αρτηριοσκληρωτικές και γενικά καρδιαγγειακές παθήσεις. Όπως εξακρίβωσε στατιστικά, οι θάνατοι των πιστών είναι λιγότεροι. Βέβαια είναι δύσκολο με βάση μια μόνο μελέτη να εξαχθούν συμπεράσματα. Πάντως είναι γνωστό ότι αυτοί που συχνάζουν στην εκκλησία διαφέρουν, ως προς τον τρόπο ζωής, από αυτούς που δεν εκκλησιάζονται. Αναμφίβολα υφίστανται και διαφορές στην «ψυχική» διάθεση, δηλαδή στις ορμονικές λειτουργίες. Όλ' αυτά επηρεάζουν τις καρδιαγγειακές λειτουργίες.

Μετά την πρώτη αυτή διαπίστωση, ο Comstock και οι συνεργάτες του συνέχισαν τη διερεύνηση και διαπίστωσαν ότι και στη φυλή των Ζουλού οι υπερτασικές γυναίκες ανήκουν κυρίως στην τάξη αυτών που δεν εκκλησιάζονται· αλλά και στο Ισραήλ, τα ισχαιμικά επεισόδια ήταν διπλάσια στους «άπιστους» απ' ό,τι στους «πιστούς», αν η πίστη μετριέται με τη συχνότητα προσέλευσης στη συναγωγή. Ανάλογοι αριθμοί διαπιστώθηκαν και στην Ουάσιγκτον στις παραπάνω περιπτώσεις.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο εγκέφαλος επιδρά στους καρδιακούς παλμούς και στην αρτηριακή πίεση· οι τελευταίες μάλιστα εργασίες έδειξαν ότι η αρτηριακή πίεση είναι δυνατόν να μεταβληθεί σύμφωνα με την ποιότητα και τον τρόπο που σκεπτόμαστε, κατέληξε ο Κάρολος.

– Απ' όσα είπαμε, παρατήρησε ο Πλάτων, φαίνεται ότι η θρησκεία, με την

ευρύτερη έννοιά της, αποτελεί βασικό κίνητρο στην ανθρώπινη ζωή· βοηθάει στη διαπαιδαγώγηση του ανθρώπου, ο οποίος οφείλει ν' αγωνίζεται συνεχώς προκειμένου να υπερνικήσει την έμφυτη τάση του να εκμεταλλεύεται τους συνανθρώπους του, αφού η κοινωνική σκοπιμότητα, επιτάσσει να προσπαθεί να θέσει τον εαυτό του στην υπηρεσία του κοινωνικού συνόλου.

## Οι επιστήμες και η θρησκεία

– Αυτό το τραγικό δίλημμα, που τόσες φορές συζητήσαμε, είπε παρεμβαίνοντας ο Ευκλείδης, επανέρχεται αυτόματα όλη την ώρα· η διχοστασία δηλαδή του εγωιστικού βιολογικού όντος, που αγωνίζεται ανάμεσα στις βιολογικές προτροπές της αδυσώπητης αρχής της ήσσονος προσπάθειας, της πιο άκοπης απόκτησης του μέγιστου με την καταβολή του ελάχιστου, και της κοινωνικής αναγκαιότητας να προσφέρει στο κοινωνικό σύνολο τουλάχιστον ό,τι απολαμβάνει από αυτό.

Δυστυχώς, οι σημερινές θρησκείες, όπως έχουν μετεξελιχθεί, δεν είναι επαρκείς για τη θεραπεία των δεινών που δημιουργεί η ιστορική εξέλιξη. Οιστρηλατημένες από την ανθρώπινη απληστία, τις τεχνολογικές εξελίξεις, την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Για τις πιο πολλές θρησκείες ο Θεός είναι, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, *έξω και πάνω από τη φύση* και οι επί Γης «εκπρόσωποί» Του, εκτός από σπάνιες εξαιρέσεις, είναι, δυστυχώς, τουλάχιστον ανεπαρκείς σε γνώση, και σίγουρα ασυνεπείς με το λειτούργημά τους, ακατάλληλοι επομένως, αν και δεν απολείπουν οι σπάνιες φωτεινές εξαιρέσεις ταπεινών λευιτών στην υπηρεσία του ανθρώπου.

– Δεν θα είχε νόημα, ούτε είναι το θέμα μας η κριτική ανάμεσα στις θρησκείες και τους επί Γης εκπροσώπους τους, είπε ο Πλάτων, αλλά φοβάμαι ότι η θρησκευτική τυπολατρεία, από τη μια μεριά και η επιστημονική τοποθέτηση από την άλλη, δεν φαίνεται ότι μπορεί να συναντηθούν. Βρίσκονται σε διαμετρικά αντίθετες θέσεις. Γι' αυτό και οι συζητήσεις ανάμεσα σε θεολόγους και επιστήμονες αποτελούν συνήθως διάλογο μεταξύ κωφών. Ρωτάει, για παράδειγμα, ο αγνωστικός από πεποίθηση ή σνομπισμό: – *«Είναι ο Θεός ελεύθερος να εμποδίσει το κακό;». – «Αν είναι παντοδύναμος, σίγουρα». – «Τότε γιατί δεν το κάνει;».*

Όπως λέει ο Hume, συνέχισε ο Πλάτων.

*«Αν το κακό υπάρχει στον κόσμο από πρόθεση της θεότητας, τότε αυτή δεν είναι αγαθή. Αν πάλι το κακό δεν είναι στις προθέσεις του, τότε δεν είναι Παντοδύναμος. Δεν είναι δυνατόν να είναι ταυτόχρονα και αγαθός και παντοδύναμος, όπως δέχονται οι περισσότερες θρησκείες».*

– Πάνω στο θέμα της παντοδυναμίας και της αγαθότητας του Θεού, είπε ο Ευκλείδης, μου έρχεται στο μυαλό η απάντηση του νομπελίστα φυσικού, N. Mot, στο ερώτημα ενός άλλου φυσικού, του J. Polkinghorn:

*«Γιατί ο* Θεός, *αφού μπορεί και κάνει θαύματα, δεν τα κάνει πιο συχνά, αντί να στέλνει σεισμούς, επιδημίες και άλλες φυσικές καταστροφές;».*

Και η απάντηση του Ν. Mot:

«Ο Θεός δεν *είναι τέτοιου είδους πλάσμα. Ο Θεός δεν είναι παντογνώστης, διότι πάνω υπάρχει το τυχαίο –όπως στην κβαντική φυσική, θα πρόσθετα εγώ – και πιθανόν δεν είναι και παντοδύναμος, αλλά είναι σοργικός Θεός, με τον οποίο μπορείς να επικοινωνήσεις*».

– Μα νομίζω, είπε ο Πλάτων, ο Ν. Mot δεν θέλει να πιστεύει στα θαύματα που κάνει ο Θεός, για να επιδειχθεί. Όπως λέει ο ίδιος:

*«Πρέπει να πιστέψω ότι εφόσον ο Θεός είναι παντοδύναμος, θα μπορούσε να κάνει θαύματα αν ήθελε, αλλά δεν μπορώ να πιστέψω έναν Θεό που θέλησε να τα κάνει».*

– Βασικά, πάντως, είπε ο Ευκλείδης, ο Ν. Mot υποστηρίζει ότι η ανάγκη του Θεού ξεκινάει από το κενό που υπάρχει ανάμεσα στην επιστήμη και στο *«μυστήριο της ανθρώπινης συνείδησης»* και πιστεύει ότι ούτε η φυσική, ούτε η ψυχολογία μπορούν να εξηγήσουν την ανθρώπινη συνείδηση... Όπως λέει, *«βρίσκεται έξω από το χώρο της επιστήμης και εκεί ακριβώς φάχνει να βρει τη σχέση Θεού και ανθρώπων»*.

– Πραγματικά, αυτή είναι η κεντρική ιδέα της φιλοσοφίας του Ν. Mot, παρατήρησε ο Κάρολος. Είναι όμως, νομίζω, υποκειμενική. Ίσως προκύπτει κι από τον ανθρωπομορφισμό που θέλουμε ν' αποδίδουμε στο Θεό· αλλιώς, ποιο είναι το νόημα των λέξεων «παντοδύναμος», «πανάγαθος»;

– Για το «πανάγαθος», είπε ο Ευκλείδης, θα υπήρχαν πολλά σχόλια· γιατί, αν δεχτούμε το ευαγγελικό ότι «έπλασε» τον άνθρωπο «κατ' εἰκόναν καί ὁμοίωσιν», τότε δεν θα ήταν δυνατόν να του αποδοθεί η ιδιότητα αυτή, αφού από τις συζητήσεις μας προέκυψε ότι ο εγωκεντρικός άνθρωπος κάθε άλλο παρά αγαθός είναι, αντίθετα μάλιστα...

– Σε παρόμοιες ερωτήσεις, παρατήρησε ο Πλάτων, συνήθως ο θεολόγος γίνεται δογματικός και απαντάει: *«Ο Θεός είναι "αναγκαστική" ύπαρξη που δεν χρειάζεται εξηγήσεις. Ο Θεός εμπεριέχει την εξήγηση της ύπαρξής του»*. Αυτός ο χωρίς συμπέρασμα διάλογος, δείχνει την ουσία της αντίθεσης ανάμεσα στην επιστήμη και στη θρησκεία.

– Κι όμως, η θρησκεία επιτελεί σημαντικά κοινωνικά καθήκοντα· θα έπρεπε, επομένως, να υπόκειται σε επιστημονική ανάλυση, κάτι που θα πλησίαζε τη θεολογική στη σύγχρονη επιστημονική σκέψη· άλλωστε δεν κατανοώ το αντίθετο, είπε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Η επιστήμη, νομίζω, επιτρέπει στον άνθρωπο να κατανοεί καλύτερα και να κυριαρχεί στη φύση. Η ανθρώπινη φαντασία επεξεργάζεται υποθέσεις και επιχειρεί στη συνέχεια να τις αποδείξει με το πείραμα. Γνωρίζουμε για παράδειγμα ότι η Σελήνη ελέγχει την παλιρροϊκή κίνηση των θαλασσών, απ' όποια τροχιά βρίσκεται. Μπορούμε ακόμα να υπολογίσουμε ότι, αν πλησίαζε περισσότερο, ας πούμε σε απόσταση ογδόντα χιλιάδων χιλιομέτρων, τότε τα γιγαντιαία παλιρ-

ροϊκά κύματα θα εξαφάνιζαν τις στεριές πάνω στη Γη. Το γιατί όμως αυτό δεν συμβαίνει, το αγνοούμε. Η ίδια η εκδήλωση της ζωής και οι εξελικτικές ακόμα λεπτομέρειες, η ισορροπία, η φυσική, δείχνουν μια υπέρτατη «σοφία».

