

ΤΟ ΣΥΜΠΛΑΝ, Η ΖΩΗ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Η ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΝΗ ΠΟΥ ΓΕΝΝΑ ΙΔΕΕΣ

Τίτλος: **ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ, Η ΖΩΗ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ**
Η ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΝΗ ΠΟΥ ΓΕΝΝΑ ΙΔΕΕΣ

Συγγραφέας: **ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΑΚΡΑΤΖΑΚΗΣ**

1^η έκδοση Ιανουάριος 2022

Εκδόσεις **ΑΓΓΕΛΑΚΗ**

Χαρ. Τρικούπη 41, 106 81 Αθήνα

Τηλ.: 210 3826220

www.angelakis.gr e-mail: info@angelakis.gr


 Εκδόσεις Αγγελάκη  angelakisbooks  angelakisbooks

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ: Εκδόσεις Αγγελάκη

Διόρθωση κειμένου: *Στέλλα Τόκου*

Δημιουργικό, ψηφιακή επιμέλεια: *Καίτη Βαφία*


Μακέτα εξωφύλλου: *Ρόζα Παπουτσάκη-Ράπη*

Εκτύπωση, Βιβλιοδεσία: 

Χαρ. Τρικούπη 49, 106 81 Αθήνα

Τηλ.: 210 3800239

www.angelakisdigital.gr e-mail: pdigital@angelakis.gr

 Angelakis Digital

© 2022 Εκδόσεις **ΑΓΓΕΛΑΚΗ**

© 2022 Δημήτριος Μακρατζάκης

ISBN : 978-960-616-249-7

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση και η αποθήκευση σε κάποιο σύστημα διάσωσης και γενικά η αναπαραγωγή του παρόντος έργου, με οποιονδήποτε τρόπο ή μορφή, τμηματικά ή περιληπτικά, στο πρωτότυπο ή σε μετάφραση ή σε άλλη διασκευή, σύμφωνα με τον Ν. 2387/1920 (όπως έχει τροποποιηθεί με τον Ν. 2121/1993 και ισχύει σήμερα) και κατά τη Διεθνή Σύμβαση της Βέρνης (η οποία έχει κυρωθεί με τον Ν. 100/1975) χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη και του συγγραφέα.

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΑΚΡΑΤΖΑΚΗΣ

ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ, Η ΖΩΗ
ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Η αστερόσκονη που γεννά ιδέες

Στην Κική, τον Γιάννη και την Αθηνά.

*Σε όλους όσους επιμένουν ν' αναζητούν την αλήθεια
για το είναι και το γίνεσθαι του κόσμου
στην δύσκολη και ταραγμένη εποχή μας.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	13
----------------	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
----------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Η απαρχή και η εξέλιξη του γνωστού σύμπαντος

Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang)	21
Η περίοδος της ακτινοβολίας	24
Η εμφάνιση της ύλης	26
Η ύλη αποκτά άτομα	28
Η βαρύτητα διαμορφώνει γαλαξίες και άστρα	30
Ο θάνατος των άστρων	31
Αποδείξεις για την ορθότητα της θεωρίας της ΜΕ	34
Ο Γαλαξίας και το Ηλιακό μας σύστημα	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Από την αστερόσκονη γεννήθηκε η ζωή

Η χημεία ανοίγει τον χορό	43
Οι πρόγονοι των κυττάρων	48
Η ζώνη της Χρυσομαλλούσας	51
Η ζωή και ο Β΄ νόμος της θερμοδυναμικής	52
Οι πρώτοι μονοκύτταροι οργανισμοί	53
Οι πολυκύτταροι οργανισμοί	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Οι γεωλογικές εποχές στη Γη

Προκάμβριος εποχή	64
Παλαιοζωική εποχή.....	66
α. Κάμβριος	66
β. Ορδοβίκειος.....	67
γ. Σιλούριος	68
δ. Δεβόνιος.....	68
ε. Λιθανθρακοφόρος.....	70
στ. Πέρμιος	71
Μεσοζωική εποχή	72
α. Τριασική	73
β. Ιουρασική	74
γ. Κρητιδική.....	75
Καινοζωική εποχή.....	77
α. Παλαιογενής.....	78
Παλαιόκαινος.....	78
Ηώκαινος	78
Ολιγόκαινος	80
β. Νεογενής.....	81
Μειόκαινος.....	81
Πλειόκαινος	82
γ. Τεταρτογενής	84
Πλειστόκαινος.....	84
Ολόκαινος	90
Το «κοσμικό ημερολόγιο»	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Η εξέλιξη των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής

Εισαγωγικά	99
Η ουσία της θεωρίας της εξέλιξης του Δαρβίνου	101
Πώς αλλάζει το DNA.....	106
Η ανθρώπινη παρέμβαση στην αλλαγή του DNA	109
Τεκμηρίωση της ορθότητας της θεωρίας της εξέλιξης	111
Είναι ακριβής η χρονολόγηση των απολιθωμάτων;	121

Η εξέλιξη λειτουργεί με διακλαδώσεις.....	124
Αντιθέσεις στη θεωρία του Δαρβίνου	126
Αριστοτέλης, ο πρώτος βιολόγος.....	128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ο άνθρωπος

Εισαγωγικά	133
Η θέση του ανθρώπου στην ταξινόμηση των ειδών	135
Η εμφάνιση και η εξάπλωση των ανθρώπων.....	138
Οι αποκλειστικά ανθρώπινες δυνάμεις.....	142
Ο ανθρώπινος πολιτισμός	145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Η βιολογική βάση της συνείδησης

Εισαγωγικά	149
Η έρευνα περί της συνείδησης.....	151
Λίγα λόγια για τον εγκέφαλο	156
Θεμελιώδεις εγκεφαλικές δομές που σχετίζονται με τη συνείδηση	160
Τα εργαλεία της έρευνας για τη συνείδηση	164
Νευρωνικός Δαρβινισμός.....	165
Η ουσία της συνείδησης.....	168
1. Πρωτογενής Συνείδηση (ΠΣ)	168
2. Λόγος και Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως (ΣΑΤ)	170
Η μαγεία της υποκειμενικής εμπειρίας.....	176
Ασυνείδητες εγκεφαλικές λειτουργίες.....	178
Συνείδηση και πληροφορία.....	180
Συμπερασματικά	181

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Η πολιτιστική εξέλιξη του ανθρώπου

Εισαγωγικά	187
Παλαιολιθική εποχή.....	191
α. Αρχαία (Κάτω) Παλαιολιθική εποχή.....	191
β. Μέση Παλαιολιθική εποχή.....	195
γ. Νέα (Ανω) Παλαιολιθική εποχή	196
Μεσολιθική εποχή.....	197

Νεολιθική εποχή	199
Εποχή του χαλκού	202
Εποχή του ορείχαλκου και του μπρούτζου	203
Εποχή του σιδήρου	207

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

Ο οργανισμός της Γης

Εισαγωγικά	213
Το είδος που προκαλεί τον πυρετό στον πλανήτη Γη	215
Οι κλιματικές αλλαγές	216
Οι επιπτώσεις από την υπερθέρμανση και την υπερεκμετάλλευση της Γης	219
Το φυσικό περιβάλλον δηλητηριάζεται συστηματικά	223
Τελικά υπαρχει ελπίδα;	225
Τα συμφέροντα των ισχυρών διαμορφώνουν τις πολιτικές	228
Σαν επίλογος	230

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Βιολογία και ηθική

Η ηθική δύναμη του ανθρώπου	233
Σχετίζεται η ηθική με τη βιολογία;	237
Η φυσιοκρατική ηθική	239
Η εξέλιξη της ηθικής	241

ΕΠΙΛΟΓΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ	243
-------------------------------	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	245
---------------------------	-----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό περιέχει μια πραγματικά συναρπαστική ιστορία που κατά τη γνώμη μου πρέπει να γνωρίζει κάθε μορφωμένος άνθρωπος. Πρόκειται για την εμφάνιση και την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας μέχρι την ανάδυση του σύγχρονου ανθρώπου, του *Homo sapiens*, μοναδικού φορέα του λόγου και της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως. Ο συγγραφέας παραμένει αυστηρά σε όσα μας έχει γνωρίσει μέχρι σήμερα η επιστήμη, με κάποιες φιλοσοφικές και προσωπικές προεκτάσεις που κάνουν το κείμενο ιδιαίτερα ευχάριστο και προκαλούν έναν δημιουργικό αναστοχασμό.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται η πορεία της ύπαρξης από τη Μεγάλη Έκρηξη μέχρι τον σχηματισμό του πλανήτη Γη. Η ανάλυση αυτή θεωρώ πως είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ακόμα και για τον αμήτο σ' αυτά τα θέματα αναγνώστη, ο οποίος πάντως μπορεί να μην επιμείνει στις λεπτομέρειες. Το περιεχόμενο του κεφαλαίου αυτού αποτελεί την αφετηρία και τη στερεά βάση στην οποία θα στηριχθεί στη συνέχεια η επαγωγική εξέλιξη μέχρι την οργανική ύλη, τη βιολογία και τον άνθρωπο. Είναι συναρπαστικό να γνωρίζει κανείς ότι η ύπαρξη και ο θάνατος των άστρων με μεγάλη μάζα, που αποτελούν μόλις το 1 τοις χιλίοις του συνόλου των άστρων, ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Γιατί όλα τα βαρέα χημικά στοιχεία που υπάρχουν στους ζωντανούς οργανισμούς, γεννήθηκαν στα άστρα αυτά, σκορπίστηκαν στον διαστρικό χώρο με τον εκρηκτικό θάνατό τους και έδωσαν τη δυνατότητα στο ηλιακό μας σύστημα που προέκυψε από τη βαρυτική συμπίκνωση του διαστρικού χώρου να διαθέτει τα υλικά που είναι απαραίτητα για τη ζωή όπως την ξέρουμε.

Στη συνέχεια αναλύεται η εξέλιξη της ανόργανης ύλης σε οργανική, η χημική εξέλιξη σε επίπεδο μορίων και οι συνθήκες που επικρατούσαν στη νεαρή Γη και επέτρεψαν την ανάδυση του φαινομένου της ζωής. Είναι συγκλονι-

στική, κατά την άποψή μου, η συνειδητοποίηση του τι σημαίνει ζωή, και πώς εμφανίστηκε σύμφωνα με αυτά που μας έχει γνωρίσει η σύγχρονη επιστήμη, παραμένοντας για περίπου 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια μέσα στο νερό.

Ο μεσήλικας πλανήτης μας πέρασε από πολλά στάδια στη διάρκεια των 4,6 δισεκατομμυρίων ετών της ύπαρξής του. Σε κάθε στάδιο υπήρξαν διάφοροι οργανισμοί από τους μονοκύτταρους και τα πρώτιστα, μέχρι τα ψάρια και τα αμφίβια, τα ερπετά, τα θηλαστικά, τα πρωτεύοντα, τους ανθρωπίδες μέχρι τον άνθρωπο. Η ανάλυση των γεωλογικών αυτών εποχών, της συνεξέλιξης του πλανήτη και της ζωής, είναι πραγματικά συναρπαστική και αποδίδεται εξάίρετα στο βιβλίο αυτό.

Στα επόμενα τρία κεφάλαια κορυφώνεται το ενδιαφέρον. Η εκτεταμένη ανάλυση της θεωρίας της εξέλιξης των ειδών αποδίδεται με απλό και κατανοητό τρόπο και μάλιστα υπό το φως των νεότερων κατακτήσεων της επιστήμης. Είναι αλήθεια ότι οι περισσότεροι δεν γνωρίζουν ακριβώς τι είπε ο Δαρβίνος, αν και με ευκολία παίρνουν θέση με θετικές ή αρνητικές τοποθετήσεις. Ιδιαίτερα αναδεικνύονται τα δεδομένα που θεμελιώνουν την ορθότητα της θεωρίας.

Θέλω εδώ να παρατηρήσω ότι οι αρχές της εξελικτικής βιολογίας διαφέρουν από τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν στη φυσικομαθηματική επιστήμη, όπως για παράδειγμα η θεωρία του Νεύτωνα για την κίνηση των ουρανίων σωμάτων υπό την επίρεια της αμοιβαίας βαρυτικής έλξης, η γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν και η κβαντομηχανική, αρχέτυπο των οποίων απετέλεσε η Ευκλείδεια γεωμετρία. Στην περίπτωση των τελευταίων, με βάση τα παραδεκτά αξιώματα, μπορεί κανείς να λύσει τις εξισώσεις και να κάνει λεπτομερή καταγραφή των σχετικών φαινομένων χωρίς απαραίτητα την ανάγκη προσφυγής στην εμπειρία. Έτσι ο Νεύτων προσδιόρισε την πλάτυνση της γήινης σφαίρας που οφείλεται στην περιστροφή της, με καθαρά μαθηματικούς υπολογισμούς. Τα συστήματα όμως με τα οποία ασχολείται η εξελικτική βιολογία είναι πιο πολύπλοκα από εκείνα με τα οποία ασχολείται η φυσική και απαιτούν τη συμμετοχή της εμπειρίας. Αυτό καθιστά την εξαγωγή ασφαλών και βέβαια συναρπαστικών συμπερασμάτων έναν αξιοθαύμαστο άθλο.

Δεν μπορώ να φανταστώ πιο ουσιαστική περιγραφή της εμφάνισης, της εξάπλωσης, της εξέλιξης και της ουσίας του ανθρώπινου όντος από αυτήν που περιέχεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Με αρκετές προσωπικές αναλύσεις

που γονιμοποιούν τη συνείδηση του αναγνώστη και γεννούν πολλές σκέψεις. Γιατί το χρήσιμο βιβλίο πρέπει να γεννά ερωτήματα και απορίες.

Η αναφορά στον βιολογικό φορέα του αποκλειστικά ανθρώπινου κατηγορήματος, του λόγου και της συνείδησης, φωτίζει το δύσκολο αυτό πεδίο με τις τελευταίες κατακτήσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας και το καθιστά προσιτό στον μέσο μορφωμένο άνθρωπο, ενώ είμαι βέβαιος ότι το καθιστά χρήσιμο και σε πολλούς ειδικούς επιστήμονες. Το μακράν πολυπλοκότερο αντικείμενο του γνωστού σύμπαντος, ο άνθρωπος εγκέφαλος, αποτελεί την πηγή του λόγου, της συνείδησης, της φαντασίας που δεν δεσμεύεται από τον χώρο και τον χρόνο, της αφηρημένης σκέψης και της ελεύθερης βούλησης μαζί με την τεράστια ευθύνη που τη συνοδεύει. Ο λόγος είναι το φως που φωτίζει τον κόσμο και τον ίδιο τον άνθρωπο τον οποίο συνδέει με το σύμπαν, μόνο που συχνά έχει διαφορετική σημασιολογική φόρτιση ανάμεσα στους ανθρώπους.

Ο λόγος και η ανθρώπινη συνείδηση οδήγησαν σταδιακά σ' έναν εξελισσόμενο πολιτισμό που καλύπτει 2,5 εκατομμύρια χρόνια από την εμφάνιση του γένους *Homo* και περίπου 300 χιλιάδες χρόνια από την εμφάνιση του *Homo sapiens*, του σύγχρονου ανθρώπου. Η περιγραφή των πολιτιστικών περιόδων, από την Παλαιολιθική εποχή μέχρι την εποχή μας, που από πολλούς αποκαλείται ανθρωπόκαινος, είναι ένα υπέροχο ταξίδι γνώσεως και αυτογνωσίας.

Το 8^ο κεφάλαιο είναι συνταρακτικό και πρέπει να βοηθήσει στην ενεργοποίηση κάθε σκεπτόμενου ανθρώπου. Περιγράφει πως οι σημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου και το αχαλίνωτο πάθος για κέρδος και επικυριαρχία προκαλούν έντονες βλαπτικές επιπτώσεις στον πλανήτη, με αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και βίαιες κλιματικές αλλαγές που ήδη βιώνουμε. Ο άνθρωπος παρά το ότι γνωρίζει πλέον τις συνέπειες επιμένει να δηλητηριάζει και να καταστρέφει το σπίτι του αδιαφορώντας για τις τραγικές συνέπειες, πράγμα που κάνει πολλούς να αναρωτιούνται αν πράγματι πρόκειται για ευφύες ον.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, μετά από μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα ανάλυση της έννοιας της ηθικής, επιχειρείται η σύνδεση της έννοιας αυτής με την εξελικτική βιολογία, που άρχισε να καταγράφεται από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Φαίνεται πως η σύνδεση της βιολογίας με την ηθική συμπεριφορά του ανθρώπου είναι στην εποχή μας επαρκώς τεκμηριωμένη.

Τα αντικείμενα του βιβλίου και η επαγωγική μεταξύ τους σχέση, όπως τα αναλύει η ιδιαίτερη οπτική του συγγραφέα, είμαι βέβαιος ότι θα καταστήσουν τον αναγνώστη πλουσιότερο πνευματικά. Θα τον βοηθήσουν να προχωρήσει με σταθερότητα στα πεδία της γνώσεως και της αυτογνωσίας, σε μια εποχή που οι σειρήνες τον σπρώχνουν προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Δημήτριος Χριστοδούλου

Καθηγητής Μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο Princeton (NJ)

Καθηγητής Φυσικής και Μαθηματικών στο Ομοσπονδιακό

Ινστιτούτο Τεχνολογίας ETH (Zurich)

Μέλος της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

*Έχω έξι τίμιους εργάτες,
που μου έμαθαν όλα όσα ξέρω.
Τα ονόματά τους είναι Τι και Γιατί και Πότε,
Πώς και Πού και Ποιος
Rudyard Kipling (Just So Stories, 1902)*

Η φιλοδοξία της συγγραφικής αυτής προσπάθειας είναι να ριχτεί λίγο φως στη μεγάλη και συγκλονιστική πορεία της ύπαρξης. Να φωτισθούν μερικά σπουδαία κατά την άποψη του συγγραφέα θέματα που απασχολούν κάθε μέσο μορφωμένο άνθρωπο. Θέματα που αφορούν την πορεία του είναι και του γίνεσθαι από την πρώτη στιγμή **που είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε**, από την πρωταρχική κοσμική ακτινοβολία, μέχρι την ανάδυση του φωτός του λόγου και της συνείδησης. Μέχρι δηλαδή την εμφάνιση του ανθρώπου και του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι άνθρωποι έχουν την υπαρξιακή ανάγκη να καταλάβουν ποιοι είναι πραγματικά και πώς βρέθηκαν στον θαυμαστό και μυστηριώδη κόσμο στον οποίο ζουν.

Η μεγαλειώδης αυτή πορεία καθορίστηκε τόσο από την λειτουργία των φυσικών νόμων και των θεμελιωδών δυνάμεων που υπάρχουν εξ αρχής στο σύμπαν, από την αιτιοκρατία δηλαδή, όσο και από τυχαιοκρατικούς παράγοντες. Οι τελευταίοι μονοπωλούν τη λειτουργία του κβαντικού κόσμου, του μικρόκοσμου, αλλά και συνυπάρχουν με την αιτιοκρατία στον μακρόκοσμο. Το ότι το 99% των ειδών που έχουν υπάρξει στη Γη δεν υπάρχουν πλέον δεν οφείλεται στους φυσικούς νόμους, αλλά στη λειτουργία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής και στις τυχαιοκρατικά μεταβαλλόμενες συνθήκες του

φυσικού περιβάλλοντος. Και η ύπαρξη του τυχαίου στην εξέλιξη του σύμπαντος αποκλείει κάθε είδους σκοπιμότητα.

Έτσι ο αναγνώστης ίσως αισθανθεί την πληρότητα και την ικανοποίηση που απορρέει από την στοιχειώδη έστω κατανόηση του κόσμου που τον περιβάλλει, αλλά και του εαυτού του, και τη συνειδητοποίηση της σχέσεως μεταξύ αυτών. Και να αισθανθεί την ανάγκη με δική του πρωτοβουλία πλέον να διευρύνει τις πιθανές γνώσεις που θα αποκτήσει. Να ωριμάσει στη συνείδησή του η ανάδυση της ζωής στον πλανήτη μας μέσα από την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των μοριακών δομών, και η εξέλιξη των ζωντανών οργανισμών μέχρι την εμφάνιση του ανθρώπου. Η συνέχεια του ανόργανου είναι το οργανικό, η συνέχεια του οργανικού το βιολογικό στις άπειρες μορφές του μέχρι την εμφάνιση του άνθους της ζωής που είναι η πανίσχυρη λειτουργία του ανθρώπινου λόγου και της συνείδησης. Της δύναμης του ανθρώπου να επικοινωνεί λογικά, να φαντάζεται υπερβαίνοντας τον χώρο και τον χρόνο, να συλλαμβάνει νοητικά το όλον και να αναρωτιέται για την προέλευσή του, γνωρίζοντας συγχρόνως ότι η ζωή του κάποια μέρα θα τελειώσει.

Ίσως κάποια εδάφια στα κεφάλαια 1 και 6 χρειαστούν λίγη επιμονή για την αφομοίωσή τους από τον μη ειδικό αναγνώστη. Κρίθηκε όμως χρήσιμη η παράθεσή τους για λόγους πληρότητας του γνωστικού οικοδομήματος που παρατίθεται. **Η μεταξύ των θεμάτων που αναλύονται σχέση είναι επαγωγική και διαλεκτική** και επιλέχθηκαν για να υπηρετήσουν τον στόχο που αναφέρθηκε με σαφήνεια ευθύς εξ αρχής. Άλλωστε η χρησιμότητα κάθε βιβλίου θεμελιώνεται στην ιδιαίτερη σύνθεση των θεμάτων του και την ιδιαίτερη οπτική γωνία από την οποία τα φωτίζει ο συγγραφέας.

Ποιος μπορεί να ισχυριστεί ότι στον ατέλειωτο ωκεανό της γνώσης υπάρχουν στεγανά; Το επιστητό είναι ενιαίο και αδιαίρετο όπως η ίδια η ζωή σε όλες τις πτυχές της. Κανένας τομέας του επιστητού δεν μπορεί να είναι απροσπέλαστος για εκείνους που με αγωνία αναζητούν απαντήσεις στα υπαρξιακά τους ερωτήματα. Επιπλέον κάθε υπεύθυνος πολίτης στην εποχή μας προκειμένου να απαλλαγεί από την αφελή ευπιστία στις σχέσεις του με τους άλλους ανθρώπους και τους ασχολούμενους με τα κοινά, και να προστατευθεί από τη χειραγώγηση, πρέπει να είναι έστω και στοιχειωδώς ενημερωμένος πάνω στις σύγχρονες κατακτήσεις του εξελισσόμενου ανθρώπινου πνεύματος. Η γνώση τόσο των φυσικών όσο και των κοινωνικών φαινομένων και λειτουργιών είναι απαραίτητη για την επιβίωση του είδους μας και τον παραμερισμό

ιδεοληψιών και επικίνδυνων ψευδοεπιστημονικών θέσεων. Θέσεων που δυστυχώς αφθονούν στις μέρες μας, πληγώνουν την επιστήμη και τη λογική και θολώνουν την κρυστάλλινη θέαση του κόσμου στον οποίο ζούμε. Η ψευδοεπιστήμη σύμφωνα με τον Καρλ Σαγκάν είναι πολύ πιο εύκολη από την επιστήμη γιατί δεν μπαίνει στον κόπο να στηρίζει τα επιχειρήματά της στην άκαμπτη επιστημονική μεθοδολογία και τεκμηρίωση.

Οι παραδεδεγμένες γνώσεις σε κάθε εποχή, που προκύπτουν από επίπονες χρονοβόρες προσπάθειες και διαφωνίες, συνιστούν αυτό που ονομάζουμε «αλήθεια». Η αλήθεια όμως εξελίσσεται, και μάλιστα με γεωμετρική πρόοδο, μαζί με το κοινωνικό, το πολιτιστικό, και ιδιαίτερα βέβαια το επιστημονικό περιβάλλον. Και τα ερωτήματα που τίθενται κατά την αναζήτηση της αλήθειας σε κάθε εποχή δεν είναι τα ίδια.

Έτσι όσα παρατίθενται στο βιβλίο αυτό αντανακλούν την αλήθεια της εποχής μας, που ασφαλώς δεν είναι τελική όσο συνεχίζεται η περιπέτεια του ανθρωπίνου πνεύματος. Ούτε απαντούν οριστικά στα έσχατα ερωτήματα που συχνά θέτουν ακόμα και μικρά παιδιά. Όπως γιατί υπάρχει το σύμπαν και όχι τίποτα, γιατί υπάρχουν οι φυσικοί νόμοι και οι θεμελιώδεις δυνάμεις, γιατί έχουν την μαθηματική μορφή που γνωρίζουμε και τι προηγήθηκε της Μεγάλης Έκρηξης. Μπορεί πολλά να μας είναι άγνωστα, ίσως τα περισσότερα, ωστόσο οι κατακτήσεις του ανθρώπου στο γνωστικό πεδίο αυξάνονται με ραγδαίους ρυθμούς κάθε μέρα.

Ορισμένα από τα θέματα που αναπτύσσονται είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα, μιας και αποτελούν αντικείμενα όχι μόνο της επιστήμης, αλλά και της φιλοσοφίας και της θεολογίας. Οι δρόμοι που ακολουθούν τα συνυπάρχοντα αυτά πεδία στην αγωνιώδη και διαχρονική προσπάθεια του ανθρώπου να αναζητήσει την αλήθεια για το είναι και το γίνεσθαι του κόσμου είναι διαφορετικοί. Ο ένας όμως δεν αποκλείει τον άλλο, καθένας είχε και έχει τη δική του δυναμική και έχει προσφέρει πολύτιμες υπηρεσίες στην εξέλιξη του ανθρώπου. Σ' αυτό το βιβλίο παρατίθενται αποκλειστικά τα δεδομένα που έχουν προκύψει μέσω της έρευνας και της επαλήθευσης, δηλαδή μέσω της επιστήμης, στα ερωτήματα που συνεχώς θέτει ο άνθρωπος. Και τα οποία είναι αληθή στο βαθμό που είναι έγκυρη και αξιόπιστη η ίδια η επιστήμη. Η αντικειμενικότητα της επιστήμης ασφαλώς δεν αμφισβητείται στην εποχή μας, χωρίς την επιστήμη τα πάντα θα εθεωρούντο θαύματα. Ωστόσο η ετερότητα κάθε άποψης οφείλει να είναι απολύτως σεβαστή. Μάλιστα από τον αμοιβαίο σεβασμό,

την ανοχή και γιατί όχι την συνεργασία, μόνο οφέλη μπορούν να προκύψουν για την κοινωνία των ανθρώπων.

Το βιβλίο αν και ακτινογραφεί τον άνθρωπο, απέχει από το να θεωρηθεί ανθρωποκεντρικό με την έννοια που εκφράζει η ανθρωπική αρχή, τοποθετώντας τον στοχευμένα στο κέντρο της ύπαρξης. Αντιθέτως αντιμετωπίζει τον άνθρωπο ως ένα από τα είδη του ζωικού βασιλείου, το οποίο όμως κατέχει ιδιαίτερες δυνάμεις που κανένα άλλο είδος δεν διαθέτει. Όπως είναι ο λόγος, η συνείδηση ανωτέρας τάξεως, η φαντασία που υπερβαίνει τον χώρο και τον χρόνο και η γλώσσα, που οδήγησαν σε έναν ραγδαία εξελισσόμενο πολιτισμό. Όπως είναι επίσης η ελευθερία της βούλησης μαζί με την τεράστια ευθύνη που τη συνοδεύει. Και η δυνατότητα ηθικής αξιολόγησης και συμπεριφοράς που ακριβώς στηρίζεται στην ελεύθερη βούληση, και γι' αυτό μπορεί να έχει θετικό ή αρνητικό πρόσημο. Χάρης σ' αυτές και άλλες δυνάμεις που έχει ο άνθρωπος, εκτός από το δικό του μέλλον κυριολεκτικά κουβαλά στους ώμους του και το μέλλον των λοιπών ζωντανών πλασμάτων, και του ίδιου του πλανήτη που τον φιλοξενεί.

Η σύντομη επανάληψη ορισμένων στοιχείων και ιδεών σε διαφορετικά κεφάλαια έγινε σκόπιμα, για να τονισθεί η σημασία τους και για να εντυπωθούν εντονότερα στη μνήμη του αναγνώστη.

Ευχαριστώ θερμά τον διαπρεπή Έλληνα καθηγητή των μαθηματικών στο πανεπιστήμιο του Πρίνστον, των μαθηματικών και φυσικής στο Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας (ETH) της Ζυρίχης, μέλος της Αμερικανικής και της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Επιστημών και εκλεκτό φίλο Δημήτριο Χριστοδούλου για την ανάγνωση του πρώτου κεφαλαίου και τις πολύ χρήσιμες υποδείξεις του.

Ευχαριστώ την κ. Καίτη Βαφία, την κ. Στέλλα Τόκου και την κ. Ρόζα Παπουτσάκη για την υπομονή και την βοήθειά τους στην υλοποίηση της έκδοσης.

Τέλος ευχαριστώ τον εκδότη μου κ. Μάνο Αγγελάκη για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Η ΑΡΧΗ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΓΝΩΣΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

*Δεν υπάρχουν απλώς μέσα στο σύμπαν, είστε μέρος του.
Μάλιστα είστε το αναπόσπαστο κομμάτι του,
μέσα από το οποίο συνειδητοποιεί τον εαυτό του.*

Eckhart Tolle

Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang)

Το κοσμολογικό μοντέλο που επικρατεί σήμερα και περιγράφει με επιστημονικούς όρους τη γέννηση και την εξέλιξη του **δυναμένου να παρατηρηθεί** από τον άνθρωπο σύμπαντος είναι η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης. Η θεωρία που αναλύει το πώς ξεκίνησε το σύμπαν σαν υπερδύναμη με απειροελάχιστη διάσταση, με άπειρη θερμοκρασία και πυκνότητα, χωρίς καμιά δομή, χωρίς γαλαξίες και άστρα, χωρίς καν άτομα ύλης, που εμπεριείχε εξ αρχής τις τέσσερις γνωστές θεμελιώδεις δυνάμεις. Και πώς το σύμπαν αυτό εξελίχθηκε για 13.8 δισεκατομμύρια χρόνια μέχρι σήμερα.

Το 1905 και το 1915 ο **Einstein** διετύπωσε την ειδική και τη γενική θεωρία της σχετικότητας αντίστοιχα, αποδεικνύοντας ότι ο χώρος και ο χρόνος δεν υπάρχουν καθαυτοί, αλλά στην πραγματικότητα είναι σχέσεις σε ένα τετραδιάστατο συμπαντικό χωροχρονικό συνεχές, κάτι που είναι δύσκολα αντιληπτό με την κοινή λογική που έχει δομηθεί για να αντιλαμβάνεται το γνωστό τρισδιάστατο σύμπαν. Η έννοια του χωρόχρονου πάντως εισήχθη το 1908 από τον Hermann Minkowski. Μετά τη διατύπωση της σχετικότητας ούτε ο

χώρος πλέον υπακούει στην Ευκλείδεια φυσική, ούτε ο χρόνος κυλά με τον ρυθμό ενός ρολογιού. Ο κοσμικός χωρόχρονος συστέλεται και διαστέλεται, αλλά και καμπυλώνεται όπως είχε περιγράψει ο Bernhard Riemann στην επί υφηγεσία διατριβή του το 1854. Η βαρύτητα πλέον ορίζεται ως γεωμετρική ιδιότητα του χωρόχρονου, ως η καμπύλωση του χωρόχρονου εξαιτίας της μάζας της ύλης και της μάζας που αντιστοιχεί στην ενέργεια.

Και ενώ από τα μαθηματικά της σχετικότητας του Einstein προέκυπτε ότι το σύμπαν διαστέλλεται, ο ίδιος συμφώνησε με τους αστρονόμους της εποχής του που επέμεναν ότι το σύμπαν είναι σταθερή δομή που δεν μεταβάλλεται, εισάγοντας μάλιστα στις εξισώσεις του μια διορθωτική κοσμολογική σταθερά για να ακυρώσει την διαστολή. Αργότερα βέβαια αποδείχτηκε ότι το σύμπαν όχι μόνο διαστέλλεται αλλά διαστέλλεται με επιταχυνόμενο ρυθμό, και ο Einstein παραδέχτηκε ότι η εισαγωγή της κοσμολογικής σταθεράς ήταν λάθος του.

Το 1912 ο Αμερικανός αστρονόμος **Vesto Slipher** βασισμένος σε φασματοσκοπικά δεδομένα παρατήρησε ότι σπειροειδή ουράνια σώματα, που δεν ήξερε τότε ότι επρόκειτο για γαλαξίες, απομακρύνονται από τη Γη. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από την μετακίνηση των φασματικών γραμμών των στοιχείων των ουρανίων αυτών σωμάτων, σε σχέση με τα αντίστοιχα στοιχεία στη Γη, με την πάροδο του χρόνου σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, προς την ερυθρά περιοχή. Παρουσίασε τα ευρήματά του στην Αμερικανική Αστρονομική Εταιρεία το 1914.

Το 1922 ο Ρώσος κοσμολόγος και μαθηματικός **Alexander Friedman** βασιζόμενος στις εξισώσεις της γενικής σχετικότητας διετύπωσε την άποψη, σε αντίθεση με τον Einstein, ότι το σύμπαν πιθανώς διαστέλλεται και δεν είναι στατικό. Το 1924 ο **Edwin Hubble** πιστοποίησε ότι τα ουράνια σώματα που περιέγραψε ο Slipher δώδεκα χρόνια νωρίτερα ήταν μακρινοί γαλαξίες. Μέχρι τότε η επικρατούσα άποψη ήταν ότι το σύμπαν αποτελείτο αποκλειστικά από τον γαλαξία στον οποίο υπήρχε το ηλιακό μας σύστημα.

Το 1927 ο Βέλγος φυσικός και καθολικός ιερέας **Georges Lemaitre** εργαζόμενος πάνω στις εξισώσεις της γενικής σχετικότητας του Einstein, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αναφερθείσα απομάκρυνση των γαλαξιών οφείλεται στο ότι το σύμπαν πράγματι διαστέλλεται, προκαλώντας τότε τα αρνητικά σχόλια του Einstein. Όμως μόλις δύο χρόνια αργότερα, το 1929, ο Hubble απέδειξε οριστικά ότι το σύμπαν διαστέλλεται. Και δεν έφτανε αυτό

αλλά προς το τέλος του 20^{ου} αιώνα απεδείχθη από τους **Perlmutter, Smith** και **Riess** ότι η ταχύτητα απομάκρυνσης των γαλαξιών, δηλαδή η διαστολή του σύμπαντος, αυξάνεται όσο μεγαλώνει η μεταξύ τους απόσταση. Η ανακάλυψη της επιταχυνόμενης διαστολής είχε σαν αποτέλεσμα την επανεισαγωγή της κοσμολογικής σταθεράς θετικού προσήμου, που τώρα ονομάζεται σκοτεινή ενέργεια. Γι' αυτή τους την ανακάλυψη οι αναφερθέντες ερευνητές βραβεύθηκαν με το βραβείο Shaw της Αστρονομίας το 2006, και με το βραβείο Νόμπελ της Φυσικής το 2011.

Το 1931, πάλι ο Lemaitre με μια ιστορική δημοσίευση στο περιοδικό Nature εισήγαγε την θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, την «**υπόθεση του πρωταρχικού ατόμου**» όπως την ονόμασε τότε. Την θέση δηλαδή ότι η αναμφισβήτητη πλέον διαστολή του σύμπαντος αν προβληθεί στο παρελθόν οδηγεί σε ένα απειροελάχιστο σημείο στο οποίο ήταν συμπυκνωμένη όλη η ενέργεια του σύμπαντος. Από το σημείο αυτό, μέσω μιας ασύλληπτης έκρηξης - διαστολής που σήμερα τοποθετείται από τους επιστήμονες στα 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, γεννήθηκε το σύμπαν που γνωρίζουμε και ο ιστός του χωρόχρονου ήρθε σε ύπαρξη.

Η διαστολή του σύμπαντος ήταν εκρηκτικά γρήγορη στην αρχική φάση. Ο ρυθμός της διαστολής επιβραδύνθηκε στη συνέχεια, για να επιταχυνθεί και πάλι μετά από 9,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Μάλιστα τον Ιούνιο του 2016 η NASA και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Διαστήματος ανακοίνωσαν ότι σύμφωνα με μελέτες μέσω του διαστημικού τηλεσκοπίου Hubble σε 70 αστέρες του Μεγάλου Μαγγελανικού Νέφους, που είναι Γαλαξίας γειτονικός του δικού μας, το σύμπαν διαστέλλεται κατά 5 έως 9% ταχύτερα απ' ό,τι είχε υπολογισθεί παλαιότερα, με αποτέλεσμα το σύμπαν να διπλασιάζει το μέγεθός του κάθε 10 δισεκατομμύρια χρόνια. Το γεγονός αυτό που έχει προβληματίσει τους φυσικούς, αποδίδεται στην ύπαρξη της σκοτεινής ενέργειας του σύμπαντος που πιθανώς λειτουργεί ως ένα είδος κοσμικής αντιβαρύτητας.

Ο όρος Big Bang χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1949 από τον Άγγλο αστρονόμο **Fred Hoyle** για να ειρωνευτεί την ιδέα της Μεγάλης Έκρηξης την οποία δεν δεχόταν τότε. Ωστόσο ο όρος διατηρήθηκε αποβάλλοντας το ειρωνικό του περιεχόμενο.

Η περίοδος της ακτινοβολίας

Τα δεδομένα που έχουν τεθεί στη διάθεσή μας από τις συναφείς επιστήμες και αφορούν τη γένεση του σύμπαντος είναι σχετικά πρόσφατα. Σύμφωνα με την κβαντική μηχανική στο αρχικό απειροελάχιστο κλάσμα του πρώτου δευτερολέπτου μετά την Μεγάλη Έκρηξη (ΜΕ), που ονομάζεται **χρόνος Planck** από το όνομα του Γερμανού φυσικού που συνέλαβε την ιδέα, δεν ξέρουμε τι έγινε και τι υπήρχε. Στο χρονικό αυτό διάστημα η θερμοκρασία και η πυκνότητα ήταν ασύλληπτες, δεν είχαν ισχύ οι φυσικοί νόμοι ούτε είναι δυνατόν να προσδιορισθούν επιστημονικά ο χώρος και ο χρόνος.

Είναι ανάγκη να αναφερθεί εδώ ότι υπάρχουν γνωστοί επιστήμονες στην εποχή μας που καταθέτουν την άποψη, την οποία στηρίζουν σε κομψά μαθηματικά μοντέλα και στη βαθιά γνώση του κβαντικού κόσμου, ότι το σύμπαν **θα μπορούσε** να έχει δημιουργηθεί από το τίποτα μέσα από κατανοητές διαδικασίες. Είναι πλέον κλασικό το πόνημα του Αμερικανού θεωρητικού φυσικού και κοσμολόγου **Lawrence Krauss** με τίτλο “A Universe from Nothing” που εκδόθηκε το 2012 και υποστηρίζει ότι το σύμπαν δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα κβαντικών διακυμάνσεων στο κενό. Πάντως η θέση αυτή δεν έχει τεκμηριωθεί.

Ακριβώς στο απειροελάχιστο αυτό αρχικό χρονικό διάστημα το σύμπαν καταλάμβανε τον μικρότερο δυνατό χώρο που μπορεί να προσδιοριστεί και αντιστοιχεί στο **μήκος ενός Planck**. Είναι η απόσταση που διανύει ένα φωτόνιο, το φως δηλαδή, σε χρόνο ενός Planck.

Ακριβώς με το πέρας του χρόνου Planck έλαβε χώρα η **εκρηκτική διαστολή** του σύμπαντος που συνοδευόταν από αντίστοιχη ψύξη. Σε απειροελάχιστο χρόνο το σύμπαν είχε μεγαλώσει με ασύλληπτο ρυθμό. Σαν κατ’ αναλογία, ένα αντικείμενο με μήκος όσο το πάχος ενός χημικού μορίου, που είναι 1 εκατομμυριοστό του χιλιοστού, να απέκτησε ακαριαία μήκος τουλάχιστον 99,2 τρισεκατομμυρίων χιλιομέτρων, που αντιστοιχούν σε απόσταση 10,6 ετών φωτός.

Οι 4 θεμελιώδεις δυνάμεις που υπάρχουν στο σύμπαν είναι **η ισχυρή και η ασθενής πυρηνική δύναμη, η ηλεκτρομαγνητική δύναμη και η βαρύτητα**. Είναι ίδιες σ’ όλο το σύμπαν, υπήρχαν εξ αρχής και δεν έχουν υποστεί την παραμικρή μεταβολή από τη Μεγάλη Έκρηξη. Δεν γνωρίζουμε γιατί υπάρχουν, ούτε γιατί έχουν τη μαθηματική μορφή που γνωρίζουμε. Αν ήταν

ελάχιστα διαφορετικές, δεν θα υπήρχε το σύμπαν όπως το ξέρουμε. Πιθανώς να υπήρχε ένα άλλο σύμπαν με άλλους φυσικούς νόμους και διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Οι θεμελιώδεις δυνάμεις ήταν αρχικά ενωμένες. Με την διαστολή και ψύξη του σύμπαντος πρώτη ενεργοποιήθηκε η ισχυρή πυρηνική δύναμη στο πρώτο τρισεκατομμυριοστό του πρώτου δευτερολέπτου, πριν ενεργοποιηθεί το πεδίο Higgs για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω. Στη συνέχεια ενεργοποιήθηκε η ασθενής πυρηνική δύναμη. Οι πυρηνικές δυνάμεις δρουν αποκλειστικά μέσα στον ελάχιστο χώρο του ατόμου. Αμέσως μετά ενεργοποιήθηκε η ηλεκτρομαγνητική δύναμη. Η ισχυρή πυρηνική δύναμη είναι ένα εκατομμύριο φορές ισχυρότερη από την ασθενή πυρηνική και 137 φορές ισχυρότερη από την ηλεκτρομαγνητική.

Πρόσφατα επιστημονικά πειράματα, που δεν έχουν ακόμα τεκμηριωθεί, γέννησαν την υπόνοια ότι ίσως υπάρχει και πέμπτη θεμελιώδης δύναμη, το κβάντο της οποίας ονομάστηκε **σωματίδιο X17**. Η θεωρία περί της πιθανής ύπαρξης πέμπτης θεμελιώδους δύναμης έχει διατυπωθεί από δεκαετίες, αλλά μόλις πρόσφατα επικαιροποιήθηκε, όταν παρατηρήθηκε ότι όταν διεγερμένος πυρήνας ηλίου διασπασθεί εκπέμπει μια περίεργη ακτινοβολία. Αν διαπιστωθεί οριστικά η ύπαρξη του σωματιδίου αυτού, τότε πιθανώς θα είναι αυτό που συνδέει την αντιληπτή ύλη του σύμπαντος με την σκοτεινή ύλη που αποτελεί τη συντριπτική πλειοψηφία της συνολικής ύλης του σύμπαντος.

Επίσης πρόσφατα είδε το φως της δημοσιότητας και το μοντέλο των περιστρεφόμενων λεπτονίων που μένει να αποδειχθεί! Σύμφωνα με αυτό υπάρχουν μόνο δύο δυνάμεις, η ηλεκτρομαγνητική και η βαρύτητα ενώ η ισχυρή και η ασθενής πυρηνική δύναμη εξηγούνται από τον συνδυασμό της βαρύτητας και της σχετικότητας.

Πριν το πρώτο δισεκατομμυριοστό του πρώτου δευτερολέπτου μετά την Μεγάλη Έκρηξη, το σύμπαν ήταν μια ακατέργαστη ακτινοβολία σε ασύλληπτη θερμοκρασία και πυκνότητα, ένα «**πλάσμα**» αποτελούμενο από στοιχειώδη σωματίδια - κύματα και τα αντίστοιχα αντισωματίδια, που εκκινούντο με ασύλληπτη ταχύτητα και συγκρούονταν μεταξύ τους. Η τεράστια κινητική ενέργεια των σωματιδίων ήταν μεγαλύτερη από την ισχυρή πυρηνική δύναμη και επομένως τα συγκρουόμενα σωματίδια σκεδάζονταν χωρίς καμιά δυνατότητα συνθέσεων. Δώδεκα είδη από αυτά προκάλεσαν ελάχιστα αργότερα την εμφάνιση της ύλης. Είναι τα **6 είδη quarks** καθώς και τα **λεπτόνια**. Στα

λεπτόνια ανήκουν τα **ηλεκτρόνια**, τα **μύονια** και τα βραχύβια **σωματίδια T** με τα αντίστοιχα τρία **νετρίνα** τους. Τα λεπτόνια δεν επηρεάζονται από την ισχυρή πυρηνική δύναμη, γι' αυτό δεν συμμετείχαν στους αρχικούς συνδυασμούς.

Τα μύονια που ανακαλύφθηκαν το 1936 είναι σαν τα ηλεκτρόνια, αλλά 207 φορές βαρύτερα. Ως ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια περιστρέφονται όταν βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο, έχει βρεθεί όμως ότι περιστρέφονται ελαφρώς ταχύτερα του αναμενομένου με βάση τους φυσικούς νόμους, πράγμα που έχει δημιουργήσει νέα ενδιαφέροντα ερευνητικά πεδία. Τα νετρίνα πάλι είναι πολύ ελαφρά σωματίδια σχεδόν χωρίς ηλεκτρικό φορτίο και μάζα, η ταχύτητά των οποίων πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός. Και επειδή δεν επηρεάζονται από την ισχυρή πυρηνική δύναμη περνούν ανεμπόδιστα μέσα από την ύλη που συναντούν.

Υπήρχαν όμως στην αρχική «σούπα» και άλλα είδη στοιχειωδών σωματιδίων που δεν σχετίστηκαν άμεσα με την ύλη, όπως είναι τα τέσσερα είδη **μποζονίων**. Αυτά ήταν κατά πρώτον τα **γλοιόνια**, σωματίδια-φορείς της ισχυρής πυρηνικής δύναμης, που δρουν αποκλειστικά στον πυρήνα του ατόμου. Τα γλοιόνια, όπως δηλώνει το όνομα που τους δόθηκε, συγκολλούν και κρατούν ενωμένα τόσο τα quarks για το σχηματισμό των **αδρονίων**, δηλαδή των πρωτονίων και των νετρονίων. Ενώνουν όμως και τα αδρόνια αυτά για τον σχηματισμό πυρήνων. Υπήρχαν επίσης τα **φωτόνια**, οι φορείς της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης που συγκρατεί ενωμένα τα ηλεκτρικά φορτισμένα άτομα και μόρια, τα **μποζόνια W και Z** που είναι οι φορείς της ασθενούς πυρηνικής δύναμης που σχετίζονται με την ραδιενεργό διάσπαση β ορισμένων ραδιενεργών στοιχείων, και τέλος τα μποζόνια που έγιναν γνωστά ως **σωματίδια Higgs**, ή σύμφωνα με άλλο ατυχή χαρακτηρισμό ως σωματίδια του Θεού.

Στο αρχικό αυτό πλάσμα υπήρχε μόνο ακτινοβολία. Δεν υπήρχαν άτομα χημικών στοιχείων, ούτε καν πυρήνες.

Η εμφάνιση της ύλης

Με βάση τα προηγούμενα στοιχεία, στο τέλος της εκρηκτικής διαστολής του σύμπαντος δεν υπήρχε ακόμα ύλη παρά μόνο ακτινοβολία με την μορφή κβαντικών πεδίων. Όμως λίγο πριν τα 400 εκατομμυριοστά του πρώτου δευ-

τερολέπτου λόγω της συνεχιζόμενης διαστολής και ψύξης του σύμπαντος η θερμοκρασία έπεσε κάτω από 10 τρισεκατομμύρια βαθμούς Kelvin (K). Οι αντίστοιχοι βαθμοί Κελσίου είναι πάντα βαθμοί Kelvin + 273,15, επομένως στην κλίμακα που αναφερόμαστε μπορούν να θεωρηθούν ίδιοι. Το σύμπαν είχε τότε ήδη μέγεθος τουλάχιστον 10,6 ετών φωτός λόγω του εκρηκτικού ρυθμού της διαστολής που προηγήθηκε. Τότε ακριβώς η κινητική ενέργεια που είχαν τα συγκρουόμενα quarks στο αρχικό πλάσμα έγινε μικρότερη από την συνδεδετική ενέργεια των γλοιονίων της ισχυρής πυρηνικής δύναμης με αποτέλεσμα την συνένωση των quarks. Σχηματίστηκαν τάχιστα τα ελεύθερα **αδρόνια**, δηλαδή όλα τα υπάρχοντα από τότε **πρωτόνια και νετρόνια**, άρα και οι πυρήνες του υδρογόνου αφού το πρωτόνιο είναι ένας πυρήνας υδρογόνου. Επρεπε το σύμπαν να ψυχθεί για να μπορέσει να δράσει η ισχυρή πυρηνική δύναμη και να προκαλέσει τους πρώτους συνδυασμούς στοιχειωδών σωματιδίων. Δεν υπήρχε ωστόσο ακόμα μάζα.

Εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου αργότερα σε όλη την έκταση του διαστελλόμενου σύμπαντος ενεργοποιήθηκε **το πεδίο Higgs** αποτελούμενο από τα ομόνυμα μποζόνια, δηλαδή τα σωματίδια Higgs. Με αποτέλεσμα τόσο τα αδρόνια όσο και τα εναπομείναντα στοιχειώδη σωματίδια, που μέχρι τότε δεν είχαν μάζα και εκσφενδονίζονταν προς κάθε κατεύθυνση με την ταχύτητα του φωτός, να παγιδευτούν στο πεδίο αυτό όπως οι μύγες που παγιδεύονται σε παχύρρευστη σούπα και να ελαττώσουν την ταχύτητά τους. Τότε ακριβώς τα αδρόνια και τα στοιχειώδη σωματίδια απέκτησαν μάζα. **Η μάζα κατά τον Higgs είναι η μετρούμενη αντίσταση που συναντά κάθε αδρόνιο και κάθε στοιχειώδες σωματίδιο καθώς διατρέχει το πεδίο του Higgs.** Χωρίς την ενεργοποίηση του πεδίου Higgs το σύμπαν δεν θα περνούσε από την φάση της ακτινοβολίας στη φάση της ύλης, τα στοιχειώδη σωματίδια και οι πυρήνες υδρογόνου δεν θα σχημάτιζαν ποτέ άτομα ύλης. Τα μόνα στοιχειώδη σωματίδια που παρέμειναν χωρίς μάζα ήταν τα φωτόνια.

Η ύπαρξη του πεδίου Higgs προβλέφθηκε θεωρητικά από τον Βρετανό Peter Higgs και τον Γάλλο Francois Englert το 1964. Μετά από χρόνια ερευνητικών αναζητήσεων η ύπαρξη του σωματιδίου άρα και του πεδίου του Higgs επιβεβαιώθηκε πειραματικά στις 4 Ιουλίου του 2012 από μετρήσεις στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) του CERN.

Είναι σημαντικό ότι η μάζα ενός αδρονίου δεν είναι το άθροισμα των μαζών των quarks που το αποτελούν, αλλά πολύ μεγαλύτερη. Η μάζα των 3

quarks στο εσωτερικό ενός πρωτονίου είναι μόλις το 1% της μάζας του. Το υπόλοιπο της μάζας του πρωτονίου αντιστοιχεί στην κινητική ενέργεια των quarks, κυρίως όμως στα γλοιόνια, στα μποζόνια-φορείς της ισχυρής πυρηνικής δύναμης που τα συγκρατεί ενωμένα. Άρα το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των υλικών σωμάτων αντιστοιχεί στη μεγάλη ενέργεια που απαιτείται για να διατηρούνται ενωμένα.

Συγχρόνως με την εμφάνιση της ύλης εμφανίστηκε σαν κατοπτρικό είδωλο η αντιύλη ώστε το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων της ύλης να εξουδετερωθεί από το αντίθετο φορτίο των σωματιδίων της αντιύλης και να διατηρηθεί η ηλεκτρική ουδετερότητα του σύμπαντος. Η σύγκρουση ενός σωματιδίου ύλης και ενός σωματιδίου αντιύλης έχει σαν αποτέλεσμα την εξαφάνιση αμφοτέρων και την μετατροπή τους σε φωτόνια, σε ενέργεια. Αν λοιπόν ο αριθμός των σωματιδίων της ύλης και της αντιύλης ήταν ίδιος, στο σύμπαν θα υπήρχε μόνο ενέργεια και καθόλου ύλη. Όμως σε κάθε 1 δισεκατομμύριο σωματιδίων αντιύλης υπήρχαν 1 δισεκατομμύριο και ένα σωματίδια ύλης. Η ύλη είχε ευνοϊκή μεταχείριση από το σύμπαν! Γι' αυτό υπάρχει ύλη και γι' αυτό υπάρχουμε εμείς σήμερα.

Το σύμπαν ήταν τότε ακόμα ένα τεράστιας θερμοκρασίας πλάσμα από πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια, φωτόνια και τα υπόλοιπα αδέσμευτα στοιχειώδη σωματίδια που συγκρούονταν με μεγάλες ταχύτητες. Στο στάδιο αυτό δεν υπήρχαν ακόμα **άτομα** ύλης.

Η ύλη αποκτά άτομα

Στο **πρώτο δευτερόλεπτο** μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία έπεσε στους δέκα δισεκατομμύρια βαθμούς. Η ταχύτητα των αδρονίων ελαττώθηκε περισσότερο και η ισχυρή πυρηνική δύναμις συνένωσε τότε ανά δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια προς σχηματισμόν **πυρήνων** Ηλίου.

Η δημιουργία πυρήνων συνεχίστηκε για λίγα μόνο λεπτά, γιατί η συνεχιζόμενη ψύξη του σύμπαντος απαγόρευσε την περαιτέρω δράση των πυρηνικών δυνάμεων.

Στα δεκαπέντε λεπτά από τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοπυρηνική μηχανή του σύμπαντος είχε σταματήσει, και το σύμπαν απετελείτο **κατά 75% από πυρήνες Υδρογόνου, πρωτόνια δηλαδή, και κατά 25% από πυρήνες Ηλίου**, ενώ σε κάθε δέκα δισεκατομμύρια αδρονίων τρία πρωτόνια και τρία νε-

τρόνια ενώθηκαν σε ένα πυρήνα Λιθίου (Li). Υπήρχαν επομένως και απειροελάχιστα ίχνη βαρύτερων πυρήνων **Δευτερίου, Λιθίου και ίσως Βηρυλίου**. Η θεωρητική αρχικά πρόβλεψη της σύνθεσης αυτής του νεαρού σύμπαντος επιβεβαιώθηκε απολύτως, και είναι μία ακόμη απόδειξη ότι το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης είναι ακριβές.

Το σύμπαν στο στάδιο αυτό αποτελούνταν από ένα πυκνό και ομοιογενές «πλάσμα» ηλεκτρικά φορισμένων σωματιδίων, από ατομικούς πυρήνες και ηλεκτρόνια. Όλα αυτά είχαν ήδη αποκτήσει μάζα και αλληλεπιδρούσαν με τα φωτόνια, που ήταν κυριολεκτικά εγκλωβισμένα σ' αυτό το πλάσμα χωρίς δυνατότητα να κινηθούν ελεύθερα. Τα φορισμένα σωματίδια απορροφούσαν φωτόνια και τα εξέπεμπαν εκ νέου. Δεν υπήρχε ακόμη ουδέτερη ηλεκτρικά ύλη, δεν υπήρχαν δηλαδή **άτομα** ύλης.

Για λίγες εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια το σύμπαν εξακολούθησε να διαστέλλεται και να ψύχεται, αλλά η σύνθεσή του παρέμεινε σταθερή. Όμως **τριακόσιες ογδόντα χιλιάδες χρόνια** μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία έπεσε κάτω από τρεις χιλιάδες βαθμούς K. Η ενέργεια των συγκρούσεων μεταξύ των σωματιδίων έγινε μικρότερη από την ηλεκτρομαγνητική δύναμη η οποία πλέον ενεργοποιήθηκε και δέσμευσε τα αρνητικά φορισμένα ηλεκτρόνια σε τροχιές γύρω από τους πυρήνες. Κάθε πυρήνας συνδέθηκε με τον σωστό αριθμό ηλεκτρονίων ώστε να εξισορροπηθεί το θετικό του φορτίο. Έτσι δημιουργήθηκαν ηλεκτρικά ουδέτερα άτομα ύλης, **άτομα υδρογόνου και ηλίου (He)**. Επιτέλους η ενεργειακή πυκνότητα της ύλης υπερίσχυσε της ενεργειακής πυκνότητας της ακτινοβολίας. Η ύλη κατέκλυσε το σύμπαν, που άφησε έτσι πίσω του την αποκλειστική περίοδο της ακτινοβολίας.

Η δέσμευση των ηλεκτρονίων επέτρεψε πλέον την ελεύθερη κίνηση των φωτονίων. Η δημιουργία των ατόμων διέλυσε την «κοσμική ομίχλη», και έκανε το σύμπαν διαφανές. **Το σύμπαν «φωτίστηκε»**. Ακριβώς αυτά τα φωτόνια που ξεκίνησαν το ταξίδι τους τριακόσιες ογδόντα χιλιάδες χρόνια μετά την Μεγάλη Έκρηξη ανιχνεύονται σήμερα ως πολύ χαμηλής ενέργειας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υποβάθρου, μέσης θερμοκρασίας 3 βαθμών Kelvin πάνω από το απόλυτο μηδέν. Τα φωτόνια αυτά είναι εξασθενημένα, δηλαδή το μήκος κύματός τους μεγάλωσε βαθμιαία και μεγαλώνει συνεχώς ώστε κάποια στιγμή στο μέλλον δεν θα είναι ανιχνεύσιμα.

Αν και η **ακτινοβολία υποβάθρου**, που ανακαλύφθηκε το 1964, είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στο σύμπαν, η θερμοκρασία της δεν είναι ίδια

ακριβώς σ' όλα τα σημεία αλλά παρουσιάζει ελαφρές διακυμάνσεις. Από τις διακυμάνσεις αυτές προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν την ηλικία του σύμπαντος, την πυκνότητά του σε ύλη αλλά και τη μελλοντική εξέλιξή του. Οι πρώτες μετρήσεις της ακτινοβολίας υποβάθρου, που αποτελεί βασική απόδειξη και αδιάσειστο τεκμήριο της ορθότητας του μοντέλου της Μεγάλης Έκρηξης, έγιναν με τον δορυφόρο COBE, που εκτοξεύτηκε από τη NASA τον Νοέμβριο του 1989.

Μετά τη δημιουργία ατόμων υδρογόνου και ηλίου το σύμπαν συνέχισε να διαστέλλεται αλλά η σύνθεσή του παρέμεινε σταθερή για τα επόμενα 100 εκατομμύρια χρόνια.

Η βαρύτητα διαμορφώνει γαλαξίες και άστρα

Μετά τη δέσμευση των ηλεκτρονίων στους ατομικούς πυρήνες και τη δημιουργία ατόμων, τελευταία μπήκε στο συμπαντικό παιχνίδι **η δύναμη της βαρύτητας**. Η βαρύτητα υπερνικώντας κατά τόπους τη διαστολή του σύμπαντος προκάλεσε βαθμιαία την δημιουργία συσσωματώσεων των ατόμων της ύλης. Περιοχές ελάχιστα πιο πυκνές από τον μέσο όρο απετέλεσαν «σπέρματα γαλαξιών» διότι η βαρύτητα τραβούσε σ' αυτές όλο και περισσότερη ύλη, κάτι που θυμίζει το φαινόμενο της χιονοστιβάδας. **Η βαρύτητα είναι η δύναμη που έδωσε μορφή και δομή στον σύμπαν.**

Ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά την μεγάλη έκρηξη, η ύλη είχε διαμορφωθεί σε νησίδες πρωτογαλαξιών που γέμισαν άστρα και βαθμιαία συνδέθηκαν για να σχηματίσουν σμήνη και υπερσμήνη γαλαξιών. Και ενώ το σύμπαν συνέχισε να διαστέλλεται τα άστρα πήραν την σκυτάλη της εξέλιξης μέσα στους γαλαξίες. Γιατί ενώ το σύμπαν εξακολούθησε να διαστέλλεται και να ψύχεται συνολικά και η σύνθεσή του παρέμεινε σταθερή, δηλαδή 75% υδρογόνο και 25% ήλιο, σε κάθε συσσωμάτωση ύλης μέσα στο γαλαξία που ήταν το σπέρμα ενός νέου άστρου η θερμοκρασία ανέβαινε λόγω της βίαιης συμπίκνωσης της ύλης αυτής από τη δύναμη της βαρύτητας, φαινόμενο που ονομάζεται **βαρυτική κατάρρευση**. Όταν η αυξανόμενη συνεχώς θερμοκρασία μέσα σε κάθε νεοσχηματιζόμενο άστρο φθάσει τους **δέκα εκατομμύρια βαθμούς Κ** η θερμοπυρηνική μηχανή του σύμπαντος ενεργοποιείται εκ νέου, οι πυρηνικές δυνάμεις ενεργοποιούνται εκ νέου προκαλώντας την σταδιακή σύντηξη πυρήνων υδρογόνου προς δημιουργία πυρήνων ηλίου. Και επειδή

κάθε πυρήνας ηλίου έχει ελαφρώς μικρότερη μάζα από την μάζα των σωματιδίων που το αποτελούν, η διαφορά της μάζας μετατρέπεται στην τεράστια ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που απελευθερώνεται με την μορφή θερμότητας και γ ακτινοβολίας. **Τα άστρα λάμπουν!**

Με την δύναμη της ενέργειας που απελευθερώνεται από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις τα άστρα εξισορροπούν τη δύναμη που τα γέννησε και έκτοτε απειλεί να τα συνθλίψει, την βαρύτητα. Η βαρυτική κατάρρευση σταματά και τα άστρα σταθεροποιούνται.

Επομένως η εκπομπή ακτινοβολίας και θερμότητας είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των άστρων, και είναι το αποτέλεσμα της **συνεχούς διαπάλης μεταξύ της βαρύτητας και των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων.**

Σύμφωνα με ραδιοφασματομετρικά δεδομένα που ανακοινώθηκαν πολύ πρόσφατα και δεν έχουν πλήρως τεκμηριωθεί, πιθανόν τα πρώτα άστρα να δημιουργήθηκαν πολύ νωρίτερα από ότι είχε υπολογισθεί παλαιότερα, δηλαδή περίπου 180 εκατομμύρια χρόνια μετά την μεγάλη έκρηξη, ίσως και πριν τον σχηματισμό των πρωτογαλαξιών.

Τα μεγάλα άστρα καταναλώνουν το καύσιμό τους, το υδρογόνο, σε μερικά εκατομμύρια χρόνια ενώ τα μεσαίου μεγέθους, όπως ο Ήλιος μας, και τα μικρότερα καίνε το καύσιμό τους σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα που φθάνουν τα πολλά δισεκατομμύρια χρόνια.

Στον πυρήνα του Ήλιου μας, ο οποίος έχει διάμετρο ίση με το 1/5 της ολικής διαμέτρου αυτού, **κάθε δευτερόλεπτο περίπου 600 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο.**

Ο θάνατος των άστρων

Όταν καταναλωθεί το υδρογόνο ενός άστρου αυτό αρχίζει πάλι να συρρικνώνεται διότι η ενέργεια από τις ελαττούμενες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις δεν αντirroπεί πλήρως τη βαρύτητα. Η θερμοκρασία από τη βαρυτική κατάρρευση ανεβαίνει σταδιακά και όταν φθάσει τα **εκατό εκατομμύρια βαθμούς** ενεργοποιούνται στον πυρήνα του άστρου πυρηνικές αντιδράσεις που αφορούν αυτή τη φορά τη σύντηξη πυρήνων ηλίου. Καίγεται δηλαδή το ήλιο, που είναι το προϊόν από την προηγούμενη καύση του υδρογόνου. Ανά τρεις πυρήνες ηλίου συντήκονται τώρα και δημιουργούν πυρήνες ενός νέου στοι-

χείου, του **άνθρακα (C)**, ενώ σε μικρή κλίμακα ανά τέσσερις πυρήνες ηλίου συντήκονται προς δημιουργίαν πυρήνων **οξυγόνου (O)**.

Η εκλυόμενη από την καύση του ηλίου ενέργεια εξισορροπεί και πάλι τη βαρύτητα και το άστρο σταθεροποιείται εκ νέου. Ο πυρήνας του άστρου βαθμιαία εμπλουτίζεται σε άνθρακα ενώ όσο ελαττώνεται το ήλιο η περίξ του αστρικού πυρήνα ύλη διαστέλλεται και γίνεται κόκκινη. Το άστρο στη φάση αυτή ονομάζεται **ερυθρός γίγαντας**, και στο εσωτερικό του η θερμοκρασία ανεβαίνει.

Όταν η συνεχώς αυξανόμενη θερμοκρασία φθάσει το **ένα δισεκατομμύριο** βαθμούς γεννώνται, αλλά μόνο σε όσους ερυθρούς γίγαντες προέρχονται από μεγάλους αστέρες ακόμα βαρύτεροι ατομικοί πυρήνες.

Όταν τελειώσει το ήλιον καίεται ο άνθρακας για να δημιουργηθεί οξυγόνο που στη συνέχεια συντήκεται και αυτό. Δημιουργούνται συνεχώς βαρύτεροι πυρήνες που παίρνουν με τη σειρά τους μέρος στις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις μέχρι το στοιχείο **σίδηρος**, που περιέχει στον πυρήνα του 26 πρωτόνια, έχει δηλαδή ατομικό αριθμό 26. Οι πυρήνες των βαρύτερων από το ήλιο στοιχείων διατάσσονται σε στρώματα, σαν κρεμμύδι, με τους βαρύτερους κοντά στο κέντρο και τους ελαφρότερους στην περιφέρεια. Ο σίδηρος όμως σε αντίθεση με τα στοιχεία που συντέθηκαν πριν απ' αυτόν δεν μπορεί να «καεί» δημιουργώντας πυρηνικές συντήξεις. Οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης στις οποίες μετέχει ο σίδηρος δεν εκλύουν αλλά καταναλώνουν ενέργεια.

Βαθμιαία ο πυρήνας του κόκκινου γίγαντα καθιζάνει, ενώ οι πυρήνες των βαρέων ατόμων πολλαπλασιάζονται.

Τελικώς ο αστέρας κλονίζεται και εκρήγνυται με μια λάμψη όσο ένα δισεκατομμύριο Ήλιοι μαζί (**Supernova**). Η τεράστια θερμοκρασία του ιονισμένου πλάσματος που προκύπτει και το ωστικό κύμα που εκτινάσσει τα εξωτερικά στρώματα προκαλούν από κοινού στο στάδιο αυτό την παραγωγή ατομικών πυρήνων ακόμα βαρύτερων στοιχείων του περιοδικού πίνακα με ατομικό αριθμό **από 27 (κοβάλτιο) έως και 92 (ουράνιο)**. Τα πολύτιμα αυτά στοιχεία της ύλης, οι πυρήνες των βαρέων χημικών στοιχείων που γέννησε στα σπλάγγνα του ο αστέρας, εκσφενδονίζονται και εμπλουτίζουν τον μεσοαστρικό χώρο, ιδιαίτερα τα μοριακά νέφη μέσα στα οποία γεννιούνται οι αστέρες. Τα υλικά αυτά ενσωματώνονται σε επόμενες συσσωματώσεις μεσοαστρικής ύλης που προκαλεί η βαρύτητα, δηλαδή σε επόμενες γενιές άστρων. Κάθε νέα γενιά άστρων περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό βαρέων πυρήνων.

Είναι σαφές ότι σε υποατομικό επίπεδο δεν υπάρχουν ποιοτικές αλλαγές στην ύλη. Τα quarks, τα πρωτόνια, τα νετρόνια, τα ηλεκτρόνια, είναι ακριβώς όμοια. Δεν υπάρχουν πρωτόνια ή νετρόνια με άρωμα σιδήρου ή χλωρίου, ή ψευδαργύρου. Η διαφοροποίηση αρχίζει από το επίπεδο του ατόμου και μεγαλώνει όσο μεγαλώνει η πολυπλοκότητα σε μοριακό επίπεδο.

Έτσι εκρηκτικά πεθαίνει μετά από άλλοτε άλλης διάρκειας ζωή κάθε αστέρας αφήνοντας ένα μικρό αστρικό λείψανο που θα γίνει είτε αστέρας νετρονίων, είτε μαύρη τρύπα είτε λευκός νάνος ανάλογα με το αρχικό του μέγεθος. Τα μικρού και μεσαίου μεγέθους αστέρια όπως ο Ήλιος μας καίνε την ύλη τους με βραδύτερο ρυθμό και σβήνουν ήσυχα, μετατρέπόμενα σε λευκούς νάνους. Δηλαδή σε υπέρπυκνα μικρά ουράνια πτώματα στα οποία δεν συμβαίνουν πυρηνικές αντιδράσεις και τα οποία χάνουν βαθμιαία την θερμική τους ενέργεια. Μια κουταλιά του γλυκού ύλη από ένα λευκό νάνο ζυγίζει περίπου ένα τόνο. Τέτοιο σώμα θα γίνει ο Ήλιος μας μετά από 5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Στη διάρκεια της ιστορίας του γαλαξία μας έχουν εκραγεί περίπου 200 εκατομμύρια άστρα. Σύμφωνα με μια ποιητική έκφραση, τα άστρα αυτά «θυσιάστηκαν» για να μπορέσει να υπάρξει η ζωή και οι άνθρωποι στη Γη!

Πρέπει να γίνει απολύτως κατανοητό ότι **όλα τα βαριά στοιχεία της ύλης δεν υπήρχαν εξ αρχής στο σύμπαν, αλλά γεννήθηκαν στα άστρα!** Είναι όπως λένε οι ποιητές αστερόσκονη. Τα πρώτα άστρα αποτελούνταν σχεδόν αποκλειστικά από την πρωταρχική ύλη του σύμπαντος, δηλαδή από υδρογόνο και ήλιο. Στα άστρα νεώτερων γενεών υπήρχαν όλο και περισσότερα βαρύτερα στοιχεία που γεννήθηκαν στις προηγούμενες γενιές αστερών.

Ο μεσοαστρικός χώρος όμως είναι και ένα μεγάλο χημείο! Οι πυρήνες που εκτοξεύτηκαν από τον εκρηκτικό θάνατο ενός αστέρα, αναμειγνύονται με την προϋπάρχουσα μεσοαστρική ύλη του γαλαξία στον οποίο ανήκει το άστρο. Εκεί η ηλεκτρομαγνητική δύναμη αναγκάζει ελεύθερα ηλεκτρόνια να δεσμευτούν σε τροχιά γύρω από πυρήνες προς σχηματισμόν ατόμων και τα συγκρουόμενα άτομα να ενωθούν προς σχηματισμόν **μορίων**. Παράγονται εκεί μόρια, απ' ότι ξέρομε μέχρι τώρα, μικρά και απλά όπως το νερό, η αμμωνία, το μεθάνιο, αέρια οξειδία όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, διάφορα άλατα όπως τα πυριτικά, ακόμα και μικρά οργανικά μόρια όπως αμινοξέα.

Η πλέον σύγχρονη τεχνολογία σε καμιά περίπτωση δεν έχει ανιχνεύσει μέχρι σήμερα στο διάστημα τα μεγάλα μόρια που σχετίζονται με τη ζωή που

υπάρχει στον πλανήτη μας, πρωτεΐνες δηλαδή και πυρηνικά οξέα, ούτε βέβαια ίχνη ζωής όπως την ξέρουμε.

Τα άστρα γεννιούνται, εξελίσσονται, γερνούν και πεθαίνουν! Στο σύμπαν νομοτελειακά η εμφάνιση του νέου ακολουθεί, ίσως απαιτεί, τον θάνατο του παλαιού. Στο σύμπαν υπάρχουν αστέρια μεγάλα και μικρά, νεαρά και γερασμένα που με τον θάνατό τους παρέχουν υλικά που ενσωματώνονται σε επόμενες γενιές αστερών.

Στον γαλαξία μας σχηματίζονται ένα έως τρία νέα αστέρια κάθε χρόνο.

Αποδείξεις για την ορθότητα της θεωρίας της ΜΕ

Σήμερα πλέον οι ειδικοί επιστήμονες δεν αμφιβάλλουν για την ορθότητα της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης. Οι **κύριες** αποδείξεις για την ορθότητα της θεωρίας είναι:

1. Η επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος, που ήταν εξ αρχής βασικό στοιχείο της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης και είχε προβλεφθεί από τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας. Αποδείχτηκε πειραματικά για πρώτη φορά από τον Edwin Hubble το 1929.

2. Η ύπαρξη της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου και οι μικρές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία της, που καταγράφηκε από τον αμερικανό καθηγητή George Smoot το 1992, όπως ακριβώς προβλέπει η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης. Για το συγκεκριμένο επίτευγμα ο Smoot κέρδισε το νόμπελ φυσικής το 2006. Η ακτινοβολία αυτή εμφανίστηκε όταν το νεαρό σύμπαν ήταν τριακοσίων ογδόντα χιλιάδων ετών και αποτελείται από τα πρώτα φωτόνια που μπορούσαν πλέον να κινηθούν ελεύθερα. Οφείλεται στο ότι όταν η θερμοκρασία του διαστελλόμενου σύμπαντος έπεσε κάτω από τρεις χιλιάδες βαθμούς ενεργοποιήθηκε η ηλεκτρομαγνητική δύναμη και τα ηλεκτρόνια δεσμεύτηκαν γύρω από τους πυρήνες σχηματίζοντας άτομα υδρογόνου και ηλίου, οπότε τα φωτόνια βρήκαν ανοιχτό χώρο για να κινηθούν. Έκτοτε συνεχίζουν να ταξιδεύουν στο διαστελλόμενο σύμπαν.

Οι μετρήσεις της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου βοήθησαν στον υπολογισμό της ηλικίας του σύμπαντος κατά τα έτη 2012 και 2013, κυρίως από τη διαστημική αποστολή Planck, που τοποθετήθηκε 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια.

3. Η ανίχνευση από το 2016 βαρυτικών κυμάτων που συνδέονται με τη

Μεγάλη Έκρηξη και ιδιαίτερα με την αρχική εκρηκτική διαστολή. Η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων θεωρείται από πολλούς επιστήμονες ως η σημαντικότερη επιστημονική κατάκτηση του 21^{ου} αιώνα ως σήμερα. Πρόκειται για κυματισμούς της καμπυλότητας του χωρόχρονου που διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός και προβλέπονται από τη Γενική Σχετικότητα. Τα βαρυτικά κύματα ανιχνεύθηκαν πρόσφατα με ειδικούς ανιχνευτές, όπως οι διατάξεις Advanced Ligo στο Hanford της Πολιτείας Washington και στο Livingston της Arizona.

Η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων είναι πλέον ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη των μαύρων οπών, των αστέρων νετρονίων, αλλά και του «βρεφικού» σύμπαντος.

4. Η αναλογία υδρογόνου-ηλίου στο σύμπαν όπως έχει αποδειχτεί είναι ακριβώς όση προβλέπει η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, δηλαδή 76% Υδρογόνο και 24% Ήλιο.

Ο Γαλαξίας και το Ηλιακό μας σύστημα

Σύμφωνα με τη σύγχρονη φυσική μέσα στον ιστό του χωρόχρονου υπάρχουν οι γαλαξίες, τα άστρα, οι πλανήτες και τα άλλα ουράνια σώματα, κάθε μορφή ύλης και ενέργειας που υπάρχει στο σύμπαν. Μέσα στον ιστό του χωρόχρονου συμβαίνουν όλα τα φυσικά γεγονότα.

Η αντιληπτή ύλη αντιπροσωπεύει μόνο το 4% του σύμπαντος. Το 22% είναι **σκοτεινή ύλη** που έχει μάζα, άρα και ανιχνεύσιμες βαρυτικές επιπτώσεις, όμως δεν αλληλεπιδρά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ανιχνευθεί άμεσα. Η σκοτεινή ύλη υπάρχει παντού, και πιθανώς αποτελεί πεδίο με στοιχειώδες σωματίδιο το οποίο όμως δεν έχει ανιχνευτεί μέχρι σήμερα. Πάντως είναι σε εξέλιξη προσπάθειες επιστημονικών ομάδων που διαθέτουν επιταχυντές αδρονίων υψηλών ενεργειών, όπως ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων στο CERN, για την ανακάλυψη του πιθανού σωματιδίου της σκοτεινής ύλης.

Το υπόλοιπο 74% του σύμπαντος είναι **σκοτεινή ενέργεια**, η οποία πιθανώς σχετίζεται με την επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος ως «κοσμική αντιβαρύτητα».

Τα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα τοποθετούν την απαρχή του γνωστού, του δυναμένου να παρατηρηθεί σύμπαντος στα 13.8 δισεκατομμύρια

χρόνια πριν. Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, η ορθότητα της οποίας πλέον δεν αμφισβητείται από την επιστημονική κοινότητα, περιγράφει με επάρκεια την ιστορία του σύμπαντος, εκτός από το αρχικό απειροελάχιστο κλάσμα του πρώτου δευτερολέπτου για το οποίο δεν γνωρίζουμε τίποτα.

Πόσο μεγάλο είναι το σύμπαν; Η ερώτηση δεν μπορεί να απαντηθεί με ακρίβεια. Ακόμα και αν μετρήσουμε σήμερα ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση 13,8 δισεκατομμυρίων ετών, δηλαδή στο σημείο που ξεκίνησε το σύμπαν, το σύμπαν έχει έκτοτε διασταλεί σε μεγάλο βαθμό. Έτσι υπάρχει το δυνάμενο να παρατηρηθεί σύμπαν και αυτό που αγνοούμε. Σύμφωνα με τη NASA το μόνο που μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα είναι ότι **το σύμπαν είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε**. Μάλιστα τον Οκτώβριο του 2016 δημοσιεύτηκαν τα πορίσματα μιάς εξαιρετικής έρευνας στο περιοδικό *Astrophysical Journal*, βασισμένης σε αναλύσεις δεδομένων από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble και άλλα τηλεσκόπια, σύμφωνα με τα οποία το ορατό από τη Γη σύμπαν περιέχει 20πλάσιο αριθμό γαλαξιών απ' ότι πιστευότο ως τότε. Δηλαδή ίσως 2 τρισεκατομμύρια γαλαξιών!

Η ζωή και το είδος μας φιλοξενούνται στον τρίτο από το κέντρο πλανήτη ενός μεσαίου μεγέθους ηλιακού συστήματος, που ανήκει σ' έναν σπειροειδή γαλαξία του σύμπαντος (**Εικόνα 1α**).



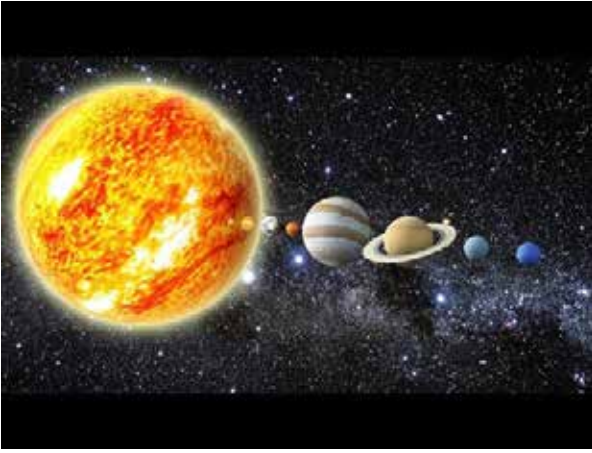
Εικ. 1α. Σπειροειδής γαλαξίας

Ο γαλαξίας στον οποίο υπάρχει το ηλιακό μας σύστημα ανήκει στο σμήνος γαλαξιών της «**Παρθένου**» το οποίο με τη σειρά του ανήκει στο μεγαλύ-

τερο ίσως υπερσμήνος γαλαξιών που γνωρίζουμε, αυτό της «**Λανιακέα**», που έχει μήκος πεντακοσίων είκοσι εκατομμυρίων ετών φωτός και περιέχει εκατό χιλιάδες γαλαξίες. Ο γαλαξίας μας είναι **σπειροειδής με ένα πυκνό κέντρο και τέσσερις σπειροειδείς βραχίονες**. Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν από το 2004 έως το 2006 σχηματίστηκε λίγο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν ενεργοποιήθηκε η δύναμη της βαρύτητας. Έχει διάμετρο εκατό χιλιάδων ετών φωτός και πάχος χιλίων ετών φωτός, και ας θυμηθούμε ότι **1 έτος φωτός ισοδυναμεί με 9,5 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα**. Ωστόσο πολλοί αστρονόμοι θεωρούν ότι μια ευρεία ζώνη άστρων που ευρίσκεται γύρω του ανήκει σ' αυτόν, οπότε η διάμετρός του αυξάνει σε εκατόν πενήντα έως εκατόν ογδόντα χιλιάδες έτη φωτός, και περιέχει από διακόσια έως τετρακόσια δισεκατομμύρια ηλιακά συστήματα. Σύμφωνα με ισχυρές ενδείξεις που υπάρχουν από τα τέλη της δεκαετίας του 1960, στο κέντρο του υπάρχει μαύρη τρύπα με μάζα που αντιστοιχεί με τη μάζα 4 εκατομμυρίων άστρων του μεγέθους του ήλιου μας.