– Αυτό δεν είναι πειστικό επιχείρημα, παρατήρησε ο Κάρολος. Απλώς δείχνει την άγνοιά μας, όπως στο παράδειγμα που ανέφερες για την πλήρη άγνοιά μας σχετικά με τη φύση της βαρύτητας. Έχουμε υπερτιμήσει τις δυνάμεις μας, τις δυνατότητες των φτωχών αισθήσεών μας, με τις οποίες προσπαθούμε ν' αντικρίσουμε το ασύλληπτα μικρό και το φανταστικά μεγάλο. Ποιος ξέρει τάχα πόσο ατελή είναι ακόμα τα σύγχρονα μικροσκόπια και τηλεσκόπια που χρησιμοποιούμε. Και πάλι καλά που η νόησή μας, μας έχει οδηγήσει εκεί που φτάσαμε. Θυμάσαι τι έλεγε ο βιολόγος T. Huxley;

*«Το γνωστό είναι περιορισμένο, το άγνωστο είναι απεριόριστο. Διανοητικά στεκόμαστε πάνω σ' ένα νησί, στο μέσον ενός απέραντου ωκεανού από ανεξήγητα. Το καθήκον της κάθε γενιάς είναι να κατακτά λίγη έκταση, ακόμα, να προσθέτει κάτι στις γνώσεις μας και να τις ισχυροποιεί».*

– Η επιστήμη δεν μπορεί να κάνει τίποτ' άλλο, παρά να σχολιάζει τα γεγονότα· το γιατί όμως αυτά συμβαίνουν είναι υπόθεση της θρησκείας και της φιλοσοφίας, παρατήρησε ο Πλάτων.

– Είναι αλήθεια, παρενέβη ο Ευκλείδης, ότι ερωτήματα όπως: Γιατί ένα ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο κινούμενο μέσα σ' ένα μαγνητικό πεδίο υφίσταται απόκλιση από τη διαδρομή του; Γιατί πάνω σ' όλα τα σώματα εξασκείται η ελκτική δύναμη του πεδίου της Γης, δηλαδή η βαρύτητα – που κι αυτής κατά βάθος αγνοούμε τη φύση της; Γιατί δύο ηλεκτρόνια απωθούνται, και τόσα άλλα, δεν έχουν εξήγηση. Η μόνη δυνατή απάντηση, όπως έλεγε κι ο διάσημος νομπελίστας χημικός, ο Pauling, είναι ότι:

*«Οι ιδιότητες αυτές συνιστούν εκδηλώσεις του κόσμου στον οποίο ζούμε. Τίποτα παραπάνω δεν ξέρουμε. Η επιστήμη πέτυχε να διαπιστώσει την ύπαρξη αυτών των δυνάμεων και των νόμων που τις διέπουν, δεν μπορεί όμως να εξηγήσει τις αιτίες τους».*

– Χωρίς αμφιβολία, συνέχισε ο Ευκλείδης, στον κόσμο υπάρχουν περισσότερα πράγματα απ' όσα δύναται να συλλάβει το μυαλό μας. Η ιδέα ότι ο Ήλιος ασκεί έλξη στη Γη και αντιστρόφως, ηχούσε κάπως μεταφυσικά, ενώ ήταν και δύσκολο να εξηγηθεί. Πώς τελικά δρα μια τέτοια μακρινή έλξη; Κοιτάζει άραγε η Γη τον Ήλιο, εκτιμά την απόσταση και συμβουλεύεται το νόμο της βαρύτητας για ν' αποφασίσει προς τα πού να κινηθεί και με ποια ταχύτητα; Ο Νεύτων παρακάμπτει τέτοια ερωτήματα και χρησιμοποιεί το λατινικό si esset: *«Ο νόμος είναι νόμος και δεν δύνασαι να πεις τίποτα παραπάνω. Τα πράγματα συμβαίνουν έτσι επειδή συμβαίνουν».*

Το 1981 η Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία κάλεσε μερικούς διάσημους επιστήμονες για να ζητήσει τη συμβουλή τους πάνω σε κοσμολογικά θέματα. Οι επι-

στήμονες αυτοί έγιναν δεκτοί από τον Πάπα, ο οποίος τους είπε ότι, μπορούν να ερευνούν την εξέλιξη του Σύμπαντος μετά τη μεγάλη έκρηξη, δεν θα πρέπει όμως να ερευνάται η ίδια η μεγάλη έκρηξη, γιατί αυτή είναι η στιγμή της Δημιουργίας, και η στιγμή της Δημιουργίας είναι δουλειά του Θεού!... Ο Θεός γίνεται αντικείμενο πίστης, όχι απόδειξης.

Μήπως η μοναδικότητα, η singularity του Big-Bang δεν είναι παρά εφεύρεση που προσεγγίζει το υπερφυσικό; διερωτήθηκε ο Ευκλείδης.

– Ίσως θα ήταν ορθότερη μια λιγότερο δογματική τοποθέτηση, παρατήρησε ο Κάρολος, γι' αυτό, συνεχώς και περισσότεροι άνθρωποι πιστεύουν ότι οι πρόσφατοι πρόοδοι στις βασικές επιστήμες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα ν' αποκαλύψουν τη βαθύτερη σημασία του κόσμου απ' ό,τι η παραδοσιακή θρησκεία. Οι επιστήμες εξετάζουν προβλήματα όπως: της δομής της ύλης, της αιτιότητας, του χώρου και του χρόνου, της δομής και της εξέλιξης του Σύμπαντος, της ουσίας και της εμφάνισης της ζωής και της νόησης, έννοιες δηλαδή που εισέρχονται αναπόφευκτα στην περιοχή της φιλοσοφίας, επομένως και της φιλοσοφίας της θρησκείας, τόνισε ο Κάρολος και συνέχισε.

Η επιστήμη, όμως, παρόλο που μπορεί να φαίνεται κατατεμαχισμένη και βασικά ξέχωρη από τη φιλοσοφία και από τη θρησκεία, δεν παύει να είναι γεννήτρια γνώσεων και μέσο επέμβασης με αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η επιστήμη στην έρευνα για το Θεό προσφέρει έναν ασφαλέστερο δρόμο απ' ό,τι η θρησκεία, όπως λέει και ο P. Davies, στο βιβλίο του «Θεός *και μοντέρνα φυσική*»:

*«Η βαθιά μου πεποίθηση είναι ότι μόνο με την κατανόηση του κόσμου σ' όλες τις πολυάριθμες πλευρές του, αναγωγική και ολιστική, μαθηματική και ποιητική, μέσα από πεδία, δυνάμεις και σωματίδια, όπως και μέσα από το κακό και το καλό, θα μας επιτρέψει να γνωρίσουμε τους εαυτούς μας και το νόημα που βρίσκεται πίσω από το Σύμπαν, το σπίτι μας».*

– Ύστερα απ' αυτήν την περιπλάνησή μας σε βαθιά νερά, νομίζω ότι θα πρέπει να καθησυχάσουμε τις πνευματικές και τις ανθρώπινες ανησυχίες μας, με τη λύση που δίνει ο Warren Weaver, ένας από τους θεμελιωτές της θεωρίας των πληροφοριών, είπε παρεμβαίνοντας ο Πλάτων και συνέχισε:

## Ο Θεός και ο άνθρωπος

Όταν στον Weaver τέθηκαν τα ερωτήματα: συμβιβάζεται, αυτός, διάσημος επιστήμονας και σοφός να πιστεύει στο Θεό, και ποια μορφή του αποδίδει; Στο πρώτο ερώτημα απάντησε:

*«Η επιστήμη είναι ανθρώπινο δημιούργημα και γι' αυτό υπόκειται σε λάθη· παρόλ' αυτά, ο άνθρωπος της επιστήμης είναι καλύτερα εξοπλισμένος να πιστέψει στο Θεό, αφού έχει συνηθίσει να βλέπει το αόρατο και να το υλοποιεί».*

Στο δεύτερο ερώτημα, που αφορά στη μορφή του Θεού, η απάντησή του είναι κατηγορηματική:

*«Αφού όμως οι απλούστερες επιστημονικές εκδοχές είναι απόλυτα αφηρημένες, όπως η έννοια του σημείου που ορίζεται ως μέγεθος χωρίς διαστάσεις ή η αφηρημένη έννοια του ηλεκτρονίου, πώς λοιπόν θα ήταν δυνατόν να οριστεί η μορφή του Θεού;».*

Και συνεχίζει, παρακάτω:

*«Ο Θεός για μένα είναι η υπέρτατη μυστηριώδης ευφυΐα που δημιούργησε το απέραντο Σύμπαν με όλες τις λεπτομέρειες και τις κολοσσιαίες – άγνωστες σ' εμάς– διαστάσεις του, περιλαμβανομένων και των λογικών πλασμάτων. Σ' Αυτόν οφείλεται όλη η τάξη, η αρμονία και η ομορφιά· ακόμα η πίστη μας ότι με την αλήθεια και την αγάπη είναι δυνατόν να λυθούν όλα τα προβλήματά μας [...]. Πιστεύω ακόμα ότι η τιτανική μορφή Του συμβιβάζεται με την αποδιδόμενη σ' Αυτόν ικανότητα να φροντίζει για καθένα από μας ιδιαιτέρως, αφήνοντάς μας, επίσης, ελεύθερους να δρούμε όπως το πεπρωμένο μάς επιτάσσει».*

– Πέρασαν χιλιάδες χρόνια, είπε παρεμβαίνοντας ο Ευκλείδης, για να διαμορφωθεί ο άνθρωπος σ' αυτό που είναι σήμερα. Θα χρειαστούν ίσως πολύ περισσότερα για να λάβει την τελική μορφή που του επιφυλάσσεται. Αλλά ο Θεός του έδωσε την ικανότητα να τον προσεγγίζει. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα: είναι δυνατόν μια τόσο γενική, αλλά και τόσο ειδική θεώρηση του Θεού; Εδώ σας θυμίζω ακόμα μια φορά το παράδειγμα της δυαδικής υπόστασης, του ηλεκτρονίου ως πνεύματος και ως ύλης! Αν γι' αυτό δεν έχουμε σαφείς θεωρήσεις, γιατί θα έπρεπε να έχουμε σαφείς ιδέες για κάτι τόσο μεγάλο;

– Αντιλαμβάνομαι την αγωνία σας, είπε ο Κάρολος, σχετικά με τα ερωτήματα αυτά, όμως θα ήθελα να ξεκαθαρίσω ότι, εκείνο στ' οποίο σίγουρα δεν πιστεύω είναι η τυπολατρεία. Δεν θυμάμαι καλά ποιος το είπε, αλλά νομίζω ότι έχει δίκιο: καθώς αποκαλύπτεται σιγά-σιγά η ιεραρχία του Σύμπαντος, θα πρέπει ν' αντιμετωπίσουμε ένα συγκλονιστικό γεγονός· αν δηλαδή υπάρχουν Θεοί που ν' ασχολούνται αποκλειστικά με τον άνθρωπο, τότε δεν θα πρέπει να είναι και πολύ σπουδαίοι Θεοί.

– Αλλά, παρατήρησε ο Ευκλείδης, κάτι αντίστοιχο είπε και ο Einstein:

*«Πιστεύω στο Θεό του Σπινόζα, που αποκαλύπτεται στην αρμονία και στην τάξη όλων όσων υπάρχουν στον κόσμο, κι όχι σ' έναν Θεό που ασχολείται με τη μοίρα και τις πράξεις των ανθρώπων. Όποιος επιδίδεται σοβαρά στην επιστημονική έρευνα καταλήγει πάντα να πεισιεί ότι στους νόμους του Σύμπαντος εκδηλώνεται πάντα ένα πνεύμα απέραντα ανώτερο από το ανθρώπινο πνεύμα. Εμείς, με τις λιγοστές δυνάμεις μας, άλλο δεν μπορούμε να κάνουμε, παρά ν' αναγνωρίσουμε την κατωτερότητά μας απέναντί του· γι' αυτό η επιστημονική έρευνα οδηγεί σ' ένα ιδιάζον θρησκευτικό συναίσθημα, διαφορετικό από των λιγότερο καλλιεργημένων ανθρώπων. Δεν πιστεύω σ' έναν προσωπικό Θεό. Αν υπάρχει κάτι μέσα μου,*

*είναι ακριβώς ο απέραντος θαυμασμός μου για τη δομή του κόσμου, όπως αποκαλύπτεται από την επιστήμη».*

– Πραγματικά, είπε ο Πλάτων, σκέφτομαι ότι, όπως ο επιστήμονας ψάχνει και θέτει τ' ατέλειωτα «γιατί», ανακαλύπτει ξαφνικά μια χαραμάδα φωτός. Και τότε μερικοί επιστήμονες γίνονται αλαζονικοί, υπερόπτες και νιώθουν πως όλα μπορούν να τα εξηγήσουν. Και πραγματικά, για πολλά συντριπτικά γεγονότα, όπως για τη δημιουργία της ζωής ή του Σύμπαντος, ίσως να μην ήταν αναγκαία η παρουσία Δημιουργού. Έχουν όμως αποδείξεις ή έστω ενδείξεις γι' αυτό; Απλώς προβληματισμούς. Και ύστερα από τόση πνευματική περιπλάνηση, επανέρχεται αυτόματα το ερώτημα: μήπως, τάχα, μετονομάζουμε τελικά την Υπέρτατη Δύναμη σε Big-Bang ή σε έλικες του DNA;

– Έχεις δίκιο, παραδέχτηκε ο Ευκλείδης, το είπε κι ο Hawking: *«Μήπως καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο Θεός είναι η Φυσική, όπως ήδη φαίνεται να έχουν κάνει μερικοί φιλόσοφοι;».* Πρόκειται δηλαδή για την αόριστη πίστη πολλών επιστημόνων, την οποία ανάλογα εξέφρασε και ο Hume ότι, δηλαδή, *«Θεός είναι η Φύση ή ο Θεός είναι το Σύμπαν».*

– Τελικά, είπε ο Πλάτων, μου φέρνετε στο νου τα λόγια του Οδυσσέα Ελύτη, όταν προσπαθεί να εκφράσει την απελπισία του, γεμάτος θλίψη, εξακριβώνοντας ότι τα μυστικά μηνύματα στη φύση και στη ζωή έμειναν «ακατανόητα». Ο ποιητής μιλάει για έναν άλλο κόσμο, ενσωματωμένο στο δικό μας, τον οποίο, από δικό μας λάθος, *«είμαστε ανίκανοι ν' αδράξουμε»*· αυτόν τον οποίο ονομάζει *«το αμύγδαλο του κόσμου»*, και που, όπως λέει:

*«τό ἀμύγδαλο τοῦ κόσμου*
*εἶναι βαθιά κρυμμένο*
*καί παραμένει ἀδάγκωτο*

*μυριάδες δυνατότητες φρικιοῦν*
*γύρω μας κι οὔτε πού καθόλου ἀγγίζουμε*
*οἱ ἠλίθιοι».*

Κι ο ίδιος κάπου αλλού, γεμάτος ανησυχία γράφει:

*«Ὅσο γερνῶ τόσο λιγώτερο καταλαβαίνω,*
*ἡ πείρα μου ξέμαθε τόν κόσμο».*

Να επαναλάβω: Το «ἕν οἶδα ὅτι οὐδέν οἶδα» του Σωκράτη, πρόσθεσε ο Πλάτων, ίσως το εξέφρασε πιο έντονα ο K. Popper: *«Ξέρω ότι δεν ξέρω σχεδόν τίποτα– και ούτε καν αυτό».*

– Χαίρομαι, Πλάτων, για την αναφορά σου στον παντοδύναμο ποιητικό λόγο. Όπως παρατηρείς κι ο προικισμένος ποιητής από το μετερίζι του, αισθάνεται τις ίδιες αγωνίες με τους ερευνητές. Μήπως κι εμείς δεν καταλήγουμε ότι: αυτά τα τελευταία χρόνια μάθαμε πολύ περισσότερα, κι αυτά που μάθαμε μας έπεισαν ότι αυτά που ξέρουμε είναι ακόμα λιγότερα; παρατήρησε ο Ευκλείδης και συνέχισε.

Οι γαλαξίες σχηματίζονται από στροβιλιζόμενα νεφελώματα, τα νεφελώματα από αρχέγονο αέριο, δηλαδή υδρογόνο, το υδρογόνο, αντίστοιχα, από πρωτόνια, που δημιουργήθηκαν στην αρχή της μεγάλης έκρηξης, και τα πρωτόνια από κουάρκς, κατά τον Αϊνστάιν, και χωροστρέβλωση. Κατά συνέπεια, είμαστε αναγκασμένοι να δεχτούμε κάποια πρώτη αιτία, στην οποία όλοι δίνουν το όνομα «Θεός».

– Διερωτώμαι, αποκρίθηκε ο Πλάτων, αν, όσοι επιστήμονες πεισματικά προσπαθούν να αρνηθούν την ύπαρξή Του, όταν είναι βαριά άρρωστοι, φοβισμένοι κι ανήμποροι, δεν επικαλούνται ενδόμυχα τη βοήθειά Του;

– Τότε όμως δεν είναι ασυνεπείς, δεν έχουν προδώσει τις πεποιθήσεις τους; ψιθύρισε ο Κάρολος. *Σημασία έχει να πιστεύεις όχι γιατί είσαι δειλός κι ανήμπορος, μα στοχαστής κι αναλυτής και δυνατός*. Ποιας ανθρώπινης όμως διάνοιας ο νους έφτασε στις απόλυτες εξηγήσεις, τις αναμφισβήτητες απαντήσεις στα αιώνια γιατί; Πόσο άραγε προχωρήσαμε σ' αυτήν την αναζήτηση, τον αιώνα που πέρασε, τα κοσμογονικά αυτά για την επιστήμη χρόνια, όταν στους ίδιους προβληματισμούς βρισκόταν ένας από τους μεγάλους της επιστήμης, ο Pasteur – πριν εκατό χρόνια – ο οποίος έλεγε:

*«Παντού στον κόσμο βλέπω την αναπόφευκτη έκφραση της έννοιας του άπειρου. Η ιδέα του Θεού δεν είναι άλλο από μια μορφή της ιδέας του άπειρου. Όσο το μυστήριο του άπειρου θα βαραίνει πάνω στον ανθρώπινο νου, τόσο θα υψώνεται και η λατρεία του, άσχετα αν θα ονομάζεται Βράχμα, Αλλάχ, Ιεχωβάς ή Ιησούς. Ας μην ξεχνάμε ότι η ελληνική λέξη «ενθουσιασμός» προέρχεται από το "ἐν θεός", δηλαδή Θεός μέσα μας. Το μεγαλείο των πράξεων του ανθρώπου έχει σαν μέτρο του την έμπνευση από την οποία πηγάζουν. Μακάριος όποιος φέρει έναν Θεό μέσα του και υπακούει σ' Αυτόν· τότε τα ιδανικά της τέχνης και της επιστήμης φωτίζονται από τις ανταύγειες του άπειρου».*

– Εγώ θα προτιμούσα, είπε ο Ευκλείδης, να τονίσω τις τελευταίες λέξεις από το βιβλίο του Hawking, το *«Χρονικό του χρόνου»,* στην αγωνιώδη προσπάθειά του προς τη μεγάλη «ενοποίηση» των τεσσάρων δυνάμεων:

*«Αν ανακαλύψουμε μια πλήρη θεωρία, σύντομα θα γίνει κατανοητή στις γενικές αρχές της από οποιονδήποτε, όχι μόνο από λίγους φυσικούς. Τότε όλοι θα μπορούν να συμμετέχουν στις συζητήσεις: γιατί υπάρχει το Σύμπαν κι εμείς. Αν βρούμε την απάντηση σ' αυτό το ερώτημα θα έχει συντελεσεί ο τελικός θρίαμβος του ανθρώπινου νου. Γιατί τότε θα έχει γνωρίσει το νου του Θεού».*

– Τελικά, μουρμούρισε ο Πλάτων, απ' όσα είπαμε, φαίνεται ότι για την ώρα είχε δίκιο ο Καβάφης:

*«Τό ἔργον τῶν θεῶν διακόπτομεν ἐμεῖς,*
*τά βιαστικά κι' ἄπειρα ὄντα τῆς στιγμῆς»...*

Τώρα, είχε βραδιάσει για καλά, και απόλυτη σιγή είχε απλωθεί στο χώρο.

Μόνο η μουσική από το σελεκτόφωνο του Κάρολου ακουγότανε απαλά. Τη σιωπή διέκοψε ο Πλάτων, που μουρμούρισε:

– Θυμάμαι, όταν αποφασίσαμε ν' αρχίσουμε αυτή τη συζήτηση, πολλά χρόνια πριν, μου ήρθε στο νου, τότε, και μου ξανάρχεται και τώρα, σαν επίκαιρη, η ρήση του Nietsche:

*«Στην πλαγιά του λόφου καθόμαστε... Καθώς κατέβαινε το φεγγάρι... μιλάγαμε για αιώνιους μύθους...».*

– Τίποτα δεν φαίνεται ν' άλλαξε, πρόσθεσε ο Πλάτων.

– Δυστυχώς, όσο και να συζητάμε, δεν θα απαντήσουμε στα συνταρακτικά «γιατί», που θέτει η ασθενική νοημοσύνη μας. Έχουμε ακόμα πολύ, πάρα πολύ δρόμο να διανύσουμε, είπε ο Ευκλείδης και πρόσθεσε.

Ο καθένας όπως πιστεύει. Όλα σ' αυτό τον κόσμο έχουν κάποιο αντίτιμο και η δική μας περιέργεια κι αναζήτηση κοστίζει. Ίσως το τίμημα ονομάζεται *απελπισία*.

Τότε παρενέβη η Μάρθα, που είχε έρθει αθόρυβα στο δωμάτιο:

– Πόσο ευτυχείς είναι οι απλοί άνθρωποι που πιστεύουν βαθιά, χωρίς προβληματισμούς και προσδοκούν και ελπίζουν! Σε τι ωφελούν ολ' αυτά τα βασανιστικά ερωτηματικά που όπως κατάλαβα δεν έχουν απάντηση;

## Ένας βιολόγος πεθαίνει

Τότε ο Πλάτων παρατήρησε ότι ο Κάρολος βαριανάσαινε και τον ρώτησε:

– Τι σου συμβαίνει, Κάρολε;

– Αισθάνομαι κάποια αδιαθεσία, ατονία, ψιθύρισε με δυσκολία ο Κάρολος.

– Να ειδοποιήσουμε το ιατρικό κέντρο; τον ρώτησε ο Πλάτων, ανήσυχος.

– Σε παρακαλώ, όχι, δεν χρειάζεται.

– Καλά, τότε να φωνάξω την κόρη σου, τη Μαρίνα.

Ο Κάρολος του ένευσε αρνητικά και πρόσθεσε.

– Σε παρακαλώ, άφησέ την. Τις ώρες αυτές, που κανένας πια δεν μας χρειάζεται, γιατί να έχουμε ψευδαισθήσεις! Τι ωφελούν οι χίμαιρες; Ολομόναχοι, γυμνοί μπροστά στις Μοίρες, ας προσπαθούμε, τουλάχιστον, να μην χρειαζόμαστε κανέναν, να μην ανησυχούμε κανέναν.