Για να συνειδητοποιήσει κανείς το μέγεθος του γαλαξία μας αρκεί να αναφερθεί ότι αν διαθέταμε διαστημόπλοια ικανά να ταξιδεύουν στο διάστημα με ταχύτητες τουλάχιστον πενήντα φορές μεγαλύτερες από τις σημερινές, που είναι περίπου 145 χιλιάδες χιλιόμετρα την ώρα, αν ήταν δυνατόν δηλαδή να ταξιδεύαμε στο διάστημα με ταχύτητες πάνω από 7 εκατομμύρια χιλιόμετρα την ώρα, τότε θα μπορούσαμε να εξερευνήσουμε το 4% του γαλαξία μας σε χρονικό διάστημα δέκα δισεκατομμυρίων ετών! Ενώ σύμφωνα με άλλο υπολογισμό αν διαθέταμε διαστημόπλοια ικανά να κινούνται με ταχύτητα ίση με το 5% της ταχύτητας του φωτός, που είναι περίπου 3275 φορές μεγαλύτερη από αυτή των σημερινών διαστημοπλοίων, θα μπορούσαμε να επισκεφθούμε όλα τα σημεία του γαλαξία σε 10 εκατομμύρια χρόνια!

Ο Ήλιος μας σχηματίστηκε σχεδόν συγχρόνως με τους πλανήτες του πριν περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, δηλαδή 9 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τον σχηματισμό του γαλαξία μας. Κάποιες γενιές άστρων είχαν ήδη διανύσει τον κύκλο της ζωής τους και βαρέα στοιχεία που γεννήθηκαν σ' αυτούς και εμπλούτισαν τον μεσοαστρικό χώρο κατά τον εκρηκτικό θάνατό τους ενσωματώθηκαν στο δικό μας άστρο κατά τη γέννησή του. Ο Ήλιος μας με τους πλανήτες του, το ηλιακό μας σύστημα, εκτελεί μια πλήρη περιστροφή γύρω από το κέντρο του γαλαξία κάθε διακόσια εκατομμύρια χρόνια (**Εικόνα 1β**).



Εικ. 1β. Το Ηλιακό μας σύστημα

Το ηλιακό μας σύστημα ευρίσκεται στον σπειροειδή βραχίονα του **Ωρίωνα**, σε απόσταση περίπου είκοσι έξι χιλιάδων ετών φωτός από το κέντρο του γαλαξία. Για να υπάρξει μέτρο σύγκρισης, αν η έκταση του ηλιακού μας συστήματος αντιστοιχηθεί με την επιφάνεια ενός νομίσματος των δύο ευρώ τότε η αντίστοιχη έκταση του γαλαξία μας θα ήταν όση η έκταση των ΗΠΑ.

Οι τέσσερις «εσωτερικοί» πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος μέχρι και τον Άρη, άρα και η Γη μας, καθώς και άλλα ουράνια σώματα όπως οι μετεωρίτες, αποτελούνται από στερεά ύλη, βράχους και μέταλλα. Σχηματίστηκαν με την βαθμιαία βαρυντική συμπίκνωση και την ψύξη μικροκόκκων διαμέτρου μικρότερης του ενός εκατομμυριοστού του μέτρου που υπήρχαν στην περιφέρεια του αστρικού δίσκου μεσοαστρικής ύλης κατά την έναρξη του σχηματισμού του Ήλιου μας, και περιείχαν βαρέα άτομα όπως το οξυγόνο, ο σίδηρος, το νικέλιο, το πυρίτιο και τα υπόλοιπα φυσικώς υπάρχοντα στοιχεία του περιοδικού συστήματος.

Οι πλανήτες αρχικά είναι διάπυρες μάζες που ψύχονται βαθμιαία, έως ότου σε βάθος χρόνου παύσουν να έχουν εσωτερικό πυρ και άρα γεωλογική δράση. Η Γη μας έχει ακόμα διάπυρο κέντρο σε ρευστή κατάσταση, και αυτό είναι η αιτία των γεωλογικών φαινομένων. Δηλαδή των ηφαιστειακών εκρήξεων, των μετακινήσεων των γεωλογικών πλακών του φλοιού και των σεισμών. Τα φαινόμενα αυτά ήταν βέβαια πολύ πιο έντονα στο απώτερο παρελθόν του πλανήτη.

Αυτή η γεωλογική αστάθεια και δραστηριότητα είναι πραγματικά πολύτιμη και απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη της ζωής και την εξέλιξη των εμβίων όντων στον πλανήτη μας.

Το μέγιστο μέρος της ύλης του ηλιακού συστήματος, περίπου το 99,86%, ανήκει στον Ήλιο ο οποίος με το βαρυτικό του πεδίο συγκρατεί σε τροχιά **οκτώ** πλανήτες που φέρουν ονόματα αρχαίων Ελλήνων θεών και συνοδεύονται από δορυφόρους, έναν «νάνο» πλανήτη τον Πλούτωνα που μέχρι πρότινος εθεωρείτο κανονικός πλανήτης, καθώς και πολλά μικρότερα σώματα, κυρίως αστεροειδείς. Οι τέσσερις εσωτερικοί πλανήτες, κατά σειράν ο Ερμής, η Αφροδίτη, η Γη και ο Άρης είναι οι μόνοι βραχώδεις πλανήτες αποτελούμενοι κυρίως από βράχους και μεταλλικά στοιχεία.

Ο πέμπτος κατά σειράν είναι ο γίγαντας Δίας, ο μεγαλύτερος πλανήτης του ηλιακού μας συστήματος με διάμετρο έντεκα φορές μεγαλύτερη από της Γης και όγκο 318 φορές μεγαλύτερο. Ο Δίας έχει μάζα ίση με το ένα χιλιοστό της μάζας του Ήλιου αλλά δύομιση φορές μεγαλύτερη από την μάζα όλων των άλλων πλανητών μαζί. Διαθέτει εβδομήντα εννέα δορυφόρους εκ των οποίων ο Γανυμήδης είναι ο μεγαλύτερος δορυφόρος του ηλιακού μας συστήματος με διάμετρο 2,4 φορές μικρότερη από την διάμετρο της Γης.

Ο έκτος είναι ο Κρόνος που έχει διάμετρο εννέα φορές μεγαλύτερη από της Γης. Ο Δίας και ο Κρόνος είναι πλανήτες με εξωτερικό αέριο στρώμα, κυρίως από υδρογόνο και ήλιο, πάχους πάνω από 20 χιλιάδες χιλιόμετρα και πυρήνα από βαρύτερα στοιχεία.

Τέλος οι δύο εξωτερικοί πλανήτες, ο Ουρανός και ο Ποσειδών αποτελούνται κυρίως από παγωμένα αέρια.

Η Γη μας που σχηματίστηκε μόλις 20 εκατομμύρια χρόνια μετά τον σχηματισμό του ηλιακού μας συστήματος, πριν περίπου 4,58 δισεκατομμύρια χρόνια. Κινείται γύρω από τον άξονά της με ταχύτητα 1674 χιλιόμετρα την ώρα στον Ισημερινό, και γύρω από τον ήλιο με ταχύτητα 65 φορές μεγαλύτερη, δηλαδή περίπου 110 χιλιάδες χιλιόμετρα την ώρα. Ολόκληρο το ηλιακό μας σύστημα κινείται σε τροχιά μέσα στον γαλαξία με ταχύτητα 792 χιλιάδες χιλιόμετρα την ώρα, που είναι 290 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα μιας σφαίρας. Και ο Γαλαξίας μας κινείται στο διάστημα προς την κατεύθυνση του αστερισμού της Υδρας με περίπου τριπλάσια ταχύτητα, δηλαδή 870 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα μίας σφαίρας.

Η Γη είναι ο ευλογημένος πλανήτης. Και αυτό γιατί η απόστασή του από τον ήλιο, που είναι εκατόν πενήντα εκατομμύρια χιλιόμετρα, εξασφαλίζει ένα εύρος θερμοκρασιών συμβατό με τρεχούμενο νερό και με την ζωή όπως μας είναι γνωστή. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι η θερμική ενέργεια που δέχεται η Γη από τον Ήλιο είναι σταθερή διαχρονικά. Όσο αυξάνει η ηλικία ενός

άστρου, τόσο αυξάνει η εκπομπή ακτινοβολίας και θερμότητας μέχρι να καταναλώσει τα καύσιμά του. Στα αρχικά στάδια της Γης η θερμότητα που έφτανε σ' αυτήν από τον Ήλιο ήταν κατά 25% μικρότερη. Σήμερα κάθε τετραγωνικό μέτρο της Γήινης επιφάνειας στο οποίο φθάνει ανεμπόδιστα η ηλιακή ακτινοβολία δέχεται 1,35 KW ενέργειας. Ο Ήλιος είναι ήδη πολύ θερμός για να θεωρείται φιλικός. Έχει υπολογιστεί ότι σε ένα δισεκατομμύριο χρόνια η ενέργεια αυτή θα φθάσει τα 2 KW ανά τετραγωνικό μέτρο, που είναι ασύμβατη με τη διατήρηση της ζωής όπως την ξέρουμε στον πλανήτη. Αυτό σημαίνει ότι το τέλος της ζωής στον πλανήτη θα έλθει πολύ πιο γρήγορα από την βέβαιη καταστροφή της Γης μετά από περίπου 5 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν ο Ήλιος μας θα έχει εξαντλήσει τα καύσιμά του και θα γίνει ερυθρός γίγαντας.

Πρέπει πάντως να τονίσουμε ότι ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης συμπεριφοράς και του ανθρώπινου πολιτισμού δυστυχώς απειλούν να εξαλείψουν την ζωή στη Γη πολύ ταχύτερα, καταφέροντας καταστροφικά πλήγματα στην οικολογική ισορροπία του πλανήτη που έχει διαμορφωθεί από την συνεξέλιξη του φυσικού περιβάλλοντος και όλων των μορφών ζωής στη διάρκεια δισεκατομμυρίων ετών. Και ενώ ο άνθρωπος σήμερα γνωρίζει τι πρέπει να κάνει για να αντιστρέψει την καταστροφή, δεν το πράττει κυρίως λόγω της απληστίας που τον διακρίνει, εν ονόματι του υλικού κέρδους και της πανίσχυρης υπαρξιακής ανάγκης για επικράτηση. Φαίνεται μάλιστα ότι έχουμε μοιρολατρικά αποδεχτεί την τελική εξάλειψη της ζωής στον πλανήτη, αφού έφθασαν σπουδαίοι επιστήμονες όπως ο Στίβεν Χόκινγκ να υποστηρίζουν ότι πρέπει να βρούμε τρόπους να τον εγκαταλείψουμε. Το λογικό βέβαια είναι να βρούμε τρόπους να σταματήσουμε την καταστροφή, γιατί η Γη είναι το ιδανικό μέρος για το φαινόμενο της ζωής όπως την ξέρουμε, και γιατί στο κάτω-κάτω είναι εξαιρετικά πιο οικονομικό.

Οι συνθήκες έξω από την Γη είναι απόλυτα εχθρικές για τον άνθρωπο. Η σύγχρονη τεχνολογία και η βιολογία του ανθρώπου μπορούν να επιτρέψουν σήμερα την μικρής διάρκειας παραμονή στο εγγύς διάστημα όπως στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS), ή ενδεχομένως σε κάποια μικρή αποικία στο φυσικό μας δορυφόρο μελλοντικά. Δεν φαίνεται όμως, παρά την ραγδαία εξέλιξη της επιστήμης, ότι μπορεί να υπάρξει στο ορατό μέλλον η τεχνολογία που θα επιτρέψει ασφαλή μετάβαση και επιστροφή του ανθρώπου στον Άρη ή μακρύτερα, και πολύ περισσότερο εγκατάστασή του εκεί, όπως κατηγορηματικά τόνισε τον Ιούλιο του 2018 ο **Γιόχαν Ντίτριχ Βέρνερ**, επικεφαλής του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΝΗ ΓΕΝΝΗΘΗΚΕ Η ΖΩΗ

*Η άγνοια γεννά βεβαιότητες πιο συχνά από τη γνώση.
Οι αμαθείς και όχι οι γνωρίζοντες,
βεβαιώνουν ότι αυτό ή το άλλο πρόβλημα
δεν θα λυθεί ποτέ από την επιστήμη.
Κάρολος Δαρβίνος*

Η φυσική θεωρείται ως η αρχαιότερη και η θεμελιωδέστερη των επιστημών. Είναι η επιστήμη με τη γενικότερη εμβέλεια μιάς και έχει την ίδια ισχύ στο ανόργανο σύμπαν και στα έμβια όντα. Άλλωστε ο κόσμος των υποατομικών σωματιδίων, ο κβαντικός κόσμος, υπάρχει στη βάση όλων όσων υπάρχουν στον ιστό του χωρόχρονου όπου οι φυσικοί νόμοι έχουν καθολική εφαρμογή.

Η βιολογία από την άλλη μεριά όπως την ξέρουμε έχει περιορισμένο εύρος λειτουργιών. Ενώ στην επικράτειά της ισχύουν πάντα οι φυσικοί νόμοι, αφορά διεργασίες που συμβαίνουν σ' ένα στενό για τα δεδομένα του σύμπαντος εύρος θερμοκρασιών και πιέσεων και εξαρτάται από μια πολύ ειδική χημεία. Από ότι γνωρίζουμε **μέχρι σήμερα** η ζωή εμφανίστηκε μόνο μια φορά στη Γη και σε συγκεκριμένο χωρόχρονο, έχει δηλαδή συγκεκριμένη ιστορία.

Η πρόκληση να συνειδητοποιήσουμε με ποιον τρόπο τα στοιχειώδη σωματίδια της ύλης συνενώθηκαν σε ολόένα πιο σύνθετους σχηματισμούς, ώσπου να σχηματίσουν ζωντανούς οργανισμούς τόσο πολύπλοκους ώστε να αναρωτιούνται για την προέλευσή τους, είναι συναρπαστική και συγχρόνως τρομακτική.

Μιλώντας για τη ζωή οι φιλόσοφοι και οι ποιητές χρησιμοποιούν ωραιές

σύνθετες λέξεις και περίτεχνες εκφράσεις προσπαθώντας να φωτίσουν τη θεμελιακή αυτή έννοια. Όμως στην εποχή μας είμαστε υποχρεωμένοι να προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε τα δεδομένα που έχει θέσει στη διάθεσή μας το ανθρώπινο πνεύμα, το ίδιο που εξελισσόμενο δημιούργησε στο παρελθόν τους μύθους, τις θρησκείες και τη φιλοσοφία. Να μνηθούμε δηλαδή, στοιχειωδώς έστω, στα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα τα οποία είναι αληθή στο βαθμό που δεχόμαστε ότι είναι έγκυρη και αξιόπιστη η ίδια η επιστήμη. Οφείλουμε με θάρρος να πορευόμαστε συνεχώς μέχρι τα εκάστοτε σύγχρονα όρια του ανθρώπινου αναβαθμού, μέχρι τα όρια των κατακτήσεων του ανθρώπινου πνεύματος, και μόνο εκεί να επιτρέπομε στον εαυτό μας να αναζητήσει την μεταφυσική υπέρβαση ώστε αυτή να είναι πράγματι υπέρβαση και όχι υποβίβαση.

Ο πλανήτης μας σχηματίστηκε πριν από 4,58 δισεκατομμύρια χρόνια. Αρχικά ήταν μια διάπυρη ημίρρευση σφαίρα αποτελούμενη κυρίως από ενώσεις βαρέων χημικών στοιχείων, νερό και οργανική ύλη σε μικρή ποσότητα. Η μεγάλη θερμοκρασία οφειλόταν κυρίως στη ραδιενεργό διάσπαση βραχύβιων ραδιενεργών ισοτόπων που υπήρχαν σε μεγάλη αναλογία στο σώμα του. Η αρχική του ατμόσφαιρά ήταν 100 φορές πιο πυκνή από τη σημερινή και δηλητηριώδης. Περιείχε κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, υδρογόνο, μεθάνιο, νερό με τη μορφή υδρατμών, και πιθανότατα οξείδια του θείου. Δεν υπήρχε ελεύθερο οξυγόνο στην ατμόσφαιρα, ούτε προστατευτικό στρώμα όζοντος.

Και δεν υπήρχε τότε κανένα στοιχείο ζωής στον πλανήτη. Δεν υπήρχε κανένα αυτί να ακούσει, κανένα μάτι να δει, κανείς εγκέφαλος να κατανοήσει τις τρομακτικές γεωλογικές ανακατατάξεις που συνέβαιναν.

Όμως η σχετικά πρόσφατη επιστημονική ανάλυση πετρωμάτων που σχηματίστηκαν ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τον σχηματισμό του πλανήτη, έδειξε σαφώς ότι η ζωή όπως την ξέρουμε ήδη υπήρχε τότε. Τι άραγε μεσολάβησε στο διάστημα αυτό από τον σχηματισμό της Γης; Πώς από τις μικρές και απλές χημικές ενώσεις που υπήρχαν στην αρχή προέκυψαν τα τεράστια χημικά μόρια που υπάρχουν στους έμβιους οργανισμούς και χαρακτηρίζουν τη ζωή, που είναι ικανή να αυτοαναπαράγεται και να εξελίσσεται;

Η χημεία ανοίγει τον χορό

Η επιφάνεια και η ατμόσφαιρα του υπέρθερμου νεαρού πλανήτη, του οποίου η τροχιά δεν είναι πολύ κοντά αλλά και ούτε πολύ μακριά από το άστρο μας, τον Ήλιο, έγιναν γρήγορα ένα τεράστιο χημικό εργαστήριο. Εργαστήριο που εμπλουτιζόταν συνεχώς με μεγαλύτερα και συνθετώτερα χημικά μόρια λόγω της αυξανόμενης χημικής δραστηριότητας. Η απαραίτητη για τις χημικές αντιδράσεις ενέργεια προήρχετο από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις στην ατμόσφαιρα, από την ηφαιστειακή δραστηριότητα και από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία που έφθανε ανεμπόδιστη στην επιφάνεια της Γης.

Με την πάροδο εκατομμυρίων αιώνων από τον σχηματισμό του, ο πλανήτης συνέχισε να ψύχεται. Όταν η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα έπεσε κάτω από 100° Κελσίου, οι υδρατμοί άρχισαν να συμπυκνώνονται και να πέφτουν στην επιφάνεια της Γης σε υγρή μορφή δημιουργώντας βαθμιαία υδάτινες συλλογές, αρχέγονα ποτάμια, λίμνες και ωκεανούς, προς τις οποίες τα τρεχούμενα πλέον νερά μετέφεραν χημικά μόρια από την ατμόσφαιρα και άλατα από τα υφιστάμενα διάβρωση γήινα πετρώματα. Δημιουργήθηκε έτσι ένα είδος κυκλοφοριακού συστήματος του νεαρού πλανήτη που μετέφερε τα υλικά που χρειαζόταν η ζωή προς τις υδάτινες συλλογές. Το **τρεχούμενο νερό** έπαιξε θεμελιώδη ρόλο στην χημική εξέλιξη της ύλης και την εμφάνιση της ζωής στη Γη. Γιατί το νερό είναι άριστος διαλύτης των χημικών μορίων, τα οποία επί πλέον προστάτευσε τόσο από τις βλαβερές ακτινοβολίες όσο και από τις συνεχείς ηλεκτρικές εκκενώσεις της ατμόσφαιρας κατά τα πρώτα στάδια του πλανήτη.

Και πού βρέθηκε το νερό στον πλανήτη;

Τα υλικά τα οποία συσσωματούμενα σχημάτισαν τον πλανήτη κατά τον σχηματισμό του ηλιακού μας συστήματος περιείχαν εξ αρχής νερό, είτε με τη μορφή πάγου είτε με τη μορφή ένυδρων χημικών ενώσεων. Χημικές ενώσεις δηλαδή που στο μόριό τους έχουν δεσμευμένα μόρια νερού. Το νερό που είναι ενσωματωμένο με τη μορφή ένυδρων χημικών ενώσεων στο σώμα της Γης, εξέρχεται από τα σπλάχνα της με τη μορφή υδρατμών κατά τη γεωλογική, κυρίως την ηφαιστειακή δραστηριότητα, όπως άλλωστε και πολλά άλλα αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα. Ο ρυθμός εξόδου των υδρατμών ήταν πολύ εντονότερος στα αρχικά στάδια της Γης, λόγω της εξαιρετικά μεγαλύτερης γεωλογικής δραστηριότητας που υπήρχε τότε.

Ένα μέρος του νερού της Γης πιθανώς μεταφέρθηκε με κομήτες που μεταφέρουν παγωμένο νερό και προσέκρουσαν στη Γη κατά τα πρώτα στάδια του σχηματισμού της. Δεν φαίνεται πάντως να είναι σημαντική αυτή η πηγή, γιατί η αναλογία των δύο σταθερών ισοτόπων του υδρογόνου, του πρωτίου και του δευτερίου, στο νερό όλων των ερευνηθέντων ως τώρα κομητών είναι διαφορετική από την αναλογία τους στο νερό της Γης. Το υδρογόνο στο νερό των κομητών περιέχει διπλάσιο ποσοστό δευτερίου σε σχέση με το νερό της Γης.

Σε κάθε περίπτωση το μεγαλύτερο μέρος του τρεχούμενου νερού της Γης φαίνεται ότι υπήρχε ήδη πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Δηλαδή 600 εκατομμύρια χρόνια, ή 6 εκατομμύρια αιώνες, μετά τον σχηματισμό του πλανήτη.

Τα δύο κύρια υλικά της ζωής, όπως την ξέρουμε, είναι το νερό και οι χημικές ενώσεις του άνθρακα (C), που λέγονται **οργανικές ενώσεις**. Ξεκίνησε και συνέχισε η ζωή με βάση το στοιχείο του άνθρακα το οποίο έχει μοναδικές ιδιότητες: μπορεί να ενώνεται χημικά με πολλά άλλα άτομα και με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, σχηματίζοντας ακόμα και τεράστιες μοριακές αλυσίδες, ενώ οι περισσότερες ενώσεις του άνθρακα είναι υδατοδιαλυτές, πράγμα απαραίτητο για τη χημεία της ζωής.

Πρέπει να τονισθεί ότι τα τέσσερα συνηθέστερα χημικά στοιχεία που χρησιμοποιεί η ζωή στη Γη είναι τα τέσσερα αφθονότερα στοιχεία του σύμπαντος, αν εξαιρεθούν τα ευγενή αέρια που δεν συμμετέχουν έτσι κι αλλιώς σε χημικές αντιδράσεις. Είναι **το υδρογόνο, το οξυγόνο, ο άνθρακας και το άζωτο (Πίνακας 2α)**.

	ΣΥΜΠΑΝ		ΓΗ (συνολικά)		ΑΝΘΡΩΠΟΣ	
1	H	99714	O	48880	H	60563
2	He	7185	Fe	18870	O	25670
3	O	50	Si	14000	C	10680
4	Ne	20	Mg	12500	N	2440
5	N	15	S	11400	Ca	230
6	C	8	Ni	1400	P	130
7	Si	2,3	Al	1300	S	130
8	Mg	2,1	Na	640	Na	75
9	Fe	1,4	Ca	460	K	37
10	S	0,9	P	140	Cl	33

Πίνακας 2α. Τα 10 αφθονότερα χημικά στοιχεία στο Σύμπαν, τη Γη και τον Άνθρωπο (σε άτομα του στοιχείου ανά 100.000 συνολικά άτομα)

Οι ζωντανοί οργανισμοί λοιπόν αποτελούνται από νερό και οργανική ύλη. Και στην Γη πριν από την εμφάνιση της ζωής εκτός από τρεχούμενο νερό υπήρχε και οργανική ύλη.

Ένα σημαντικό μέρος της οργανικής ύλης υπήρχε εξ αρχής στον πλανήτη. Πού βρέθηκε; Μα οργανική ύλη υπάρχει παντού στο σύμπαν. Οργανικές ενώσεις υπήρχαν στην περιοχή του γαλαξία όπου βρισκόμαστε πολύ πριν τον σχηματισμό του ηλιακού μας συστήματος. Μεγάλος αριθμός οργανικών μορίων έχει σήμερα ανιχνευθεί στο διάστημα και ο κατάλογος συνεχώς μεγαλώνει. Οι ενώσεις αυτές του άνθρακα παράγονται σε τεράστιες ποσότητες και στα πλούσια σε άνθρακα εξωτερικά στρώματα των **ερυθρών γιγάντων**. Οι ερυθροί γίγαντες είναι η τελική εξελικτική φάση των μεσαίου μεγέθους άστρων που έχουν «κάψει» τα καύσιμά τους και έχουν διασταλεί, λίγο πριν από τον εκρηκτικό τους θάνατο. Οργανικές ενώσεις παράγονται εκεί με χημικές αντιδράσεις παρόμοιες με αυτές που παράγουν οργανικές ενώσεις στη φλόγα ενός κεριού. Από εκεί εκτινάσσονται στο μεσοαστρικό χώρο με την τελική έκρηξη του ερυθρού γίγαντα, για να ανακυκλωθούν κατά την δημιουργία άστρων επόμενης γενιάς.

Οργανικές ενώσεις υπάρχουν εξ άλλου σε αφθονία στα αχανή **μοριακά νέφη**, που είναι οι πυκνότερες και ψυχρότερες περιοχές του μεσοαστρικού χώρου σε κάθε γαλαξία, και έχουν ρόλο κλειδί στην εξέλιξή του γιατί είναι τα εκκολαπτήρια των άστρων (**Εικόνα 2α**). Πρόκειται για διαστρικά νέφη των οποίων η πυκνότητα και το μέγεθος, που φθάνει τα πολλά έτη φωτός, επιτρέπουν τον σχηματισμό μορίων σε αντίθεση με τις περισσότερες περιοχές του μεσοαστρικού χώρου που περιέχουν κυρίως ιονισμένα αέρια. Η μεγαλύτερη ποσότητα οργανικής ύλης στον γαλαξία μας υπάρχει όχι στη Γη, αλλά στα γιγάντια μοριακά νέφη. Όταν σ' ένα μοριακό νέφος αρχίσει η διαδικασία σχηματισμού ενός νέου άστρου με την δράση της βαρύτητας, δημιουργείται αρχικά ένας περιδινιζόμενος αστρικός δίσκος αερίων και σκόνης που περιέχει εκτός των άλλων **νερό, ποικιλία οργανικών μορίων και άτομα βαρέων στοιχείων** προερχόμενα από προηγούμενες εκρήξεις άστρων. Όλα αυτά βέβαια κατανέμονται στους πλανήτες και τους δορυφόρους του νέου άστρου.

Επομένως νερό και οργανικά μόρια υπήρχαν εξ αρχής στη Γη, όπως και ηλεκτρικές εκκενώσεις στην ατμόσφαιρα, ενώ η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία έφθανε ανεμπόδιστα στην επιφάνειά της λόγω της ελλείψεως του στρώματος του όζοντος.

Η οργανική ύλη όμως υπήρχε σε μικρή ποσότητα που ήταν απαγορευτική για την εμφάνιση ζωής. Και αυτό γιατί η ποσότητα οργανικής ύλης γενικά στους «εσωτερικούς» πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος ήταν εξ αρχής μικρή. Έτσι η νεαρά Γη είχε τρεχούμενο νερό, αλλά όχι επαρκή οργανική ύλη. Πώς λοιπόν εμπλουτίστηκε ο πλανήτης σε οργανική ύλη;

Κατ' αρχήν σύνθεση οργανικής ύλης γινόταν συνεχώς στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης από ανόργανα μόρια. Το ότι αυτό είναι εφικτό απεδείχθη πειραματικά από τον Stanley Miller το 1952. Ο Miller χρησιμοποίησε κλειστή πειραματική διάταξη με συνεχή παροχέτευση υδρατμών, στην οποία προσέθεσε ως πηγή άνθρακα το μεθάνιο, και επίσης αμμωνία και υδρογόνο, ενώσεις που υπήρχαν στην νεαρά Γη. Αφού διοχέτευσε ηλεκτρικές εκκενώσεις προσομοιώνοντας την αρχέγονη ατμόσφαιρα της Γης, μετά από μια εβδομάδα παρατήρησε τον σχηματισμό ιζήματος. Χρησιμοποιώντας χρωματογραφία επί χάρτου ανίχνευσε στο ίζημα πέντε είδη αμινοξέων που είναι δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών, δηλαδή οργανικής ύλης. Τα αποτελέσματα δημοσιεύτηκαν το 1953 στο περιοδικό Science. Απεδείχθη έτσι η δυνατότητα παραγωγής οργανικής ύλης, που είναι η βάση της ζωής, από ανόργανη ύλη στην πρωτόγονη Γη.

Επανελέγχος το 2008 των αποξηραμένων υπολειμμάτων του πειράματος του Miller σε φιαλίδια που είχαν διατηρηθεί, απέδειξε ότι σε ένα από αυτά υπήρχαν όχι πέντε αλλά είκοσι δύο είδη αμινοξέων.

Ωστόσο η έλλειψη στα πρώτα στάδια του πλανήτη κατάλληλης αναγωγικής ατμόσφαιρας που είναι απαραίτητη για τις χημικές αντιδράσεις, δεν επέτρεψε και πάλι τη σύνθεση μεγάλων ποσοτήτων οργανικής ύλης από ανόργανη, επί τόπου.

Ο περαιτέρω εμπλουτισμός της Γης με επαρκή για την εμφάνιση της ζωής οργανική ύλη, έγινε με τη μεταφορά οργανικής ύλης που υπήρχε σε μετεωρίτες και κομήτες. Υπολογίζεται ότι η μάζα οργανικής ύλης που έπεσε στη Γη κατά τα 100 εκατομμύρια χρόνια πριν από την εμφάνιση της ζωής ήταν τουλάχιστον 10 τρισεκατομμύρια τόνοι. Καθημερινά ακόμα και σήμερα φθάνουν στη Γη μέσω μικρών διαστημικών σωμάτων, των μετεώρων, περίπου 200 τόνοι διαστημικών υλικών και 350 έως 600 τόνοι οργανικής ύλης ετησίως. Η δομή και οι ιδιότητες των μικρών οργανικών μορίων που έχουν βρεθεί πρόσφατα σε μετεωρίτες παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα με αυτά

των βιολογικών συστημάτων της Γης (**Πίνακας 2β**). Ένας από τους πλέον κατάλληλους για σχετικές μελέτες είναι ο βάρους 100 κιλών και πλούσιος σε οργανική ύλη μετεωρίτης Murchison που έπεσε το 1969 κοντά στο ομώνυμο χωριό της Αυστραλίας. Το 2020 οι επιστήμονες ανακοίνωσαν ότι πρόκειται για το παλαιότερο υλικό σώμα στον πλανήτη μας, αφού έχει ηλικία 7 δισεκατομμυρίων ετών, 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια μεγαλύτερη από την ηλικία του ηλιακού μας συστήματος.

Πρόσφατα δημοσιεύτηκε στην επιστημονική επιθεώρηση “Nature Communications” έρευνα του Ιαπωνικού πανεπιστημίου του Χοκάιντο, σύμφωνα με την οποία **ενδέχεται** τα μικρά μόρια που αποτελούν τις δομικές μονάδες του DNA, τα νουκλεοτίδια, να υπάρχουν στη μεσοαστρική σκόνη του γαλαξία μας. Εύλογα υπάρχουν πολλές επιφυλάξεις γιατί το δημοσίευμα αφορά αποτελέσματα πειραματικής διάταξης σε εργαστήριο. Τα μόρια αυτά σε καμία περίπτωση δεν έχουν ανιχνευθεί μέχρι σήμερα στο διάστημα.

Εξάλλου πρόσφατη ανακοίνωση από διεθνή ερευνητική ομάδα στο περιο-

	Αμινοξέα των πρωτεϊνών της Ζωής	Αμινοξέα του μετ.Murchison	Αμινοξέα του πειράμ.Miller
Γλυκίνη	ΝΑΙ	●●●●	●●●●
Αλανίνη	ΝΑΙ	●●●●	●●●●
A-αμινο-N-βουτυρικό οξύ	ΟΧΙ	●●●●	●●●
A-αμινο-ισοβουτυρικό οξύ	ΟΧΙ	●●	●●●●
Βαλίνη	ΝΑΙ	●●	●●●
Νορβαλίνη	ΟΧΙ	●●●	●●●
Ισοβαλίνη	ΟΧΙ	●●	●●
Προλίνη	ΝΑΙ	●	●●●
Πυτεκολικό οξύ	ΟΧΙ	●	●
Ασπαρτικό οξύ	ΝΑΙ	●●●	●●●
Γλουταμινικό οξύ	ΝΑΙ	●●●	●●●
B - αλανίνη	ΟΧΙ	●●	●●
B-αμινο-N-βουτυρικό οξύ	ΟΧΙ	●●	●●
B-αμινο-ισοβουτυρικό οξύ	ΟΧΙ	●	●
B-αμινοβουτυρικό οξύ	ΟΧΙ	●●	●
Σαρκοσίνη	ΟΧΙ	●●●	●●
N-αιθυλενογλυκίνη	ΟΧΙ	●●	●●
N-μεθυλαλανίνη	ΟΧΙ	●●	●●

Πίνακας 2β. Σύγκριση των αμινοξέων που υπάρχουν στις πρωτεΐνες της ζωής, αυτών που βρέθηκαν στον μετεωρίτη Murchison (1969) και αυτών που παρήχθησαν στο πείραμα του Miller

δικό **Nature Astronomy (2020)** περί ανιχνεύσεως του αερίου φωσφίνης, που παράγεται από μικρόβια, στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, αντιμετώπισε τον έντονο σκεπτικισμό της επιστημονικής κοινότητας. Ενώ η ερευνητική ομάδα με νεότερη ανακοίνωσή της παραδέχθηκε την ύπαρξη λάθους στις πρώτες εκτιμήσεις της.

Επομένως πρέπει να γίνει πολύ σαφές ότι τα οργανικά μόρια που υπήρχαν στη Γη πριν την εμφάνιση της ζωής ήταν μικρά και απλά οργανικά μόρια, που δεν είχαν καμιά σχέση με τα τεράστια και σύνθετα οργανικά μόρια των βιολογικών συστημάτων. Τα τελευταία εμφανίστηκαν αργότερα στη Γη αποκλειστικά στο εσωτερικό των προδρόμων των κυττάρων, και αργότερα μέσα στα κύτταρα της ζωής.

Οι πρόγονοι των κυττάρων

Στη νεαρά Γη σχηματίστηκε γρήγορα μέσα στις υδάτινες συλλογές μια «**προβιοτική**» **οργανική σούπα από απλές οργανικές ενώσεις**. Τα μικρά αυτά οργανικά μόρια προκειμένου να αντιδράσουν μεταξύ τους, έπρεπε να βρεθούν κοντά, σε επαφή. Το επόμενο ερώτημα είναι τι ήταν εκείνο που απέτρεψε τα μόρια από το να περιπλανώνται άσκοπα μέσα στο νερό, τα έφερε κοντά ώστε να μπορούν να αλληλεπιδράσουν και βοήθησε καθοριστικά τη χημεία της ζωής;

Η απάντηση είναι: ένα απλό χημικό φαινόμενο που συμβαίνει καθημερινά και οι περισσότεροι άνθρωποι το έχουν παρατηρήσει. Η δημιουργία μέσα σε υδάτινες συλλογές μικροσκοπικών «φυσαλλίδων» που έκλεισαν μέσα τους νερό και μεγάλο αριθμό οργανικών μορίων προστατευμένων από μια λεπτότατη ημιδιαπερατή μεμβράνη. Όπως οι σφαιρικές σταγόνες που σχηματίζει το λάδι όταν πέσει μέσα σε ξύδι. Το περίβλημα των σταγόνων αυτών δημιουργείται από το αυτόματο «κουβάρισμα» ορισμένων μοριακών αλυσίδων που περιέχουν υδρόφιλα και υδρόφοβα άκρα. Πρόκειται για μια μεμβράνη με δύο μοριακές στιβάδες, σαν ένα μοριακό σάντουιτς, στην οποία τα υδρόφιλα άκρα των μορίων που την αποτελούν ευρίσκονται εξωτερικά και εσωτερικά σε επαφή με το νερό, και τα υδρόφοβα συνδέονται μεταξύ τους εσωτερικά (**Εικόνα 2β**). Ακριβώς παρόμοια λιποσωμάτια χρησιμοποιούνται σήμερα για την μεταφορά φαρμάκων διαλελυμένων στο εσωτερικό τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Πρωτοπόρος αυτής της τεχνολογίας είναι ο Έλληνας καθηγη-

τής της Βιοχημείας στο University College του Λονδίνου Γρηγόριος Γρηγοριάδης. Και ακριβώς παρόμοια λιπιδικά νανοσωματίδια είναι οι φορείς του mRNA των εμβολίων κατά του ιού SARS CoV- 2 για την αντιμετώπιση της πανδημίας που ξέσπασε στις αρχές του 2020. Χωρίς αυτά δεν θα μπορούσε να γίνει ασφαλής μεταφορά του mRNA στον ανθρώπινο οργανισμό.

Οι σταγόνες αυτές, αιωρούμενες μέσα στα νερά, πήραν τη σκυτάλη της εξέλιξης των μορίων και ήταν οι πρόγονοι των κυττάρων από τα οποία αποτελείται κάθε μορφή ζωής. Δεν ήταν ασφαλώς ακόμα έμβιες οντότητες. Μέσα σ' αυτές επιταχύνθηκε ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων, σε ένα είδος αρχέγονου μεταβολισμού. Άρχισαν σταδιακά, **με την πάροδο εκατομμυρίων ετών** να δημιουργούνται, κυρίως με τη διαδικασία του πολυμερισμού, τα μακρομόρια της ζωής: όλο και μεγαλύτερα **πρωτεϊνικά μόρια** και τα γιγάντια μόρια των **πυρηνικών οξέων**, του μονόκλωνου **RNA** (RiboNucleicAcid) και του δίκλωνου **DNA** (DeoxyriboNucleicAcid).

Από την αρχή ένας **χημικός διάλογος** εμφανίστηκε ανάμεσα στις πρωτεΐνες και τα πυρηνικά οξέα, που συνδέθηκαν βαθμιαία λειτουργικά. Το ένα είχε την ανάγκη του άλλου για να λειτουργήσει. Τα πυρηνικά οξέα περιέχουν τις πληροφορίες της ζωής, αλλά χωρίς την ενζυματική δράση των πρωτεϊνών δεν μπορούν να τις εκφράσουν, ούτε να αναπαραχθούν, ενώ χωρίς τις πληροφορίες των πυρηνικών οξέων οι απαραίτητες για τη ζωή πρωτεΐνες δεν συντίθενται καν. Το γενετικό υλικό και οι πρωτεΐνες που συνδέονται λειτουργικά μαζί του συγκροτούν ένα όλον που μπορεί διατηρηθεί και **να αναπαραχθεί**, να ζήσει και να επιζήσει. Έτσι το ερώτημα ποιο από τα μόρια αυτά εμφανίστηκε πρώτο φαίνεται εκ πρώτης όψεως ρητορικό.

Ωστόσο πιθανότατα πρώτο εμφανίστηκε το RNA, του οποίου το μόριο στην αρχική φάση μπορούσε να σχηματισθεί και να αναπαραχθεί χωρίς τη βοήθεια πρωτεϊνικών ενζύμων, μιας και διαθέτει το ίδιο ενσωματωμένες καταλυτικές λειτουργίες παρόμοιες με αυτές των ενζύμων. Το σπουδαίο αυτό γεγονός αποδείχτηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 από τους Αμερικανούς Sidney Altman και Thomas Cech, πράγμα που τους εξασφάλισε το βραβείο Nobel για την χημεία το 1989. Το μόριο του DNA επομένως, που είναι πιο σταθερό και αυτοαναπαράγεται αποτελεσματικότερα, μάλλον σχηματίστηκε αργότερα.

Η χημεία των μεγάλων μορίων είναι ο κεντρικός μηχανισμός της ζωής, που εδράζεται και λειτουργεί αποκλειστικά μέσα στα κύτταρα. Και το DNA αποτελεί το μοριακό πίνακα στον οποίο χαραχτηκαν με χημικό τρόπο και δι-

ατηρούνται λεπτομερή πρακτικά της εξελίξεως της ζωής (**Εικόνα 2γ**). Μέσα στα κύτταρα δομήθηκε και εξελίχθηκε ο γενετικός κώδικας και η καθοδηγούμενη από αυτόν σύνθεση πρωτεϊνικών μορίων, που περιλαμβάνουν λειτουργικές πρωτεΐνες όπως είναι τα ένζυμα, και δομικές πρωτεΐνες. Έτσι προέκυψαν οι πρώτες **αναπαραγωγικές δομές** οι οποίες μέσα από πληθώρα ενδιάμεσων χημικών διεργασιών που δεν έπαψαν να αποτελούν αντικείμενα ερευνών, απέκτησαν τις ιδιότητες των εμβίων όντων.

Στο σημείο αυτό νομιμοποιούμε να πούμε ότι η ζωή είχε αρχίσει να σαλεύει στη Γη! Από την ύλη γεννήθηκε η ζωή μία και μοναδική φορά στη διάρκεια των δισεκατομμυρίων ετών της ύπαρξης του πλανήτη, και από τότε η ζωή γεννιέται αποκλειστικά από την προϋπάρχουσα ζωή.

Μέχρι το 1862 ήταν πιστευτό ότι η ζωή μπορεί να δημιουργείται συνεχώς και αυτόματα, όπως για παράδειγμα τα σκουλήκια και οι μύγες στο σάπιο κρέας. Τη χρονιά αυτή, τρία χρόνια μετά την έκδοση του βιβλίου του Κάρολου Δαρβίνου περί της εξελίξεως των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής, ο Λουί Παστέρ απέδειξε ότι δεν υφίσταται αυτόματη γένεση ζωής όπως είναι τα σκουλήκια στην κοπριά, στα χαλασμένα τρόφιμα, στο έδαφος και αλλού. Σήμερα η επιστήμη δέχεται ότι η ζωή εμφανίστηκε μια φορά στον πλανήτη. Από την ανόργανη ύλη προέκυψε η οργανική που εξελίχθηκε στο φαινόμενο της ζωής.

Εδώ πρέπει να δώσουμε τον ορισμό **της ζωής όπως την ξέρομε στη Γη**, πράγμα αναπάντεχα δύσκολο αν θέλει κανείς να είναι ακριβής. Για τις ανάγκες του βιβλίου αυτού, για να ορισθεί η ζωή δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν όροι της σύγχρονης φυσικής που αφορούν το τετραδιάστατο σύμπαν. Οι βιολογικές δομές και λειτουργίες ενώ ασφαλώς υπακούουν στους φυσικούς νόμους, διέπονται και από άλλες σειρές αιτίων, εντολών, που δεν υπάρχουν στον ανόργανο κόσμο. Και αυτές είναι οι πληροφορίες που έχουν εξελικτικά κωδικευθεί στο γενετικό υλικό. Μάλιστα οι πληροφορίες αυτές συνεχίζουν να εξελίσσονται. Ίσως ο πληρέστερος ορισμός της ζωής προτάθηκε σχετικά πρόσφατα από τον ερευνητή της NASA Gerald Joyce και ορίζει τη ζωή ως: **«ένα αυτοσυντηρούμενο χημικό σύστημα οργανωμένο με πληροφορίες, ικανό να παράγει ενέργεια, να αυτοαναπαράγεται και να εξελίσσεται»**.

Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα υπήρχε η πεποίθηση ότι το φαινόμενο της ζωής δεν μπορεί να ερμηνευτεί με όρους επιστημονικούς. Αυτό ασφαλώς δεν ισχύει 70 χρόνια αργότερα.

Για να διατηρηθεί η πρώτη μορφή ζωής που εμφανίστηκε στη Γη, η έπρεπε

τα αρχικά κύτταρα να ήταν «αθάνατα», ή να έχουν την ικανότητα της αναπαραγωγής πριν πεθάνουν, με μεταφορά των πληροφοριών της ζωής στα θυγατρικά, πράγμα που εξασφάλισε η παρουσία του αυτοδιπλασιαζόμενου DNA.

Η ζώνη της Χρυσομαλλούσας

Είναι προφανές ότι για να μπορεί ένας πλανήτης να αναπτύξει και να συντηρήσει **ζωή όπως την ξέρουμε**, πρέπει κατ' αρχήν να περιστρέφεται γύρω από ένα άστρο που παρέχει την απαραίτητη ενέργεια. Έπειτα να έχει ορισμένη απόσταση από το άστρο που εξασφαλίζει ένα εύρος θερμοκρασιών συμβατό με τρεχούμενο νερό. Υπάρχει μία συγκεκριμένη ζώνη στο δικό μας ηλιακό σύστημα (Habitable Zone), που πληροί την προϋπόθεση αυτή. Στη συγκεκριμένη ζώνη, που ονομάζεται από τους αστρονόμους και «**ζώνη της Χρυσομαλλούσας**», μόνο ένας πλανήτης ευρίσκεται στην άριστη απόσταση από τον ήλιο, η Γη. Ο Άρης ακουμπά οριακά στη ζώνη αυτή, αλλά ο συνδυασμός πίεσως και θερμοκρασίας επιτρέπει την ύπαρξη τρεχούμενου νερού σε κάτω από το 30% της επιφανείας του, αν υπάρχει καθόλου νερό στον πλανήτη αυτό.

Η σύγχρονη τεχνολογία και ο μόχθος των επιστημόνων έχουν ανιχνεύσει αντίστοιχες ζώνες σε άλλα ηλιακά συστήματα του γαλαξία μας, όπου πιθανώς υπάρχουν πλανήτες που πληρούν τις προϋποθέσεις εμφάνισης ζωής όπως την ξέρουμε. Τον Νοέμβριο του 2013 οι επιστήμονες βασιζόμενοι σε δεδομένα της διαστημικής αποστολής Kepler ανακοίνωσαν ότι στον γαλαξία μας μπορεί να υπάρχουν 40 δισεκατομμύρια πλανήτες στο μέγεθος της Γης που ευρίσκονται σε αντίστοιχες ζώνες ηλιακών συστημάτων στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα ύπαρξης νερού σε υγρή μορφή. Έντεκα δισεκατομμύρια από αυτούς περιστρέφονται γύρω από άστρα που μοιάζουν με τον Ήλιο μας. Πάντως μέχρι σήμερα και με την υπάρχουσα τεχνολογία, στο ελάχιστο μέρος του σύμπαντος που έχει εξερευνηθεί από τον άνθρωπο, όχι μόνο δεν έχει εντοπισθεί ζωή ούτε σε επίπεδο μονοκύτταρου οργανισμού, αλλά δεν ανιχνεύτηκαν ούτε πρωτεΐνες, ούτε πυρηνικά οξέα.

Μπορεί όμως να υπάρχει στο σύμπαν ζωή που βασίζεται σε διαφορετικές, άγνωστες σε μας προϋποθέσεις. Που δεν συνδέεται για παράδειγμα με τον άνθρακα αλλά με άλλο στοιχείο όπως το πυρίτιο, και δεν έχει ως διαλύτη το νερό αλλά άλλο μόριο, όπως η υγρή αμμωνία. Που εκφράζεται με άλλες μορφές και λειτουργίες.

Εύλογα γενιέται το ερώτημα: άραγε η εξέλιξη της ύλης σε ζωή, όταν αυτή βρεθεί σε κατάλληλες συνθήκες, είναι αναπόφευκτη;

Η ζωή και ο Β΄ νόμος της θερμοδυναμικής

Τα βιολογικά συστήματα υπακούουν όπως τα πάντα στο σύμπαν στους φυσικούς νόμους. Και η ζωή με όρους της φυσικής είναι ένα **ανοιχτό σύστημα μακράν της ισορροπίας**. Σύστημα δηλαδή που ανταλλάσσει ενέργεια και πληροφορίες με το φυσικό περιβάλλον, σύστημα ανομοιογενές στο οποίο μπορούν να υπάρξουν αλλαγές, καινοτομίες, και εξέλιξη. Ανοιχτά μη βιολογικά συστήματα είναι επίσης τα κοινωνικά, τα οικονομικά και τα πολιτικά συστήματα. Η δημιουργία νέων δομών και λειτουργιών στα συστήματα αυτά ονομάζεται παραγωγή τάξης.

Αντίθετα τα **κλειστά συστήματα** είναι ομοιογενή, χωρίς καμιά αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, χωρίς καμιά ροή ενέργειας. Τίποτα δεν μπορεί να συμβεί μέσα σ' αυτά, πρόκειται για συστήματα νεκρά. Η ομοιογένεια εδώ είναι συνώνυμη της αταξίας, του χάους.

Τα βιολογικά συστήματα είναι λοιπόν σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν πριν ανοιχτά συστήματα. Συντηρούνται και εξελίσσονται **δημιουργώντας τάξη, ζωή, από το χάος**, ποικιλία μορφών και λειτουργιών, σε μια κίνηση αντίθετη προς το ρεύμα που εκφράζει ο Β΄ νόμος της θερμοδυναμικής, δηλαδή προς την ομοιογενοποίηση και την κατάλυση των δομών και των μορφών λόγω της αύξησης της εντροπίας. Η εντροπία ως έννοια εκφράζει την αταξία στο σύμπαν, δηλαδή την αύξηση με την πάροδο του χρόνου της ομοιογενοποίησης των πάντων και εν τέλει την εξαφάνιση της ζωής.

Και το κατορθώνουν αυτό οι ζωντανοί οργανισμοί αντλώντας την ενέργεια που χρειάζεται η ζωή από το περιβάλλον, με τη φωτοσύνθεση, με τη διατροφή, με την αναπνοή. Χρησιμοποιούν την ενέργεια αυτή για τη συντήρηση, την ανάπτυξη, την εξέλιξή και την αναπαραγωγή τους, και το υπόλοιπο το επανεκπέμπουν στο φυσικό περιβάλλον και εν τέλει στο σύμπαν ως υπέρυθη ακτινοβολία και θερμότητα, δρώντας με τον τρόπο αυτό ως **μετασηματιστές της ενέργειας**.

Η ενέργεια όμως που αντλούν οι έμβιοι οργανισμοί για να δημιουργήσουν τάξη είναι δανεισμένη, και μάλιστα με τόκο, από το φυσικό περιβάλλον. Γιατί η πρόσληψή της προϋποθέτει την αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση της

εντροπίας, της αταξίας, στα φυσικά συστήματα από τα οποία προέρχεται η ενέργεια. Ο θάνατος κάθε έμβιου οργανισμού προκύπτει όταν εξαντληθεί η δανεισμένη ενέργεια που διαθέτει. **Και είναι σημαντικό να τονισθεί εδώ ότι δυστυχώς οι μορφές ενέργειας που διαθέτει ο πλανήτης για να δανείζει τους ζωντανούς οργανισμούς, με τους σύγχρονους ρυθμούς βιολογικής και πολιτιστικής εξέλιξης, γρήγορα εξαντλούνται.**

Πάντως με την αύξηση της εντροπίας στο φυσικό περιβάλλον, με την καταστροφή του με άλλα λόγια, και με την επανεκπομπή μέρους της προσληφθείσης ενέργειας από τους ζωντανούς οργανισμούς, δεν επηρεάζεται εν τέλει η γενικότερη ενεργειακή πορεία του σύμπαντος, δηλαδή η αύξηση της εντροπίας σ' αυτό με το βέλος του χρόνου. Οι φυσικοί νόμοι δεν κάνουν εκπτώσεις, ούτε χαρίζουν!

Οι πρώτοι μονοκύτταροι οργανισμοί

Ο πρώτος ζωντανός οργανισμός δεν μπορεί να προέκυψε από άλλο ζωντανό οργανισμό αλλά από την εξέλιξη της οργανικής ύλης, που και αυτή είναι εξέλιξη της ανόργανης ύλης. Τα μόνα άμεσα στοιχεία που διαθέτουμε για τη διερεύνηση του **πότε** εμφανίστηκε η ζωή στη Γη προέρχονται από δύο πηγές. Από παλαιοντολογικές έρευνες, με τις οποίες ανιχνεύεται οργανική ύλη και μικροαπολιθώματα ενσωματωμένα σε πετρώματα των οποίων εύκολα σήμερα προσδιορίζεται η ηλικία. Και από την ανάλυση στην οργανική ύλη των δύο σταθερών ισοτόπων του άνθρακα, του άνθρακα 12 και του άνθρακα 13 (**δείκτης δ13 C**), η σχέση των οποίων αποδεικνύει τη βιολογική ή μη προέλευση της οργανικής ύλης μιας και οι έμβιοι οργανισμοί ενσωματώνουν εκλεκτικά τον άνθρακα 12.

Οι παλαιοντολογικές έρευνες μικροαπολιθωμάτων που βρέθηκαν σε πετρώματα της Αυστραλίας και της Νότιας Αφρικής έδειξαν σαφώς ότι η ζωή στη Γη όπως την ξέρουμε υπήρχε **3,5** δισεκατομμύρια χρόνια πριν, ενώ η ανάλυση της σχέσεως των ισοτόπων του άνθρακα σε οργανική ύλη που βρέθηκε σε πετρώματα της Γροιλανδίας απέδειξε ότι η ζωή υπήρχε ήδη **3,8** δισεκατομμύρια χρόνια πριν, όταν το γνωστό σύμπαν είχε ήδη διανύσει πορεία 10 δισεκατομμυρίων ετών και η Γη είχε ηλικία 8 εκατομμυρίων αιώνων.

Η ζωή εμφανίστηκε μέσα στο νερό. Πιθανότατα η πιο αρχική μορφή ζωής ήταν ένας θερμοανθεκτικός μονοκύτταρος οργανισμός που εμφανίστηκε κο-

ντά σε υδροθερμικά συστήματα με μεγάλη θερμοκρασία που υπάρχουν στους πυθμένες των ωκεανών.

Οι πρώτοι **μονοκύτταροι** οργανισμοί, απόγονοι των αρχικών φυσαλλίδων, ικανοί να παράγουν ενέργεια χρησιμοποιώντας ύλη από το περιβάλλον και να πολλαπλασιάζονται εξαπλώθηκαν γρήγορα στον πλανήτη, και δεν υπήρχε τίποτα για να εμποδίσει τον πολλαπλασιασμό τους, ενώ αν σήμερα εμφανιζόταν μια νέα μορφή ζωής θα καταστρεφόταν τάχιστα από τους ήδη υπάρχοντες ζωντανούς οργανισμούς. Οι μονοκύτταροι οργανισμοί υπήρξαν οι μοναδικοί φορείς της ζωής στη Γη για πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Οι πρώτοι χωρίς πυρήνα μονοκύτταροι οργανισμοί, που αποκαλούμε **προκαρυωτικά** διακρίνονται σε **αρχαία** και σε **βακτήρια**. Τα πρώτα κύτταρα πιθανότατα ήταν πιο πρωτόγονα από τα γνωστά μας σύγχρονα βακτήρια, διέθεταν όμως πρωτεΐνες, άρα και ένζυμα, που τα καθιστούσαν ικανά να παράγουν ενέργεια με χημικές διεργασίες. Το γενετικό υλικό των βακτηρίων, το DNA, αποτελείται από μία και μοναδική κουβνιασμένη μοριακή αλυσίδα καθώς και από σκόρπια κομμάτια DNA, τα πλασμίδια. Η αναπαραγωγή κάθε βακτηρίου σε δύο όμοια κύτταρα γίνεται με απλή διαίρεση του κυττάρου και η κατανομή του γενετικού υλικού στα θυγατρικά κύτταρα γίνεται μετά από προηγούμενο διπλασιασμό του DNA (**Εικόνα 2δ**).

Υπάρχουν 40 εκατομμύρια βακτήρια σε κάθε γραμμάριο εδάφους και 5 εκατομμύρια σε ένα κουταλάκι του γλυκού νερό. Σε 100 τρισεκατομμύρια υπολογίζονται οι μονοκύτταροι οργανισμοί που ζουν μέσα στο παχύ έντερο του ανθρώπου. Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν βακτήρια κατά 30% περισσότερα από τα ανθρώπινα κύτταρα. **Αποτελούν και σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας του πλανήτη.** Οι πρωταθλητές αυτοί της επιβίωσης ελέγχουν και διατηρούν όλους τους σημαντικούς μεταβολικούς και βιογεωχημικούς κύκλους στον πλανήτη, όπως τον κύκλο του αζώτου, του άνθρακα και του οξυγόνου. Και μέσω αυτών εμπλέκονται εμμέσως στις περισσότερες πτυχές της ανθρώπινης φυσιολογίας.

Οι μονοκύτταροι οργανισμοί άλλαξαν επανειλημμένως τις χημικές διεργασίες παραγωγής ενέργειας στο εσωτερικό τους. Στα πρώτα βακτήρια η απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής ενέργεια προήρχετο από την απλή **ζύμωση** των οργανικών μορίων που περιείχαν, η προέλευση των οποίων ήταν κυρίως το φυσικό περιβάλλον. Βαθμιαία όμως τα περιορισμένα τότε αποθέματα οργανικών μορίων του πλανήτη μειώθηκαν ενώ παράλληλα λόγω της

ζύμωσης απελευθερώθηκαν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου. Αν και μεγάλο μέρος των αερίων αυτών διαλύθηκε στους ωκεανούς, έφθασαν με την πάροδο του χρόνου σε τοξικά για τη ζωή επίπεδα.

Για να επιβιώσουν τα βακτήρια, που δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ζούσαν αποκλειστικά μέσα στο νερό, «εφηύραν» βαθμιαία πριν περίπου 2,4 δισεκατομμύρια χρόνια έναν άλλο τρόπο παραγωγής ενέργειας, τη **φωτοσύνθεση**. Τα πρώτα φωτοσυνθετικά βακτήρια ονομάστηκαν στην εποχή μας **κυανοπράσινα**. Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει την παγίδευση της ηλιακής ενέργειας, των φωτονίων δηλαδή, από ευαίσθητα χημικά μόρια, τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας και νερού, και εν τέλει τη μετατροπή του άνθρακα του διοξειδίου σε οργανική ύλη, κυρίως σε σάκχαρα. Πρόκειται για μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε χημική και αποθήκευση της τελευταίας με τη μορφή μορίων. Συγχρόνως απελευθερώνεται μοριακό οξυγόνο που έγινε από τότε βασικό στοιχείο της γήινης ατμόσφαιρας και γεννά στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας το προστατευτικό για τη ζωή στρώμα του όζοντος. Να λοιπόν **η πηγή του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, είναι η φωτοσύνθεση**. Πριν τη φωτοσύνθεση, πριν από 2,4 δισεκατομμύρια χρόνια, δεν υπήρχε ελεύθερο οξυγόνο στη γήινη ατμόσφαιρα.

Αργότερα, μετά την εμφάνιση των φυτών στον πλανήτη πρώτα μέσα στο νερό και κατόπιν στην ξηρά, η φωτοσύνθεση επιτελείται από τη χλωροφύλλη που περιέχεται στα φυτά και τα φύκη, παράλληλα όμως και από φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς και από τα άλγη των ωκεανών. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί των θαλασσών παράγουν σήμερα πάνω από το 50% του συνόλου της παραγόμενης από τη φωτοσύνθεση οργανικής ύλης. Η χλωροφύλλη στα φυτικά κύτταρα περιέχεται σε μικροσκοπικές δομές που λέγονται χλωροπλάστες και δεν είναι παρά τα αρχαία κυανοπράσινα βακτήρια τα οποία ενσωματώθηκαν σε κάποια περίοδο της εξέλιξης μέσα σε κατά πολύ μεγαλύτερα κύτταρα.

Η εποχή της πρώτης εμφάνισης και ανάπτυξης των φωτοσυνθετικών μονοκυττάρων οργανισμών καταδεικνύεται από τα παλαιότερα ανευρεθέντα **κόκκινα** γεωλογικά στρώματα. Το κόκκινο χρώμα τους οφείλεται στην οξείδωση του σιδήρου από το αρχικά παραχθέν οξυγόνο. Η φωτοσύνθεση, η παραγωγή της απαραίτητης για τη διατήρηση της ζωής οργανικής ύλης και η ρύθμιση της συγκέντρωσης του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εξακολουθεί έκτοτε να γίνεται από τα φυτά και τους

φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς μέσω του φωτοευαίσθητου μορίου της χλωροφύλλης.

Η ηλιακή ενέργεια που περιέχεται στην οργανική ύλη των φυτών περνά στα φυτοφάγα ζώα, από αυτά στα σαρκοφάγα, στα πτωματοφάγα, και καταλήγει να ενσωματωθεί στη γήινη ενεργειακή δεξαμενή μετά τη βακτηριακή αποσύνθεση της οργανικής ύλης.

Μέχρι την εμφάνιση της φωτοσύνθεσης οι μονοκύτταροι οργανισμοί ήταν στο σύνολό τους **αναερόβιοι**, δεν χρησιμοποιούσαν δηλαδή οξυγόνο για την παραγωγή ενέργειας, γιατί ούτε οξυγόνο υπήρχε αρχικά, ούτε μετά την εμφάνιση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα διέθεταν τους κατάλληλους βιοχημικούς μηχανισμούς. Και στην εποχή μας υπάρχουν αναερόβια μικρόβια τα οποία συχνά προκαλούν προβλήματα στην ιατρική κοινότητα και είναι η αιτία επικίνδυνων λοιμώξεων που δεν είναι πάντα εύκολο να αντιμετωπισθούν.

Όμως με τον καιρό το οξυγόνο που απελευθέρωνε η φωτοσύνθεση ανήλθε σε τοξικές για τη ζωή συγκεντρώσεις που κατέστρεφαν τα γιγάντια μόρια της ζωής, τις πρωτεΐνες και τα πυρηνικά οξέα. Τότε βαθμιαία, μέσα από έναν συνεχή χημικό διάλογο με το φυσικό περιβάλλον, οι μονοκύτταροι οργανισμοί στην προσπάθειά τους για επιβίωση «εφηύραν» έναν πιο αποδοτικό τρόπο παραγωγής ενέργειας που λέγεται στη γλώσσα της χημείας οξειδωτική φωτοσφορυλίωση, η απλά **αερόβια κυτταρική αναπνοή**. Αυτή δεσμεύει και χρησιμοποιεί το οξυγόνο για τις χημικές αντιδράσεις παραγωγής ενέργειας, τις λεγόμενες καύσεις, ελαττώνοντας συγχρόνως την περιεκτικότητα του φυσικού περιβάλλοντος σε οξυγόνο στα σημερινά επίπεδα. Η κυτταρική αναπνοή είναι έκτοτε βασικός μηχανισμός παραγωγής ενέργειας μέσα στα στα κύτταρα. Οι μονοκύτταροι οργανισμοί έγιναν βαθμιαία στην πλειοψηφία τους **αερόβιοι**.

Η ύπαρξη των βακτηρίων που άρχισαν να χρησιμοποιούν το οξυγόνο για την παραγωγή ενέργειας συγχρόνως με τα υπόλοιπα που εξακολουθούσαν να εξαρτώνται από τη φωτοσύνθεση, σήμαινε στην ουσία τον χωρισμό του ζωικού από το φυτικό βασίλειο.

Η ανάγκη να ξεπεραστούν τα προβλήματα επιβίωσης από τον τροφικό ανταγωνισμό μεταξύ των πρώτων βακτηρίων οδήγησε πριν περίπου 2 έως 1,6 δισεκατομμύρια χρόνια στη **συγχώνευση και συνεργασία** μερικών από αυτά και την εμφάνιση νέων κατά χίλιες φορές μεγαλύτερων, που είχαν πλέον πολύ περισσότερες λειτουργίες και το γενετικό υλικό περιορισμένο σε περι-

κλειστους πυρήνες. Πιθανότατα αυτό προέκυψε από την απορρόφηση μικρότερων απύρηνων βακτηρίων, που διέθεταν ωστόσο ελεύθερο DNA στο κυτταρόπλασμά τους, από άλλα μεγαλύτερα. Σύμφωνα με την επικρατέστερη θεωρία τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες που αποτελούν το 50% του βάρους των ζωικών και των φυτικών κυττάρων αντίστοιχα, κατάγονται από αρχαία βακτήρια που ενσωματώθηκαν στα μεγαλύτερα κύτταρα. Ισχυρή ένδειξη γι' αυτό αποτελεί η εν πολλοίς ομοιότητα του DNA των μιτοχονδρίων των νέων μεγαλύτερων κυττάρων με το DNA των παλαιότερων απύρηνων βακτηρίων.

Αυτά τα νέα, τεράστια και πολύπλοκα εμπύρηννα κύτταρα ονομάστηκαν **ευκαρυωτικά** και είναι από τότε τα κυρίως κύτταρα των φυτικών και των ζωικών οργανισμών (**Εικόνα 2ε**). Στα εμπύρηννα αυτά κύτταρα οι πληροφορίες που υπάρχουν στο DNA μεταφέρονται έξω από τον πυρήνα στον τόπο όπου γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών, στα ριβοσωμάτια του κυτταροπλάσματος, με μόρια RNA. Κάθε φορά το μεταφέρον μόριο του RNA είναι ακριβές αντίγραφο ενός τμήματος του DNA που περιέχει κωδικευμένες με τα ίδια χημικά «γράμματα» που χρησιμοποιεί το DNA τις εντολές για τη σύνθεση πρωτεϊνών. Τα χημικά γράμματα είναι οι γνωστές εναλασσόμενες σε άπειρους συνδυασμούς τέσσερις αζωτούχες χημικές βάσεις: **η αδενίνη, η θυμίνη, η κυτοσίνη και η γουανίνη**.

Ένα γονίδιο είναι ένα κομμάτι του DNA με άλλοτε άλλο μήκος, που περιέχει μια αλληλουχία άλλοτε άλλου αριθμού αζωτούχων βάσεων. Κάθε γονίδιο, κάθε συγκεκριμένη αλληλουχία αζωτούχων βάσεων, είναι μια κωδικοποιημένη οδηγία που ρυθμίζει την σύνθεση μιας συγκεκριμένης πρωτεΐνης, έχει δηλαδή μια συγκεκριμένη λειτουργία. Είναι σημαντικό ότι από το σύνολο των γονιδίων ένας μικρός μόνο αριθμός είναι λειτουργικός και κωδικοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες, τα περισσότερα από τα υπάρχοντα γονίδια είναι αδρανή, απλώς παρόντα.

Δεν πέρασαν πολλά εκατομμύρια χρόνια από την εμφάνιση των εμπύρηνων κυττάρων για να εμφανιστεί η αμφιγονική αναπαραγωγή που οδήγησε πλέον σε εκρηκτική αύξηση της βιολογικής ποικιλότητας.

Η πλήρης «ανάγνωση» του ανθρώπινου γονιδιώματος που περατώθηκε το έτος 2000 είναι το μεγαλύτερο επίτευγμα της επιστήμης της γενετικής μέχρι σήμερα.

Οι πολυκύτταροι οργανισμοί

Πριν περίπου 1,2 δισεκατομμύρια χρόνια η ανάγκη επιβίωσης οδήγησε μεμονωμένα ευκαρυωτικά κύτταρα να συνενωθούν και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Τα κύτταρα που εντάχθηκαν στις πρώτες αυτές **κυτταρικές «κοινωνίες»**, μερικές χιλιάδες αρχικά, σιγά-σιγά διαφοροποιήθηκαν μορφολογικά και εξειδικεύτηκαν λειτουργικά σε ένα είδος αρχέγονης κατανομής των εργασιών. Άλλα ειδικεύτηκαν στην κίνηση, άλλα στην πέψη, άλλα στην αποθήκευση της ενέργειας και άλλα στις υπόλοιπες λειτουργίες της ζωής. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα που προέρχεται από το πανεπιστήμιο του Queensland στην Αυστραλία και δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό Nature, οι πρώτες συναθροίσεις πιθανότατα αποτελούνταν από κύτταρα που είχαν ιδιότητες βλαστοκυττάρων. Μπορούσαν δηλαδή να μετατρέπονται σε διαφορετικούς κυτταρικούς τύπους ανάλογα με τα ερεθίσματα που έπαιρναν από το μικροπεριβάλλον τους. Εξελικτικό ανάλογο των πρώτων πολυκύτταρων οργανισμών στην εποχή μας είναι το γένος *Apoelamia*, που ανήκει στην τάξη των σιφωνοφόρων που ζουν στους πυθμένες των ωκεανών. Τα ζώα αυτά είναι στην ουσία αποικίες από πολύ μικρότερα ανεξάρτητα ζώα που μοιάζουν με ζελατινοειδείς μέδουσες ή πολύποδες, καθένα από τα οποία όμως επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία στα πλαίσια του ζώου-αποικίας.

Οι κυτταρικές αυτές κοινωνίες που εμφανίστηκαν μέσα στο νερό είχαν σαφές εξελικτικό πλεονέκτημα έναντι των μεμονωμένων κυττάρων. Μπορούσαν να αντιμετωπίζουν τους κινδύνους του περιβάλλοντος πιο αποτελεσματικά. Έτσι εμφανίστηκαν οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί, τα **μετά-ζωα**, που συνέχισαν τον δρόμο της εξέλιξης μέσα από το ζωικό και το φυτικό βασίλειο. Η ζωή χρειάστηκε πολύ χρόνο για να ακολουθήσει την πορεία του σύμπαντος προς την αυξανόμενη πολυπλοκότητα, μέσω των πολυκύτταρων οργανισμών.

Μόνο αφού τα μικρότερα και απλούστερα πολυκύτταρα όντα που έμοιαζαν αρχικά με μικροσκοπικές μέδουσες ή σκώληκες και είχαν διαστάσεις μέχρι λίγα εκατοστά είχαν ετοιμάσει το έδαφος, εμφανίστηκαν τα μεγαλύτερα και πιο σύνθετα, χωρίς σκληρά στοιχεία αρχικά, που εν τούτοις άφησαν το ίχνος τους στη λάσπη, που αργότερα έγινε πέτρωμα.

Η εξέλιξη της ζωής πλέον επιταχύνθηκε.

Πριν από περίπου 542 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκαν οι πρώ-

τοι οργανισμοί με σκληρό περίβλημα αλλά χωρίς σπονδυλική στήλη, τα ασπόνδυλα και αργότερα τα σπονδυλωτά. Από 'δώ και πέρα η ιστορία της ζωής φωτίζεται καλύτερα γιατί τα σκληρά στοιχεία μπορούσαν πλέον να μετατραπούν σε απολιθώματα. Τα πρώτα μικροσκοπικά φυτά στη στεριά αναπτύχθηκαν 400 εκατομμύρια χρόνια πριν, και μερικές εκατοντάδες χιλιάδες αιώνες αργότερα εμφανίστηκαν τα πρώτα ζώα που μπορούσαν να μπαινοβγαίνουν στο νερό, έχοντας αναπτύξει την ικανότητα να αναπνέουν και στην ξηρά. Ήταν τα αμφίβια, οι πρόγονοι όλων των τετραπόδων ζώων της ξηράς.

Εκατομμύρια χρόνια αργότερα εμφανίστηκαν τα ωοτόκα ερπετά και πριν περίπου 230 εκατομμύρια χρόνια οι δεινόσαυροι, που κυριάρχησαν στη Γη για πάνω περίπου 165 εκατομμύρια χρόνια, πράγμα που δεν παίρνουμε όρκο ότι θα συμβεί με το ανθρώπινο είδος. Οι τελευταίοι εξαφανίστηκαν πριν 65 εκατομμύρια χρόνια, και αυτό ευνόησε την επιβίωση και εξέλιξη των θηλαστικών.

Υπήρξαν αμέτρητες δυσκολίες επιβίωσης, αμέτρητα είδη που εξαφανίστηκαν. Είναι συγκλονιστικό ότι από τα 10 δισεκατομμύρια των ειδών που υπολογίζεται ότι έζησαν στη Γη από το απώτατο παρελθόν, πάνω από το 99% δεν υπάρχουν πλέον.

Από τα θηλαστικά εξελίχθηκαν τα πρωτεύοντα και από αυτά πριν περίπου 5 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκαν τα ανθρωποειδή, οι ανθρωπίδες. Από την εξέλιξη των ανθρωπίδων προήλθε το γένος Homo και αργότερα το είδος μας, ο Homo sapiens.

Για χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος εθεωρείτο ως κάτι εντελώς ξεχωριστό και αυτόνομο από την υπόλοιπη φύση, έως ότου, κυρίως από τα μέσα 19^{ου} αιώνα, παγιώθηκε σταδιακά η θέση ότι δεν υπάρχει τίποτα το υπερφυσικό στην καταγωγή του ανθρώπου. Ο άνθρωπος είναι απλώς ένα από τα είδη του ζωικού βασιλείου που ζουν σήμερα. Μπορούμε να πούμε ότι ο έλλογος άνθρωπος αποτελεί ξεχωριστή οντολογική κατηγορία όχι ως προς τη βιολογική, αλλά ως προς την πνευματική και ηθική του υπόσταση.

Η γενετική αλυσίδα που οδήγησε στο είδος μας είχε πολλούς ενδιάμεσους κρίκους και κατέληξε σε ένα ον που εκτός από ένστικτα και συναισθήματα διαθέτει επί πλέον **λόγο, Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως και φαντασία** και είναι ικανό να δημιουργεί και να διαχειρίζεται σύμβολα. Ο άνθρωπος είναι απαλλαγμένος από τη δουλεία της ενστικτώδους συμπεριφοράς, γνωρίζει το καλό και το κακό και διαθέτει ελευθερία βούλησης έχοντας και την αντίστοι-

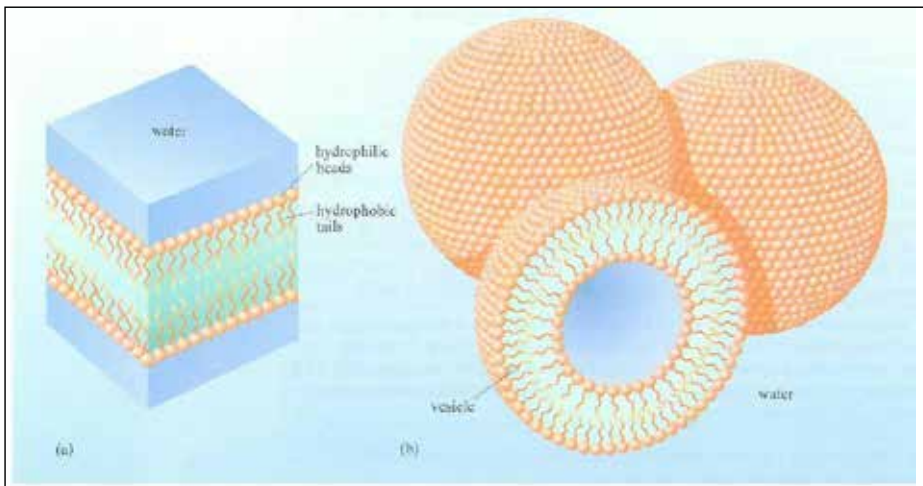
χη ευθύνη. Είναι ζώο ικανό όχι μόνο να επιβιώνει σε κάθε περιβάλλον σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ζώα, αλλά και να διαμορφώνει το περιβάλλον.

Είναι φανερό ότι ο άνθρωπος δεν γεννήθηκε χθες. Ο υλικός του οργανισμός πέρασε από τα αχανή μεσοαστρικά νέφη, από τη φλογισμένη καρδιά των κοσμικών κλιβάνων, των άστρων, και από τον πρωτόγονο ωκεανό της Γης. Ολόκληρο το σύμπαν είναι το κουκούλι του. Η άψυχη ύλη έγινε έμβια, και η έμβια σκεπτόμενη.

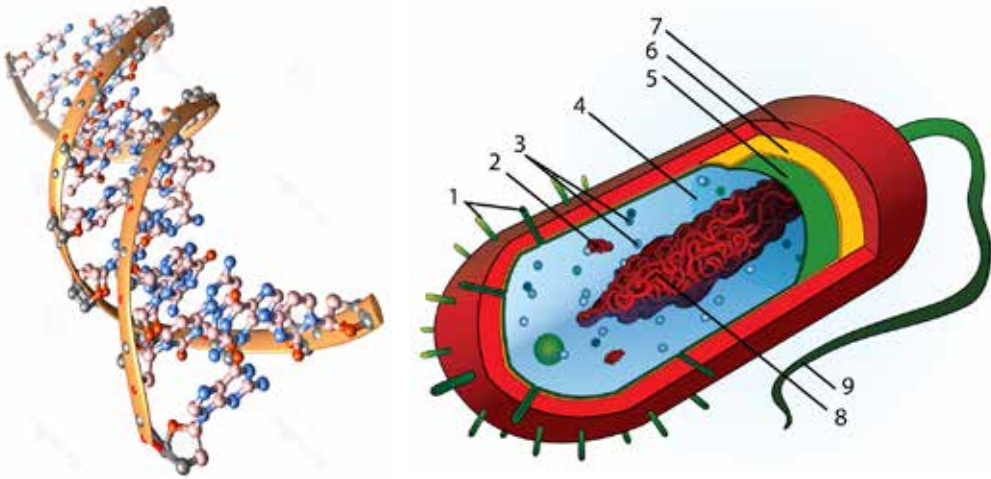
Το σύνολο των ζωντανών οργανισμών υπάρχει σε ένα σχετικά λεπτό και αδιάσπαστο μανδύα, μια συνεχή τσίπα που καλύπτει την επιφάνεια της Γης και ονομάζεται **βιόσφαιρα**. Η βιόσφαιρα καλύπτει κάθε σπιθαμή της ξηράς και των θαλασσών, αλλά και την ατμόσφαιρα και τους πυθμένες των ωκεάνιων τάφρων, ακόμα και τον γήινο φλοιό κάτω από αυτές σε βάθος εκατοντάδων μέτρων. Μέσα σ' αυτό το συνεχές ζωντανό επικάλυμμα του πλανήτη υπάρχουν όλες οι μορφές ζωής, από τα βακτήρια μέχρι τα φυτά, από τους γίγαντες της ξηράς και των θαλασσών μέχρι τον άνθρωπο.



Εικ. 2α. Μοριακό νέφος στο νεφέλωμα του Αετού



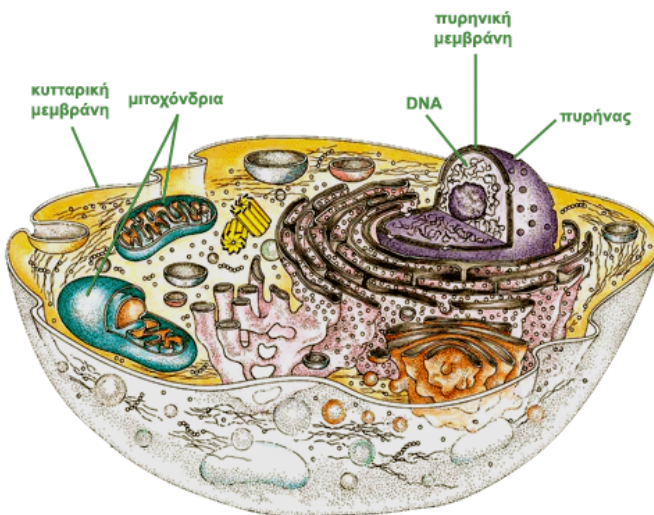
Εικ. 2β. Σχηματισμός των φουσσιδίων - προγόνων των κυττάρων



Εικ. 2γ. Το μόριο του DNA

Εικ. 2δ. Τυπικό βακτήριο
(Προκαρυωτικό κύτταρο)

- 1: Τριχίδια, 2: Πλασμίδιο, 3: Ριβοσώματα,
- 4: Κυτταρόπλασμα, 5: Κυτταρική μεμβράνη,
- 6: Κυτταρικό τοίχωμα, 7: Βακτηριακό έλυτρο,
- 8: Πυρηνοειδές, 9: Βακτηριακό μαστίγιο



Εικ. 2ε. Ευκαρυωτικό
κύτταρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΟΧΕΣ ΣΤΗ ΓΗ

*Να δεις τον κόσμο σ' έναν κόκκο άμμου,
και τον Παράδεισο σ' ένα αγριολούλουδο.
Να κρατήσεις το άπειρο στην παλάμη του χεριού σου
και την αιωνιότητα σε μια στιγμή.*

William Blake

Η ιστορία των 4,6 δισεκατομμυρίων ετών της Γης χωρίζεται σε γεωλογικές περιόδους, που αποτελούν τα διαδοχικά στάδια της εξέλιξης του πλανήτη και της ζωής πάνω σ' αυτόν. Σήμερα πλέον τα επιστημονικά δεδομένα που υποστηρίζουν την εξέλιξη των γεωλογικών περιόδων και τα γεγονότα που συνέβησαν σε καθεμία δεν αφήνουν περιθώρια αμφισβήτησης της ακρίβειας των στοιχείων που παρατίθενται, ιδιαίτερα μετά την εισαγωγή στην καθημερινή πράξη των συγχρόνων μεθόδων χρονολόγησης και της μοριακής γενετικής **(Πίνακας 3α)**.