– Έτσι έκανες μια ολόκληρη ζωή, παρατήρησε ο Πλάτων. Θυμάμαι που στο γάμο σου δεν κάλεσες κανέναν για να μην μας ανησυχήσεις. Ο καθένας μας ζει την ίδια παγερή μοναξιά του, ιδιαίτερα τις δύσκολες ώρες, παρόλο που όλοι προσπαθούν μια ζωή να μας πείσουν για το αντίθετο. *«Ο άλλος είναι η επαλήθευση της μοναξιάς μας»*, όπως λέει κι ο Χ. Γιανναράς, στο βιβλίο του *«Σχόλιο στο Άσμα - Ασμάτων»*.

– Κρυώνω, είπε ο Κάρολος, πείτε να ρίξουν κανένα κούτσουρο στο τζάκι.

Ο Τοτός ευσυνείδητα προχώρησε στην εκτέλεση της εντολής!

Στο μεταξύ ο Ευκλείδης έφυγε βιαστικά προς το σπίτι της Μαρίνας για να την ειδοποιήσει.

Κι όπως η νύχτα έπεφτε, και ζωηρές οι φλόγες του τζακιού τρεμόπαιζαν, βαρύς ο θάνατος άρχισε να πλανιέται στις σκέψεις όλων. Ο Κάρολος, με μισοσβησμένη φωνή παρακάλεσε να σβήσουν τα φώτα και ν' ανάψουν το δικό του το φως, τη *γυάλα βιοφωταύγειας.*

Κι όπως απαλό ξεχύθηκε το γαλάζιο φως στη γωνιά, και τα κούτσουρα τρίζανε στους ρυθμούς της φλόγας, το σελεκτόφωνο που είχε ξεχαστεί εξακολουθούσε να σκορπίζει απαλά το χορωδιακό από το Ρέκβιεμ του Mozart. Κι ο Πλάτων, ανήμπορος να βοηθήσει, θλιμμένος, μουρμούρισε στίχους του Καβάφη, που του ήρθανε αυθόρμητα, όπως έσβηνε τα φώτα:

*«Ἴσως τό φῶς θἄναι μιά νέα τυραννία.*
*Ποιός ξέρει τί καινούρια πράγματα θά δείξει.*
*Δέν θέλω νά γυρίσω μή διῶ καί φρίξω*
*τί γρήγορα πού ἡ σκοτεινή γραμμή μακραίνει,*
*τί γρήγορα πού τά σβυστά κεριά πληθαίνουν».*

Εκείνη τη στιγμή μπήκε βιαστικά στην κάμαρα η Μαρίνα κι έτρεξε προς τον πατέρα της. Το μόνο που πρόλαβε ήταν μια κίνηση των χεριών του Κάρολου, κάτι σαν αποχαιρετισμός. Ήταν η τελευταία του κίνηση. Μετά ξεψύχησε.

Ο Ευκλείδης και ο Πλάτων χαμήλωσαν το κεφάλι, όταν η Μαρίνα ξέσπασε σ' ένα βουβό κλάμα, που συνόδευε τη θρηνωδία της παιδικής χορωδίας, όπως η μουσική του Mozart έσβηνε μέσα στο σύθαμπο, κι ο Πλάτων, με τρεμάμενη φωνή εξακολούθησε ν' απαγγέλλει Καβάφη:

*«Σάν ἔξαφνα, ὥρα μεσάνυχτ', ἀκουσθεῖ*
*ἀόρατος θίασος νά περνᾶ*
*μέ μουσικές ἐξαίσιες, μέ φωνές –*
*……*
*πλησίασε σταθερά πρός τό παράθυρο,*
*κι' ἄκουσε μέ συγκίνησιν, ἀλλ' ὄχι*
*μέ τῶν δειλῶν τά παρακάλια καί παράπονα,*
*ὡς τελευταία ἀπόλαυσι τούς ἤχους,*
*τά ἐξαίσια ὄργανα τοῦ μυστικοῦ θιάσου,*
*κι' ἀποχαιρέτα την, τήν Ἀλεξάνδρεια πού χάνεις».*

Ο Ευκλείδης πλησίασε τη Μαρίνα και της ψιθύρισε:

– Δεν αρμόζουν για τον πατέρα σου λόγοι παρηγορητικοί, κοινότυποι, απ' αυτούς που οι άνθρωποι ψελλίζουν τέτοιες ώρες.

Και γυρίζοντας προς το νεκρό φίλο του, ψιθύρισε με τρεμάμενη φωνή: *«Γεια σου, Κάρολε. Γεια σου, σύντροφε. Ήσουν φίλος, ήσουν συνεπής, ήσουν άνθρωπος...».*

– «Φίλος!», «Άνθρωπος!», «Συνεπής!». Δύσκολες λέξεις.... σπάνιες! ψιθύρισε ο Πλάτων.

Κι όπως οι δυο γέροι, σκυφτοί μέσα στο σκοτάδι, απομακρύνονταν στη δεντροστοιχία, ακούστηκε ο Ευκλείδης να ψιθυρίζει:

– Ο Κάρολος είχε ανακαλύψει πόσο μεγάλη είναι η χαρά του να «δίνεις» στους άλλους... Αλλά κι αυτό κάποτε τελειώνει...

– Ίσως είναι η λύτρωση, ψιθύρισε ο Πλάτων, τώρα αρμόζουν όσα ο Καζαντζάκης για την ταφόπετρα του στοχάστηκε:

*«Δεν φοβάμαι τίποτα... Δεν ελπίζω... Είμαι ελεύθερος...»*

Και η φωνή του Πλάτωνα πνίγηκε καθώς μουρμούριζε:

*«Σιγησάτω πᾶσα σάρξ βρωτυΐα καί στήτω*
*μετά τρόμου καί μηδέν γηΐνῳ ἐν αὐτῇ λογιζέσθω...».*



*Aug. Rodin. Άνθρωπος ... σκεπτόμενος.*

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΙΚΑ ΤΟΥ 21ου ΑΙΩΝΑ
ΕΝΑ ΡΕΣΙΤΑΛ ΤΑΠΕΙΝΟΦΡΟΣΥΝΗΣ


Atkins, P. W.: *The Second Law.* Scientific American Library.

Atkins, P. W.: *W. General Chemistry.* New York: Scientific American.

Atkins, P.: *The Creation.* Freeman, Oxford.

Atkins, Peter.: *The Second Law:* Scientific American/W. H. Freeman, N. York.

Brady, G. S., and Clauser H. R.: *Materials Handbook.* N. York: McGraw-Hill.

Bridgeman, P. W.: *The Nature of Thermodynamics.* Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.

Bronsted, I. N.: *Principle and Problems in Energetics.* Wiley, New York.

Burgess, J. - Marten, M. - Taylor, R.: *Under the Microscope A Hidden World Revealed.* Gambridge University Press.

Callen, H. B.: *Thermodynamics.* New York.

Carson, R.: *Printemps silencieux.* Pion, Paris.

Commoner, B.: *Quelle terre laisserons-nous nos enfants.* Seuil, Paris.

Cook, Earl: *Man, Energy, Society.* W. H. Freeman and Co, San Francisco.

Cotterill, R.: *The Cambridge Guide to the Material World.* Cambridge University Press.

Cotton, F. - Darlington, C. - Lynch, L: *Chemistry, An Investigative Approach.* Houghton Mifflin Co., Boston.

Coultate, T. P.: *Food: The Chemistry of its Components.* London: Royal Society of Chemistry.

Coyle, J. D., Hill R. R. and Roberts D. R.: *Light. Chemical Change, and Life.* Philadelphia: Open University Press.

Curtis, H.: *Biology.* New York.

Davies, P.: *Other Worlds.* J. Deut and Sons, London.

Davies, P.: *Space and Time in the Modern Universe.* Cambridge University Press, 1977.

Doujou, P.: *Le Chaud et le Froid - Les Conflits du Vivant.* Fayard: Le temps des sciences.

Duke, C. (ed.).: *Combatting poverty through adult education: National Development Strategies.* London, Groom Helm.

Eddington, Arthur: *The Nature of the Physical World.* Cambridge University Press, 1928.

Einstein, A. - Infeld, L.: *Η Εξέλιξη των ιδεών στη φυσική.* Εκδ. Δωδώνη.
Einstein, A.: Πώς *βλέπω τον κόσμο.* Εκδ. Μάκρη.
Elsasser: *Atom and Organism.* Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey.
Farago, P.: *Introduction to Chemistry.* Newnes. London.
Fenn, J.: *Engines, Energy and Entropy.* W. H. Freeman and Co., San Francisco.
Feynman, R. P. (1965): *The Character of Physical Law.* (MIT Press).
Feynman, R. P. (1965): *The Feynman Lectures on Physics.* (Addison - Wesley).
Feynman, R. P. (1985): Sure *You're Joking.* Mr Feynman (Norton).
Feynman, R. P.: *QED - The Strange Theory of Light and Matter.* Princeton University Press.
Findley, AI.: *Chemistry in the Service of Man.* Longmans.
Flood, Raymond and Michael Lockwood (editors): *The Nature of Time.* Oxford: Blackwell, 1986.
Frayn M.:*The Human Touch: Our Part in the Creation of Universe* (2006).
French, A. P. and Taylor, E. F. (1978): *An Introduction to Quantum Physics.* (Norton, USA: Nelson, UK.).
Gates, D. M.: *Energy Exchange in the Biosphere.* Harper, New York.
Goodchild, P. (1980): *Oppenheimer State of Worlds.* (BBC Publications).
Grease R. - Mann, Ch.: *The Second Creation.* MacMillan Publishing Co., N. Y.
Greenwood, N. N. and Earnshaw A.: *Chemistry of the Elements.* Oxford, England: Pergamon.
Gribbin, John: *In Search of Schr dinger's Cat.* New York London: Bantam/Corgi, 1984.
Gribbin, John: *In Search of the Big Bang.* New York/London: Bantam/Gorgi, 1986.
Gribbin, John: *The Omega Point.* Corgi Books.
Harrison, Edward: *Cosmology.* Cambridge University Press, 1981.
Heath, R. - MacNaughton, R. - Martinade, D.: *Fundamentals of Physics.* D. C. Heath Canada Ltd.
Hey, T. and Walters, P.: *The Quantum Universe.*
Hicks, J.: *Comprehensive Chemistry.* MacMillan and Co., London.
Hill, J.: *Chemistry for Changing Times.* Burgess Publishing Co., Ltd. Minneapolis - Minnesota.
Hoffman, B.: *Relativity and its Roots.* Freeman and Co., N. York.
Jaffe, B.: *Crucibles: The Story of Chemistry.* CT: Fawxett Publications.
Jolin, B., Doos, B., J ger, J., Warrick (eds.).: *The Greenhouse Effect, Clinic Change and Ecosystems.* Chiches Wiley.
Kaufmann, W.: *Galaxies and Quasars.* Freeman and Co., San Francisco.
Kaufmann, W.: *Black Holes and Wraped Spacetime.* Freeman & Co., N. York.
Kaufmann, W.: *Universe,* New York: Freeman, 1985.
Kieffer, W. F.: *Chemistry: A Cultural Approach.* New York: Harper & Row.