Όσον αφορά την εξέλιξη των μορφών της ζωής σε σχέση με τις γεωλογικές περιόδους του πλανήτη, το έργο των γεωλόγων και των παλαιοντολόγων είναι ασφαλώς ευκολότερο για τις εποχές που ακολουθούν την εμφάνιση οργανισμών με σκληρά δομικά στοιχεία, ικανών να αφήνουν απολιθώματα. Αυτά είχαν τη μορφή κελυφών αρχικά και οστέινων σκελετών αργότερα. Η εμφάνιση των στοιχείων αυτών τοποθετείται 542 εκατομμύρια χρόνια πριν.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΟΧΕΣ	
<u>ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟΣ</u> :	Μέχρι πριν 542 εκατομμύρια χρόνια
<u>ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΗ</u> :	542 – 252 εκατομμύρια χρόνια πριν (ε.χ.π)
Κάμβριος :	542 – 488 (ε.χ.π)
Ορδοβίκιος :	488 – 444 (ε.χ.π)
Σιλούριος :	444 – 416 (ε.χ.π)
Δεβόνιος :	416 – 359 (ε.χ.π)
Λιθανθρακοφόρος :	359 – 299 (ε.χ.π)
Πέρμιος :	299 – 252 (ε.χ.π)
<u>ΜΕΣΟΖΩΙΚΗ</u> :	252 – 65 (ε.χ.π)
Τριασική :	252 – 200 (ε.χ.π)
Ιουρασική :	200 – 145 (ε.χ.π)
Κρητιδική :	145 - 65 (ε.χ.π)
<u>ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΗ</u> :	65 ε.χ.π έως σήμερα
<u>Παλαιογενής</u> :	65 – 23 ε.χ.π
Παλαιόκαινος :	65 – 55 ε.χ.π
Ηώκαινος :	55 – 34 ε.χ.π
Ολιγόκαινος :	34 – 23 ε.χ.π
<u>Νεογενής</u> :	23 – 2,6 ε.χ.π
Μειόκαινος :	23 – 5,3 ε.χ.π
Πλειόκαινος :	5,3 – 2,6 ε.χ.π
<u>Τεταρτογενής</u> :	2,6 ε.χ.π έως σήμερα
Πλειστόκαινος :	2,6 ε.χ.π έως 11 χιλιάδες χρόνια πριν
Ολόκαινος :	11 χιλιάδες χρόνια πριν έως σήμερα

Πίνακας 3α

Προκάμβριος εποχή

Η πρώτη αυτή γεωλογική εποχή είναι η μεγαλύτερη σε διάρκεια και καλύπτει περίπου το 88% της ιστορίας της Γης. Αρχίζει με τον σχηματισμό του πλανήτη, πριν από 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια και τελειώνει σχεδόν 4 δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα, συγκεκριμένα πριν 542 εκατομμύρια χρόνια, με την έναρξη της Καμβρίου περιόδου στην οποία ανήκουν τα παλαιότερα ανευρεθέντα απολιθώματα.

Από την έρευνα μικροαπολιθωμάτων σε πετρώματα των οποίων έχει προσδιοριστεί η ηλικία, η ζωή υπήρχε ήδη 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, ενώ από τον προσδιορισμό της σχέσεως των ισοτόπων του άνθρακα C12 και C13 σε απολιθωμένη οργανική ύλη, η ζωή με τη μορφή προκαρυωτικών μο-

νοκύτταρων οργανισμών εμφανίστηκε 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Πιθανότατα η πιο αρχική μορφή ζωής ήταν ένας θερμοάντοχος μονοκύτταρος οργανισμός που εμφανίστηκε κοντά σε υδροθερμικά συστήματα που υπάρχουν στους πυθμένες των ωκεανών.

Οι μονοκύτταροι οργανισμοί, το πρώτο είδος με το οποίο ζωντάνεψε ο πλανήτης και εξακολουθεί να εκπροσωπεί το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας του, ονομάστηκαν **πρωτόζωα**. Ήταν ικανοί να παράγουν ενέργεια για την επιβίωσή τους χρησιμοποιώντας ύλη από το περιβάλλον, να πολλαπλασιάζονται και να εξελίσσονται και υπήρξαν οι μοναδικοί φορείς της ζωής στον πλανήτη για πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Πέρασαν από πολλές φάσεις όσον αφορά τη δομή και τις λειτουργίες τους μέχρι την εμφάνιση των ευκαρυωτικών, των συγχρόνων κυττάρων.

Η ανάγκη επιβίωσης οδήγησε πριν περίπου 1,2 δισεκατομμύρια χρόνια στη συνάθροιση και επικοινωνία μεμονωμένων κυττάρων και στην περαιτέρω μορφολογική και λειτουργική εξειδίκευσή τους σε ένα είδος συνύπαρξης, συνεργασίας και αρχέγονης κατανομής των επί μέρους λειτουργιών. Οι κυτταρικές αυτές **«κοινωνίες»** είχαν σαφές εξελικτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα μεμονωμένα κύτταρα. Εμφανίστηκαν έτσι οι πολυκύτταροι οργανισμοί, μέσα πάντα στις υδάτινες συλλογές, που συνέχισαν τον δρόμο της εξέλιξης μέσα από το ζωικό και το φυτικό βασίλειο. Οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί ονομάστηκαν **μετάζωα (ediacarans)**. Μόνο αφού τα μικρότερα και απλούστερα αυτά πολυκύτταρα όντα που έμοιαζαν αρχικά με μικρές μέδουσες και σκώληκες και είχαν διαστάσεις μέχρι λίγα εκατοστά, είχαν ετοιμάσει το έδαφος, μόνο τότε εμφανίστηκαν τα μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα που δεν είχαν ακόμα σκληρά περιβλήματα ή σκελετούς και εν τούτοις άφησαν το αποτύπωμά τους στη λάσπη, που αργότερα έγινε πέτρωμα (**Εικόνα 3α**).

Πριν από περίπου **542 εκατομμύρια χρόνια** εμφανίστηκαν οργανισμοί με ασβεστούχα σκληρά στοιχεία που μπορούσαν πλέον να αφήσουν απολιθώματα. Τα σκληρά αυτά στοιχεία ήταν αρχικά σκληρά περιβλήματα όπως στους τριλοβίτες, και αργότερα σταδιακά αναπτύχθηκε η εσωτερική στηρικτική δομή που αποκαλούμε σπονδυλική στήλη. Δεν βρέθηκαν ποτέ απολιθώματα σε πετρώματα ηλικίας άνω των 542 εκατομμυρίων ετών. Από το σημείο αυτό και πέρα η ιστορία της ζωής φωτίστηκε καλύτερα, ακριβώς γιατί υπήρχαν πλέον απολιθώματα.

Η περαιτέρω ιστορία του πλανήτη χωρίζεται σε 3 μεγάλες εποχές, την

Παλαιozoική, τη Μεσοζωική και την Καινοζωική και καθεμία από αυτές σε μικρότερες περιόδους.

Παλαιozoική εποχή

Η περίοδος από τα 542 έως τα 252 εκατομμύρια χρόνια πριν, διάρκειας 290 εκατομμυρίων ετών, ονομάζεται **Παλαιozoική εποχή**. Στο πρώτο τρίτο αυτής εμφανίστηκαν μεταξύ άλλων διάφορα είδη ασπονδύλων που διέθεταν όμως σκληρό περίβλημα. Στη συνέχεια εμφανίστηκαν τα σπονδυλωτά, αρχικά με τη μορφή των ψαριών, και περίπου στο μέσον της περιόδου η ζωή από το νερό πέρασε και στην ξηρά με τα αμφίβια ζώα. Στο τελευταίο τρίτο εμφανίστηκαν τα ερπετά, τα έντομα και τα φυτά που διέθεταν τροφοφόρα αγγεία.

Σ' αυτήν την εποχή, πριν περίπου 350 εκατομμύρια χρόνια, από τη συνένωση μεγάλων κομματιών ξηράς που προϋπήρχαν σχηματίστηκε η υπερήπειρος της **Πανγαίας**. Υπήρξαν στην περίοδο αυτή τουλάχιστον δύο εποχές παγετώνων, μία από τα 460 έως τα 420 εκατομμύρια χρόνια πριν, και η επόμενη από τα 360 έως τα 260 εκατομμύρια χρόνια πριν. Προς το τέλος της Παλαιozoικής εποχής, στη διάρκεια της Περμίου περιόδου, έλαβε χώρα η μεγαλύτερη εξαφάνιση ζωικών ειδών στην ιστορία του πλανήτη.

Η Παλαιozoική εποχή χωρίζεται σε έξι γεωλογικές περιόδους ως κατωτέρω:

α. Κάμβριος

Άρχισε πριν 542 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 54 εκατομμύρια χρόνια, ως πριν 488 εκατομμύρια χρόνια. Το κλίμα στην αρχή της περιόδου ήταν ψυχρό με παγετώνες κοντά στους πόλους. Ωστόσο έγινε θερμό προς το τέλος της περιόδου.

Η εμφάνιση τεράστιου αριθμού ειδών αποκλειστικά μέσα στο νερό και σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα 5 έως 10 εκατομμυρίων ετών, ήταν η αιτία για να μιλήσουν οι επιστήμονες για την «**Κάμβρια Έκρηξη**» στα ζωικά είδη (**Εικόνα 3β**).

Στην αρχή της περιόδου, στα υπάρχοντα αρχέγονα πολυκύτταρα όντα, τα μετάζωα, εμφανίστηκαν βασικές δομές όπως η μεταμέρεια του σώματος με την εμβρυολογική έννοια του όρου, το στόμα, ο πρωκτός και μέλη που συνέδεαν διάφορα μέρη του σώματος.

Οργανισμοί με σκληρά ασβεστούχα περιβλήματα που μπορούσαν πλέον να αφήσουν απολιθώματα εμφανίστηκαν γρήγορα, οπότε η ζωή που υπήρχε αποκλειστικά στις υδάτινες συλλογές αποτελούνταν κυρίως από θαλάσ-

σια ασπόνδυλα όπως οι **τριλοβίτες**, που ήταν αραχνόμορφα αρθρόποδα με σκληρό κέλυφος και μέγεθος μέχρι 10 εκατοστά. Οι τριλοβίτες έζησαν στα ρηχά νερά και τις ακροθαλασσιές για πάνω από 250 εκατομμύρια χρόνια και ήταν τα μεγαλύτερα ζώα εκείνης της εποχής (**Εικόνα 3γ**). Εμφανίστηκαν σ' αυτή την περίοδο τα **βραγχιόποδα**, που ήταν διάφορα μαλάκια οστρακοειδή, αρχέγονες αράχνες και σκορπιοί, καθώς και τα πρώτα **κεφαλόποδα** όπως τα αρχέγονα χταπόδια και καλαμάρια. Εμφανίστηκαν επίσης μικρά **βρυόζωα**, διάφορα **αμοιβαδοειδή** (foraminifera) καθώς και **σκουλήκια** και **γραπτόλιθοι** που ήταν μικροσκοπικά ζώα που ζούσαν σε αποικίες μέσα σε σωληνοειδείς θήκες από οργανική ύλη. Προς το τέλος της Καμβρίου εμφανίστηκαν αρχέγονοι **σπόγγοι** και οι πρόγονοι των **σαλιγκαριών**.

Είδη του φυτικού βασιλείου μέσα στο νερό ήταν τα πράσινα **άλγη**, ενώ προς το τέλος της περιόδου εμφανίστηκαν οι **λειχήνες** στις ακροθαλασσιές.

Τα ονόματα στα διάφορα είδη που υπήρξαν τότε, δόθηκαν βεβαίως εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια αργότερα, όταν πλην ελαχίστων εξαιρέσεων δεν υπήρχαν πλέον. Και δόθηκαν από το μόνο είδος που ανέπτυξε λόγο, Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως και συμβολική γλώσσα, τον ερευνητή άνθρωπο.

β. Ορδοβίκειος

Αρχισε πριν 488 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 44 εκατομμύρια χρόνια ως πριν 444 εκατομμύρια χρόνια. Στην αρχή της περιόδου το κλίμα ήταν ιδιαίτερα θερμό, με υψηλή στάθμη των θαλασσών και υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα. Στο δεύτερο ήμισυ όμως βαθμιαία αναπτύχθηκαν παγετώνες κυρίως στους πόλους, ενώ περί τον ισημερινό το κλίμα παρέμεινε τροπικό. Έρευνες από το πανεπιστήμιο του Λουντ στη Σουηδία, το πόρισμα των οποίων δημοσιεύτηκε στην επιστημονική επιθεώρηση "Science Advances", έδειξαν ότι πιθανότατα η παγετωνική αυτή περίοδος οφείλεται σε συντριβή ενός τεράστιου αστεροειδούς στη ζώνη των αστεροειδών που υπάρχει μεταξύ των πλανητών Δίας και Άρης. Η σκόνη που προέκυψε σε όλο το ηλιακό σύστημα εμπόδισε μέρος του ηλιακού φωτός να φτάνει ανεμπόδιστα στη Γη για τουλάχιστον για 2 εκατομμύρια χρόνια. Αποτέλεσμα ήταν η μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας στη Γη και ο επηρεασμός της εξέλιξης των ζωικών και των φυτικών ειδών.

Στην αρχή της περιόδου αυτής υπήρχαν χαρακτηριστικά ασπόνδυλα είδη που υπήρχαν από την Κάμβριο όπως τριλοβίτες, κεφαλόποδα, γραπτόλιθοι και βραγχιόποδα. Αργότερα εμφανίστηκαν σκωληκόμορφοι **πρόγονοι των σπον-**

δουλωτών με ανατομική δομή που έμοιαζε με σπονδυλική στήλη (ημισπονδυλωτά) και **εχινόδερμα**, αρχαίοι πρόγονοι των αχινών και των αστεριών.

Στην Ορδοβίκειο εμφανίστηκαν οι αρχέγονοι **πρόγονοι των ψαριών** χωρίς γνάθους που είχαν σχήμα χελιού, με χαρακτηριστικό εκπρόσωπο τα **κωνόδο-ντα**. Τότε ο πλανήτης γνώρισε τα πρώτα **καβούρια** και τα πρώτα **κοράλια**.

Το μεγαλύτερο ζώο της Ορδοβικείας ήταν ένα κεφαλόποδο μαλάκιο, σαν τεράστιο καλαμάρι, με μήκος μέχρι 3 μέτρα (**Εικόνα 3δ**).

Προς το τέλος της περιόδου εμφανίστηκαν τα πρώτα **αμιγώς σπονδυλωτά ψάρια** που διέθεταν γνάθους και τα οποία παρά τη συνύπαρξη με τα φοβερά κεφαλόποδα πολλαπλασιάστηκαν γρήγορα εις βάρος απλούστερων ζωικών ειδών.

Τα φυτά ήταν ίδια με της Καμβρίου, με την προσθήκη μικροσκοπικών μυκήτων και μικρών βρυόφυτων χωρίς τροφοφόρα αγγεία στην ξηρά.

γ. Σιλούριος

Άρχισε πριν 444 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 28 εκατομμύρια χρόνια, ως πριν 416 εκατομμύρια χρόνια. Όταν έληξε η παγετωνική περίοδος που άρχισε στην Ορδοβίκειο το κλίμα έγινε σχετικά θερμό και σταθερό, με υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα και εξαιρετικά υψηλή στάθμη των θαλασσών λόγω της τήξης των πάγων.

Η σημαντικότερη εξέλιξη αυτής της περιόδου ήταν η εμφάνιση του πρώτου ασπόνδυλου που έμοιαζε με σκορπιό και το οποίο ανέπνεε μέσα στο νερό με βράγχια, σε καιρό ξηρασίας όμως **μπορούσε να αναπνέει και αέρα με αρχέγονους πνεύμονες** που ανέπτυξε σταδιακά, βγάζοντας το κεφάλι του απ' τον βούρκο. Απολιθώματα του σπουδαίου αυτού ζώου βρέθηκαν στη Σκανδιναβία και τη Μεγάλη Βρετανία (**Εικόνα 3ε**).

Εμφανίστηκαν επίσης τα πρώτα φύκη μέσα στις υδάτινες συλλογές, και στην ξηρά κατά μήκος των ακτών και σε εκβολές ποταμών, τα πρώτα φυτά που διέθεταν αγγεία για τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών. Τα τελευταία δεν υπερέβαιναν το ένα μέτρο στο ύψος.

δ. Δεβόνιος

Άρχισε πριν 416 εκατομμύρια χρόνια, διήρκεσε 57 εκατομμύρια χρόνια, ως πριν 359 εκατομμύρια χρόνια. Ονομάστηκε και περίοδος των ψαριών. Το κλίμα ήταν ιδιαίτερα θερμό και ξηρό, με μέση θερμοκρασία που υπολογίστηκε σε 30° Κελσίου. Σ' αυτήν την περίοδο σχηματίστηκε το προστατευτικό απ'

τη θανατηφόρο για τη ζωή υπεριώδη ακτινοβολία **στρώμα του όζοντος** στην ατμόσφαιρα της Γης.

Τα σπονδυλωτά ψάρια που είχαν εμφανιστεί στο τέλος της Ορδοβικείου πολλαπλασιάστηκαν γρήγορα και εξαφάνισαν πολλά άλλα απλούστερα είδη. Στη Δεβόνιο περίοδο εμφανίστηκαν και οι **Αμμωνίτες**, κεφαλόποδα μαλάκια που ζούσαν μέσα σε κοχλιωτά σκληρά κελύφη. Αργότερα εμφανίστηκε ο πρόγονος του καρχαρία και ψάρια με οστείνα λέπια (ganoids), πρόγονοι των αμφιβίων.

Στη Δεβόνιο συνέβη ένα πολύ σημαντικό από εξελικτική άποψη γεγονός. Απολιθώματα απ' τη Γροιλανδία και την Πενσυλβανία έδειξαν ότι στην πρώιμη Δεβόνιο εμφανίστηκαν τα **σαρκοπτέρυγα** ψάρια, τα οποία ανέπτυξαν εγκέφαλο με δύο λοβούς. Αντί για τα συνήθη ακτινωτά πτερύγια των υπολοίπων ψαριών τα σαρκοπτέρυγα είχαν 4 πτερύγια τα οποία διέθεταν μύες, αρθρώσεις και δάκτυλα. Έμοιαζαν δηλαδή με άκρα. Αυτά τους επέτρεψαν να «περπατάνε» στον βυθό. Από τα σαρκοπτέρυγα αυτά εξελίχτηκαν αργότερα στη Δεβόνιο περίοδο, πριν περίπου 370 εκατομμύρια χρόνια, τα πρώτα **αμφίβια τετράποδα** των οποίων τα βράγχια ήταν συγχρόνως και αρχέγονοι πνεύμονες. Χάρη στα όργανα αυτά αλλά και στην ικανότητα που ανέπτυξαν να παράγουν δάκρυα ώστε να βλέπουν στην ξηρά εξ ίσου καλά με το νερό, μπορούσαν να βγαίνουν για κάποιο χρόνο στην ξηρά και να επιστρέφουν στο νερό για να γεννήσουν τα αυγά τους. Σήμερα γνωρίζουμε ότι κατά το τέλος της Δεβονίου ζούσαν τουλάχιστον 19 οικογένειες αμφιβίων ψαριών με αρχέγονους πνεύμονες.

Τα πρώτα αυτά αμφίβια δεν ήταν σπονδυλωτά, αλλά ημισπονδυλωτά. Τα **σαρκοπτέρυγα επομένως μέσω των αμφιβίων τετραπόδων υπήρξαν οι πρόγονοι όλων των σπονδυλωτών της ξηράς**, δηλαδή των ερπετών και των πτηνών, των θηλαστικών και βέβαια του ανθρώπου. Ορισμένα από τα πρώτα σαρκοπτέρυγα, όπως ο **κοιλάκανθος** (latimeria) και τα **δίπνοα** (lungfish) επιβιώνουν μέχρι σήμερα ως «ζωντανά απολιθώματα» αν και βέβαια ως ζωντανοί οργανισμοί συνεχίζουν να εξελίσσονται και είναι από εξελικτική άποψη στενότεροι συγγενείς με τα ερπετά, τα θηλαστικά και εν τέλει με τον άνθρωπο παρά με τα υπόλοιπα ψάρια. Ο κοιλάκανθος θεωρείτο εξαφανισμένος μέχρι το 1939, όταν προς έκπληξιν των επιστημόνων βρέθηκε στις ανατολικές ακτές της Νότιας Αφρικής ζωντανό ψάρι του είδους αυτού, που ήταν μάλιστα γνωστό στους ντόπιους ψαράδες (**Εικόνα 3στ**). Προφανώς το

συγκεκριμένο είδος, που είναι ίσως ο πρόγονος του προγόνου των θηλαστικών, επιβίωσε μέχρι σήμερα έχοντας εξελικτικά πλεονεκτήματα. Σύμφωνα πάντως με τα μέχρι τώρα επιστημονικά δεδομένα τα τετράποδα της ξηράς αποτελούν μάλλον εξελικτική συνέχεια των διπνώνων.

Η Δεβόνιος περίοδος στην οποία κάποια ζώα πέρασαν για πρώτη φορά με επιτυχία από το νερό στην ξηρά ήταν από τα σπουδαιότερα επεισόδια της γήινης ιστορίας γιατί στη διάρκειά της έγινε ένα τεράστιο βιολογικό άλμα. Τα πρώτα χερσαία σπονδυλωτά είχαν τέσσερα άκρα γιατί οι άμεσοι υδρόβιοι πρόγονοί τους είχαν δύο σαρκοπτερύγια εμπρός και δύο πίσω. Αν οι πρόγονοί τους είχαν περισσότερα πτερύγια, τότε η δομή των χερσαίων σπονδυλωτών ίσως ήταν διαφορετική (**Εικόνα 3ζ**).

Στη Δεβόνιο περίοδο επίσης λόγω μιας τυχαίας γενετικής μετάλλαξης, τα βράγχια σε ένα μικροσκοπικό είδος που μπαινόβγαине στο νερό εξελίχτηκαν σε αρχέγονα φτερά, που τα χρησιμοποιούσε αρχικά ως ιστία για να μετακινείται στην επιφάνεια του νερού. Αργότερα τα όργανα αυτά εξελίχτηκαν και επέτρεψαν στα άτομα του είδους αυτού να πετάξουν. Ήταν τα **πρώτα έντομα** με δύο ζευγή φτερών και ήταν οι πρώτοι οργανισμοί που πέταξαν στον αέρα.

Στην περίοδο αυτή εμφανίστηκαν ξυλώδη φυτά μέσα στο νερό, και περισσότερα φυτά στη στεριά, μεγάλες φτέρες, καθώς και φυτά με κορμό περιβαλλόμενο από φλούδα. Αργότερα στη στεριά αναπτύχθηκαν αποικίες φυτών και αρχέγονα δάση με το μεγαλύτερο φυτό να έχει κορμό με διάμετρο 60 εκατοστών. Η ανάπτυξη της χλωρίδας ήταν προϋπόθεση για την επιβίωση των ζώων στην ξηρά, συγχρόνως όμως είχε σαν αποτέλεσμα την ελάττωση του διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα λόγω της φωτοσύνθεσης, καθώς και την πτώση της θερμοκρασίας στον πλανήτη.

Προς το τέλος της περιόδου συνέβη μια από τις πέντε μεγάλες εξαφανίσεις ειδών και αφορούσε κυρίως τα θαλάσσια είδη.

ε. Λιθανθρακοφόρος

Άρχισε πριν 359 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 60 εκατομμύρια χρόνια ως πριν 299 εκατομμύρια χρόνια. Στην περίοδο αυτή υπήρξε έντονη γεωλογική δραστηριότητα. Τεράστιες οροσειρές ξεπρόβαλλαν και οι μετακινούμενες τεκτονικές πλάκες συνενώθηκαν σε μια ενιαία αχανή ήπειρο, την **Πανγαία**. Η αυξομειώση της στάθμης των νερών είχε ως αποτέλεσμα να ξηραίνονται περιοδικά πολυάριθμοι βαλτότοποι. Το κλίμα έγινε βαθμιαία ψυχρότερο με την εμφάνιση της τέταρτης εποχής παγετώνων που διήρκεσε για περίπου 100

εκατομμύρια χρόνια, ως περίπου το τέλος της επόμενης γεωλογικής περιόδου, της Περμίου.

Στη θάλασσα επικρατούσε ένα είδος καρχαρία. Επιστήμονες από τις ΗΠΑ, τη Ρωσία και την Πορτογαλία αποκωδικοποίησαν πρόσφατα το γονιδίωμα του καρχαρία, που είναι μιάμιση φορά μεγαλύτερο από το ανθρώπινο, και δημοσίευσαν τα αποτελέσματα στο περιοδικό της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ. Το γονιδίωμα έχει υποστεί πλήθος μεταλλάξεων και αποδεικνύει την αρχαιότητα του καρχαρία που υπάρχει από τη Δεβόνιο περίοδο.

Στην ξηρά εμφανίστηκαν τα πρώτα ημισπονδυλωτά χερσαία ζώα που ανέπνεαν πλέον αποκλειστικά με πνεύμονες, ως εξέλιξη των αμφίβιων. Ήταν τα **ωοτόκα ερπετά**. Συνυπήρχαν σαλιγκάρια, σκορπιοί, αράχνες, πάνω από 800 είδη κατσαριδών και το μεγαλύτερο έντομο που εμφανίστηκε ποτέ, είδος **λιβελούλας (dragonfly)**, με άνοιγμα φτερών που έφτανε τα 70 cm.

Αργότερα στην περίοδο αυτή βγήκαν στην ξηρά τα πρώτα αμιγώς **σπονδυλωτά αμφίβια**, που ήταν βατραχόμορφα. Ας μην ξεχνάμε ότι τα πρώτα αμφίβια της Δεβονίου περιόδου δεν ήταν αμιγώς σπονδυλωτά. Στο δεύτερο ήμισυ αυτής της περιόδου εμφανίστηκε ένα είδος μεγάλου τετράποδου αμφίβιου με μήκος μέχρι 3 μέτρα και τεράστιο κεφάλι, ο **Ερώψ** που έμοιαζε με μεγάλο βάτραχο και είχε διατηρήσει τη μεγάλη ουρά του (**Εικόνα 3η**).

Τα φυτά στη στεριά μεγάλωσαν και εξελίχτηκαν. Επρόκειτο για λυκόποδες, ιππουρίδες και πτερίδες. Τα μεγαλύτερα είχαν κορμούς με φλούδα που είχαν διάμετρο μέχρι 1,8 μέτρα στη βάση και ύψος μέχρι 30 μέτρα. Τότε εμφανίστηκαν και τα πρώτα γυμνόσπερμα, με ψύχα στη μέση του ξύλου, καθώς και τα βούρλα και τα καλάμια. Στο δεύτερο ήμισυ αυτής της περιόδου εμφανίστηκαν τα πρώτα **αληθή κωνοφόρα** και δημιουργήθηκαν απέραντα δάση.

Τα δάση αυτά, λόγω της περιοδικής αλλαγής στη στάθμη των νερών, εκάλυπτοντο από τα νερά και πέθαιναν, για να εμφανιστούν νέα μετά την απόσυρση των νερών. Σχηματίστηκαν έτσι διαδοχικά στρώματα από πεσμένα δέντρα και άλλα φυτά που θάφτηκαν βαθιά στη Γη, για να μεταβληθούν μετά από πολλά εκατομμύρια χρόνια σε λιθάνθρακες.

στ. Πέρμιος

Άρχισε πριν 299 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 47 εκατομμύρια χρόνια ως πριν 252 εκατομμύρια χρόνια. Το κλίμα ήταν αρχικά ψυχρό λόγω των παγετώνων που υπήρχαν από την προηγούμενη γεωλογική περίοδο. Στο δεύτερο μισό της περιόδου οι παγετώνες άρχισαν να υποχωρούν, με βαθμιαία

αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. Προς το τέλος ωστόσο υπήρχαν εναλλάξ εποχές θερμές και ψυχρές.

Στην περίοδο αυτή υπήρχαν όλα τα είδη των προηγούμενων περιόδων με ταχεία εξάπλωση και εξέλιξη των ερπετών. Τα ερπετά ήταν κυρίως τετράποδα σαυροειδή που ζούσαν στη στεριά, αλλά και ορισμένα είδη αμφίβιων αργοκίνητων ερπετών που μπαινόβγαιναν στο νερό.

Στα μέσα της Περιμίου περιόδου έλαβε χώρα ένα ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός. Τότε εμφανίστηκε ένα είδος μεγάλου ερπετού, το **Θεριόδοντο (Theriodont)**, που θεωρείται ο **αρχαιότερος κοινός πρόγονος των θηλαστικών**. Το Θεριόδοντο ήταν εξελικτική μορφή των σαρκοπτέρυγων ψαριών τα οποία εμφανίστηκαν κατά τη Δεβόνιο και υπήρχαν επίσης κατά την Πέρμιο περίοδο (**Εικόνα 30**).

Τα φυτά της περιόδου ήταν κυρίως κωνοφόρα και φτέρες.

Προς το τέλος της Περιμίου έλαβε χώρα μαζική απελευθέρωση ηφαιστειακών αερίων, λόγω έντονης, και στην περίοδο αυτή, γεωλογικής δραστηριότητας σε συνδυασμό με συνοδούς όξινες βροχές. Σχεδόν το σύνολο των περί τον Ισημερινό τροπικών δασών έπαψε να υπάρχει και το κλίμα έγινε κατά πολύ θερμότερο και ξηρότερο. Αυτή ήταν η κυριότερη αιτία που οδήγησε στη μεγαλύτερη εξαφάνιση ειδών στην ιστορία του πλανήτη. Περίπου το 95% των θαλάσσιων ειδών, τα πλείστα αμφίβια τα οποία γεννούσαν τα αυγά τους στο νερό, και το 70% των ειδών της ξηράς εξαφανίστηκαν. Επιβίωσαν ορισμένα τετράποδα ερπετά της ξηράς, που γεννούσαν τα αυγά τους στην ξηρά και λόγω μεγαλύτερου μεγέθους μπόρεσαν να απομακρυνθούν από τον ξηρό ισημερινό σε υγρότερα μέρη, προς τους πόλους.

Με το τέλος αυτής της περιόδου τελείωσε η Παλαιοζωική εποχή και άρχισε η Μεσοζωική. Στον πλανήτη επικρατούσε ησυχία. Οι μόνοι ήχοι που θα μπορούσαν ν' ακουστούν τότε ήταν οι ήχοι του ανέμου και των γεωλογικών και καιρικών φαινομένων. Κανένα ζώο δεν έκανε θόρυβο με την κίνησή του και κανένα δεν είχε φωνή, εκτός ίσως από κάποιο βραχύ κόσσμα του Ερύωπα.

Μεσοζωική εποχή

Άρχισε πριν 252 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 187 εκατομμύρια χρόνια. Αποκαλείται εποχή των ερπετών και εποχή των κωνοφόρων. Άρχισε με τη μαζική εξαφάνιση των πλείστων ειδών στο τέλος της Περιμίου και τελείωσε

με την εξαφάνιση των δεινοσαύρων και πολλών άλλων ειδών πριν 65 εκατομμύρια χρόνια.

Στην εποχή αυτή ο πλανήτης γνώρισε έντονη γεωλογική και κλιματική αλλαγή αλλά και μεγάλη εξελικτική δραστηριότητα που αφορούσε τεράστιο αριθμό ειδών. Πριν από 175 εκατομμύρια χρόνια η Πανγαία άρχισε να διαχωρίζεται σε μεγάλα κομμάτια ξηράς τα οποία μετακινήθηκαν αργότερα στις σημερινές τους θέσεις, τις σημερινές ηπείρους. Υπήρξαν εναλλαγές υψηλών θερμοκρασιών και παγετώνων, όμως η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ήταν υψηλότερη της σημερινής κατά 6-7° C.

Προς το μέσον της Μεσοζωικής εποχής εμφανίστηκαν οι δεινόσαυροι, οι οποίοι έγιναν γρήγορα το κυρίαρχο είδος στον πλανήτη για περίπου 140 εκατομμύρια χρόνια. Αργότερα εμφανίστηκαν τα πραγματικά θηλαστικά που διέθεταν πλακούντα και δεν υπερέβαιναν σ' αυτή την εποχή τα 15 κιλά, αλλά και τα πτηνά ως εξελικτικός κλάδος πτεροφόρων δεινοσαύρων.

Η Μεσοζωική εποχή χωρίζεται σε περιόδους ως εξής:

α. Τριασική

Άρχισε πριν 252 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 52 εκατομμύρια χρόνια. Στη διάρκειά της η Πανγαία δεν είχε διαχωριστεί και αποτελείτο κυρίως από ξηρές ερήμους.

Στην αρχή της μόλις είχε συντελεσθεί, από την τελευταία φάση της Περμίου, η μεγαλύτερη εξαφάνιση ζωικών και φυτικών ειδών στην ιστορία του πλανήτη. Τα κυριότερα ζώα που επέζησαν στην ξηρά ήταν διάφορα είδη σαυροειδών ερπετών. Αργότερα άρχισαν να επανεμφανίζονται πολλά θαλάσσια είδη, όπως σπόγγοι, κοράλια, φύκια και διάφορα άλγη, ενώ τα ερπετά στην ξηρά έγιναν μεγαλύτερα. Τότε εμφανίστηκαν νέα είδη αμφίβιων ερπετών, όπως ο **ιχθύοσαυρος** και διάφορα **κροκοδειλοειδή**.

Στο πρώτο ήμισυ της περιόδου εμφανίστηκαν ερπετά **-πρόγονοι των δεινοσαύρων**, όπως το είδος **nyasasaurus**, το παλαιότερο απολίθωμα του οποίου βρέθηκε στην Τανζανία το 1956 και είναι 243 εκατομμυρίων ετών. Κατά το δεύτερο ήμισυ της Τριασικής υπήρξε μεγάλη ανάπτυξη των ερπετών και εμφανίστηκαν οι μικροί αρχικά **δεινόσαυροι**, οι οποίοι ισορροπούσαν το σώμα με τη βαριά ουρά και σπάνια ξεπερνούσαν τα 4,5 μέτρα. Εμφανίστηκαν τότε τα πρώτα ζώα που είχαν την ικανότητα να πετούν, οι **πτερόσαυροι**, οι οποίοι δεν είχαν φτερά αλλά δερμάτινες φτερούγες σαν των νυχτερίδων. Οι πτερόσαυροι ήταν οι πρόγονοι των πτηνών.

Προς το τέλος της περιόδου, από την υποτάξη **κυνόδους** (Cynodont), που

ήταν απόγονος του Θεριόδοντος της Περμίου, εξελίχθηκαν οι **πρόγονοι των θηλαστικών** (mammalioformes). Επρόκειτο για μικρά ζώα, στο μέγεθος γάτας που είχαν χαρακτηριστικά θηλαστικών, δεν διέθεταν όμως πλακούντα αλλά **γεννούσαν αυγά (Εικόνα 3ι)**.

Στο μεταξύ στη στεριά αναπτύχθηκαν απέραντα δάση κωνοφόρων και φοινίκων και εμφανίστηκαν πολλά νέα έντομα, μεταξύ των οποίων τα κουνούπια.

Στο τέλος της περιόδου λόγω έντονων κλιματικών αλλαγών υπήρξε εκ νέου εξαφάνιση του ενός τρίτου των θαλασσίων ειδών και πολλών ειδών της στεριάς, κυρίως ερπετών αλλά όχι των δεινοσαύρων, των πτεροσαύρων και των κροκοδειλοειδών.

β. Ιουρασική

Άρχισε πριν 200 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 55 εκατομμύρια χρόνια. Στη διάρκειά της πριν 175 εκατομμύρια χρόνια, έντονη γεωλογική δραστηριότητα οδήγησε σε μετατοπίσεις των τεκτονικών πλακών του φλοιού του πλανήτη και στον βαθμιαίο διαχωρισμό της Πανγαίας, της υπερηπείρου που είχε σχηματισθεί κατά την Παλαιozoική εποχή και συγκεκριμένα στη διάρκεια της Λιθανθρακοφόρου περιόδου πριν 350 εκατομμύρια χρόνια. Τα επί μέρους κομμάτια που διαχωρίστηκαν, οι «πρωτοήπειροι», είχαν πάνω τους τα ζώα και τα φυτά που υπήρχαν σ' αυτά πριν τον διαχωρισμό. Και αυτός ο διαχωρισμός εξηγεί πλήρως την εν συνεχεία κατανομή της χλωρίδας και της πανίδας στις ηπείρους και τα νησιά του πλανήτη. Στη διάρκεια της περιόδου αυτής η περιοχή όπου τώρα ευρίσκεται η Ελλάδα ήταν σκεπασμένη από θάλασσα.

Το κλίμα του πλανήτη ήταν υγρό, σχεδόν τροπικό. Κατά την Ιουρασική, κυρίαρχοι στην ξηρά ήταν διάφορα είδη σαρκοφάγων και φυτοφάγων **δεινοσαύρων**. Άλλοι ήταν δίποδοι, άλλοι τετράποδοι, ορισμένοι μεγάλου μεγέθους. Ήταν πράγματι η γεωλογική περίοδος της ακμής των δεινοσαύρων. Σήμερα έχουν γίνει γνωστά πάνω από πέντε χιλιάδες είδη δεινοσαύρων (**Εικόνα 3κ**).

Εμφανίστηκαν τότε οι πραγματικοί **κροκοδείλοι**, που βαθμιαία ώθησαν τα περισσότερα αμφίβια σε εξαφάνιση. Στους ωκεανούς αφθονούσαν οι ιχθυόσαυροι, οι τεράστιοι πλεισιόσαυροι και οι αμμωνίτες ενώ υπήρχαν ακόμα οι γαρίδες και οι αστακοί. Στην περίοδο αυτή στον αέρα επικρατούσαν οι πτερόσαυροι με κύριους εκπροσώπους τον πτεροδάκτυλο και τον πτερανόδοντα.

Κατά την Ιουρασική περίοδο εμφανίστηκαν **τα πρώτα θηλαστικά**, μικρά

αρχικά, στο μέγεθος ποντικού, τριχωτά και θερμόαιμα, που είχαν ταχεία εξάπλωση. Αυτά τα πρώτα θηλαστικά δεν είχαν πλακούντα, αλλά ήταν ωοτόκα που κρατούσαν αυγά μέσα στην κοιλιά τους μέχρι να αναπτυχθούν αρκετά τα έμβρυα. Άλλα ζώα της περιόδου ήταν έντομα, όπως τερμίτες, σκαραβαίοι, ακρίδες, μύγες και μικρές πεταλούδες.

Στη στεριά υπήρχαν κυρίως κωνοφόρα και φοινικοειδή, με κατανομή τόσο περί τον ισημερινό όσο και στους πόλους, που σημαίνει ότι το κλίμα ήταν ομοιόμορφα εύκρατο.

γ. Κρητιδική

Άρχισε πριν 145 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 80 εκατομμύρια χρόνια. Στη διάρκεια της δεν υπήρξαν πολλές γεωλογικές μεταβολές. Ωστόσο στην αρχή της περιόδου συνέβησαν σημαντικές μεταβολές στην περιοχή του μετέπειτα ελλαδικού χώρου. Μια γιγαντιαία μετακίνηση του φλοιού της Γης ανύψωσε πάνω από τα κύματα μια ζώνη ξηράς που περιλάμβανε μέρος της τωρινής Μακεδονίας, της ανατολικής Θεσσαλίας, τον Όλυμπο και τη βόρειο Εύβοια, με προέκταση κατά τόπους προς την Αττική και τις Κυκλάδες.

Πριν 140 εκατομμύρια χρόνια αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα τα θαλάσσια είδη, ενώ ελαττώθηκαν πρόσκαιρα οι πληθυσμοί ορισμένων σαυρόποδων που γρήγορα αντικαταστάθηκαν από νέα είδη δεινοσαύρων. Το κλίμα έγινε ψυχρότερο στους πόλους όπου όμως εξακολουθούσαν να ζουν και δεινόσαυροι, ενώ οι κροκόδειλοι περιορίστηκαν περί τον ισημερινό. Μεταξύ των ερπετών υπήρχαν φίδια και πολλά είδη σαυρών. Εμφανίστηκαν μεγαλύτερα είδη πτεροσαύρων και είδη με υποτυπώδη φτερά, που όμως δεν πετούσαν, όπως το είδος **Εσπερόρνις** που έμοιαζε με πιγκουίνο.

Τα θηλαστικά συνέχισαν να επεκτείνονται. Η πτώση της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν επηρέασε την επιβίωσή τους επειδή ήταν θερμόαιμα, αλλά και τριχωτά. Στην περίοδο αυτή εμφανίστηκαν τα **πρώτα ζωοτόκα θηλαστικά με πλακούντα**, καθώς και τα μαρσιποφόρα.

Στο δεύτερο ήμισυ της περιόδου το κλίμα στον πλανήτη έγινε ψυχρότερο και παρέμεινε τροπικό μόνο κοντά στον ισημερινό. Εμφανίστηκαν νέα είδη δεινοσαύρων όπως ο τρομερός **τυραννόσαυρος, ο τρικεράτωψ και ο κερατόσαυρος**, καθώς και τεράστιοι **πτεροδάκτυλοι** με άνοιγμα φτερών έως 15,5 μέτρα όπως μαρτυρούν απολιθώματα που βρέθηκαν στο Τέξας. Οι πληθυσμοί των πτεροσαύρων όμως άρχισαν να ελαττώνονται. Στις θάλασσες υπήρχαν εξελικτικοί κλάδοι αμφίβιων ερπετών, όπως οι μακρόλαιμοι **πλεισιόσαυροι**

με μήκος 15 μέτρων, που γεννούσαν τα αυγά τους στην ξηρά και ευημερούσαν, αλλά και οι **ιχθυόσαυροι**. Τα είδη όμως αυτά άρχισαν να εξαφανίζονται.

Τότε εμφανίστηκε νέο είδος δεινοσαύρου, ο **αρχαιοπτέρυξ**, που δεν είχε ράμφος αλλά σαγόνια με δόντια καθώς και ουρά με πολυάριθμους σπονδύλους. Απολίθωμά του ανακαλύφθηκε το 1861 και θεωρείται ο ενδιάμεσος κρίκος μεταξύ των φτερωτών δεινοσαύρων και των σύγχρονων πτηνών, το αρχαιότερο γνωστό πουλί (**Εικόνα 3λ**). Μέχρι σήμερα έχουν ξεθαφτεί τουλάχιστον 28 μεταβατικά είδη μεταξύ των δεινοσαύρων και των πουλιών.

Προς το τέλος της περιόδου αυτής εμφανίστηκαν πολλά είδη πτηνών, απόγονοι των ερπετών, που εξαπλώθηκαν γρήγορα και μερικά είχαν μεγάλο μέγεθος όπως τα είδη **μόα, επιόρνις και φορόρακος** που έφθαναν τα 3-4 μέτρα. Εμφανίστηκαν και θαλάσσια πουλιά όπως το είδος ιχθυόρνις, σπουδαίο είδος στην ιστορία της εξέλιξης.

Το μεγαλύτερο εξελικτικό επίτευγμα στο φυτικό βασίλειο ήταν η εμφάνιση και επέκταση ανθοφόρων φυτών μεταξύ των οποίων η μανόλια, και φυλλοβόλων δέντρων όπως η συκιά. Πάντως κυριαρχούσαν τα γυμνόσπερμα, κυρίως τα κωνοφόρα.

Στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου πριν περίπου 65 εκατομμύρια χρόνια έλαβε χώρα η 5^η κατά σειράν μεγάλη εξαφάνιση ειδών, που οφείλεται εν μέρει στην αυξημένη ηφαιστειακή δραστηριότητα και έκλυση αερίων, όπως διοξειδίου του θείου και διοξειδίου του άνθρακα, κυρίως όμως οφείλεται στην πτώση μετεωρίτου διαμέτρου άνω των 11 χιλιομέτρων στον κόλπο του Μεξικού. Ο κρατήρας της πρόσκρουσης ο οποίος σύμφωνα με τα επιστημονικά δεδομένα δημιουργήθηκε ακριβώς στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου, βρέθηκε στις ακτές της χερσονήσου Γιουκατάν. Η διάμετρος του κρατήρα είναι περίπου 150 χιλιόμετρα και το βάθος του 20 χιλιόμετρα. Η εκλυθείσα ενέργεια ήταν τρομακτική, ισοδύναμη με την έκρηξη 100 εκατομμυρίων μεγατόνων TNT, δηλαδή περίπου 7 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια της ατομικής βόμβας που έπεσε στη Χιροσίμα. Ένα τεράστιο σύννεφο πυρακτωμένων σωματιδίων ύλης, σκόνης, τέφρας και υδρατμών κάλυψε ταχύτατα όλη την επιφάνεια του πλανήτη και προκάλεσε τεράστιες πυρκαγιές. Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα και θειούχων ενώσεων στην ατμόσφαιρα αυξήθηκαν δραματικά. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν έφθασε στην επιφάνεια της Γης για πάνω από 10 χρόνια, αναστέλλοντας τη φωτοσύνθεση και καταστρέφοντας τη χλωρίδα του πλανήτη, καταργώντας το σύνολο

της τροφικής αλυσίδας. Τα κύματα της δόνησης που ταξίδεψαν με ταχύτητες μεγαλύτερες του ήχου προκάλεσαν σεισμούς και ηφαιστειακές εκρήξεις σε όλο τον πλανήτη, καθώς και τσουνάμια ύψους άνω των 100 μέτρων. Σε δεύτερο χρόνο έπεσαν όξινες βροχές και η θερμοκρασία του πλανήτη έπεσε κατά πολύ. Πάνω από το 75% των ζώων της ξηράς, μεταξύ των οποίων το σύνολο των δεινοσαύρων, καθώς και η πλειοψηφία των θαλασσιών ειδών έπαψαν να υπάρχουν. Παραμένει το ερώτημα γιατί εξαφανίστηκαν όλοι οι προσαρμοσμένοι στη θαλάσσια ζωή αμφίβιοι δεινόσαυροι, ενώ πολλά είδη ψαριών επιβίωσαν.

Ανάμεσα στους επιζήσαντες ήταν κάποια είδη νυκτόβιων και αναρριχητικών θηλαστικών που έμοιαζαν με τους σημερινούς **λεμούριους**, οι οποίοι εμφανίστηκαν αργότερα. Είχαν μέγεθος ποντικού και θεωρούνται **πρόγονοι των πρωτεύοντων**. Τα θηλαστικά αυτά αναπτύχθηκαν με γοργούς ρυθμούς χάρις στην απουσία των δεινοσαύρων. Οι λεμούριοι, είδη των οποίων υπάρχουν σήμερα στο νησί της Μαδαγασκάρης, θεωρούνται οι πρόγονοι όσων θηλαστικών εξελίχτηκαν στην Καινοζωική εποχή.

Ας μην ξεχνάμε όμως ότι τα θηλαστικά ως ομοταξία είχαν εμφανιστεί κατά την Ιουρασική περίοδο, περίπου 130 εκατομμύρια χρόνια νωρίτερα.

Καινοζωική εποχή

Η τελευταία αυτή μεγάλη εποχή άρχισε 65 εκατομμύρια χρόνια πριν και φθάνει μέχρι τις μέρες μας. Ονομάζεται και **εποχή των θηλαστικών**.

Χωρίς αμφιβολία η εξαφάνιση των δεινοσαύρων ευνόησε την εξέλιξη των θηλαστικών. Κάποια από αυτά εξελίχτηκαν στη συνέχεια σε σαρκοφάγα, άλλα σε φυτοφάγα, άλλα σε τετράποδα με οπλές, άλλα σε εντομοφάγα, άλλα σε τρωκτικά και ούτω καθεξής. Υπάρχουν ορισμένοι εξελικτικοί επιστήμονες που θεωρούν ότι τα θηλαστικά υπερίσχυσαν λόγω της γενικής ανωτερότητας τους σε σχέση με τους δεινόσαυρους. Όμως το συμπέρασμα αυτό φαίνεται απίθανο μιας και θηλαστικά και δεινόσαυροι είχαν ήδη συνυπάρξει για πάνω από 100 εκατομμύρια χρόνια, και στο διάστημα αυτό τα θηλαστικά δεν ξεπέρασαν το μέγεθος ποντικού χωρίς να παρουσιάσουν κάποιο εξελικτικό πλεονέκτημα απέναντι στους δεινόσαυρους που ήταν τα αφεντικά στον πλανήτη.

Η εποχή ξεκίνησε μετά τη μεγάλη εξαφάνιση των ειδών στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου, πριν 65 εκατομμύρια χρόνια. Στην αρχή της υπήρχαν κάποιες τάξεις μικρών θηλαστικών, αλλά και πουλιά, ερπετά και αμφίβια

όπως οι κροκόδειλοι. Η απουσία των δεινοσαύρων επέτρεψε στα ζώα αυτά να αναπτυχθούν. Με την πάροδο πολλών εκατομμυρίων ετών εμφανίστηκαν μεγάλα πουλιά που δεν είχαν την ικανότητα να πετάξουν και τεράστια θηλαστικά που δεν υπάρχουν σήμερα όπως το **μεγαθήριο** και το **τιτανοθήριο**. Βαθμιαία τα θηλαστικά κυριάρχησαν στον πλανήτη. Η Καινοζωική εποχή χωρίζεται σε 3 περιόδους, την Παλαιογενή, τη Νεογενή και την Τεταρτογενή οι οποίες με τη σειρά τους χωρίζονται σε μικρότερες εποχές.

α. Παλαιογενής

Διήρκεσε από το τέλος της Κρητιδικής περιόδου μέχρι πριν 23 εκατομμύρια χρόνια, και χωρίζεται σε τρεις εποχές:

Παλαιόκαινος

Άρχισε 65 εκατομμύρια χρόνια πριν και διήρκεσε 10 εκατομμύρια χρόνια. Στην αρχή της ξεκίνησε η αποκατάσταση του πλανήτη μετά τις καταστροφές από την πτώση του μετεωρίτη. Το κλίμα έγινε βαθμιαία θερμότερο, ίσως λόγω της συσσωρεύσεως διοξειδίου του άνθρακος στην ατμόσφαιρα. Επανεμφανίστηκαν βαθμιαία τροπικά δάση, που με την πάροδο εκατομμυρίων ετών επεκτάθηκαν προς τους πόλους. Πριν περίπου 60 εκατομμύρια χρόνια χωρίστηκαν η Αφρική από τη Νότια Αμερική ενώ η περιοχή της σημερινής Ευρώπης, της Γροιλανδίας και της Βόρειας Αμερικής ήταν ακόμη ενωμένες. Οι ήπειροι άρχισαν να παίρνουν το σημερινό τους σχήμα.

Μετά την εξαφάνιση των δεινοσαύρων άρχισαν να αναπτύσσονται τα διαθέτονα πλακούντα θηλαστικά. Τα περισσότερα είχαν αρχικά μέγεθος ποντικού και αργότερα εξελίχτηκαν σε μεγαλύτερα, με βάρος όμως μέχρι από 10 κιλά. Ούτε ένα είδος από τα θηλαστικά αυτά δεν επιβιώνει σήμερα. Χαρακτηριστικά θηλαστικά της εποχής ήταν διάφορα τρωκτικά καθώς και τα σαρκοφάγα **κρεόδοντα**, που ήταν μικροκέφαλα με στενό ρύγχος και μέγεθος γάτας τα οποία εξαφανίστηκαν αργότερα, και διάφορα φυτοφάγα θηλαστικά όπως οι λεμούριοι. Είναι σημαντικό ότι προς το τέλος της Παλαιοκαινού εμφανίστηκαν οι **αμβλύποδες**, που είχαν κοινά χαρακτηριστικά με τους λεμούριους, γεγονός που παραπέμπει σε κοινό πρόγονο και θεωρούνται ως οι **αρχαϊκοί πρόγονοι των πρωτεύοντων**.

Στους ωκεανούς κυριαρχούσαν οι καρχαρίες.

Ηώκαινος

Άρχισε πριν 55 εκατομμύρια χρόνια και διήρκεσε 21 εκατομμύρια χρό-

νια. Η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ήταν περίπου 30° Κελσίου με μικρή διαφορά μεταξύ των πόλων και του ισημερινού. Στην αρχή της εποχής αυτής υπήρχαν σχετικά μικρά ζώα τα οποία ζούσαν στα πυκνά δάση που είχαν καλύψει πλέον όλο τον πλανήτη. Μεταξύ αυτών ήταν διάφορες τάξεις θηλαστικών, με την εξελικτική έννοια της λέξης, η προσαρμογή των οποίων στο θερμό κλίμα του πλανήτη ήταν ευκολότερη. Εμφανίστηκαν **το άλογο** και τα **αρτιοδάκτυλα** που ήταν πρόγονοι της καμήλας. Εμφανίστηκαν επίσης πολλά είδη **μεγάλων πτηνών**, οι αετοί, οι γύπες, οι πελεκάνοι αλλά και τα ορτύκια και μεγάλα πτηνά χωρίς την ικανότητα του πετάγματος.

Στο μέσον της εποχής δημιουργήθηκε ένα κυκλικό θαλάσσιο ρεύμα μεταξύ της Ανταρκτικής και της Αυστραλίας, που προκάλεσε πτώση της θερμοκρασίας του πλανήτη και ελάττωση των δασών. Αυτό ευνόησε τη μεγάλη αύξηση του μεγέθους των θηλαστικών. **Προς το τέλος της Ηωκαίνου έγινε σαφής ο διαχωρισμός των εποχών στον πλανήτη.**

Στη διάρκεια της Ηωκαίνου υπήρχε στην ξηρά, όπως ήδη ελέχθη, η τάξη των αρτιοδακτύλων, που είναι θηλαστικά με πλακούντα. Στα σημερινά αρτιοδάκτυλα ανήκουν η καμηλοπάρδαλις, οι ιπποπόταμοι, τα βοοειδή, τα αιγοπρόβατα, οι καμήλες, τα ελάφια, οι αντιλόπες και οι χοίροι.

Πριν 48 εκατομμύρια χρόνια ορισμένα είδη από τα αρχαία αρτιοδάκτυλα άρχισαν να μπαινοβγαίνουν στις λίμνες και τις θάλασσες για να αναζητήσουν τροφή. Με την πάροδο εκατομμυρίων ετών ξανάγιναν αμφίβια σε γλυκά κυρίως νερά, και εξελίχτηκαν βαθμιαία στα **αρχαιοκίτη (Εικόνα 3μ)**. Μέσα στα επόμενα 10 εκατομμύρια χρόνια τα αρχαιοκίτη εξελίχτηκαν σιγά-σιγά σε αποκλειστικά θαλάσσια είδη. Επανήλθαν δηλαδή στο νερό αφού οι μακρινοί πρόγονοί τους, τα πρώτα αμφίβια, είχαν πατήσει την ξηρά περίπου 300 εκατομμύρια χρόνια νωρίτερα στη διάρκεια της Δεβονίου περιόδου. Όμως και μέσα στο νερό εξακολούθησαν να αναπνέουν με πνεύμονες και να είναι ζωοτόκα θηλαστικά. Από τα αρχαιοκίτη εξελίχτηκαν τα **οδοντοκίτη**, και από αυτά οι **φάλαινες** και τα **δελφίνια**, ζωοτόκα και θερμόαιμα θηλαστικά που εμφανίστηκαν στο τέλος της Ηωκαίνου. Τα ζώα αυτά διαθέτουν πλακούντα και γεννούν ζωντανά μικρά, τα οποία θηλάζουν μέσα στη θάλασσα όπως έκαναν οι πρόγονοί τους στην ξηρά. Αντίστοιχα υπάρχουν θηλαστικά που γεννούν αυγά όπως ο ορνιθόρυγχος της Αυστραλίας, που είναι μεταβατικό είδος μεταξύ των ερπετών και των θηλαστικών.

Οι πρόγονοι επομένως των φαλαινών και των δελφινιών ήταν ολοκληρω-

μένα τετράποδα θηλαστικά που ζούσαν για πάνω από 100 εκατομμύρια χρόνια στην ξηρά πριν επιστρέψουν στη θάλασσα. Τα θαλάσσια αυτά κήτη έχουν μεγάλο εγκέφαλο με δύο λοβούς και πτυχώσεις, ενώ ο εγκέφαλος των ψαριών είναι λείος και κατά πολύ μικρότερος. Στις φάλαινες το μόνο που έχει απομείνει από τα πίσω άκρα των εξαφανισμένων προγόνων τους είναι αντίστοιχες οστέινες προεξοχές που υπάρχουν μέσα τους. Στενότερος συγγενής των φαλαινών εξελικτικά, σύμφωνα με τα πορίσματα της μοριακής γενετικής, είναι ο ιπποπόταμος όσο και αν φαίνεται παράξενο. **Για την ταξινόμηση των ειδών η σημασία της ομοιότητας του γενετικού υλικού έχει πολύ μεγαλύτερη βαρύτητα από την εμφάνιση και τη συμπεριφορά.** Τελευταία βρέθηκαν στο Πακιστάν απολιθώματα ενδιάμεσων ειδών ανάμεσα στα οδοντοκήτη και τον κοινό πρόγονο που είχαν με τον ιπποπόταμο.

Αλλά και στην εποχή μας υπάρχουν ζώα τα οποία αφού έζησαν για εκατομμύρια χρόνια αποκλειστικά στην ξηρά έχουν πάρει τον εξελικτικό δρόμο της επιστροφής στο νερό, έχοντας διανύσει ένα μέρος αυτού. Πρόκειται για τις φώκιες, τους θαλάσσιους λέοντες, τους πιγκουίνους, τις θαλάσσιες χελώνες και αρκετά άλλα.

Στο τέλος της Ηωκαίνου έλαβε χώρα μια ακόμα σημαντική εξαφάνιση ειδών.

Ολιγόκαινος

Άρχισε 34 εκατομμύρια χρόνια πριν και διήρκεσε 11 εκατομμύρια χρόνια. Στην αρχή αυτής της εποχής η συνεχιζόμενη έντονη γεωλογική δραστηριότητα ανύψωσε μεγάλα κομμάτια ξηράς. Τότε σχηματίστηκαν οι υψηλότεροι ορεινοί όγκοι της Γης, τα Ιμαλάια, οι Άλπεις, τα Πυρηναία και στον ελλαδικό χώρο η οροσειρά της Πίνδου.

Το δροσερό κλίμα με περιοδικές βροχές συνεχίστηκε στον πλανήτη και η χαμηλή βλάστηση επεκτάθηκε, κάτι που ευνόησε την περαιτέρω επέκταση και αύξηση του μεγέθους των θηλαστικών. Εμφανίστηκαν νέα είδη φυτών, και αναπτύχθηκαν εκ νέου τα αειθαλή κωνοφόρα που είχαν σχεδόν εξαφανιστεί στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου.

Στην εποχή αυτή εμφανίστηκαν οι πρώτοι **ελέφαντες** και πολλά νέα θηλαστικά στη θέση αυτών που εξαφανίστηκαν στη μεγάλη εξαφάνιση των ειδών στο τέλος της Μεσοζωικής εποχής. Στη θέση των εξαφανισθέντων κρεόδοντων εμφανίστηκαν νέα σαρκοβόρα, μεταξύ των οποίων ο λύκος από τον οποίο εξελίχτηκαν στη διάρκεια της εποχής αυτής ο σκύλος και η γάτα, καθώς και είδη μαρσιποφόρων.

Προς το τέλος της Ολιγοκαίνου εμφανίστηκαν οι **πρώτοι μικροσκοπικοί πίθηκοι**, μέλη της τάξης των πρωτευόντων που είχε εμφανιστεί εκατομμύρια χρόνια πριν. Αρχαιότερος μεταξύ αυτών ο **Purgatorius** που ανακαλύφθηκε στη Βόρεια Αμερική και είχε μέγεθος ποντικού.

β. Νεογενής

Διήρκεσε από τα 23 έως 2,6 εκατομμύρια χρόνια πριν και χωρίζεται σε 2 εποχές:

Μειόκαινος

Διήρκεσε από 23 έως τα 5,3 εκατομμύρια χρόνια πριν. Στην αρχή της εποχής αυτής μια έντονη γεωλογική δραστηριότητα στην περιοχή του ελληνικού χώρου ανύψωσε τον βυθό της θάλασσας με αποτέλεσμα να προβάλλει πάνω από τα νερά το μεγαλύτερο μέρος της δυτικής Ελλάδας, και να σχηματισθεί ένα ενιαίο κομμάτι ξηράς που κάλυπτε ολόκληρο σχεδόν τον χώρο από το Ιόνιο ως τη Μικρά Ασία και έως νότια της Κρήτης. Το μεγάλο αυτό κομμάτι ξηράς που περιείχε ψηλές οροσειρές, πολλές λίμνες και μεγάλα δάση, ονομάστηκε **Αιγαίς**. Η Αιγαίς όμως έμελε να κατακερματισθεί στα επόμενα εκατομμύρια χρόνια λόγω της έντονης γεωλογικής δραστηριότητας, με καταποντισμό πολλών περιοχών και πλήρωση από τα νερά της Μεσογείου των περιοχών που καταποντίστηκαν. Τα Ιόνια νησιά διαχωρίστηκαν από την Αιγαίδα πριν 12 εκατομμύρια χρόνια.

Η θαμνώδης βλάστηση, οι σαβάνες, επεκτάθηκαν εις βάρος των δασών, κάτι που βοήθησε περισσότερο τα θηλαστικά. Στις υδάτινες συλλογές εμφανίστηκαν πολλά **φαιοφύκη** που ευνόησαν την ανάπτυξη νέων ειδών, όπως οι ενυδρίδες. Αναπτύχθηκαν περισσότερο τα **περισσοδάκτυλα**, μεταξύ των οποίων το άλογο, η ζέβρα, ο ρινόκερος και οι τάπειροι, ενώ εμφανίστηκαν νέα είδη όπως τα **μαστόδοντα**.

Στο μέσον της εποχής αυτής εμφανίστηκαν τα περισσότερα είδη φυτών που πολλαπλασιάζονται με σπόρους, τα σπερματόφυτα.

Στη Μειόκαινο αναπτύχθηκε με γοργούς ρυθμούς η τάξη των πρωτευόντων με τουλάχιστον **30 είδη δεντρόβιων πιθήκων**. Μεταξύ αυτών εμφανίστηκε στην Αφρική πριν 23 εκατομμύρια χρόνια το γένος **Προκόκσουλ** με κρανιακή χωρητικότητα 150 κυβικών εκατοστών και μέγεθος μικρού χιμπαντζή. Εξελικτικοί απόγονοι αυτού πριν περίπου 15 εκατομμύρια χρόνια υπήρξαν τα πρωτεύοντα που ονομάστηκαν **ανθρωποειδείς** πίθηκοι. Αυτοί ήταν το γένος **κενυαπίθηκος** στην Αφρική και τα συγγενή με αυτόν γένη κατά την ίδια πε-

ρίπου χρονική εποχή, ο **αρδιπίθηκος** και ο **δρυοπίθηκος** στην Ευρασία και ο **ρομαπίθηκος** στην Ασία. Το πέρασμα την εποχή εκείνη από την Αφρική στην Ευρασία ήταν εύκολο επειδή οι γεωλογικές πλάκες της Αφροαραβίας και της Ευρασίας ήταν ενωμένες. Οι πίθηκοι αυτοί όπως προκύπτει από ανατομικές μελέτες των απολιθωμάτων τους είχαν αρχίσει να προσπαθούν να σταθούν όρθιοι, όντες πάντως αποκλειστικά αναρριχητικοί.

Από την τάξη των πρωτευόντων εξελίχθηκε η οικογένεια των ανθρωπιδών πριν περίπου 5 εκατομμύρια χρόνια. Τα παλαιότερα απολιθώματα ανθρωπιδών βρέθηκαν όλα στην Κένυα. Ο κενυαπίθηκος (**Εικόνα 3v**) που σύμφωνα με όλα τα επιστημονικά δεδομένα έζησε αποκλειστικά στην Αφρική, ήταν πιθανότατα ο κοινός πρόγονος των δύο σπουδαίων εξελικτικών κλάδων των ανθρωπιδών που εμφανίστηκαν πριν περίπου 5 εκατομμύρια χρόνια: ενός κλάδου που με πρώτο μέλος, τον Αυστραλοπίθηκο, οδήγησε στο γένος *Homo*, και ενός κλάδου που οδήγησε στον χιμπαντζή, στον γορίλα και τον ουρακούτάγκο. Ο χιμπαντζής με βάση τις μοριακές ενδείξεις είναι στενότερος συγγενής με τον άνθρωπο παρά με τον γορίλα, που σημαίνει ότι διαχωρίστηκε από τον δεύτερο κλάδο νωρίτερα από τον γορίλα και τον ουρακούτάγκο.

Απολιθώματα ανθρωπιδών 4 εκατομμυρίων ετών βρέθηκαν μόνο στην Κένυα, την Τανζανία και την Αιθιοπία, και απολιθώματα ανθρωπιδών 3 εκατομμυρίων ετών στην Κένυα, την Αιθιοπία, την Τανζανία, τη Νότια Αφρική και το Τσαντ.

Πλειόκαινος

Δήρκεσε από τα 5,3 εκατομμύρια χρόνια πριν ως τα 2,6 εκατομμύρια χρόνια. Στην αρχή αυτής της εποχής λόγω του σχηματισμού παγετώνων και πτώσεως της στάθμης των θαλασσών, αλλά και του αποκλεισμού της επικοινωνίας της λεκάνης της Μεσογείου με τον Ατλαντικό λόγω τεκτονικής δραστηριότητας, αποξηράνθηκε σε μεγάλο βαθμό η Μεσόγειος. Ο πυθμένας της σύμφωνα με έρευνες της δεκαετίας του 1970 μετατράπηκε για τουλάχιστον 300 χιλιάδες χρόνια σε αλμυρές λίμνες και δασωμένες εκτάσεις. Έτσι σε κάποια σημεία υπήρχαν λωρίδες ξηράς μεταξύ της Αφρικής και της Ευρώπης με αποτέλεσμα ορισμένα είδη ζώων, μεταξύ των οποίων και ανθρωπίδες, να επιχειρήσουν την αργή οδοιπορία μέσω αυτών από την Αφρική προς την Ευρώπη και στη συνέχεια στην Ασία.

Στην Πλειόκαινο συνέβησαν στον πλανήτη δραματικές κλιματικές αλλαγές που επηρέασαν την εξέλιξη των ειδών. Στο εσωτερικό της Ασίας σχη-

ματίσθηκαν έρημοι και στην Αφρική άρχισε ο σχηματισμός της Σαχάρας. Ο παγκόσμιος χάρτης δεν έχει αλλάξει πολύ από τότε αν εξαιρεθούν το πέρας της δημιουργίας του μεγάλου ρήγματος και ο σχηματισμός της περιοχής των μεγάλων λιμνών στην ανατολική Αφρική. Το ρήγμα αυτό, μήκους 6 χιλιάδων χιλιομέτρων που εκτείνεται από το Κέρασ της Αφρικής μέχρι τη Μοζαμβίκη, άρχισε να δημιουργείται από τον διαχωρισμό δύο υποκείμενων τεκτονικών πλακών από έντονη γεωλογική δραστηριότητα κατά τη Μειόκαινο, πριν 7 εκατομμύρια χρόνια. Ανατολικά του ρήγματος αυτού άρχισαν να δημιουργούνται σαβάνες λόγω της ξηρασίας ενώ δυτικά αυτού συνεχίστηκαν οι βροχές και η ύπαρξη δασών. Επίσης κατά την Πλειόκαινο σχηματίστηκαν ο κόλπος του Hudson στον Καναδά, η Βαλτική θάλασσα στην Ευρώπη και ο ισθμός του Παναμά που επέτρεψε τη μετανάστευση ειδών μεταξύ Βορείου και Νοτίου Αμερικής. Κάποιες αλλαγές προέκυψαν και από την έναρξη του σχηματισμού παγετώνων, διαδικασία που κορυφώθηκε κατά την επόμενη γεωλογική εποχή, την Πλειστόκαινο.

Πριν περίπου 4 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκε στην Αφρική ένα νέο είδος, ο **Αυστραλοπίθηκος**, το γένος της οικογενείας των ανθρωπιδών που προηγήθηκε του γένους Homo (**Εικόνα 3ξ**). Το πρώτο κρανίο του γένους αυτού, που ανήκε σε παιδί και έζησε πριν 2,8 εκατομμύρια χρόνια, ανακαλύφθηκε το 1924 από τον Αυστραλό ανθρωπολόγο Raymond Dart στη βόρεια περιοχή της Νότιας Αφρικής. Το γένος αυτό ονομάστηκε από τον Dart Αυστραλοπίθηκος, πίθηκος του νότου. Απολιθωμένα σκελετικά μέρη του έχουν βρεθεί σε πολλά μέρη της ανατολικής κυρίως και της νότιας Αφρικής, και πουθενά αλλού στην Αφρική, ούτε σε άλλη ήπειρο. Ο Αυστραλοπίθηκος έζησε αποκλειστικά στην Αφρική. Με βάση τα απολιθώματα έχουν περιγραφεί αρκετά είδη του γένους Αυστραλοπίθηκος μεταξύ των οποίων ο *anamensis*, ο *afarensis*, ο *africanus*, ο *boisei* και ο *robustus*. Κοινός πρόγονος του Αυστραλοπίθηκου αφ' ενός και του εξελικτικού κλάδου που οδήγησε στους χιμπατζήδες και τους γορίλες αφ' ετέρου ήταν πιθανότατα όπως ήδη αναφέρθηκε ο Κενναπίθηκος.

Ο Αυστραλοπίθηκος, με όγκο εγκεφάλου 450 έως 500 ml, ήταν το πρώτο ζώο που ενώ ήταν και αναρριχητικό, στάθηκε όρθιο και περπάτησε στα δύο του πόδια, προφανώς για λόγους επιβίωσης στις σαβάνες που αντικατέστησαν τα δάση στην ανατολική Αφρική μετά τη δημιουργία του μεγάλου ρήγματος. Το ρήγμα αυτό μήκους 6 χιλιάδων χιλιομέτρων δημιουργήθηκε όπως

ήδη αναφέρθηκε από έντονη γεωλογική δραστηριότητα πριν 7 εκατομμύρια χρόνια. Οι ανθρωπίδες που βρέθηκαν δυτικά συνέχισαν τη δεντρόβια ζωή τους, και εκεί εξελίχτηκαν οι χιμπαντζήδες, οι γορίλλες και οι ουρακουτάγκοι. Στην ανατολική περιοχή οι βροχές έγιναν σπάνιες, το τοπίο μεταβλήθηκε σε σαβάνα και εκεί εξελίχτηκε ο κλάδος των δίποδων ανθρωπιδών και αργότερα ο άνθρωπος. Ο Αυστραλοπίθηκος μένοντας όρθιος μπορούσε να βλέπει πάνω από ψηλά χόρτα για την αποφυγή των θηρευτών. Η εξελικτική κατάκτηση του Αυστραλοπίθηκου να εγερθεί και να περπατήσει όρθιος είναι κατόρθωμα που ο άνθρωπος καταφέρνει γύρω στον 14^ο μήνα από τη γέννησή του.

Ο Αυστραλοπίθηκος εξαφανίστηκε πριν 1,5 περίπου εκατομμύρια χρόνια. Διάσημος εκπρόσωπος του είδους *Australopithecus afarensis* είναι η περίφημη Lucy, με ύψος λιγότερο από ένα μέτρο και εγκέφαλο βάρους 400 γραμμαρίων, που έζησε 3,2 εκατομμύρια χρόνια πριν. Μέρος του σκελετού της ανακαλύφθηκε στην περιοχή Αφάρ της Αιθιοπίας τον Νοέμβριο του 1974 από τους Γάλλους ανθρωπολόγους Maurice Taieb και Yves Coppens, και τον Αμερικανό ανθρωπολόγο Donald Johanson (**Εικόνα 3ο**).

γ. Τεταρτογενής

Διαρκεί από τα 2,6 εκατομμύρια χρόνια πριν μέχρι τη σύγχρονη εποχή. Είναι η βραχύτερη γεωλογική περίοδος με έντονες κλιματικές αλλαγές. Χωρίζεται σε δύο εποχές:

Πλειστόκαινος

Διήρκεσε από τα 2,6 εκατομμύρια χρόνια πριν μέχρι περίπου 11 χιλιάδες χρόνια από σήμερα.

Στη διάρκεια της σχηματίστηκαν στο βόρειο ημισφαίριο τουλάχιστον 4 εποχές παγετώνων, σαν αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης ψύξης του πλανήτη που ξεκίνησε στην Ηώκαινο εποχή. Η πρώτη άρχισε πριν 2,58 εκατομμύρια χρόνια και η τελευταία πριν 100 χιλιάδες χρόνια και τελείωσε πριν 11,7 χιλιάδες χρόνια (**Πίνακας 3β**). Οι παγετώνες παγίδευαν τεράστιες μάζες νερού στους πόλους κυρίως, τις οποίες απελευθέρωναν με την υποχώρησή τους. Αποτέλεσμα ήταν να ανεβοκατεβαίνει κατά πολύ η στάθμη των ωκεανών, μερικές φορές για πάνω από 100 μέτρα, και να γεφυρώνονται ή να χωρίζονται μεγάλες εκτάσεις ξηράς. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η επικοινωνία της Ασίας και της Αμερικανικής ηπείρου μέσω στενής λωρίδας ξηράς στην περιοχή του Βερίγγειου πορθμού, που δημιουργήθηκε αρκετές φορές στη διάρκεια των παγετώνων της Πλειστόκαινου.

ΟΙ ΕΠΟΧΕΣ ΤΩΝ ΠΑΓΕΤΩΝΩΝ ΣΤΗ ΓΗ

Πρώτη	: 2,4 έως 2,1 δισεκατομμύρια χρόνια πριν
Δεύτερη	: 720 έως 635 εκατομμύρια χρόνια πριν
Τρίτη	: 460 έως 420 εκατομμύρια χρόνια πριν
Τέταρτη	: 360 έως 260 εκατομμύρια χρόνια πριν
Πέμπτη	: 2,58 εκατομμύρια έως 11,5 χιλιάδες χρόνια πριν (με 4 επί μέρους παγετωνικές περιόδους)

Πίνακας 3β. Οι εποχές των παγετώνων στη Γη

Η τελευταία παγετωνική περίοδος κατά την οποία εμφανίστηκαν πολλά νέα είδη ζώων μεταξύ των οποίων τα μαμούθ, έφθασε στο αποκορύφωμά της πριν 27 χιλιάδες χρόνια.

Λίγο μετά την έναρξη της Πλειστόκαινου, πριν περίπου 2,5 εκατομμύρια χρόνια, συνέβη ένα καθοριστικό για τον πλανήτη γεγονός. Εμφανίστηκε στην Ανατολική Αφρική ένα νέο γένος, με την εξελικτική έννοια του όρου, το γένος *Homo* με πρώτο μέλος το είδος ***Homo habilis***, τον επιδέξιο άνθρωπο, ο οποίος έζησε για πάνω από 1 εκατομμύριο χρόνια μέχρι την εξαφάνισή του πριν από 1,4 εκατομμύρια χρόνια (**Εικόνα 3π**). Η ανακάλυψη των οστών του *habilis* και η ονομασία του είδους έγιναν στην Τανζανία μεταξύ του 1962 και του 1964 από το ζεύγος Lewis και Mary Leaky. Πρέπει να τονισθεί ότι τα αρχαιότερα γνωστά ανθρώπινα απολιθώματα, που ανήκουν στον *habilis*, βρέθηκαν όλα στην ανατολική Αφρική.

Για λόγους ιστορικής ακρίβειας πρέπει να αναφερθεί ότι, με βάση έρευνα που δημοσιεύτηκε το 2010 από τον Αυστραλό ανθρωπολόγο Darren Curnoe και αφορούσε κρανιακά οστά που βρέθηκαν στη Νότια Αφρική στις δεκαετίες 1930 και 1970, πιθανώς προηγήθηκε ένα άλλο είδος *Homo* που ονομάστηκε *Homo gautengensis*. Αυτό αποτελεί αντικείμενο συνεχιζόμενης διερεύνησης διότι πολλοί επιστήμονες διαφωνούν με τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης έρευνας.

Ο *Homo habilis* είχε εγκέφαλο όγκου 650 έως 800 ml, κατά 50% μεγαλύτερο από τον εγκέφαλο των ανθρωποειδών πιθήκων και 40% μεγαλύτερο από τον εγκέφαλο των Αυστραλοπιθήκων. Ήταν ο **πρώτος** ανθρωπίδης στον εγκέφαλο του οποίου εμφανίστηκαν τα κέντρα του λόγου, όπως αποδεικνύ-

ουν τα αντίστοιχα εντυπώματα στην έσω επιφάνεια κρανίων *habilis* ηλικίας 2 εκατομμυρίων ετών. Τα κέντρα αυτά προστέθηκαν κατά την εξέλιξη στον μεγαλύτερο και καλύτερα οργανωμένο εγκέφαλο του γένους *Homo*, και χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατο να εμφανιστεί σε βάθος χρόνου ο λόγος και η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως όπως την ξέρουμε.

Σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα ερευνών στον τομέα της μοριακής βιολογίας και γενετικής, κύρια αιτία του μεγαλύτερου εγκεφάλου και της ανάπτυξης των κέντρων του λόγου στο γένος *Homo* ήταν η **τυχαία μετάλλαξη** ενός αδρανούς γονιδίου στην άκρη του χρωματοσώματος 1, που έγινε ξαφνικά ενεργό πριν 3 εκατομμύρια χρόνια και ονομάζεται **γονίδιο Notch 2NL**. Οι έρευνες, που δημοσιεύτηκαν το 2018 στο περιοδικό *Cell*, δεν ανίχνευσαν το γονίδιο αυτό σε κανένα άλλο γένος ανθρωπιδών, αλλά αποκλειστικά στο γονιδίωμα του γένους *Homo*. Μια μικρή τυχαία αλλαγή στο DNA επέτρεψε στο γένος *Homo* και κυρίως στον τελευταίο εκπρόσωπό του, τον *sapiens*, να λειτουργήσει στο αχανές πεδίο του λόγου και της συνείδησης και να γίνει ο κυρίαρχος του πλανήτη.

Ο *habilis*, που έζησε αποκλειστικά στην Αφρική, ήταν σύμφωνα με την άποψη των περισσότερων παλαιοανθρωπολόγων το πρώτο είδος που χρησιμοποίησε λίθινα εργαλεία. Η κατασκευή λίθινων εργαλείων απαιτεί αυξημένη ευφυΐα και φαντασία, καθώς και τον συντονισμό πολλών γνωστικών και κινητικών δεξιοτήτων. Τα αρχαιότερα λίθινα εργαλεία που έχουν βρεθεί είναι 2,5 εκατομμυρίων ετών. Προσφάτως πάντως βρέθηκαν στην Αφρική λίθινα αντικείμενα που θεωρούνται από μερικούς επιστήμονες ως **πιθανά** αρχέγονα λίθινα εργαλεία, ηλικίας 3,3 εκατομμυρίων ετών. Αν αποδειχθεί ότι πράγματι πρόκειται για εργαλεία, τότε εγείρεται το ερώτημα μήπως ο Αυστραλοπίθηκος ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε λίθινα εργαλεία.

Ο τρόπος μετακίνησης του *habilis*, αποκλειστικά με τα δύο κάτω άκρα σε ορθία θέση, ήταν αποδοτικότερος από ενεργειακή άποψη σε σχέση με την κίνηση των τετράποδων. Ο *habilis* ήταν πιο ευκίνητος, ήταν δρομέας, σε αντίθεση με τον Αυστραλοπίθηκο. Επιπλέον η ορθία στάση τού επέτρεψε να χρησιμοποιεί τα άνω άκρα για τη σύλληψη και τη μεταφορά αντικειμένων, απαλλάσσοντας το στόμα από παρόμοιες λειτουργίες. Έτσι το στόμα μπόρεσε να εξελιχθεί βαθμιαία σε όργανο παραγωγής οργανωμένων έναρθρων φωνημάτων.

Πριν περίπου 1,9 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκε επίσης στην Αφρική

νέο είδος Homo, ο **Homo erectus**, ο οποίος σύμφωνα με μελέτες του 2007 δεν ήταν απ' ευθείας απόγονος του Homo habilis αλλά είχε με αυτόν κοινό πρόγονο (**Εικόνα 3ρ**). Πάντως συνυπήρξαν από 1,9 έως 1,4 εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν ο habilis εξαφανίστηκε. Οι πρώτοι Homo erectus της Αφρικής ονομάστηκαν και **Homo ergaster**.

Πριν 1,9 εκατομμύρια χρόνια συνυπήρχαν στον πλανήτη δύο τουλάχιστον είδη του γένους Homo και τέσσερα είδη του γένους Australopithecus.

Ο erectus είχε μεγαλύτερο εγκέφαλο με όγκο 950 ml, τουλάχιστον 15% μεγαλύτερο από εκείνον του habilis. Σπουδαίοι ερευνητές όπως ο Thomas Wynn και ο Jeffrey Laitman υποστηρίζουν ότι οι γνωστικές και γλωσσικές ικανότητες του erectus ήταν ισοδύναμες με αυτές ενός σύγχρονου παιδιού 6 έως 7 ετών. Ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε πρωτόγονα καταλύματα και ο πρώτος που ανακάλυψε τη χρήση της φωτιάς για να ψήνει το φαγητό του, να θερμαίνεται, αλλά και για να προστατευθεί. Ήταν ικανότατος στο τρέξιμο και κατασκεύασε αποτελεσματικότερα λίθινα εργαλεία με συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως κοφτερούς χειροπελέκες που του επέτρεψαν τον τεμαχισμό των θηραμάτων και την καλύτερη πρόσβαση σε ζωικές πρωτεΐνες. Παράλληλα ανέπτυξε τεχνικές κυνηγιού.

Υπάρχουν εξάλλου αποδείξεις ότι ο Homo erectus άρχισε να μεταναστεύει εκτός Αφρικής ήδη 1,8 εκατομμύρια χρόνια πριν, περίπου εκατό χιλιάδες χρόνια μετά την εμφάνισή του. Στην εποχή αυτή ανήκει το αρχαιότερο γνωστό απολιθώμα erectus εκτός Αφρικής που βρέθηκε σε σχετικά πρόσφατες ανασκαφές στον Καύκασο, στην περιοχή Dmanisi της Γεωργίας. Υπήρξε ο πρώτος Homo που πέρασε από την Αφρική στη νοτιοδυτική Ασία. Αργότερα έφθασε στην ανατολική και βόρεια Ασία καθώς και στην Ευρώπη. Τα περισσότερα από τα απολιθώματά του ανακαλύφθηκαν στην Αφρική, την Κίνα και την Ιάβα.

Η παρουσία του erectus στον ελλαδικό χώρο σχετίζεται με την ανεύρεση του κρανίου που βρέθηκε στο σπήλαιο των Πετραλώνων της Χαλκιδικής το 1960. Επειδή όμως έχει χαρακτηριστικά που πιθανώς αντιστοιχούν σε περισσότερα του ενός είδη Homo, δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία στην ταυτοποίησή του. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι είναι 700 χιλιάδων ετών και ανήκει σε Homo erectus. Άλλοι όμως το χρονολογούν στα 200 χιλιάδες χρόνια και θεωρούν ότι ανήκει σε Homo neanderthalensis ή Homo heidelbergensis. Άλλο ίχνος της παρουσίας του erectus υπάρχει στην Κρήτη, όπου βρέθηκαν πέτρινα

τσεκούρια που με βάση τη χρονολόγησή τους κατασκευάστηκαν πριν περίπου 140 χιλιάδες έτη και θεωρούνται κατασκευές των τελευταίων erectus.

Ο πληθυσμός των erectus άρχισε βαθμιαία να ελαττώνεται πριν περίπου 500 χιλιάδες χρόνια. Την εποχή αυτή ο εγκέφαλός τους είχε ξεπεράσει τα 1100 ml, έχοντας αυξηθεί κατά 200 ml μέσα σε 1,4 εκατομμύρια χρόνια από την εμφάνισή τους. Τα τελευταία, τα νεότερα δηλαδή, απολιθώματά του βρέθηκαν στην Ασία και ήταν περίπου 140 χιλιάδων ετών.

Ως εξελικτικοί απόγονοι του Homo erectus εμφανίστηκαν στην Αφρική αρχικά κάποια είδη του γένους Homo που διέθεταν χαρακτηριστικά ενδιάμεσα μεταξύ του Homo erectus και του Homo sapiens, καλύπτοντας την εξελικτική απόσταση ανάμεσα στα δύο αυτά είδη, όπως ο **Homo heidelbergensis**. Ο τελευταίος εμφανίστηκε πριν περίπου 800 χιλιάδες χρόνια στην Αφρική και αργότερα μετανάστευσε στην Ευρώπη. Εξαφανίστηκε πριν περίπου 200 χιλιάδες χρόνια. Πολλοί ανθρωπολόγοι δέχονται σήμερα ότι από τον αφρικανικό κλάδο του Homo heidelbergensis προήλθε ο Homo sapiens και από τον ευρωπαϊκό ο Homo neanderthalensis. Έτσι ο Homo sapiens φαίνεται ότι δεν αποτελεί απ' ευθείας εξελικτική συνέχεια του Homo erectus.

Πριν περίπου 400 χιλιάδες χρόνια εμφανίστηκε στην Ευρώπη αυτή τη φορά ο **Homo neanderthalensis**, που όπως ελέγχθη ήταν πιθανότατα απόγονος του ευρωπαϊκού κλάδου του Homo heidelbergensis (**Εικόνα 3σ**). Πρόσφατη δημοσίευση στο περιοδικό Science από ερευνητική ομάδα του Ισραήλ ισχυρίζεται ότι ο neanderthalensis είναι απόγονος ενός άλλου είδους, του Homo Nasher Ramla που έζησε στον χώρο του σημερινού Ισραήλ πριν 400 χιλιάδες χρόνια. Η δημοσίευση αυτή αντιμετωπίζεται με σκεπτικισμό από την επιστημονική κοινότητα. Ίχνη της παρουσίας του neanderthalensis δεν ανακαλύφθηκαν ποτέ στην Αφρική. Ήταν μυώδης με αδρά χαρακτηριστικά, κοντά κάτω άκρα, επικλινές μέτωπο με προέχοντα υπερόφρυα τόξα και μεγάλο εγκέφαλο. Υπάρχουν αποδείξεις ότι εκτός από την κατασκευή καταλυμάτων από κλαδιά, δέρματα, κόκκαλα και πέτρες, χρησιμοποιούσε τη φωτιά και έθαβε τους νεκρούς, μάλιστα υπάρχουν ενδείξεις ότι έκανε ένα είδος νεκρικής τελετής. Έφτιαχνε ρούχα από τα δέρματα των θηραμάτων και επινόησε καινοτόμα εργαλεία από πυρόλιθο, κόκκαλα και κέρατα ελαφιών.

Ο neanderthalensis που αργότερα έφθασε στη νοτιοδυτική Ασία, κυρίως στη Μέση Ανατολή, συνυπήρξε με τον Homo erectus μέχρι πριν περίπου 140 χιλιάδες χρόνια, όταν ο τελευταίος εξαφανίστηκε οριστικά. Έρευνες στο μι-

τοχονδριακό DNA απολιθωμάτων, που κληρονομείται μόνο από τη μητέρα, κατέδειξαν ότι ο *Homo neanderthalensis* και ο *Homo sapiens* αναμφισβήτητα δεν ανήκουν στο ίδιο είδος αλλά είχαν κοινό πρόγονο που έζησε στην Αφρική πριν περίπου 300 χιλιάδες χρόνια και ονομάστηκε περιγραφικά **μιτοχονδριακή Εύα** (mitochondrial Eva). Πρόκειται πιθανότατα για τον *Homo heidelbergensis*.

Ο ***Homo sapiens***, ο σοφός άνθρωπος, ο σύγχρονος άνθρωπος, εμφανίστηκε στην ανατολική Αφρική μία φορά, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα, και από εκεί επεκτάθηκε στην υπόλοιπη Αφρική, την Ασία, την Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο (**Εικόνα 3τ**). Τόσο τα δεδομένα από το αρχείο των απολιθωμάτων όσο και οι μελέτες στο μιτοχονδριακό DNA αυτών υποστηρίζουν επαρκώς την υπόθεση της εμφάνισης του σύγχρονου ανθρώπου στην Αφρική, και μάλιστα μεταξύ της νότιας Αιθιοπίας και της βόρειας Κένυας, στην κοιλάδα του ποταμού Homo. Η εμφάνισή του τοποθετείται από 300 έως 200 χιλιάδες χρόνια πριν, στο τέλος μιας σοβαρής περιόδου ξηρασίας στην Ανατολική Αφρική, που επηρέασε τη ζωή των ανθρωπιδών. Έχει καταγραφεί και η άποψη της περίπου ταυτόχρονης εμφάνισης του σύγχρονου ανθρώπου σε περισσότερα από ένα μέρη της Αφρικής, που δεν είναι σήμερα αποδεκτή.

Ο *sapiens* διαθέτει σώμα ψηλότερο και λιγότερο μυώδες του *neanderthalensis*, με μακριά πόδια, μέτωπο όχι επικλινές αλλά ψηλό χωρίς προέχοντα υπερόφρνα τόξα και εγκέφαλο όγκου περίπου 1400 ml, 25% μεγαλύτερο από τον εγκέφαλο του *erectus* (**Εικόνα 3υ**). Χάρη στον μεγαλύτερο εγκέφαλο και βεβαίως στην ύπαρξη των κέντρων του λόγου, ο σύγχρονος άνθρωπος είναι φορέας του λόγου και της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, καθώς και συμβολικής γλώσσας που καθιστά δυνατή την επικοινωνία των ιδεών με ακρίβεια (**Εικόνα 3φ**). Πολύτιμες πτυχές της ανθρώπινης συνείδησης είναι η ελεύθερη βούληση, η δυνατότητα ηθικής αξιολόγησης και η φαντασία που οδηγεί σε καινοτόμες ιδέες. Οι ικανότητες αυτές έδωσαν στον *Homo sapiens* τεράστιο εξελικτικό πλεονέκτημα, τον κατέστησαν ικανό όχι μόνο να επιβιώνει σε κάθε περιβάλλον αλλά και να διαμορφώνει το περιβάλλον. Και του επέτρεψαν να δημιουργήσει σταδιακά τον ασύλληπτης πολυπλοκότητας επιστημονικό και τεχνολογικό πολιτισμό, χάρη στον οποίο διερευνά ήδη το διάστημα αλλά συγχρόνως αποτελεί κίνδυνο για την εξαφάνιση του είδους και ίσως της ζωής από τον πλανήτη.

Πρέπει να γίνει σαφές ότι τα διάφορα είδη του γένους Homo, όπως και όλα τα άλλα ζωικά και φυτικά είδη, δεν ακολούθησαν ποτέ μια ευθεία εξελικτική γενεαλογική γραμμή, στην οποία με την εμφάνιση του νέου είδους εξαφανίζονται το προηγούμενο. Σε κάθε χρονική περίοδο και μέχρι πριν 39 χιλιάδες χρόνια συνυπήρχαν σε διάφορες περιοχές του πλανήτη πάνω από ένα είδη Homo. Πριν 200 χιλιάδες χρόνια συνυπήρχαν οι Homo erectus, heidelbergensis, neanderthalensis και sapiens. Στην Ευρώπη ο neanderthalensis και ο sapiens συνυπήρξαν για τουλάχιστον 5-6 χιλιάδες χρόνια μέχρι πριν 39 χιλιάδες χρόνια όταν ο πρώτος εξαφανίστηκε οριστικά. Από τότε στον πλανήτη μας ο μόνος εκπρόσωπος του γένους Homo παρέμεινε ο Homo sapiens.

Πριν το τέλος της Πλειστόκαινου υπήρξε και πάλι σημαντική εξαφάνιση ειδών. Χάθηκε τότε σημαντικό μέρος των δασών, και μεταξύ των εξαφανισθέντων ζωικών ειδών ο Homo neanderthalensis. Η Αφρική επηρεάστηκε λιγότερο και επέζησαν σ' αυτήν πολλά είδη μεγάλων ζώων, όπως ο ιπποπόταμος και βέβαια οι άνθρωποι.

Ολόκαινος

Αρχισε πριν 11,5 χιλιάδες χρόνια με το πέρας της τελευταίας εποχής των παγετώνων και διαρκεί ως σήμερα. Το τέλος των παγετώνων επέτρεψε στις ομάδες των ανθρώπων να αποκτήσουν μόνιμους τόπους εγκατάστασης και να ασχοληθούν με την κτηνοτροφία και τη γεωργία. Υπήρχαν ωστόσο στην αρχή της εποχής αυτής μεταβολές στο κλίμα και στη βλάστηση του πλανήτη που ανάγκαζαν τα ζώα να μεταναστεύουν περιοδικά. Στην Αφρική και σε μέρος της Ασίας υπήρξε κατά περιόδους ξηρασία, σχηματισμός ερήμων και αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.

Στην Ολόκαινο ανήκουν οι σπουδαίες πολιτιστικές κατακτήσεις του ανθρώπου, με πρώτη την ανακάλυψη και εφαρμογή της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, που άλλαξαν δραματικά τις συνθήκες της κοινωνικής συνύπαρξης. Είναι η εποχή κατά την οποία η συμβολική δύναμη του ανθρώπινου λόγου συνέλαβε τη δόμηση γραπτής γλώσσας, χάρις στην οποία απογειώθηκε η πολιτιστική εξέλιξη και καταγράφηκε το σύνολο της ιστορίας του πλανήτη και του ανθρώπου.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα αυτής της εποχής περιλαμβάνει αρχικά την εξάπλωση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας που συνοδεύτηκε από καταστροφή των δασών και απελευθέρωση αυξημένου όγκου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Βαθμιαία τα λίθινα εργαλεία και όπλα αντικατα-

στάθηκαν από μπρούτζινα και αργότερα από σιδερένια. Η χρήση γραπτής γλώσσας απογείωσε την επικοινωνία, τη συνεργασία και την εφαρμογή εξελιγμένων κανόνων κοινωνικής συμβίωσης. Σύντομα δομήθηκαν σπουδαίοι αρχαίοι πολιτισμοί και είδαν το φως θαυμαστά έργα του ανθρώπινου πνεύματος. Διδακτικοί μύθοι, θρησκείες, ποιητικά έπη, οι πρώτες νομοθεσίες, εκπληκτικά για την εποχή εκείνη αρχιτεκτονήματα, και αργότερα η φιλοσοφία και η συστηματική καταγραφή των γνώσεων. Η έρευνα για την ανεύρεση απαντήσεων στα υπαρξιακά ερωτήματα που έθετε συνεχώς το ανθρώπινο πνεύμα, τα πρώτα ψήγματα της επιστήμης.

Η πολιτιστική ανέλιξη συνεχίστηκε με επιταχυνόμενους ρυθμούς για να έρθει αργότερα η βιομηχανική επανάσταση στην οποία αποδίδεται η υπερθέρμανση του πλανήτη με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές, η μεγάλης κλίμακας ελάττωση του στρώματος του όζοντος, η «δηλητηρίαση» του πλανήτη με πάσης φύσεως χημικά και ραδιενεργά υλικά αλλά και η εξαφάνιση τεράστιου αριθμού ειδών. Οι βίαιες αυτές αλλαγές σηματοδοτούν το τέλος της κλιματικής σταθερότητας και της γενικότερης ισορροπίας του γήινου οικοσυστήματος που έχει ήδη εκπέμψει σήμα κινδύνου, με τους αρμόδιους φορείς να αδιαφορούν εν ονόματι της απληστίας, του κέρδους και της υπαρξιακής ανάγκης για επικράτηση και επιβολή.

Ήδη από το 2000 έχει γίνει πρόταση για να ονομασθεί η Ολόκαινος από ένα χρονικό σημείο και μετά ως **Ανθρωπόκαινος**, λόγω της ανθρώπινης προέλευσης των δράσεων που καθορίζουν πλέον την πορεία του πλανήτη. Και μπορεί η πρόταση να μην έχει γίνει δεκτή ως σήμερα από την αρμόδια επιτροπή Στρωματογραφίας της Διεθνούς Ενώσεως Γεωλογικών Επιστημών, αλλά ήδη γίνεται λόγος για ένα νέο γεωλογικό στρώμα που σχηματίζεται, γεμάτο πλαστικά, τοξικές χημικές ουσίες, ραδιενεργά υλικά, φυτοφάρμακα και πλήθος άλλων υλικών που μυρίζουν θάνατο. Το νέο αυτό στρώμα πιθανώς να εντοπισθεί από μελλοντικούς γεωλόγους μετά από χιλιάδες χρόνια, αν βέβαια υπάρχουν ακόμα άνθρωποι.

Για την Ανθρωπόκαινο έχουν γραφτεί δεκάδες βιβλία και σήμερα εκδίδονται τρία επιστημονικά περιοδικά, ενώ διοργανώνονται πολλά συνέδρια σχετικά με το αντικείμενο.

Το «κοσμικό ημερολόγιο»

Προσπαθώντας να συνειδητοποιήσουμε τους χρονικούς συσχετισμούς που αφορούν τη διαδοχή των γεωλογικών περιόδων και την εξέλιξη της ζωής στη Γη, ας προσπαθήσουμε να συγκρίνουμε ένα γήινο ημερολογιακό έτος με την πορεία της εξέλιξης του σύμπαντος και της ζωής στον πλανήτη Γη. Η στιγμή της «Μεγάλης Έκρηξης» (Big Bang) ταυτίζεται στη σύγκρισή μας με το πρώτο δευτερόλεπτο της 1^{ης} Ιανουαρίου, οπότε προκύπτουν τα παρακάτω:

Την 1^η Απριλίου σχηματίστηκε ο γαλαξίας στον οποίο υπάρχουμε. Το ηλιακό μας σύστημα διαμορφώθηκε την 9^η Σεπτεμβρίου. Η Γη μας σχηματίστηκε αμέσως μετά. Η ζωή με τη μορφή των πρώτων βακτηρίων εμφανίστηκε στη Γη την 9^η Οκτωβρίου. Οι πρώτοι φυτικοί οργανισμοί, η φωτοσύνθεση και η έναρξη εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας με οξυγόνο εμφανίστηκαν τη 12^η Νοεμβρίου. Τα πρώτα κύτταρα με πυρήνα, τα ευκαρυωτικά, εμφανίστηκαν τη 15^η Νοεμβρίου. Την 1^η Δεκεμβρίου είχε ολοκληρωθεί ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο. Τη 17^η Δεκεμβρίου εμφανίστηκαν τα ασπόνδυλα μέσα στο νερό. Τα πρώτα ζώα που είχαν την ικανότητα να αναπνέουν και με αρχέγονους πνεύμονες έξω από το νερό, τα πρώτα αμφίβια, βγήκαν στην ξηρά την 21^η Δεκεμβρίου. Την 23^η Δεκεμβρίου εμφανίστηκαν τα ερπετά, την 24^η οι πρώτοι δεινόσαυροι. Τα θηλαστικά εμφανίστηκαν την 26^η Δεκεμβρίου και την 27^η τα πουλιά. Την 28^η Δεκεμβρίου εξαφανίστηκαν οι δεινόσαυροι. Την 29^η εμφανίστηκαν τα πρωτεύοντα θηλαστικά και την 30^η οι ανθρωπίδες. Στις 10:30 το πρωί της 31^{ης} Δεκεμβρίου εμφανίστηκε το γένος Homo, στις 23:45 ο Homo erectus ανακάλυψε τη χρήση της φωτιάς. Στις 23:58 εμφανίστηκε ο Homo sapiens, ο οποίος στις 23:59:20 έπαψε να είναι νομάς και ανακάλυψε τη γεωργία. Στις 23:59:51 εφευρέθηκε το αλφάβητο, στις 23:59:58 ιδρύθηκε η Βυζαντινή αυτοκρατορία και στις 23:59:59 συνέβη η Αναγέννηση στην Ευρώπη.

Ας ευχηθούμε το τελευταίο εκατοστό του τελευταίου δευτερολέπτου να μη σημαίνει το πέρας της ζωής στον πλανήτη Γη.



Εικόνα 3α. Μετάζωο της Προκαμβρίου (Ediacaran)



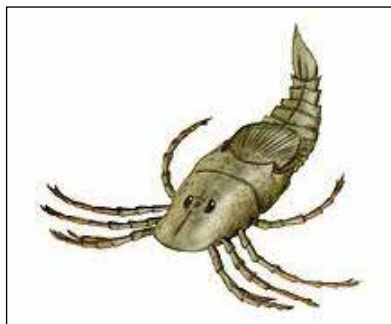
Εικ. 3β. Αντιπροσωπευτικά είδη της Καμβρίου



Εικ. 3γ. Απολίθωμα τριλοβίτη
500 εκατομμυρίων ετών



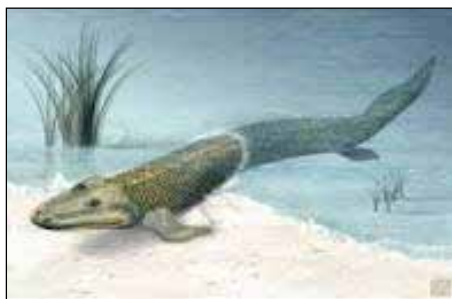
Εικ. 3δ. Κεφαλόποδο της Ορδοβικείου



Εικ. 3ε. Το πρώτο ζώο που ανέπνεε έξω από το νερό



Εικ. 3στ. Το σαρκοπτερυγο κοιλάκανθος



Εικ. 3ζ. Τα πρώτα τετράποδα αμφίβια βγήκαν στην ξηρά



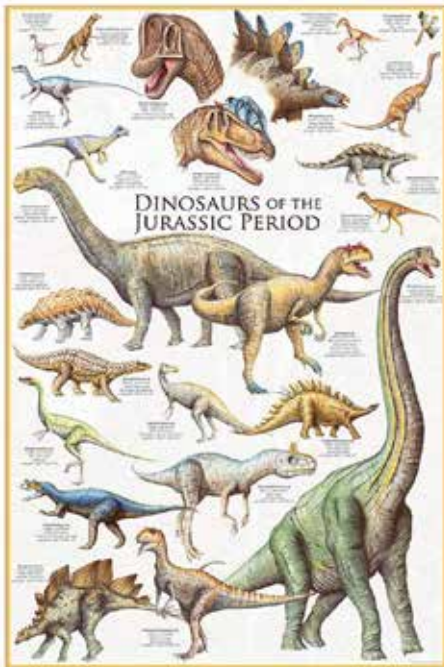
Εικ. 3η. Σκελετός Ερύωπα της Λιθανθρακοφόρου



Εικ. 3θ. Σκελετός θεριόδοντος της Περμίου



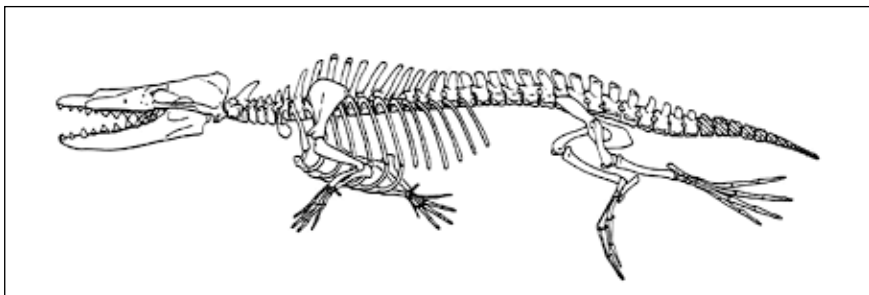
Εικ. 3ι. Σκελετός Κυνόδοντος της Τριασικής περιόδου



Εικ. 3κ. Δεινόσαυροι της Ιουρασικής περιόδου



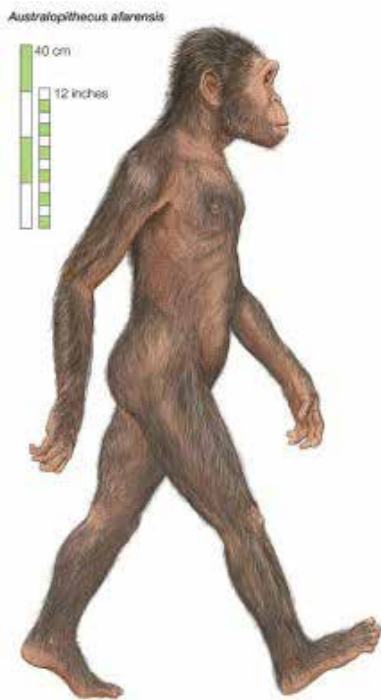
Εικ. 3λ. Αρχαιοπτέρυξ δεινόσαυρος



Εικ. 3μ Σκελετός αρχαιοκήτους της Ηωκαίνου



Εικ. 3ν. Κενυαπίθηκοι της Μειόκαινου



Εικ. 3ξ. Αυστραλοπίθηκος της Πλειοκαίνου



Εικ. 3ο. Ο σκελετός της Lusy



Εικ. 3π. Homo habilis



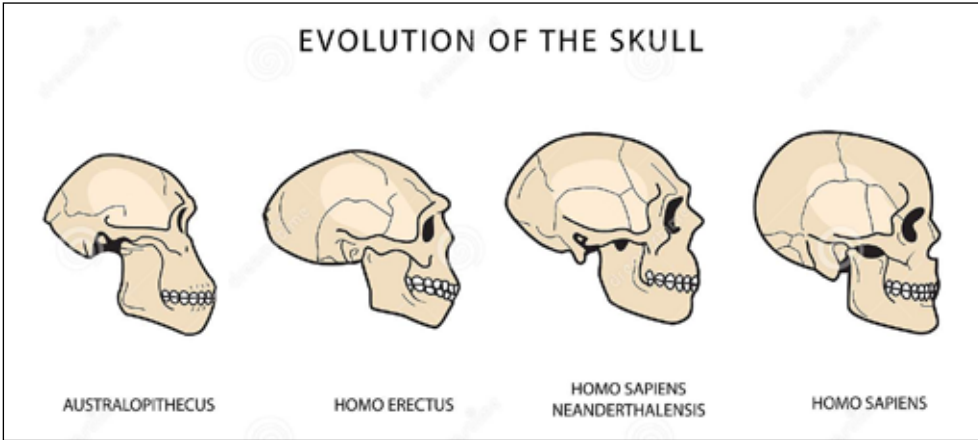
*Εικ. 3ρ. Κρανίο
Homo erectus*



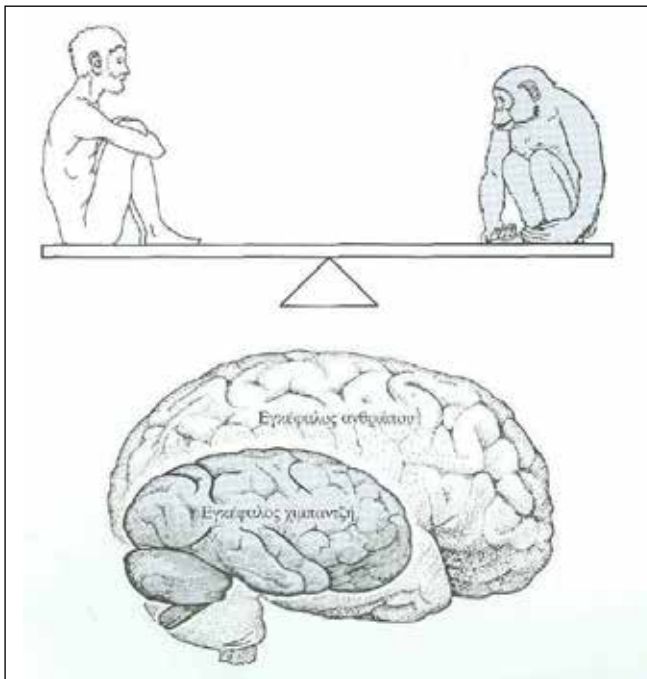
Εικ. 3σ. Κρανίο Homo neanderthalensis



Εικ. 3τ. Κρανίο Homo sapiens



Εικ. 3ν. Η εξέλιξη του κρανίου από τον Αυστραλοπίθηκο



Εικ. 3φ. Εγκέφαλος ανθρώπου και χιμπατζή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Σήμερα η θεωρία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής είναι τόσο ανοιχτή σε αμφισβήτηση, όσο και το γεγονός ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο.

Richard Dawkins

Εισαγωγικά

Σύμφωνα με όσα μας έχει γνωρίσει η επιστήμη, από τη δημιουργία του πλανήτη μας, πριν 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, δεν υπήρξε ίχνος ζωής πάνω σ' αυτόν για περίπου 700 εκατομμύρια χρόνια. Έπρεπε πρώτα να ψυχθεί η επιφάνεια, να παρουσιαστεί τρεχούμενο νερό και υδάτινες συλλογές, και στη συνέχεια η συνεχώς αυξανόμενη χημική δραστηριότητα μέσα στο νερό να οδηγήσει στη δημιουργία όλο και μεγαλύτερων οργανικών μορίων, μορίων δηλαδή που περιέχουν το στοιχείο του άνθρακα.

Εκατό τουλάχιστον εκατομμύρια χρόνια μετά την εμφάνιση των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών, συνήθεις χημικές διεργασίες, και συγκεκριμένα η διάταξη των υδρόφιλων και των υδρόφοβων άκρων ορισμένων μορίων σε δύο στιβάδες, ώστε τα υδρόφιλα να είναι εξωτερικά και εσωτερικά σε επαφή με το νερό και τα υδρόφοβα ανάμεσα σ' αυτά σαν σάντουιτς, οδήγησε στην εμφάνιση «φυσαλίδων» μέσα στα νερά, φαινόμενο που τόσο συχνά παρατηρείται στην καθημερινή ζωή. Οι φυσαλίδες αυτές έκλεισαν μέσα τους νερό που περιείχε σε διάλυση μεγάλο αριθμό οργανικών μορίων.

Μέσα σ' αυτές τις φυσαλίδες, τους προγόνους των κυττάρων, που δεν είχαν ακόμη ζωή, αυξήθηκε κατά πολύ η χημική δραστηριότητα λόγω της γεινιάσης και επαφής μεταξύ των παγιδευμένων σε μικρό χώρο μορίων. Σχηματίστηκαν μέσα εκεί βαθμιαία και σε βάθος χρόνου τα τεράστια μόρια των πρωτεϊνών και τα γιγάντια μόρια των πυρηνικών οξέων, χωρίς τα οποία δεν θα εμφανιζόταν η ζωή όπως την ξέρουμε.

Η ζωή εμφανίστηκε, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο σχετικό κεφάλαιο, πριν περίπου από 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια μέσα στις υδάτινες συλλογές με τη μορφή μονοκύτταρων οργανισμών που δεν διέθεταν καν πυρήνα και παρήγαγαν ενέργεια αρχικά με τη διαδικασία της ζύμωσης. Το γενετικό τους υλικό ήταν ένα κουβαριασμένο μόριο μέσα στο κυτταρόπλασμα και ο πολλαπλασιασμός τους γινόταν με απλό διαχωρισμό σε δύο θυγατρικά κύτταρα μετά από διπλασιασμό του γενετικού υλικού. Με τα αρχέγονα αυτά κύτταρα που ονομάστηκαν **προκαρυώτες ή βακτήρια** ζωντάνεψε ο πλανήτης. Επομένως η χρονική κλίμακα εξέλιξης της ζωής στον πλανήτη δεν μετρείται σε χιλιάδες χρόνια όπως ισχυρίζονται ορισμένοι, αλλά σε δισεκατομμύρια χρόνια.

Από τα προκαρυωτικά κύτταρα προέκυψαν, με την πάροδο περίπου 16 εκατομμυρίων αιώνων -η συνειδητοποίηση του χρόνου αυτού προκαλεί ίλιγγο- από την εμφάνιση της ζωής, πιθανώς πριν 2,3 δισεκατομμύρια χρόνια, μονοκύτταροι οργανισμοί που διέθεταν πυρήνα διαχωρισμένο με ανεξάρτητη μεμβράνη από το κυτταρόπλασμα, τα **ευκαρυωτικά κύτταρα**. Μέσα στους πυρήνες των κυττάρων αυτών, που ήταν τουλάχιστον κατά χίλιες φορές μεγαλύτερα και συνθετότερα από τα προκαρυωτικά, περιορίστηκαν κυρίως, αλλά όχι αποκλειστικά, τα γιγάντια μόρια του γενετικού υλικού που περιέχουν κωδικοποιημένες με χημικό τρόπο τις πληροφορίες της ζωής και έχουν την ικανότητα αυτοαναπαραγωγής.

Οι μονοκύτταροι οργανισμοί άλλαξαν επανειλημμένως τρόπο μεταβολισμού, τις χημικές διαδικασίες παραγωγής ενέργειας δηλαδή, συνεξελισσόμενοι με το τοξικό για τη ζωή τότε φυσικό περιβάλλον του πλανήτη που παλλόταν από έντονη γεωλογική δραστηριότητα, και αναδείχτηκαν σε πρωταθλητές της επιβίωσης. Οι μονοκύτταροι οργανισμοί αποτελούν και σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας του πλανήτη.

Για πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια η μόνη μορφή ζωής στον πλανήτη ήταν οι μονοκύτταροι οργανισμοί, πάντα μέσα στο νερό. Πριν περίπου 1,2 δισεκατομμύρια χρόνια, πιθανώς και νωρίτερα, άρχισε η συνάθροιση και

επικοινωνία μονοκύτταρων οργανισμών και η εμφάνιση των πολυκύτταρων, που είχαν σαφώς καλύτερες πιθανότητες επιβίωσης λόγω κυρίως κατανομής των λειτουργιών τους. Οι ζελατινώδεις και απλοί αρχικά πολυκύτταροι οργανισμοί, που δεν άφησαν απολιθώματα αλλά άφησαν το αποτύπωμά τους στη λάσπη που αργότερα έγινε πέτρωμα, εξελίχθηκαν. Και πριν περίπου 542 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκαν οι πρώτοι οργανισμοί με σκληρό περίβλημα αλλά χωρίς εσωτερικό σκελετό, ασπόνδυλοι. Βαθμιαία εμφανίστηκαν τα μαλάκια, τα πρώτα φυτικά είδη που ήταν τα άλγη στο νερό και οι λειχήνες στη στεριά, και αργότερα τα πρώτα φύκη, τα σπονδυλωτά ψάρια, και πριν περίπου 400 εκατομμύρια χρόνια τα πρώτα χερσαία φυτά, διάφορα είδη πτέρης. Τότε εμφανίστηκαν τα πρώτα ζωικά είδη που αναγκασμένα να επιβιώσουν σε περιόδους ξηρασίας σε ρηχές συλλογές νερού, απέκτησαν την ικανότητα να βγάζουν το κεφάλι από το νερό και να αναπνέουν αέρα. Αυτά πάτησαν πρώτα στην ξηρά, μπαινοβγαίνοντας στο νερό για εκατομμύρια χρόνια. Ήταν τα πρώτα αμφίβια. Η ζωή μέχρι τότε, για περίπου 3,4 δισεκατομμύρια χρόνια, υπήρχε αποκλειστικά στο νερό.

Τα πρώτα αμφίβια που βγήκαν στη στεριά εξελίχθηκαν βαθμιαία σε ερπετά, σε δεινόσαυρους, σε πουλιά, σε θηλαστικά και σε όλα τα είδη μέχρι τον άνθρωπο ενώ παράλληλα και βαθμιαία εμφανίστηκαν τα δέντρα και τα αχανή δάση στην ξηρά. Είναι συγκλονιστικό ότι πάνω από το 99% των ειδών που έχουν διαχρονικά υπάρξει στον πλανήτη δεν υπάρχουν πλέον. Σήμερα υπολογίζεται ότι υπάρχουν στον πλανήτη περί τα 14 εκατομμύρια είδη, εκ των οποίων πάνω από το 86% δεν έχουν καν περιγραφεί και ονομαστεί.

Η ουσία της θεωρίας της εξέλιξης του Δαρβίνου

Στη βιολογία **είδος** ονομάζεται ένα σύνολο οργανισμών που μπορούν να ζευγαρώσουν μεταξύ τους δίνοντας γόνιμους απογόνους. Ένα σύνολο οργανισμών που μοιάζουν τόσο ώστε μπορούν να προσδιορίζονται και να καταχωρούνται με ένα όνομα.

Σε κάθε ζωικό ή φυτικό είδος τα επί μέρους άτομα διαθέτουν όμοια θεμελιώδη μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο εμφανίζουν μεταξύ τους μικροδιαφορές στη μορφή και σε ορισμένες λειτουργίες. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν από το συνεχές ανακάτεμα των γονιδίων μεταξύ των γονέων κατά την αμφιγονική αναπαραγωγή, που δημιουργεί μια ατέλει-

ωτη ποικιλομορφία μοναδικών γενετικών συνδυασμών, των γονότυπων. Κάθε μορφολογικό ή λειτουργικό χαρακτηριστικό καθορίζεται από ένα ζεύγος γονιδίων εκ των οποίων το ένα προέρχεται από τον πατέρα και το άλλο από τη μητέρα. Και κάθε μοναδικός γονότυπος μεταφράζεται σε ένα μοναδικό ατομικό φαινότυπο, σε μια ανεπανάληπτη δηλαδή σύνθεση μορφικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών. Οι μικροδιαφορές αυτές μεταξύ των ατόμων κάθε είδους είναι η απαραίτητη προϋπόθεση για την εξέλιξη, είναι το μέσο με το οποίο η φυσική επιλογή πλάθει νέες μορφές ζωής.

Ο τρόπος με τον οποίο ενεργοποιούνται τα γονίδια, και οι μοριακές διεργασίες που στη συνέχεια καθορίζουν τη μορφή, τις λειτουργίες, την ανάπτυξη, τη διαίρεση, τη διαφοροποίηση και εν τέλει τον θάνατο των κυττάρων έχουν αποσαφηνιστεί σε μεγάλο βαθμό κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Σε κάθε είδος τα άτομα που διαθέτουν φυσικά χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να προσαρμοστούν καλύτερα στο συγκεκριμένο περιβάλλον στο οποίο ζουν και να αναπαραχθούν επιτυχώς, είναι αυτά που θα επιβιώσουν και θα μεταφέρουν τα γονιδιά τους στις επόμενες γενιές. Τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι για παράδειγμα η μεγαλύτερη ταχύτητα, το χρώμα που εξασφαλίζει καλύτερη απόκρυψη από τους θηρευτές, η καλύτερη όσφρηση, τα μεγαλύτερα φτερά, ο μεγαλύτερος εγκέφαλος και η ευφυΐα. Σε βάθος χρόνου τα άτομα με αυτά τα φυσικά χαρακτηριστικά που προσθέτουν εξελικτικό πλεονέκτημα, θα αυξηθούν στατιστικά και θα επικρατήσουν μέσα στο συγκεκριμένο είδος. Αυτό που εξελίσσεται εν τέλει είναι η σύνθεση της συλλογικής γενετικής κληρονομιάς, η γονιδιακή σύνθεση κάθε είδους.

Πρέπει όμως να γίνει σαφές ότι δεν επιβιώνει πάντα ο πιο δυνατός ή ο ταχύτερος αλλά ο καλύτερα προσαρμοσμένος στο συγκεκριμένο περιβάλλον στο οποίο ζει. Αυτός μπορεί να είναι ο πιο αποτελεσματικός στο κυνήγι, στην απόκρυψη, ο πιο πονηρός, αυτός με τις καλύτερες αναπαραγωγικές επιδόσεις ή αυτός με το καλύτερο ανοσοποιητικό σύστημα. Η βιολογική αυτή διαδικασία την οποία μετά από παρατηρήσεις και μελέτες δεκαετιών συνέλαβε συνολικά και περιέγραψε ο Κάρολος Δαρβίνος στο βιβλίο του “On the Origin of Species by Means of Natural Selection” που δημοσίευσε το 1859 (**Εικόνα 4α**), ονομάζεται «**Εξέλιξη των Ειδών μέσω της Φυσικής Επιλογής**».

Ο φυσιοδίφης Δαρβίνος (**Εικόνα 4β**) ήταν ήδη ευαισθητοποιημένος από τη θέση του παππού του, του Έρασμου Δαρβίνου, ότι η ζωή αλλάζει καθώς αλλάζει το περιβάλλον. Οι βασικές παρατηρήσεις και μελέτες του έγιναν στη

διάρκεια του δεύτερου ταξιδιού του πλοίου του Βασιλικού Ναυτικού της Μεγάλης Βρετανίας “HMS Beagle” στις ακτές της νότιας Αμερικής στο οποίο επέβαινε, από το 1831 ως το 1836. Άργησε να δημοσιεύσει τα συμπεράσματα των ερευνών του, στα οποία είχε φθάσει από το 1838, γνωρίζοντας την έντονη κοινωνική αντίδραση που θα προκαλούσαν στο κοινωνικό και θρησκευτικό περιβάλλον της Βικτωριανής Αγγλίας. Αναγκάστηκε να τα δημοσιεύσει όταν έμαθε ότι ο Άλφρεντ Ράσελ Ουάλας είχε φθάσει στα ίδια συμπεράσματα και ετοιμαζόταν να τα δημοσιεύσει.

Με βάση τη θεωρία του Δαρβίνου, ένα ζώο στη ζούγκλα που χάρις στα γονίδια του έχει χρώμα εύκολα αναγνωρίσιμο από τους θηρευτές ή δεν έχει καλές αναπαραγωγικές επιδόσεις βαθμιαία θα εξαφανιστεί. Το θηλυκό πουλί που προτιμά το αρσενικό με το πιο φανταχτερό φτέρωμα για να ζευγαρώσει παρεμβαίνει καθοριστικά στη φυσική επιλογή του συγκεκριμένου αρσενικού, αν βέβαια οι επιπτώσεις των χρωμάτων στην προσέλκυση των θηρευτών του συγκεκριμένου περιβάλλοντος δεν είναι εξίσου σημαντικές. Αυτού του πουλιού ο συνδυασμός των γονιδίων θα επιβιώσει μακροπρόθεσμα. Τα έντομα προτιμώντας να επισκεφθούν τα πιο όμορφα λουλούδια συμβάλλουν στη φυσική τους επιλογή, δηλαδή στην επιβίωσή τους, ενώ συγχρόνως τα λουλούδια εκτρέφουν τα έντομα με βάση τις δυνατότητές τους για επικονίαση. Πρόκειται για αρμονική συνεργασία που υπάρχει για εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια και εξασφαλίζει την αμοιβαία εξέλιξη και ισορροπία στο οικοσύστημα.

Εν τέλει τα άτομα που διαθέτουν **κληρονομούμενα** χαρακτηριστικά που εξασφαλίζουν καλύτερη προσαρμογή στο περιβάλλον στο οποίο ζουν, επιβιώνουν μακροπρόθεσμα και αναπαράγονται. Τα άτομα και τα είδη που δεν μπορούν να προσαρμοστούν δεν μπορούν να επιβιώσουν σε βάθος χρόνου και τελικά εξαφανίζονται. Στη φύση δεν υπάρχει κάποιος συντονιστής που μεθοδεύει τη βελτίωση των ειδών προγραμματισμένα, αλλά **η φύση από μόνη της επιλέγει τα ικανότερα στην προσαρμογή είδη**. Σήμερα γνωρίζουμε ότι πάνω από το 99% των ειδών που έχουν υπάρξει στον πλανήτη δεν υπάρχουν πλέον.

Η ευφυΐα του ανθρώπινου είδους και κατ’ επέκταση τα πολιτιστικά παραγωγά της με τη μορφή εργαλείων και όπλων, μύθων, θρησκειών, φιλοσοφίας, τεχνών, επιστημών και εξελισσόμενης τεχνολογίας που έπαιζαν καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση, προέκυψε από την ίδια διαδικασία που επέλεξε τα πρωτεύοντα και τα ανθρωποειδή. Η φυσική επιλογή επέλεξε τους φορείς μεγαλύ-

τερων και καλύτερα εξοπλισμένων εγκεφάλων με αυξημένη ευφυΐα, που ούτε μεγάλη δύναμη είχαν, ούτε έτρεχαν γρήγορα, ούτε ιδιαίτερα οξείες αισθήσεις είχαν. Και επελέγη, επιβίωσε δηλαδή, το είδος *Homo sapiens* που διαθέτει τη δύναμη του λόγου, της φαντασίας, της ελεύθερης βούλησης και της Συνειδησης Ανωτέρας Τάξεως. Χάρης σ' αυτή την προίκα μπορεί ο άνθρωπος όχι μόνο να επιβιώσει σε κάθε περιβάλλον σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ζώα, αλλά και να αλλάζει το περιβάλλον. Η δύναμη αυτή άνησε και εξελίχθηκε σε πολιτιστικό περιβάλλον συλλογικής ζωής και επικοινωνίας με γλώσσα απεριορίστων δυνατοτήτων.

Η βαθμιαία εξαφάνιση των ειδών που δεν κατάφεραν να προσαρμοστούν στο φυσικό περιβάλλον διαφέρει βεβαίως από τις μαζικές εξαφανίσεις ειδών που έγιναν στο απώτερο παρελθόν του πλανήτη λόγω αιφνιδίων δραματικών γεγονότων, όπως η πτώση μετεωρίτη στη Γη στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου πριν 65 εκατομμύρια χρόνια, και η βίαιη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος λόγω έντονης γεωλογικής δραστηριότητας σε άλλες περιόδους.

Διαφέρει όμως και από τις μαζικές εξαφανίσεις ειδών που έγιναν μετά τη βιομηχανική επανάσταση και ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή, λόγω των καταστροφικών ανθρώπινων παρεμβάσεων στο οικοσύστημα του πλανήτη εν ονόματι της απληστίας και του κέρδους. Με βάση επίσημα στοιχεία, κατά τα 40 χρόνια από το 1970 έως το 2010 εξαφανίστηκε το 52% των άγριων ζώων του πλανήτη. Η τάση αυτή επιταχύνεται λόγω της υπερεκμετάλλευσης της γης, της αποδάσωσης, του κυνηγιού, της υπεραλιείας, της αστικοποίησης, της βιομηχανικής ανάπτυξης, της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής. Τα μεγάλα τροπικά δάση της Νότιας Αμερικής και της Ασίας καταστρέφονται με ραγδαίους ρυθμούς. Χημικά και πυρηνικά απόβλητα μολύνουν τις θάλασσες, τα ποτάμια, τις λίμνες και το έδαφος. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη και τήξη των πάγων. Το απαραίτητο φυσικό περιβάλλον για την επιβίωση των άγριων ζώων μειώνεται δραματικά.

Η φύση δεν είναι ούτε καλοσυνάτη, ούτε μοχθηρή, ούτε η λειτουργία της μπορεί να προσδιορισθεί με ηθικούς όρους. Η διαδικασία της εξέλιξης των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής είναι μια σκληρή, με τα ανθρώπινα κριτήρια, διαδικασία που δεν έχει σχέση ούτε με σκοπιμότητες ούτε με ηθικές επιταγές, πώς θα μπορούσε άλλωστε! Στη δράση των θηρευτών, στα δήγματα των φιδιών και των δηλητηριωδών ζώων, στη λειτουργία των παθογόνων

μικροβίων και ιών, δεν υπάρχει περιθώριο ηθικής αξιολόγησης, αλλά μόνο ενστικτώδης και γενετικά προκαθορισμένη προσπάθεια επιβίωσης. Κάθε λεπτό που περνάει χιλιάδες ζώα σκοτώνονται από θηρευτές και αμέτρητα άλλα πεθαίνουν από αδυναμία να τραφούν, να αναπαραχθούν, από μικροβιακές και παρασιτικές προσβολές ή από πάσης μορφής αδυναμία να προσαρμοστούν στο περιβάλλον που ζουν. Μέσω της φυσικής επιλογής **η φύση από μόνη της λειτουργεί σαν επιλεκτική δύναμη, εξαφανίζοντας τα αδύναμα είδη και δημιουργώντας νέα βελτιωμένα, με καλύτερη προσαρμοστική ικανότητα.** Αυτό που εξασφαλίζει είναι η επιβίωση των γονιδίων των πλέον ικανών για προσαρμογή ειδών.

Και είναι η φυσική εξέλιξη **εξαιρετικά αργή διαδικασία.** Δεν είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου. Τα κοινά μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των ατόμων κάθε είδους, που περιέχει μια στατιστική κατανομή αντιληπτών μικροδιαφορών, δεν απέχουν πολύ από τον μέσο φαινότυπο των προηγούμενων και των επόμενων γενεών. Ένα άλογο που έζησε πριν 3 χιλιάδες χρόνια ελάχιστα διαφέρει από ένα σημερινό άλογο. Πάντως μετά από 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια ύπαρξης της ζωής στον πλανήτη, η εξέλιξη γέννησε ένα θαυμαστό είδος. Ένα είδος που μπορεί να κατανοήσει την εξελικτική διαδικασία αλλά και να επηρεάσει την πορεία της.

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι **η μονάδα-στόχος της φυσικής επιλογής δεν είναι τα άτομα αλλά τα είδη.** Και ότι η φυσική επιλογή δεν καθορίζει την κατεύθυνση της εξέλιξης στη βάση μιας τελεολογίας. Δεν υπάρχει αναγκαιότητα στην εξέλιξη, ούτε ήταν αναπόφευκτη η εμφάνιση του ανθρώπου.

Αν και οι άνθρωποι είχαν αρχίσει να υποπτεύονται, πολύ πριν τον Δαρβίνο, ότι τα έμβια είδη αλλάζουν και εξελίσσονται, η θεωρία της εξέλιξης με φυσική επιλογή υπήρξε ίσως η σημαντικότερη επιστημονική σύλληψη του 19^{ου} αιώνα. Ο Δαρβίνος ουσιαστικά προσέθεσε στη βεβαιότητα της εξέλιξης τη συγκεκριμένη ιδέα της φυσικής επιλογής. Όταν καταλάγιασαν οι αρνητικές κρίσεις και η πλειοψηφία των επιστημόνων δέχθηκε ανεπιφύλαχτα τα συμπεράσματα του Δαρβίνου, ο κόσμος των έμβιων όντων ήταν πλέον διαφορετικός στη συνείδηση των ανθρώπων. **Δεν ήταν πλέον ένας κόσμος στατικός, αλλά ένας κόσμος σε κίνηση και εξέλιξη.** Η εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής είναι ο δημιουργός της καινοτομίας και των αλλαγών στον έμβιο κόσμο.

Μια παράδοση πλευρά της θεωρίας της εξέλιξης είναι ότι οι περισσότεροι **νομίζουν** ότι την ξέρουν, και τη σχολιάζουν, χωρίς όμως να την έχουν μελετήσει, όπως συχνά έλεγε ο νομπελίστας Γάλλος βιοχημικός Ζακ Μονό.

Πώς αλλάζει το DNA

Εξέλιξη ενός είδους σημαίνει αλλαγή στο γενετικό του υλικό, στο DNA. Η εξ αρχής ύπαρξη γενετικής, μορφολογικής και λειτουργικής ποικιλομορφίας στους ζωντανούς οργανισμούς, καθένας των οποίων έχει τη δική του μοναδική γονιδιακή σύνθεση, είναι απαραίτητη για να λειτουργήσει η φυσική επιλογή. Η ποικιλομορφία αυτή εξασφαλίζεται με το συνεχές ανακάτωμα του γενετικού υλικού κατά τον αμφιγονικό πολλαπλασιασμό.

Εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής σημαίνει αλλαγές στη γονιδιακή σύνθεση των επί μέρους **ειδών**. Πώς όμως προκύπτει η απαραίτητη διαφοροποίηση στο γενετικό υλικό;

Ο πρώτος μηχανισμός είναι η βιολογική πίεση που δημιουργείται σε βάθος χρόνου στους έμβιους οργανισμούς από τη συνεχή και απρόβλεπτη μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος, είτε αυτές προκύπτουν από φυσικά αίτια είτε από τεχνητά. Οι απρόβλεπτες αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον έχουν ως αποτέλεσμα την ανάγκη προσαρμογής των οργανισμών στις νέες συνθήκες. Συνέπεια αυτής της ανάγκης είναι η **σε βάθος του χρόνου** αδρανοποίηση ενός ή περισσότερων γονιδίων ώστε να απαλειφθούν φυσικά χαρακτηριστικά που δημιουργούν προβλήματα προσαρμογής ή αντίθετα η ενεργοποίηση αδρανών γονιδίων ώστε να αποκτηθούν νέα ωφέλιμα χαρακτηριστικά. Οι αλλαγές αυτές δεν είναι συνέπεια κάποιας υπερφυσικής παρέμβασης, αλλά ενός συνεχούς «διαλόγου» και αλληλεπίδρασης μεταξύ των έμβιων όντων αφ' ενός, άρα και του γενετικού τους υλικού, και του μεταβαλλόμενου φυσικού περιβάλλοντος αφ' ετέρου, που βοηθά στην επιβίωση. Έχει υπολογισθεί ότι υπάρχει περίπου 0,5% μεταβολή του γονιδιώματος ενός είδους κάθε 100 χρόνια, που είναι ασφαλώς διάστημα μικρό στην εξελικτική κλίμακα. Αυτού του είδους η διαφοροποίηση του DNA μπορεί να οδηγήσει σε βάθος χιλιετιών σε εμφάνιση νέων ειδών, και ονομάζεται **διαφορική φυσική επιλογή**.

Στο μακρινό παρελθόν συνέβαινε συχνά γεωγραφική απομόνωση πληθυσμιακών ομάδων που προέρχονταν από το ίδιο είδος, κυρίως λόγω έντονων γεωλογικών ανακατατάξεων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία απομονωμένων

γονιδιακών δεξαμενών ατόμων του αυτού είδους. Σε καθεμία από αυτές οι ατομικοί γονότυποι ανακατεύονται μεταξύ τους κατά την αμιγγονική αναπαραγωγή, όμως οι μεταλλάξεις που προέκυπταν σε βάθος χρόνου δεν μπορούσαν πλέον να μεταφερθούν στις άλλες διαχωρισμένες ομάδες του είδους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η απομόνωση δύο πληθυσμών **του ιδίου είδους** σε διαφορετικά φυσικά περιβάλλοντα για οποιονδήποτε λόγο, με το πέρασμα των χιλιετιών, να οδηγήσει σε γονιδιακή διαφοροποίηση και τελικά στη δημιουργία νέων θυγατρικών ειδών σε σχέση με τα προγονικά, σε **ειδογένεση** δηλαδή. Αυτού του τύπου η ειδογένεση ονομάζεται **αλλοπάτρια ειδογένεση**. Ο χρόνος που απαιτείται μπορεί να είναι μερικοί αιώνες ή πολλές χιλιετίες.

Τα νέα είδη διαφέρουν από το προγονικό στα γονίδια, στην εμφάνιση και στη συμπεριφορά. Οι ειδικοί επιστήμονες συμφωνούν ότι η ατέλειωτη ποικιλομορφία μεταξύ των διαφορετικών ειδών στον πλανήτη μας, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε τυχαίους διαχωρισμούς, κυρίως γεωγραφικούς, υποπληθυσμών των ειδών που έγιναν στο παρελθόν. Για παράδειγμα, όπως παρατήρησε και δημοσίευσε ήδη το 1869 ο Άλφρεντ Ουάλλας, τα ζωικά είδη στα δυτικά νησιά του Αρχιπελάγους της Μαλαισίας μοιάζουν με τα αντίστοιχα είδη της Ασίας, ενώ στα ανατολικά νησιά τα περισσότερα ζωικά είδη μοιάζουν με εκείνα της Αυστραλίας. Η διαχωριστική ζώνη μεταξύ αυτών λέγεται και σήμερα γραμμή του Ουάλλας. Η μελέτη της γεωγραφικής κατανομής των ζώων και των φυτών είναι από τους πιο ενδιαφέροντες και διδακτικούς τομείς της βιολογίας.

Στη σύγχρονη εποχή βέβαια το ανακάτεμα των γονιδίων δεν γνωρίζει αυστηρούς γεωγραφικούς περιορισμούς, διότι τα αεροπλάνα, τα πλοία και τα άλλα μέσα μεταφέρουν τους φορείς των γονιδίων καταργώντας σε μεγάλο βαθμό τις απομονωμένες γονιδιακές δεξαμενές και αυξάνοντας την ποικιλομορφία των γονοτύπων και των φαινοτύπων τεράστιου αριθμού ειδών σε παγκόσμια κλίμακα. Και αυτό μπορεί να γίνει είτε τυχαία, όπως είναι η περίπτωση μεταφοράς μικροβίων ή ιών από πάσχοντες ταξιδιώτες, η μεταφορά τροφικών και εντόμων, αλλά και η μετανάστευση των πτηνών. Μπορεί όμως να γίνει προγραμματισμένα με τη μεταφορά κάθε είδους φυτών και ζώων όπως είναι τα σιτηρά, το καλαμπόκι, τα πουλερικά, τα ζώα παραγωγής κρέατος και άλλα, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής. Στη μεγάλη εξάλειψη των απομονωμένων γονιδιακών δεξαμενών βοηθά πλέον και η σχετική γεωλογική σταθερότητα του πλανήτη, η απουσία μεγάλων γεωλογικών ανα-

κατατάξεων που προκαλούσαν πολλούς γεωγραφικούς πληθυσμιακούς διαχωρισμούς στο μακρινό παρελθόν.

Μεταβολές στο γονιδίωμα μπορούν να προκύψουν ξαφνικά και ανεξάρτητα από τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Πρόκειται για τις **μεταλλάξεις**, οι οποίες είναι τυχαίες μεταβολές στα γονίδια που προκαλούν μία ή περισσότερες αλλαγές στα μορφολογικά ή και στα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός οργανισμού. Με την πάροδο του χρόνου το γενετικό υλικό υφίσταται πολλές φθορές με τη μορφή μεταλλάξεων οι οποίες μπορεί να οφείλονται στη δράση ακτινοβολίας ή χημικών παραγόντων. Το DNA για παράδειγμα αλλοιώνεται ταχύτατα από την υπεριώδη ακτινοβολία. Μόλις τέσσερις ώρες έκθεσης στον Ήλιο είναι αρκετές για να προκαλέσουν δέκα μεταλλάξεις σε κάθε δερματικό κύτταρο του ανθρώπου.

Συχνά όμως οι μεταλλάξεις οφείλονται και σε τυχαία μοριακά «λάθη» κατά τη διαδικασία διπλασιασμού του DNA που προηγείται του κυτταρικού πολλαπλασιασμού. Το DNA δεν είναι τέλεια αναπαραγωγική μηχανή αλλά παράγει συνεχώς ελαφρώς λάθος αντίγραφα. Ένα φυσιολογικό λειτουργικό γονίδιο μπορεί να μετατραπεί λόγω λάθους κατά την «αντιγραφή» σε μη λειτουργικό με συχνότητα ένα προς ένα εκατομμύριο. Μπορεί όμως πολύ σπανιότερα να συμβεί και το αντίθετο με συχνότητα ένα προς ένα δισεκατομμύριο. Μπορεί επίσης να οφείλονται οι μεταλλάξεις σε λάθη κατά τη διαδικασία ενζυματικής αντικατάστασης των φθαρμένων με τον καιρό άκρων των ελίκων του DNA. Μπορεί τέλος στη μετάλλαξη να παίζει ρόλο η τυχαία μετακίνηση και ενσωμάτωση στο DNA ελεύθερων αλυσίδων γενετικού υλικού (Mobile Genetic Elements) που υπάρχουν μέσα στα κύτταρα.

Οι περισσότερες μεταλλάξεις δεν επηρεάζουν την επιβίωση. Οι φορείς των υπολοίπων μεταλλάξεων σπάνια επιβιώνουν διότι συνήθως μεταβάλλουν τα φυσικά χαρακτηριστικά ώστε να επηρεάζουν αρνητικά τη δυνατότητα προσαρμογής, άρα και την πιθανότητα επιβίωσης του οργανισμού μέσω της φυσικής επιλογής. Σπάνια οι μεταλλάξεις είναι αιτία εκλεκτικής επιβίωσης και ανάπτυξης ενός είδους λόγω εμφάνισης χαρακτηριστικών ευνοϊκών για την επιβίωση.

Οι μεταλλάξεις αποτελούν επομένως βασικό στοιχείο της εξελικτικής διαδικασίας, η οποία εξαρτάται από το **τυχαίο** της μετάλλαξης που οδηγεί σε αλλαγή των φυσικών χαρακτηριστικών και στη συνέχεια από το **αναγκαίο** της φυσικής επιλογής, της επιβίωσης δηλαδή, του καλύτερα προσαρμοσμέ-

νου. Η ουσία της φυσικής επιλογής είναι η **προσαρμοστική διαφορική αναπαραγωγή**. Επομένως το τυχαίο και το αναγκαίο συνυπάρχουν στην πορεία της εξέλιξης, αλλά σε διαφορετικά στάδια.

Πρέπει εδώ να τονισθεί ότι **η ύπαρξη του τυχαίου ως ουσιαστικού παράγοντα στην εξέλιξη των ειδών ακυρώνει κάθε σκέψη για την ύπαρξη σκοπιμότητας και προκαθορισμού στην εξέλιξη**.

Η ανθρώπινη παρέμβαση στην αλλαγή του DNA

Μεταβολές στο γονιδίωμα μπορούν επίσης να γίνουν μέσω σκόπιμης και ελεγχόμενης από τον άνθρωπο επιλεκτικής διασταύρωσης οργανισμών τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα, με στόχο την εμφάνιση επιθυμητών μορφολογικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Πρόκειται για την επιλεκτική ή **τεχνητή αναπαραγωγή και εξέλιξη**. Αντίστοιχη εξέλιξη μέσω φυσικής επιλογής θα απαιτούσε εκατομμύρια χρόνια.

Στην εποχή μας τέλος η τεχνολογία επιτρέπει πλέον να γίνει παρέμβαση στο γονιδίωμα μέσω της γενετικής μηχανικής με αφαίρεση, μεταφορά και χημική «συρραφή» γονιδίων, σε ένα είδος «**γενετικής χειρουργικής**». Σκοπός είναι να προκύψει ταχεία κατευθυνόμενη μεταβολή στα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά. Να ενισχυθεί για παράδειγμα η αντοχή των φυτών σε διάφορες ασθένειες ή να αυξηθεί η απόδοσή τους και επομένως η αγροτική παραγωγή. Να αυξηθεί η μυική μάζα, η ταχύτητα, η παραγωγή γάλακτος ή αυγών σε είδη ζώων. Να διαφοροποιηθεί η περιεκτικότητα φυτικών ή ζωικών προϊόντων σε συγκεκριμένες ουσίες, να γίνουν ομορφότερα και αρωματικότερα τα λουλούδια, ακόμη και να δημιουργηθεί ένα είδος περίπου κατά παραγγελίαν. Η διαδικασία αυτή, ο **υβριδισμός**, έχει προκαλέσει μεγάλο προβληματισμό και σφοδρή κριτική διότι παρεμβαίνει βίαια στην οικολογική ισορροπία της πανίδας και της χλωρίδας του πλανήτη, καταργώντας τη φυσική εξελικτική διαδικασία και την αρμονία που έχει επιτευχθεί στη διάρκεια εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών. Με τα σχετικά προβλήματα ασχολούνται επιστήμονες αλλά και πολιτικοί και κοινωνικοί φορείς, ενώ έχει αναπτυχθεί και εξελίσσεται ο κλάδος της **βιοηθικής**. Στην ουσία η βιοηθική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την αξιολόγηση των νέων δυνατοτήτων της γενετικής μηχανικής, της βιοτεχνολογίας και βιοϊατρικής ώστε να μην εμποδίζονται οι ευεργετικές για την ανθρωπότητα εφαρμογές αλλά να περιορίζονται όσες εγκυμονούν

κινδύνους. Το 1997 υπεγράφη από τα μέλη του Συμβουλίου της Ευρώπης στο Οβιέδο η Σύμβαση για την Προστασία των Δικαιωμάτων και της Αξιοπρέπειας του Ανθρώπου σε σχέση με τις εφαρμογές της βιολογίας και της ιατρικής, η οποία συμπληρώθηκε τον επόμενο χρόνο στο Παρίσι με άρθρα που αφορούν στην κλωνοποίηση. Στη χώρα μας λειτουργεί με νόμο Εθνική Επιτροπή Βιοηθικής από το 1998, ενώ έχει εισαχθεί και μάθημα βιοηθικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Γνωστοί στους περισσότερους είναι οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί (Genetically Modified Organisms, **GMOs**). Γενετικά τροποποιημένα φυτά χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως για να βοηθήσουν στην καταπολέμηση της πείνας λόγω του ραγδαία αυξανόμενου πληθυσμού του πλανήτη. Έτσι εισάγονται σε πατάτες γονίδια ιών, μικροβίων, σιταριού, ακόμα και ανθρώπου. Σε ντομάτες εισάγονται γονίδια ιών, μικροβίων, ψαριών και ανθρώπου. Σε σπαράγγια γονίδια αρουραίου, στα κοτόπουλα μοσχαριού, στα ψάρια γονίδια ανθρώπου και πάει λέγοντας. Στις ΗΠΑ πλέον το 94% των φυτειών βαμβακιού είναι γενετικά τροποποιημένες, όπως το 88% των φυτειών του καλαμποκιού και το 93% των φυτών της σόγιας. Γενετικές παρεμβάσεις έχουν γίνει στο 90% των γαλακτοπαραγωγών ζώων.

Το πρόβλημα της πείνας βέβαια στην εποχή μας δεν αφορά τις αναπτυγμένες χώρες στις οποίες το 50% περίπου των παραγόμενων τροφίμων πετιέται ή καταστρέφεται, αλλά τις υπανάπτυκτες χώρες. **Σήμερα το 20% των πλουσιότερων χωρών του πλανήτη καταναλώνουν το 86% των παραγόμενων τροφίμων, ενώ το 20% των φτωχότερων μόλις αρκούνται στο 1,3%.**

Υπάρχουν ισχυρές επιφυλάξεις στην επιστημονική κοινότητα για την ασφάλεια των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Στη Μεγάλη Βρετανία ποντίκια που έτρωγαν γενετικά τροποποιημένες πατάτες παρουσίασαν κατάρρευση του ανοσοποιητικού τους συστήματος. Στο Σιάτλ των ΗΠΑ πέθαναν τουλάχιστον 37 άνθρωποι και 1500 νόσησαν βαριά μετά από χρήση βιταμινών που παρήχθησαν από γενετικά τροποποιημένους μικροοργανισμούς, όπως περιγράφεται στο πρόσφατο βιβλίο των Eva Cheng, Alison Dellit και Iggy Kim **“World Trade Organization : globalization at gunpoint”**, που έχει εκδοθεί σε μετάφραση και στην Ελλάδα. Και βέβαια οι σπόροι των GMOs είναι πατενταρισμένοι από συγκεκριμένες εταιρείες που αποκομίζουν αμύθητα κέρδη, είναι ακριβοί και πωλούνται για έναν χρόνο, πράγμα που εκτός των άλλων δημιουργεί επικίνδυνη εξάρτηση, οικονομική και επομένως

και πολιτική, από τις εταιρείες αυτές. Οι αγρότες που αγοράζουν τους σπόρους σε πολλές περιπτώσεις αγοράζουν υποχρεωτικά και τα φυτοφάρμακα της εταιρείας που πουλά τους σπόρους.

Τεκμηρίωση της ορθότητας της θεωρίας της εξέλιξης

Εάν η εξέλιξη των έμβιων όντων μέσω της φυσικής επιλογής έχει πράγματι συμβεί, τότε οι οργανισμοί που έζησαν στο μακρινό παρελθόν πρέπει να είναι διαφορετικοί από τους σημερινούς. Πράγματι μελετώντας το χρονολογημένο με μεγάλη ακρίβεια αρχείο απολιθωμάτων που έχει προκύψει από την έρευνα αιώνων στα γεωλογικά στρώματα του πλανήτη, η υπόθεση αυτή επιβεβαιώνεται πλήρως. Όσο πιο παλιά είναι τα γεωλογικά στρώματα που ερευνήθηκαν και στα οποία βρέθηκαν απολιθώματα, τόσο περισσότερο διαφορετικοί είναι οι οργανισμοί που αντιστοιχούν σ' αυτά (**Εικόνα 4γ**). Από τη σύγκριση των απολιθωμάτων προέκυψε ότι αυτά μπορούν να ενταχθούν σε ομάδες μέσα στις οποίες υπάρχουν πολλά κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες, που εκτός των άλλων συνδέουν τα παλαιότερα με τα νεότερα απολιθώματα. Η μόνη εξήγηση γι' αυτό είναι ότι τα απολιθωμένα είδη έχουν εξελιχθεί. Είναι ολοφάνερο ότι υπήρξε μια εξελικτική πορεία που προχώρησε με μικρά βήματα στο βάθος του χρόνου.

Πρέπει εδώ να τονισθεί ότι τα ανευρεθέντα απολιθώματα σπάνια ήταν πλήρη. Συνήθως πρόκειται για κομμάτια οστών, θραύσματα κρανίων και συχνά δόντια. Ωστόσο οι ειδικοί επιστήμονες χρησιμοποιώντας τη συγκριτική ανατομία και τις συσσωρευμένες γνώσεις μπορούν στις πλείστες των περιπτώσεων να ταυτοποιήσουν το ον στο οποίο ανήκουν τα υπολείμματα των οστών.

Στα αρχαιότερα γεωλογικά στρώματα, που ανήκουν στην Προκάμβριο περίοδο, βρέθηκαν αποθέσεις οργανικής ύλης βιολογικής προέλευσης, που προήλθε δηλαδή από ζωντανούς οργανισμούς, κάτι που εύκολα προσδιορίζει η επιστήμη σήμερα. Αλλά και αποτυπώματα, όχι ασφαλώς απολιθώματα, των απλούστερων «μαλακών» οργανισμών, μονοκύτταρων αρχικά και μικρού μεγέθους πολυκύτταρων αργότερα. Τονίζεται ότι δεν βρέθηκε ποτέ κανένα **απολίθωμα** σε πετρώματα που είναι παλαιότερα των 542 εκατομμυρίων ετών, δηλαδή προ της Καμβρίου περιόδου. Από την Κάμβριο και μετά εξελίχθηκαν οργανισμοί αρχικά ασπόνδυλοι που διέθεταν όμως σκληρό περίβλημα, και αργότερα σπονδυλωτοί. Οι οργανισμοί αυτοί μπορούσαν πλέον

να αφήσουν απολιθώματα, τα οποία και ευρέθησαν σε νεότερα ιζηματογενή πετρώματα. Βαθμιαία εμφανίστηκε όλο το φάσμα των εξελικτικά εμφανισθέντων ζωικών και φυτικών ειδών τα οποία άφησαν τα απολιθώματά τους σε χρονικά κλιμακούμενα γεωλογικά στρώματα.

Οι έρευνες από τον 19^ο αιώνα και μετά έδειξαν ότι απολιθώματα από συγκεκριμένα γένη και είδη ζώων και φυτών υπάρχουν σε συγκεκριμένα γεωλογικά στρώματα. Σε ένα γεωλογικό στρώμα της Καμβρίου περιόδου σε οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη, υπάρχει πάντα η ίδια γκάμα απολιθωμάτων. Και είναι γνωστό ότι το στρώμα αυτό είναι το βαθύτερα κείμενο στο οποίο υπάρχουν απολιθώματα γιατί στην Κάμβριο περίοδο εμφανίστηκαν για πρώτη φορά σκληρά στοιχεία ικανά να αφήσουν απολιθώματα. Είναι γνωστό επίσης ότι ακριβώς πάνω απ' αυτό υπάρχει το Ορδοβίκιο στρώμα, με τη δική του γνωστή γκάμα απολιθωμάτων, και κατά σειρά εκ των κάτω προς τα πάνω το Σιλούριο, το Δεβόνιο, το Λιθανθρακοφόρο, το Πέρμιο και τα νεότερα της Μεσοζωικής και της Καινοζωικής εποχής. Στον κανόνα αυτό υπάρχουν ελάχιστες εξαιρέσεις που οφείλονται σε γνωστές πλέον γεωλογικές ανακατατάξεις, όπως είναι οι ανυψώσεις και καταβυθίσεις γεωλογικών στρωμάτων στο παρελθόν του πλανήτη.

Γνώριζαν επομένως οι επιστήμονες τη **χρονολογική σειρά** δημιουργίας των γεωλογικών στρωμάτων και των απολιθωμάτων, τη **χρονική σειρά** δηλαδή κατά την οποία έζησαν στο παρελθόν τα αντίστοιχα έμβια όντα, αλλά **δεν γνώριζαν το πότε**, την ηλικία τους σε απόλυτους αριθμούς.

Αυτό έγινε κατορθωτό από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα με την εφαρμογή μεθόδων χρονολόγησης των πετρωμάτων και των απολιθωμάτων, κυρίως βέβαια της ραδιοχρονολόγησης, όπως αναλύεται σε επόμενο εδάφιο. Σήμερα πλέον αρκεί η αναγνώριση ενός γεωλογικού στρώματος, αν για παράδειγμα ανήκει στη Δεβόνιο ή την Πέρμιο περίοδο, για να υπολογισθεί με σχετική ακρίβεια τόσο το είδος των απολιθωμάτων που περιμένουμε να βρούμε σ' αυτό, όσο και η ηλικία τους κατά προσέγγιση, μέχρι την επιβεβαίωση με την οριστική χρονολόγησή τους.

Το σύνολο των ευρεθέντων, από τους επιστήμονες ανά τον κόσμο, απολιθωμάτων έχουν ταξινομηθεί και χρονολογηθεί στο λεγόμενο «**αρχείο απολιθωμάτων**», που δεν έπαψε να εμπλουτίζεται από τις συνεχιζόμενες έρευνες. Το αρχείο αυτό παρουσιάζει τη σειρά εμφάνισης και την εξελικτική πορεία των ζωικών και των φυτικών ειδών στον πλανήτη. Από τα είδη αυτά πάνω από το 99% δεν υπάρχουν σήμερα. Έχει βρεθεί πλήθος από **ενδιάμεσα μεταβατικά είδη** που γεφύρωσαν παλαιά γένη και είδη με νεότερα και διαφορετικά,

έχοντας κοινά φυσικά χαρακτηριστικά και με τα δύο. Στην πρώιμη Δεβόνιο εμφανίστηκαν για παράδειγμα τα **σαρκοπτέρυγα** ψάρια, τα οποία ανέπτυξαν εγκέφαλο με δύο λοβούς και αντί για τα συνήθη ακτινωτά πτερύγια είχαν 4 πτερύγια που έμοιαζαν με άκρα και διέθεταν μύες, αρθρώσεις και δάκτυλα. Αυτά τους επέτρεψαν να περπατάνε στον βυθό. Από τα σαρκοπτέρυγα αυτά εξελίχτηκαν αργότερα στη Δεβόνιο περίοδο, πριν περίπου 370 εκατομμύρια χρόνια, τα πρώτα **αμφίβια τετράποδα** που ανέπτυξαν αρχέγονους πνεύμονες και μπορούσαν να περνούν και στη στεριά μπαινοβγαίνοντας στο νερό. Τα πρώτα αμφίβια δεν ήταν σπονδυλωτά, αλλά ημισπονδυλωτά. Τα σαρκοπτέρυγα μέσω των αμφίβιων τετράποδων υπήρξαν επομένως ο συνδετικός ενδιάμεσος κρίκος μεταξύ των ψαριών και των σπονδυλωτών της ξηράς, δηλαδή των ερπετών, των πτηνών, των θηλαστικών και εν τέλει του ανθρώπου. **Ορισμένα από τα πρώτα σαρκοπτέρυγα, όπως ο κοιλάκανθος (latimeria) και τα δίπνοα επιβιώνουν μέχρι σήμερα και είναι γενετικά στενότεροι συγγενείς με τον άνθρωπο παρά με τα υπόλοιπα ψάρια.**

Στο αρχείο των απολιθωμάτων υπάρχουν, μεταξύ πολλών άλλων, μεταβατικά είδη μεταξύ των δεινοσαύρων και των πτηνών, μεταξύ χερσαίων ειδών και της φάλαινας, μεταξύ διάφορων εξελικτικά εμφανισθέντων σπονδυλωτών ειδών όπως μεταξύ του σημερινού αλόγου και του τριδάκτυλου προγόνου του, και βέβαια πολλά ενδιάμεσα απολιθώματα που συνδέουν τον Homo sapiens με τον κοινό πρόγονο που μοιράζεται με τους άλλους ανθρωπίδες. Οι εξελικτικοί επιστήμονες γνωρίζουν ότι ο ενδιάμεσος κρίκος μεταξύ των ερπετών και των πουλιών είναι ο αρχαιοπτέρυξ, που δεν είχε ράμφος αλλά γνάθους με δόντια και ουρά με πολυάριθμους σπονδύλους. Γνωρίζουν ότι μεταβατικό είδος μεταξύ των ερπετών και των θηλαστικών είναι ο ορνιθόρυγχος της Αυστραλίας, που αν και θηλαστικό γεννά αυγά όπως οι πρόγονοί του. Και ότι ο κοινός πρόγονος του χιμπαντζή και του ελέφαντα είναι το μικρό θηλαστικό του είδους eoamaia που έζησε κατά την Κρητιδική περίοδο (**Εικόνα 4δ**). Σήμερα ακόμα ανακαλύπτονται συνεχώς νέα απολιθώματα φτερωτών δεινοσαύρων. Οι στενότεροι **γενετικά** συγγενείς των πουλιών ανήκουν στους εξαφανισμένους πριν 65 εκατομμύρια χρόνια δεινοσαύρους. Μόλις το 2009 ανακοινώθηκε η ανεύρεση ενός ακόμα «χαμένου βιολογικού κρίκου» ανάμεσα σε θηλαστικά, και συγκεκριμένα ανάμεσα στους λεμούριους και τις μαϊμούδες. Πρόκειται για το είδος *Darwinius masillae* που έζησε πριν 47 εκατομμύρια χρόνια και σίγουρα ανήκει στους προγόνους των πρωτευόντων, και κατ' επέκτασιν των ανθρωπιδών.

Πρόσφατα επιστήμονες από την Αίγυπτο ανακάλυψαν στην περιοχή Φαγιούμ, στη δυτική έρημο της Αιγύπτου που κάποτε ήταν καλυμμένη από θάλασσα, το απολιθώμα αμφίβιας τετράποδης φάλαινας που ονόμασαν *Phiomicetus anubis*. Η σχετική μελέτη εκπονήθηκε από επιστημονική ομάδα του πανεπιστημίου της Μανσούρα υπό τον καθηγητή Αμπντουλάχ Γκοχάρ και δημοσιεύθηκε τον Αύγουστο του 2021 στα Πρακτικά της Βασιλικής Εταιρείας του Ηνωμένου Βασιλείου. Τον ίδιο μήνα δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Current Biology* μελέτη ομάδας παλαιοντολόγων από το Περού που ανακάλυψε το 2011 απολιθώμα αμφίβιας τετράποδης φάλαινας στην περιοχή Media Luna 250 χιλιόμετρα νοτίως της Λίμα. Το μήκους 4 μέτρων μεταβατικό αυτό είδος που είχε μικρές σπλές στα τέσσερα άκρα του ονομάστηκε *Peregocetus rasificus* και έζησε πριν 43 εκατομμύρια χρόνια μπαινοβγαίνοντας στο νερό.

Πρόσφατα επιστήμονες από την Αίγυπτο ανακάλυψαν στην περιοχή Φαγιούμ, στη δυτική έρημο της Αιγύπτου που κάποτε ήταν καλυμμένη από θάλασσα, το απολιθώμα αμφίβιας τετράποδης φάλαινας που ονόμασαν *Phiomicetus anubis*. Η σχετική μελέτη εκπονήθηκε από επιστημονική ομάδα του πανεπιστημίου της Μανσούρα υπό τον καθηγητή Αμπντουλάχ Γκοχάρ και δημοσιεύθηκε τον Αύγουστο του 2021 στα Πρακτικά της Βασιλικής Εταιρείας του Ηνωμένου Βασιλείου. Τον ίδιο μήνα δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Current Biology* μελέτη ομάδας παλαιοντολόγων από το Περού που ανακάλυψε το 2011 απολιθώμα αμφίβιας τετράποδης φάλαινας στην περιοχή Media Luna 250 χιλιόμετρα νοτίως της Λίμα. Το μήκους 4 μέτρων μεταβατικό αυτό είδος που είχε μικρές σπλές στα τέσσερα άκρα του ονομάστηκε *Peregocetus rasificus* και έζησε πριν 43 εκατομμύρια χρόνια μπαινοβγαίνοντας στο νερό.

Ο κοινός πρόγονος όλων των θηλαστικών έζησε στη Γη πριν περίπου 200 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή πριν 2 εκατομμύρια αιώνες! Δεν βρέθηκαν ποτέ απολιθώματα θηλαστικών πριν την Ιουρασική περίοδο που άρχισε πριν 200 εκατομμύρια χρόνια. Και δεν βρέθηκαν ποτέ απολιθώματα του γένους *Homo*, στο οποίο ανήκει το είδος μας ο *Homo sapiens*, σε γεωλογικά στρώματα παλαιότερα των 2,5 εκατομμυρίων ετών. Στην εποχή περίπου αυτή ανήκουν τα αρχαιότερα μέχρι τώρα οστά που αποδόθηκαν στο γένος *Homo*, του *Homo rudolfensis* και ανευρέθησαν το 1991 στο Μαλάουι. Σ' αυτό όμως υπάρχουν ισχυρές διαφωνίες και κατά πολλούς ειδικούς ο ονομασθείς *Homo rudolfensis* μοιράζεται χαρακτηριστικά που είναι δύσκολο να διευκρινισθεί αν ανήκουν στο γένος *Australopithecus* ή αν πρόκειται για *Homo habilis*.

Αν ευρίσκοντο οποιαδήποτε απολιθώματα σε λάθος χρονολογική σειρά, απολιθώματα ανθρώπου για παράδειγμα στο ίδιο χρονολογικά γεωλογικά

στρώμα με απολιθώματα δεινοσαύρων, η θεωρία της εξέλιξης θα κατέπιπτε με πάταγο. Η σταθερή χρονολογική αλληλουχία στα γεωλογικά στρώματα που είναι ίδια σε όλο τον πλανήτη και στο αρχείο των απολιθωμάτων μέχρι σήμερα, καταδεικνύει την ορθότητα της εξέλιξης των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής.

Βεβαίως για την επιβεβαίωση της θεωρίας του Δαρβίνου έχουμε πλέον και άλλα ισχυρά εργαλεία. Η σημερινή γνώση του βαθμιαίου διαχωρισμού της υπερηπείρου Πανγαίας πριν 175 εκατομμύρια χρόνια, και ο σχηματισμός των «πρωτοηπείρων» που είχαν πάνω τους τα ζώα και τα φυτά που υπήρχαν στα κομμάτια αυτά της γης πριν τον διαχωρισμό, σε συνδυασμό με τη συγκριτική μελέτη των σύγχρονων ειδών και τη γεωγραφική κατανομή τους, είναι σημαντικό στοιχείο για την πλήρη κατανόηση της εξέλιξης και της κατανομής της χλωρίδας και της πανίδας στις ηπείρους και τα νησιά του πλανήτη μας σήμερα. Έτσι εξηγείται η παρουσία των ζώων της τάξης των *cingulata* στη Νότια Αμερική, με χαρακτηριστικό εκπρόσωπο το αρμαντίλο, με έναν μικρό αριθμό από τα ζώα αυτά να περνάει στον νότο της Βόρειας Αμερικής μετά τη δημιουργία του ισθμού του Παναμά πριν 3 εκατομμύρια χρόνια. Έτσι εξηγείται επίσης η παρουσία των πιγκουίνων στην Ανταρκτική και καθόλου στην Αρκτική, η παρουσία των μαρσιποφόρων στην Ωκεανία και η παρουσία των λεμούριων στη Μαδαγασκάρη, όπου δεν υπάρχουν καθόλου μαϊμούδες. Τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί στις ηπείρους αυτές ανήκουν με βεβαιότητα σε είδη προγονικά αυτών που υπάρχουν σήμερα.