Krauss L.: *The Mysterious Allure of Extra Dimensions from Plato to String Theory and Beyond.*
Lehoy - C. Darlington - Eigenfeld N.: The *Chemical World.* Houghton Mifflin Co., Boston.
Levi, P.: *The Periodic Table.* Schocken Books, New York.
Lindley D.: Uncertainty: *Einstein, Heisenberg, Bohr and the Struggle of the Soul of the Scinece.*
Luria - Gould - Singer: *A View of Life.* The Benjamin/Cummings Publ. Co London.
March, R.: *Physics for Poets.* Me Graw Hill, New York.
Mc. Quarrie, D. - Rock, P.: *General Chemistry.* W. Freeman and Co, New York.
McElroy, W.D. et Glass B. Eds.: *Light and Life.* John Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
Medawar, P. B.: *The Hope of Progress.* Doubleday, New York.
Nassau, K.: *The Physics and Chemistry of Color.* N. York: Wiley-lnterscience.
Nature vol 410, 22 March 2001, vol 411, 28 June 2001, vol 412, 5 July 2001, vol 421, 30 January 2003, vol 433, 6 January 2005, vol 437, 29 September 2005, vol 438, 3 November 2005, vol 438, 22/29 December 2005, vol 439, 26 January 2006, vol 440, 27 April 2006, vol 441, 18 May 2006, vol 442, 6 July 2006, vol 442, 31 August 2006, vol 443, 7 September 2006, vol 443, 5 October 2006, vol 443, 12 October 2006, vol 444, 7 December 2006, vol 444, 21/28 December 2006.
Neleman, Yuval and Yoram Kirsh: *The Particle Hunters.* Cambridge University Press, 1986.
Neutwig - Krender - Morgenstein: *Chemistry Made Easy.* Verlag Chemie. Basel.
Nogrady, T.: *Medicinal Chemistry.* New York: Oxford University Press.
Pais, A. (1982): *Subtle is the Lord - The Science and the Life of Albert Einstein.* (Oxford University Press).
Polkinghorne, J. C. (1984): *The Quantum World* (Longman).
Prigogine, I.: *Introduction to the Thermodynamics of Irreversible.* Processes, Thomas, Springfield, Illinois.
Prigogine, I.: *Steady, States and Entropy Production.* Physica.
Prigogine, II.: *From Being to Becoming.* Freeman and Co., New York.
Prigogine, llya and Isabelle Stengers: *Order out of Chaos.* N. Y.: Bantam, 1984.
Rae, Alastair: *Quantum Physics: Illusion or Reality?* Cambridge University Press, 1986.
Romer, R.: *Energy. An Introduction to Physics.* W. H. Freeman and Co., San Francisco.
Royston, R.: *Serendipity: Accidental Discoveries in Science.* J. Wiley and Sons, N. York.
Schain, H. - Dodge - Walter: *Physics.* D. C. Heath Co, Toronto.

Science vol 307, 11 March 2005, vol 312, 2 June 2006, vol 313, 11 August 2006, vol 313, 25 August 2006, vol. 445, 15 February 2007.
Segr , E. (1980): *From X-rays to Quarks* (Freeman).
Silk, Joseph: *The Big Bang.* New York, Freeman, 1980.
S sskind, P.: *Το Άρωμα.* Εκδόσεις Ψυχογιός.
Taylor - Wheeler: *Spacetime Physics.*
Teller, E.: *Energy from Heaven and Earth.* W. H. Freeman and Co., San Francisco.
Tranford Ch. and Reynolds J.: *Nature Robots: a History of Proteins (2001).*
Wahl, H.: *Chimie Generale Appliquιe.* Masson et Cie.
Whyte, L. L (1949): *The Unitary Principle in Physics and Biology.* H. Holt & Co., New York.
Witrow, G.: *The Natural Philosophy of Time.* Clarens Press, Oxford.
Δεκαβάλλες, Αντώνης: *Ό Ελύτης από το χρυσό ως το ασημένιο ποίημα.* Κέδρος.
*Η Βιολογική επιστήμη - Μοριακή προσέγγιση.* Μετάφρ. Χριστίνας Ζιούδρου, Ελ. Σιδέρης. Εκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου.
Σταυρόπουλος, Αλ.: *Φυσικές επιστήμες, Εισαγωγή.* Εκδ. Σταμούλη.
Σταυρόπουλος, Αλ.: *Το Ενεργειακό Πρόβλημα.* Καραμπερόπουλος, Πειραιάς.
Σταυρόπουλος, Αλ.: *Φυσικές Επιστήμες - Εισαγωγή.* Σταμούλης, Πειραιάς.
*Φυσική.* PSSC. Μετάφρ. Θ. Κωστίκας, Εκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ
## ΙΔΕ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Abderhalden's: *Fortschritte Der Naturwiss.* Forschung.
Barlow S. - Stansby M.: *Nutritional evaluation of Long Chain Fatty Acids in Fish Oil.* Academic Press, London.
*Biological Science.* A Molecular Approach D. C. Heath.
*Biological Science: A Molecular Approach.* D. C. Heath and Co. Lexington, Massachusetts.
Brett, J. R.: *Marine Ecology,* pp. 513-560. Ed. O. Kinne, vol. I, Wiley, London.
Burgess, J. - Marten, M. - Taylor, R.: *Under the Microscope A Hiden World Revealed.* Cambridge University Press, Cambridge.
Carson, R.: *The Sea.* McGibbon and Kee, London.
Chemistry and Agriculture: *The Chemical Soc.* Burlington House, London.
Christian, S. - Zuckerman, J.: *Energy and Chemical Sciences.* Pergamon Press.
Creighton, T.: *Proteins.* Freeman and Co., New. York.
Davidson, J. N.: *The Biochemistry of the Nucleic Acias.* Academic Press, N. Y.
Douzou, P. et Petsko, G. D.: Les *Prot ines en action.* La Recherche, Paris.
Douzou, P.: *Cryobiochemistry: an introduction.* Academic Press, New York.
Fomon, S. - Heird, W.: *Energy and Protein. Needs during Infancy.* Academic Press Inc.

Freifelder: *The DNA Molecular Structure and Properties.* Freeman and Co., San Francisco.
Freifelder: *The DNA Molecule.* Freeman and Co., New York.
Freiton, J.: *Molecules and Life.* Willey - Interscience, New York.
Fruton, J. S.: *Molecules and Life:* Historical Essays on the interplay of Chemistry and Biology, Willey, New York.
Gilman: *Organic Chemistry.* An Advanced Treatise.
Hall N.: The new chemistry Emsley: Molecules at an exhibition.
Hanawalt, Ph.: *Molecules to Living Cells.* Freeman and Co., San Francisco.
Hard, F.: *A Vital Force. A study of Bioenergetics.* Freeman and Co., New York.
Hilditch, T.: *The Chemical Constitution of Fats.* Chapman and Hill.
J. Agr. Food Chem. 2006, 54, 1914-20
Jacob, F. & Monod, J. (1961): *Genetic regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins.* J. Mol. Biol. 3, 318-356.
Keyzer, H. - Gutmann, F.: *Bioelectrochemistry.* Plennum Press, N. Y., London.
Kornberg, A.: *DNA Replication,* Freeman WH., San Francisco.
Kourilsky, Ph.: *Les Artisans de l'H r dit* . Odile Jacob, Paris.
Kourilsky, Ph.: *DNA - Το Νήμα της ζωής.* Μετάφρ. Β. Μπρίκας. Εκδ. Ράππα.
Lands, W.: *Fish and Human Health.* Academic Press Inc., New York.
Ledyard Stebbins, G.: *Darwin to DNA Molecules to Humanity.* W. H. Freeman and Co., San Francisco.
Lehninger, A. L.: *Biochemistry: The Molecular Basis of Cell Structure and Function.* Worth Publishers Inc., New York.
March: *Advanced Organic Chemistry.*
Monod, J., Changeux, J.-P. & Jacob, F. (1963): *Allosteric Proteins and Cellular Control Systems.* J. Mol. Biol. 6, 306-328.
Nabham P.: Why Some Like it Hot Genes and Cultural Diversity (2004).
Nature Chemical Biology vol, 1 August 2005.
Nature vol 406, 10 August 2000, vol 410, 12 April 2001, vol 410, 5 April 2001, vol 411, 14 June 2001, vol 411, 3 May 2001, vol 412, 19 July 2001, vol 412, 5 July 2001, vol 413, 13 September 2001, vol 414, 1 November 2001, vol 415, 17 January 2002, vol 417, 27 June 2002, vol 418, 11 July 2002, vol 419, 5 & 19 September 2002, vol 421, 13 February 2003, vol 421, 20 February 2003, vol 422, 24 April 2003, vol 423, 8 May 2003, vol 424, 14 August 2003, vol 424, 7 August 2003, vol 425, 18 September 2003, vol 431, 14 October 2004, vol 431, 21 October 2004, vol 431, 21 October 2004, vol 434, 31 March 2005, vol 437, 15 September 2005, vol 437, 15 September 2005, vol 437, 22 September 2005, vol 438, 8 December 2005. vol 438, 8 December 2005. vol 439, 16 February 2006, vol 440, 20 April 2006, vol 440, 27 April 2006, vol 440, 9 March 2006, vol 441, 22 June 2006, vol 441, 29 June 2006, vol 441, 29 June 2006, vol 442, 17 August 2006, vol 442, 24 August 2006, vol 442, 6 July 2006, vol 443, 14 September 2006, vol

443, 21 September 2006, vol 443, 28 September 2006, vol 443, 5 October 2006, vol 444, 14 December 2006, vol 444, 23 November 2006, vol 444, 23 November 2006, vol 444, 30 November 2006, vol 444, 7 December 2006, vol. 426, 18/25 December 2003.

Ness, H. C., Van -: *Understanding Thermodynamics.* Dover Publications, N. Y.

Nickoll, L.: *Plant Growth Regulations Chemicals.* CRC Press.

O'Cave, V.: *Advance of Life.* Pergamon Press, Londres.

Parson A.: The proteins effect: Stem Cells and their Promise for Medicine (2004).

*Photosynthesis: Photorespiration & Plant Productivity.* Academic Press, N. York.

Precht, H. - Christophersen, J. - Hensel, H. - Larcher, W.: *Temperature and Life.* Springer Verlag, Berlin.

Schultza, G.E. et Schirmee R. H.: *Principles of Protein Structure.* Springer Varlag, Berlin.

Science vol 309, 2 September 2005, vol 309, 23 September 2005, vol 309, 29 July 2005, vol 310, 28 October 2005, vol 311, 17 March 2006, vol 313, 25 August 2006, vol 314, 13 October 2006, vol 314, 24 November 2006, vol 314, 3 November 2006, vol 316 12 January 2007.

Stryer, L.: *Biochemistry.* Freeman and Cie, San Francisco.

Vergroessen, A. - Crawford, M.: *The Role of Fats in Human Nutrition.* Academic Press. London.

Walsh, C.: *Enzymatic Reaction Mechanisms.* Freeman WH., San Francisco.

Watson, J. D. : *The Molecular Biology of the Gene,* Benjamin, New York.

Wilson, E. O. et Coll: *Life on Earth,* Sinauer Associate, Stanford.

Wiseman, AI. : *Handbook of Enjyme Biotechnology.* J. Wiley - London.