Έχουν προσδιορισθεί προσφάτως σε έμβρυα ζώων που ανήκουν σε διαφορετικές συνομοταξίες, όπως σε έντομα και σπονδυλωτά, ακριβώς όμοια γονίδια που ενεργοποιούνται κατά την αρχική φάση της εμβρυϊκής ανάπτυξης και καθορίζουν τη διαμόρφωση του σώματος, τα γνωστά γονίδια *Hox*. Αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη κοινής καταγωγής, εξελικτικής συγγένειας με την έννοια του **κοινού προγόνου**. Οποιοδήποτε ζεύγος ειδών που υπάρχουν σήμερα προέρχεται από κάποιο κοινό προγονικό είδος. Για παράδειγμα ο κοινός πρόγονος του ανθρώπου και του αετού έζησε πριν περίπου 300 εκατομμύρια χρόνια. Ο άνθρωπος δεν προέρχεται από τον χιμπαντζή, όπως εσφαλμένα λέγεται από αυτούς που δεν έχουν κατανοήσει τη θεωρία του Δαρβίνου, αλλά έχει με αυτόν κοινό πρόγονο ο οποίος δεν ήταν ούτε χιμπαντζής ούτε άνθρωπος, και είναι πιθανότατα ο Κενυαπίθηκος. Έχει όμως μεγαλύτερη συγγένεια με τον χιμπαντζή απ' ό,τι με το λιοντάρι γιατί ο κοινός του πρόγονος με τον χιμπαντζή είναι πολύ πιο πρόσφατος, περίπου 6 εκατομμυρίων ετών. **Το 98,4% του γενετικού υλικού του ανθρώπου είναι ίδιο με αυτό του χιμπαντζή. Η ομοιότητα αυτή δεν αφορά τους αριθμούς των χρωματοσωμά-**

των και των γονιδίων, αλλά τους αριθμούς των «γραμμάτων» του DNA, δηλαδή των ζευγών των αζωτούχων βάσεων που συνδυάζονται μεταξύ τους στα αντίστοιχα γονίδια των δύο ειδών. Και βέβαια υπάρχει πλούτος ενδιάμεσων απολιθωμάτων που συνδέουν τον άνθρωπο με τον κοινό πρόγονο που μοιράζεται με τον χιμπατζή. Τα απολιθώματα αυτά αφορούν τους ανθρωπίδες που έζησαν πριν από τους Homo.

Πιο πίσω στον χρόνο στο δέντρο της εξέλιξης, ο άνθρωπος έχει κοινούς προγόνους με όλα τα πρωτεύοντα, με όλα τα θηλαστικά, ακόμα πιο πίσω με τα πουλιά, με τα ερπετά, με τα ψάρια, με όλα τα έμβια όντα. Όλα τα είδη έλκουν την καταγωγή τους από την πρώτη, αρχέγονη μορφή ζωής που εμφανίστηκε στη Γη. Και πρέπει να τονισθεί το θαυμαστό γεγονός ότι **το εξελισσόμενο ενδομητρίως έμβρυο κάθε ανθρώπου, από το γονιμοποιημένο ωάριο μέχρι τη γέννα, παριστά μορφολογικά και λειτουργικά όλα τα στάδια της ζωής από τους μονοκύτταρους οργανισμούς μέχρι τον σύγχρονο άνθρωπο (Εικόνα 4ε).**

Στο επίπεδο των κυττάρων υπάρχουν ελάχιστες διαφορές μεταξύ των ειδών του ζωικού βασιλείου. Η δομή των κυττάρων, τα οργανύλλια που περιέχουν και οι βιοχημικές και μεταβολικές διεργασίες που διασφαλίζουν τη ζωή είναι ίδια στον άνθρωπο και σε όλα τα θηλαστικά, αλλά και στα περισσότερα ζώα.

Ο γενετικός κώδικας που υπάρχει στο DNA είναι ίδιος σε όλα τα έμβια όντα, διαφέρει μόνο η σειρά εναλλαγής των αζωτούχων βάσεων, τα διαμορφωμένα γονίδια κάθε είδους. **Διαφέρουν δηλαδή μόνο οι κωδικευμένες εντολές και όχι ο ίδιος ο κώδικας, το μοριακό αλφάβητο.** Γρήγορα έγινε γνωστό στους επιστήμονες ότι ο κώδικας του DNA γράφεται με τέσσερα χημικά «γράμματα», τέσσερα χημικά μόρια που λέγονται νουκλεοτίδια και καθένα διαφέρει ανάλογα του ποια από τις τέσσερις συγκεκριμένες αζωτούχες χημικές βάσεις περιέχει. Οι βάσεις αυτές είναι η αδείνη, η θυμίνη, η κυτοσίνη και η γουανίνη. Το DNA κάθε κυττάρου περιέχει περί τα τρία δισεκατομμύρια νουκλεοτιδίων που σημαίνει ότι οι δυνατοί συνδυασμοί τους είναι ανεξάντλητοι. Αρκεί να σκεφτούμε ότι **οι σύγχρονοι υπολογιστές διαθέτουν διγράμματο αλφάβητο, ενώ το DNA τετραγράμματο.** Αυτό εξηγεί την ατέλειωτη ποικιλία των έμβιων οργανισμών που διαβάζουν το DNA μιας και είναι άριστοι γνώστες της γλώσσας του.

Επομένως η πλέον ισχυρή απόδειξη της ορθότητας της θεωρίας της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής περιέχεται στη μοριακή συγκρότηση όλων των οργανισμών. **Ο κώδικας του DNA είναι ίδιος και अपαράλλαχτος σε όλα ανεξαιρέτως τα έμβια είδη, από το μικρόβιο μέχρι τον άνθρωπο.** Αυτό καταδεικνύει κρυστάλλινα ότι όλα τα έμβια όντα κατάγονται

από έναν και μοναδικό πρόγονο με τη μεσολάβηση της εξέλιξης. **Ίδιο είναι ολόκληρο το σύστημα γονιδίων-παραγομένων πρωτεϊνών** που συντηρούν τη ζωή. Ίδιο στα ζώα, στα φυτά, στα βακτήρια, στους μύκητες, στους ιούς. Αν υπήρχαν κύτταρα που δεν χρησιμοποιούν DNA και πρωτεΐνες θα είχαμε τη νομιμοποίηση να πούμε ότι όλα τα έμβια όντα δεν προέρχονται από την ίδια αρχέγονη μορφή ζωής, η οποία εμφανίστηκε μία φορά στον πλανήτη.

Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι όλα τα ζωντανά όντα στη Γη, τόσο του ζωικού όσο και του φυτικού βασιλείου, χρησιμοποιούν το ίδιο ακριβώς σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται μέσα στα κύτταρα. Πρόκειται για το μόριο **τριφωσφορική αδενosίνη (ATP)** που αποθηκεύει προσωρινά την ενέργεια ως ένα είδος βιολογικής μπαταρίας, για να την απελευθερώσει υδρολύμενο όταν χρειάζεται (**Εικόνα 4στ**). Δηλαδή για τη σύσπαση των μυών, για την παραγωγή και μετάδοση νευρικών ώσεων, για τη σύνθεση και μεταφορά άλλων μορίων, και για κάθε άλλη λειτουργία των κυττάρων. Κάθε ζωντανό κύτταρο για να λειτουργήσει χρειάζεται πάνω από 2 εκατομμύρια μόρια ATP το δευτερόλεπτο!

Το ίδιο ισχύει και για πολλά από τα επί μέρους όργανα και οργανικά συστήματα τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες γιατί έχουν κληρονομηθεί από έναν κοινό πρόγονο. Τα παρόμοια αυτά οργανικά συστήματα λέγονται **ομόλογα**. Είναι για παράδειγμα άξια θαυμασμού η αντιστοιχία που υπάρχει μεταξύ των οστών των σκελετών όλων των θηλαστικών, αλλά και μεταξύ των θηλαστικών και ζώων άλλης τάξης, όπως για παράδειγμα των πτηνών. Μια νυχτερίδα έχει τα ίδια βασικά οστά στα εμπρόσθια άκρα με το άλογο επειδή έχουν κοινό πρόγονο τα τετράποδα αρχέγονα θηλαστικά. Τα άκρα των σπονδυλωτών σε γενικές γραμμές αποτελούνται από τα ίδια οστά, που εξελίχθηκαν για να εξυπηρετούν τις ανάγκες μετακίνησης των ζώων, για τη βάρδια και το τρέξιμο, για το πέταγμα ή το κολύμπι. Όσα περισσότερα ομόλογα χαρακτηριστικά έχουν δύο είδη, τόσο μεγαλύτερη συγγένεια έχουν.

Τα ομόλογα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι και απλά χημικά μόρια, όπως παραδείγματος χάριν η αλυσίδα **δ** της αιμοσφαιρίνης που υπάρχει σε όλους ανεξαιρέτως τους ανθρώπιδες και επομένως και στον άνθρωπο, και σε κανένα άλλο θηλαστικό. Επίσης η αλυσίδα **α** της αιμοσφαιρίνης που είναι απολύτως ίδια, με την ίδια ακριβώς αλληλουχία αμινοξέων, στον άνθρωπο και τον στενότερο συγγενή του, τον χιμπαντζή. Η μυοσφαιρίνη, που είναι δομική πρωτεΐνη των μυών, διαφέρει στον άνθρωπο και τον χιμπαντζή κατά 1 μόνο από τα 153 αμινοξέα από τα οποία αποτελείται. Το ένζυμο κυτόχρωμα C που αποτελείται από 100 αμινοξέα είναι απολύτως όμοιο στον άνθρωπο και τον

χιμπαντζή, ενώ διαφέρει κατά 10 αμινοξέα στα υπόλοιπα θηλαστικά, κατά 20 αμινοξέα στα ψάρια και κατά 40 αμινοξέα στα φυτά.

Όπως γίνεται αντιληπτό η πορεία της εξέλιξης και ο ρόλος των μεταλλάξεων ελέγχονται σήμερα όχι μόνο από την έρευνα στα απολιθώματα, αλλά και από έρευνες σε άλλους τομείς της επιστήμης.

Το 1940 που ακόμα δεν ήταν γνωστή η δομή και η λειτουργία του DNA, οι επιστήμονες συνέδεσαν τη θεωρία του Δαρβίνου με τους νόμους της κληρονομικότητας που περιέγραψε ο Γκρέγκορ Μέντελ κατά την περίοδο 1856-1863, την ίδια εποχή που ο Δαρβίνος δημοσίευσε τη θεωρία του. Ήταν φανερό ότι η θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου είχε κάποια κοινά στοιχεία με τη θεωρία της κληρονομικότητας του Μέντελ, αν και ο Δαρβίνος δεν έμαθε ποτέ για τους νόμους του Μέντελ που ήταν σύγχρονός του. Ο συνδυασμός αυτός στα μέσα του 20^{ου} αιώνα ονομάστηκε **Νεοδαρβινισμός**.

Η εγκυρότητα όμως του βασικού μηχανισμού της εξέλιξης των ειδών, δηλαδή η φυσική επιλογή, ισχυροποιήθηκε αφάνταστα μετά την ανακάλυψη της δομής του DNA από τους Γουάτσον και Κρικ το 1953, και την εν συνεχεία περιγραφή του μηχανισμού του κυτταρικού πολλαπλασιασμού σε μοριακό επίπεδο.

Στη συνέχεια προστέθηκαν τα πορίσματα από τις συναφείς έρευνες στην εμβρυολογία, στη συγκριτική ανατομία, στη βιοχημεία, στη μοριακή και αναπτυξιακή βιολογία. Ακολούθησε η πλήρης αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος που ανακοινώθηκε τον Απρίλιο του 2003, και στη συνέχεια πολλών άλλων ειδών.

Πολύτιμο εργαλείο επομένως για την τεκμηρίωση της ορθότητας της θεωρίας της εξέλιξης είναι η **μοριακή γενετική**. Είναι γεγονός ότι οι περισσότερες μεταλλάξεις σε ένα είδος προκαλούν φαινοτυπικές αλλαγές που δεν επηρεάζουν καθόλου την επιβίωση. Από τις υπόλοιπες όσες επηρεάζουν αρνητικά την επιβίωση εξαφανίζονται σταδιακά από τη φυσική επιλογή διότι απλούστατα οι φορείς τους δεν επιβιώνουν μακροπρόθεσμα. Όσα όμως μεταλλαγμένα γονίδια επηρεάζουν θετικά την επιβίωση παραμένουν πλέον μόνιμα στο γονιδίωμα των φορέων που επιβιώνουν. Και αυτά τα μεταλλαγμένα γονίδια στο DNA δύο οποιονδήποτε διαφορετικών σύγχρονων ζωικών ειδών μπορούν πλέον να τα αναλύσουν συγκριτικά οι επιστήμονες, υπολογίζοντας με ικανοποιητική ακρίβεια το πότε αυτά διαχωρίστηκαν από έναν κοινό πρόγονο.

Προστέθηκαν και τα ευρήματα της μοριακής γενετικής από την ανάλυση των ομοιοτήτων στην αλληλοδιαδοχή των νουκλεοτιδίων μέσα στα γονίδια, σε δειγματολογικά τμήματα DNA διαφορετικών ειδών, αλλά και οι μελέτες

στο μιτοχονδριακό DNA (mtDNA), που μας επιτρέπουν να προσδιορίσουμε τον βαθμό συγγένειας ανάμεσα σε οποιαδήποτε διαφορετικά είδη και τον προσδιορισμό του χρόνου κατά τον οποίο τα είδη αυτά διαχωρίστηκαν από τον κοινό τους πρόγονο. Σε αντίθεση με το DNA του πυρήνα, το DNA που ευρίσκεται στα μιτοχόνδρια κληρονομείται εξ ολοκλήρου από τη μητέρα. Γι' αυτό οι μόνες αλλαγές σ' αυτό μπορεί να είναι τυχαίες μεταλλάξεις οι οποίες συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου. Το mtDNA είναι αξιοσημείωτα όμοιο σε όλες τις φυλές των ανθρώπων.

Έτσι συντίθεται ένας πίνακας με την εικόνα της πορείας της εξέλιξης, που γίνεται όλο και πιο ακριβής.

Στο γενετικό υλικό επομένως περιέχεται χημικά κωδικευμένη η ακριβής ιστορία της εξέλιξης όλων των ζωικών και φυτικών ειδών. Τα πυρηνικά οξέα, το DNA και το RNA, αποτελούν τον μοριακό πίνακα στον οποίο χαραχτηκαν με χημικό τρόπο λεπτομερή πρακτικά της εξελίξεως της ζωής.

Στο έργο της ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών σήμερα, έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία για τους επιστήμονες η ομοιότητα του γενετικού υλικού από τη σωματική δομή και τη συμπεριφορά.

Εν τέλει η ύπαρξη πολλών πηγών πληροφοριών που οδηγούν σε λίγο-πολύ παρόμοια αποτελέσματα επιβεβαιώνουν επιστημονικά τη διαδικασία της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής και την καθιστούν αναμφισβήτητη (**Πίνακας 4α**).

Τέλος η φυσική επιλογή συμβαίνει σήμερα μπροστά στα μάτια μας. Είναι γνωστό ότι πολλά έντομα, μύκητες και πολλά είδη ζιζανίων αναπτύσσουν ταχέως ανθεκτικότητα απέναντι στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για να εξοντωθούν αλλάζοντας τις μεταβολικές τους διεργασίες, κάτι που προϋποθέτει αλλαγή στο γενετικό τους υλικό. Επιβιώνουν και εκπροσωπούν το είδος σε βάθος χρόνου οι ομάδες που απέκτησαν την ικανότητα της αντοχής. Παθογόνοι ιοί συχνά μεταλλάσσονται και δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στην ανθρωπότητα που φθάνουν στο επίπεδο της πανδημίας. Πρόσφατη είναι η εμπειρία της πανδημίας από τη νόσο COVID-19 που οφείλεται στον ιό SARS-Cov-2, ο οποίος παρουσιάζει έντονη τάση για δημιουργία μεταλλάξεων. Είναι επίσης γνωστό ότι η αλόγιστη χρήση των αντιβιοτικών επιτρέπει σε πολλά μικρόβια να αναπτύξουν ταχύτατα αντοχή απέναντί τους, με διάφορους βιοχημικούς και γενετικούς μηχανισμούς. Τα ανθεκτικά στελέχη επιβιώνουν, αναπαράγονται και αποτελούν στην εποχή μας μια πραγματική απειλή που σκοτώνει κάθε χρόνο χιλιάδες ασθενών. Υπάρχει μια συνεχής εξέλιξη, μια αλληλεπίδραση και ένας συνεχής διάλογος σε βιοχημικό επίπεδο μεταξύ των διαφόρων μορφών ζωής, καθώς και μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντος.

ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΩΣΤΗ Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

1. Όσο πιο παλιά τα γεωλογικά στρώματα, τόσο μεγαλύτερες οι διαφορές των οργανισμών που βρέθηκαν σ' αυτά.
2. Η θεωρία επιβεβαιώνεται από το «**αρχείο απολιθωμάτων**» που έχει καταρτισθεί και εμπλουτίζεται από τις συνεχιζόμενες έρευνες.
3. Η χρονολόγηση των γεωλογικών στρωμάτων και των απολιθωμάτων με τις σύγχρονες τεχνικές επιβεβαιώνει πλήρως τη θεωρία.
4. Έχει βρεθεί πλήθος από ενδιάμεσα μεταβατικά είδη, που γεφύρωσαν παλιότερα γένη και είδη με νεότερα και διαφορετικά, έχοντας κοινά χαρακτηριστικά και με τα δύο.
5. Δεν έχουν βρεθεί ποτέ απολιθώματα σε γεωλογικά στρώματα διαφορετικά από αυτά που προβλέπει η θεωρία της εξέλιξης.
6. Η γεωγραφική κατανομή και η συγκριτική μελέτη των συγχρόνων ειδών σε σχέση με τα είδη που υπήρχαν στις πρωτοπείρους μετά τον διαχωρισμό της Πανγαίας πριν 175 εκατομμύρια χρόνια, επιβεβαιώνει τη θεωρία της εξέλιξης.
7. Σε έμβρυα ζώων που ανήκουν σε διαφορετικές συνομοταξίες υπάρχουν ακριβώς τα ίδια γονίδια που ρυθμίζουν την εμβρυϊκή ανάπτυξη, τα γονίδια Hox. Αυτό σημαίνει κοινή καταγωγή με την έννοια του κοινού προγόνου.
8. Η δομή των κυττάρων και οι βιοχημικές και μεταβολικές διεργασίες αυτών είναι ίδιες στον άνθρωπο, σε όλα τα θηλαστικά και σε όλα τα ζώα, που επίσης σημαίνει κοινή καταγωγή.
9. Ο γενετικός κώδικας, το μοριακό αλφάβητο που υπάρχει στο DNA, με τη βοήθεια του οποίου κωδικοποιούνται οι εντολές της ζωής σε κάθε είδος, είναι ακριβώς ίδιος σε όλα τα ζώα. Πανομοιότυπο είναι το σύστημα γονιδιακών εντολών-παραγομένων πρωτεϊνών στα μικρόβια, στους μύκητες, στα φυτά και στα ζώα.
10. Όλα τα ζωντανά όντα στη Γη χρησιμοποιούν το ίδιο ακριβώς μόριο αποθήκευσης της ενέργειας, την τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP).
11. Πολλά χημικά μόρια ειδικής λειτουργίας ανάμεσα σε διαφορετικά ζώα είναι ίδια, και πολλά όργανα παρουσιάζουν ομοιότητες, γιατί έχουν κληρονομηθεί από κοινό πρόγονο (ομόλογα όργανα).
12. Η μοριακή γενετική σήμερα επιβεβαιώνει πολλαπλώς τη θεωρία της εξέλιξης.

Είναι ακριβής η χρονολόγηση των απολιθωμάτων;

Η εξέλιξη των έμβιων όντων μέσω της φυσικής επιλογής είναι εξαιρετικά αργή διαδικασία σε σύγκριση με τη χρονική κλίμακα της ζωής του ανθρώπου για να γίνει άμεσα αντιληπτή. Για την εκ των υστέρων ψηλάφιση των σταδίων της απαιτείται σχετικά ακριβής χρονολόγηση των απολιθωμάτων που μπορεί να έχουν ηλικία και εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών, με αυστηρή τήρηση της επιστημονικής μεθοδολογίας, ώστε να μην υπάρχουν αμφισβητήσεις, τουλάχιστον από τους καλοπροαίρετους.

Η ηλικία των απολιθωμάτων συνήθως προσδιορίζεται και από την ηλικία των πετρωμάτων μέσα στα οποία κάποτε εγκλωβίστηκαν. Η επιστήμη διαθέτει σήμερα πολλές μεθόδους χρονολόγησης των γεωλογικών στρωμάτων, των απολιθωμάτων και κάθε είδους αρχαίων αντικειμένων. Μεταξύ αυτών είναι η χρήση των λεγόμενων «ραδιενεργών ρολογιών», αλλά και η δεντροχρονολόγηση και η μελέτη ιζηματογενών στρωμάτων που σχηματίστηκαν διαδοχικά σε λίμνες της εποχής των παγετώνων.

Η **δεντροχρονολόγηση** γίνεται με τη σύγκριση των δακτυλίων των κορμών δέντρων διαδοχικών γενεών. Οι δακτύλιοι κάθε δέντρου, ένας για κάθε χρόνο, έχουν διαφορετικό πάχος που αντιστοιχεί σε χρονιές με καλύτερες ή χειρότερες διατροφικές συνθήκες. Συνολικά αποτελούν ένα είδος «**δακτυλιακού αποτυπώματος**» του δέντρου που προκύπτει από τις μεταβολές του κλίματος της εποχής που έζησε αυτό. Για να μετρήσουμε την ηλικία ενός αρχαίου ξύλου ή ενός απολιθωμένου δέντρου πρέπει να διαθέτουμε κορμούς όλων των διαδοχικών γενεών δέντρων από τότε που έζησε μέχρι σήμερα. Η σύνθεση των παλαιότερων από τους διαδοχικούς δακτυλίους ενός σύγχρονου δέντρου, των εσωτερικών δηλαδή, συγκρινόμενοι με τους νεότερους, εξωτερικούς, δακτυλίους ενός δέντρου της προηγούμενης γενιάς αποκαλύπτουν παρόμοιες περιοχές που αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένα και γνωστά έτη κατά τα οποία τα δύο δέντρα συνυπήρξαν. Πηγαίνοντας έτσι διαδοχικά στο παρελθόν μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλικία δέντρων χιλιάδων ετών ή και παλαιότερων, μάλιστα με ακρίβεια έτους, προσδιορίζοντας έτσι και την ηλικία των γεωλογικών στρωμάτων όπου βρέθηκαν. Δυστυχώς η μέθοδος πρακτικά μπορεί να εφαρμοστεί για τη χρονολόγηση σε βάθος χρόνου μέχρι 12 χιλιάδες χρόνια, λόγω ελλείψεως συνεχούς αλυσίδας γενεών δέντρων παλαιότερων εποχών. Μέχρι τότε όμως έχει καταρτισθεί αξιόπιστο **αρχείο** των δακτυλιακών απο-

τυπωμάτων των δέντρων για χρήση από τους ερευνητές. Πλεονέκτημα της μεθόδου, όπου αυτή μπορεί να εφαρμοστεί, είναι η μεγάλη ακρίβεια.

Παρομοίως χρησιμοποιείται και η συγκριτική μελέτη των διαδοχικών παγετωνικών ιζηματογενών στρωμάτων σε λίμνες της τελευταίας κυρίως εποχής των παγετώνων, αλλά και η σύγκριση των δακτυλίων ετήσιας ανάπτυξης σε κοραλιογενείς υφάλους, με περιορισμένες πάντως εφαρμογές.

Η αιχμή του δόρατος της χρονολόγησης αρχαίων αντικειμένων είναι τα «ραδιενεργά ρολόγια», τα οποία είναι ορισμένα φυσικώς απαντώντα ραδιενεργά στοιχεία. Πρόκειται για **ασταθή** ισότοπα χημικών στοιχείων στους πυρήνες των οποίων νετρόνια μετατρέπονται σε πρωτόνια ή αντιθέτως πρωτόνια σε νετρόνια με σύγχρονη εκπομπή ακτινοβολίας, και μεταστοιχειώνονται σε άλλα στοιχεία, διπλανά στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων. Για παράδειγμα ο πυρήνας του άνθρακα 12 που αποτελεί το 99% του υπάρχοντος στη φύση, είναι σταθερός και περιέχει 6 πρωτόνια και 6 νετρόνια. Το ραδιενεργό όμως ισότοπο του άνθρακα, ο άνθρακας 14 που υπάρχει στη φύση σε απειροελάχιστες ποσότητες, έχει ασταθή πυρήνα που περιέχει 6 πρωτόνια και 8 νετρόνια. Μετατρέποντας ένα νετρόνιο στον πυρήνα των ατόμων του σε πρωτόνιο μεταστοιχειώνεται σε πυρήνα σταθερού αζώτου, που έχει 7 πρωτόνια και 7 νετρόνια και ευρίσκεται στην αμέσως επόμενη θέση στο περιοδικό σύστημα.

Κάθε ραδιενεργό ισότοπο έχει έναν γνωστό χρόνο, που λέγεται χρόνος ημισείας ζωής, κατά τον οποίο το μισό μιας αρχικής ποσότητας αυτού μεταστοιχειώνεται σε άλλο στοιχείο. Η ημίσεια ζωή του άνθρακα 14 είναι μικρή στην κλίμακα του εξελικτικού χρόνου, μόλις 5.730 χρόνια. Αν δηλαδή έχουμε αρχικά 10 γραμμάρια άνθρακα 14, σε 5.730 χρόνια θα υπάρχουν 5 γραμμάρια άνθρακα 14, και 5 γραμμάρια αζώτου 14. Σε άλλα 5.730 χρόνια θα υπάρχει το μισό του μισού, δηλαδή 2,5 γραμμάρια άνθρακα 14 και αντίστοιχα 7,5 γραμμάρια αζώτου 14, και ούτω καθεξής.

Άλλα ραδιενεργά ισότοπα έχουν κατά πολύ μεγαλύτερους χρόνους ημισείας ζωής. Ευρέως χρησιμοποιείται και το ραδιενεργό κάλιο 40 που μεταστοιχειώνεται στο στοιχείο αργό 40 και έχει χρόνο ημισείας ζωής 1 δισεκατομμύριο διακόσιες εξήντα χιλιάδες χρόνια. Το ραδιενεργό ρουβίδιο 87 έχει χρόνο ημισείας ζωής 49 δισεκατομμύρια χρόνια.

Για τη χρονολόγηση ενός απολιθώματος που βρέθηκε για παράδειγμα σε ένα ηφαιστειογενές πέτρωμα με τη βοήθεια του καλίου 40, παίρνουμε

υπ' όψιν ότι κατά τη στιγμή της στερεοποίησής του το πέτρωμα αφ' ενός εγκλώβισε τον οργανισμό που αντιστοιχεί στο απολιθώμα, και αφ' ετέρου τότε περιείχε μόνο κάλιο 40, το οποίο από τότε άρχισε να μεταστοιχειώνεται σε αργό 40. Αν επομένως μετρήσουμε σήμερα την αναλογία καλίου – αργού στο συγκεκριμένο πέτρωμα και γνωρίζοντας τον χρόνο ημισείας ζωής του καλίου 40 εύκολα υπολογίζουμε τον χρόνο που σχηματίσθηκε το πέτρωμα, άρα και την ηλικία του απολιθώματος. Η ίδια αρχή εφαρμόζεται σε όλα τα ραδιενεργά ρολόγια.

Η ραδιοχρονολόγηση έχει στη χειρότερη περίπτωση περιθώριο λάθους μέχρι 10%, όπως έχει αποδειχθεί με διασταυρούμενες μεθόδους.

Το ραδιενεργό ισότοπο 14 του άνθρακα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για τη χρονολόγηση αρχαίων αντικειμένων από τον Αμερικανό χημικό Willard Libby το 1949 και αποτελεί μια ειδική περίπτωση. Κατ' αρχήν διότι λόγω του μικρού χρόνου ημισείας ζωής του για την εξελικτική κλίμακα των δεκάδων ή και εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών, **είναι χρήσιμο για τη χρονολόγηση αντικειμένων που δεν είναι παλαιότερα από μερικές δεκάδες χιλιάδες χρόνια.** Αλλά και διότι θα έπρεπε, για τον ίδιο λόγο, να έχει εξαφανιστεί προ πολλού από τον πλανήτη μας που έχει ηλικία 4,6 δισεκατομμυρίων ετών, όπως έχουν εκλείψει πάνω από εκατό ραδιενεργά ισότοπα που είχαν διάρκεια ημισείας ζωής μικρότερη των 450 χιλιάδων ετών. **Ο λόγος που ο άνθρακας 14 υπάρχει ακόμα είναι διότι αναπαράγεται συνεχώς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας με τη δράση της κοσμικής ακτινοβολίας από άτομα του αζώτου.** Έτσι με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακος χρησιμοποιείται από τα φυτά στη φωτοσύνθεση, διότι τα φυτά δεν ξεχωρίζουν τον σταθερό άνθρακα 12, που αποτελεί το 99% του φυσικώς υπάρχοντος, από τον ραδιενεργό άνθρακα 14. Στη συνέχεια ο άνθρακας 14 ανακυκλώνεται σε όλη την τροφική αλυσίδα. Στον πλανήτη για κάθε 1 τρισεκατομμύριο ατόμων σταθερού άνθρακα 12 υπάρχει 1 άτομο ραδιενεργού άνθρακα 14, και η αναλογία αυτή διατηρείται σταθερή.

Τα πετρώματα εν γένει διακρίνονται σε **ηφαιστειογενή**, όπως είναι ο βασάλτης και ο γρανίτης, που ψύχθηκαν και στερεοποιήθηκαν σε σύντομο χρόνο μετά την έξοδό τους από τα σπλάχνα της Γης με τη μορφή λάβας, και σε **ιζηματογενή** όπως είναι τα ασβεστολιθικά και ο ψαμμίτης, που σχηματίσθηκαν σε βάθος μεγάλου χρόνου από τη διαδοχική απόθεση στρωμάτων λάσπης και φερτών υλικών, και στη συνέχεια στερεοποιήθηκαν. Στα ηφαιστειογε-

νή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ραδιενεργά ρολόγια γιατί η δημιουργία τους έγινε σε ελάχιστο χρόνο, και όταν στερεοποιήθηκαν υπήρχαν μέσα τους διάφορα ραδιενεργά ισότοπα, δεν υπήρχαν όμως καθόλου τα στοιχεία που προκύπτουν από τη μεταστοιχείωσή τους. Επομένως ο χρόνος στερεοποίησης του πετρώματος είναι το χρονικό σημείο κατά το οποίο «μηδενίζεται» το ραδιενεργό ρολόι και οι υπολογισμοί είναι εύκολοι. Δυστυχώς όμως στα πετρώματα αυτά, ακριβώς γιατί σχηματίστηκαν ταχέως δεν υπάρχουν πολλά απολιθώματα. Αντίθετα στα ιζηματογενή υπάρχει ο μεγάλος πλούτος των απολιθωμάτων, αλλά η χρήση των ραδιενεργών ρολογιών εδώ είναι προβληματική, γιατί σ' αυτά υπάρχουν πολλά στρώματα που εναποτέθηκαν σε διαφορετικές εποχές, τα ραδιενεργά ρολόγια έχουν μηδενιστεί σε διαφορετικούς χρόνους και οι υπολογισμοί είναι δύσκολοι. Στην περίπτωση αυτή οι ειδικοί επιστήμονες χρησιμοποιούν τη χρονολόγηση ηφαιστειογενών πετρωμάτων που βρίσκονται μέσα ή δίπλα από τα ιζηματογενή.

Είναι σαφές από τα εν συντομία αναφερθέντα ότι οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι χρονολόγησης των απολιθωμάτων, αλλά και του πλανήτη συνολικά, έχουν ακρίβεια που υπερβαίνει το 90% ενώ μεγαλύτερη ακόμα ακρίβεια επιτυγχάνεται με τη διασταυρούμενη χρονολόγηση, με τη σύγχρονη δηλαδή χρήση διαφορετικών τεχνικών.

Η εξέλιξη λειτουργεί με διακλαδώσεις

Η ζωή όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι ανοιχτό σύστημα μακράν της ισορροπίας και παρεμβάλλεται ως προσωρινή τάξη και αρμονία στη γενικότερη ενεργειακή πορεία του σύμπαντος προς τον εντροπικό θάνατο, προς το χάος. Στα ανοιχτά συστήματα, και μόνο σ' αυτά, υπάρχει ροή ενέργειας και πληροφοριών μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντος αλλά και στο εσωτερικό τους. Μόνο στα ανοιχτά συστήματα υπάρχουν καινοτομίες, αναπάντεχες εξελίξεις και δημιουργία «τάξης», δηλαδή νέων δομών και λειτουργιών. Τα φυσικά αυτά συστήματα μακράν της ισορροπίας κυριολεκτικά «κοχλάζουν». Η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή της τάξης, άρα και για τη διατήρηση της ζωής, είναι δανεισμένη και μάλιστα με τόκο από το φυσικό περιβάλλον.

Κάθε ανοιχτό σύστημα περιέχει επί μέρους στοιχεία που βρίσκονται σε διαρκή κίνηση. Οι κινήσεις αυτές λέγονται από τους φυσικούς και «κυματισμοί». Όταν ένας κυματισμός ή συνδυασμός κυματισμών μεταβληθεί, μπορεί

να αποκτήσει επιπλέον ενέργεια και να δημιουργήσει νέα δομή που ανήκει σε ανώτερο επίπεδο οργάνωσης. Το σημείο αυτό αποτελεί «**διακλάδωση της εξέλιξης** των στοιχείων του ανοιχτού συστήματος. Η διαδικασία αυτή δημιουργίας νέων δομών είναι μη αντιστρεπτή σύμφωνα με τον Β΄ νόμο της θερμοδυναμικής που εισάγει το βέλος του χρόνου.

Κάπως έτσι, από τέτοιους «κυματισμούς», εξελίχθηκαν οι βιολογικές δομές. Από τα ανόργανα μόρια προήλθαν τα οργανικά, τα μεγάλα μόρια των πρωτεϊνών, το RNA και το DNA, και στη συνέχεια τα κύτταρα, τα όργανα, οι οργανισμοί και οι κοινωνίες.

Η εξέλιξη των επί μέρους στοιχείων κάθε ανοιχτού συστήματος προχωρά με διακλαδώσεις. Επί μέρους στοιχεία στο ανοιχτό σύστημα της ζωής είναι οι ζωντανοί οργανισμοί. Η κατεύθυνση που θα πάρει η εξέλιξη των έμβιων όντων σε κάθε διακλάδωση είναι αδύνατον να προκαθοριστεί, είναι τυχαία, πράγμα που σημαίνει την ύπαρξη ελευθερίας και καινοτομίας στη λειτουργία της φύσης (**Εικόνα 4ζ**). **Μεταξύ όμως δύο διαδοχικών διακλαδώσεων η εξέλιξη ακολουθεί τους νόμους της αναγκαιότητας, της αιτιοκρατίας.** Στο σύμπαν συνυπάρχουν η τύχη και η αναγκαιότητα. Φαίνεται όμως ότι η τυχαιότητα και το μη αναστρέψιμο είναι ο κανόνας στον κβαντικό μικρόκοσμο, ενώ στον μακρόκοσμο η τυχαιοκρατία συνυπάρχει με την αιτιοκρατία.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η εξέλιξη των ζωντανών οργανισμών με βάση τη φυσική επιλογή έχει προχωρήσει με διακλαδώσεις και τα νέα είδη που προέκυψαν δεν θα μπορούσαν ούτε να προκαθοριστούν ούτε να προβλεφθούν (**Εικόνα 4η**). Οι εικόνες που παρουσιάζουν τον χιμπαντζή να σηκώνεται βαθμιαία όρθιος σε μια σειρά ενδιάμεσων ειδών μέχρι τον *Homo sapiens* σε μια **γραμμική** πορεία, είναι παραπλανητική. Οι μεταλλάξεις, οι αλλαγές στο DNA που οδήγησαν στις διακλαδώσεις και στα νέα είδη, προέκυψαν από **τυχαίους** παράγοντες που μπορεί να ήταν η απρόβλεπτη σημαντική μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο ζούσαν τα προγονικά είδη σε βάθος χρόνου, η δράση ακτινοβολίας, διάφοροι χημικοί παράγοντες ή, τέλος, τυχαία λάθη κατά την αντιγραφή των αλύσεων του DNA πριν από την κυτταρική διαίρεση.

Κάθε νέο είδος όμως για να επιβιώσει πρέπει στη συνέχεια να πετύχει στις εξετάσεις της φυσικής επιλογής με βάση τα χαρακτηριστικά του. Εδώ λειτουργεί όχι η τύχη αλλά η **αναγκαιότητα**, ο νόμος της αιτίας και του αποτελέσματος. Μέχρι την επόμενη τυχαία διακλάδωση.

Υπάρχουν βέβαια οι γνωστές εξαιρέσεις στη μέσω διακλαδώσεων βραδεία πρόοδο της εξέλιξης με φυσική επιλογή. Από τη διατύπωση των νόμων της κληρονομικότητας του Μέντελ και μετά οι άνθρωποι επιχειρούν να δημιουργήσουν οργανισμούς με επιθυμητά μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Και το κατορθώνουν μέσω της κατευθυνόμενης διασταύρωσης οργανισμών, με τη λεγόμενη τεχνητή αναπαραγωγή. Αντίστοιχη εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής θα απαιτούσε εκατομμύρια χρόνια.

Και βέβαια στην εποχή μας η τεχνολογία παρεμβαίνει στην εξέλιξη επιτρέποντας παρεμβάσεις στο γονιδίωμα μέσω της γενετικής μηχανικής, με στόχο την άμεση δημιουργία γενετικά τροποποιημένων οργανισμών περίπου κατά παραγγελία.

Σήμερα ο άνθρωπος δεν έχει πάψει να εξελίσσεται ως είδος. Όμως δεν μπορεί να συνειδητοποιήσει στη διάρκεια της ζωής του τη βραδύτατα εξελισσόμενη φυσική επιλογή, ενώ συνειδητοποιεί την ταχύτατη εξέλιξη των επιστημονικών, τεχνολογικών και κοινωνικών του επιτευγμάτων. Σ' αυτό βοηθά και η παράταση της μέσης διάρκειας της ζωής του χάρις και στη βοήθεια της επιστήμης, ιδιαίτερα της ιατρικής και της φαρμακολογίας.

Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις ζει παραπάνω ο άνθρωπος ακόμα και όταν στο γονιδίωμά του δημιουργηθούν παθογόνα μεταλλαγμένα γονίδια. Έτσι πολλά παθογόνα γονίδια δεν εξαφανίζονται από τη φυσική επιλογή σε βάθος χρόνου μαζί με τους φορείς τους, όπως συμβαίνει στα είδη που ζουν ελεύθερα στη φύση. Η μελλοντική γονιδιακή δεξαμενή της ανθρωπότητας πιθανότατα θα περιέχει ολοένα και μεγαλύτερο ποσοστό παθογόνων γονιδίων. Στο πρόβλημα αυτό έχει εστιάσει την προσοχή της η γενετική μηχανική. Βέβαια το πρόβλημα αφορά πλέον σε μεγάλο βαθμό και τα εξημερωμένα και ελεγχόμενα από τον άνθρωπο είδη που ελάχιστα πλέον εξαρτώνται από τη φυσική επιλογή.

Αντιθέσεις στη θεωρία του Δαρβίνου

Η θεωρία του Δαρβίνου δεν είναι πλέον θεωρία. Είναι μια πραγματικότητα καθολικά αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, που έχει τη δύναμη να μεταμορφώνει τους έμβιους οργανισμούς δημιουργώντας νέα είδη σε βάθος χρόνου. Ίσως έπρεπε να μιλάμε για τον **νόμο της εξέλιξης**. Υπάρχουν ωστό-

σο και αυτοί που δεν τη δέχονται και προσπαθούν να την απαξιώσουν λόγω συγκεκριμένων, κυρίως θεολογικών, σκοπιμοτήτων. Που δεν δέχονται ότι το DNA είναι δυναμικός φορέας μεταλλάξεων και αλλαγών και όχι η έδρα μιας ακίνητης, χωρίς αλλαγές αιωνιότητας.

Υπάρχει ακόμα και σήμερα αντίθεση ανάμεσα στην επιστήμη από τη μία και θεολογικούς και κάποιους κοινωνικούς φορείς από την άλλη, σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας του κόσμου και των έμβιων όντων. Οι τελευταίοι πιστεύουν ότι η ζωή εμφανίστηκε στη Γη με υπερφυσική βούληση, και μάλιστα για ορισμένους πριν μερικές χιλιάδες χρόνια, ακριβώς με τη μορφή που έχει σήμερα, χωρίς αλλαγές. Αυτό βέβαια **ακυρώνει τα δεδομένα** της βιολογίας, της μοριακής γενετικής, της φυσικής, της χημείας, της γεωλογίας, της παλαιοντολογίας, της κοσμολογίας, της αστροβιολογίας και **όλων των συναφών επιστημών**. Οι διαφωνούντες επιμένουν ότι εφ' όσον τα πορίσματα της θεωρίας του Δαρβίνου είναι ασύμβατα με τις θρησκευτικές τους πεποιθήσεις, δεν επιθυμούν να έλθουν καθόλου σε επαφή με την ιδέα της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ, στη χώρα που πρωτοστατεί στους τομείς της επιστημονικής έρευνας, της τεχνολογίας και της καινοτομίας στη σκέψη, στη χώρα που διαθέτει ίσως τα καλύτερα πανεπιστήμια, πάνω από το 40% του πληθυσμού δεν ανέχεται την ιδέα της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής και δεν επιθυμεί τη διδασκαλία της στα σχολεία, υπερβαίνοντας έτσι τις θρησκευτικές πεποιθήσεις και φθάνοντας σε πολιτική επιθετικότητα. Παρόμοια ποσοστά υπάρχουν στη Μεγάλη Βρετανία και σε άλλες χώρες.

Δεν αποδέχονται οι άνθρωποι αυτοί ότι το ανθρώπινο είδος είναι συνδεδεμένο με όλα τα υπόλοιπα έμβια όντα. Σύμφωνα με έρευνα του 2012 μόνο το 15% των Αμερικανών δέχεται ότι ο *Homo sapiens* εξελίχθηκε αποκλειστικά μέσω της φυσικής επιλογής. Στο Κάνσας το 1999 το εκπαιδευτικό συμβούλιο της πολιτείας αφαίρεσε το κεφάλαιο της εξέλιξης από το επίσημο πρόγραμμα διδασκαλίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αλλά δύο χρόνια αργότερα χάρις στην κατακραυγή των επιστημόνων και της πλειοψηφίας των πολιτών η απόφαση ανακλήθηκε. Σε πολλές πολιτείες των ΗΠΑ ο θεολογικός δημιουργισμός διδάσκεται διά νόμου παράλληλα και ισότιμα με τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου. Και κάθε χρόνο δημοσιεύονται πολλά βιβλία που με επιστημονικοφανή τρόπο προσπαθούν να πείσουν για το λανθασμένο της θεωρίας της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής.

Πρέπει πάντως να τονισθεί ότι σήμερα πλέον πολλοί από τους φορείς του

θεολογικού δημιουργισμού έχουν μεταβάλει τις θέσεις τους και δέχονται ως πραγματική τη διαδικασία της φυσικής επιλογής, δεν δέχονται όμως ότι η φυσική επιλογή μπορεί να προκαλέσει τη γέννηση νέων ειδών ως εξέλιξη άλλων προγονικών.

Είναι γνωστό ότι η επιστήμη ασχολείται κατ' εξοχήν με τον φυσικό κόσμο και ότι η επιστημονική μεθοδολογία βασίζεται στην εμπειρική έρευνα και την επαλήθευση. Όμως ο άνθρωπος δεν θέτει ερωτήματα μόνο για τον φυσικό κόσμο. Το πεδίο της επιστήμης, το πεδίο της θεολογίας αλλά και το πεδίο της φιλοσοφίας είναι διαφορετικοί, ανεξάρτητοι και παράλληλοι δρόμοι αναζήτησης της αλήθειας για το **είναι** και το **γίνεσθαι** του κόσμου. Ο ένας δεν αποκλείει τον άλλο και καθένας έχει τη δική του δυναμική.

Σε κοινωνικά πλαίσια η ετερότητα κάθε άποψης οφείλει να είναι απολύτως σεβαστή ανεξάρτητα από το αν συμφωνεί ή διαφωνεί κανείς. Άλλωστε οι πλείστοι επιστήμονες υπήρξαν και είναι βαθύτατα θρησκευόμενα άτομα και γνωρίζουν πως παρά την εκπληκτική και καλπάζουσα πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας τα έσχατα ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα, και ότι η αλήθεια της επιστήμης δεν είναι αμετάβλητη αλλά εξελίσσεται χρόνο με τον χρόνο με την προσθήκη νέων γνώσεων και το ξεπέρασμα αρκετών από τις παλιές.

Αριστοτέλης, ο πρώτος βιολόγος

Ο Σταγειρίτης φιλόσοφος, από τις πλέον ρωμαλέες και δημιουργικές διάνοιες της αρχαιότητας, μεταξύ των άλλων του ερευνών ασχολήθηκε συστηματικά και συγκροτημένα με τη φύση και τα ζωντανά όντα. Είχε την τύχη να είναι γιος του γιατρού Νικόμαχου από τον οποίο μύηθηκε από νωρίς στην ιατρική και ιδιαίτερα στην ανατομία. Διαμόρφωσε γρήγορα τη θέση ότι η φύση είναι ένα δυναμικό σύστημα σε διαρκή κίνηση, γένεση, ανάπτυξη και φθορά. Αναγνωρίζεται σήμερα ως ο πρώτος επιστήμονας βιολόγος, **ο «πατέρας της επιστήμης της βιολογίας»**.

Περιέγραψε πεντακόσια είδη ζώων από τα οποία είχε ανατάμει τα πενήντα, μεταξύ των οποίων και ανθρώπινα έμβρυα. Ανέδειξε το γεγονός ότι οι φάλαινες και τα δελφίνια είναι θηλαστικά, πράγμα που στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και μέχρι την Αναγέννηση, απεφεύγετο να αναφερθεί. Περιέγραψε επίσης πλήθος επί μέρους οργάνων και τον χρόνο εμφάνισης

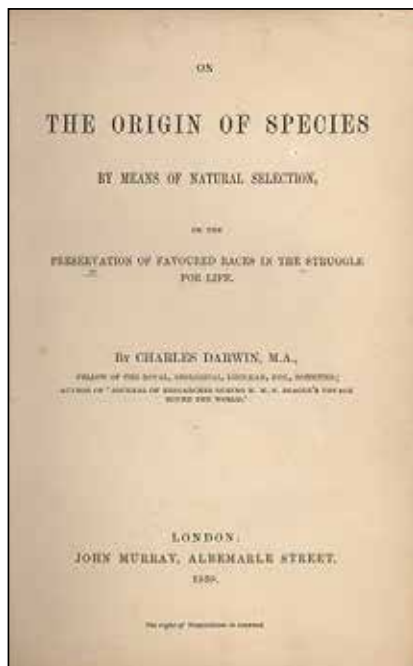
πολλών εξ αυτών στα έμβρυα, καθώς και τρόπους γονιμοποίησης διαφόρων ειδών. Ο αριθμός και το βάθος των ερευνών που έκανε, και η συστηματική επεξεργασία και καταγραφή των στοιχείων που του έφερναν οι συνεργάτες του, τον καθιέρωσαν ως πρωτοποριακό για την εποχή του επιστήμονα στη βιολογία και τη ζωολογία.

Από τις σημαντικότερες προσφορές του είναι η συστηματική ταξινόμηση των ζωντανών οργανισμών, από τις κατώτερες μορφές των φυτών μέχρι τον άνθρωπο, που θεωρήθηκε από τον φιλόσοφο ως «ξεχωριστό είδος έναιμου όντος». Η ταξινόμηση αυτή δεν είχε οριζόντιο αλλά κάθετο χαρακτήρα, σαν να ανεβαίνει κανείς τα σκαλιά μιας ιεραρχίας από τα απλούστερα προς τα συνθετότερα είδη. Πάντως ο Αριστοτέλης δεν αναφέρθηκε σε κανενός είδους εξέλιξη των έμβριων όντων και θεωρούσε, με τα δεδομένα της εποχής του, ότι τα είδη είναι σταθερά και αμετάβλητα.

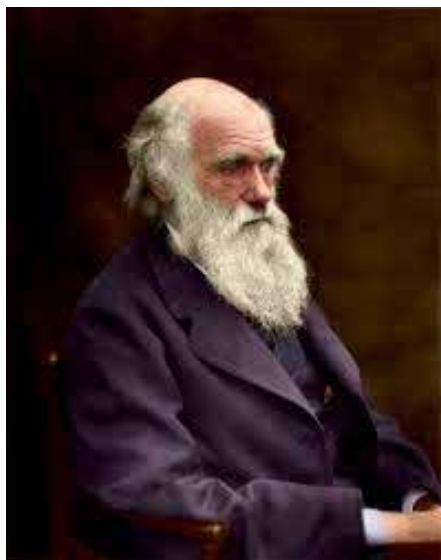
Ο Αριστοτέλης δεν υιοθέτησε τη θεωρία των ιδεών που ανήκουν σε κάποιο άλλο κόσμο, του δασκάλου του Πλάτωνα. Γι' αυτόν η ενεργός και μορφοποιός δύναμη που ενούμενη με την ύλη κάθε οργανισμού τη ζωογονεί και τη μορφοποιεί είναι **το είδος** που ανήκει αποκλειστικά στον κόσμο στον οποίο ζούμε. Το ενυπάρχον σε κάθε ον είδος καθορίζει την οργάνωση, τη μορφή και τις λειτουργίες του. Μάλιστα είπε ότι η δύναμη αυτή πρέπει να υπάρχει ήδη μέσα στην ύλη του εμβρύου σε μια εν δυνάμει κατάσταση που κλείνει μέσα της όλα τα μελλοντικά στάδια του ατομικού όντος.

Δεν είναι συγκλονιστική η σύλληψη αυτή του Αριστοτέλη; Δεν είναι το είδος του Αριστοτέλη το ακριβές ανάλογο του μορίου του DNA, η δομή και η λειτουργία του οποίου έγιναν γνωστά από τις έρευνες του 20^{ου} αιώνα που συνεχίζονται ακόμα; Ακριβώς αυτή η θέση οδήγησε τον **Max Delbruck**, που κέρδισε το Νόμπελ Ιατρικής το 1969, να πει ότι εάν ήταν δυνατόν να δοθεί ένα βραβείο Νόμπελ βιολογίας στη μνήμη κάποιου, θα έπρεπε να δοθεί στον Αριστοτέλη για την περιγραφή της αρχής που εκφράζεται στο DNA.

Αντίστοιχα ο **Κάρολος Λαρβίνος**, που διάβασε την πραγματεία του Αριστοτέλη «Περί ζώων μορίων» το 1882, 23 χρόνια μετά τη δημοσίευση της θεωρίας του περί εξελίξεως των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής, έγραψε ότι δεν είχε καταλάβει ποτέ πριν το μέγεθος της προσφοράς του Αριστοτέλη στην επιστημονική σκέψη. Και συμπλήρωσε ότι επιστήμονες όπως ο Λινναίος και ο Cuvier θα μπορούσαν να είναι μαθητές του.



Εικ. 4α. Η πρώτη έκδοση της Θεωρίας της Εξέλιξης (1859)



Εικ. 4β. Κάρολος Δαρβίνος (1809-1882)



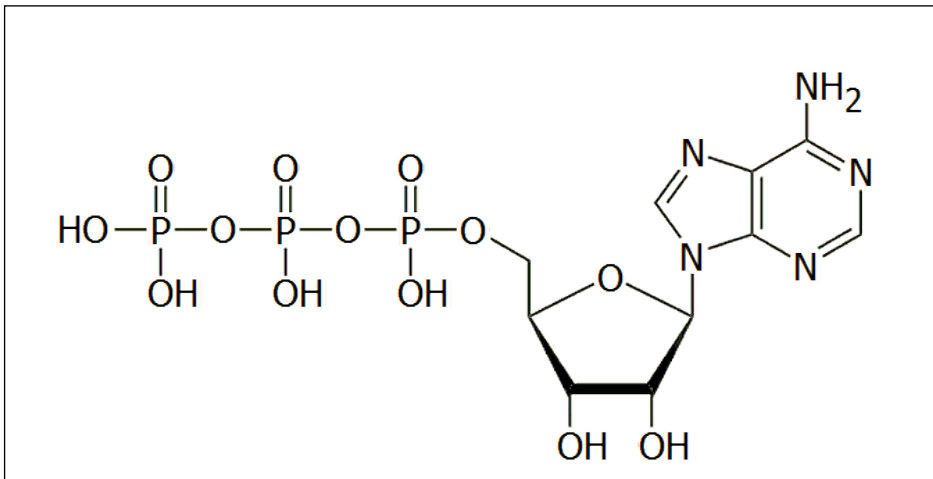
Εικ. 4γ. Απολίθωμα που ανήκει στην Λιθανθρακοφόρο



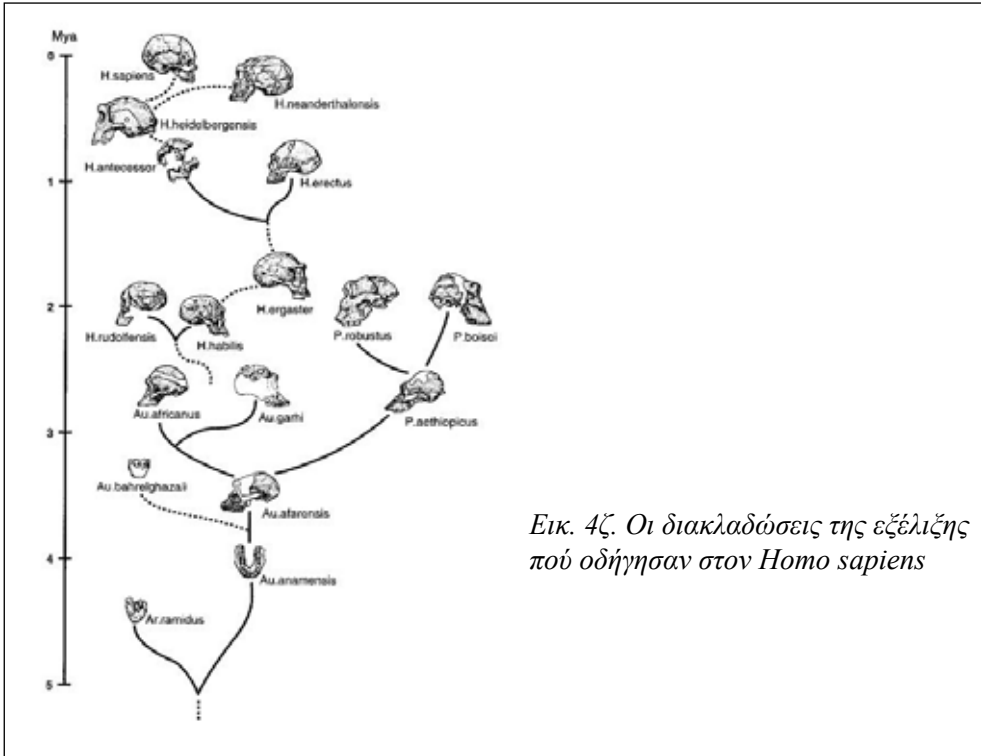
Εικ. 4δ. Απολίθωμα του είδους εοσαία που βρέθηκε στην Κίνα



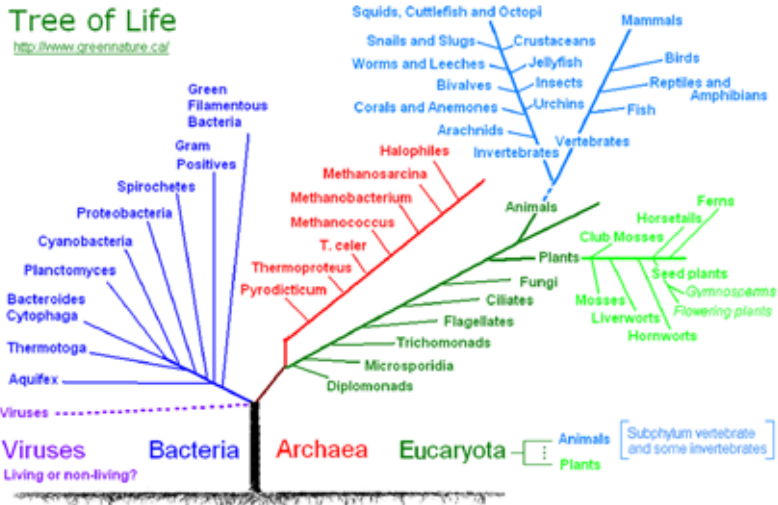
Εικ. 4ε. Έμβρυο ανθρώπου 4 εβδομάδων



Εικ. 4στ. Το μόριο της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP)



Εικ. 4ζ. Οι διακλαδώσεις της εξέλιξης που οδήγησαν στον *Homo sapiens*



Εικ. 4η. Η εξέλιξη του δέντρου της ζωής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

*Ο άνθρωπος φέρει στο σαρκίο του
την ανεξίτηλη σφραγίδα
της καταγωγής του...
Κάρολος Δαρβίνος
(The Descent of Man, 1871)*

Εισαγωγικά

Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, επομένως και ο Homo sapiens, ο σύγχρονος άνθρωπος, είναι δομημένοι από την κοινή συμπαντική ύλη που υπακούει ασφαλώς στους φυσικούς νόμους. Όμως η διαμόρφωση, η βιολογική λειτουργία και η εξέλιξη των έμβιων όντων υπακούει και σε μια δεύτερη σειρά εντολών: στις εντολές που υπάρχουν χημικά κωδικοευμένες στο γενετικό τους υλικό, στο DNA. Οι φυσικοί νόμοι καθόλου δεν μας λένε γιατί ανάμεσα στους ανθρωπίδες επικράτησε το είδος Homo sapiens, ή γιατί τα παγόνια έχουν πολύχρωμα φτερά, ή ποιο είναι το ποσοστό να γεννηθεί πάσχον παιδί από γονείς που έχουν το στίγμα της μεσογειακής αναιμίας. Οι εντολές αυτές «γράφτηκαν» με χημικό τρόπο στο γονιδίωμα κάθε είδους κατά τη διάρκεια της μακράς εξέλιξης της ζωής, και εξακολουθούν να εξελίσσονται με βραδύ ρυθμό. Το μόριο του DNA κάθε ζωντανού οργανισμού συντονίζει και διαμορφώνει την ύλη και την ενέργεια που εισέρχονται στα κύτταρα από το περιβάλλον καθώς και τη λειτουργία του, σύμφωνα με τις εντολές του.

Έτσι οι φυσικοί νόμοι και οι εντολές του DNA διαμορφώνουν τον άνθρωπο και ρυθμίζουν τις βιολογικές του λειτουργίες. Το πρόσκαιρο υλικό

οικοδόμημα που διαθέτει τα γνωρίσματα της ζωής, αναπτύσσεται, χρησιμοποιεί ενέργεια που παίρνει από το περιβάλλον, αναπτύσσει ένστικτα και συναισθήματα, τη λειτουργία του λόγου και της συνείδησης, αναπαράγεται, φθίνει βιολογικά με εντολές πάντα του DNA, και τέλος πεθαίνει. Με τον θάνατο δεν χάνεται τίποτα από τα υλικά του σώματος. Αυτό που φαίνεται να χάνεται είναι το εγώ, η συνείδηση και η αυτοσυνειδησία που χτίστηκαν στη διάρκεια της ζωής, ένα μοναδικό για κάθε άνθρωπο σύνολο πληροφοριών και οργάνωσης. Πάντως μέρος αυτού, μικρότερο ή μεγαλύτερο, προστίθεται στην εξελισσόμενη πολιτιστική κληρονομιά του Homo sapiens ανάλογα με την κοινωνική, την επαγγελματική, την επιστημονική, τη θρησκευτική και την πάσης φύσεως δραστηριότητα του ατόμου στη διάρκεια της ζωής του.

Υπάρχει η ψευδαίσθηση ότι οι άνθρωποι, όπως και όλα τα άλλα έμβια όντα, είναι υλικά αυτόνομες και ανεξάρτητες οντότητες που υπάρχουν και κινούνται στον χώρο και τον χρόνο. Η αλήθεια είναι ότι δεν υπάρχει υλικός διαχωρισμός ανάμεσα σε κάθε άνθρωπο και το υπόλοιπο σύμπαν, υπάρχει μόνο σχετική λειτουργική αυτονομία. Κάθε άνθρωπος αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του χωροχρονικού συνεχούς. Συνδέεται με αόρατο αλλά υπαρκτό ομφάλιο λώρο με τη μητέρα φύση, τη Μεγάλη Μητέρα που αποτελούσε το κέντρο πολλών αρχαίων θρησκειών. Μέσω αυτού του αόρατου λώρου αναπνέει και παίρνει συνεχώς το οξυγόνο που χρειάζεται, αλλά και την απαιτούμενη ενέργεια με τη μορφή αυτών που τρώει και πίνει. Αν διακοπεί η τροφοδοσία του εγκεφάλου με οξυγόνο για λίγα λεπτά, παύει να διαθέτει λόγο και συνείδηση, μετατρέπεται σε «φυτό».

Η αποκλειστικά βιολογική λειτουργία του ανθρώπου είναι εξελικτικά διαμορφωμένη και προγραμματισμένη από τα γονίδια, δεν χρειάζεται -ευτυχώς- τη βοήθεια της συνειδητής σκέψης. Όμως η δράση του στο φυσικό περιβάλλον, η κοινωνική και η πολιτιστική του λειτουργία απορρέουν από τα προϊόντα του λόγου, από τις ιδέες που ανήκουν στον κόσμο III κατά τον φιλόσοφο Karl Popper. **Οι ιδέες δεν έχουν σχέση με τους φυσικούς νόμους, και μικρή σχέση έχουν με τις εντολές του DNA.**

Κάθε παιδί που γεννιέται διαθέτει στα κύτταρά του τις σύμφυτες γενετικές εντολές αλλά δεν έχει ακόμα πλήρως λειτουργικό εγκέφαλο. Διαθέτει μερικά αντανakλαστικά χρήσιμα για την επιβίωσή του, όπως είναι το αντανakλαστικό του θηλασμού, και την απεριόριστη δύναμη να μαθαίνει. Για να γίνει άνθρωπος χρειάζεται κατ' αρχήν τη συνεχή παροχή των ουσιών της φύσεως

μέσω του αόρατου ομφάλιου λώρου που ήδη μνημονεύτηκε. Έπειτα χρειάζεται να μάθει τις συμπεριφορές και τις πληροφορίες που του διδάσκουν οι άνθρωποι που είναι γύρω του, αλλά και τους θησαυρούς που έχουν συσσωρευτεί στις προφορικές παραδόσεις, στη συλλογική κοινωνική μνήμη. Και αργότερα πρέπει να γίνει κοινωνός των πάσης φύσεως γνώσεων που έχουν κατακτήσει οι άνθρωποι πριν απ' αυτόν, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα που θα αναπτύξει. Έτσι διαλεγόμενος με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον μέσω των αισθητηρίων οργάνων και της νόησης και διαθέτοντας την πολύτιμη υπαρξιακή αρχή που λέγεται ελευθερία, αυτοοργανώνεται και εξελίσσεται σε μια μοναδική και ανεπανάληπτη συνειδησιακή μονάδα, γινόμενος και ο ίδιος παραγωγός γνώσης. Δεν υπήρξαν ποτέ στον πλανήτη δύο ακριβώς όμοιοι συνειδησιακά άνθρωποι, ούτε καν μονοωγενείς δίδυμοι. Σύμφωνα με τον Ζαν Πωλ Σαρτρ κάθε άνθρωπος σαν συνειδησιακή μονάδα φτιάχεται σε μεγάλο βαθμό από τους άλλους ανθρώπους ή ορθότερα από τη σχέση του με τους άλλους ανθρώπους.

Εν τέλει ο άνθρωπος σε ό,τι αφορά τη βιολογική του υπόσταση δεν είναι κάτι το ξεχωριστό, είναι ένα από τα είδη του ζωικού βασιλείου, και μάλιστα ένα σχετικά νέο είδος. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι ενώ η ζωή πέρασε από το νερό στην ξηρά πριν περίπου 350 εκατομμύρια χρόνια, ο άνθρωπος εμφανίστηκε ως γένος πριν 2,6 εκατομμύρια χρόνια. Καλύπτει δηλαδή μόνο το τελευταίο 0,7% αυτού του χρόνου, και ως είδος *Homo sapiens* μόλις το 0,09% αντίστοιχα.

Οι σύγχρονες κατακτήσεις της επιστήμης έχουν επομένως κρίσιμη οντολογική σημασία και αναιρούν την ιδέα ότι ο άνθρωπος είναι ένα ον που δεν έχει σχέση με τα υπόλοιπα όντα, καθώς και τις δυσιστικές φιλοσοφικές ιδέες των περασμένων αιώνων περί μιας ανεξάρτητης πνευματικής οντότητας που είναι φυλακισμένη σε ένα υλικό σώμα, με το οποίο δεν σχετίζεται.

Η θέση του ανθρώπου στην ταξινόμηση των ειδών

Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα, σ' αυτήν τη μαγική για την επιστήμη εποχή, ο Σουηδός βοτανολόγος Carl Linnaeus (1707-1778) εισήγαγε μια συστηματική και ιεραρχική ταξινόμηση όλων των ζωικών και φυτικών ειδών χρησιμοποιώντας ένα σύστημα δύο ονομάτων στη λατινική γλώσσα. Το πρώτο όνομα, που είναι **ουσιαστικό**, είναι δηλωτικό του γένους και γράφεται πάντα με κεφαλαίο

το πρώτο γράμμα. Το δεύτερο, που είναι **επίθετο**, δηλώνει το είδος και γράφεται με μικρό πρώτο γράμμα. Σήμερα είναι **καταγεγραμμένα** περίπου 1,8 εκατομμύρια ζώντα είδη. Ωστόσο σύμφωνα με τους ειδικούς αποτελούν ένα κλάσμα του συνόλου των ειδών που ζουν και δεν έχουν καταγραφεί, ενώ είναι γνωστό ότι πάνω από το 99% των ειδών που έχουν υπάρξει στον πλανήτη έχουν εξαφανιστεί.

Ο Linnaeus ονόμασε **το είδος** μας Homo sapiens και το ενέταξε στο **γένος** Homo μαζί με όλα τα άλλα είδη Homo που προϋπήρξαν ή συνυπήρξαν μαζί του και έχουν περιγραφεί κυρίως με βάση τις μελέτες στο υπάρχον αρχείο των απολιθωμάτων και τη συγκριτική ανάλυση του μιτοχονδριακού DNA. Πρόκειται για τον Homo habilis, τον erectus, τον heidelbergensis, τον neandethalensis, τον denisova και τον μικροσκοπικό floresiensis, απολιθώματα του οποίου βρέθηκαν στην Ινδονησία, ενώ έχουν καταγραφεί και κάποια υποείδη των κυρίων αυτών ειδών Homo όπως ο Homo ergaster και ο Homo antecessor.

Το γένος Homo ταξινομήθηκε στην **οικογένεια** των ανθρωπιδών όπου εντάχθηκαν επίσης ως διαφορετικά γένη οι Αυστραλοπίθηκοι, που δεν υπάρχουν πλέον, και οι μεγάλοι πίθηκοι, δηλαδή οι χιμπαντζήδες, οι γορίλλες και οι ουρακουτάγκοι. Είτε μας αρέσει είτε όχι το γένος Homo στο οποίο ανήκει το είδος μας, ανήκει στην οικογένεια των ανθρωπιδών στην οποία ανήκουν και οι μεγάλοι πίθηκοι, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο άνθρωπος προέρχεται από αυτούς όπως εσφαλμένα λέγεται από όσους δεν γνωρίζουν τι ακριβώς λέει η θεωρία της εξέλιξης. Απλά έχει με τους μεγάλους πιθήκους κοινό πρόγονο.

Κοινά ανατομικά χαρακτηριστικά που έχουν όλοι οι ανθρωπίδες είναι η έλλειψη ουράς, η θέση των ωμοπλάτων που ευρίσκεται στο πίσω μέρος του κορμού και όχι στα πλάγια αυτού, και η διαμόρφωση της μασητικής επιφάνειας των γομφίων οδόντων που μοιάζει με κεφαλαίο Υ. Ζώο που δεν έχει έστω ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ανήκει στην οικογένεια των ανθρωπιδών. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι οι δίποδοι ανθρωπίδες, οι Αυστραλοπίθηκοι και κυρίως οι Homo έχουν το επιπλέον χαρακτηριστικό ότι το ινιακό τμήμα, από όπου ο εγκέφαλος συνεχίζει ως νωτιαίος μυελός, ευρίσκεται σχεδόν στο μέσον της κάτω επιφάνειας του κρανίου γιατί η κεφαλή ισορροπεί στην κορυφή της σπονδυλικής στήλης, ενώ στους τετράποδους ανθρωπίδες ευρίσκεται πιο πίσω γιατί η κεφαλή «κρέμεται» από τη σπονδυλική στήλη.

Την οικογένεια των ανθρωπιδών ο Linnaeus ενέταξε στην **τάξη** των πρωτεύοντων μαζί με διάφορα είδη μικρών πιθήκων και τους λεμούριους. Κοινά

ανατομικά χαρακτηριστικά των πρωτεύοντων είναι τα πλατιά και όχι γαμψά νύχια στα δάκτυλα των χεριών και των ποδιών, η αντίθεση ενός δακτύλου, του αντίχειρα, στα υπόλοιπα δάκτυλα και η ύπαρξη τεσσάρων τομέων οδόντων, των κοπτήρων, στο πρόσθιο μέρος της άνω και της κάτω γνάθου.

Η τάξη των πρωτεύοντων εντάχθηκε στην **ομοταξία** των θηλαστικών. Κοινά χαρακτηριστικά των θηλαστικών είναι η ύπαρξη τριχωτού σώματος, μαζικών αδένων και τριών χωριστών οσταρίων στο μέσον ους. Ζώο που δεν έχει και τα τρία αυτά χαρακτηριστικά δεν είναι θηλαστικό.

Τα θηλαστικά εντάχθηκαν στην **υποσυνομοταξία** των σπονδυλωτών που εντάσσεται στη **συνομοταξία** των χορδωτών.

Το είδος *Homo sapiens* επομένως ανήκει στο βασίλειο των ζώων, στη συνομοταξία των χορδωτών, στην υποσυνομοταξία των σπονδυλωτών, στην ομοταξία των θηλαστικών, στην τάξη των πρωτεύοντων, στην οικογένεια των ανθρωπιδών, και στο γένος *Homo*. Στην εξελικτική του πορεία αναπτύχθηκαν προοδευτικά μεγαλύτεροι εγκέφαλοι σε σχέση με το βάρος του σώματος, μέχρι τον μεγαλύτερο όλων που ανήκει στον *Homo sapiens*. Και μεγαλύτερος εγκέφαλος σημαίνει ευφυέστερο ον, που έχει ως εκ τούτου εξελικτικό πλεονέκτημα (**Πίνακας 5α**).

ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ	
του Ζωικού Βασιλείου μέχρι τον <i>Homo sapiens</i>	
Έμβια όντα (Life)	
Επικράτεια (Domain)	: Αρχαία, Βακτήρια, Ευκαρυώτες
Βασίλειο (Kingdom)	: Ζώα
Συνομοταξία (Phylum)	: Χορδωτά
Υποσυνομοταξία	: Σπονδυλωτά
Ομοταξία (Class)	: Θηλαστικά
Τάξη (Order)	: Πρωτεύοντα
Υπεροικογένεια (Superfamily)	: Ανθρωποειδή
Οικογένεια (Family)	: Ανθρωπίδες
Γένος (Genus)	: Άνθρωπος (<i>Homo</i>)
Είδος (Species)	: Άνθρωπος ο σοφός (<i>Homo sapiens</i>)

Πίνακας 5α

Η εμφάνιση και η εξάπλωση των ανθρώπων

Το γένος *Homo*, ο άνθρωπος, εμφανίστηκε στην ανατολική Αφρική μία φορά πριν περίπου 2,6 εκατομμύρια χρόνια και το πρώτο είδος ήταν ο *Homo habilis*. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα το λίκνο του ανθρώπου είναι η ανατολική Αφρική, και συγκεκριμένα η κοιλάδα του ποταμού Όμο στις εκβολές του, στις βόρειες όχθες της λίμνης Τουρκάνα που παλαιότερα ονομαζόταν λίμνη του Ροδόλφου. Πρόκειται για μια σαβάνα ανάμεσα στη νοτιοδυτική Αιθιοπία και τη βόρεια Κένυα. Μετά τον *Homo habilis* εμφανίστηκαν στον πλανήτη πολλά είδη ανθρώπων, ο *Homo erectus*, ο *heidelbergensis*, ο *neanderthalensis*, ο *denisova*, ο *floresiensis*, ο *sapiens*, και κάποια ακόμα ενδιάμεσα είδη.

Το είδος *Homo sapiens*, ο σοφός άνθρωπος, εμφανίστηκε στην ανατολική Αφρική πριν από 300 έως 200 χιλιάδες χρόνια. Άρχισε να μεταναστεύει πριν 130 χιλιάδες χρόνια αρχικά προς τη νότια και τη δυτική Αφρική. Με την πάροδο των χιλιετιών όμως ήρθε η ώρα ομάδες *Homo sapiens* να μεταναστεύσουν και εκτός της Αφρικανικής ηπείρου. Πριν περίπου 100 χιλιάδες χρόνια πέρασαν προς την περιοχή της Μέσης Ανατολής σε ένα πρώτο ασταθές κύμα. Με δεδομένο ότι η απόσταση που μπορούσε να διανύσει κάθε ανθρώπινη ομάδα σε χρονικό διάστημα μιας γενιάς έχει υπολογιστεί ότι δεν υπερέβαινε τα 50 χιλιόμετρα, οι παλαιοανθρωπολόγοι υπολογίζουν ότι για να φθάσουν οι άνθρωποι στη Μέση Ανατολή από την κοιλάδα του ποταμού *Homo* χρειάστηκαν κάποιες χιλιάδες χρόνια. Η μέση διάρκεια ζωής των ανθρώπων ήταν την εποχή εκείνη περίπου 20 χρόνια. Το πρώτο αυτό μεταναστευτικό κύμα όμως είτε εξαφανίστηκε είτε επανήλθε στην Αφρική.

Μέχρι σήμερα δεν έχουν ανευρεθεί απολιθώματα *Homo sapiens* παλαιότερα των 100 χιλιάδων ετών εκτός Αφρικής. Πρόσφατα ωστόσο δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Nature* έρευνα του πανεπιστημίου του Tübingen, σύμφωνα με την οποία τμήμα κρανίου που είχε ανακαλυφθεί από το 1970 στο σπήλαιο Απήδημα κοντά στην Αρεόπολη Λακωνίας, επανεξετάστηκε και κρίθηκε ότι μάλλον ανήκει σε *Homo sapiens*. Το κρανίο που φυλάσσεται στο ανθρωπολογικό μουσείο της ιατρικής σχολής του πανεπιστημίου Αθηνών, υποβλήθηκε σε αξονική τομογραφία, και στη συνέχεια έγινε εικονική αναπαράσταση των οστών με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού. Η τελική μελέτη έγινε με τη χρήση τρισδιάστατης μορφομετρίας σχήματος. Πρόκειται για ένα τμήμα

από τον θόλο κρανίου, που βρέθηκε στο σπήλαιο 30 εκατοστά δίπλα από ένα ολόκληρο κρανίο *neanderthalensis*. Η πρόσφατη χρονολόγησή του έδειξε ότι είναι 210 χιλιάδων ετών. Ωστόσο υπάρχουν ισχυρές διαφωνίες πολλών παλαιοανθρωπολόγων, που υποστηρίζουν ότι δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα από το σχήμα του θόλου, αφού απουσιάζει το μεγαλύτερο μέρος που είναι το σπλαχνικό κρανίο, και ότι μάλλον πρόκειται για κρανίο *neanderthalensis*. Αν πάντως επιβεβαιωθούν τα πορίσματα της συγκεκριμένης έρευνας, τότε θα πρόκειται για το αρχαιότερο απολιθώμα *sapiens* στην Ευρασία και θα σημαίνει ότι υπήρξε και προηγούμενη μετανάστευση του *sapiens* εκτός Αφρικής, πάντως περιορισμένη και όχι μόνιμη.

Πριν περίπου 70 χιλιάδες χρόνια υπήρξε μια δεύτερη μονιμότερη αυτή τη φορά μετανάστευση στη Μέση Ανατολή και στη συνέχεια επέκταση προς την Ασία και την Αραβική χερσόνησο. Προς τη Νότια Ευρώπη μετακινήθηκε ο *sapiens* πριν 45 έως 43 χιλιάδες χρόνια προερχόμενος από τη δυτική Ασία ακολουθώντας είτε τις κοιλάδες του Δούναβη είτε τις Μεσογειακές ακτές των σημερινών Βαλκανίων. Δεν αποκλείεται όμως να υπήρξε και ρεύμα μετακίνησης του *sapiens* προς την Ευρώπη απευθείας από την Αφρική, μέσω λωρίδων ξηράς που υπήρχαν λόγω σημαντικής πτώσης της στάθμης των νερών της Μεσογείου κατά την τελευταία εποχή των παγετώνων, που άρχισε πριν 100 χιλιάδες χρόνια.

Στην Ασία ο *Homo sapiens* συνάντησε τον *Homo neanderthalensis* και συνυπήρξαν εκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, πιθανότατα για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Αργότερα, όταν ο *sapiens* πέρασε στην Ευρώπη, τα δύο είδη συναντήθηκαν εν νέου και συνυπήρξαν εκεί για μερικές χιλιάδες χρόνια μέχρι την εξαφάνιση του *neanderthalensis* πριν περίπου 39 χιλιάδες χρόνια. Μεταξύ τους υπήρξε πιθανώς κάποιο είδος πολιτιστικής, αλλά σε μικρό βαθμό και γενετικής επαφής, όπως διαπιστώθηκε από έρευνα του ινστιτούτου Max Planck της Γερμανίας σε ανθρώπινο γενετικό υλικό Ευρωπαίων, που έγινε από το 1997 έως το 2010 όταν και δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Science*. Το DNA των σύγχρονων Ευρωπαίων βρέθηκε ότι περιέχει σε ποσοστό 1 έως 4% DNA *neanderthalensis*.

Όλα τα ευρεθέντα απολιθώματα ανθρώπων που ανήκουν χρονολογικά στα τελευταία 39 χιλιάδες χρόνια, σε όλο τον πλανήτη, ανήκουν στους σύγχρονους *Homo sapiens*, οι οποίοι ανέπτυξαν εξ αρχής ικανότητες και τύπους συμπεριφοράς που σχεδόν δεν υπήρχαν στους *neanderthalensis*, όπως η επικοινωνία

νωνία με καθαρό έναρθρο λόγο και η τέχνη σε διάφορες μορφές. Οι ειδικοί επιστήμονες δέχονται σήμερα ότι η εξαφάνιση του *Homo neanderthalensis* σχετίζεται με τη λειτουργία του υπολογιστικού μοντέλου που περιέγραψε ο καθηγητής Ezra Zubrow στις ΗΠΑ και αφορά **συνυπάρχοντες και αλληλεπιδρώντες** πληθυσμούς διαφορετικών ειδών. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό εάν ο ένας πληθυσμός έχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της τάξης μόνο του 2% μπορεί να οδηγήσει σε αφανισμό του άλλου μέσα σε μια χιλιετία. Στα εξελικτικά πλεονεκτήματα του *sapiens* εντάσσονται η μεγαλύτερη ευφυΐα, η καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία, η καλύτερη κοινωνική οργάνωση σε μεγαλύτερες ομάδες, οι καινοτόμες ιδέες, τα καλύτερα εργαλεία, τα καλύτερα όπλα για το κυνήγι και την προστασία του, και πιθανώς η καλύτερη διατροφή και εκπαίδευση. Προφανώς έπαιξε ρόλο και η διαφορά στη βάση του κρανίου, που στον *neanderthalensis* είναι επίπεδη όπως σε όλα τα πρωτεύοντα ενώ μόνο στον *Homo sapiens* είναι κοίλη εσωτερικά, επιτρέποντας χαμηλότερη θέση του λάρυγγα, την ύπαρξη υπερλαρυγγικού αντηχείου της φωνής, ταχύτερη και καθαρότερη άρθρωση και κατ' επέκτασιν καλύτερη γλώσσα και επικοινωνία.

Από τη νοτιοανατολική Ασία οι άνθρωποι πέρασαν προς στην Αυστραλία πριν περίπου 50 έως 40 χιλιάδες χρόνια. Οι *sapiens* που ζούσαν στην περιοχή της Ινδονησίας προφανώς κατάφεραν να κατασκευάσουν ξύλινα πλωτά μέσα με τα οποία πέρασαν στην Αυστραλία. Βοήθησε ασφαλώς το γεγονός ότι την εποχή εκείνη το επίπεδο της θάλασσας υπολογίζεται ότι ήταν τουλάχιστον 50 μέτρα χαμηλότερα λόγω των παγετώνων, και ενδιάμεσα υπήρχαν μεγάλες λωρίδες ξηράς.

Στην Αμερικανική ήπειρο πέρασαν οι *Homo sapiens* περπατώντας λίγο πριν το τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων, πριν περίπου 15 χιλιάδες χρόνια. Αυτό έγινε στην περιοχή του Βερίγγειου πορθμού, χάρις σε λωρίδες ξηράς που υπήρχαν λόγω της χαμηλής στάθμης της θάλασσας την εποχή εκείνη, σε συνδυασμό με όγκους πάγου που ήταν βατοί. Οι άνθρωποι κυνηγημένοι από τους πάγους και την έλλειψη τροφής βρίσκονταν σε συνεχή πορεία αναζητώντας ένα πιο φιλόξενο και γόνιμο φυσικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα πέρασαν από το ανατολικό άκρο της σημερινής Σιβηρίας στο δυτικό άκρο της Αμερικανικής ηπείρου, στις ακτές της σημερινής Αλάσκας. Μέσα σε λίγες χιλιετίες είχαν εποικίσει όλη την Αμερικανική ήπειρο, συνεχίζοντας

μια πορεία που από ένα σημείο και μετά δεν έμοιαζε με φυγή επιβίωσης αλλά με εξερεύνηση (**Εικόνα 5α**).

Η τελευταία παγετωνική περίοδος έληξε στο τέλος της Πλειστόκαινου πριν περίπου 12 χιλιάδες χρόνια.

Στην αποτύπωση των μετακινήσεων του *Homo sapiens* εκτός Αφρικής πέραν της μακροσκοπικής μελέτης και της χρονολόγησης των απολιθωμάτων, βοήθησαν και άλλες μέθοδοι, όπως ο προσδιορισμός των ομάδων του αίματος στους σύγχρονους πληθυσμούς. Για παράδειγμα σε μια έρευνα που έγινε στα μέσα του 20^{ου} αιώνα βρέθηκε ότι οι αυτόχθονες Ινδιάνοι της βόρειας και της νότιας Αμερικής δεν διέθεταν αίμα της ομάδος Β. Οι φυλές της κεντρικής και νότιας Αμερικής ανήκαν όλες στην ομάδα Ο, ενώ οι φυλές της βόρειας Αμερικής είχαν αίμα ομάδος Ο, αλλά και αίμα ομάδος Α σε ποσοστό περίπου 15%. Σύμφωνα με τους ανθρωπολόγους αυτό σημαίνει ότι πιθανόν οι πρώτοι *sapiens* που έφθασαν στην Αμερική διέθεταν αίμα ομάδος Ο, ενώ μεταγενέστερα μεταναστευτικά ρεύματα που περιορίστηκαν στη βόρεια Αμερική, διέθεταν αίμα των ομάδων Ο και Α.

Μεγάλη βοήθεια πήραν στον τομέα αυτό οι επιστήμονες τις τελευταίες δεκαετίες από τη μοριακή βιολογία, και συγκεκριμένα από την ανίχνευση ενός απλοειδικού, μονής αλυσίδας δηλαδή, μιτοχονδριακού DNA, του **mtDNA haplogroup L3**. Το μόριο αυτό υπολογίστηκε ότι εμφανίστηκε στους *sapiens* πριν περίπου 70 χιλιάδες χρόνια και έκτοτε ανευρίσκεται σταθερά στα κύτταρα των απολιθωμάτων του *Homo sapiens*. Όπως βοηθά και η ανίχνευση δύο ακόμη μορίων, του **mtDNA haplogroup N** και του **Y-chromosomal haplogroup IJK**. Σήμερα επίσης παρέχει σημαντική βοήθεια η επιστήμη της γενετικής των πληθυσμών, η **πληθυσμιακή γενετική** που αποτελεί ιδιαίτερο κλάδο της γενετικής αλλά και της εφαρμοσμένης βιολογίας, η οποία μεταξύ άλλων ασχολείται και με την εξέλιξη της γενετικής δομής των πληθυσμών.

Η ανάλυση του αρχαίου DNA και η επιστήμη της Αρχαιογενετικής κάνουν συνεχείς προόδους. Κάθε χρόνο ρίχνεται περισσότερο φως στο πεδίο της κατανόησης των αρχαίων κοινωνιών και των μαζικών μεταναστεύσεων του μακρινού παρελθόντος. Έτσι σήμερα, στην αρχή του 2021, αναμένονται τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την καταγωγή των βιβλικών Φιλισταιών, αλλά και νεότερες ανακοινώσεις για την προέλευση των Ελλήνων.

Ο Κάρολος Δαρβίνος στο βιβλίο του «**Η καταγωγή των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής**» (*The Origin of Species by Means of Natural Selection*)

που δημοσιεύτηκε το 1859 δεν βιάστηκε να πάρει θέση στο θέμα της ανθρωπογένεσης και της εξέλιξης του ανθρώπου. Ανέφερε όμως σ' αυτό: «*Θα ριχθεί άπλετο φως στην καταγωγή του ανθρώπου και στην ιστορία του*». Το 1871 ωστόσο εξέδωσε το βιβλίο «**Η προέλευση του ανθρώπου**» (The Descent of Man) στο οποίο βασική ιδέα ήταν ότι ο ζωικός κόσμος είναι ενιαίος και συνεχής και δεν υπάρχουν στεγανά ούτε υπερφυσικές οδηγίες που οδήγησαν στην εμφάνιση του ανθρώπου. Η ιδέα αυτή ασφαλώς ήταν σε διάσταση με το πολιτιστικό και θρησκευτικό περιβάλλον εκείνης της εποχής. Τόνισε ότι οι διαφορές στη νοητική ικανότητα μεταξύ του ανθρώπου και των περισσότερο εξελιγμένων από τα υπόλοιπα ζώα είναι διαφορές βαθμού και λιγότερο ποιότητας. Η θέση αυτή συμφωνεί με τη σύγχρονη διάκριση της συνείδησης σε Πρωτογενή, που αφορά τα ζώα, και σε Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως που αφορά αποκλειστικά τον άνθρωπο. Αγνοούσε βέβαια τότε τη δομή, τη λειτουργία και την εξέλιξη της βιολογικής βάσης της νόησης, δηλαδή του εγκεφάλου (**Εικόνα 5β**).

Επίσης πολύ πριν τις κατακλυσμιαίες γνώσεις που προστέθηκαν κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα και ξεκαθάρισαν το τοπίο, ο **Alfrent Russel Wallace**, που περιέγραψε τη θεωρία της εξέλιξης σχεδόν την ίδια εποχή με τον Δαρβίνο, έχοντας μελετήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα περί τα μέσα του 19^{ου} αιώνα τις πρωτόγονες φυλές της νοτίου Αμερικής και της Άπω Ανατολής τόνιζε ότι ο εγκέφαλος των ανθρώπων αυτών, όπως πιθανότατα ο εγκέφαλος των πρώτων μελών του γένους Homo, δεν διέφερε από τον εγκέφαλο των πολιτισμένων ανθρώπων της εποχής του.

Οι αποκλειστικά ανθρώπινες δυνάμεις

Ο άνθρωπος μπορεί βιολογικά να μην είναι κάτι ξεχωριστό από τα υπόλοιπα είδη, αλλά πάντως αποτελεί ιδιαίτερη οντολογική κατηγορία όσον αφορά την πνευματική του υπόσταση, μιας και αποτελεί το μοναδικό είδος του ζωικού βασιλείου που διαθέτει **λόγο** και **Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως**, όπως αποκάλυψε την ανθρώπινη συνείδηση ο νομπελίστας Gerald Edelman. Απέκτησε δηλαδή τη δυνατότητα, χάρις στη μοναδική δομή του εγκεφάλου του, να δημιουργεί και να διαχειρίζεται έννοιες και σύμβολα, να συσχετίζει τις έννοιες στον χώρο και τον χρόνο δομώντας τη σχέση του ανθρώπου με το σύμπαν. Απέκτησε τη δύναμη της επικοινωνίας με συμβατικά, κατόπιν συμφωνίας δηλαδή, συμβολικά συστήματα που είναι οι γλώσσες. Οι λέξεις κάθε γλώσ-

σας δεν είναι παρά σύμβολα, που εισήχθησαν κατόπιν συμφωνίας ώστε να περιέχουν νόημα και για εκείνον που τα εκφέρει και για εκείνον που τα προσλαμβάνει. Τα σύμβολα ήταν αρχικά φωνητικά και κινητικά, και πολύ αργότερα γραπτά. Ο συνδυασμός των εννοιών-συμβόλων μέσω γραμματικών και συντακτικών κανόνων δημιούργησε τη δυνατότητα παραγωγής άπειρων σημασιολογικών συνδυασμών. Έτσι αναπτύχθηκε η γλώσσα ως πολύτιμη συμβολική λειτουργία εξωτερίκευσης των εννοιών που παράγει ο λόγος, και ως απαραίτητη προϋπόθεση επικοινωνίας και οργάνωσης της συλλογικής ζωής, της αμοιβαιότητας, του καταμερισμού της εργασίας και της συναλλαγής, που ευρίσκονται στη βάση της γέννησης και της εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού. Πολλοί θεωρούν την εξέλιξη της γλώσσας ως το κορυφαίο γεγονός στην ανθρώπινη πολιτιστική πορεία.

Στον άνθρωπο ο λάρυγγας ευρίσκεται σε χαμηλότερη θέση σε σχέση με τους ανθρωποειδείς πιθήκους. Αυτό οφείλεται στο ότι η βάση του κρανίου στον *Homo sapiens* είναι αρκετά κοίλη εσωτερικά, σε σχέση με τη βάση του κρανίου των άλλων πρωτευόντων, αλλά και σε σχέση με τον *Homo neanderthalensis* όπως αποκάλυψαν σχετικές έρευνες, των οποίων η βάση του κρανίου είναι επίπεδη. Αυτό του απαγορεύει να μιλά και να καταπίνει συγχρόνως αλλά δημιουργεί έναν μεγάλο ηχητικό θάλαμο πάνω από τις φωνητικές χορδές. Η λειτουργία του θαλάμου αυτού κατά την εκπνοή σε συνεργασία με τις κινήσεις της γλώσσας και των λοιπών μυών της στοματικής κοιλότητας και των χειλέων, του δίνει την ικανότητα παραγωγής πλούσιας έναρθρης ομιλίας με ταχεία και καθαρή άρθρωση των φωνηέντων και των διφθόγγων.

Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η υψηλότερη θέση του λάρυγγα στα βρέφη μέχρι τον 18^ο μήνα, που τους επιτρέπει να αναπνέουν και να θηλάζουν ταυτόχρονα.

Η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως (ΣΑΤ) εμφανίστηκε κατά την εξέλιξη μετά την αύξηση του όγκου του εγκεφάλου με το γένος *Homo* και την εμφάνιση κάποιων νέων λειτουργικών δομών στον εγκέφαλο, κυρίως των κέντρων αντίληψης και εκφοράς του λόγου. Αφορά μόνο τον άνθρωπο. Πριν τον άνθρωπο δεν υπήρχε!

Επομένως στον λόγο και στη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως που διαθέτει ο άνθρωπος σε σύγκριση με την κλιμακούμενη Πρωτογενή Συνείδηση που διαθέτουν τα υπόλοιπα ζώα, οφείλεται η εξ αρχής εκδηλωμένη δύναμή του να επικοινωνεί. Αρχικά με κινήσεις και φωνήματα που εξωτερίκευαν απλές και

πιο σύνθετες ιδέες που γεννιούνταν μέσα του και περιείχαν, κατόπιν σύμβασης, το ίδιο νόημα για όλα τα μέλη της ομάδας, και πολύ αργότερα με γραπτά σύμβολα. Οι ειδικοί επιστήμονες συμφωνούν ότι η δύναμη της επικοινωνίας οδήγησε σε εκπληκτικά σύνθετους τρόπους σκέψης και ήταν ένας από τους παράγοντες που βοήθησαν στην αύξηση του όγκου του ανθρώπινου εγκεφάλου μέσω συνεχούς θετικής ανάδρασης. Χάρη στις γλώσσες δημιουργήθηκαν κοινωνικές ομάδες με δομή και οργάνωση, με συνεργασία και καταμερισμό των δράσεων. Δημιουργήθηκε ένας ταχέως εξελισσόμενος άνθρωπος **πολιτισμός**, ολοένα πολυπλοκότερος.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι πολύτιμο στοιχείο που επέτρεψε στον Homo sapiens να οργανωθεί συλλογικά και κοινωνικά είναι μια πολύτιμη πτυχή του λόγου, η **φαντασία**. Η φαντασία που προκύπτει από την εσωτερική διαχείριση και συσχέτιση όλων των δεδομένων, **υπερβαίνοντας τον χώρο και τον χρόνο** είναι η μητέρα της δημιουργικότητας και της καινοτομίας σε όλα τα επίπεδα: στην κατασκευή εργαλείων, στην επίλυση προβλημάτων στην καθημερινή ζωή, αργότερα στη γένεση και την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, στην οργάνωση του μέλλοντος.

Η φαντασία επινόησε αρχικά μύθους που διαπότισαν τη συλλογική συνείδηση και ομογενοποίησαν τη συμπεριφορά των ανθρώπων ιδιαίτερα στο ηθικό πεδίο. Μύθους θρησκευτικούς, εθνικούς, πολιτιστικούς, που έγιναν συλλογικά αποδεκτοί και προσέδωσαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στη συλλογική λειτουργία κάθε κοινωνίας, αποτελούντες τον συνδετικό κρίκο των ανθρώπων. Η φαντασία ευρίσκεται και στη βάση της καλλιτεχνικής δημιουργίας που εκδηλώθηκε από νωρίς με την κατασκευή μικρογλυπτών και κοσμημάτων από διάφορα υλικά, απογειώθηκε όμως με την έναρξη της Νέας (Ανω) Παλαιολιθικής εποχής.

Έχουν διασωθεί σε διάφορα μέρη, κυρίως της Ευρώπης, και σε ικανοποιητική κατάσταση, εκπληκτικές σπηλαιογραφίες, έργα του σύγχρονου ανθρώπου που βαθμιαία και σταθερά ανέπτυξε μορφές καλλιτεχνικής έκφρασης με έγχρωμες παραστάσεις ζώων, σκηνές κυνηγιού αλλά και παραστάσεις ανθρώπων. Τα σπουδαιότερα εικονογραφημένα σπήλαια είναι το σπήλαιο **Αλταμίρα** στη βόρεια Ισπανία με παραστάσεις που έγιναν πριν 35 χιλιάδες χρόνια και το σπήλαιο **Λασκώ** στη νοτιοδυτική Γαλλία ζωγραφισμένο πριν 17 χιλιάδες χρόνια.

Αποτελεί όμως ο άνθρωπος ξεχωριστή οντολογική κατηγορία και όσον

αφορά την **ηθική** του υπόσταση, που θεμελιώνεται στην ύπαρξη ελεύθερης βούλησης. Η **ελευθερία της βούλησης** αποτελεί ανώτερη πνευματική λειτουργία, αναπόσπαστο μέρος της ουσίας της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, που απελευθέρωσε τον άνθρωπο από τη δουλεία των ενστίκτων, του επέτρεψε να μπορεί να ελέγχει τις επιθυμίες του, να αναπτύξει ηθική συμπεριφορά, και συγχρόνως προσέθεσε σε αυτόν το αίσθημα της ευθύνης. Άλλωστε η ύπαρξη Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως χωρίς ελευθερία βούλησης δεν θα προσέδιδε στον άνθρωπο κανένα εξελικτικό πλεονέκτημα.

Η συνείδηση που υπάρχει στα υπόλοιπα είδη του ζωικού βασιλείου, με εξελικτική ασφαλώς διαβάθμιση, είναι η **Πρωτογενής Συνείδηση**. Δεν έχει την ικανότητα συσχετισμού εννοιών και δημιουργίας συμβόλων, ούτε τη δυνατότητα συσχέτισης των παραστάσεων στον χώρο και τον χρόνο. Δεν μπορεί να δημιουργήσει ένα ενοποιημένο σενάριο για τον κόσμο. Η μνήμη στην Πρωτογενή Συνείδηση είναι ρηχή, αφορά κυρίως βιώματα επιβραβεύσεων και τιμωρίας και επηρεάζει τη συμπεριφορά που αφορά ένα αιώνιο παρόν. Τα υπόλοιπα ζώα δεν γνωρίζουν την ύπαρξη του σύμπαντος, δεν μπορούν να φαντάζονται, δεν γνωρίζουν τη γνώση ούτε την απόγνωση. Δεν γνωρίζουν ότι θα πεθάνουν, ούτε το καλό και το κακό. Ζουν ακόμα στον παράδεισο. Ασφαλώς όμως εξελίσσονται.

Όλα τα ζώα που συνυπήρχαν στη Γη με τα πρώτα είδη Homo, σήμερα εξακολουθούν να κάνουν τα ίδια πράγματα για να επιβιώσουν. Μπορεί οι στενότεροι συγγενείς μας, οι χιμπαντζήδες, να χρησιμοποιούν πέτρες για να σπάνε ξηρούς καρπούς και κλαριά για να μαζεύουν τερμίτες, αλλά ποτέ ο χιμπαντζής δεν κατασκεύασε ένα λίθινο εργαλείο. Ο άνθρωπος όμως χάρις στον λόγο, τη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως, τη φαντασία και την επικοινωνία, από κάτοικος των σπηλαίων και τροφοσυλλέκτης έγινε εξερευνητής του διαστήματος.

Ο ανθρώπινος πολιτισμός

Κάθε άνθρωπος γεννιέται μέσα στο πολιτιστικό περιβάλλον της εποχής του. Κατά τη γέννησή του διαθέτει μόνο την εξελικτικά διαμορφωμένη βιολογική δομή που υποστηρίζει και επιτρέπει την ανάπτυξη του λόγου και της γλώσσας και του δίνει την ικανότητα να μαθαίνει. Η συνείδηση στα βρέφη είναι *tabula rasa*, άγραφος πίνακας. Τα νεογνά δεν έχουν τίποτα περισσότερο από μερικά αντανακλαστικά που καθορίζονται γονιδιακά και τα βοηθούν να

επιβιώσουν κατά τη μακρά βρεφική περίοδο της ασυνειδησίας, όπως είναι το αντανακλαστικό του θηλασμού και την ικανότητα για μάθηση. Κάθε άνθρωπος πρέπει να μάθει εξ αρχής όσα έχουν κατακτήσει οι πρόγονοί του διαχρονικά με την εξέλιξη του πολιτισμού. **Η εμβρυακή εξέλιξη κάθε ανθρώπου αναπαριστά τη μορφολογική και λειτουργική εξέλιξη της ζωής συνολικά, και η παιδική ηλικία κάθε ανθρώπου επαναλαμβάνει αενάως, στο πεδίο της συνείδησης, την παιδική ηλικία της ανθρωπότητας (Εικόνα 5γ).**

Πρέπει ασφαλώς να γίνει σαφές ότι η εξελικτικά διαμορφωμένη βιολογική δομή, είναι αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για την εμφάνιση της συνείδησης. Για να λειτουργήσει η συνείδηση εκτός από την δια των αισθήσεων εμπειρία απαιτούνται κοινωνικές, γλωσσικές και συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις κατά την παιδική ηλικία. **Σε έναν υγιή αλλά απομονωμένο κατά τη βρεφική και την παιδική ηλικία άνθρωπο, ο εν δυνάμει υπάρχων λόγος δεν λειτουργεί και η συνείδηση δεν αναπτύσσεται φυσιολογικά.**

Στον άνθρωπο βεβαίως δεν κληρονομούνται μόνο τα γονίδια και τα εξ αυτών καθοριζόμενα χαρακτηριστικά, αλλά και τα προϊόντα του λόγου, οι ιδέες. Κληρονομείται από γενιά σε γενιά το περιεχόμενο της προφορικής παράδοσης, των μύθων, των αρχαίων διδασκαλιών, των ηρωικών επών, των θρησκειών και της φιλοσοφίας. Κληρονομούνται οι κατακτήσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας, και οι κοινωνικές κατακτήσεις. Η εξέλιξη του ανθρώπου δεν εξαρτάται μόνο από τα γονίδια, αλλά και από την αφάνταστη πολυπλοκότητα αλληλεπίδραση της διάνοιας με το περιβάλλον, φυσικό, πολιτιστικό και κοινωνικό.

Σε κάθε εποχή-στάδιο της πολιτιστικής εξέλιξης υπάρχει ένας νέος τρόπος παρατήρησης και αντίληψης του κόσμου. Και υπάρχει μια συνέχεια των κατακτήσεων του πνεύματος, που μεταβιβάζονται από κάθε πολιτιστικό στάδιο στο επόμενο. Κάθε βαθμίδα της ανθρώπινης εξέλιξης στηρίζεται σ' όλες τις προηγούμενες. Η χρήση της πέτρας, η δημιουργία λίθινων εργαλείων πριν από 2,6 εκατομμύρια χρόνια και αργότερα εργαλείων από ξύλο και οστά, η συλλογή τροφής και αργότερα η ανάπτυξη τεχνικών κυνηγιού, η χρήση καταλυμάτων και της φωτιάς, η αρχέγονη επικοινωνία και η βαθμιαία οργάνωση σε ομάδες-σπέρματα της κοινωνίας, ο καταμερισμός της εργασίας, η πρώτη καλλιέργεια άγριου σιταριού, η εξημέρωση του αλόγου, η εφεύρεση του τροχού και τόσες άλλες κατακτήσεις, χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια πολιτιστικής εξέλιξης (Εικόνα 5δ).

Η ανάδυση της ικανότητας επικοινωνίας με τη γλώσσα μέσω συμβόλων, η ικανότητα δηλαδή σύλληψης, διαχείρισης και ανταλλαγής πολυσύνθετων εννοιών, η βαθμιαία διαμόρφωση πλαισίου ηθικής συμπεριφοράς και η άνοδος σε ανώτερες σφαίρες πνευματικής εξέλιξης με τους μύθους, τις θρησκείες, τη φιλοσοφία και τις επιστήμες, αποτελούν πολύτιμα στάδια της οδηγούμενης από τον λόγο ανθρώπινης πορείας η οποία όμως επιταχύνεται. Μέτρο αυτής της επιτάχυνσης αποτελεί το γεγονός ότι σήμερα δεν αποθηκεύουμε τις γνώσεις χειρόγραφα και με πολύ κόπο, αλλά έχουμε περάσει στην εποχή της ηλεκτρονικής καταγραφής, επεξεργασίας, αποθήκευσης και μεταφοράς των δεδομένων. Αυτή η άμεση δια της τεχνολογίας μεταβίβαση του λόγου στον χώρο και σε πραγματικό χρόνο, αποτελεί στην ουσία επικοινωνία του εγκεφάλου με άλλους εγκεφάλους, σε ολοένα ευρύτερο πλανητικό δίκτυο, ένα είδος παγκόσμιου εγκεφάλου που αναδιοργανώνεται συνεχώς και χαοτικά. Αυτή η πανίσχυρη επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μεταβιβάζεται στις επόμενες γενιές παράλληλα με τα γονίδια.

Η με γεωμετρική πρόοδο αύξηση του βαθμού πολυπλοκότητας της ανθρώπινης πορείας, που είναι συνυφασμένη πλέον όχι με τη βιολογική αλλά με την πνευματική και την πολιτιστική εξέλιξη, του επέτρεψε να δημιουργήσει σταδιακά τον ασύλληπτης πολυπλοκότητας επιστημονικό και τεχνολογικό πολιτισμό, χάρις στον οποίο έχει βελτιώσει δραματικά τους όρους διαβίωσής του και διερευνά ήδη το διάστημα. Αλλά συγχρόνως απειλεί με εξαφάνιση το είδος μας και ίσως τη ζωή στον πλανήτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ

*Κύριε, ο μικρός θεός του κόσμου μένει πάντοτε ο ίδιος.
Ο άνθρωπος θα ζούσε λίγο καλύτερα
αν δεν του 'δινες τη σπίθα απ' το ουράνιο φως
που αυτός ονομάζει νου.
Φάουστ, περιφρόνα τον νου και την επιστήμη,
του ανθρώπου την υπέρτατη δύναμη,
και τότε θα μου είναι εύκολο να σε φέρω στα νερά μου!
Μεφιστοφελής (στον «Φάουστ» του Γκαίτε)*

*Όλες μας οι γνώσεις ξεκινούν από τις αισθήσεις,
περνούν από την αντίληψη και καταλήγουν
στον λόγο και τη συνείδηση.
Immanuel Kant*

Εισαγωγικά

Ο όρος συνείδηση στο κεφάλαιο αυτό δεν αναφέρεται στην **ηθική συνείδηση (conscience)**, που είναι η λυδία λίθος για την ηθική αξιολόγηση και τον έλεγχο της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Αναφέρεται στην αντιληπτική, γνωσιολογική και κοινωνούμενη ανθρώπινη λειτουργία του συνειδένα που «φωτίζει» το σύμπαν και τον ίδιο μας τον εαυτό. Στο παρελθόν, και μέχρι σχετικά πρόσφατα, το ζήτημα της εξεταζόμενης εδώ **συνείδησης (consciousness)** υπαγόταν κυρίως στο πεδίο της φιλοσοφίας και της θεολογίας όπου και απετέλεσε διαχρονικά αντικείμενο έντονων αντιπαραθέσεων, αναλόγως με το στάδιο της πνευματικής εξέλιξης του ανθρώπινου όντος.

Ορισμένοι φιλόσοφοι, ιδιαίτερα οι ιδεαλιστές φιλόσοφοι, υποστήριξαν τη δυσιστική άποψη ότι ο νους και το σώμα είναι δύο ξεχωριστά πράγματα. Πίστευαν ότι το πνεύμα απλώς φιλοξενείται από το σώμα ως ανεξάρτητη οντότητα για κάποιο χρονικό διάστημα, μη γνωρίζοντας ασφαλώς όσα μας έχουν γνωρίσει σήμερα οι συναρμόδιες επιστήμες. Η πρόοδος όμως των επιστημών κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη νέων τεχνικών δυναμικής απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, καθώς και η εφαρμογή εξελισσόμενων μοντέλων ελέγχου και αξιολόγησης της ανθρώπινης συμπεριφοράς, τοποθέτησε το ζήτημα της συνείδησης στο πεδίο της σύγχρονης νευροβιολογίας και των συναφών επιστημών.

Είναι λοιπόν καιρός να προχωρήσουμε λίγο περισσότερο από την παραδοχή μιας νοούσης ουσίας, μιας *res cogitans*, απρόσιτης για την εμπειρική επιστήμη όπως πίστευε ο Καρτέσιος. Στο κάτω-κάτω πρέπει να κατανοήσουμε **με σύγχρονους όρους** την ικανότητα που μας κάνει όντα με αυτοσυνείδηση, που μπορούν να επικοινωνούν με πολύπλοκους συμβολικούς γλωσσικούς κώδικες, να δημιουργούν μοντέλα του κόσμου υπερβαίνοντας τον χώρο και τον χρόνο, ικανά να ερευνούν και να συσχετίζουν τα φαινόμενα με τα ευρήματα της φυσικής, της βιολογίας και των άλλων επιστημών. Σήμερα η συνείδηση δεν μπορεί να κατανοηθεί χωρίς τη βιολογία. Δεν νομιμοποιείται σήμερα κανείς να αναφέρεται στα πεδία του λόγου και της συνείδησης, και μάλιστα με το απόλυτο ύφος της αυθεντίας, με όρους περασμένων αιώνων χωρίς να γνωρίζει επιγραμματικά έστω, όσα μας έχει γνωρίσει μέχρι σήμερα το εξελισσόμενο ανθρώπινο πνεύμα.

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι να κατανοήσει ο μη ειδικός αναγνώστης τους βασικούς βιολογικούς μηχανισμούς του λόγου και της συνείδησης με βάση τα σύγχρονα δεδομένα. Απευθύνεται στον μέσο μορφωμένο άνθρωπο και καταβλήθηκε προσπάθεια να αποφευχθούν περιττές λεπτομέρειες που αφορούν τη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου, που είναι τεράστιο και εξόχως δυσνόητο πεδίο για τον μη ειδικό. Όσα όμως περιλαμβάνονται κρίθηκαν απαραίτητα για την ελάχιστη έστω κατανόηση των μηχανισμών της συνείδησης, για να υπάρχει μια στοιχειωδώς ολοκληρωμένη αναφορά στο θέμα αυτό για όσους έχουν την επιθυμία και την υπομονή να την κατανοήσουν. Και βέβαια απέχουν πολύ από την πλήρη επιστημονική ανάλυση, η οποία άλλωστε δεν είναι τελική αλλά εξελίσσεται με τη συνεχή προσθήκη νέων δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση είναι συναρπαστική η ιστορία της βαθ-

μιαίας ανάπτυξης των υπέροχων ικανοτήτων της δύναμης που ονομάζουμε λόγο και αποτελεί την πεμπουσία της ανθρώπινης φύσης.

Πάντως μπορεί ο αναγνώστης να μην επιμείνει σε ορισμένα σημεία που εξ ανάγκης περιέχουν περισσότερα επιστημονικά δεδομένα, χρήσιμα περισσότερο σε όσους διαθέτουν βασικές γνώσεις, όπως είναι το κεφάλαιο «**ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ**». Αυτό που συνιστάται είναι η επιμονή και η παράλληλη μελέτη των βασικών γνώσεων που οδηγούν στην πληρέστερη κατανόηση. Είναι βέβαιο ότι αξίζει ο κόπος και ο χρόνος προκειμένου να γίνει στοιχειωδώς έστω κατανοητό τι είναι αυτό που μας κάνει να αναρωτιόμαστε πώς προέκυψε το σύμπαν, πώς βρεθήκαμε εμείς εδώ και πώς γίνεται να έχουμε επίγνωση της ικανότητάς μας αυτής!

Η έρευνα περί της συνείδησης

Η έρευνα για την ανθρώπινη συνείδηση χαρακτηρίζεται από πολλούς επιστήμονες ως το σημαντικότερο ερευνητικό πεδίο του 21^{ου} αιώνα. Η ενσυνείδητη εμπειρία είναι απολύτως **ατομική**, προκύπτει ως αποτέλεσμα διεργασιών που γίνονται σε κάθε εγκέφαλο χωριστά. Δεν μπορεί δηλαδή κανείς να ξέρει το περιεχόμενο της ατομικής συνείδησης των άλλων ανθρώπων. Η συχνά αναφερόμενη **συλλογική συνείδηση** είναι διαφορετικής τάξεως θέμα.

Και δεν είναι δυνατόν η συνείδηση να περιγραφεί αντικειμενικά στο πλαίσιο άμεσης εμπειρικής παρατήρησης και σχετικών μετρήσεων, όπως συμβαίνει με τα φυσικά αντικείμενα και φαινόμενα που ερευνούνται από τις φυσικές επιστήμες. Γιατί απλούστατα η συνείδηση δεν είναι υλικό αντικείμενο ούτε μια απλή ιδιότητα αλλά μια λειτουργική διαδικασία, ή μάλλον το αποτέλεσμα πολλών λειτουργικών διεργασιών μαζί. Διεργασιών που συνδέονται με το βιολογικό υπόστρωμα, δηλαδή με τον εγκέφαλο. Διεργασιών από τις οποίες παράγονται ιδέες, παραστάσεις, αισθήσεις και συναισθήματα, κρίσεις, συσχετισμοί, αναμνήσεις, οράματα και φαντασιώσεις. Η έρευνα για τη συνείδηση δεν αφορά κάποιο αντικείμενο του φυσικού κόσμου, αλλά τον ίδιο μας τον εαυτό. Είμαστε αυτό που ερευνούμε, η συνείδηση ερευνά τον εαυτό της.

Η ενδοσκόπηση, δηλαδή η καταγραφή της ίδιας βιωματικής εμπειρίας από έναν άνθρωπο, από μόνη της δεν είναι επιστημονικά επαρκής για την έρευνα της συνείδησης, κυρίως γιατί δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί αντικειμενικά.

Αλλά και διότι κάθε συνειδησιακή μονάδα, κάθε άνθρωπος, συλλαμβάνει διαφορετικά την ίδια ακριβώς εξωτερική εμπειρία. Κάθε νέα αντίληψη ενσωματώνεται στην ήδη διαμορφωμένη συνειδησιακή του σφαίρα, που είναι ατομική και μοναδική, διαμορφωμένη διαχρονικά από την προσωπική του εμπειρική ιστορία, νοητική και συναισθηματική, και ως εκ τούτου παράγει ένα τελικό αποτέλεσμα που είναι ατομικό και μοναδικό. Η συνάντηση με τον ίδιο σκύλο για παράδειγμα, σε άλλους ανθρώπους γεννά συναισθήματα συμπάθειας και αγάπης και σε άλλους φόβου και απέχθειας. Επομένως για να εισέλθει η έρευνα για τη συνείδηση στο πεδίο των θετικών επιστημών απαιτούνται ειδικές μέθοδοι διερεύνησης. Κατανόηση της συνείδησης μπορεί να προκύψει μόνο από την επιστημονική μεθοδολογία, η οποία τα τελευταία χρόνια ρίχνει συνεχώς περισσότερο φως στο θέμα. Στις συνεχώς προστιθέμενες γνώσεις υπάρχει απόλυτη ομοφωνία ανάμεσα στους ειδικούς επιστήμονες. Βεβαίως υπάρχουν ακόμα αναπάντητα ερωτήματα, συντριπτικά λιγότερα όμως από αυτά που υπήρχαν πριν λίγες μόνο δεκαετίες.

Ερευνώντας το φαινόμενο της συνείδησης προσπαθούμε να συνδέσουμε την επιστημονική έρευνα της βιολογικής λειτουργίας του εγκεφάλου, όπως αυτή ανιχνεύεται από τη ραγδαία εξελισσόμενη τεχνολογία, με την **υποκειμενική εμπειρία** του κάθε ανθρώπου ως ενσυνείδητου παρατηρητή του κόσμου και του εαυτού του, που είναι μοναδική και ανεπανάληπτη. Πώς είναι δυνατόν η ηλεκτρική εκφόρτιση περιοχών του εγκεφάλου να οδηγεί στη δημιουργία ιδεών και παραστάσεων, δηλαδή στην υποκειμενική εμπειρία, η περιγραφή της οποίας θα είναι πάντα ατελής; Ατελής διότι η αίσθηση της αντίληψης μιας εμπειρίας, για παράδειγμα της θέας ενός κόκκινου τριαντάφυλλου ή ενός έργου τέχνης, ούτε μπορεί να αποδοθεί με την επιστημονική περιγραφή των νευροφυσιολογικών μηχανισμών που υπεισέρχονται, ούτε είναι ίδια σ' όλα τα άτομα. Στην οπτική αντίληψη ενός κόκκινου τριαντάφυλλου προστίθενται συνειρμοί και συναισθήματα που όπως ελέχθη είναι διαφορετικά σε κάθε άνθρωπο.

Οι επιστήμονες σήμερα βασίζουν την έρευνα για τη συνείδηση σε τρία **αξιώματα**:

1. Η συνείδηση αναδύεται από ηλεκτροχημικές διεργασίες που συμβαίνουν στις βιολογικές δομές του εγκεφάλου. **Δεν υπάρχει δυισμός** σώματος

και νου, δεν υπάρχει συνείδηση χωρίς φυσιολογικό εγκέφαλο. Μια βλάβη στον εγκέφαλο ή μια χημική ουσία αρκεί για να σβήσει η συνείδηση.

2. Τόσο η βιολογική δομή, ο εγκέφαλος, όσο και οι φυσικοχημικές διεργασίες αποτελούν προϊόντα εξελικτικής διαδικασίας μέσω της φυσικής επιλογής.

3. Η επιστήμη, που είναι διωποκειμενική και δημόσια, περιγράφει τις αναγκαίες και ικανές συνθήκες για την εκδήλωση της συνείδησης αλλά όχι την ίδια τη συνείδηση. Δεν μπορεί να περιγράψει ακριβώς την υποκειμενική, την ατομική εμπειρία, το **ποιοτικό βίωμα (qualia)**, που είναι μοναδικό σε κάθε άνθρωπο και δεν μπορεί να περιγραφεί με ακρίβεια ούτε από αυτόν που το βιώνει. Να μια σημαντική δυσκολία κατά την έρευνα της συνείδησης.

Η ενσυνείδητη εμπειρία απορρέει από τη συνολική λειτουργία του εγκεφάλου, δεν αποτελεί προνόμιο επί μέρους περιοχών αυτού. Είναι λάθος αυτό που ακούγεται συχνά, ότι δήθεν μεγάλο μέρος του δυναμικού του ανθρώπινου εγκεφάλου παραμένει αναξιοποίητο. Για κάθε στιγμιαίο υποκειμενικό βίωμα δραστηριοποιείται κάθε φορά ένα σύνολο νευρωνικών ομάδων που ανήκουν κυρίως στην περιοχή του εγκεφάλου που λέγεται **θαλαμοφλοιϊκό σύστημα** και χαρακτηρίζεται από ισχυρές αμοιβαίες αλληλεπιδράσεις σε χρονικό διάστημα 100-150 χιλιοστών του δευτερολέπτου. Κάθε ενσυνείδητη κατάσταση επομένως προϋποθέτει την ενεργοποίηση πολλών περιοχών του εγκεφάλου, μιας λειτουργικής συστοιχίας στιγμιαίας και διαφορετικής κάθε φορά, που περιλαμβάνει την ταχύτατη ανταλλαγή σημάτων-πληροφοριών μεταξύ πολλών ομάδων νευρώνων, μέσω της λεγόμενης **διαδικασίας επανεισόδου** που αναφέρεται σε άλλο εδάφιο.

Κάθε παρόμοια λειτουργική συστοιχία που αποκαλείται από ορισμένους ερευνητές **δυναμικός πυρήνας**, την άλλη στιγμή μεταβάλλεται και αφορά διαφορετική σύνθεση νευρωνικών ομάδων ανάλογα με την ενσυνείδητη δραστηριότητα του ατόμου. Επομένως ο δυναμικός πυρήνας δεν είναι μια συγκεκριμένη και αμετάβλητη δομή του εγκεφάλου, αλλά μια στιγμιαία νευρωνική «καλωδίωση», ένα στιγμιαίο νευρωνικό δίκτυο. Χάρης στην ευρεία αλληλεπίδραση μεταξύ των νευρωνικών ομάδων, βλάβη ενός τμήματος του θαλαμοφλοιϊκού συστήματος δεν συνεπάγεται πλήρη απώλεια της αντίστοιχης λειτουργίας αλλά επί μέρους διαταραχές, με την εξαίρεση μιας περιοχής

του εγκεφάλου που λέγεται **δικτυωτός σχηματισμός**, βλάβη του οποίου συνεπάγεται πλήρη απώλεια της συνείδησης.

Η συνείδηση ρέει συνεχώς και εμπλουτίζεται κάθε στιγμή μέσω του συνεχούς διαλόγου με το περιβάλλον διά των αισθητηρίων οργάνων, και μέσω του συσχετισμού των δεδομένων, με τη σύμπραξη βέβαια της μνήμης, σε έναν οιονεί «εσωτερικό» διάλογο. Κάθε στιγμή η συνείδηση αποτελείται από ένα αδιάσπαστο σύνολο αλληλένδετων σχέσεων και παραστάσεων, σκέψεων, αντιλήψεων, κρίσεων, συναισθημάτων, ενοράσεων, που συνθέτουν ένα στιγμιαίο «σενάριο» για τον κόσμο, το οποίο την επόμενη στιγμή εμπλουτίζεται και μεταβάλλεται. Λίγο ή πολύ. Η διάρκεια κάθε διακριτής στιγμιαίας ενσυνείδητης κατάστασης είναι 100-150 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Τόσο χρειάζεται ο άνθρωπος για να συνειδητοποιήσει δυο διακριτές καταστάσεις. Βεβαίως κάθε στιγμιαία ενσυνείδητη κατάσταση συνδέεται αυτομάτως με τις προηγούμενες ώστε να υπάρχει ένα «**συνειδησιακό συνεχές**».

Η συνείδηση λοιπόν προϋποθέτει τη **συνεχή διέγερση ευρέως κατανεμημένων ομάδων νευρώνων, κυρίως του θαλαμοφλοιϊκού συστήματος, και την ενοποίηση αυτών των διεγέρσεων μέσω ταχύτατων και υψηλού βαθμού διαφοροποίησης ηλεκτροχημικών αλληλεπιδράσεων**. Η συνείδηση όμως δεν προϋποθέτει απλώς την ύπαρξη νευρωνικής δραστηριότητας, αλλά την ύπαρξη **συνεχούς** δραστηριότητας, η οποία γεννά μια ατέλειωτη ποικιλομορφία προτύπων ηλεκτρικής εκφόρτισης που καταγράφονται στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) και είναι μικρού εύρους και μεγάλης συχνότητας. Αντίθετα κατά τις κρίσεις επιληψίας που συνοδεύονται από απώλεια της συνείδησης και αμνησία, οι νευρώνες εκφορτίζονται ασυνεχώς, ταυτόχρονα και συγχρονισμένα, και ακολουθεί παύση δραστηριότητας διάρκειας περίπου 330 χιλιοστών του δευτερολέπτου.

Όμως η συνείδηση δεν μπορεί να προκύψει μόνο από τη λειτουργία του εγκεφάλου! **Απαιτείται σε κάθε άνθρωπο ο διά των αισθήσεων «διάλογος» με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον στα αρχικά στάδια της ζωής και είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση με τους άλλους ανθρώπους**. Η ανθρώπινη συνείδηση έχει απόλυτη αναλογία με το κελάδημα ενός πουλιού, που έχει γενετικές και επιγενετικές συνιστώσες. Για να μπορέσει ένα πουλί να κελαηδήσει το χαρακτηριστικό για το είδος του κελάδημα πρέπει πρώτα να ακούσει το κελάδημα των ώριμων πουλιών του ίδιου είδους. Το ίδιο συμβαίνει και στον άνθρωπο όσον αφορά τον λόγο και τη συνείδηση που

δομούνται κοινωνικά. Μάλιστα τα υγιή παιδιά στο ξεκίνημα για τη δόμηση της συνείδησης μαθαίνουν να μιλούν μιμούμενα τους μεγάλους, πολύ πριν μάθουν οτιδήποτε για γραμματική ή συντακτικό και πριν κατανοήσουν το περιεχόμενο των λέξεων. Εδώ η πράξη ως μίμηση, ως λειτουργική αντανάκλαση του κόσμου, προηγείται της κατανόησης. Χωρίς αυτές τις προϋποθέσεις που ενεργοποιούν και αξιοποιούν τις εγκεφαλικές λειτουργίες όπως αναλύεται παρακάτω, δεν αναπτύσσεται συνείδηση παρά την ύπαρξη υγιούς εγκεφάλου! **Η συνείδηση και το «εγώ» είναι κοινωνικά δομημένες λειτουργίες.** Έχουν καταγραφεί στην ιστορία άφθονα παραδείγματα υγιών βρεφών και παιδιών που απομονώθηκαν από το κοινωνικό περιβάλλον και ανέπτυξαν ελαττωματική συνείδηση. Η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως στον άνθρωπο είναι δημιούργημα της βιολογίας και της κοινωνίας, και συγχρόνως βέβαια προϋπόθεση για τη συγκρότηση κοινωνίας.

Κατά την επανάληψη μιας σειράς ενεργειών στα πλαίσια της καθημερινότητας ή της εκπαίδευσης, όπως είναι για παράδειγμα η οδήγηση και το παίξιμο πιάνου, η εκτέλεση συνδέεται όλο και λιγότερο με την ενεργό συνείδηση, γίνεται πιο αυτόματη, και ο αριθμός των περιοχών του εγκεφάλου που συμμετέχουν σ' αυτήν γίνεται μικρότερος. Μεγάλο μέρος της νοητικής μας ζωής είναι προϊόν υψηλής αυτοματοποίησης διεργασιών, που μας επιτρέπουν να μιλάμε, να ακούμε, να διαβάζουμε, να γράφουμε γρήγορα και χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια. Στις καθημερινές μας συζητήσεις δεν ψάχνουμε κάθε στιγμή την εύρεση των καταλλήλων λέξεων για να τις αντιστοιχίσουμε με τις έννοιες που θέλουμε να εκφράσουμε, κάτι τέτοιο θα ήταν χρονοβόρο. Κατά την εξέλιξη έχουν αναπτυχθεί σχετικοί αυτοματισμοί. Λεπτομερής συνειδητός έλεγχος όμως γίνεται πάντα στις νέες εμπειρίες, καθώς και στα κρίσιμα σημεία όπου πρέπει να καταστρωθούν σχέδια ή να ληφθούν αποφάσεις.

Η συνείδηση είναι παθητική, όταν κυριαρχούν τα αισθητήρια ερεθίσματα, ή ενεργητική όταν κατευθύνεται στη γνώση ή στη λύση ενός προβλήματος. Και διαφοροποιείται ως προς την ένταση, από το γλάρωμα πριν τον ύπνο μέχρι την υπερδραστήρια συνειδητότητα ενός χειριστή μαχητικού αεροσκάφους. Είναι πάντως ενοποιημένη και απολύτως προσωπική. Δεν μπορούμε να έχουμε γνώση του περιεχομένου της συνείδησης άλλων ανθρώπων. Η προσοχή είναι η ικανότητα της ατομικής συνείδησης να ενισχύει επιλεγμένες εμπειρίες, δηλαδή επιλεγμένα συναπτικά κυκλώματα, εις βάρος άλλων.

Η λογική είναι πολυσύνθετη και πανίσχυρη ικανότητα ειδικής διασύνδε-

σης των εννοιών από τον λόγο. Είναι όμως **επιγενής** ανώτερη λειτουργία. Ο λόγος και η συνείδηση εμφανίστηκαν πολύ πριν από τη λογική.

Λίγα λόγια για τον εγκέφαλο

Οι γενετικοί κανόνες και οι βιολογικοί μηχανισμοί που ρυθμίζουν τη μορφογένεση και την ανάπτυξη ενός εμβρύου ρυθμίζουν και τον τρόπο με τον οποίο μορφοποιείται και εξελίσσεται ο εγκέφαλος. Επομένως αν θέλει κανείς να κατανοήσει τους μηχανισμούς της νόησης είναι υποχρεωμένος να ασχοληθεί με κύτταρα, με μόρια και με το DNA. Αν κάποιος δεν γνωρίζει έστω και αμυδρά την ανατομική διαμόρφωση και τη φυσιολογία της λειτουργίας του εγκεφάλου, τις δυναμικές διαδικασίες νευρωνικής οργάνωσης και τη συνεχή τροποποίηση των συναπτικών δικτύων, δηλαδή τη βιολογική βάση του λόγου και της συνείδησης, της ελεύθερης βούλησης, της φαντασίας, των συναισθημάτων και των λοιπών ανώτερων εγκεφαλικών λειτουργιών, **είναι ενδεχόμενο να αμφιβάλλει ότι ο λόγος και η συνείδηση συνδέονται με τη λειτουργία του εγκεφάλου, και ενδεχομένως να τους αποδίδει μεταφυσικές διαστάσεις.**

Ο εγκέφαλος που είναι το πολυπλοκότερο αντικείμενο στο γνωστό σύμπαν, στο είδος μας, στον *Homo sapiens*, έχει βάρος κατά μέσο όρο 1.400 γραμμαρίων στα ενήλικα άτομα (**Εικόνα 6α**). Είναι τριπλάσιο ως βάρος του εγκεφάλου ανά χιλιόγραμμο σωματικού βάρους, από το αντίστοιχο βάρος στους ανθρωποειδείς πιθήκους. Αποτελείται από 100 περίπου δισεκατομμύρια κύτταρα που ονομάζονται νευρώνες, από τα οποία περίπου το ένα τρίτο ευρίσκονται στον φλοιό. Ο αριθμός των νευρώνων στον φλοιό του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι επίσης κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τους ανθρωποειδείς πιθήκους. Αν οι νευρώνες και οι νευρικές ίνες που συνθέτουν έναν ανθρώπινο εγκέφαλο ήταν τοποθετημένα στη σειρά θα κάλυπταν δύο φορές την απόσταση από τη Γη στη Σελήνη, μόνο που τότε δεν θα φθάναμε ποτέ ως εκεί!

Ο πρώτος υποτυπώδης εγκέφαλος, ως κεντρική συσσώρευση πολλών διαφοροποιημένων κυττάρων, διαμορφώθηκε πιθανώς με την εμφάνιση των πρώτων πολυκύτταρων οργανισμών, σε κάποιο πρώτιστο πριν περίπου 1 δισεκατομμύριο χρόνια, δηλαδή πριν 10 εκατομμύρια αιώνες, για να ακο-

λουθήσει μια εκπληκτική πορεία εξέλιξης, διαφοροποίησης και μεγέθυνσης μέχρι την ανάδυση του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Ανέκαθεν οι επιστήμονες προσπάθησαν να ανιχνεύσουν τους λόγους για τους οποίους μεγάλωσε τόσο πολύ ο εγκέφαλος ακριβώς με την εμφάνιση του γένους Homo, πριν 2,5 περίπου εκατομμύρια χρόνια. Αν και το σωστό είναι ότι η αύξηση του όγκου του εγκεφάλου οδήγησε στο νέο γένος που ονομάστηκε Homo. Η προσθήκη πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας στη διατροφή δεν θα μπορούσε να είναι ο αποκλειστικός λόγος. Η συνεχιζόμενη έρευνα με τα σύγχρονα μέσα της μοριακής βιολογίας και γενετικής κατέληξε σε πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα που δημοσιεύτηκαν το 2018 στο περιοδικό **Cell** από την ερευνητική ομάδα του Ινστιτούτου Γονιδιωματικής του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στη Σάντα Κρουζ. Ανακαλύφθηκε ένα γονίδιο που φαίνεται ότι έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη μεγάλου εγκεφάλου στον άνθρωπο, καθώς και στην ανάπτυξη των κέντρων του λόγου, άρα των νοητικών ικανοτήτων και της γλώσσας.

Σύμφωνα με τα πορίσματα της έρευνας πριν περίπου 3 εκατομμύρια χρόνια, λίγο πριν την εμφάνιση του πρώτου Homo, συνέβη μια τυχαία μετάλλαξη πιθανότατα στον Αυστραλοπίθηκο. Αφορούσε ένα μη ενεργό γονίδιο της γνωστής στους επιστήμονες ομάδας γονιδίων Notch που ευρίσκεται στο ένα άκρο του χρωματοσώματος 1, το οποίο μετέτρεψε σε ενεργό. Τα γονίδια Notch παίζουν σημαντικό ρόλο στη γενικότερη ανάπτυξη των εμβρύων. Το ενεργοποιημένο γονίδιο ονομάστηκε γονίδιο **Notch 2NL** και είναι υπεύθυνο για την **παράταση του χρόνου μέχρι τη διαφοροποίηση των αδιαφοροποίητων βλαστοκυττάρων του εγκεφαλικού φλοιού σε νευρώνες**. Έτσι τα αδιαφοροποίητα βλαστοκύτταρα στο έμβρυο του ανθρώπου έχουν στη διάθεσή τους περισσότερο χρόνο για να πολλαπλασιαστούν επανειλημμένως πριν τη διαφοροποίησή τους, ώστε τελικά να προκύπτει κατά πολύ μεγαλύτερος αριθμός νευρώνων στον εγκεφαλικό φλοιό. Στο έμβρυο δημιουργούνται 250 χιλιάδες νευρώνες κάθε λεπτό, 15 εκατομμύρια νευρώνες κάθε ώρα (**Εικόνα 6β**).

Το γονίδιο Notch 2NL δεν ανιχνεύτηκε σε άλλους ανθρώπιδες, που είναι γενετικά στενοί μας συγγενείς, ευρίσκεται αποκλειστικά στο ανθρώπινο γονιδίωμα, και η τυχαία εμφάνισή του σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα οδήγησε στη μεγέθυνση του εγκεφαλικού φλοιού, στην εμφάνιση των κέντρων του λόγου και επομένως στην ανθρωποποίηση. Ο εγκέφαλος των πρώτων Homo

ήταν ανατομικά ίδιος με τον εγκέφαλο των σημερινών ανθρώπων, υπήρξε μόνο μικρή αύξηση του βάρους.

Κάθε αόρατος διά γυμνού οφθαλμού νευρώνας, που το μέγεθός του δεν ξεπερνά τα 50 χιλιοστά του χιλιοστομέτρου, διαθέτει μέχρι και 100 χιλιάδες παρακλάδια, τους δενδρίτες (**Εικόνα 6γ**). Η μεταβίβαση της ηλεκτροχημικής ώσεως, του νευρικού ερεθίσματος δηλαδή, στα άκρα των δενδριτών, γίνεται μέσω ειδικών σημείων επαφής που μοιάζουν με κουμπιά και λέγονται συνάψεις (**Εικόνα 6δ**). Κάθε νευρώνας «επικοινωνεί» με 5 έως 10 χιλιάδες γειτονικούς νευρώνες και οι πρώτες συνάψεις εγκαθίστανται στο τέλος του πρώτου μήνα της κήσεως. Το συναπτικό δίκτυο κάθε νευρώνα συνολικά επικοινωνεί με περίπου 200 χιλιάδες συνάψεις γειτονικών νευρώνων.

Η μεταφορά των σημάτων κατά μήκος των νευρώνων, όπως και στα σημεία των συνάψεων, είναι καθαρά **ηλεκτροχημική διεργασία**. **Κάθε νευρώνας μπορεί να χειρίζεται περίπου χίλια ηλεκτρικά σήματα το δευτερόλεπτο**. Ο αριθμός των συνάψεων που υπάρχουν στον φλοιό έχει υπολογισθεί σε τρία τετράκις εκατομμύρια, ή **τρία εκατομμύρια δισεκατομμύρια**. Η λειτουργική επικοινωνία μεταξύ των συνάψεων δεν είναι σταθερή και αμετάβλητη. Το ποιες είναι ενεργές και ποιες όχι κάθε στιγμή, δεν διαμορφώνεται εφάπαξ κατά την εμβρυογένεση από οδηγίες του DNA, αλλά **διαμορφώνεται συνεχώς** από τον συνεχή διά των αισθήσεων διάλογο με τον κόσμο, από την εμπειρία δηλαδή, και από την εσωτερική συσχέτιση των δεδομένων, από τον «εσωτερικό» διάλογο. Κάθε στιγμή οι πληροφορίες από τα αισθητήρια όργανα και από τα όργανα της μνήμης αλληλεπιδρούν και διαμορφώνουν συναπτικά δίκτυα, που αντιστοιχούν σ' ένα ολοκληρωμένο στιγμιαίο βίωμα. Η ενσυνείδητη ζωή του ανθρώπου είναι στην ουσία η γρήγορη διαδοχή τέτοιων μοναδικών «συνειδησιακών στιγμοτύπων», που συντίθενται διαχρονικά σ' ένα συμπαγές σύνολο και ωστόσο είναι ενιαία, υπάρχει δηλαδή ένα συνειδησιακό συνεχές.

Οι δυνατοί συνδυασμοί συναπτικών συνδέσεων στον άνθρωπο είναι αναρίθμητοι, είναι 10 ακολουθούμενο από ένα εκατομμύριο μηδενικά.

Ο εγκέφαλος με άλλα λόγια σε επίπεδο συναπτικών δικτύων δεν είναι αμετάβλητη βιολογική δομή αλλά διαμορφώνεται λειτουργικά συνεχώς, κάθε στιγμή, από την διά των αισθήσεων εμπειρία. Κάθε εμπειρία, κάθε μνήμη και κάθε συλλογισμός εγκαθιστά ένα νέο πολυδαίδαλο και μοναδικό συναπτικό κύκλωμα. Οι συναπτικές συνδέσεις δύο εγκεφάλων ίδιου ακριβώς

μεγέθους ουδέποτε ταυτίζονται. Γι' αυτό κάθε εγκέφαλος είναι κυριολεκτικά μοναδικός. **Και έχει τη δυνατότητα να εκτελεί 25 τετράκις εκατομμύρια υπολογισμούς το δευτερόλεπτο.** Σήμερα δεν υπάρχει ηλεκτρονικός υπολογιστής που να πλησιάζει καν αυτή τη δυνατότητα.

Στις μέρες μας η έρευνα για τις δυνατότητες βελτίωσης της συναπτικής δραστηριότητας στον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι έντονη. Είναι ενδιαφέρον ότι το Αμερικανικό Πεντάγωνο τον Μάρτιο του 2016 εξήγγειλε ένα πρόγραμμα στο οποίο συμμετέχουν επτά πανεπιστήμια, με αντικείμενο τη διερεύνηση της δυνατότητας ασφαλούς ενίσχυσης των συναπτικών λειτουργιών, δηλαδή της συναπτικής πλαστικότητας του ανθρώπινου εγκεφάλου, με στόχο τη βελτίωση της ικανότητας για μάθηση τουλάχιστον κατά 30%! Και έναν χρόνο μετά, τον Μάρτιο του 2017, ο Γενικός Διευθυντής και επικεφαλής τεχνολογικού σχεδιασμού της εταιρείας Tesla Ελόν Μασκ, ανακοίνωσε την ίδρυση της κοινοπραξίας Neuralink, με σκοπό την κατασκευή κυκλωμάτων διεπαφής του ανθρώπινου εγκεφάλου με υπολογιστές και στόχο τη διεύρυνση των δυνατοτήτων του.

Ο εγκέφαλος διαθέτει την πλουσιότερη αιμάτωση και καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από όλους τους ιστούς του ανθρώπου, ακόμα και από τους σκληρά εργαζόμενους μύες, ως αποτέλεσμα της δυναμικής λειτουργίας του. Ενώ αντιστοιχεί με το 2% περίπου του συνολικού βάρους του ανθρώπινου σώματος, καταναλώνει πάνω από το 20% της συνολικής ενέργειας που χρειάζεται το σώμα για να λειτουργήσει. Είναι τρεις φορές μεγαλύτερος από τον εγκέφαλο ενός ανθρωποειδούς πιθήκου με ίδιο σωματικό βάρος, ενός χιμπαντζή για παράδειγμα, στον οποίο επιπλέον ο εγκέφαλος καταναλώνει μόνο το 8% των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων του οργανισμού. Είναι ενδιαφέρον ότι κατά τη γέννηση το βάρος του εγκεφάλου αντιστοιχεί στο 10% του βάρους του νεογέννητου.

Αυτό το αυξημένο μέγεθος θα ήταν δύσκολο να επιτευχθεί εξελικτικά χωρίς την προσθήκη κρέατος, περισσότερων πρωτεϊνών δηλαδή στην καθημερινή διατροφή. Υπάρχουν νευροβιολόγοι που θεωρούν ως σημαντικό παράγοντα για την αύξηση του ανθρώπινου εγκεφάλου την ανάπτυξη της γλώσσας, αλλά και την εξελικτική πίεση που αφορά τον ανταγωνισμό των ειδών για επιβίωση.

Ο εγκέφαλος συνδέεται με τον έξω κόσμο μέσω εξειδικευμένων προσαγωγών νευρώνων που μεταφέρουν τα εισερχόμενα από τα όργανα των αισθή-

σεων σήματα, ενώ τα εξερχόμενα σήματα μεταφέρονται από τον εγκέφαλο μέσω κινητικών και εκκριτικών νευρώνων που καταλήγουν στους μυς και τους αδένες. Όμως το μεγαλύτερο μέρος των νευρώνων του εγκεφάλου δέχεται και στέλνει σήματα μόνο σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου και είναι ανεξάρτητα από τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα σήματα. **Με άλλα λόγια ο εσωτερικός διάλογος στον εγκέφαλο μέσω «εσωτερικών» νευρωνικών δικτύων είναι πολύ πλουσιότερος από τον διάλογο με τον έξω κόσμο.** Ο εσωτερικός διάλογος όμως αναπτύσσεται μόνο αν ο εγκέφαλος έχει πρώτα ωριμάσει λειτουργικά διαλεγόμενος μέσω των αισθήσεων με το περιβάλλον, φυσικό και κοινωνικό, κατά τη βρεφική και την παιδική ηλικία!

Πρέπει να γίνει σαφές ότι η ανάπτυξη, η πολύπλοκη ανατομία και η λειτουργία του εγκεφάλου ρυθμίζονται από γονιδιακές εντολές σε συνδυασμό με **επιγενετικές** αλληλεπιδράσεις. Πρέπει να συμβούν συγκεκριμένα αναπτυξιακά γεγονότα πριν συμβούν κάποια άλλα, και πρέπει πρώτα να γίνουν εμπειρικές καταγραφές στα πρώτα στάδια της ζωής για να ωριμάσει λειτουργικά ο εγκέφαλος και να εκδηλώσει όλο το φάσμα των λειτουργιών του. Ότι είμαστε δεν οφείλεται μόνο στα γονίδια αλλά και στην αλληλεπίδραση με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον.

Ο εγκέφαλος είναι οργανωμένος σε λειτουργικές περιοχές και πυρήνες σύμφωνα με τοποβιολογικές αρχές, σε λειτουργικούς «χάρτες» που επικοινωνούν περισσότερο μεταξύ τους παρά με τον έξω κόσμο.

Θεμελιώδεις εγκεφαλικές δομές που σχετίζονται με τη συνείδηση

Α. Θαλαμοφλοιϊκό σύστημα: Ο θάλαμος είναι δομή που ευρίσκεται στο κέντρο του εγκεφάλου και αποτελείται από πολλούς πυρήνες, είναι στην κυριολεξία ένας λειτουργικός κόμβος (**Εικόνα 6ε**). Υποδέχεται τα ερεθίσματα που φθάνουν από τα αισθητήρια όργανα -και όχι μόνο- τα οποία τελικά καταλήγουν στον φλοιό, αλλά και τις διεγέρσεις που ξεκινούν από τον φλοιό και καταλήγουν στην περιφέρεια, στους μυς και τους αδένες. Συνδέεται με πυκνό τριδιάστατο δίκτυο νευρωνικών οδών με τις **λειτουργικά εξειδικευμένες περιοχές του φλοιού, από τις οποίες οι ευρισκόμενες στο πίσω μέρος του εγκεφάλου εξυπηρετούν την αντίληψη ενώ οι πρόσθιες τον σχεδιασμό και τη δράση.** Είναι τέτοια η εξειδίκευση του φλοιού ώστε ακόμα και για μια μόνο αίσθηση, την όραση, υπάρχουν διαχωρισμένες νευρωνικές ομάδες για

επί μέρους ιδιότητες: άλλες για τη μορφή, άλλες για το χρώμα, άλλες για την κίνηση. Αν για παράδειγμα κοπεί από τραύμα, όγκο ή αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο το νευρωνικό δίκτυο που είναι απαραίτητο για την αναγνώριση προσώπων, το άτομο δεν θα μπορεί να αναγνωρίζει ακόμη και τους στενούς συγγενείς.

Οι νευρώνες του συστήματος αυτού λειτουργούν **αμφίδρομα**, οι ηλεκτροχημικές διεγέρσεις δηλαδή είναι εφικτές και προς τις δύο κατευθύνσεις και επιτρέπουν το ειδικότερο ίσως λειτουργικό γνώρισμα του εγκεφάλου, τη συνεχή επανατροφοδότηση με σήματα-πληροφορίες που ορισμένοι αποκαλούν **λειτουργία επανεισόδου**. Πρόκειται για την ταχύτατα επαναλαμβανόμενη και συνεχή ανταλλαγή παράλληλων σημάτων μεταξύ του θαλάμου και των εξειδικευμένων κέντρων του φλοιού, αλλά και μεταξύ των ίδιων των κέντρων του φλοιού μέσω φλοιοφλοιϊκών ιών, μέσω οριζόντιων συνδέσεων, που δημιουργούν απεριόριστες δυνατότητες συνδυασμών ανατροφοδότησης και συνεχούς επανακατηγοριοποίησης των σημάτων-πληροφοριών.

Η λειτουργία επανεισόδου συγχρονίζει και συντονίζει κάθε στιγμή έναν τεράστιο αριθμό ηλεκτρικών διεγέρσεων μεταξύ των διάφορων λειτουργικών περιοχών του εγκεφάλου, που διαρρέουν τα δυναμικά νευρωνικά κυκλώματα και επικαιροποιούν συνεχώς τα σήματα-πληροφορίες στον χώρο και τον χρόνο. **Εμπλουτίζει δηλαδή το σύστημα με τις προστιθέμενες κάθε στιγμή εμπειρίες, αλλά και με τα δεδομένα της μνήμης, εξασφαλίζοντας την ενοποίηση της συνείδησης και των κινητικών αντιδράσεων**. Συνδέει για παράδειγμα ένα χρώμα με ένα άρωμα, με ένα αίσθημα, με ένα πρόσωπο, με έναν τόπο ή με όλα. Εξασφαλίζεται έτσι η συνεχής «**ανασύνθεση**» της συνείδησης. Η λειτουργία επανεισόδου δεν αφορά μόνο το θαλαμοφλοιϊκό, αλλά και τα υπόλοιπα νευρωνικά δίκτυα του εγκεφάλου. **Κάθε μεταβολή σε ένα μέρος του νευρωνικού δικτύου γίνεται ταχύτατα αισθητή από όλα τα μέρη του**. Από την ενότητα αυτή προκύπτει η ικανότητα αντίληψης και κατηγοριοποίησης όσων αντιλαμβανόμαστε, η δυνατότητα να διακρίνουμε και να κατανοήσουμε ένα αντικείμενο ή ένα συμβάν από άλλα που υπάρχουν ή συμβαίνουν ταυτόχρονα. Η **λειτουργία επανεισόδου** μπορεί να παρομοιωθεί με ορχήστρα από μουσικούς που αυτοσχεδιάζουν, χωρίς μαέστρο, που όμως είναι μεταξύ τους συνδεδεμένοι με αμέτρητες ίνες χάρις στις οποίες κάθε δράση και κίνηση καθενός αναγνωρίζεται αμέσως απ' όλους και επέρχεται έτσι ενοποίηση και αρμονικός συντονισμός του αποτελέσματος.

Είναι όμως η λειτουργία αυτή και η βάση του εσωτερικού διαλόγου στον άνθρωπο. Καμιά άλλη δομή στο σύμπαν δεν διαθέτει την υψηλή παράλληλη συνδεσιμότητα που υπάρχει μεταξύ των διάφορων περιοχών του ανθρώπινου εγκεφάλου και δημιουργεί απεριόριστες συνδυαστικές δυνατότητες. Τα κυκλώματα των συστημάτων επικοινωνίας και των ηλεκτρονικών υπολογιστών λειτουργούν με προκωδικοποιημένα σήματα, και είναι χαώδης η διαφορά της παράλληλης λειτουργίας τους από τα αντίστοιχα του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος σε αντίθεση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές μπορεί να αλλάζει τα αξιώματα και τις αρχές και να δημιουργεί νέους κανόνες λειτουργίας. Είναι εξάλλου ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι με βάση το θεώρημα της μη πληρότητας του Godel, που διατυπώθηκε το 1931 και έχει γενικότερη ισχύ, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής δεν μπορεί ποτέ να γίνει τόσο ευφυής όσο ο άνθρωπος. Σύμφωνα με το θεώρημα σε οποιοδήποτε «**τυπικό σύστημα αξιωμάτων**» που χρησιμοποιεί σύμβολα, όπως είναι για παράδειγμα τα μαθηματικά, θα υπάρχει πάντοτε τουλάχιστον μία πρόταση που δεν μπορεί να αποδειχθεί με κανέναν συνδυασμό αξιωμάτων ή διαδικασιών που περιέχονται μέσα στο συγκεκριμένο σύστημα, αλλά απαιτείται μέθοδος αποδείξεως που προέρχεται έξω από το σύστημα. Ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής δεν μπορεί να αποκτήσει ανθρώπινη ευφυΐα επειδή η έκταση της γνώσης του περιορίζεται από ένα συγκεκριμένο σύνολο αξιωμάτων, πράγμα που δεν ισχύει για την ανθρώπινη νόηση που έχει απεριόριστες δυνατότητες και την ικανότητα να ανακαλύπτει συνεχώς νέες απροσδόκητες αλήθειες και σχέσεις.

Από την έρευνα με τις σύγχρονες τεχνικές προκύπτει ότι ενώ τα εξειδικευμένα κέντρα του φλοιού διεγείρονται επιλεκτικά ανάλογα με την εμπειρία, **οι κατώτερες δομές ευρίσκονται σε συνεχή δραστηριότητα.**

Β. Ένα σύνολο πολυσυναπτικών συνδέσεων που ξεκινούν από τα κέντρα του φλοιού, καταλήγουν στα λεγόμενα προσαρτήματα του φλοιού που είναι η παρεγκεφαλίδα, τα βασικά γάγγλια και ο ιππόκαμπος, για να επιστρέψουν στον φλοιό κυρίως μέσω του θαλάμου. Οι νευρωνικές αυτές οδοί είναι **μονόδρομες** και παράλληλες με λίγες οριζόντιες αλληλεπιδράσεις.

Η παρεγκεφαλίδα συνδέεται με την ισορροπία, με τον συντονισμό και τον συγχρονισμό των άμεσων κινήσεων, ιδιαίτερα των λεπτών κινητικών εργασιών. Συμμετέχει επίσης σε νοητικές και γλωσσικές λειτουργίες. Χωρίς τα νευ-

ρωνικά κυκλώματα της παρεγκεφαλίδας δεν υπάρχουν ομαλά συντονισμένες και ταχείες κινήσεις.

Τα βασικά γάγγλια είναι μια ομάδα μεγάλων πυρήνων στο βάθος του εγκεφάλου που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την εκτέλεση περίπλοκων νοητικών και κινητικών πράξεων σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες. Συμμετέχουν στον έλεγχο των εκούσιων κινήσεων και των κινήσεων των οφθαλμών, στη διαδικασία της μάθησης, καθώς και στην παραγωγή του συναισθήματος. Δυσλειτουργούν μεταξύ άλλων στη νόσο του Parkinson. Χωρίς τα βασικά γάγγλια δεν μπορούν να συντονισθούν ακολουθίες πολύπλοκων κινήσεων βάσει σχεδίου.

Ο ιππόκαμπος που βρίσκεται στον κροταφικό λοβό έχει κυρίαρχο ρόλο στη μετατροπή της βραχυπρόθεσμης σε μακροπρόθεσμη μνήμη, σε συνεργασία πάντα με τον φλοιό.

Γ. Η τρίτη θεμελιώδης δομή ξεκινά από συγκεκριμένους πυρήνες που βρίσκονται στο εγκεφαλικό στέλεχος και τον υποθάλαμο. Από αυτούς τους πυρήνες ξεκινά ένα διάχυτο σύνολο νευρικών ιών, σαν τρισδιάστατη βεντάλια, που διαπερνούν όλο τον εγκέφαλο. Οι πυρήνες αυτοί διεγείρονται σε περιπτώσεις αιφνίδιων και έντονων γεγονότων. Τότε οι νευρικές ίνες που συνδέονται με αυτούς απελευθερώνουν συγκεκριμένες χημικές ουσίες-νευροδιαβιβαστές, από τους οποίους παίρνουν το όνομά τους. **Νοραδρενεργικός** πυρήνας (νοραδρεναλίνη), **ντοπαμινεργικός** (ντοπαμίνη), **χολινεργικός** (ακετυλοχολίνη), **σεροτονεργικός** (σεροτονίνη), **ισταμινεργικός** (ισταμίνη). Εκτός από την εξειδικευμένη δράση τους, οι νευροδιαβιβαστές επιτείνουν την ισχύ των συναπτικών συνδέσεων του εγκεφάλου συνολικά. Οι πυρήνες αυτοί αποτελούν τόπο φαρμακευτικής παρέμβασης σε ψυχιατρικές και νευρολογικές νόσους.

Δ. Ο δικτυωτός σχηματισμός (reticular activating system), είναι ένα διάχυτο σύνολο νευρώνων στο στέλεχος και τον υποθάλαμο. Αν και δεν παράγει συνείδηση, *σχετίζεται άμεσα με την κατάσταση εγρήγορσης και τη συνείδηση*. Καθορίζει αν είμαστε ξύπνιοι ή κοιμόμαστε, και είναι ανενεργός στον ύπνο χωρίς όνειρα. Βλάβη του προκαλεί πλήρη μη αντιρροπούμενη απώλεια της συνείδησης και κωματώδη κατάσταση.

Ε. Η ευγενέστερη και νεότερη εξελικτικά δομή του εγκεφάλου είναι βεβαίως ο **φλοιός**, στον οποίο υπάρχουν τα σημαντικότερα λειτουργικά κέντρα,

μεταξύ των οποίων **τα κέντρα αντίληψης και εκφοράς του λόγου**. Συνδέεται έτσι κατ' εξοχήν με τις ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες, με τον λόγο και τη συνείδηση. Περιέχει 30 δισεκατομμύρια νευρώνες και 1 πεντάκις εκατομμύριο συναπτικές συνδέσεις, ενώ τα εν δυνάμει συναπτικά κυκλώματα που αντιστοιχούν σ' αυτές και μεταβάλλονται συνεχώς από την εμπειρία και τον «εσωτερικό» διάλογο, είναι 10 ακολουθούμενο από ένα εκατομμύριο μηδενικά! Οι νευρώνες του φλοιού έχουν μέγεθος περίπου 50 χιλιοστά του χιλιοστόμετρου, ανήκουν σε 50 περίπου μορφολογικούς τύπους και είναι διατεταγμένοι σε 6 στιβάδες, καθεμία από τις οποίες δέχεται και αποστέλλει συγκεκριμένους τύπους σημάτων.

Το κέντρο **αντίληψης** του λόγου ευρίσκεται στον κροταφικό λοβό του εγκεφάλου και μας επιτρέπει να κατανοούμε ό,τι ακούμε ή διαβάζουμε, και το κέντρο **εκφοράς** του λόγου στον μετωπιαίο λοβό ελέγχει και συντονίζει τον εκφερόμενο λόγο και τη λειτουργία των μυών που σχετίζονται με τη γλώσσα. Η βιολογική αυτή βάση επέτρεψε στον άνθρωπο να εμφανίσει τον λόγο, τη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης εννοιών, αλλά και την ανάπτυξη κάποιου είδους «πρωτογλώσσας» που στη συνέχεια εξελίχθηκε βαθμιαία μέχρι το σημερινό επίπεδο.

Τα εργαλεία της έρευνας για τη συνείδηση

Ο εγκέφαλος είναι το απαραίτητο βιολογικό υπόστρωμα της συνείδησης. Σήμερα η τεχνολογία έχει αναπτύξει τεχνικές που μας επιτρέπουν να **απεικονίζουμε με ικανοποιητική ακρίβεια τη δραστηριότητα του εγκεφάλου εν λειτουργία**. Να έχουμε δηλαδή λεπτομερή απεικόνιση της εγκεφαλικής δραστηριότητας τη στιγμή που ένας άνθρωπος ή ένα ζώο πραγματοποιεί μια γνωστική διαδικασία, μια σκέψη ή υφίσταται οποιαδήποτε νοητική ή συναισθηματική εμπειρία. Τι συμβαίνει στον εγκέφαλο όταν βλέπουμε, όταν αναγνωρίζουμε πράγματα και πρόσωπα, όταν σκεφτόμαστε, όταν κάνουμε συνειρμούς, όταν ακούμε μουσική, όταν προσπαθούμε να σημασιοδοτήσουμε σύμβολα, όταν εκφράζουμε την αγάπη μας;

Το **κλασικό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ)** καταγράφει τα ηλεκτρικά ρεύματα που παράγονται κατά την ταυτόχρονη δραστηριότητα τεράστιου πλήθους νευρώνων **του φλοιού**, αδυνατώντας να συλλάβει σήματα από βαθύτερες δομές. Έχει εξαιρετική χρονική ανάλυση των ηλεκτρικών δραστηριο-

τήτων, αλλά δεν προσδιορίζει με μεγάλη τοπική ακρίβεια τους αντίστοιχους νευρώνες.

Νεότερες τεχνικές είναι η **λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI)** και η **τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET)** που ανιχνεύουν μεταβολές στη ροή του αίματος, στην οξυγόνωση των νευρώνων και στον μεταβολισμό αυτών με μεγάλη τοπική ακρίβεια αλλά όχι άριστη χρονική συσχέτιση (**Εικόνα 6στ**). Η **μαγνητική ηλεκτροεγκεφαλογραφία (MEG)** είναι συνδυασμός ΗΕΓ και fMRI και γίνεται με κάσκα καταγραφής ΗΕΓ κατά τη διάρκεια της fMRI, με συσχέτισμό των δεδομένων (**Εικόνα 6ζ**). Συνδυασμός όλων αυτών των τεχνικών δίνει σήμερα πολύτιμες εικόνες του ζωντανού εγκεφάλου εν λειτουργία, με εξαιρετική τοπολογική και χρονική ακρίβεια.

Μπορεί η υπάρχουσα σήμερα τεχνολογία να έχει οδηγήσει σε άλματα όσον αφορά την κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου, ωστόσο υπάρχουν ακόμα πολλά που απομένει να ερευνηθούν. Είναι ωστόσο βέβαιο ότι στο εγγύς μέλλον θα τεθούν στη διάθεση των νευροφυσιολόγων όργανα πολύ μεγαλύτερης ακρίβειας, και θα ριχθεί περισσότερο φως στους δαιδαλώδεις μηχανισμούς της νόησης.

Είναι εν τέλει σαφές ότι η νευροφυσιολογία μετατρέπει τον δυισμό σώματος και πνεύματος, όπως αυτός περιγράφεται από τη φιλοσοφία και τα δόγματα, σε **άμεση σχέση της κάθε σκέψης και εμπειρίας με αντίστοιχες λειτουργίες του εγκεφάλου**. Για την επιστήμη σήμερα δεν υπάρχει ο μεταφυσικός δυισμός που περιέχεται στον φιλοσοφικό ιδεαλισμό.

Νευρωνικός Δαρβινισμός

Προϋπόθεση για την εξέλιξη κάθε είδους μέσω της φυσικής επιλογής είναι η ποικιλομορφία των ατόμων του είδους, που εξασφαλίζεται με το συνεχές ανακάτεμα του DNA κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής. Φυσική επιλογή εννοούμε την επιβίωση των καλύτερα προσαρμοσμένων ατόμων κάθε είδους που οδηγεί εν τέλει στην επιβίωση των καλύτερα προσαρμοσμένων ειδών.

Από τους δύο περιγράψαντες τη φυσική επιλογή, ο **Γουάλας** επέμενε ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος δεν είναι δυνατόν να είναι προϊόν φυσικής επιλογής. Ο **Δαρβίνος** από την άλλη τόνισε ότι ο εγκέφαλος αποτελεί προφανώς προϊόν εξελικτικής διαδικασίας και για την ερμηνεία των λειτουργιών του δεν χρειάζεται η επίκληση μεταφυσικών δυνάμεων, αρκούν οι αρχές της φυσικής

επιλογής. Η νόηση, έλεγε ο Δαρβίνος, δεν υπήρχε πάντα, αλλά εμφανίστηκε σε κάποιο στάδιο της εξέλιξης μέσα από βαθμιαία φυσική επιλογή ζώων που διέθεταν τις εξελικτικά διαμορφωμένες βιολογικές δομές και λειτουργίες, τους εγκεφάλους δηλαδή, που οδήγησαν στην ανάδυσή της. Για να πετάξει κανείς χρειάζεται φτερά, για να σκεφτεί χρειάζεται εγκέφαλο. Περιέγραψε επίσης ο Δαρβίνος την τεράστια ποικιλομορφία που εμφανίζει η δομή και η λειτουργία των εγκεφάλων στα διάφορα σπονδυλωτά.

Η εξέλιξη των έμβιων όντων λειτουργεί αποκλειστικά με την επιλογή των καλύτερα προσαρμοσμένων οργανισμών και όχι με προϋπάρχουσες εντολές. Για την επιστήμη δεν υπάρχει στην εξέλιξη των ειδών τελική αιτία που να κατευθύνει τη διαδικασία, δεν υπάρχει τελεολογία και τελικός σκοπός. Η ιδέα πάντως ότι η φυσική επιλογή παράγει είδη με συγκεκριμένες εξελικτικές διαδικασίες στο βάθος των χιλιετιών αφορά μόνο τη βιολογία, είναι ξένη προς την επιστήμη της φυσικής, έστω και αν οι φυσικοί νόμοι δεν παύουν να ισχύουν στα βιολογικά συστήματα. Δεν έχει για παράδειγμα η φυσική επιλογή των ζώντων οργανισμών καμιά σχέση με τη διαδικασία της εξέλιξης των άστρων.

Οι βασικές αρχές του **νευρωνικού δαρβινισμού** είναι τρεις:

1. Κατά την εμβρυογένεση κάθε ατόμου με οδηγίες από το DNA αναπτύσσεται το νευρικό σύστημα και διατάσσονται οι υπάρχουσες σ' αυτό ομάδες νευρώνων, που διαφέρουν μεταξύ τους, και οι οποίες διαμορφώνουν τον εγκέφαλο (**αναπτυξιακή επιλογή**). Κατά την ανάπτυξη γειτονικοί νευρώνες διαφόρων τύπων συνδέονται εκτεταμένα μεταξύ τους μέσω διακλαδώσεων που λέγονται δενδρίτες, και τα σημεία επαφής στα άκρα των δενδριτών ονομάζονται συνάψεις. Το γεγονός αυτό προσδίδει εξαιρετικά συνεργατικό χαρακτήρα στην κατά ομάδες δραστηριότητά τους. Κανένας νευρώνας δεν συνδέεται μόνο με έναν γειτονικό νευρώνα.

2. Από την πρώιμη περίοδο της ανάπτυξης και καθ' όλην τη διάρκεια της ζωής, ο συνεχής δια των αισθήσεων διάλογος με τον κόσμο αλλά και ο «εσωτερικός» διάλογος και η μνήμη, ενισχύουν ή αποδυναμώνουν συνεχώς ομάδες **συναπτικών** κυκλωμάτων μέσα στο αχανές δάσος των δενδριτικών επαφών. Έτσι ο εγκέφαλος σε συναπτικό επίπεδο δεν αποτελεί σταθερή και αμετάβλητη δομή, αλλά διαμορφώνεται συνεχώς από την εμπειρία (**εμπειρική ή σωματική επιλογή**), είναι δηλαδή αυτοοργανούμενο και αυτορρυθμι-

ζόμενο σύστημα. Αυτό αποτελεί θεμελιώδη διαφορά από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η συνεχής διαμόρφωση των συναπτικών κυκλωμάτων από την ατομική εμπειρία καθιστά κάθε εγκέφαλο μοναδικό και αποτελεί τη βάση της ατέλειωτης ποικιλίας των ενσυνείδητων καταστάσεων.