Zechmeistrer, L.: *Fette und Fettprodukte.*

Zechmeistrer: *Die Carotinoide.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ
## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, Τ' ΑΓΑΘΑ ΚΑΙ ΤΑ ΔΕΙΝΑ ΤΗΣ

Humphrey N.: *Seeing red: A Study of Consciousness (2006).*

Martin Y.: *The Meaning of 21th Century. A Vital Blueprint for Ensuring our Future (2006).*

Nature vol 422, 17 April 2003, vol 429, 20 May 2004, vol 429, 6 May 2004, vol 436, 18 August 2005, vol 436, 21 July 2005, vol 440, 13 April 2006, vol 440, 13 April 2006, vol 440, 20 April 2006, vol 440, 30 March 2006, vol 440, 9 March 2006, vol 441, 18 May 2006, vol 441, 18 May 2006, vol 442, 3 August 2006, vol 443, 12 October 2006, vol 443, 21 September 2006, vol 444, 30 November 2006, vol 444, 7 December 2006, vol 444, 7 December 2006, vol. 445, 8 February 2007.

Nielsen M. and. Chuang I: *Quantum Computation and Quantum Information (2000).*

Popular science: August 2005, October 2003.
Science 314, 8 December 2006, vol 305, 13 August 2004, vol 309, 22 July 2005, vol 310 18 November 2005, vol 311, 10 March 2006, vol 311, 3 February 2006, vol 312, 12 May 2006, vol 312, 2 June 2006, vol 312, 23 June 2006, vol 313, 25 August 2006, vol 314, 1 December 2006, vol. 317, p.786, 789, 792 (2007), vol.315 p. 902 (2007).
Technology review July/August 2006.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ
## Η ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ

Ackman, R. G. (1980): *Lipids Part I. In «Advances in Fish Science & Techno- logy* (J. J. Connell, ed.), pp. 86-103. Fishing News Book Ltd., Farnham, UK.
Ames, B. N. (1983): *Dietary Carcinogens and Anticarcinogens.* Science (Washington, D. C.), vol. 221, no. 4617, pp. 1256-64.
Andres, I. R.: *«Influence of Obesity on Longevity in the Aged».* Advances in Pathobiology 7 (1980) pp. 238-246.
Anon (1976): Must *an Ecological Society be a Vegetarian one?* The Ecologist (London), vol. 6, no. 10, pp. 356-84.
Anon (1983): *Les Technologies des Industries Agro-alimentaires: Progres Recents et Perspectives.* Paris, Apria - Diffusion et Lavoisier, 183 pp.
Anon (1985): *The Role of Biotechnology in Plant Breeding.* 1984 Plant Breeding Research Forum. Des Moines, Iowa, Pioneer Hi-Bred International Inc.
Artman, N. R. (1969): *The Chemical and Biological Properties of Heated and Oxidized fats.* Adv. Lipid Res. 7, pp. 245-330.
Ayanoglu, E. - Walkup, R. D. - Sica, D. and Djerassi, C. (1982): *Phospholipid studies of marine organisms: III New Phospholipid Fatty Adds.* Linids 17, pp. 617-625.
Barlow S. - Stansby M.: *Nutritional Evaluation of Long-Chain Fatty Acids in Fish Oil.* Academic Press Inc. London.
Barz, W. - Reinhard, E. - Zenk, M. H. (eds.), (1977): *Plant Tissue Culture and its Bio-technological Application.* Berlin, Springer Verlag.
Beale, A. J. (1983): *Vaccine Development.*
Bonner J. - Tarner J.: *Plant Biochemistry.* Academic Press, London.
Brady, N. C. (1982): *Chemistry and World Food Supplies.* Science (Washingt D.C.), 218 (4575), 847-853 pp.
Bregere, F.: *Escherichia* Coli, *Clef de la genetique modeme.* Impact, UNESCO, pp. 133-141, vol. 32 no 2, 1982.
Brown, L. (1988): *The Changing World Food Prospect.* Washington, D.C., The WorldWatch Institute, WorldWatch paper 85.
Brown, M.S. - Goldstein, J. L. (1984): *How LDL Receptors Influence Cholesterol & Atherosclerosis.* Scientific American (N.Y.), vol. 251, no. 5, pp. 52-60.

Brozek, J.: *«Nutrition, Malnutrition, and Behavior».* Annual Review of Psychology 29 (1978): 157-177 pp.
Bruch, H.: *Eating Disorders.* New York: Basic Books, 1973, p. 4.
Brunet, P. (1984): *Biotechnologies et Additifs Alimentaires.* I. Introduction. Biofutur (Paris), no. 28, p. 65.
Burgess, J. - Marten, M. - Taylor, Ft.: *Under the Microscope Ahidden World Revealed.* Cambridge University Press, Cambridge.
Chomsky, N. (1979): *In «Theories du langage - Th ories de l'apprentissage»* (Piattelli - Palmarini, M., ed). Paris; Le Seuil; pp. 65-87.
Cohne, G. (1977): *The Psychology of Cognition.* London: Academic Press.
Collins, G. B. (1984): *Biotechnology and Agriculture: Importance for the Developing countries.* In: Sawyer, W. D. (ed.), Biotechnology in the Americas: Prospects for the Developing Countries, p. 29-34. Washington, D. C., Interciencia Association, 79 p.
Comar, J. (1986): *Vache ou Taureau?* Biofutur (Paris), 50, 67-68 pp.
Comstock, G. W. (1970): *Fatal Arteriosclerotic Heart Disease, Water Hardness at Home, & Socioeconomic Characteristics.* An. J. Epidemiol. 94, (1), 1-10.
Conel, J. L. (1939-1963): *Post-natal development of the human cerebral cortex.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press (Vols. I VI).
Da Silva, E.: *Microorganisms as Tools for Biomass and Energy Generation. Impact of Science on Society,* UNESCO publish, vol. 29, no. 4, 1979.
Dahlberg, K. A. (1979): *Beyond the Green Revolution: the Ecology and Politics of Global Agricultural Development.* New York, Plenum Press.
David, P. (1984): *The year 2000. Prophets of Doom Rejected.* Nature (London), vol. 309, no. 5969, 571 p.
Davies, P. J. (1987): *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development.* Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, Kluwer Academic Publishers Group, 732 p.
Davies, R. (1981): *Gene Transfer in Plants.* Nature (London), vol. 291, no. 5816, pp. 531-2.
Day, P.R. (1977): *Plant Genetics: Increasing Crop Yield.* Science (Washington, D. C.), vol. 197, no. 4311, pp. 1334-9.
Deissertoth K.: Nature vol. 446 , no 5 April 2007.
Deshayes, A. - Rouze, P. (1983): *Le transfert de genes chez les plantes: les premiers succes.* Biofutur (Paris), no. 15, pp. 47-8.
Desmettre, Ph. (1986): Les *recombinants du virus de la vaccine.* Biofutur (Paris), 51, 27-32.
Dixon, R. A. (1985): *Plant cell culture.* Oxford, IRL Press Ltd., Coll. Practical Approach, 252 pp.
Dobbing, J. (1976): *Malnutrition et D veloppement du Cerveau.* La Recherche (Paris), vol. 7, no. 6, pp. 139-45.
Dobbins, J.: *Early Nutrition and Later Achievement.* Academic Press, London.

Dodds, J. H. - Roberts, L. W. (1983): *Experiments in Plant Tissue Culture.* Cambridge, Cambridge University Press, 178 pp.

Dodet, B. (1984): *Vaccins: les nouvelles perspectives.* Biofutur (Paris), 27, 23-33 pp.

Douzou, P. - Durand, G. - Kourilsky, Ph. - Siclet, G.: Les *Biotechnologies,* Que sias-je?, P.U.F., Paris, 1983.

Doyle, J. (1985): *Altered Harvest: Agriculture, Genetics and the Fate of the World.* Viking Penguin.

Drake, P. F. (1984): *Monoclonal Antibodies and DNA Probes: Perspective for Medical Diagnostics and Therapeutics.* New York, Kidder, Peabody and Co., Inc., 36 p.

Escoffier - Lambiotte, G. (1984): Les *revolutions du vaccin synthetique.* Aux portes de la m decine pr ventive de I'an 2000. Le Monde Aujourd'hui (Paris), 26-27 ao t 1984, II.

Evan Brown: *World Fish Farming and Economics.* AV4-lnc., Westport, Connectica.

Fairburn, C. G.: *«Bulimia Its Epidemiology and Management»,* in Eating and Its Disorders, eds. A. J. Stunkard and E. Stellar, N. Y.: Raven Press, 1984.

Flores, H. E. - Hoy, M. W. - Rickard, J. J. (1987): *Secondary Metabolites from Root Cultures.* Trends in Biotechnology (Elsevier Publications Cambridge), 5 (3), 64-69 pp..

Fomon, S. - Heird, W.: *Energy and Protein Needs During Infancy.* Acedemic Press Inc., London.

Fowler, M. (1981): *Plant Cell Biotechnology to Produce Desirable Substances.* Chemistry and Industry, 7, 229-233.

Garfinkel and Garner: *Anorexia Nervosa,* p. 5.

Gelvin, S. B. - Schilperoort, R. A. (eds.) (1988): *Plant Molecular Biology. Manual.* Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, Kluwer Academic Publishers, 300 p.

Keys, A.: *«Overweight, Obesity, Coronary Heart Disease and Mortality».* Nutrition Reviews 38(1980): 297-307 pp.

Kinoy, B. P.: *When Will We Laugh Again?* N. Y.: Columbia University Press, 1984.

Klatzmann, J. (1983): *Nourrir dix milliards d'hommes?* Paris, Presses universitaires de France, 206 pp.

Kolata, G. B.: *«Fetal Alcohol Advisory Debated».* Science 214 (1981): 642, 643, and 645.

Lands, W.: *Fish and Human Health.* Academic Press - Orlando.

Langley - Danysz, P. (1983): *Cancer: les risques de I'alimentation.* La Recherche (Paris), vol. 14, no. 150, pp. 1564-73.

Leon: *Treating Eating Disorders.*

Manson J. E.: Menopause 13, 139-147 (2006)
Miler A.: Insights of Genius: Imagery and Creativity in Science and Art
Miller, P. M. and Eisler, R. M.: *«Alcohol and Drug Abuse»,* in Behavior Modification: Principles, Issues, and Applications, eds. W. E. Craighead, A. E. Kazdin, and M. J. Mahoney, Boston: Houghton Mifflin, 1976, p. 380.
Money, J. and Ehrhardt, A. A.: *Man and Woman, Boy and Girl.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1972.
Moss, H. A. (1967): Sex, *Age and State as Determinants of Mother - Infant Interaction.* Merrill-Palmer, Q. Behav. Devel. 13, 19-36 pp.
Nature 434, 234-238, 2005 Journal of Reproduction Immnology II, 91, 1998
Nature Neurosc. 8, 1263-1268 (2005).
Nature vol 414, 22 November 2001, vol 424, 17 July 2003, vol 437, 8 September 2005, vol 441, 18 May 2006, vol 443, 19 October 2006, vol 443, 21 September 2006, vol.429, 13 May 2004.
O'Brien, T. P. - Walley, P. B. - Anderson-'Smith, S. and Drabman, R. S.: *«Naturalistic Observation of the Snack-Selecting Behavior of Obese and Nonobese Children».* Addivtive Behaviors 7 (1982): 75-77 pp.
Parker, C. A. (1986): *Legumes and Nitrogen Fixation: their Importance for Farming in the Future.* Impact of science on society (Unesco, Paris), no. 142 (vol. 36, no. 2), pp. 153-64.
Patton, S. (1969): *Milk.* Scientific American (N. Y.), vol. 221, no. 1, pp. 59-68.
Piaget, J. - Inhelder, B. and Sinclair de Zwart, H. (1968): *Memoire et inteligence.* P.U.F., Paris.
Piaget, J. (1936): *La naissance de l' intelligence chez I'enfant.* Translation: see (1952) The Origins of Intelligence in Children. International Universities Press, New York.
Piaget, J. (1937): *Le construction du reel chez I'enfant.* Delachaux et Niestle, Neuchatel et Paris.
Piaget, J. (1954): *The construction of Reality in the Child.* Basic Books, N. Y.
Piaget, J. (1966): *La psychologie de I'enfant.* Collection Que sais-je?, P.U.F., Paris.
Piaget, J. (1971): *Biology and Knowledge.* Edindurgh University Press.
Piaget, J. (1972): *Structuralism.* Routledge and Kegan Paul, London.
Piaget, J. and Inhelder, B. (1959): *La genese des structures logiques elementaires (classifications et seriations), Delachaux et Niestle, Neuchatel et Paris.*
Piaget, J. and Inhelder, B. (1969): *The Psychology of the Child.* Routledge and Kegan Paul, London.
Piaget, J. (1963 translation): *The Early Growth of Logic in the Child (Classification and Seriation),* Routledge and Kegan Paul, London; (1964) Harper, New York.
Piaget, J. (1966): *L'imaqe mentale chez I'enfant. Efude sur le developpement des representations images.* P.U.F., Paris.