3. Χάρης στις ταχύτατες αλληλεπιδράσεις επανεισόδου, τη συνεχή δηλαδή ανταλλαγή σημάτων-πληροφοριών μεταξύ νευρωνικών και συναπτικών κυκλωμάτων που βασίζεται στη συνεχή ροή σημάτων από τον εξωτερικό κόσμο μέσω των αισθήσεων και στην υψηλή διασύνδεση και διάδραση των διαφόρων περιοχών του εγκεφάλου και τη μνήμη, επιτυγχάνεται ο συνεχής **συσχετισμός** όσων συμβαίνουν στο φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον, η συνεχής ανασύνθεση της εμπειρίας.

Έτσι, σύμφωνα με τις σημερινές απόψεις της επιστήμης ο λόγος, η συνείδηση και η γλώσσα προέκυψαν ως επακόλουθα της συνύπαρξης και της κοινής λειτουργίας των τριών αυτών αρχών: της φυσικής ή αναπτυξιακής επιλογής (**εντολές από το DNA**), της εμπειρικής ή σωματικής επιλογής (**διαμόρφωση συναπτικών κυκλωμάτων από την εμπειρία**) και της διαχείρισης των δεδομένων με τη **λειτουργία επανεισόδου**. Δεν απαιτείται η επίκληση μεταφυσικών δυνάμεων για την ερμηνεία τους.

Ο εγκέφαλος ανήκει στα λεγόμενα «**επιλεκτικά**» βιολογικά συστήματα, όπως είναι και το ανοσοποιητικό σύστημα που επίσης διαθέτει μνήμη και απαντάται μόνο στα σπονδυλωτά. Τα συστήματα αυτά **αναγνωρίζουν** κάθε στιγμή τα κατά τυχαίο κυρίως τρόπο μεταβαλλόμενα δεδομένα του εξωτερικού περιβάλλοντος και ανταποκρίνονται σ' αυτά εξασφαλίζοντας την επιβίωση. Ο εγκέφαλος, που διαμορφώθηκε εξελικτικά, αντιλαμβάνεται τον κόσμο και διαμορφώνει άμεσα και συνεχώς πολυεπίπεδες αντιδράσεις, εξασφαλίζοντας εξελικτικό πλεονέκτημα για την επιβίωση του ατόμου και του είδους. **Η δυνατότητα αναγνώρισης και η μνήμη είναι οι σπουδαίες κοινές λειτουργίες των επιλεκτικών βιολογικών συστημάτων.**

Όπως ήδη αναφέρθηκε η δομή του εγκεφάλου σε επίπεδο συναπτικών κυκλωμάτων μεταβάλλεται συνεχώς, όσο μεταβάλλονται τα πάντα γύρω από τον άνθρωπο και μέσα στον άνθρωπο, και αυτό καθιστά τον εγκέφαλο **λειτουργικά μοναδικό και μη προβλέψιμο**. Οι κύριες λειτουργίες του εγκεφάλου είναι επιλεκτικές και διαμορφώνονται από τον συνεχή διά των αισθήσεων διάλογο με τον κόσμο και τον ίδιο τον εαυτό, και όχι προκαθορισμένες με μοναδικό τρόπο από κάποιο πρόγραμμα ή κάποια εκπαίδευση. Η ικανότη-

τα αυτή αυξάνει την προσαρμοστικότητα στις απρόβλεπτα μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος, άρα και την ικανότητα επιβίωσης.

Πολύτιμη λειτουργία του εγκεφάλου είναι η πλαστικότητα, η ικανότητα να παράγονται περίπου όμοια λειτουργικά αποτελέσματα από διαφορετικές εγκεφαλικές δομές. Έτσι μετά από εγκεφαλικές βλάβες διαφόρων εντοπίσεων, συχνά εναλλακτικές νευρωνικές οδοί παράγουν παρόμοιες λειτουργίες με τις απωλεσθείσες. Αποτελεί και αυτό άλλη μια ουσιώδη διαφορά του εγκεφάλου από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Η ουσία της συνείδησης

Σύμφωνα με την επιστήμη της κυβερνητικής η συνείδηση και η ευφυΐα είναι **αναδύομενες λειτουργίες** συστημάτων που έχουν ξεπεράσει κάποιον βαθμό πολυπλοκότητας, όπως είναι ο εγκέφαλος. Και είναι διαβαθμισμένες ανάλογα με τη δομή και τις λειτουργικές δυνατότητες του βιολογικού υποστρώματος, δηλαδή του εγκεφάλου. Η θέση της επιστήμης σήμερα είναι ότι αυτό που ονομάζουμε συνείδηση γεννιέται από ένα ιδιαίτερο σύνολο σχέσεων που αναπτύσσονται ανάμεσα στη λειτουργία της αντίληψης, στην ικανότητα σχηματισμού εννοιών, στη λειτουργία της μνήμης και στη δυνατότητα άλλοτε άλλου βαθμού επικοινωνίας. Αναδύεται από συγκεκριμένες βιολογικές δομές μέσα στον εγκέφαλο, αλλά εξαρτάται και από την αλληλεπίδραση με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον και από τη γλωσσική λειτουργία, προϋπόθεση της σύνθετης σημασιολογικής κοινωνικής επικοινωνίας.

Η συνείδηση σύμφωνα με τον νομπελίστα Gerald Edelman διαβαθμίζεται σε Πρωτογενή και σε Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως.

1. Πρωτογενής Συνείδηση (ΠΣ)

Η **Πρωτογενής Συνείδηση (ΠΣ)** αποτελεί εξελικτική κατάκτηση πολλών ζώων, ως ικανότητα δημιουργίας νοητικών παραστάσεων στις οποίες ενσωματώνονται πληροφορίες που σχετίζονται με την τρέχουσα δράση, με το παρόν. Έχει περιορισμένες σημασιολογικές δυνατότητες, δυνατότητες δηλαδή δημιουργίας και διαχείρισης εννοιών, και **καθόλου δυνατότητες δημιουργίας και διαχείρισης συμβόλων**, επομένως ούτε γλωσσικό κώδικα επικοινωνίας. Δεν περιέχει αυτοσυνειδησία, ούτε δυνατότητα αναφοράς στο παρελθόν ή το μέλλον. Βεβαίως η Πρωτογενής Συνείδηση συνδέεται με τα συναισθήματα, μιας και οι αντιληπτικές λειτουργίες συνδέθηκαν εξελικτικά

με το μεταιχμιακό σύστημα του εγκεφάλου απ' όπου απορρέουν τα συναισθήματα, μέσω ιδιαίτερων κυκλωμάτων επανεισόδου.

Για την εμφάνιση της **Πρωτογενούς Συνείδησης** υπάρχουν τρεις προϋποθέσεις, που βασίζονται στις εξελικτικά διαμορφωμένες σε βάθος εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών νευρωνικές διαμορφώσεις του εγκεφάλου:

α. Η ικανότητα του εγκεφάλου να **αντιλαμβάνεται** τον κόσμο, να διαχωρίζει δηλαδή ένα αντικείμενο ή γεγονός από άλλα αντικείμενα ή γεγονότα. Η λειτουργία αυτή που εδράζεται κυρίως στις οπίσθιες εγκεφαλικές δομές, επεξεργάζεται σήματα που προέρχονται από τον έξω κόσμο, βασίζεται στον διά των αισθήσεων διάλογο με τον κόσμο και τη λειτουργία επανεισόδου που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αφορά πολλές αισθήσεις ταυτοχρόνως, και **σε κάθε είδος σχετίζεται με τις προϋποθέσεις επιβίωσής του**. Θεωρείται η πλέον θεμελιώδης διαδικασία του νευρικού συστήματος των ανώτερων σπονδυλωτών.

β. Η ικανότητα του εγκεφάλου των ζώων να **συνδυάζει** διάφορες αντιληπτικές παραστάσεις με βάση κοινά γνωρίσματα, να τις συσχετίζει με τη μνήμη προηγούμενων εμπειριών επιβράβευσης ή τιμωρίας σε κλάσμα του δευτερολέπτου και να συνθέτει έτσι **γενικές, στοιχειώδεις παραστάσεις** που σε καμιά περίπτωση δεν περιέχουν συμβολισμούς, όπως είναι για παράδειγμα η κίνηση ενός ποντικού στον εγκέφαλο της γάτας. Και εδώ η λειτουργία επανεισόδου, που συνδέει λειτουργικά εξειδικευμένες περιοχές του εγκεφάλου μεταξύ τους και με τα σήματα που φθάνουν από τα αισθητήρια όργανα μέσω του θαλαμοφλοιϊκού δικτύου, αποτελεί τη βάση. Η δημιουργία αυτή παραστάσεων δεν έχει ασφαλώς σχέση με τον λόγο, με την επεξεργασία και την κοινωνία των ιδεών με τα σύμβολα της γλώσσας. Ο λόγος αποτελεί αποκλειστικό κατηγορημα της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως.

γ. Η λειτουργία της **μνήμης**, που βασίζεται στη δημιουργία νέου συναπτικού κυκλώματος για κάθε νέα αντίληψη. Κάθε τέτοιο νέο συναπτικό κύκλωμα ενεργοποιούμενο αργότερα μέσω δυναμικής ενίσχυσης των συνάψεών του, δημιουργεί την ανάμνηση του αντικειμένου ή γεγονότος. Η βάση της μνήμης ευρίσκεται στις μεταβολές της ηλεκτροχημικής συναπτικής εντάσεως στα συναπτικά κυκλώματα που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν. Η μεταβολή αυτή δεν είναι στερεότυπη, αλλά συνδέεται με τη συνεχώς μεταβαλλόμενη τρέχουσα εμπειρία, διαφορετικά δεν θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη. **Η μνήμη σε κλάσματα του δευτερολέπτου ενοποιεί την εμπειρία**. Προέκυψε

σε μια εξαιρετική φάση της εξέλιξης όταν εμφανίστηκαν νευρωνικά κυκλώματα που **συνέδεσαν λειτουργικά τις οπίσθιες περιοχές του εγκεφάλου που εξυπηρετούν την αντίληψη με τις πρόσθιες περιοχές που εξυπηρετούν τον συσχετισμό των εμπειριών και τη δράση**. Από τότε η μνήμη έγινε ο «υπηρέτης» της συνείδησης. Από τότε η μνήμη ανταμοιβής ή τιμωρίας μιας παράστασης από την παρελθούσα εμπειρία ενός ζώου καθοδηγεί τη συμπεριφορά του στα πλαίσια της πρωτογενούς πάντα συνείδησης.

Τα συστήματα του φλοιού που εξυπηρετούν την αντιληπτική κατηγοριοποίηση προϋπήρξαν εξελικτικά της Πρωτογενούς Συνειδήσεως. Μεταξύ των κέντρων του φλοιού και των περιοχών που εξυπηρετούν τη μνήμη, αλλά και το συναίσθημα, εμφανίστηκαν νέες νευρωνικές συνδέσεις κατά τη διάρκεια εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών, **κυρίως κατά την εξέλιξη από τα ερπετά ως τα θηλαστικά**. Οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις επανεισόδου μεταξύ των προαναφερθέντων δομών και του συστήματος της μνήμης, που διαρκούν από εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου έως ένα δευτερόλεπτο, οδήγησαν στην ικανότητα σύνθεσης μιας εικόνας του παρόντος, που είναι η βάση της Πρωτογενούς Συνείδησης και προσέφερε σημαντικό εξελικτικό πλεονέκτημα στα είδη που την απέκτησαν. Τα ζώα που διαθέτουν Πρωτογενή Συνείδηση μπορεί να μη διαθέτουν λόγο και γλώσσα, μπορεί να μη συνειδητοποιούν ότι διαθέτουν συνείδηση, όμως διαθέτουν στοιχειώδεις δυνατότητες συνδυασμού εννοιών, στοιχειώδη σκέψη δηλαδή.

2. Λόγος και Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως (ΣΑΤ)

Η **Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως (ΣΑΤ)** αφορά αποκλειστικά τον άνθρωπο και εμφανίστηκε εξελικτικά μαζί με αυτόν κατά τα τελευταία 2,5 εκατομμύρια χρόνια. Δομήθηκε στα θεμέλια της Πρωτογενούς Συνείδησης, βασίστηκε στην εμφάνιση μεγαλύτερου και πολυπλοκότερου εγκεφάλου και στην εξελικτική ανάπτυξη συγκεκριμένων εγκεφαλικών δομών που υπάρχουν αποκλειστικά στον άνθρωπο, όπως είναι το **κέντρο αντίληψης του λόγου (Wernicke)** στον κροταφικό λοβό που βοηθά τον άνθρωπο να καταλάβει όσα ακούει ή διαβάζει, και το **κέντρο εκφοράς του λόγου (Broca)** στον μετωπιαίο λοβό που τον καθιστά ικανό να συνδυάζει τις λέξεις σωστά, και συγχρόνως να ελέγχει τους μυς που συμμετέχουν στην παραγωγή της ομιλίας. Τα κέντρα αυτά εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στον πρώτο Homo, τον Homo habilis όπως προκύπτει από αντίστοιχα εντυπώματα στην έσω επι-

φάνεια απολιθωμένων κρανίων του είδους αυτού ηλικίας 2,5 εκατομμυρίων ετών. Η εμφάνισή τους, σύμφωνα με πολύ πρόσφατες έρευνες στους τομείς της μοριακής βιολογίας και γενετικής που δημοσιεύτηκαν το 2018, οφείλεται σε **τυχαία μετάλλαξη** πριν 3 περίπου εκατομμύρια χρόνια συγκεκριμένου γονιδίου της ομάδος Notch, που στη μεταλλαγμένη μορφή του ονομάστηκε Notch2 NL, όπως αναλύθηκε προηγουμένως. Και πιθανότατα αυτή η τυχαία μετάλλαξη οδήγησε στην εμφάνιση του γένους Homo. Αναδύθηκε δηλαδή με την εμφάνιση του γένους Homo, εν δυνάμει αρχικά, η ικανότητα σχηματισμού και συσχέτισης εννοιών, ο λόγος, ο οποίος συνεξελισσόμενος με τον βιολογικό φορέα και διαλεγόμενος διά των αισθήσεων με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον, υποστηρίζει στη διάρκεια των εκατομμυρίων ετών μέχρι σήμερα τη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως. Τα λοιπά ζώα δεν διαθέτουν τις εξειδικευμένες εγκεφαλικές δομές που μπορούν να υποστηρίξουν λόγο και Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως.

Ο **λόγος**, που προηγείται της συνείδησης, είναι η λειτουργική ικανότητα του ανθρώπου και μόνο, να δημιουργεί ενδόμυχα έννοιες και να τις συσχετίζει στον χώρο και τον χρόνο, αναλύοντας και συνθέτοντας τα δεδομένα, δομώντας έτσι τη σχέση του ανθρώπου με τον κόσμο. **Ο λόγος είναι σχέση**, και μαθηματικά άλλωστε. *«Το γουν δεξιόν φύσει μεν ουκ έστι δεξιόν, κατά δε την προς το έτερον ήμισυ σχέσιν νοείται»* είπε ο Διογένης ο Λαέρτιος. Αυτή ακριβώς η ιδιότητα του λόγου να μεσολαβεί ανάμεσα στον άνθρωπο και τον κόσμο, ώθησε τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη να συνδέσουν τον λόγο με το είναι, ως **«λόγο ουσίας»**, και τους Γνωστικούς με πρώτο τον Φίλωνα τον Αλεξανδρέα να διατυπώσουν μια **οντολογική** θεώρηση του λόγου, η οποία ενσωματώθηκε αργότερα στη χριστιανική διδασκαλία, και κατά την οποία ο Λόγος με κεφαλαίο πλέον Λ αποτελεί γέφυρα ανάμεσα στο πεπερασμένο ανθρώπινο πνεύμα και την άπειρη του Θεού σοφία, αποτελεί έναν δεσμό που εγγυάται τη συμφιλίωση του υπερβατικού με το εγκόσμιο.

Ο άνθρωπος εξαρτάται από τον λόγο για να **υπάρξει** και όχι απλώς να **είναι** μέρος του σύμπαντος. Γιατί υπάρχει σημαίνει είμαι και γνωρίζω ότι είμαι ή κάποιος το γνωρίζει. Επομένως πράγματι «εν αρχή ην ο λόγος». **Η έννοια, η ιδέα, η σημασία**, αποτελεί μια πρωτογενή ταυτοποίηση της νόησης με ένα αντικείμενο ή ένα γεγονός και δεν συνδέεται πρωτογενώς με τη γλώσσα, αφού η ικανότητα σχηματισμού εννοιών εμφανίστηκε κατά την εξέλιξη πολύ

πριν εμφανιστεί η γλώσσα. Μπορεί κανείς εδώ να διακρίνει μια αναλογία μεταξύ των εννοιών και των «ιδεών» του Πλάτωνα.

Με την πάροδο εκατομμυρίων ετών στον ανθρώπινο εγκέφαλο αναπτύχθηκαν νέα είδη νευρωνικών συνδέσεων μεταξύ των περιοχών του φλοιού που συμβάλουν στη δημιουργία των εννοιών αφ' ενός, και των εξειδικευμένων κέντρων που υποστηρίζουν τον λόγο και τη γλώσσα αφ' ετέρου, πράγμα που οδήγησε στη συσχέτιση των εννοιών και την ανάπτυξη **σημασιολογικών ικανοτήτων**. Βασικά χαρακτηριστικά της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως είναι η **συνεχής επίγνωση του κόσμου και του εαυτού, η απεριόριστη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης εννοιών, συμβόλων και συναισθημάτων, η ικανότητα σύνδεσης των νοητικών παραστάσεων με το παρελθόν και το μέλλον και η ύπαρξη ενός κοινωνικά και γλωσσικά δομημένου εγώ, η αυτοσυνειδησία**. Είναι η **ελεύθερη βούληση και η φαντασία**. Για τον άνθρωπο είναι κυριολεκτικά το φως με το οποίο βλέπει τον κόσμο.

Με τον λόγο και τη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως, με τον άνθρωπο, η ζωή γνώρισε τον εαυτό της.

Η αντίληψη που υπάρχει στη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως δεν βασίζεται μόνο στα εκ των αισθητηρίων οργάνων σήματα και σε μια στοιχειώδη μνήμη, αλλά είναι εννοιολογική. Κάθε στιγμή τα δεδομένα που φθάνουν στον εγκέφαλο από τα αισθητήρια όργανα συσχετίζονται μεταξύ τους. Εικόνες, ήχοι, μυρωδιές, ιδέες, αναμιγνύονται συνεχώς με μνήμες, συναισθήματα και σκέψεις. Η αντίληψη βασίζεται στη δημιουργία εννοιών και στην ικανότητα συσχετισμού αυτών στον χρόνο και τον χώρο. Υπεισέρχονται νέες μορφές μνήμης που αφορούν **τα σύμβολα** και τις σημασίες τους, και νέα νευρωνικά κυκλώματα ανταλλαγής σημάτων μεταξύ των κέντρων του λόγου (Wernicke και Broca) αφ' ενός και αισθητηρίων, κινητικών και εννοιολογικών περιοχών του εγκεφάλου που εξυπηρετούν την κοινωνική επικοινωνία και τη γλωσσική ικανότητα αφ' ετέρου. Χωρίς **συμβολική μνήμη και κέντρα του λόγου** δεν μπορεί να υπάρξει Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως.

Δεν πρέπει όμως να μας διαφεύγει ότι η εικόνα που τελικά έχει ο άνθρωπος για το σύμπαν που τον περιβάλλει με βάση τα αισθητήρια όργανά του δεν αντιστοιχεί στο σύνολο της πραγματικότητας. Γιατί απλούστατα τα όργανα των αισθήσεων έχουν περιορισμένες δυνατότητες. Η ρύθμιση της ευαισθησίας των αισθητηρίων οργάνων στα φυσικά σήματα είναι διαφορετική σε κάθε είδος και έγινε από τη φυσική επιλογή σε βάθος εκατομμυρίων ετών,

με στόχο βέβαια την επιβίωση του κάθε είδους στο φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζει. Ακόμα και με τη χρήση οργάνων που αποτελούν προεκτάσεις και ενισχυτές των αισθήσεων, όπως είναι για παράδειγμα το μικροσκόπιο, το τηλεσκόπιο και οι φασματοσκοπικοί αναλυτές, η εικόνα που έχει ο άνθρωπος για τον κόσμο που τον περιβάλλει βελτιώθηκε μεν και βελτιώνεται συνεχώς, αλλά είναι ακόμα εξαιρετικά ατελής.

Πολύτιμη πτυχή του λόγου είναι η **γλώσσα**. Η δυνατότητα δηλαδή επικοινωνίας με έναν πολυσύνθετο γλωσσικό κώδικα βασισμένο στη δημιουργία και καθιέρωση συμβόλων. Η καθιέρωση συμβόλων είναι λειτουργία κοινωνική και συμβατική, γίνεται δηλαδή κατόπιν συμφωνίας. Τα σύμβολα αυτά μπορεί να είναι φωνήματα ή γραπτά σύμβολα ή κινήσεις και στάσεις του σώματος. Στη διάρκεια της εξέλιξης βεβαίως ο άνθρωπος εφηύρε κανόνες διαχείρισης και συνδυασμού των συμβόλων, συντακτικούς και γραμματικούς, που προσέδωσαν στη γλώσσα τη δύναμη να εξωτερικεύει ένα άπειρο πλήθος εννοιών κωδικοποιημένων σε λέξεις-σύμβολα, και προτάσεων που παράγει συνεχώς ο λόγος. Η γενετική μας κληρονομιά και κυρίως τα κέντρα του λόγου, είναι το πολύτιμο και μοναδικό βιολογικό υπόστρωμα που μπορεί να υποστηρίξει την κατανόηση και την εκφορά του λόγου και της πολυτιμότερης πτυχής του που είναι η γλώσσα. Να υποστηρίξει τη **γραμματική και τους κανόνες σύνταξης**, δηλαδή ένα συνδυαστικό σύστημα που καθιστά την ανθρώπινη γλώσσα μη πεπερασμένη, διότι άπειροι συνδυασμοί γλωσσικών συμβόλων μπορεί να είναι γραμματικά σωστοί, και συνθετική διότι κάθε συνδυασμός έχει διαφορετικό νόημα.

Μπορεί κάποιος να σχολιάσει ότι υπάρχουν οργανισμοί όπως τα κοινωνικά έντομα, οι μέλισσες, τα μυρμήγκια και οι τερμίτες που χρησιμοποιούν σύνθετο σύστημα επικοινωνίας με το οποίο διακινούν σημαντικές γι' αυτά πληροφορίες. Η επικοινωνία όμως αυτή είναι γενετικά καθορισμένη και τυποποιημένη, δηλαδή **ενστικτώδης**, και **δεν έχει σε καμιά περίπτωση εξελιχθεί για εκατομμύρια χρόνια**. Δεν μπορεί να αναλύει και να συνθέτει έννοιες, να δημιουργεί σύμβολα και να αναφέρεται στο παρελθόν και το μέλλον, δεν περικλείει φαντασία. Δεν γνωρίζουν τα έντομα αυτά την ύπαρξη του εαυτού τους και του σύμπαντος. Δεν μπορεί να υπάρχει συσχετισμός με την επιγενή συμβολική σκέψη που οδήγησε στο σημερινό επίπεδο της επιστημονικής, τεχνολογικής και γενικότερα πολιτιστικής εξέλιξης του ανθρώπου. Ούτε με την απεριόριστη ελευθερία του πνεύματος που δημιούργησε τα αριστουργήματα της ποίησης, της μουσικής και

των εικαστικών τεχνών και περιέγραψε το σύμπαν και τη θέση του ανθρώπου σ' αυτό. Και την επίγνωση ότι η περιγραφή αυτή είναι ατελής!

Όταν η εξέλιξη οδήγησε στη γλώσσα, ο νοητός κόσμος έγινε απέραντος! Υπάρχουν σήμερα πάνω από πέντε χιλιάδες τέτοιοι γλωσσικοί κώδικες διαφορετικοί μεταξύ τους, ενώ χιλιάδες άλλοι έχουν εξαφανιστεί κατά τον ρου της ιστορίας.

Στον άνθρωπο ο λάρυγγας ευρίσκεται σε χαμηλότερη θέση σε σχέση με τους ανθρωποειδείς πιθήκους. Αυτό του απαγορεύει να μιλά και να καταπίνει συγχρόνως αλλά δημιουργεί έναν μεγάλο ηχητικό θάλαμο πάνω από τις φωνητικές χορδές. Η λειτουργία του θαλάμου αυτού κατά την εκπνοή, σε συνεργασία με τις κινήσεις της γλώσσας και των λοιπών μυών της στοματικής κοιλότητας και των χειλέων, του δίνει την ικανότητα παραγωγής πλούσιας έναρθρης ομιλίας, ιδιαίτερα όσον αφορά τα φωνήεντα και τις διφθόγγους. Η πρώτη στοιχειώδης ικανότητα ομιλούμενης γλώσσας άρχισε να αναπτύσσεται, με την άρθρωση και συμβατική καθιέρωση φωνητικών συμβόλων που σημασιοδοτούσαν συγκεκριμένα αντικείμενα ή γεγονότα. «Άρχή σοφίας ή τῶν ὀνομάτων ἐπίσκεψις», σύμφωνα με τον μαθητή του Σωκράτη και ιδρυτή της κυνικής φιλοσοφίας Αντισθένη. Η ικανότητα αυτή εξελίχθηκε βαθμιαία και με αργό ρυθμό μέχρι την εμφάνιση του είδους *Homo sapiens* πριν περίπου 300 χιλιάδες χρόνια. Τα φωνήματα τότε έγιναν λέξεις και προτάσεις, σημαίνοντα προοδευτικά πολυπληθέστερων και πλουσιότερων εννοιών και συντελεστές μιάς εξελισσόμενης σημασιολογικής επικοινωνίας. Από τότε και ιδίως κατά τα τελευταία 60 χιλιάδες χρόνια οι νοητικές και γλωσσικές ικανότητες του σύγχρονου ανθρώπου απογειώθηκαν.

Τα σημασιολογικά και συντακτικά συστήματα οδήγησαν κατά τη διάρκεια εκατοντάδων χιλιάδων ετών σε νέους τρόπους συμβολικής αναπαράστασης και σε νέους τύπους **συμβολικής μνήμης**. Αναγκαστικά στη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως υπεισέρχονται κοινωνικές και συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις και δεν νοείται υγιής ανθρώπινη συνείδηση απαλλαγμένη από τον εαυτό της, χωρίς αυτοσυνειδησία δηλαδή. Συγχρόνως αναδύθηκε η λειτουργική δύναμη του εσωτερικού διαλόγου, του εσωτερικού συσχετισμού των εννοιών και της διαμόρφωσης σεναρίων ανεξάρτητων από την πραγματικότητα δηλαδή, η **φαντασία** και η **αφηρημένη σκέψη**. Η αλληλεπίδραση ιδεών και σεναρίων με τη συνεχή γένεση νέων νοητικών παραγώγων. Η φαντασία προκύπτει κυρίως από τη λειτουργία της συνειρμικής περιοχής του εγκεφάλου στον προμετωπιαίο λοβό.

Οι ηλεκτροχημικές διεργασίες του εγκεφάλου όταν αυτός «φαντάζεται» είναι ταυτόσημες με τις διεργασίες που αφορούν την εμπειρική πραγματικότητα. Η φαντασία είναι η δύναμη πίσω από τη δημιουργικότητα, αυτή που απαγκιστρώνει τον άνθρωπο από τον παρόντα χωρόχρονο και του επιτρέπει να βλέπει πράγματα που ακόμα δεν υπάρχουν ή δεν θα υπάρξουν ποτέ. Χωρίς τη φαντασία δεν θα υπήρχαν οι επινοήσεις που μετέβαλαν βαθμιαία τον άνθρωπο από άνθρωπο των σπηλαίων σε εξερευνητή του διαστήματος.

Η **λογική** είναι επιγενής, πολυσύνθετη και ανώτερη νοητική λειτουργία. Είναι πολύτιμο παράγωγο του λόγου, ένα εργαλείο, που ευρίσκεται στη βάση της ανθρώπινης πολιτιστικής εξέλιξης, ένας **τρόπος συνδυαστικής και επαγωγικής σκέψης** που οδηγεί, ή πρέπει να οδηγεί, σε χρήσιμες, **ωφέλιμες και ασφαλείς** για τον άνθρωπο, τη ζωή γενικότερα και τον πλανήτη που μας φιλοξενεί πράξεις και συμπεριφορές. Η λογική, που είναι και οργανωμένη επιστήμη, εμφανίστηκε πολύ μετά την εμφάνιση της συνείδησης. Ο εγκέφαλος του ανθρώπου λειτουργούσε στο πλαίσιο της ανάγκης για επιβίωση ως επιλεκτικό σύστημα πολύ πριν εμφανιστεί η λογική.

Η έννοια της λογικής όμως χωρίς αναφορά στην πραγματικότητα μέσω των αισθητηρίων οργάνων και της νόησης, δεν είναι πλήρης. Έτσι η έννοια του **ορθού λόγου**, ο ορθολογισμός, είναι η εφαρμογή των αρχών της λογικής συνοχής στα δεδομένα της εμπειρίας και αποτελεί τη βάση του Διαφωτισμού και του δυτικού πολιτισμού. Ορθός λόγος είναι η βασισμένη στην εμπειρική πραγματικότητα λογική. Η μετάβαση από τον μυθικό λόγο στον ορθολογισμό έγινε για πρώτη φορά με την ανατολή της αρχαίας Ελληνικής φιλοσοφίας, με τους Προσωκρατικούς φιλοσόφους για τους οποίους το σύμπαν ήταν μια ενιαία και αδιάσπαστη ενότητα ύλης και πνεύματος. Γι' αυτούς δεν υπήρχε ένας ξεχωριστός μεταφυσικός πνευματικός κόσμος πάνω από τον υλικό κόσμο στον οποίο ζούμε. «Μην ακούτε εμένα αλλά τον Λόγο, και δεχτείτε ότι τα πάντα είναι ένα», έλεγε ο Ηράκλειτος. Στον ορθό λόγο βασίστηκαν οι μεταρρυθμίσεις του Κλεισθένη και στη συνέχεια η αγνή Δημοκρατία του Χρυσού Αιώνα του Περικλέους.

Ο ορθός λόγος όμως δυστυχώς έφθασε να λειτουργεί επιλεκτικά, ιδιαίτερα κατά τους τελευταίους αιώνες. Όσο και αν βρίσκεται στη βάση της επιστήμης και της τεχνολογίας, έχει τεθεί περισσότερο στην υπηρεσία της ανθρώπινης απληστίας, του υλικού κέρδους και της υπαρξιακής ανάγκης για επικράτηση από μεγάλο μέρος της ανθρωπότητας. Δεν χρησιμοποιείται όσο πρέπει για την

πολιτιστική, υλική και ηθική βελτίωση όλων των ανθρώπων ανεξαρτήτως χρώματος και γλώσσας και για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Ούτε χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για την προστασία των πάσης φύσεως δικαιωμάτων του ανθρώπου σε περιβάλλον ισότητας, ελευθερίας και ισονομίας.

Μόνο ο άνθρωπος χάρις στη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως συνειδητοποιεί ότι διαθέτει συνείδηση και ερευνά τους μηχανισμούς της. Με άλλα λόγια η συνείδηση ερευνά τον εαυτό της. Μόνο ο άνθρωπος από όλα τα ζώα συνειδητοποιεί ότι υπάρχει ως μετέχων της ζωής, και ότι η ζωή του έχει τέλος.

Είναι σημαντικό ότι στον άνθρωπο στον οποίο η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως επισκίασε κατά την εξέλιξη την Πρωτογενή Συνείδηση, η τελευταία εξακολουθεί σύμφωνα με τους ειδικούς επιστήμονες να ενυπάρχει λειτουργικά ως η απαραίτητη βάση για την ανάπτυξη της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, τόσο οντογενετικά όσο και φυλογενετικά.

Η μαγεία της υποκειμενικής εμπειρίας

Κάθε **στιγμιαία** ενσυνείδητη εμπειρία παράγεται από την ταχύτατη ηλεκτρική διέγερση μιας μεγάλης και σύνθετης ομάδας νευρώνων που ευρίσκονται σε πολλές περιοχές του εγκεφάλου ανάλογα με τα εισερχόμενα διά των αισθητηρίων οργάνων σήματα, μιας λειτουργικής νευρωνικής συστοιχίας που προκύπτει από ταχύτατες αλληλεπιδράσεις επανεισόδου και αποκαλείται όπως ήδη ελέγχθη **δυναμικός πυρήνας**. Μέσα σ' αυτόν οι λειτουργίες είναι διακριτές: άλλη νευρωνική ομάδα για παράδειγμα αποκρίνεται στο χρώμα ενός αντικειμένου, άλλη στο σχήμα του, άλλη στην κίνησή του, όλες όμως διεγείρονται ταυτόχρονα κατά τη συγκεκριμένη εμπειρία. Αλλαγή στη διέγερση μιας εκ των ομάδων αυτών, που ανταλλάσσουν διαρκώς σήματα μεταξύ τους, επηρεάζει αμέσως το σύνολο των νευρώνων του δυναμικού πυρήνα, τον οποίο μπορούμε να φαντασθούμε σαν έναν **τεράστιο ιστό από συνδεδεμένα ελατήρια στον οποίο η κίνηση και του πιο μικρού επηρεάζει όλα τα υπόλοιπα**. Η επόμενη στιγμιαία εμπειρία, που διαφέρει κάποτε σε άλλο βαθμό, βασίζεται σε μια διαφορετική λειτουργική συστοιχία, σε έναν άλλο δυναμικό πυρήνα στον οποίο ενδεχομένως συμμετέχει και αριθμός νευρώνων από τον προηγούμενο. Πρόκειται δηλαδή για αυτόματα διαφοροποίηση όχι της ανατομικής θέσεως, αλλά **της συνδεσμολογίας** των νευρωνικών και συναπτικών κυκλωμάτων. Ο αριθμός των εν δυνάμει λειτουργικών συστοιχι-

ών, άρα ο αριθμός των πιθανών ενσυνείδητων εμπειριών είναι απεριόριστος, κατά πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των σωματιδίων του σύμπαντος!

Η διαμόρφωση κάθε δυναμικού πυρήνα εξαρτάται από τα εκ των αισθητηρίων οργάνων προερχόμενα σήματα, δηλαδή από τον πολυποίκιλο διάλογο του όντος με το φυσικό, κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον διά των αισθήσεων και της διάνοιας. Επίσης εξαρτάται από τη συσχέτιση των σημάτων αυτών με σήματα προερχόμενα από τις δομές που εξυπηρετούν τη μνήμη, και από τον «εσωτερικό διάλογο» που προκύπτει από την αλληλοσυσχέτιση των σημάτων στον εγκέφαλο. Και όλα αυτά σε χρονικό διάστημα 100-150 χιλιοστών του δευτερολέπτου! **Ο εγκέφαλος του ενήλικου ανθρώπου δηλαδή πάει πολύ πιο πέρα από τις πληροφορίες που φθάνουν σ' αυτόν μέσω των αισθήσεων.**

Η ενσυνείδητη αντίληψη και η μνήμη αποτελούν αδιαχώριστες πλευρές της αυτής διαδικασίας. Ακριβώς η συμμετοχή της μνήμης και του εσωτερικού διαλόγου συνδέει κάθε εμπειρία με όλες τις προηγούμενες, και με τις ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες όπως είναι η φαντασία και η κρίση. Έτσι προκύπτει η διασύνδεση κάθε εμπειρίας με την εκπόνηση σχεδίων και δράσεων που αφορούν το μέλλον και κάθε ανθρώπινη συνείδηση καθίσταται μοναδική και ανεπανάληπτη. Όποια σκέψη και αν κάνει ο άνθρωπος αυτή συσχετίζεται αυτομάτως με την παρελθούσα προσωπική εμπειρία του και εν δυνάμει με πιθανά σενάρια για το μέλλον. Κάθε στιγμή στη συνείδηση εισέρχεται ένας τεράστιος αριθμός από σήματα, πληροφορίες δηλαδή, τα οποία ενοποιούνται και συσχετίζονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου με τις πληροφορίες που ήδη υπάρχουν στη μνήμη και αφορούν ολόκληρη την προσωπική ιστορία του ατόμου. Κάθε άνθρωπος έχει τη δική του μοναδική και ανεπανάληπτη ιστορία συνειδησιακού διαλόγου με τον κόσμο και αντιπροσωπεύει μια επικράτεια υποκειμενικής εμπειρίας. **Τελικά κάθε άνθρωπος διαμορφώνει τη δική του μοναδική εντύπωση από τα ίδια ακριβώς εξωτερικά ερεθίσματα,** γιατί τα τελευταία συσχετίζονται αυτόματα και αμέσως με την ήδη διαμορφωμένη και εξελισσόμενη κάθε στιγμή συνειδησιακή του σφαίρα.

Η θέα ενός πίνακα ζωγραφικής, ή η ακρόαση ενός μουσικού έργου συνοδεύεται από συνειρμούς και συναισθήματα μοναδικά σε κάθε άτομο. Ένα θρησκευτικό σύμβολο δεν λέει τίποτα σε κάποιον που δεν ανήκει στη συγκεκριμένη θρησκεία. Το βουδιστικό σύμβολο του τροχού της ζωής δεν λέει τίποτα στους μη βουδιστές. Η θέα ενός λουλουδιού δεν «λέει» τα ίδια πράγ-

ματα σ' έναν ερωτευμένο, σ' έναν εξελικτικό επιστήμονα, σ' έναν φυσικό και σε έναν ανθοπώλη!

Οι πρώτες συνειδησιακές καταγραφές, τα πρώτα στάδια της εμπειρίας κατά τη βρεφική ηλικία, οφείλονται σε ερεθίσματα από όργανα του σώματος που αφορούν την πίεση, την κίνηση των μελών, των μυών και των αρθρώσεων, τον πόνο και τη θερμότητα, τη μυρωδιά της μάνας. Αφορούν την ασυνείδητη αντίληψη του ίδιου του σώματος και τις πηγές που καταπραΰνουν τη «δυσφορία» του βρέφους, είτε αυτή είναι η πείνα είτε η ανάγκη καθαριότητας. Συμβάλλουν και ερεθίσματα προερχόμενα από το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Προκύπτει έτσι η αρχική μη συνειδητή αντίληψη του εαυτού, που εξελίσσεται πλέον και εμπλουτίζεται συνεχώς χάρις στον συνεχή διάλογο με τον κόσμο και χάρις στη λειτουργία της μνήμης που προκαλούν συνεχώς επανακατηγοριοποίηση της συνείδησης. **Η βαθμιαία προσθήκη δεδομένων μέσω κοινωνικών αλληλεπιδράσεων οδηγεί στην εμφάνιση του λόγου, της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, της γλώσσας και του εγώ.** Οι πρώτες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις σε κάθε άνθρωπο ταυτίζονται με τις συναισθηματικές και άλλες σχέσεις φροντίδας και εξάρτησης μεταξύ του βρέφους και της μητέρας του.

Η εξελικτική υπέρβαση από την εμφάνιση απλών νευρικών συστημάτων στα πρώτα ζώα, αποτελούμενων από ένα μικρό κουβάρι κυττάρων με ηλεκτροχημική δραστηριότητα μεταξύ των οποίων γίνεται στοιχειώδης και μεμονωμένη ανταλλαγή πληροφορίας, μέχρι το πολύπλοκότερο αντικείμενο του σύμπαντος, τον ώριμο ανθρώπινο εγκέφαλο, που ενοποιεί ταχύτατα απεριόριστο αριθμό σημάτων και τα συσχετίζει με τη βοήθεια και τη δύναμη της μνήμης, είναι ίσως το σημαντικότερο επίτευγμα της εξέλιξης, που οδήγησε εν τέλει στην εμφάνιση της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, στη συμβολική σκέψη και τη λογική, δηλαδή στην ανθρωποποίηση.

Ασυνείδητες εγκεφαλικές λειτουργίες

Κάθε στιγμή τόσο σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου όσο και στον νωτιαίο μυελό, είναι ενεργά πολλά νευρωνικά κυκλώματα που δεν εξυπηρετούν την ενσυνείδητη εμπειρία, αλλά ζωτικές λειτουργίες των οποίων δεν έχουμε συνείδηση όπως η καρδιακή λειτουργία, η ρύθμιση της πίεσης του αίματος, η λειτουργία του πεπτικού συστήματος και άλλων οργάνων. Εξυπηρετούν επίσης αυτοματισμούς που προκύπτουν από τη μάθηση και την επανάληψη

όπως κατά την ομιλία. Όταν μιλάμε οι λέξεις εμφανίζονται αμέσως τη στιγμή που πρέπει και με τη σωστή σειρά χωρίς τις περισσότερες φορές να τις ψάξουμε συνειδητά. Κατά την επανάληψη μιας σειράς ενεργειών στα πλαίσια της εκπαίδευσης ή της καθημερινότητας, όπως είναι για παράδειγμα η οδήγηση και το παίξιμο πιάνου, η εκτέλεση συνδέεται όλο και λιγότερο με την ενεργό συνείδηση, γίνεται πιο αυτόματη, και ο αριθμός των περιοχών του εγκεφάλου που συμμετέχουν σ' αυτήν γίνεται μικρότερος. Φαίνεται πως ο ενεργοβόρος εγκέφαλος για να εξοικονομήσει ενέργεια επιλέγει τις πιο εύκολες νευρωνικές διαδρομές, αυτές που σχετίζονται με δράσεις που έγιναν στο παρελθόν. Μεγάλο μέρος της νοητικής μας ζωής είναι προϊόν τέτοιων υψηλής αυτοματοποίησης διεργασιών, που μας επιτρέπουν να μιλάμε, να ακούμε, να διαβάζουμε και να γράφουμε γρήγορα και χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια. Πρόσφατα με τη χρήση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (fMRI) από διάφορες ερευνητικές ομάδες «χαρτογραφήθηκαν» περιοχές του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται ταχύτατα και αυτόματα κατά την εκτέλεση μουσικών κομματιών στο πιάνο και αφορούν την απομνημόνευση συγκεκριμένων συνδυασμών κινήσεων των δακτύλων.

Τα αντίστοιχα κυκλώματα δεν σχετίζονται με τον δυναμικό πυρήνα που όπως έχει λεχθεί σχετίζεται με τη συνειδητή εμπειρία. Στη λειτουργία αυτή σημαντικό ρόλο έχει μια περιοχή του εγκεφάλου που λέγεται **γωνιώδης έλικα**. Τα νευρωνικά της κυκλώματα συνδέουν αυτόματα τις πληροφορίες από τα αισθητήρια όργανα με τις αντίστοιχες έννοιες και λέξεις σαν να πρόκειται για μια γλωσσική αρχαιοθήκη! Ωστόσο οι ενσυνείδητες και οι ασυνείδητες διαδικασίες συχνά αλληλεπιδρούν και επηρεάζονται αμοιβαία. Για παράδειγμα μια συναισθηματική διέγερση ή μια υπερδιέγερση της συνειδητότητας κατά τον χειρισμό ενός μαχητικού αεροσκάφους επηρεάζει άμεσα την καρδιακή λειτουργία και την πίεση του αίματος και αντίστροφα.

Όταν απλώνουμε το χέρι μας για να πιάσουμε ένα ποτήρι ενεργοποιείται ένας μεγάλος αριθμός αυτόματων νευρικών διαδικασιών σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου που αφορούν επί μέρους λειτουργίες, τον συντονισμό των μυών και των αρθρώσεων, την κίνηση του καρπού, το άνοιγμα των δακτύλων ανάλογα με το σχήμα του ποτηριού και τη ρύθμιση της πίεσης της σύλληψης. Τις επί μέρους αυτές διαδικασίες δεν τις συνειδητοποιούμε, ούτε θα θέλαμε βέβαια. Αντίστοιχα υπάρχουν επί μέρους ασυνείδητες διεργασίες που αφορούν τη διά των αισθητηρίων οργάνων αντίληψη του κόσμου, μόνο που εδώ οι αισθητήριοι

νευρώνες επηρεάζουν τον δυναμικό πυρήνα, άρα την ποιότητα της ενσυνείδητης εμπειρίας, για παράδειγμα ποια απόχρωση του κόκκινου θα αντιληφθούμε.

Συνειδητός έλεγχος γίνεται πάντα στις νέες εμπειρίες, καθώς και στα κρίσιμα σημεία όπου πρέπει να καταστρωθούν σχέδια ή να ληφθούν αποφάσεις.

Εισηγητής του αξιώματος της υπάρξεως του ασυνείδητου και του ρόλου του στην ανθρώπινη συμπεριφορά υπήρξε ο Sigmund Freud. Η θεωρία αυτή έχει σήμερα λιγότερους υποστηρικτές, αν και ορισμένα σημεία της είναι συμβατά με τα νεότερα δεδομένα για τη δόμηση της ανθρώπινης συνειδητής συμπεριφοράς.

Συνείδηση και πληροφορία

Η ενσυνείδητη εμπειρία χαρακτηρίζεται από την ενοποίηση και διακίνηση τεράστιας ποσότητας πληροφοριών σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Η ικανότητα αυτή προέκυψε από τη διαμόρφωση κατάλληλων βιολογικών δομών, που εξελίχθηκαν μέσω της φυσικής επιλογής σε διάστημα εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών. Η ουσιώδης βιολογική δομή, που αποτελεί το πολυπλοκότερο αντικείμενο και την πιο δημιουργική πηγή πληροφορίας στο σύμπαν, είναι ο εγκέφαλος. Επομένως η πληροφορία ως έννοια που προϋποθέτει και μνήμη, θα μπορούσε να έχει προκύψει μόνο μετά την εμφάνιση της ζωής και του εγκεφάλου. Άλλωστε δεν νοείται πληροφορία χωρίς ένα ενσυνείδητο ον που θα την προσλαμβάνει, θα τη σημασιοδοτεί και θα την αξιολογεί! Σε κάθε περίπτωση σήμερα οι επιστήμονες δέχονται ότι η πληροφορία εμφανίστηκε όταν μέσω της εξέλιξης εμφανίστηκαν ζώα με ικανότητα αντίληψης. **Τα σημάδια του φυσικού κόσμου υπάρχουν ανεξάρτητα από τον εγκέφαλο, αλλά δεν συνιστούν πληροφορία πριν αλληλεπιδράσουν με τον εγκέφαλο.**

Οι διαδικασίες που οδήγησαν στην εμφάνιση των γιγάντιων μορίων των πυρηνικών οξέων (DNA, RNA) και των ενδοκυττάρων βιολογικών δομών κατά τα αρχικά στάδια της ζωής, υπόκεινται ασφαλώς στους φυσικούς νόμους. Για τον άνθρωπο οι φυσικοί νόμοι αποτελούν πληροφορία. Οι χημικοί δεσμοί είναι απαραίτητοι για τη διαμόρφωση και την αντιγραφή του DNA. Όμως η εξέλιξη των οργανισμών υπερβαίνει τους νόμους της χημείας και της φυσικής. Πρόκειται για άλλης τάξεως διεργασία που αφορά στη διατήρηση των πετυχημένων συνδυασμών εντολών που έχουν χημικά κωδικοποιηθεί στο γενετικό υλικό, και εν τέλει στη φυσική επιλογή των καλύτερα προσαρμοσμένων οργανισμών σε βάθος χρόνου. Οι τελευταίοι κληρονομούν στους απογόνους τους τις πολύτιμες γενετικές αλληλουχίες, τα γονίδια που προέ-

κυψαν και εξελίχθηκαν από διαδικασίες ανεξάρτητες από τους φυσικούς νόμους, εξασφαλίζοντας την επιβίωση του είδους.

Η ικανότητα επανάληψης μιας πολύπλοκης βιολογικής διαδικασίας όπως είναι ο κυτταρικός πολλαπλασιασμός των εμπύρηνων κυττάρων, και μάλιστα υπό συνθήκες μεταβαλλόμενες, εμφανίστηκε μετά την εμφάνιση της ικανότητας ορισμένων μεγάλων μορίων να αντιγράφουν τον εαυτό τους. Και αυτό έγινε δυνατό χάρις στις πληροφορίες-εντολές που ενσωματώθηκαν χημικά στο DNA στη διάρκεια δισεκατομμυρίων ετών, και με τη συνεργασία πρωτεϊνικών μορίων-ενζύμων. Μπορούμε μάλιστα να πούμε ότι **η έννοια της πληροφορίας εμφανίστηκε για πρώτη φορά όταν σχηματίστηκε ο γενετικός κώδικας.**

Με βάση τα παραπάνω η γονιδιακή σύνθεση κάθε είδους είναι αποτέλεσμα των φυσικών νόμων αφ' ενός και ιστορικών γεγονότων που αφορούν τη διαχρονική αλληλεπίδραση κάθε είδους με το φυσικό περιβάλλον αφ' ετέρου. Οι δύο αυτοί παράγοντες **καθόρισαν από κοινού** τους τρόπους διαμόρφωσης της πληροφορίας. Είναι απαραίτητο ωστόσο να γίνει κατανοητό ότι η φυσική επιλογή είναι λειτουργία που διαφέρει από τη λειτουργία και των φυσικών νόμων και των βιολογικών διεργασιών στη φυσικοχημική διάστασή τους.

Η ικανότητα της μνήμης στα επιλεκτικά συστήματα που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, από τον γενετικό κώδικα μέχρι τη συνείδηση και το ανοσοποιητικό σύστημα, επιτρέπει τη διαχρονική σύνδεση των πληροφοριών που έχουν προσαρμοστική αξία και **αποτελεί τη μεγάλη συνδυαστική αρχή στο πεδίο της βιολογίας και της συνείδησης.**

Κάθε στιγμή στη συνείδηση εισέρχεται ένας τεράστιος αριθμός από σήματα, πληροφορίες δηλαδή, τα οποία ενοποιούνται και συσχετίζονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου με τις πληροφορίες που υπάρχουν στη μνήμη και αφορούν ολόκληρη την ιστορία της προσωπικής ιστορίας του ατόμου. Έτσι με τη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως η πληροφορία αποκτά πλέον υποκειμενικό χαρακτήρα, είναι σημαντική με διαφορετικό τρόπο σε κάθε άτομο. **Στην ουσία η πληροφορία μετατρέπεται σε συνείδηση.**

Συμπερασματικά

Οι ζωντανοί οργανισμοί ασφαλώς υπόκεινται στους φυσικούς νόμους αλλά όχι μόνο σ' αυτούς. Υπακούουν και σε εντολές άσχετες με τους φυσικούς

νόμους που έχουν κωδικοποιηθεί με χημικό τρόπο στο γενετικό υλικό. Επιπλέον τα έμβια όντα εξελίσσονται από την απολύτως αποδεκτή σήμερα δύναμη της φυσικής επιλογής που δεν έχει σκοπιμότητα, δηλαδή τα αποτελέσματά της δεν είναι δυνατόν να προκαθορισθούν στο βάθος του χρόνου. Η εξέλιξη διαμόρφωσε το ανθρώπινο σώμα και τον αφάνταστης πολυπλοκότητας ανθρώπινο εγκέφαλο που είναι η λειτουργική έδρα του λόγου, της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως και της γλώσσας.

Από τα παραπάνω συνάγεται πως ο Πλατωνικός και ο Καρτεσιανός δυισμός και ο κάθε λογής φιλοσοφικός ιδεαλισμός που θεωρούν ότι η ύλη και το πνεύμα ανήκουν σε διαφορετικούς κόσμους δεν έχουν θέση στη σύγχρονη σκέψη. Δεν υπάρχει *res cogitans*. Ο λόγος είναι πράγματι σαρκωμένος και δεν υπήρξε ποτέ νόηση χωρίς εξελικτικά διαδραστικές βιολογικές διεργασίες. Όπως δεν έχει θέση στη σύγχρονη σκέψη η άποψη ότι ο λόγος και η συνείδηση αποτελούν απλά ιδιότητες της ύλης και μπορούν να ερμηνευθούν αποκλειστικά με θεωρίες μοριακών αλληλεπιδράσεων.

Στην εποχή μας ορισμένοι διακεκριμένοι φυσικοί έχουν συνδέσει την ανάδυση της συνείδησης με την κβαντική μηχανική, υποθέτοντας προς τούτο την ύπαρξη πρόσθετων φυσικών πεδίων που πιθανόν σχετίζονται με τη συνείδηση. Η θέση αυτή των φυσικών, που ασφαλώς δεν έχουν ειδικές γνώσεις στη βιολογία και ειδικότερα στη νευροφυσιολογία, απορρίπτονται από τους εκπροσώπους των συναρμόδιων στο πεδίο της συνείδησης επιστημών, οι οποίοι δηλώνουν απερίφραστα ότι χωρίς την παρουσία των βιολογικών διεργασιών, την εξελικτική διαδικασία και την κοινωνική συμμετοχή είναι αδύνατη η ύπαρξη συνείδησης. Φτάνει να αναλογισθεί κανείς πόσα πολλά λειτουργικά επίπεδα και πόσες κλιμακούμενες χρονικά κοινωνικές αλληλεπιδράσεις πρέπει να συντελεστούν πριν αναδυθεί η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως σε κάθε άνθρωπο.

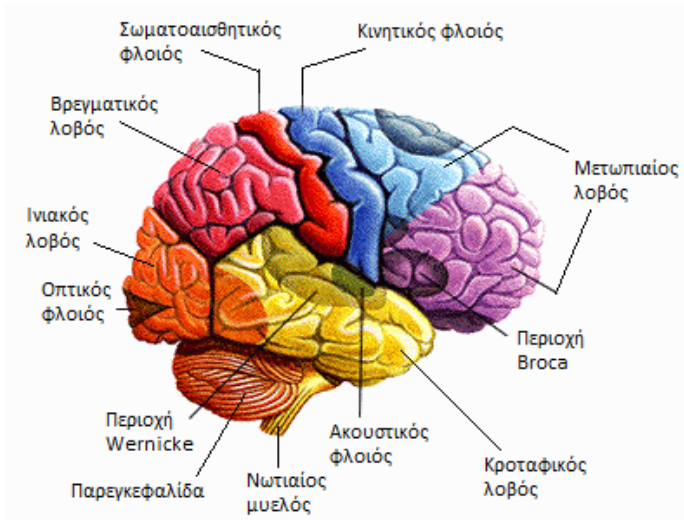
Η ικανότητα της σκέψης εμφανίστηκε εξελικτικά πριν από τη γλώσσα. Ο λόγος και η γλώσσα εμφανίστηκαν εν δυνάμει και εξελίχτηκαν σταδιακά μετά την εμφάνιση των κέντρων του λόγου στον εγκέφαλο του γένους *Homo*, τουλάχιστον 2,5 εκατομμύρια χρόνια πριν. Με την εν συνεχεία κατάκτηση της ικανότητας για συμβολική σκέψη από τον άνθρωπο απογειώθηκε η σημασιολογική και συναισθηματική επικοινωνία, η συλλογική οργάνωση και συνεργασία και εν τέλει η ικανότητα επιβίωσης του ανθρώπου.

Η σκέψη δεν είναι φτιαγμένη από ύλη, αν και είναι το αποτέλεσμα της φυ-

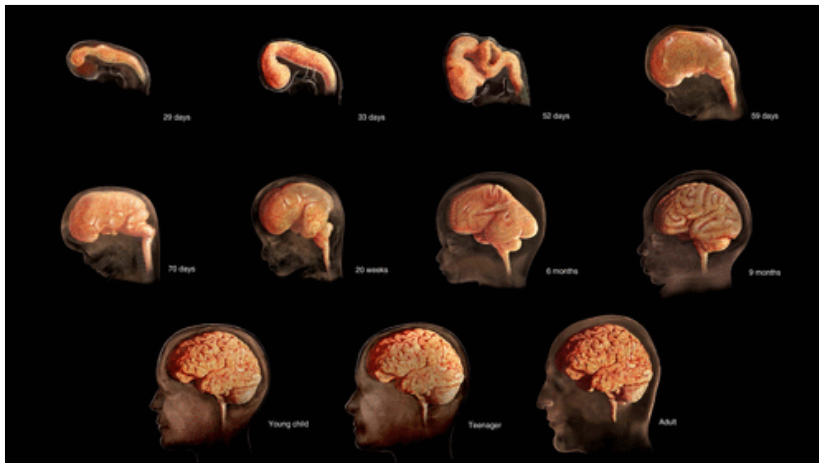
σικής και χημικής λειτουργίας μοριακών, βιολογικών δομών. Η σκέψη είναι ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ εννοιών, είναι μια λειτουργική διαδικασία που συνδέεται με εξελικτικά διαμορφωμένες διατάξεις της ύλης. Περιέχει νόημα για τον ίδιο τον σκεπτόμενο, το οποίο νόημα είναι συγχρόνως αναγνωρίσιμο από τους κοινωνούς της σκέψης του με τη μεσιτεία της γλώσσας. **Η ζωή του ανθρώπου αποκτά νόημα μόνο μέσα στο εξαιρετικά σύνθετο περιβάλλον της κοινωνίας του λόγου.**

Πάντως πρέπει με τιμιότητα να τονιστεί ότι τα ερωτήματα για το πώς ακριβώς οι βιολογικές διαδικασίες που συμβαίνουν στον εγκέφαλο, η κυκλοφορία ηλεκτρικών σημάτων-πληροφοριών και η διαχείριση αυτών, μετατρέπονται σε ολοκληρωμένο **υποκειμενικό βίωμα**, σε εικόνες του κόσμου, σε φαντασία, δεν έχουν στο σύνολό τους απαντηθεί. Δεν είναι ακόμα **απολύτως** σαφές το πώς και το γιατί ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ότι έχει συνείδηση! Όμως η Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως ερευνώντας τον εαυτό της έχει κάνει τεράστια άλματα τα τελευταία χρόνια, πολλές σκοτεινές γωνιές έχουν φωτισθεί και η προσπάθεια συνεχίζεται. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι άλλη ήταν η γνώση του ανθρώπου για το σύμπαν και τον ίδιο του τον εαυτό πριν από αιώνες, ακόμα μόλις πριν λίγες δεκαετίες, και άλλη σήμερα. Και άλλη θα είναι μετά από αιώνες και χιλιετίες αν βέβαια υπάρχει ακόμα ο άνθρωπος. Τα πάντα αλλάζουν και συνεξελίσσονται! Κάθε χρόνο ο ανθρώπινος λόγος εφευρίσκει και προσθέτει νέους τρόπους μελέτης και νέες μεθόδους προσομοίωσης της λειτουργίας του εγκεφάλου.

Κάθε επιστημονική θέση ασφαλώς δεν θεωρείται τελική. Άλλωστε η ίδια η επιστήμη παρέχει τα μέσα για την εξέλιξη ή και αναθεώρηση των γνώσεων που κατακτά σε συγκεκριμένους χωρόχρονους, γι' αυτό θεωρείται ως η αγνότερη οδός αναζητήσεως της αλήθειας. Από την άλλη μεριά η ιστορία της επιστήμης έχει επανειλημμένα αποδειξεί ότι φαινομενικά μυστηριώδη πράγματα και ανυπέρβλητα εμπόδια οφείλονται σε τεχνικούς περιορισμούς ή λανθασμένες εκτιμήσεις, και ότι αυτά κάποτε ξεπερνιούνται από την ίδια τη δύναμη του εξελισσόμενου ανθρώπινου πνεύματος. Πάντως στην προσπάθεια αυτή, η επιστήμη δεν υπολογίζει στη συμμετοχή υπερβατικών και απόκρυφων δυνάμεων.



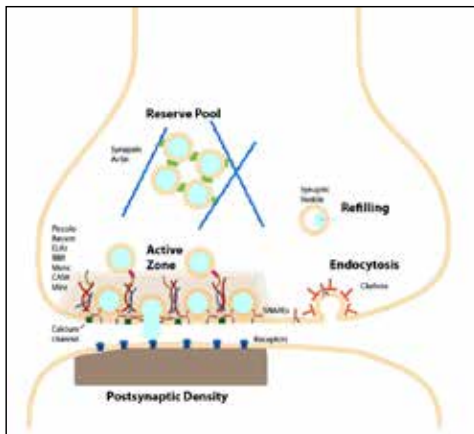
Εικ. 6α. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος



Εικ. 6β. Η ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου



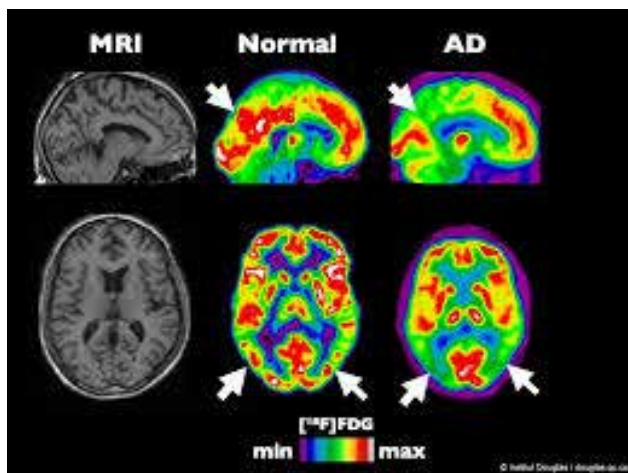
Εικ. 6γ. Τυπικός νευρώνας



Εικ. 6δ. Η μεταβίβαση της ηλεκτροχημικής ώσεως στις συνάψεις



Εικ. 6ε. Διατομή του εγκεφάλου. Η ωσειδής δομή στο κέντρο είναι ο θάλαμος



Εικ. 6στ. MRI και PET scan εγκεφάλου (Δεξιά με νόσο Alzheimer)



Εικ. 6ζ. Διενέργεια Μαγνητικής Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Η ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

(Μέχρι τους ιστορικούς χρόνους)

*Αν δεν υπήρχε ο Ελληνικός πολιτισμός δεν θα
είχαμε εξελιχτεί σε πλήρως συνειδητά όντα.*

Wystan H. Auden

Εισαγωγικά

Το γένος Homo εμφανίστηκε στον πλανήτη πριν περίπου 2,5 εκατομμύρια χρόνια, εφοδιασμένο με μια πολύτιμη προίκα, που καθόρισε την εξελικτική του πορεία: έναν μεγάλο εγκέφαλο στον οποίο υπήρχαν εξ αρχής τα πολύτιμα κέντρα του λόγου, το κέντρο αντίληψης και το κέντρο εκφοράς του λόγου, που δεν υπάρχουν σε κανένα άλλο είδος και οδήγησαν στην ανθρωποποίηση των ανθρωπιδών. Τα κέντρα του λόγου, όπως αναλύεται στο σχετικό κεφάλαιο, ευρίσκονται σε λειτουργική συνεργασία με τις συνειρμικές περιοχές για τη συσχέτιση και διαχείριση των δεδομένων που φθάνουν στον εγκέφαλο προερχόμενα από τη συνεχή αλληλεπίδραση των αισθητηρίων οργάνων με το φυσικό, το κοινωνικό και το πολιτιστικό περιβάλλον. Αλλά και των δεδομένων που προκύπτουν από τον συνεχή «εσωτερικό διάλογο», με τη βοήθεια της μνήμης και των ανώτερων λειτουργιών της συνείδησης, όπως είναι η φαντασία.

Χάρη στη μοναδική βιολογική δομή του εγκεφάλου του ο άνθρωπος ανέπτυξε **λόγο**, τη δυνατότητα δηλαδή να σχηματίζει ενδόμυχα έννοιες, σημασίες, και να τις συσχετίζει στον χώρο και τον χρόνο δομώντας τη σχέση του με το σύμπαν. Και με τη βοήθεια του λόγου και τη δύναμη της μνήμης ανέπτυξε **Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως**, που είναι το συνολικά και διαχρονικά συσ-

σφραγισμένο γνωσιολογικό και συναισθηματικό δυναμικό, ένα ενοποιημένο σενάριο για τον κόσμο που εξελίσσεται συνεχώς, κάθε στιγμή. Λαμβάνεται βεβαίως υπ' όψιν η ατέλεια των αισθητηρίων οργάνων του ανθρώπου που αδυνατούν να συλλάβουν το μεγαλύτερο μέρος των φυσικών σημάτων, που σημαίνει ότι ο άνθρωπος μπορεί εκ κατασκευής να αντιληφθεί μόνο ένα μικρό μέρος της φυσικής πραγματικότητας, ακόμα και με τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας που έχει θέσει στη διάθεσή του όργανα – «προεκτάσεις» των αισθήσεων. Η ρύθμιση του εύρους της ευαισθησίας των αισθητηρίων οργάνων σε κάθε είδος έγινε από τη φυσική επιλογή με γνώμονα την εξασφάλιση εξελικτικού πλεονεκτήματος, της επιβίωσης, στο φυσικό περιβάλλον όπου ζει το συγκεκριμένο είδος.

Βασικά χαρακτηριστικά της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, που εμπλουτίζεται και εξελίσσεται κάθε στιγμή, είναι η συνεχής επίγνωση του κόσμου και του εαυτού, η απεριόριστη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης εννοιών και συμβόλων, η ικανότητα σύνδεσης των νοητικών παραστάσεων με το παρελθόν και το μέλλον και η ύπαρξη ενός κοινωνικά και γλωσσικά δομημένου εγώ, η αυτοσυνειδησία που περιλαμβάνει τη συνείδηση του υποκειμένου ότι διαθέτει συνείδηση. Είναι επίσης οι ανώτερες πνευματικές λειτουργίες, η ελεύθερη βούληση, η διαίσθηση, η δυνατότητα νοητικών προβολών και κρίσεων και η απεριόριστη δημιουργία σεναρίων χωρίς εξωτερικές επιρροές, η φαντασία δηλαδή. Για τον άνθρωπο είναι κυριολεκτικά το φως με το οποίο φωτίζει και γνωρίζει τον κόσμο, και γίνεται ικανός να αλληλεπιδρά με αυτόν.

Οπλισμένος ο άνθρωπος με τον λόγο και τη Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως ανέπτυξε γνωσιολογικά, πνευματικά, κοινωνικά και τεχνολογικά παράγωγα που συνολικά αποκαλούμε πολιτισμό. Πολιτισμό που περιέχει ακόμα τις πολυειδείς εκφάνσεις της τέχνης, όπως και ηθικές αξίες και τις αρχές της δικαιοσύνης για την καλύτερη οργάνωση της κοινωνίας και την ευημερία των ανθρώπων. Και την ομορφιά των ποικίλων εκφάνσεων του συναισθήματος. Ο ανθρώπινος πολιτισμός αναπτύχθηκε σταδιακά ανάμεσα στο φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο, και είναι δημιούργημα του λόγου και της πολυτιμότερης πτυχής του που είναι η γλώσσα. Η γλώσσα εξασφαλίζει τη δυνατότητα εξωτερίκευσης και κοινωνίας των ιδεών, την επικοινωνία, τη συνεργασία και τον εμπλουτισμό των γνώσεων.

Χάρης στον λόγο οι άνθρωποι ανέπτυξαν την κοινωνικότητα στον ύψιστο βαθμό. Οι συνεχώς αυξανόμενες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις με τη βοήθεια

της εξελισσόμενης γλωσσικής επικοινωνίας, οδήγησαν στην κοινωνική οργάνωση και δημιούργησαν το κατάλληλο περιβάλλον για την εμφάνιση του ανθρώπινου πολιτισμού, που με τη σειρά του δεν έπαψε να εξελίσσεται.

Έτσι πέραν της βραδείας **βιολογικής** εξέλιξης των τελευταίων 2,5 εκατομμυρίων ετών που βέβαια συνεχίζεται, ο άνθρωπος έχει και μια παράλληλη **πολιτιστική** εξέλιξη που προχωρά με πολύ ταχύτερο και μάλιστα επιταχυνόμενο ρυθμό. Ιδιαίτερα κατά το χρονικό διάστημα από 60 έως 35 χιλιάδες χρόνια πριν, έγιναν πολιτιστικά άλματα. Στο διάστημα αυτό ανήκουν οι πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη θρησκευτικών τελετών, ανταλλαγής αγαθών και ενασχόλησης με την τέχνη (γλυπτά αγαλματίδια, αντικείμενα-κοσμήματα). Τα τελευταία 35 χιλιάδες χρόνια η φυσιολογία του ανθρώπου παραμένει η ίδια. Όμως πριν 35 χιλιάδες χρόνια οι πρόγονοί μας διέθεταν λίθινα και ξύλινα εργαλεία, ενώ σήμερα διαθέτουμε την ασύλληπτη σύγχρονη τεχνολογία που εξελίσσεται ραγδαία, η οποία δυστυχώς δεν διαθέτει αντίστοιχη λογική και ηθική βάση και οδηγείται κυρίως από την απληστία και την ενστικτώδη ανάγκη της ισχύος και της επιβολής, με αποτέλεσμα να είναι εν μέρει καταστροφική για τον πλανήτη και αυτοκαταστροφική για το είδος μας.

Η πολιτιστική εξέλιξη επιταχύνθηκε **κυρίως** τα τελευταία 12 χιλιάδες χρόνια. Στη διάρκεια τους ο *Homo sapiens* έγινε ερευνητής της φύσεως και του εαυτού του, δημιουργός πόλεων, ταξιδιώτης, καλλιτέχνης, φιλόσοφος, επιστήμων και σχεδιαστής του μέλλοντος. Αναζήτησε την αλήθεια του κόσμου και της ζωής στους μύθους, στην τέχνη, στις θρησκείες, στη λογοτεχνία, στη φιλοσοφία και στην επιστήμη.

Η ιστορική και πολιτιστική πορεία του γένους των ανθρώπων που ξεκίνησε πριν περίπου 2,5 εκατομμύρια χρόνια, καθορίστηκε από τις συνεχώς αυξανόμενες νοητικές του δυνάμεις και την κοινωνική του οργάνωση που του επέτρεψαν να επιβιώνει σε κάθε φυσικό περιβάλλον, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα είδη του ζωικού βασιλείου. Και έγινε αυτό εφικτό χάρις στη βασισμένη στον λόγο δύναμή του να αναγνωρίζει άμεσα τις συνεχείς και επικίνδυνες μεταβολές του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος και να ανταποκρίνεται προσαρμοζόμενος με επιτυχία σ' αυτές. Πάνω από το 99% των ειδών που έχουν υπάρξει στον πλανήτη δεν υπάρχουν πια, και ο κυριότερος λόγος είναι ότι δεν κατόρθωσαν να προσαρμοσθούν στις χαοτικά μεταβαλλόμενες συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος.

Η ιστορική πορεία του ανθρώπου με βάση τις πολιτιστικές του κατακτή-

σεις διαιρείται σε χρονικές περιόδους (**πίνακας 7α**). Κάθε πολιτιστικό στάδιο περιέχει τις κατακτήσεις όλων των προηγούμενων, έχει όμως πιο σύνθετες οργανωτικές δομές, νέες κατακτήσεις και διευρυμένους ορίζοντες. Και ενώ οι γεωλογικές εποχές του πλανήτη είναι ίδιες σε όλο τον πλανήτη, **τα βασικά στάδια της πολιτιστικής εξέλιξης του ανθρώπου δεν συνέβησαν στις ίδιες ακριβώς χρονικές περιόδους παντού**. Διάφοροι παράγοντες, γεωγραφικοί, γεωλογικοί, κλιματολογικοί και άλλοι δεν επέτρεψαν την ομοίωση και ισόχρονη πολιτιστική εξέλιξη των ανθρώπων. Ακόμη και σήμερα

ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
(Μέχρι τους Ιστορικούς Χρόνους)

ΠΑΛΑΙΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

Αρχαία (Κάτω) : 2,6 εκατομμύρια έως 100 χιλιάδες χρόνια πριν

Μέση : 100 χιλιάδες έως 40 χιλιάδες χρόνια πριν

Νέα (Άνω) : 40 χιλιάδες έως 13 χιλιάδες χρόνια πριν

ΜΕΣΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

13 χιλιάδες έως 7 χιλιάδες χρόνια πριν

(Διαφέρει κατά περιοχή)

ΝΕΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

11 χιλιάδες έως 5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. (**Μεσοποταμία – Μέση Ανατολή**)

7,5 χιλιάδες έως 4 χιλιάδες χρόνια π.Χ. (**Βαλκάνια**)

7 χιλιάδες έως 5 χιλιάδες χρόνια πριν (**Ασία**)

5 χιλιάδες έως 2,5 χιλιάδες χρόνια πριν (**Ευρώπη**)

ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ (ΧΑΛΚΟΛΙΘΙΚΗ)

5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. έως περίπου 3,5 χιλιάδες χρόνια π.Χ.

ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΠΡΟΥΤΖΟΥ

3,5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. έως περίπου 1500 χιλιάδες χρόνια π.Χ.

ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

1500 χρόνια π.Χ. – στην Ευρώπη 1100 π.Χ. – έως σήμερα

Πίνακας 7α

σε διάφορες περιοχές του πλανήτη υπάρχουν απομονωμένοι πληθυσμοί που ευρίσκονται σε παλαιότερα πολιτιστικά στάδια. Πάντως πρέπει να γίνει κατανοητό ότι το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος της πολιτιστικής ιστορίας του ανθρώπου ανήκει στην Κάτω και στη Μέση Παλαιολιθική εποχή.

Παλαιολιθική εποχή

Άρχισε πριν 2,6 εκατομμύρια χρόνια και τελείωσε πριν περίπου 13 χιλιάδες χρόνια. Αποτελεί το πρώτο και συντριπτικά μεγαλύτερο χρονικά μέρος της πολιτιστικής ιστορίας του ανθρώπου και περίπου ταυτίζεται με την Πλειστόκαινο εποχή της γεωλογικής εξέλιξης. Για ένα τεράστιο χρονικό διάστημα οι Homo ζούσαν σε μικρές ομάδες χωρίς οικογενειακούς δεσμούς και μέσο όρο ζωής 20 έως 25 χρόνια (**εικόνα 7α**). Ζούσαν νομαδικά αναζητώντας τροφή, ως τροφοσυλλέκτες αρχικά και αργότερα ως κυνηγοί και αλιείς. Έμεναν σε σπηλιές και αργότερα σε καταλύματα φτιαγμένα από πέτρες και κλαδιά. Φαίνεται ότι μεταξύ των διαφόρων ομάδων δεν αναπτύσσονταν εύκολα σχέσεις, οι οποίες ήταν σχέσεις τότε ευκαιριακής συνεργασίας και τότε εχθρικές. Είναι η εποχή κατά την οποία ο άνθρωπος επινόησε και κατασκεύασε για πρώτη φορά λίθινα εργαλεία, με αυξανόμενη πολυπλοκότητα και ακρίβεια, αλλά και εργαλεία από ξύλο, κόκκαλα και κέρατα ζώων.

Πρόσφατα ο ερευνητής της εποχής του λίθου καθηγητής Nikolas Toth του πανεπιστημίου της Indiana, ασχολούμενος με την πειραματική ανακατασκευή λίθινων εργαλείων, έκανε τη σημαντική ανακάλυψη ότι οι πρώτοι κατασκευαστές λίθινων εργαλείων ήταν κυρίως δεξιόχειρες, όπως οι πλείστοι σύγχρονοι άνθρωποι λόγω της ύπαρξης των κέντρων του λόγου στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Οι ανθρωποειδείς πίθηκοι ήταν και είναι αμφίχειρες.

Η Παλαιολιθική εποχή χωρίζεται σε 3 επί μέρους εποχές:

Αρχαία (Κάτω) Παλαιολιθική Εποχή: (2,6 εκατομμύρια έως 100 χιλιάδες χρόνια πριν)

Μέση Παλαιολιθική Εποχή: (100 χιλιάδες έως 40 χιλιάδες χρόνια πριν)

Νέα (Άνω) Παλαιολιθική Εποχή: (40 χιλιάδες έως 13 χιλιάδες χρόνια πριν)

α. Αρχαία (Κάτω) Παλαιολιθική εποχή

Η έναρξή της τοποθετείται λίγο μετά την εμφάνιση του πρώτου Homo, του Homo habilis πριν 2,6 εκατομμύρια χρόνια και η λήξη της 100 χιλιάδες χρόνια πριν. Τότε κατασκευάστηκαν τα πρώτα λίθινα εργαλεία, κάτι που

προϋποθέτει ευφυΐα, φαντασία και καλή μνήμη. Τα αρχαιότερα λίθινα εργαλεία που έχουν βρεθεί και χρονολογηθεί με απόλυτη βεβαιότητα, είναι 2,6 εκατομμυρίων ετών. Προσφάτως πάντως βρέθηκαν στην Αφρική λίθινα εργαλεία που η χρονολόγησή τους έδειξε ότι **πιθανώς** κατασκευάστηκαν πριν 3,3 εκατομμύρια έτη. Αν αυτό επιβεβαιωθεί σημαίνει οι Αυστραλοπίθηκοι ίσως ήταν οι πρώτοι που κατασκεύασαν αρχέγονα λίθινα εργαλεία.

Στα πρώτα του βήματα πριν περίπου 2,6 εκατομμύρια χρόνια ο Homo ήταν σε σχέση με τους περισσότερους θηρευτές ένα αδύναμο ζώο, που ζούσε σε μικρές μετακινούμενες ομάδες. Προσπαθούσε να επιβιώσει αποκλειστικά ως τροφοσυλλέκτης. Η τροφή του ήταν χόρτα, βολβοί και ρίζες, φρούτα, καρποί και ενίοτε μικρά ζώα όπως σαλιγκάρια και σκουλήκια. Συχνά έτρωγε από τα απομεινάρια που είχαν μείνει από τα γεύματα των θηρευτών και όταν υπήρχαν κόκκαλα, τα έσπαγε με πέτρες και κατανάλωνε τον μυελό που υπήρχε μέσα. Όλα τα έτρωγε ωμά μιας και η φωτιά ήταν κατάκτηση που ήρθε πολύ αργότερα. Αφού επιβίωσε με αυτές τις συνθήκες, προφανώς το ανοσοποιητικό του σύστημα ήταν εξαιρετικά αποτελεσματικό!

Η σύμφυτη ευφυΐα του του επέτρεψε σιγά-σιγά να κατασκευάσει πέτρινα εργαλεία και κοφτερούς χειροπελέκεις από πυρόλιθο και αργότερα εργαλεία από ξύλο, κόκκαλα και κέρατα ελαφιού. Τα λίθινα εργαλεία που κατασκευάστηκαν από 2,5 εκατομμύρια έως 1 εκατομμύριο χρόνια πριν εμφάνισαν αυξανόμενη πολυπλοκότητα και αυτό συνέπεσε με την εξέλιξη του γένους Homo (**Εικόνες 7β και 7γ**). Ενώ οι habilis κατασκεύαζαν απλά εργαλεία, με τον erectus από τα 1,8 εκατομμύρια χρόνια πριν και μετά, λόγω του σημαντικά μεγαλύτερου εγκεφάλου που διέθετε, πραγματοποιήθηκε ένα άλμα στην πολυπλοκότητα των εργαλείων. Αυτό αποδεικνύει τη στενή σχέση μεταξύ της βιολογικής εξέλιξης του εγκεφάλου και της κοινωνικής και της πολιτιστικής δράσης. Αντίστοιχο άλμα στην πολυπλοκότητα των εργαλείων εμφανίστηκε αργότερα, πριν περίπου 400 χιλιάδες χρόνια, όταν εμφανίστηκαν οι neanderthalensis με ακόμα μεγαλύτερο εγκέφαλο. Στην τελευταία αυτή εποχή αντιστοιχούν 12 γνωστά στους αρχαιολόγους εργαλεία. Όμως πριν περίπου 250 χιλιάδες χρόνια, λίγο μετά την εμφάνιση του Homo sapiens, τα αντίστοιχα γνωστά εργαλεία έφθασαν τα 60.

Όλα αυτά όμως δεν άλλαξαν και πολύ τη θέση των Homo στην ιεραρχία των ζώων. Ο άνθρωπος παρέμενε αδύναμος και αργός σε σχέση με πολλούς θηρευτές. Πολύ αργότερα, αφού είχε προηγηθεί η σημαντική αύξηση του

αριθμού των μελών κάθε ομάδας και είχε αποκατασταθεί σημαντικός βαθμός επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ αυτών με αρχέγονα φωνητικά σύμβολα και χειρονομίες, ένα είδος «πρωτογλώσσας», ο Homo έγινε κυνηγός. Αρχισε να κυνηγά μικρά ζώα εφευρίσκοντας διάφορες τεχνικές κυνηγιού που απαιτούσαν συνεργασία. **Επικοινωνία, συνεργασία και οργάνωση της ομάδας** είναι οι πρώτες πολιτιστικές κατακτήσεις, οι στηριγμένες στις πνευματικές του ικανότητες, που επέτρεψαν στον Homo να κάνει αυτό το σημαντικό βήμα.

Ο εμπλουτισμός της διατροφής του με ζωικές πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας βοήθησε στη βελτίωση του μυϊκού συστήματος και στην περαιτέρω αύξηση του όγκου του εγκεφάλου, που μεταφράστηκε σε αυξημένη ευφυΐα, και αυτή με τη σειρά της οδήγησε σε ακόμα καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία, σε καλύτερα εργαλεία, σε αποτελεσματικότερες τεχνικές κυνηγιού, σε μεγαλύτερη προστασία από τα φυσικά φαινόμενα και τους θηρευτές. Ο εγκέφαλος για παράδειγμα του Homo erectus που όταν εμφανίστηκε πριν 1,9 εκατομμύρια χρόνια είχε όγκο 950 κυβικά εκατοστά, έφθασε τα 1150 κυβικά εκατοστά 1,4 εκατομμύρια χρόνια αργότερα, πριν 500 χιλιάδες χρόνια.