Piaget, J. (translation, in press): *Child Psychology.* Basic Books, New York.
Riviere, J.: *Industrial Applications of Microbiology,* Moss. MO. et Smith J.E. Ed., Surrey Univ. Press/International Textbook Company, 1977.
Rozin, P.: *«Human Food Selection: Why Do We Know So little, and What We Do About it?»* International Journal of Obesity 4 (1980): 333-337.
Rozin, P.: «*The Study of Human Food Selection and the Problems of «Stage 1 Science»,* in Nutrition & Behavior, ed. S. A. Miller, Philadelphia: Franklin Institute, 1981.
Russel, G.: *«The Present Status of Anorexia Nervosa».* Psychological Medicine 7 (1977): 363-367 pp.
Sasson, A. (1984): *Biotechnologies and Development.* Orlando Unesco/CTA.
Sasson, A. (1984): *Biotechnologies: Challenges and Promises.* Paris, Unesco, Sextant Series, vol. 2, 315 pp.
Science vol 307, 11 March 2005, vol 309, 5 August 2005.
Science: *Recombinant D.N.A.,* Numero Special, vol. 209, no. 4463, 1980.
Simopoulos, A. - Kifer, R. - Martin, R.: *Health effects of Polyunsaturated Fatty Acids in Sea Foods.* Academic Press Inc. New York.
Sinclair de Zwart (1967): *Acquisition du language et developpement de la pensee.* Dunod, Paris.
Sinclair de Zwart (1967): *«Sensory-Motor Action-Scheme as a Preparation for Language Acquisition»,* in Civa Foundation Publication.
Slochower, Kaplan, and Mann: *«The Effects of Life Stress and Weight on Mood and Eating».*
Sorj, B. - Cantley, M. - Simson, K.: *Biotechnology in Europe and Latin America.* Kluwer Academic Press.
Staddon, J. E.: *«Obesity and the Operant Regulation of Feeding»,* in Analysis of Motivational Processes, eds. F. M. Toates and T. R. Halliday, London: Academic Press, 1980.
Stahl, F.: *Genetic Recombination.* W. Freeman and Co., S. Francisco.
Stahl, J. K. - Hollaender, A., Eds.: *Genetic Engineering,* Plenism, 1979.
Stanier, R. Y. - Adelberg, E. A. - Ingraham, J. L.: *The Microbial World.* Prentice-Hall, New York, 1976.
Stellar, E. - Henning, S. J. - Rodin, J. - Rozin, P. and Wilson, G. T.: *«Nutrition, Behavior, and the Life Cycle».* Appetite 1 (1980): 321-331 pp.
Streissguth, Landesman - Dwyer, Martin and Smith: *«Teratogenic Effects of Alcohol in Humans and Laboratory Animals».*
Thompson, G. (1986)*: New hopes for the Treatment of Coronary Heart Disease.* Nature (London), vol. 324, no. 6096, p. 412.
Vergroesen, A. - Crawford, M.: *The Role of Fats in Human Nutrition.* Academic Press, London.
Watson, J. - Tooze, J.: *The D.N.A. Story:* A Documentary History of Gene Cloning, Freeman WH., San Francisco, 1981.

Williams, N. (1983): *Building'new Vaccines.* Nature (London), 306 (5942), 427.
Williams, N. (1985b): *Cancer Epidemiology Mapping the Mortality Risks.* Nature (London), 318 (6043), 27.
Wilson: *«Behavioral Treatment of Obesity».*
Στρίγκερ Κ. – Άντριους Ρ.: *Homo: Η καταγωγή και η εξέλιξη του Ανθρώπου.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ
## ΕΝΑ ΛΟΥΚΟΥΛΛΕΙΟ ΥΓΙΕΙΝΟ ΓΕΥΜΑ ΤΟΥ 2007

Ailhaud, G. (1979): *L'obesite.* La Recherche (Paris), vol. 10, no. 101, pp. 652-60.
Allport S.: *The Queen of Fats why Omega -3 (2006).*
Aykroyd, W. R. - Doughty, J. - Walker, A. (1982): *Legumes in Human Nutrition.* Rome, Food and Agriculturı Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 20,152 pp.
Azzedine, M. C. (1985): *Alcool, Sant et Societ* . 10.000 biologistes (Journal d' information de Boehringer Mannheim France), no. 28, pp. 3-5.
Barre, P. (1984): *Le vin et les biotechnologies.* Biofutur (Paris), no 28, pp. 43-7.
Beardsley, T. (1983): *Artificial Sweeteners.* Nature (London), vol. 305, no. 5931, p. 175.
Carter, F. - Siatkowski R., Wohljen H.: *Molecular Electronic Devices.*
Logue, *A.: The Physiology of Eating and Drinking.* Freeman & Co., New York.
Manley, Ch. - Morse, R.: *Healthy Eating - A scientific Perspective. Allured Publ. Corp. Illinois.*
Nature vol 421, 9 January 2003, vol 424, 17 July 2003, vol 438, 1 December 2005, vol 443, 21 September 2006, vol 444. 16 November 2006, vol 444, 23 November 2006, vol 444, 30 November 2006.
Poget, J. L. (1983): *Le beefsteak de soja. Une solution au probleme alimentaire mondial?* Paris, L'Harmattan, Coll. Alternatives paysannes, 168 pp.
Sasson, A.: *Biotechnologies and Development.* UNESCO CTA.
Sasson, A.: *Feeding Tomorrow's World.* UNESCO-CTA.
Science vol 307, 28 January 2005, vol 308, 24 June 2005, vol 312, 14 April 2006, vol 312, 12 May 2006.
Simopoulos, A. - Kifer, R. - Martin, R.: *Health Effects of Polynstaturated. Fatty Acids in Seafoods.*
Southgate, D. - Johnson I. - Fenwick: *Nutrient Availability. Chemical and Biological Aspects.* Royal Soc. of Chem.
Yudkin, J.: *Diet of Man. Needs and Wants Applied Science Publishers.* London.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ
## Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ – ΠΩΣ ΒΡΕΘΗΚΑΜΕ ΕΔΩ;

Babloyantz, A.: *Molecules, Dynamics and Life.* An Introduction to Self-Organization of Matter, vol. IV. Wiley and Sons, New York.

Boltzmann: *Populate Schriflen.* Leipzig.
Chiselin, M.: *The Triumph of the Darwinian Method.* University of California Press, 1969.
Darwin, C. (1856): *The Origin of Species.* John Murray, London.
Darwin, C. (1871): *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex.*
Dawkins, R. (1976): *The Selfish Gene.* Oxford University Press.
Degn, H - Holden, A. - Olsen, L.: *Chaos in Biological Systems.* Plenum Press, New York.
Doujou, P.: *Le Chaud et le Froid.* Les Conflits du Vivant. Fayard, Paris.
Eigen, M. and Schuster: *Naturwissenschatten.*
Eigen, M. and Schuster, P.: *The Hypercycle.* A Principle of Natural Self - Organization. Springer, New York.
Eigen, M. and Winkler, R.: Das *Spiel Piper,* M nchen.
Fisher, R. A.: *The Genetical Theory of Natural Selection.* Oxford University Press, 1930.
Folsome, C.: *The Origin of Life.* Freeman and Co., New York.
Gleick, James: *Chaos: The Making of a New Science.* Viking, 1987.
Gould, S. (1977): *Ontogeny and Phytogeny.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Gould, S. (1981): *The Mismeasure of Man.* New York: Norton Press.
Gould, S. (1982): *Darwinism and the Expansion of Evolutionary Theory.* Science 216, 380-387 pp.
Grass , P.: «Toi, *ce petit Dieu!. Essai sur l'histoire naturelle de l'Homme».* Albin Michel, Paris.
Haldane, J.B.S. (1932): *The Causes of Evolution.* Longmans, London.
Hall, E. T. (1959): *The Silent Language.* Doubleday, New York.
Hall, E. T. (1966): *The Hidden Dimension.* Doubleday, New York.
Hamilton, W. D. (1964): *The Genetical Theory of Social Behaviour.* J.Theor. Biol. 7, 1, 1-52 pp.
Hamilton, W. D. (1964): *The Genetical Evolution of Social Behaviour I, II. J.* Theoret. Biol. 1-52 pp.
Hamilton, W. D. (1970): *Selfish and Spiteful Behaviour in an Evolutionary Model.* Nature, Lond. 228, 1218-20 pp.
Hardman, C. (1974): *Fact and Fantasy in the Playground.* New Society 29, 801-803 pp.
Harlow, H. F. and Harlow, M. K. (1962): *Social Deprivation in Monkeys.* Scient. Am. 207, 136-46 pp.
Harold, *F.: A Study of Biogenetics.* W. Freeman and Co., New York.
Hinde, R. A. (1956): *The Biological Significance of the Territories of Birds.* Ibis 98, 340-69 pp.
Hinde, R. A. (1970): *Animal Behaviour.* McGraw-Hill, New York.

Hinde, R. A. (1974): *Biological Bases of Human Social Behaviour.* McGraw-Hill, New York.
Hinde, R. A. and Stevenson - Hinde, J. (eds.) (1973): *Constraints on Learning: Limitations and Predispositions.* Academic Press, London and N. York.
Hoigate, P. (1967): *Population Survival and Life History Phenomena.* J. Theoret. Biol. 14, 1-10 pp.
Hubbard, John, H.: *Order in Chaos,* in Engineering: Cornell Quarterly, Vol. 20, No. 3, Winter 1986, 20-26 pp.
Huxley, J. S. (1938): *Evolution: Essays on Aspects of Evolutionary Biology,* pp. 11-42. Clarendon Press, Oxford.
Jacob, F.: Το *Παιχνίδι της Εξέλιξης.* Τροχαλία.
Jensen, Roderick, V.: *Classical Chaos,* in American Scientist, 75, March - April 1987, 168-181 pp.
Καβάφης, Κ.: *Ποιήματα 1897-1933.* Ίκαρος, Αθήνα.
Mandelbrot, B.: *The Fractal Geometry of Nature.* Freeman and Co., New York.
Mathematical Sciences: *A Unifyuing and Dynamic Resource.* Panel on Mathematical Sciences, National Research Council. National Academy Press, 1986.
Mathematics Today: *Lynn Arthur Steen, editor.* Springer - Verlag, 1978.
Maynard, Smith, J. (1958): *The Theory of Evolution.* Penguin Book, Harmondsworth.
Maynard, Smith, J. and Parker, G. A. (1976): *The Logic of Asymmetric Contests.* Anim. Behav. 24, 159-75 pp.
Mayr, E.: *From Molecules to organic Diversity.* Fed. Proc. Am. Soc. Exp. Biol., 1964, 23,1231-1235 pp.
Mead, G. H. (1934): *Mind, Self and Society.* University of Chicago Press.
Mendel, G. (1966): *Versuche uber Pflanzen - Hybriden.* Verh. Naturforschenden Verein Brunn. 4, 3-47.
Mensh, I. N. (1972): *Personal and Social Environmental Influences in the Development of Gender Identity.* In Gender Differences: their Ontogeny and Significance (ed. C. Ounsted and D. C. Tavlor). Churchill Livingstone, Edinburgh.
Michelson, N. (1944): *Studies in Physical Development of Negroes.* IV. Onset of puberty. Am. J. phys. Anth. 2, 151-66 pp.
Minorsky, N. (1962): *Nonlinear Oscillations.* Princeton, N. J.: Van Nostrand.
Nature vol. 435, 26 May 2005.
Nicolis, G. and Prigogine, I.: *Self Organisation in non Equilibrium Systems.* Wiley, New York.
Oparin, A.: *The Origin of Life.* Dover Publications.
Oparin, A., Levin - Bernal: *Χημική Εξέλιξη,* Παπαζήσης, Αθήνα.
Packer, S. & Gibson, K. (1979): *A Developmental Model of the Evolution of*

*Language and Intelligence in Early Hominids.* Behavior. Brain Sciences 2, 367-408 pp.
Paley, W.: *Natural Theology.* Charles Knight, London 1836, Vol. 1.
Peitgen, H. O. & Richer, P. H.: *The Beauty of Fractals.* Springer - Verlag, 1986.
Peterson, I.: *The Mathematical Tourist.* Snapshots of Modem Mathematics. Freeman Co., New York.
Prigogine, I.: *From Being to Becoming.* Time and Complexity in the Physical Sciences. Freeman Co., New York.
Prigogine, I. and Stengers, I.: *Order Out of Chaos.* Heinemann, London.
Prigogine, I. and Stengers, I.: *La Nouvelle Alliance.* Gallimard.
Prigogine, I. and Stengers, I.: *Science and Metasience.* Doubleday, New York.
Ross, V. P.*: Aristotle's Physics.* Clarendon, Oxford.
Schr dinger, E.: *What is Life?* Cambridge University Press, London.
Science vol. 315, 19 January 2007.
Sperry, R. W. (1971): *How a Developing Brain Gets itself Properly Wired for Adaptive Function.* In the Biopsychology of Development (ed. E. Tobach, L. R. Aronson and E. Shaw). Academic Press, New York.
Stewart, Ian: *The Problems of Mathematics.* Oxford University Press, 1987.
Σταυρόπουλος, Αλ.: *Φυσικές επιστήμες, Εισαγωγή.* Εκδ. Σταμούλη.
Teillard De Chardin, P. (1959): *The Phenomenon of Man.* Collins, London.
Trivers, R. L. (1972): *Parental investment and sexual selection.* In Campbell, B. (ed.) Sexual Selection and the Descent of Man, 1871 -1971, pp. 136-79. Aldine - Atherton, Chicago.
Weaver, W. (1948): *Science & Complexity.* American Scientist. 36, pp. 536-544.
Weismann, Αλ.: *La Reproduction Sexuelle et sa Signification pour la Th orie de la Selection Naturelle.* In «Essais sur I'Heredite», C. Reinwald et Cie, Paris, 1892.
Weiss, Paul (1962): *From Cell to Molecuie,* in J. M. Aven (ed.), The Molecular Control of Cellulal Activity. McGraw-Hil, New York.
Williams, G. C. (1966a): *Adaptation and Natural Selection: a Critique of Some Current Evolutionary Thought.* Princeton University Press.
Williams, G. C. (1966b): *Natural Selection, the Costs of Reproduction, and a Refinement of Lack's Principle.* Amer. Natur. 100, 687-90 pp.
Williams, G. C. (1975): Sex *and Evolution.* Princeton University Press.
Wright, R. V. S. (1972): *Imitative Learning of a Flaked stone Technology - The Case of an Orangutan.* Mankind 8, (4), 296-306 pp.
Wright, S. (1931): *An Introduction to the Study of Man.* Clarendon Press, Oxford.
Young, R. M. (1971): *An Introduction to the Study of Man.* Clarendon Press, Oxford.
Young, R. M. (1971): *Evolutionary Biology and Ideology: then and now.* In The

Social Impact of Modern Biology (ed. W. Fuller). Routledge and Kegan Paul, London.
Zuckerman, S. (1932): *The Social Life of Monkeys and Apes.* Kegan Paul, London.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ
## ΤΟ ΡΕΚΒΙΕΜ ΤΗΣ ΠΑΡΕΑΣ

Asimov, I.: *Εγώ το ρομπότ.* Κάκτος.
Bertalanffy, L, Von - (1947): «Das *Weltbild der Biologie», «Arbeitskreis Biologie»,* Alpbacher Hochschulwochen: in (1948) S. Moser (ed.) Weltbild und Menschenbild. Tyrolia Verlag. Salzburg.
Bertalanffy, L, Von (1960): *Problems of Life.* Harper Torchbooks. New York (in Gernfan 1949).
Bertalanffy, L, Von (1969): *«Gefugegesetzlichkeit»,* in J. Bitter (ed.) Historisches Worterbuch der Philosophie, I, Schwabe, Basel.
Bertalanffy, L, Von (1967): *Robots, Men and Minds.* Braziller, New York.
Bertalanffy, L, Von (1968): *General System Theory.* Foundations, Development. Applications, Braziller, New York.
Bertalanffy, L, Von (1973): *Th orie generate des systemes.* Paris: Dunod.
Cole, S. (1963): Races *of Man.* British Museum (Natural History), London.
Collins F.: The Language of God.
Comstock, G. W. and Partridge, K. B. (1972): *Church Attendance and Health.* J. chron. Dis, 25, 665-72 pp.
Davies, P.: *Θεός και Μοντέρνα Φυσική.* Κάτοπτρο.
Damasio A.: *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow and the Feeling Brain.*
Dawkins R.: *A Devil's Champlain,* (2003).
Dawkins R.: *The Ancestors Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life.*
Dawkins R.: *The GOD Delusion.*
Dawkins R.: *Ο τυφλός ρολογάς (The blind watchmaker).*
Δήμου, Ν.: *Το απόλυτο και το τάβλι.* Νεφέλη.
Eddington, A. (1958): *The Nature of Physics.* University of Michigan Press. Ann Arbor.
Einstein, A.: Πώς *Βλέπω τον Κόσμο.* Μαρή, Αθήνα.
Einstein, A. - Infeld, L.: *Η εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική.* Δωδώνη, Αθήνα.
Edelman G.M.: Wider than the sky (2004).
Ελύτης,Όδ.: *Το Άξιον Εστί.* Ίκαρος, Αθήνα.
Feynman, R.: *Surely you're Joking Mr. Feynman.* Unwin Paperbades, London.
Γιανναράς, Χρ.: *Σχόλιο στο «Άσμα Ασμάτων.* Δόμος.
Guitton, J., G. and Bogdanov, I.: *Dieu et la Science.* Grasset.
Heisenberg, W.: *Φυσική και Φιλοσοφία.* Κάλβος.
Καβάφης, Κ.: *Ποιήματα 1897-1933.* Ίκαρος.

Κατσίκης, Ν.: *Η Φιλοσοφία της Νεώτερης Φυσικής.* Guttenberg, Αθήνα.
Κ stler, Α.: *Το Συμπόσιο του Albach. Πέρα από την Αναγωγική Θεωρία.* Χατζηνικολή.
Κ stler, Α.: *Οι υπνοβάτες.* Χατζηνικολή.
Κ stler, A. (1964): *The Act of Creation.* Hutchinson, London and MacMillan, New York.
Κ stler, A. (1967): *The Ghost in the Machine.* Hutchinson London.
Kuhn, T. S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions.* University of Chicago, Press Chicago.
Koch Ch.: The Quest of Consciousness. A Neurological Approach, (2004).
Libet B.: Mind Time. *The Temporal Factor in Consciousness,* (2004).
Marcuse, H. (1969): *An Essay on Liberation.* Penguin, Harmondsworth.
Marcuse, H. (1970): *Five Lectures: Psychoanalysis, Politics and Utopia,* Allen Lane, London.
Marleau, M., Ponty: *Lecture de Montaigne.* Gallimard, (1960).
Milham, J. - Gazelle, P. H. - Jaegle, P. - Nimio, J.: *Ο Μονό και η Διαλεκτική.* Ράππα.
Monod, J. (1970): *Le Hasard et la Necessit* . Paris: Le Seuil.
Mot, N.: *Can Scientists Believe?* James and James.
Nature vol. 407, 19 October 2000 - vol. 411, 21 June 2001 - vol. 415, 10 January 2002 - vol. 417, 9 May 2002 - vol. 418, 25 July 2002 - vol. 419, 17 October 2002 - vol. 420, 12 December 2002 - vol. 421, 2 January 2003 - vol. 421, 27 February 2003 - vol. 422, 24 April 2003 - vol. 423, 1 May 2003 - vol. 423, 19 June 2003 - vol. 425, 18 September 2003 - vol. 427, 12 February 2004 - vol. 428, 8 April 2004 - vol. 429, 17 June 2004 - vol. 429, 20 May 2004 - vol. 429, 20 May 2004 - vol. 429, 436, 26 May 2005 - vol. 430, 1 July 2004 - vol. 430, 22 July 2004 - vol. 431, 21 October 2004 - vol. 434, 28 April 2005 - vol. 434, 28 April 2005 - vol. 435, 19 May 2005 - vol. 435, 2 June 2005 - vol. 435, 22 June 2006 - vol. 435, 23 June 2005 - vol. 435, 23 June 2005 - vol. 436, 25 August 2005 - vol. 436, 7 July 2005 - vol. 437, 15 September 2005 - vol. 440, 2 March 2006 - vol. 440, 30 March 2006 - vol. 443, 19 October 2006.
Jablonka Eva & Lamb M.J.: Evolution in Four Dimensions.
Rees M.B.: Our Final Honor (2003).
Ridley M.: Fr. Crick: *Discovery of the Genetic Code* (2006).
Spinoza, B. (1843): *Ethique.* Paris: Charpentier.
Science vol. 305, 27 August 2004 - vol. 307, 7 January 2005 - vol. 308, 8 April 2005 - vol. 309, 12 August 2005 - vol. 313, 25 August 2006 - vol. 313, 29 September 2006 - vol. 313, 8 September 2006.
Smith J.M. & Szatbmary E.: The major transitions in evolution.
Verschuuren, G.: *Investigating the Life Sciences. An Introduction to the Philosophy of Science.* Pergamon Press.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954