Με βάση τα ευρήματα των αρχαιολόγων ο erectus μπόρεσε για πρώτη φορά να τιθασει και να χρησιμοποιήσει τη **φωτιά** κάπου μεταξύ 1 εκατομμυρίου και 500 χιλιάδων ετών πριν. Η ευφυΐα και η παρατηρητικότητα του τον οδήγησαν αρχικά να χρησιμοποιήσει την έτοιμη φωτιά που εδημιουργείτο στην επιφάνεια της Γης και οφειλόταν σε πτώσεις κεραυνών, στην αυτανάφλεξη δασών λόγω υψηλής θερμοκρασίας ή ακόμη στη ροή λάβας. Αργότερα εφηύρε τρόπους να συντηρεί τη φωτιά και στη συνέχεια να τη δημιουργεί ο ίδιος χρησιμοποιώντας πυρόλιθους ή τρίβοντας ξύλα, ακόμα και να τη μεταφέρει αντί να τη δημιουργεί κάθε φορά. Η τιθάσευση της φωτιάς άλλαξε σημαντικά τη ζωή των Homo και έδωσε ισχυρή ώθηση στην περαιτέρω εξέλιξή τους. Μια νέα τρομερή δύναμη τέθηκε στη διάθεση του ανθρώπου. Μπορούσε πλέον να φωτίζεται, να θερμαίνεται, να προστατεύεται καλύτερα από τους θηρευτές και να ψήνει το φαγητό του. Το τελευταίο τον προστάτευσε από πολλές ασθένειες σκοτώνοντας μικρόβια και παράσιτα και συγχρόνως έκανε τις πρωτεΐνες πιο εύπεπτες, μειώνοντας και τον χρόνο που αφιέρωνε για τη διατροφή του.

Πριν περίπου 350 χιλιάδες χρόνια ο erectus αλλά και ο neanderthalensis που είχε ήδη εμφανιστεί στην Ευρώπη, όσο και άλλα είδη του γένους Homo που συνυπήρχαν τότε στον πλανήτη, όπως ο heidelbergensis αλλά και ο

denisova στην ανατολική Ασία και ο μικρόσωμος floresiensis στην Άπω Ανατολή, άρχισαν να κυνηγούν **και μεγάλα θηράματα** με νέες τεχνικές που απαιτούσαν καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία. Εξ ανάγκης ακολουθούσαν τα κοπάδια των μεγάλων ζώων στις περιοδικές τους μετακινήσεις ζώντας νομαδική ζωή την οποία προσάρμοζαν στις εκάστοτε συνθήκες. Για μια τέτοια δραστηριότητα ένα αργό ζώο όπως ο άνθρωπος ήταν απαραίτητο να έχει αναπτύξει υψηλού βαθμού συνεργασία με τη βοήθεια της αρχέγονης γλώσσας, προκειμένου να εντοπίσει, να παρακολουθήσει και να παγιδεύσει ένα μεγάλο και γρήγορο ζώο.

Ο sapiens που εμφανίστηκε τουλάχιστον 50 χιλιάδες χρόνια αργότερα συνέχισε το κυνήγι των μεγάλων ζώων. Υπήρχαν τότε έξι διαφορετικά είδη ανθρώπων στον πλανήτη. Οι περισσότεροι ανθρωπολόγοι δέχονται ότι υπάρχει σαφής αιτιώδης σχέση ανάμεσα στην πρόοδο της κοινωνικής επικοινωνίας και την αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου στον άνθρωπο. Η εμφάνιση του λόγου και της δυνατότητας επικοινωνίας μέσω μιας πρωτογλώσσας που εξελισσόταν συνεχώς, ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για να αναπτύξει ο Homo sapiens αποτελεσματικότερες τεχνικές κυνηγιού και να οργανώσει πιο σύνθετες κοινωνικές ομάδες. Προφανώς μεταξύ του μεγαλύτερου εγκεφάλου και της ανάπτυξης επικοινωνιακών δεξιοτήτων αναπτύχθηκε σχέση θετικής κυκλικής ανάδρασης με αμοιβαία εξέλιξη και εν τέλει η φυσική επιλογή ευνόησε τη σημασιολογική γλωσσική ικανότητα του είδους μας.

Απαιτούνταν βέβαια και αποτελεσματικά όπλα, όπως τα ξύλινα αιχμηρά ακόντια που βρέθηκαν και χρονολογήθηκαν ως ανήκοντα στη συγκεκριμένη εποχή. Το κυνήγι των μεγάλων ζώων βοήθησε ιδιαίτερα στη επιβίωση του ανθρώπου κατά την τελευταία περίοδο των παγετώνων κατά την οποία σπάνιζαν τα φυτά. Η τελευταία αυτή παγετωνική περίοδος άρχισε πριν 100 χιλιάδες χρόνια και τελείωσε πριν 11,5 χιλιάδες χρόνια.

Πριν 200 χιλιάδες χρόνια εξαφανίστηκε ο heidelbergensis και πριν περίπου 140 χιλιάδες χρόνια εξαφανίστηκε οριστικά ο erectus, τα τελευταία ίχνη του οποίου βρέθηκαν στην νοτιοανατολική Ασία. Παρέμειναν πλέον στον πλανήτη ο sapiens στην Αφρική και αργότερα στην περιοχή της Μέσης Ανατολής, ο neanderthalensis στην Ευρώπη και σε περιοχές της δυτικής Ασίας, ο denisova στην ανατολική Ασία και την Ωκεανία και ο μικροκαμωμένος floresiensis στην περιοχή της Ινδονησίας.

β. Μέση Παλαιολιθική εποχή

Άρχισε πριν 100 περίπου χιλιάδες χρόνια, με την έναρξη της τελευταίας παγετωνικής περιόδου και τελείωσε πριν 40 χιλιάδες χρόνια. Τα λίθινα εργαλεία εξελίχθηκαν και έγιναν πιο περίτεχνα. Ο sapiens και ο neanderthalensis συναντήθηκαν για πρώτη φορά στη δυτική Ασία όπου ο sapiens είχε φθάσει σχετικά νωρίς, περίπου πριν 70 χιλιάδες χρόνια, και όπου συνυπήρξαν πιθανότατα για δεκάδες χιλιάδες χρόνια.

Οι Homo denisova και floresiensis εξαφανίστηκαν πριν περίπου 50 χιλιάδες χρόνια και τα δύο είδη ανθρώπων που απέμειναν, οι sapiens και οι neanderthalensis, συναντήθηκαν αργότερα και στην Ευρώπη, όπου ο sapiens κατάφερε να φθάσει πριν περίπου 45 έως 43 χιλιάδες χρόνια. Στην Ευρώπη συνυπήρξαν για μερικές μόνο χιλιάδες χρόνια, μέχρι την οριστική εξαφάνιση του neanderthalensis πριν περίπου 39 χιλιάδες χρόνια. Τα δύο είδη χρησιμοποιούσαν παρόμοια λίθινα εργαλεία και ήταν πάντα τροφосуλλέκτες και κυνηγοί. Μεταξύ τους υπήρξε πιθανώς κάποιο είδος πολιτιστικής, αλλά σε μικρό βαθμό και γενετικής επαφής, όπως διαπιστώθηκε από πολύ πρόσφατες έρευνες στο γενετικό υλικό. Το 1 έως 4% του DNA των σύγχρονων ανθρώπων στην Ευρώπη είναι DNA neanderthalensis. Πάντως όλα τα ευρεθέντα απολιθώματα ανθρώπων που ανήκουν χρονολογικά στα τελευταία 39 χιλιάδες χρόνια ανήκουν αποκλειστικά στους Homo sapiens.

Πριν περίπου 40 χιλιάδες χρόνια, κατά ορισμένους ερευνητές λίγο νωρίτερα, ο sapiens κατάφερε να περάσει από τη νοτιοανατολική Ασία στην Αυστραλία.

Οι πρώτοι σύγχρονοι ανατομικά άνθρωποι, οι πρώτοι sapiens, που έζησαν στην Ευρώπη πριν 45 έως 43 χιλιάδες χρόνια είναι γνωστοί ως Κρο Μανιόν, από το όνομα του σπηλαίου Cro Magnon της νοτιοδυτικής Γαλλίας όπου βρέθηκαν το 1868 τα αρχαιότερα απολιθώματά τους, χρονολογηθέντα με ραδιενεργό άνθρακα.

Οι ειδικοί επιστήμονες πιστεύουν ότι οι λόγοι για τους οποίους εν τέλει επικράτησε εξελικτικά το είδος sapiens ήταν η μεγαλύτερη ευφυΐα του και το υψηλότερο πολιτιστικό του επίπεδο: η καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία μέσω εξελισσόμενης γλώσσας, η καλύτερη συλλογική οργάνωση και κατανομή των εργασιών σε κάθε ομάδα, οι καινοτόμες ιδέες, τα καλύτερα εργαλεία, τα καλύτερα όπλα για το κυνήγι και την προστασία του, και πιθανώς η καλύτερη διατροφή και εκπαίδευση. Και όχι η μεθοδευμένη εξο-

λόθρευση των neanderthalensis όπως έχει υποστηριχθεί από ορισμένους ερευνητές, ανεξάρτητα από τυχόν μεμονωμένα επεισόδια αλληλοεξόντωσης.

γ. Νέα (Ανω) Παλαιολιθική εποχή

Άρχισε πριν περίπου 40 χιλιάδες χρόνια. Λίγο μετά εξαφανίστηκε ο Homo neanderthalensis και πλέον σαν μοναδικός εκπρόσωπος του γένους Homo στον πλανήτη παρέμεινε ο Homo sapiens, **απόλυτα ίδιος με τον σημερινό άνθρωπο από απόψεως σωματικής κατασκευής και νοητικών ικανοτήτων**. Την εποχή εκείνη είχαν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό οι πνευματικές, γλωσσικές και γνωστικές ικανότητες του σύγχρονου ανθρώπου ο οποίος πέρασε την εποχή εκείνη και στην Αυστραλία, έχοντας πλέον εξαπλωθεί σε όλες τις ηπείρους εκτός από την Αμερικανική. Τότε επινοήθηκαν το τόξο και το βέλος, τα λυχνάρια που δούλευαν με ζωικό λίπος, αλλά και τα επιπλέοντα ξύλινα μέσα για μετακινήσεις στο νερό. Σ' αυτήν την περίοδο ανήκουν τα ευρήματα των παλαιότερων οργανωμένων οικισμών, πολλοί από τους οποίους διέθεταν αποθηκευτικούς χώρους με τη μορφή διαμορφωμένων λάκκων. Σύμφωνα με τις ενδείξεις οι σχέσεις μέσα στις ομάδες έγιναν πιο σύνθετες και αποτελεσματικές.

Η καινοτομία και η πολυπλοκότητα στην κατασκευή εργαλείων ήταν εμφανής, πράγμα που πιθανότατα αντανακλά την πρόοδο στη γλωσσική ικανότητα και την καλλιέργεια της φαντασίας (**Εικόνα 7δ**). Γιατί γνωστική λειτουργία, γλώσσα και επικοινωνία, φαντασία, συνεργασία και καλλιτεχνική έκφραση εξελίσσονται σταδιακά και σε αλληλεξάρτηση. Είναι γνωστά πάνω από 100 λίθινα εργαλεία της εποχής αυτής, ενώ άρχισαν πλέον να κατασκευάζονται ενδύματα όχι μόνο από δέρματα ζώων όπως μέχρι τότε, αλλά και από άλλα υλικά.

Οι Παλαιολιθικές εποχές χωρίζονται από τους παλαιοντολόγους σε επί μέρους περιόδους, με βάση τον τρόπο κατασκευής, τη μορφή και τη χρησιμότητα των εργαλείων που ανήκουν σε καθεμία από αυτές. Είναι οι περίοδοι της παλαιολιθικής λιθοτεχνίας (**Πίνακας 7β**).

Οι πολιτιστικές αλλαγές επιταχύνθηκαν. Οι άνθρωποι δημιούργησαν υπέροχες έγχρωμες απεικονίσεις ζώων στα τοιχώματα πολλών σπηλαίων, με γνωστότερα το σπήλαιο Αλταμίρα στη βόρεια Ισπανία, οι βραχογραφίες του οποίου έγιναν πριν 35 χιλιάδες χρόνια, και το σπήλαιο Λασκώ στη νοτιοδυτική Γαλλία με απεικονίσεις που έγιναν 17 χιλιάδες χρόνια πριν. Κατασκευά-

σαν επίσης μικρογλυπτά με απεικονίσεις ζώων και ανθρώπινων σωμάτων σε πέτρες, κόκκαλα, ξύλο και ελεφαντόδοντο που βρέθηκαν σε πολλά μέρη της Γης, κυρίως στην Ευρώπη, αλλά και διακοσμητικά του σώματος από κόκκαλα, όστρακα και δόντια. Η έκφραση μέσω της τέχνης είναι αποκλειστικά ανθρώπινο κατηγορημα, και οι καλλιτεχνικές αυτές δημιουργίες αποδεικνύουν ότι οι άνθρωποι της Άνω Παλαιολιθικής εποχής είχαν πνευματικές δυνατότητες και φαντασία αντίστοιχες με αυτές του σύγχρονου ανθρώπου.

Η τελευταία παγετωνική περίοδος που διήνυε τότε η Γη έφθασε στο αποκορύφωμά της πριν περίπου 27 χιλιάδες χρόνια, κυρίως στη βόρεια Ευρώπη και βόρεια Ασία, αλλά και κοντά στον νότιο πόλο, και συνοδεύτηκε από μεγάλη πτώση της στάθμης των θαλασσών με παράλληλη ερημοποίηση σε περιοχές του πλανήτη κοντά στον ισημερινό. Περίπου 15 χιλιάδες χρόνια πριν οι σύγχρονοι άνθρωποι πέρασαν από το ανατολικότερο άκρο της Ασίας στην περιοχή της σημερινής Σιβηρίας, στην Αμερικανική ήπειρο μέσω στενών λωρίδων γης που υπήρχαν λόγω της χαμηλής στάθμης των θαλασσών σε συνδυασμό με τους βατούς όγκους του πάγου στην περιοχή του σημερινού Βερίγγειου πορθμού.

Η τελευταία περίοδος των παγετώνων έληξε περίπου πριν 11,5 χιλιάδες χρόνια. Από το χρονικό αυτό σημείο είναι επιβεβλημένο για λόγους ιστορικής ακρίβειας να χρησιμοποιείται πλέον στις χρονολογίες ο όρος προ Χριστού (π.Χ.).

Το λιώσιμο των παγετώνων είχε ως αποτέλεσμα να ανέλθει τότε κατά πολύ η στάθμη της θάλασσας, να εμφανιστούν ποτάμια και λίμνες, καθώς και πυκνά δάση εκεί που προηγουμένως υπήρχαν άδενδρες περιοχές. Οι άνθρωποι ξαφνικά βρέθηκαν σε φυσικό περιβάλλον φιλικό, γεμάτο λίμνες και ποτάμια, λουλούδια, χορτάρια και ζώα.

Μεσολιθική εποχή

Η περίοδος ανάμεσα στο τέλος της Άνω Παλαιολιθικής εποχής και την έναρξη της Νεολιθικής ονομάζεται **Μεσολιθική**, αν και πολλοί αρχαιολόγοι μεταξύ των οποίων ο σερ Άρθουρ Έβανς, γνωστός από την ανασκαφή της Κνωσού, θεώρησαν ότι δεν υπάρχει ανάγκη για αναφορά στην ενδιάμεση αυτή περίοδο.

Τα χρονικά όρια της Μεσολιθικής εποχής είναι διαφορετικά στα διάφορα μέρη της Ευρώπης και της Ασίας και υπάρχουν κάποιες χρονολογικές απο-

κλίσεις μεταξύ των επιστημόνων. Στην περιοχή της νοτιοδυτικής Ασίας, ιδιαίτερα στην περιοχή της **Μεσοποταμίας**, φαίνεται ότι άρχισε πιο νωρίς και τελείωσε περίπου 11 χιλιάδες χρόνια π.Χ. Στην περιοχή των **Βαλκανίων** οι περισσότεροι δέχονται ότι άρχισε περίπου 14 χιλιάδες χρόνια π.Χ. και τελείωσε 7,5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. Στη **δυτική και βόρεια Ευρώπη** άρχισε λίγο αργότερα, περίπου 13 χιλιάδες χρόνια π.Χ. και τελείωσε 6 χιλιάδες χρόνια π.Χ.

Προς το τέλος της εποχής των παγετώνων η αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη οδήγησε πολλά από τα μεγάλα ζώα που είχαν εγκλιματισθεί σε

ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΠΑΛΑΙΟΛΙΘΙΚΗΣ ΛΙΘΟΤΕΧΝΙΑΣ

Αρχαία (Κάτω) Παλαιολιθική εποχή

1. Ολδόβια (2,6 – 1,7 εκατομμύρια χρόνια πριν)
2. Αχελαία (1,7 εκατομμύρια – 130 χιλιάδες χρόνια πριν)
3. Κλακτόνια (430 χιλιάδες – 400 χιλιάδες χρόνια πριν)

Μέση Παλαιολιθική εποχή

Μουστέρια (160 χιλιάδες – 40 χιλιάδες χρόνια πριν)

Νέα (Ανω) Παλαιολιθική εποχή

1. Ωρινιάκια (43 χιλιάδες – 28 χιλιάδες χρόνια πριν)
2. Περιγόρδια (35 χιλιάδες – 20 χιλιάδες χρόνια πριν)
3. Γκραβέτια (33 χιλιάδες – 21 χιλιάδες χρόνια πριν)
4. Σολουτραία (22 χιλιάδες – 17 χιλιάδες χρόνια πριν) **στη Βόρεια Ευρώπη**
5. Μαγδαλένια (17 χιλιάδες – 12 χιλιάδες χρόνια πριν) **στη Βόρεια Ευρώπη**
6. Επιγκραβέτια (20 χιλιάδες – 10 χιλιάδες χρόνια πριν) **στην περιοχή της Μεσογείου**

Πίνακας 7β

ψυχρό κλίμα και αποτελούσαν την κύρια πηγή διατροφής των ανθρώπων στη διάρκεια των παγετώνων, να μεταναστεύσουν σε ψυχρότερα κλίματα, προς τους πόλους. Στις περιοχές που κυνηγούσαν οι άνθρωποι ο πληθυσμός των μεγάλων ζώων ελαττώθηκε σημαντικά. Αντίθετα μεγάλωνε ο πληθυσμός των ανθρώπων, οι οποίοι προσπαθούσαν να επιβιώσουν με την τροφοσυλλογή, το κυνήγι μικρότερων ζώων και το ψάρεμα. Όλο και μεγαλύτεροι οικισμοί από πρωτόγονες καλύβες ξεφύτρωναν, συνήθως κοντά σε ποτάμια, λίμνες και σε παράλια μέρη όπου υπήρχε πόσιμο νερό και οι ευκαιρίες για επαρκή σίτιση ήταν μεγαλύτερες.

Τα περισσότερα εργαλεία αυτής της περιόδου ήταν λίθινα, πολλά από τα οποία είχαν μικρό μέγεθος και είναι γνωστά ως **μικρόλιθοι**. Χαρακτηριστικά της ύστερης μεσολιθικής εποχής είναι και τα **λειασμένα λίθινα εργαλεία**. Οι άνθρωποι όμως χρησιμοποιούσαν πλέον σε μεγαλύτερη κλίμακα και άλλα υλικά. Μεταξύ των ανευρεθέντων εργαλείων είναι λίθινες ή οστέινες αιχμηρές άκρες που τοποθετούσαν σε βέλη και καμάκια, είδη σκεπαρνιών και σκαρπέλων από κέρατα ελαφιών ή κόκκαλα για την κατεργασία του ξύλου, λίθινες τσάπες, βελόνες, αγκίστρια, καμάκια, ξύλινες λαβές για τσεκούρια, αλλά και μονόξυλα κανό και κουπιά (**Εικόνα 7ε**).

Περίπου 12 χιλιάδες χρόνια π.Χ., μετά την έναρξη της Μεσολιθικής εποχής, ο άνθρωπος που εξακολουθούσε να είναι τροφοσυλλέκτης και κυνηγός χωρίς μόνιμο τόπο κατοικίας ακολουθώντας τα κοπάδια των μεγάλων ζώων, βρέθηκε ενώπιον σοβαρών προβλημάτων. Η μετακίνηση των περισσότερων μεγάλων ζώων όπως οι βίσσονες και τα μαμούθ, που αποτελούσαν σημαντικό στοιχείο της διατροφής τους σε ψυχρότερα κλίματα, έκανε τους ανθρώπους να συνειδητοποιήσουν ότι θα ήταν ευκολότερο να έχουν τα ζώα κοντά τους από το να τα κυνηγούν. Άρχισαν τότε βαθμιαία να απομονώνουν, να εξημερώνουν και να εκτρέφουν κάποια άγρια ζώα ανακαλύπτοντας την **κτηνοτροφία**. Χωρίς βεβαίως αυτό να σημαίνει ότι οι άνθρωποι έπαψαν να κυνηγούν. Τα πρώτα ζώα που εξημερώθηκαν, μετά τον σκύλο πάντως, φαίνεται πως ήταν τα αιγοπρόβατα.

Νεολιθική εποχή

Πρόκειται για την τελευταία περίοδο της εποχής του λίθου. Η έναρξή της συμπίπτει με την έναρξη της καλλιέργειας της γης και τοποθετείται στην περιοχή της Μέσης Ανατολής και Μεσοποταμίας περίπου 11 χιλιάδες χρόνια

π.Χ. Στην περιοχή των Βαλκανίων άρχισε αρκετά αργότερα, περίπου 7,5 χιλιάδες χρόνια π.Χ., και στη δυτική και βόρεια Ευρώπη άρχισε τουλάχιστον 2 χιλιάδες χρόνια αργότερα, περίπου 5,5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. Απολύτως ακριβή χρονικά όρια ασφαλώς δεν είναι δυνατόν να τεθούν. Το πέρας της τοποθετείται κατά την εποχή που ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τον χαλκό περίπου 5 χιλιάδες χρόνια π.Χ. αν και στη βόρεια Ευρώπη και στην ανατολική Ασία αυτό έγινε πολύ αργότερα, περίπου 2 χιλιάδες χρόνια π.Χ.

Στην αρχή της Νεολιθικής εποχής νομαδικές ομάδες τροφοσυλλεκτών και κυνηγών επινόησαν μία από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις της ανθρωπότητας, την καλλιέργεια της γης, **τη γεωργία**. Σύμφωνα με τα ευρήματα αυτό έγινε για πρώτη φορά στην περιοχή των δυτικών ακτών της Μέσης Ανατολής και στη Μεσοποταμία με την καλλιέργεια άγριου σιταριού και κριθαριού, αν και οι άνθρωποι συνέλεξαν και κατανάλωναν καρπούς άγριων δημητριακών αρκετές χιλιάδες χρόνια νωρίτερα. Δρεπάνια από πυρόλιθο στηριγμένα σε κόκκαλα και σε κέρατα αντιλόπης βρέθηκαν το 1930 σε ανασκαφή κοντά στην Ιεριχώ, που ευρίσκεται 275 μέτρα κάτω από το επίπεδο της θάλασσας κοντά στη Νεκρά Θάλασσα. Στην Αμερικανική ήπειρο πιθανότατα η γεωργία ανακαλύφθηκε αργότερα και ανεξάρτητα με καλλιέργεια καλαμποκιού και πατάτας, αλλά και στην Ασία και την Ωκεανία και την Αφρική με την καλλιέργεια ρυζιού και πολλών άλλων φυτών.

Η υιοθέτηση της κτηνοτροφίας και η βαθμιαία εφαρμογή της γεωργίας βεβαίως δεν έγιναν από τη μια στιγμή στην άλλη, χρειάστηκαν χιλιετίες. Αύξησαν πάντως κατά πολύ τα διαθέσιμα τρόφιμα για τους αυξανόμενους πληθυσμούς και επέτρεψαν στον άνθρωπο να εγκαταλείψει τη νομαδική ζωή, να οργανώσει τη ζωή του σε μόνιμους τόπους κατοικίας και να βελτιώσει ταυτόχρονα τις συλλογικές δράσεις που αφορούσαν την επιβίωση και την ασφάλειά του. **Αυτή ήταν η πρώτη και η μεγαλύτερη κοινωνική μεταρρύθμιση. Στο εξής ο άνθρωπος είχε τη δυνατότητα να εγκατασταθεί μόνιμα στον τόπο της επιλογής του.** Και συνειδητοποίησε ότι έχει τη δύναμη να ασκήσει έλεγχο στα ζώα και τα φυτά και να διαμορφώσει το φυσικό του περιβάλλον σύμφωνα με τις ανάγκες του. Η κατεργασία των δερμάτων των ζώων έγινε πλέον συστηματική όπως και η κατασκευή ενδυμάτων με διάφορες πρώτες ύλες. Ο πληθυσμός των ανθρώπινων ομάδων αυξανόταν συνεχώς με παράλληλη δραματική βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης.

Στη Νεολιθική εποχή αναπτύχθηκαν οι μόνιμοι οικισμοί των ανθρώπων,

τα πρώτα χωριά και οι πρώτες πόλεις, των οποίων οι πληθυσμοί αυξάνονταν με υψηλούς ρυθμούς (**Εικόνα 7στ**). Ενώ γύρω στο 9.000 π.Χ. οι μεγάλοι οικισμοί της Μέσης Ανατολής, όπως η Ιεριχώ, είχαν μερικές εκατοντάδες κατοίκους, 2 χιλιάδες χρόνια αργότερα αριθμούσαν πάνω από 5 χιλιάδες. Εξελίχθησαν περαιτέρω η γεωργία και η κτηνοτροφία που πλέον εξασφάλιζαν σε μεγάλο βαθμό την επάρκεια στη διατροφή των ανθρώπων που ζούσαν στους οικισμούς. Αρχισε όμως τότε και ο εκ προθέσεως τραυματισμός του φυσικού περιβάλλοντος με την έναρξη της αποψίλωσης των δασών, κυρίως με προκαλούμενες πυρκαγιές, για την επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και την εξασφάλιση ξυλείας για τις ανάγκες των οικισμών.

Στον ελλαδικό χώρο έχουν αποκαλυφθεί από την αρχαιολογική σκαπάνη εξαιρετικά ενδιαφέροντες νεολιθικοί οικισμοί, όπως ο οικισμός στο Διμήνι Μαγνησίας κοντά στον Βόλο, ο οποίος βρέθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και κατοικήθηκε από τις αρχές της 5^{ης} χιλιετίας π.Χ. για τουλάχιστον 2 χιλιετίες. Ο λιμναίος νεολιθικός οικισμός στο Δισπηλιό Καστοριάς ανακαλύφθηκε τυχαία στις αρχές της δεκαετίας του 1930, όταν είχε πέσει η στάθμη των υδάτων της λίμνης. Τμήμα του οικισμού έχει αποκατασταθεί από τους αρχαιολόγους και είναι επισκέψιμο ως υπαίθριο μουσείο. Αποτελείται από καλύβες χτισμένες σε ξύλινα δάπεδα που συγκρατούνται από ξύλινους πασσάλους πακτωμένους στον βυθό στην άκρη της λίμνης. Είχαν σκεπές από καλάμια και άχυρα, και είχαν επίχρισμα από τον πηλό της λίμνης. Μέσα σ' αυτές βρέθηκαν πολλά εργαλεία, πήλινα αγγεία και διάφορα σκεύη που δίνουν πληροφορίες για την καθημερινή ζωή των ανθρώπων εκείνης της εποχής. Κατοικήθηκε από τα μέσα περίπου της 6^{ης} χιλιετίας π.Χ. και για τουλάχιστον 2,5 χιλιάδες χρόνια (**Εικόνα 7ζ**).

Οι σημαντικές αυτές αλλαγές ονομάστηκαν από τον Gordon Childe το 1923 **αγροτική ή νεολιθική επανάσταση**. Αμέσως μετά άρχισε η εξειδίκευση στην εργασία, το εμπόριο, ενώ νομοτελειακά υιοθετήθηκε η ιδέα της προσωπικής κατοχής, της ιδιοκτησίας, που τόσο καθοριστικά επηρέασε την εξέλιξη της ανθρωπότητας.

Τα λειασμένα λίθινα εργαλεία που είχαν αρχίσει να κατασκευάζονται στο τέλος της Μεσολιθικής εποχής έγιναν κατά τη Νεολιθική πιο πολύπλοκα. Δρεπάνια των τροφοσυλλεκτών του άγριου σιταριού που βρέθηκαν και ανήκαν στο 10000 π.Χ., ήταν διαφορετικά από τα λίθινα πάντα δρεπάνια των

καλλιεργητών με τη λεία και ειδικά επεξεργασμένη κόψη του 8000 π.Χ., που ήταν κατάλληλα για το δίκοκκο πλέον σιτάρι.

Κατασκευάζονταν κοσμήματα από διάφορα υλικά και όστρακα, ενώ εμφανίστηκαν βαθμιαία νέες τεχνολογίες με κυρίαρχη την **κεραμική**. Η συστηματική κατεργασία και το ψήσιμο του πηλού για την κατασκευή δοχείων, ειδωλίων και διάφορων κατασκευών όπως οι φούρνοι, είναι χαρακτηριστικό πολιτιστικό στοιχείο της Νεολιθικής εποχής (**Εικόνα 7η**). Υπάρχουν πάντως ενδείξεις από ανασκαφές τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ασία, σύμφωνα με τις οποίες η κατασκευή αγγείων από πηλό πιθανόν να ξεκίνησε μεμονωμένα χιλιάδες χρόνια πριν, κατά την Άνω Παλαιολιθική εποχή.

Η εξημέρωση του αλόγου έγινε στο τέλος της Νεολιθικής εποχής και την αρχή της επόμενης εποχής του χαλκού, περίπου το 4000 π.Χ. Το άλογο χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τη μεταφορά αντικειμένων, το όργωμα, και αρκετά αργότερα για την έλξη τροχήλατων κατασκευών. Όμως οι άνθρωποι έμαθαν να ιππεύουν 2 χιλιάδες χρόνια αργότερα. Η ανακάλυψη της ιππασίας και η βαθμιαία εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του αλόγου προσέθεσε τεράστια δύναμη στον άνθρωπο σε πολλά επίπεδα.

Εποχή του χαλκού

Προς το τέλος της Νεολιθικής εποχής έγινε νέο μεγάλο βήμα στην πολιτιστική εξέλιξη. Οι άνθρωποι παρατήρησαν στο έδαφος και μέσα σε ορισμένες πέτρες μικρούς και μεγαλύτερους βόλους από ένα κιτρινοπράσινο υλικό που τους ήταν άγνωστο. Ήταν σχετικά μαλακό και ανθεκτικό, δεν έσπαζε, και διαπίστωσαν ότι μπορούσαν χτυπώντας το να του δώσουν σχήμα και να κατασκευάσουν εργαλεία και κοσμήματα. Επρόκειτο για κομμάτια φυσικού χαλκού που είχαν παραχθεί από την υπερθέρμανση χαλκούχων ορυκτών σε πυρκαγιές ή στη διάρκεια ηφαιστειακής δραστηριότητας. Παρόμοια τεμάχια χαλκού υπάρχουν και σήμερα σε ορισμένες περιοχές στην επιφάνεια του εδάφους (**Εικόνα 7θ**). Κατασκεύασαν τότε εργαλεία και όπλα από φυσικό χαλκό που όμως δεν ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα επειδή ήταν μαλακά, και επιπλέον οι κοπτικές επιφάνειες δεν μπορούσαν να διατηρηθούν. Έτσι χρησιμοποιούνταν συγχρόνως λίθινα εργαλεία και χάλκινες κατασκευές.

Η έναρξη της εποχής του χαλκού τοποθετείται γύρω στο 5000 π.Χ. στην περιοχή της νοτιοδυτικής Ασίας και τις ακτές της Ανατολικής Μεσογείου, και αρκετά αργότερα στην Ευρώπη. Τότε που οι ευφυείς άνθρωποι παρατήρησαν

ότι το νέο αυτό υλικό υπάρχει σε ένα πράσινο κοιτάσμα, που σήμερα ονομάζεται μαλαχίτης, και ότι ρίχνοντας τον μαλαχίτη στη φωτιά που είχαν δαμάσει εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν, το μέταλλο λιώνει εύκολα και εκρέει σε καθαρή μορφή. Η χρήση του για την κατασκευή εργαλείων παρέμεινε πάντως περιορισμένη για τους λόγους που αναφέρθηκαν.

Η περίοδος αυτή που οι άνθρωποι ανακάλυψαν και χρησιμοποίησαν τον χαλκό παράλληλα με τα λίθινα εργαλεία ονομάστηκε **χαλκολιθική εποχή ή εποχή του χαλκού** και σηματοδότησε την έναρξη της χρήσης των μετάλλων στην πολιτιστική εξέλιξη του ανθρώπου.

Εποχή του ορείχαλκου και του μπρούτζου

Περίπου 3.500 χρόνια π.Χ. στην περιοχή της Μέσης Ανατολής και 300 χρόνια αργότερα στην περιοχή του ανατολικού Αιγαίου, έγινε η επόμενη σημαντική ανακάλυψη. Παρατήρησαν εκεί οι άνθρωποι ότι όταν ο χαλκός αναμίχθηκε τυχαία με ένα άλλο υλικό, που ήταν ο ψευδάργυρος, προέκυψε ένα πολύ σκληρότερο και σημαντικά πιο χρήσιμο υλικό. Αυτό που πολύ αργότερα ονομάστηκε **ορείχαλκος**. Η τυχαία αυτή παρατήρηση διευκολύνθηκε από το γεγονός ότι στην περιοχή της Μέσης Ανατολής πολλά κοιτάσματα χαλκού βρίσκονταν δίπλα σε κοιτάσματα ψευδαργύρου και από το γεγονός ότι αμφότερα τα στοιχεία λιώνουν σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, ο χαλκός στους 1085° C και ο ψευδάργυρος στους 420° C. Έτσι μετά την ανακάλυψη ότι η φωτιά λιώνει τα μέταλλα ήρθε η επόμενη και πιο σημαντική, ότι η φωτιά μπορεί να λιώσει δύο μέταλλα μαζί και από το ανακάτεμά τους να προκύψει νέο μέταλλο με διαφορετικές ιδιότητες. Άρχισαν λοιπόν να ρίχνουν στη φωτιά τα δύο ορυκτά που περιείχαν χαλκό και ψευδάργυρο ανακατεμένα σε αναλογίες χαλκός 80 έως 90% και ψευδάργυρος 10 έως 20%, προσπαθώντας να πάρουν νέο μέταλλο με σκληρότητα που ταίριαζε καλύτερα στις ανάγκες τους.

Την ίδια εποχή μετά από ανάλογες παρατηρήσεις ανακάτεψαν χαλκούχα ορυκτά με ορυκτά που περιείχαν ένα άλλο υλικό, τον κασσίτερο. Το μέταλλο που προέκυψε, ο **μπρούτζος**, ήταν επίσης πολύ σκληρότερο από τον χαλκό.

Αρκετά αργότερα, μεταξύ του 2000 και του 1500 π.Χ., κατασκευάστηκαν στην ανατολική Ασία, στην περιοχή της σημερινής Κίνας, τα πρώτα ψημένα πήλινα καλούπια για τη σχηματοποίηση του ορείχαλκου και του μπρούτζου. Τα μέταλλα αυτά μπήκαν πλέον στη ζωή των ανθρώπων σαν υλικά για όλες τις χρήσεις. Τα εργαλεία και τα όπλα έγιναν σκληρά και σταθερά ενώ οι κοπτικές τους επιφάνειες παρέμεναν σταθερές.

Στην περιοχή της Ευρώπης διαδόθηκε ευρέως η χρήση του μπρούτζου και του ορείχαλκου από το 2000 π.Χ. Επειδή όμως τα κοιτάσματα χαλκού και κασσίτερου ήταν σπάνια στην Ευρώπη, αναπτύχθηκαν βαθμιαία δρόμοι μεταφοράς και εμπορίου των μετάλλων και κέντρα επεξεργασίας αυτών. Οι άνθρωποι είχαν μπει για τα καλά στη μαγική εποχή της μεταλλουργίας και του εμπορίου.

Οι πρακτικές ανάγκες των διαβιούντων σε οικισμούς ανθρώπων σε συνδυασμό με τη δύναμη της φαντασίας γεννούσαν τότε συνεχώς νέες ιδέες που υλοποιούνταν σε πρωτόγνωρα εργαλεία και κατασκευές. Κάπου μεταξύ 3500 και 3000 π.Χ. ανακαλύφθηκε ο τροχός στην περιοχή της νότιας Ρωσίας, αρχικά σε συμπαγή ξύλινη μορφή. Γρήγορα εξελίχτηκε σε κατασκευές για τη μεταφορά αντικειμένων, έγινε μύλος για το άλεσμα του σιταριού αλλά και αντλία για τη διοχέτευση νερού σε αρδευτικά συστήματα. Άρχισε δηλαδή η κατασκευή των πρώτων μηχανών μέσω των οποίων οι άνθρωποι εκμεταλλεύονταν τις δυνάμεις της φύσεως.

Κατά την εποχή του ορείχαλκου τα εδάφη που καλλιεργούνταν και οι αγροτοκτηνοτροφικές κοινότητες επεκτείνονταν με γοργούς ρυθμούς από τη Μεσοποταμία και τη Μέση Ανατολή προς τα σημερινά Βαλκάνια και την Ευρώπη, αλλά και προς τα νησιά της Μεσογείου. Ακόμα υπήρχαν ρεύματα λαών που κινούνταν από την Ασία προς την Ευρώπη, αλλά και οι πρώτοι θαλασσοπόροι που διέπλεαν τη Μεσόγειο και τα δυτικά παράλια της Ευρώπης.

Στις αρχές της εποχής του ορείχαλκου και του μπρούτζου, στο μέσον της τέταρτης χιλιετίας π.Χ. εδραιώθηκε στη Μεσοποταμία το κράτος των Σουμερίων, που χρησιμοποίησαν πρώτοι τον γραπτό λόγο με τη μορφή της **σφηνοειδούς γραφής περί το 3500 π.Χ.** Επρόκειτο μάλλον για εξέλιξη της χάραξης αγνώστου σημασίας συμβόλων πάνω σε διάφορα υλικά, όπως αυτά που βρέθηκαν το 2003 στη βόρεια Κίνα χαραγμένα σε κελύφη χελωνών και ανάγονται στην 7^η χιλιετία π.Χ. που πάντως δεν θεωρούνται γραπτός λόγος. Η σφηνοειδής είναι η αρχαιότερη γνωστή γραφή στον κόσμο και **εσήμανε την είσοδο της ανθρωπότητας στους ιστορικούς χρόνους.** Ήταν μια καθοριστική καμπή στην πολιτιστική εξέλιξη γιατί οι άνθρωποι μπορούσαν πλέον να αποθηκεύουν τις πληροφορίες και να τις μεταλαμπαδεύουν αναλλοίωτες στις επόμενες γενιές. Οι Σουμέριοι άρχισαν να κάνουν στοιχειώδεις μαθηματικούς υπολογισμούς, να καταγράφουν την κίνηση των ουράνιων σωμάτων και χρησιμοποίησαν τον τροχό για το πλάσιμο του πηλού στην κεραμική. Συγχρόνως έδωσαν νέα ώθηση στην καλλιέργεια της γης.

Από την εποχή αυτή σώζονται λατρευτικοί ναοί, μπρούτζινα όπλα και

εργαλεία, αρδευτικά κανάλια και φράγματα. Σύμφωνα με τα δεδομένα της αρχαιολογίας στα μέσα της 4^{ης} χιλιετίας π.Χ. πιθανώς εχρησιμοποιείτο ήδη ο τροχός στη Μεσοποταμία για την κατασκευή πήλινων αγγείων, αλλά και για την κατασκευή κάρων στην περιοχή του Καυκάσου.

Λίγο αργότερα ιδρύθηκε το βασίλειο της Αιγύπτου με σημαντικές πολιτιστικές κατακτήσεις και την ανάπτυξη της ιερογλυφικής γραφής που εμφανίστηκε σε αρχική μορφή μεταξύ του 3300 και του 3100 π.Χ. όπως προκύπτει από ταφικές επιγραφές που ανάγονται στην εποχή εκείνη. Τα ιερογλυφικά ήταν ήδη ώριμος και πλούσιος γραπτός λόγος κατά τη Β΄ Δυναστεία των Φαραώ το 2800 π.Χ. Οι Αιγύπτιοι, εκτός από περίτεχνα εργαλεία και όπλα, σχεδίαζαν και κατασκεύαζαν πλεούμενα και μουσικά όργανα.

Προς το τέλος της 4^{ης} χιλιετίας π.Χ. εμφανίστηκαν τα πρώτα στοιχεία του λαμπρού **Μινωικού** πολιτισμού στην Κρήτη, που αναπτύχθηκε ραγδαία στην επόμενη χιλιετία. **Ήταν ο πρώτος πολιτισμός υψηλής στάθμης στον Ευρωπαϊκό χώρο.** Σύμφωνα με τον Arthur Evans, γνωστό από την ανασκαφή της Κνωσού, η Πρωτομινωική περίοδος χρονολογείται από το 3400 π.Χ. όπου τοποθετείται το τέλος της Νεολιθικής εποχής και η έναρξη της εποχής του χαλκού στη συγκεκριμένη περιοχή, μέχρι το 2000 π.Χ. Από το τέλος της Πρωτομινωικής περιόδου οι Μινωίτες μπήκαν στην ιστορική εποχή αφού άρχισαν να χρησιμοποιούν μια ιερογλυφική γραφή διαφορετική από την αιγυπτιακή, αν και είχε με αυτή κάποια κοινά σύμβολα. Σημαντικότερο δείγμα της **κρητικής ιερογλυφικής** είναι ο περίφημος δίσκος της Φαιστού που χρονολογείται μεταξύ του 1800 και του 1400 π.Χ. (**Εικόνα 7ι**). Ο δίσκος έχει διάμετρο 15 cm και είναι κατασκευασμένος από ψημένο πηλό. Αργότερα, πιθανόν από το 1700 π.Χ. και για μερικούς αιώνες, εχρησιμοποιείτο και η **γραμμική Α** που υπάρχει σε πινακίδες μινωικών ανακτόρων. Περιλαμβάνει πάνω από 70 γραμμικά σύμβολα και δεν έχει ακόμα ερμηνευτεί. Χάρης στην κρητική ιερογλυφική και τη γραμμική Α οι Μινωίτες θεωρούνται η πρώτη «εγγράμματη» κοινωνία στον ευρωπαϊκό χώρο.

Περίπου στις αρχές του 15^{ου} αιώνα π.Χ. εμφανίστηκε στην Κρήτη νέα γραπτή γλώσσα, η συλλαβογραφική **γραμμική Β**, εν πολλοίς όμοια με τη γλώσσα των Μυκηναίων, η οποία αποκρυπτογραφήθηκε το 1952-1953 από τον Βρετανό ερασιτέχνη γλωσσολόγο Michael Ventris και τον John Chadwick. Η ανάγνωση της γραμμικής Β θεωρήθηκε ως το σπουδαιότερο αρχαιολογικό γεγονός του 20^{ου} αιώνα. Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι η γραμμική Β που

αποκαλύφθηκε για πρώτη φορά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα από τον Άρθουρ Έβανς κατά τις ανασκαφές στην Κνωσσό, είναι **η πρώτη γραπτή μορφή της ελληνικής γλώσσας**, γεγονός τεράστιας σημασίας για τον ελληνικό πολιτισμό και την ελληνική ιστορία. Πινακίδες της γλώσσας αυτής βρέθηκαν και στην Πύλο, την Τίρυνθα, τα Χανιά, τα Μάλια, τη Θήβα και την Ελευσίνα. Αποτελείται από 89 συλλαβογράμματα και 260 ιδεογράμματα που αποδίδουν έννοιες όπως άνδρας, γυναίκα, λάδι, κρασί, καθώς και σύμβολα για την απόδοση αριθμών. Πρόκειται για ελληνική γλώσσα κατά 6 αιώνες παλαιότερη από τα Ελληνικά του Ομήρου, στην οποία εντοπίστηκαν πτώσεις, γένη και δίφθογοι, ενώ υπάρχουν λέξεις που χρησιμοποιούνται και σήμερα. Από τα πέντε χιλιάδες κείμενα γραμμικής Β που έχουν βρεθεί, οι τρεις χιλιάδες έχουν βρεθεί στην Κνωσσό. Επομένως η γραμμική Β εχρησιμοποιείτο από τους Μινωίτες πριν την κατάκτηση της Κρήτης από τους Μυκηναίους που έγινε στις αρχές του 14^{ου} αιώνα π.Χ. αποτέλεσμα πιθανώς εμπορικών και πολιτιστικών σχέσεων μεταξύ των δύο λαών. Σύμφωνα με ισχυρές ενδείξεις η γραμμική Β έπαυσε σιγά-σιγά να χρησιμοποιείται μετά τον 12^ο π.Χ. αιώνα.

Ο Μινωικός πολιτισμός σε πλήρη άνθηση πριν τη μεγάλη έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης στο δεύτερο ήμισυ του 15^{ου} αιώνα π.Χ. είχε διαποτίσει όλα σχεδόν τα παράλια και τα νησιά της ανατολικής Μεσογείου, και είχε ισχυρή αλληλεπίδραση με τον αιγυπτιακό πολιτισμό σε πολλά επίπεδα.

Χαρακτηριστικά του Μινωικού πολιτισμού είναι τα μεγάλα ανακτορικά συγκροτήματα, που ήταν κτισμένα γύρω από έναν ανοικτό χώρο και είχαν πολύπλοκη αρχιτεκτονική. Διέθεταν μέχρι 4 ορόφους, εκπληκτικά αποχετευτικά συστήματα και λουτρά, και ήταν διακοσμημένα με έγχρωμες τοιχογραφίες. Βρέθηκαν πολυάριθμα εργαλεία, όπλα, κομψοτεχνήματα και κεραμικά σκεύη κάθε μεγέθους.

Οι Μινωίτες κατασκεύαζαν εξαιρετικά πλοία με τα οποία ανέπτυξαν εμπόριο στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, την Αίγυπτο, την Κύπρο απ' όπου εισήγαγαν χαλκό, αλλά και τη δυτική Ασία. Ο Μινωικός πολιτισμός επεκτάθηκε και επηρέασε όλους σχεδόν τους πολιτισμούς που εμφανίστηκαν αργότερα στην ανατολική Μεσόγειο. Υπάρχουν πολλά στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί σε ιδιαίτερες εκθέσεις και ευρίσκονται σε διάφορα μουσεία στην Ελλάδα, στην Αίγυπτο, στο Ηνωμένο Βασίλειο, στη Γαλλία και στις ΗΠΑ που αποδεικνύουν όχι μόνο εμπορικές και πολιτιστικές, αλλά και διπλωματικές επαφές των Μινωιτών με τους Αιγύπτιους και άλλους λαούς της ανατολικής Μεσογείου.

Λαμπροί πολιτισμοί αναπτύχθηκαν στα Βαλκάνια και στον ευρύτερο Πρωτοελλαδικό χώρο, όπως ο Ελληνόγλωσσος Μυκηναϊκός πολιτισμός, που δέχθηκε επιρροές από τον Μινωικό πολιτισμό σύμφωνα με τα ευρήματα του Χάινριχ Σλήμαν από το 1876. Η αφετηρία του Μυκηναϊκού πολιτισμού τοποθετείται γύρω στο 1700 π.Χ. την εποχή των πρώτων ανακτόρων της Κρήτης, και η ακμή του μεταξύ του 1600 και του 1200 π.Χ. Οι Μυκηναίοι προόδευσαν γρήγορα, και επεκτάθηκαν εμπορικά και πολιτιστικά στον χώρο του Αιγαίου, στην Κρήτη, στη Ρόδο, στην Κύπρο, στα παράλια της Μικράς Ασίας, στη Συρία, στην Παλαιστίνη, στην Αίγυπτο ακόμα και στη Δύση. Παντού στην Ιταλία υπάρχουν θραύσματα από μυκηναϊκά αγγεία. Γύρω στο 1400 π.Χ. κατέλαβαν την καθημαγμένη από φυσικές καταστροφές και εμφυλίους πολέμους Μινωική Κρήτη, για να υποταχθούν με τη σειρά τους στους Δωριείς τρεις αιώνες αργότερα. Η συνύπαρξη Μινωιτών και Μυκηναίων για αιώνες εξηγεί ίσως τη γενετική ομοιότητα μεταξύ τους που ανακοίνωσε ο καθηγητής Γενετικής του Harvard Ιωσήφ Λαζαρίδης το 2020.

Πολιτισμοί βεβαίως αναπτύχθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Περσίας και στον Καύκασο, στην περιοχή της Κασπίας, στην κεντρική και νότια Ασία όπου όπως ήδη αναφέρθηκε εξημερώθηκε το άλογο γύρω στο 4000 π.Χ. και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

Οι άνθρωποι στην Αμερικανική ήπειρο και την Αυστραλία ακολούθησαν την πολιτιστική εξέλιξη με κάποια διαφορά φάσεως, πιθανόν λόγω της καθυστερημένης άφιξης του ανθρώπου στις περιοχές αυτές.

Εποχή του σιδήρου

Όπως οι άνθρωποι χρησιμοποίησαν αρχικά τον φυσικό χαλκό που υπήρχε στο έδαφος, έτσι αργότερα χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά κομμάτια από ένα άλλο σκληρό υλικό που υπήρχε στην επιφάνεια της Γης. Το υλικό αυτό που αργότερα ονομάστηκε σίδηρος, γνωρίζουμε σήμερα ότι στην ελεύθερη μορφή του προέρχεται κυρίως από την πτώση μετεωριτών. Η εντόπιση των σιδηρούχων κοιτασμάτων και η εξαγωγή του μετάλλου από αυτά είναι αρκετά μεταγενέστερη κατάκτηση.

Η χρήση του φυσικώς υπάρχοντος σιδήρου άρχισε σαφώς μέσα στους ιστορικούς χρόνους, πιθανώς περί το 2000 π.Χ. όπως προκύπτει από εργαλεία που βρέθηκαν στην Αίγυπτο, κοντά στις πυραμίδες. Η ευρεία χρήση του όμως που σηματοδοτεί την έναρξη της εποχής του σιδήρου, ξεκίνησε από τους Χετταίους στις ακτές της Μαύρης Θάλασσας περί το 1500 π.Χ. Οι Χετταίοι πρώτοι

κατάφεραν να εξάγουν τον σίδηρο θερμαίνοντας σιδηρούχα μεταλλεύματα, που ήταν την εποχή εκείνη δύσκολη υπόθεση, γιατί ενώ ο χαλκός λιώνει στους 1.085° C ο σίδηρος λιώνει στους 1.500° C. Έπρεπε να βρεθεί τρόπος να αυξηθεί η θερμοκρασία στα χυτήρια, και αυτό έγινε με τα πρώτα αρχέγονα φυσηρά, χωρίς βεβαίως να είναι ακόμα τότε γνωστός ο ρόλος του οξυγόνου στην καύση.

Όπως είναι αναμενόμενο κατά τους επόμενους αιώνες η χρήση του σιδήρου και οι αμέτρητες εφαρμογές του κέρδισαν έδαφος και άλλαξαν σημαντικά τη ζωή των ανθρώπων. **Η Ευρώπη μπήκε στην εποχή του σιδήρου γύρω στο 1100 π.Χ.** ενώ η χρήση των κραμάτων του χαλκού περιορίστηκε σε συγκεκριμένες εφαρμογές, σε ορισμένα εργαλεία, σκεύη και κοσμήματα όπου η χρήση τους πλεονεκτούσε με βάση την εμπειρία.

Εκείνη την εποχή οι οικισμοί που υπήρχαν στον ευρωπαϊκό χώρο ασχολούνταν κατά κύριο λόγο με αγροτικές και κτηνοτροφικές εργασίες, και αυτό δεν άλλαξε για πολλούς ακόμα αιώνες.

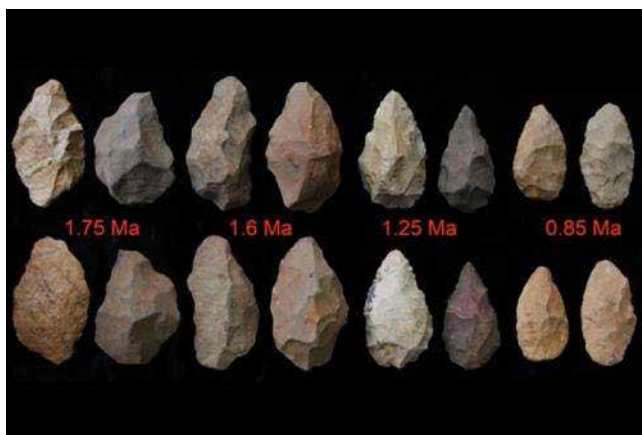
Γύρω στο 1000 π.Χ. οι άνθρωποι στην ανατολική Ασία έφτασαν στην παραγωγή του **ατσαλιού** προσθέτοντας λίγο άνθρακα στον σίδηρο όταν βρισκόταν σε ρευστή κατάσταση και ψύχοντας και σφυρηλατώντας επανειλημμένως τον τελευταίο. Το νέο μέταλλο ήταν πολύ σκληρότερο και πιο εύκαμπτο από τον σίδηρο. Η ποιότητα και η αντοχή των εργαλείων, των όπλων και των μηχανών από ατσάλι έβαλαν τον άνθρωπο σε νέα εποχή και απογείωσαν την πολιτιστική του εξέλιξη.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα αναφερθέντα, από τα μέσα της 4^{ης} χιλιετίας π.Χ. η ανθρωπότητα πέρασε βαθμιαία από την προϊστορική στην **ιστορική εποχή**. Αρχισε η καταγραφή πραγμάτων και γεγονότων, σποραδικά στην αρχή και συστηματικά αργότερα. Μετά την ανακάλυψη της γραφής περί το 3500 π.Χ. η πορεία της ανθρωπότητας φωτίστηκε άμεσα από γραπτά στοιχεία που αυξάνονταν με ραγδαίους ρυθμούς. Ποταμοί μελάνης έχουν χυθεί για τη μελέτη και ανάλυση της ιστορικής πολιτιστικής περιόδου, που στις μέρες μας εξελίσσεται με γεωμετρική πρόοδο.

Ίσως όμως είναι χρήσιμο να αναφερθεί ιδιαίτερος η ανακάλυψη του χαρτιού που έγινε στην Κίνα τον 2^ο αιώνα μ.Χ., διαδόθηκε μετά από αρκετούς αιώνες σε γειτονικές χώρες και μόλις τον 13^ο αιώνα στην Ευρώπη. Επίσης η ανακάλυψη της τυπογραφίας που έγινε επίσης στην Κίνα τον 8^ο αιώνα μ.Χ., εφαρμόστηκε με κινητά στοιχεία τον 11^ο αιώνα και έφθασε στην Ευρώπη τον 15^ο αιώνα. Αλλά και η ανακάλυψη της πυρίτιδας που έγινε στην Κίνα τον 9^ο αιώνα μ.Χ. και η χρήση της μεταφέρθηκε στην Ευρώπη τον 14^ο αιώνα.



Εικ. 7α. Οι πρώτοι Homo



Εικ. 7β. Χειροπελέκεις της Κάτω Παλαιολιθικής Εποχής



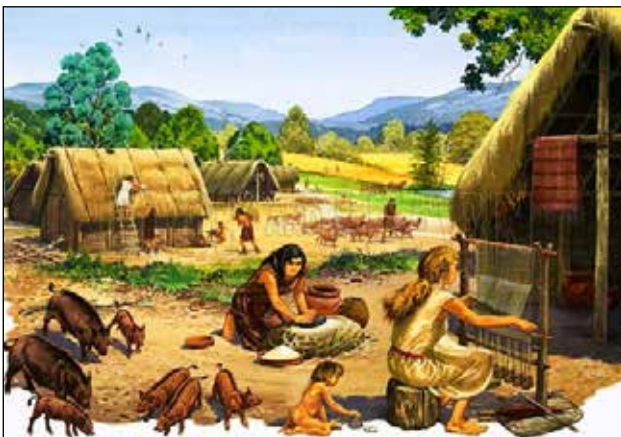
Εικ. 7γ. Οστέινα εργαλεία της Κάτω Παλαιολιθικής Εποχής



Εικ. 7δ. Οστέινα εργαλεία της Ανω Παλαιολιθικής Εποχής



Εικ. 7ε. Εργαλεία Μεσολιθικής Εποχής



Εικ. 7στ Νεολιθικός οικισμός



Εικ. 7ζ. Νεολιθικός οικισμός στο Δισπηλιό Καστοριάς



Εικ. 7η. Αγγεία της Νεολιθικής εποχής από τον Ελλαδικό χώρο



Εικ. 7θ. Τεμάχιο φυσικός υπάρχοντος χαλκού



Εικ. 7ι. Ο δίσκος της Φαιστού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

*Αν δεν αλλάζουμε εγκαίρως κατεύθυνση,
είναι απόλυτα σίγουρο
ότι θα φθάσουμε εκεί που πηγαίνουμε.
Leroy Jones*

Εισαγωγικά

Οι έμβιοι οργανισμοί όλων των βασιλείων της ζωής στον πλανήτη Γη επιβιώνουν και εξελίσσονται έχοντας αναπτύξει μεταξύ τους μια αρμονική συνύπαρξη και συνεργασία στη διάρκεια δισεκατομμυρίων ετών, από την εμφάνιση των πρώτων μονοκύτταρων οργανισμών.

Οι **μονοκύτταροι οργανισμοί** υπήρξαν οι μοναδικές μορφές ζωής στον πλανήτη για πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια και ευρίσκονται ακόμα παντού σε αριθμούς μεγαλύτερους από κάθε άλλο ζωντανό οργανισμό. Υπάρχουν στην επιφάνεια της Γης, στα βάθη των ωκεανών, ακόμα και στους βράχους έως 600 μέτρα κάτω από τους πυθμένες των ωκεανών, και σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα. Είναι τα μόνα πλάσματα που μπορούν να επιβιώσουν χωρίς όλα τα υπόλοιπα. Μπορούν να εισβάλουν σε όλα τα άλλα όντα, παίρνουν τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται από ζωντανές και νεκρές μορφές ζωής, ζωικές και φυτικές, και διασπείρουν ευρέως τις πληροφορίες που υπάρχουν στο γενετικό τους υλικό. Συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου, στον κύκλο του άνθρακα και σε όλους τους σημαντικούς για τη διατήρηση της ζωής βιογεωχημικούς κύκλους του πλανήτη. Και βέβαια η ζωή όχι μόνο του

ανθρώπου αλλά όλων των όντων, είναι ένας διαρκής πόλεμος με τα μικρόβια, τα οποία στο τέλος πάντα υπερισχύουν.

Τα **φυτά** είναι απαραίτητα για τα ζώα, αποτελώντας τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Έχουν τη θαυμαστή ικανότητα να παράγουν οργανική ύλη με τη φωτοσύνθεση. Με τη φωτοσύνθεση που λαμβάνει χώρα στη χλωροφύλλη, τα φυτά δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα το οποίο συνθέτουν με το νερό, με τις χημικές ουσίες του εδάφους και την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας παράγοντας οργανική ύλη. Παράλληλα με τη φωτοσύνθεση ρυθμίζεται η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα, ενώ συγχρόνως παράγεται και απελευθερώνεται οξυγόνο. Έτσι διατηρείται σταθερή και η συγκέντρωση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Τα φυτά προμηθεύουν τα φυτοφάγα ζώα με την ενέργεια που χρειάζονται, και παράλληλα ευεργετούν το σύνολο της πανίδας παρέχοντας κατάλυμα, τόπο απόκρυψης και επιβίωσης για τεράστιο αριθμό ζώων. Εμπλουτίζουν τέλος την ατμόσφαιρα με τεράστιες ποσότητες νερού που στη συνέχεια ανακυκλώνεται.

Η ενέργεια που προέρχεται από την οργανική ύλη των φυτών μεταφέρεται στη συνέχεια από τα φυτοφάγα ζώα στα σαρκοφάγα.

Τα **ζώα** με τη σειρά τους, όπως κάνουν και τα βακτήρια και οι μύκητες, εμπλουτίζουν το έδαφος με χημικές ουσίες που είναι είτε τελικά μεταβολικά προϊόντα είτε προϊόντα σήψευσης των ίδιων των ζώων. Από εκεί τις αντλούν τα φυτά χωρίς να κάνουν τον κόπο να τρέχουν δεξιά και αριστερά για την τροφή τους. Τα ζώα επίσης τυλίγουν τους σπόρους των φυτών με πλούσιο λίπασμα και τους μεταφέρουν σε νέα μέρη για να βλαστήσουν, ενώ εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με το απαραίτητο στα φυτά διοξείδιο του άνθρακα. Τα έντομα συμβάλλουν καθοριστικά στην γονιμοποίηση και διαιώνιση των φυτών μεταφέροντας τους κόκκους της γύρης από τους ανθήρες στα στίγματα των υπέρων.

Είναι πραγματικά μεγάλο και δύσκολο έργο να συλλάβει και να παραθέσει κανείς όλες τις πτυχές της συνύπαρξης και αλληλεξάρτησης μεταξύ όλων των μορφών της ζωής στη Γη. Ακόμα όμως και τα ανόργανα πετρώδη υλικά που αλλάζουν αενάως μορφή, συμβάλλουν στη δόμηση ζωντανών οργανισμών για να επανέλθουν κάποτε στην αρχική τους κατάσταση. Η αρμονική αυτή αλληλεξάρτηση οδήγησε τον James Lovelock και την Lynn Margulis να διατυπώσουν την **«υπόθεση της Γαίας»**, σύμφωνα με την οποία ο πλανήτης αποτελεί ένα πολύπλοκο, ζωντανό και αυτορρυθμιζόμενο ον. Η υπόθεση αυτή δεν γίνεται δεκτή από την επιστημονική κοινότητα, ωστόσο αν απαλεί-

ψει κανείς την οντολογική της διάσταση περιγράφει με τρόπο ρεαλιστικό το είναι και το γίνεσθαι της ζωής στη Γη.

Το είδος που προκαλεί τον πυρετό στον πλανήτη Γη

Ο άνθρωπος, το σχετικά νέο αυτό είδος, το μόνο όμως που διαθέτει τη δύναμη να αλλάζει το περιβάλλον, έχει αποκτήσει νοοτροπία αφεντικού του πλανήτη ιδίως μετά την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης περί τα μέσα του 18^{ου} αιώνα, έχοντας κηρύξει τον πόλεμο σε όλα τα υπόλοιπα βασίλεια της ζωής. Η γνώση που έχει αποκτήσει είναι δύναμη, αλλά δυστυχώς δεν τη χρησιμοποιεί πάντα επωφελώς για την ανθρωπότητα και τον πλανήτη. Με τις πάσης φύσεως δράσεις του καταφέρνει όλο και ισχυρότερα πλήγματα στο σώμα της Γης, αδιαφορώντας για τις σοβαρές συνέπειες που του είναι πλέον ξεκάθαρα γνωστές, και πολλές από αυτές ήδη τις βιώνει. Έφθασε ένας αιώνας εκρηκτικής επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης για να απειλείται άμεσα το ανθρώπινο είδος και οι υπόλοιπες μορφές ζωής από την υπερθέρμανση, τις βίαιες κλιματικές αλλαγές, την παντοειδή μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος και τον υπερπληθυσμό.

Ο πλανήτης μας δέχεται την ευεργετική και απαραίτητη για τη ζωή ηλιακή ακτινοβολία. Από αυτήν το μεγαλύτερο μέρος φθάνει και απορροφάται από την επιφάνεια της Γης και τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Η μη χρησιμοποιηθείσα ακτινοβολία επανεκπέμπεται με τη μορφή ακτινοβολίας μεγαλύτερου μήκους κύματος, μικρότερης ενέργειας δηλαδή, κυρίως ως θερμότητα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Από αυτήν ένα μέρος διαφεύγει στο διάστημα και ένα άλλο μέρος απορροφάται από τα αέρια της ατμόσφαιρας ανεβάζοντας τη θερμοκρασία της και κρατώντας ζεστό τον πλανήτη, κάτι που ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το 1822 ονόμασε «**φαινόμενο του θερμοκηπίου**». Χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας θα ήταν γύρω στους -15° Κελσίου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου επομένως, όταν η συγκέντρωση των αερίων της ατμόσφαιρας που το προκαλούν δεν υπερβαίνουν το όριο που έχει παγιωθεί από τη συνεξέλιξη του φυσικού περιβάλλοντος και της ζωής, είναι ένα φυσικό φαινόμενο χρήσιμο για τη θερμορύθμιση του πλανήτη, ώστε αυτός να μην καταψύχεται αλλά ούτε να υπερθερμαίνεται.

Ο πολιτισμός του ανθρώπου όμως είναι πλέον άμεσα εξαρτημένος από

την κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων που είναι τα πετρελαιοειδή, το κάρβουνο και το φυσικό αέριο. Η καύση των προϊόντων αυτών παράγει καθημερινά πάνω από 70 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα που διαχέεται στην ατμόσφαιρα. Σήμερα η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα έχει υπερβεί τα 400 μέρη στο εκατομμύριο (ppm) που είναι η υψηλότερη στα τελευταία 14 εκατομμύρια χρόνια, και υπολογίζεται ότι με τους παρόντες ρυθμούς ανάπτυξης θα φθάσει τα 500 ppm σε λίγες δεκαετίες.

Το αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα όμως αιχμαλωτίζει σημαντικά μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που επανεκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, το οποίο άλλως θα διέφευγε στο διάστημα. Αποτέλεσμα είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη. Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι η κύρια αιτία της ποσοτικής διαφοροποίησης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της υπερθέρμανσης που εξελίσσονται στην εποχή μας με ραγδαίους ρυθμούς και οδηγούν σε **βίαιες κλιματικές αλλαγές**.

Βεβαίως υπάρχουν και άλλα αέρια στην ατμόσφαιρα που απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, όπως οι υδρατμοί, το μεθάνιο που υπάρχει σε σχετικά μικρή συγκέντρωση, το υποξείδιο του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες. Επαναλαμβάνεται όμως ότι η βασική αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι το διοξείδιο του άνθρακα, η συγκέντρωση του οποίου στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί πάνω από 30% από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, τα τελευταία περίπου 170 χρόνια, και συνεχίζει να αυξάνεται. Και η κύρια αιτία της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

Οι κλιματικές αλλαγές

Οι αλλαγές στο κλίμα αποτελούν σήμερα τον υπ' αριθμόν ένα περιβαλλοντικό κίνδυνο στον πλανήτη. Η υπερθέρμανση αυξάνει την ενέργεια και τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα αυξάνοντας την ένταση και τη συχνότητα των μετεωρολογικών φαινομένων. Ακραία καιρικά φαινόμενα, καταστροφικοί τυφώνες και πρωτοφανείς πλημμύρες εμφανίζονται πλέον συχνά και με αυξανόμενη ένταση σε όλο τον πλανήτη όσο αυτός υπερθερμαίνεται. Στην Ελλάδα, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα είχαμε δύο καύσωνες, με τη στενή έννοια

του όρου, κάθε 30 χρόνια, και σήμερα έχουμε κατά μέσο όρο έναν καύσωνα κάθε δύο χρόνια. Μαθηματικά μοντέλα υπολογίζουν ότι το 2100 μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από 40, και ίσως μέχρι 90 ημέρες καύσωνα τον χρόνο, σαν αυτές που ζήσαμε στη χώρα μας το καλοκαίρι του 2021 και ήταν η βασική αιτία της εφιαλτικής απανθράκωσης άνω του ενός εκατομμυρίου στρεμμάτων δασικής έκτασης και μεγάλου αριθμού σπιτιών.

Υπάρχει δραματική αύξηση των δασικών πυρκαγιών. Η υπερθέρμανση του πλανήτη αυξάνει τη συχνότητα και την ένταση των περιόδων ξηρασίας σε πολλές περιοχές με επακόλουθο την αύξηση του αριθμού των δασικών πυρκαγιών, που με τη σειρά τους εκλύουν τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν φαύλο κύκλο. Σε έρευνα που έγινε το 2015 από τον συγγραφέα του “Wild Fire Today” Bill Gabbert καταδεικνύεται ότι η αύξηση των δασικών πυρκαγιών στην Καλιφόρνια σχετίζεται με τις κλιματικές αλλαγές που οφείλονται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Κάθε χειμώνα τα νερά των ωκεανών γύρω από την Αρκτική και την Ανταρκτική παγώνουν σε μεγάλη έκταση. Τον χειμώνα του 2018 η κάλυψη με πάγο των νερών γύρω από την Αρκτική ήταν 40% μικρότερη από την αντίστοιχη επιφάνεια του 1980. Η Αρκτική θερμαίνεται δύο φορές ταχύτερα από οποιοδήποτε άλλο σημείο του πλανήτη. Με τους σημερινούς ρυθμούς υπερθέρμανσης, στον ωκεανό που περιβάλλει την Αρκτική δεν θα υπάρχει καθόλου πάγος μέχρι το 2040, με καταστροφικές επιπτώσεις όχι μόνο στον τεράστιο αριθμό ειδών που ζουν στον συγκεκριμένο βιότοπο αλλά και στον πλανήτη γενικότερα.

Σύμφωνα με τα πορίσματα επιστημονικών φορέων σε όλο τον κόσμο υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να λιώσουν σε σημαντικό βαθμό οι παγετώνες στη Γροιλανδία και την Ανταρκτική σε λίγες μόνο δεκαετίες. Η Διακυβερνητική Επιτροπή του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή διατύπωσε το 2014 τη θέση ότι είναι εξαιρετικά πιθανό μέχρι το 2100 να ανέλθει η στάθμη των θαλασσών κατά 0,5 έως 1 μέτρο. Ήδη η στάθμη των θαλασσών ανέρχεται σήμερα κατά 3,4 χιλιοστά ετησίως, από 2,5 χιλιοστά τη δεκαετία του 90. Το λιώσιμο των πάγων και η άνοδος της στάθμης των θαλασσών επιταχύνονται!

Ωστόσο πρόσφατα 22 κορυφαίοι επιστήμονες στο πεδίο των κλιματικών αλλαγών με επικεφαλής τον καθηγητή Τζόναθαν Μπάμπερ του πανεπιστημίου του Μπρίστολ κατέληξαν σε διαφορετικά συμπεράσματα που δημοσιεύ-

τηκαν στο περιοδικό της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ. Σύμφωνα με αυτά αν η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη στα επόμενα 80 χρόνια αυξηθεί κατά 4° C από τον σημερινό μέσο όρο, τότε υπάρχει πιθανότητα τουλάχιστον 5% το λιώσιμο των πάγων, κυρίως στην Ανταρκτική και τη Γροιλανδία, να προκαλέσει άνοδο της στάθμης των θαλασσών κατά 2 έως 2,4 μέτρα. Πιθανότητα 5% για ένα τόσο σοβαρό κίνδυνο είναι πολύ μεγάλη.

Σ' αυτήν την περίπτωση θα καλυφθούν από νερά όχι μόνο πολλά νησιωτικά κράτη, ιδίως του Ειρηνικού, όχι μόνον παράκτιες περιοχές όπως το Μπαγκλαντές και το Δέλτα του Νείλου, αλλά και χώρες όπως η Ολλανδία και η Δανία, και μεγαλουπόλεις όπως η Νέα Υόρκη, το Λος Άντζελες, το Λονδίνο, το Ρίο ντε Τζανέιρο, η Σαγκάη και άλλες. Θα ακολουθήσουν μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών και θα προστεθεί ένα τεράστιο κύμα «περιβαλλοντικών προσφύγων» στους ήδη υπάρχοντες, που υπολογίζονται σήμερα σε περίπου 250 εκατομμύρια σε όλο τον κόσμο, μιας και σε πολλές περιοχές του πλανήτη, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το Μπαγκλαντές, μεγάλες εκτάσεις γης έχουν ήδη καλυφθεί από νερό. Το προσφυγικό κύμα στην Ευρώπη υπολογίζεται ότι θα είναι 200 φορές μεγαλύτερο από αυτό που δημιούργησε ο πόλεμος της Συρίας.

Υπάρχουν όμως και περί τους 200 χιλιάδες μικροί παγετώνες στις κορυφές των οροσειρών του πλανήτη. Πρόσφατη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPPC) προειδοποιεί ότι αν η παγκόσμια οικονομία εξακολουθήσει να βασίζεται κυρίως στα ορυκτά καύσιμα, οι παγετώνες στα βουνά της Κεντρικής Ευρώπης κυρίως στις Άλπεις και στα βουνά της Σκανδιναβίας, αλλά και της βόρειας Ασίας, θα μειωθούν κατά 80% μέχρι το τέλος του αιώνα που διανύουμε (**Εικόνα 8α**). Οι επιπτώσεις αφορούν δι-



Εικ. 8α. Ο Παγετώνας Stein στις Ελβετικές Άλπεις το 2005 και το 2016

σεκατομμύρια ανθρώπων που εξαρτώνται από το νερό των παγετώνων αυτών για την ύδρευσή τους και την άρδευση της εκμεταλλεύσιμης γης, επομένως και για την τροφή, τα εισοδήματά τους και την απαιτούμενη ενέργεια.

Το στρώμα του όζοντος στην ατμόσφαιρα εξακολουθεί να έχει πρόβλημα, αν και εδώ τα μέτρα που έχουν υλοποιηθεί έχουν εν μέρει αναχαιτίσει την καταστροφή, περιορίζοντας τη συγκέντρωση των χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο για τρεις τουλάχιστον μήνες τον χρόνο, από τον Σεπτέμβριο ως και τον Νοέμβριο, στο στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας στην περιοχή της Ανταρκτικής εμφανίζεται μια τρύπα στο μέγεθος των Ηνωμένων Πολιτειών.

Το 1989 ιδρύθηκε υπό την αιγίδα του ΟΗΕ η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), με σκοπό να συγκεντρώνει τα επιστημονικά δεδομένα που αφορούν την κλιματική αλλαγή στον πλανήτη, να τα αξιολογεί σε τακτική βάση, και να τα θέτει στη διάθεση των πολιτικών. Στην πέμπτη αξιολόγηση της επιτροπής που συντάχθηκε το 2014, παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα 1.300 ανεξάρτητων επιστημόνων απ' όλο τον κόσμο, σύμφωνα με τα οποία η πιθανότητα να είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες η αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι πάνω από 95%. Η υποβολή της έκτης έκθεσης αξιολόγησης, που καθυστέρησε λόγω της πανδημίας, αναμένεται να υποβληθεί μέσα στο 2021 και είναι βέβαιο ότι θα δώσει πιο καθαρή εικόνα για τις ανθρωπογενείς επιδράσεις στο κλίμα χάρις σε νεότερα κλιματικά μοντέλα και σενάρια προσομοίωσης που έχουν αναπτυχθεί στο μεταξύ.

Οι επιπτώσεις από την υπερθέρμανση και την υπερεκμετάλλευση της Γης

Τα δάση είναι οι πνεύμονες της Γης. Δεσμεύουν, «εισπνέουν» κατά μίαν έννοια, περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα την άνοιξη που είναι περίοδος αναπτύξεως των φυτών και οι ανάγκες για φωτοσύνθεση μεγαλύτερες, και το «εκπνέουν» το φθινόπωρο. Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι η φωτοσύνθεση δεν γίνεται μόνο από τα φυτά αλλά και από άλλους οργανισμούς, όπως τα φωτοσυνθετικά άλγη των ωκεανών και τα κυανοπράσινα βακτήρια. Τα δάση απορροφούν το 25% του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα, όσο περίπου και οι ωκεανοί, παίζοντας έτσι πρωταγωνιστικό ρόλο στον μηχανισμό θερμορύθμισης του πλανήτη.

Σήμερα τεράστιες δασικές εκτάσεις κατακρεουργούνται με ταχείς ρυθ-

μούς, μαζί με τους αντίστοιχους βιότοπους, για την εκμετάλλευση των πόρων που περιέχουν ή για την εκμετάλλευση της γυμνής γης που προκύπτει για τις ανάγκες της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Παρά το ότι σήμερα ένα ποσοστό πάνω από το 20% της ξυλείας που απαιτείται παγκοσμίως προέρχεται από ελεγχόμενες δεντροφυτείες, 43 εκατομμύρια δασικά δέντρα κόβονται καθημερινά. Από το 1950 μέχρι το 1990 καταστράφηκε το 18% των δασών στην Αφρική, το 30% στην Ασία και το 20% στη νότια Αμερική. Η αποδάσωση συνεχίζεται με επιταχυνόμενους ρυθμούς. Περίπου 300 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα δασικής έκτασης καταστρέφονται κάθε χρόνο. Κάθε δευτερόλεπτο στον πλανήτη καταστρέφεται δασική έκταση ίση με ένα γήπεδο ποδοσφαίρου.

Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου είναι ο μεγαλύτερος πνεύμονας του πλανήτη, καλύπτει 5,5 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα και εκλύει στην ατμόσφαιρα το 20% του συνολικού οξυγόνου που περιέχεται σ' αυτήν. Σύμφωνα με τους ειδικούς εκτεταμένη αποψίλωσή του θα αντιστοιχούσε με την προσθήκη άλλων δέκα μεγάλων βιομηχανικών χωρών στον πλανήτη. Μόνο το 1998 καταστράφηκαν 17 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα τροπικού δάσους στη λεκάνη του Αμαζονίου.

Στον ημερήσιο τύπο και το διαδίκτυο αναφέρθηκε το φθινόπωρο του 2019 σε αναλυτικά ρεπορτάζ ότι από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Αύγουστο του ίδιου έτους κατεγράφησαν στην περιοχή του Αμαζονίου 80 χιλιάδες πυρκαγιές, εκ των οποίων 26 χιλιάδες μόνο τον Αύγουστο. Ο αριθμός αυτός είναι αυξημένος κατά 82% σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα του 2018. Η καταστροφή τροπικού δάσους τον Ιούνιο του 2019 ήταν τετραπλάσια από αυτήν του Ιουνίου του 2018 (**Εικόνα 8β**). Τον Αύγουστο του 2019 η NASA εντόπισε δορυφορικά πυκνούς καπνούς και εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα πάνω από πολλές πολιτείες της Βραζιλίας, αρκετές από τις οποίες κήρυξαν κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Εικόνες που δείχνουν το Sao Paulo να έχει σκεπαστεί από πυκνούς καπνούς που κυριολεκτικά έκρυψαν τον ήλιο έκαναν τον γύρο του διαδικτύου συνοδευόμενες από παγκόσμια κατακραυγή για το συντελούμενο έγκλημα. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο για την Περιβαλλοντική Έρευνα στον Αμαζόνιο (IPAM) οι πυρκαγιές οφείλονταν σε γαιοκτήμονες και κτηνοτρόφους αλλά και σε πολυεθνικά επιχειρηματικά συμφέροντα που αποψιλώνουν τα δάση και εκμεταλλεύονται τόσο την ξυλεία όσο και την αποψιλωμένη γη. Και αυτό έγινε με την ανοχή, αν όχι τη βοήθεια, της



Εικ. 8β. Ιούνιος του 2019. Το δάσος του Αμαζονίου στις φλόγες

πολιτικής ηγεσίας της Βραζιλίας που εξελέγη έχοντας στο πρόγραμμά της την εκχέρσωση μεγάλων εκτάσεων του δάσους του Αμαζονίου έχοντας δηλώσει ρητά ότι η ανάπτυξη της αγροτοβιομηχανίας και της κτηνοτροφίας στη χώρα είναι σημαντικότερη από την προστασία του περιβάλλοντος.

Βεβαίως η αύξηση των πυρκαγιών αφορά όλο τον πλανήτη. Από τη Σιβηρία ως τον Αρκτικό κύκλο και τις σαβάνες της Αφρικής οι πυρκαγιές έχουν πάρει διαστάσεις διεθνούς κρίσης. Το δίμηνο Ιούλιος-Αύγουστος του 2019 έγιναν στάχτη περισσότερα από 60 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα δασικών εκτάσεων στη Σιβηρία και 25 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα στην Αλάσκα. Στη χώρα μας πολλές εκατοντάδες χιλιάδες στρέμματα δάσους γίνονται παρανάλωμα του πυρός κάθε χρόνο, και μάλιστα με επιταχυνόμενους ρυθμούς. Το 2021 κάηκαν πολύ περισσότερα από ένα εκατομμύριο στρέμματα.

Με τις πυρκαγιές, που οφείλονται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες, καταφέρεται διπλό πλήγμα στη Γη που φιλοξενεί τη ζωή, στο ίδιο μας το σπίτι: από τη μια κατακλύζεται η ατμόσφαιρα με τα αέρια του θερμοκηπίου και αυξάνεται η θερμοκρασία του πλανήτη, και από την άλλη καταστρέφονται τα δάση που θα μπορούσαν να ισορροπήσουν την κατάσταση και να ρυθμίσουν σε σημαντικό βαθμό τη θερμοκρασία.

Τα κατεστραμμένα δάση ως επί το πλείστον αντικαθίστανται από ερήμους και άγονες εκτάσεις. Τα δύο τρίτα της επιφάνειας της Αφρικής αποτελούνται ήδη από ερήμους και η Σαχάρα επεκτείνεται κατά 10 χιλιόμετρα κάθε χρόνο. Ο υδροφόρος ορίζοντας στη βόρεια Αφρική, που μαστιζέται από πολύχρονη

ξηρασία, ευρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 50 μέτρων καθιστώντας την άντληση νερού από τους φτωχούς κατοίκους εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη. Στην Ασία 140 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα έχουν μεταβληθεί σε ερήμους. Η ερημοποίηση απειλεί πλέον και τη νότια Ευρώπη, απειλώντας τις ζωές τουλάχιστον ενός δισεκατομμυρίου ανθρώπων στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου. Δεν πρέπει βέβαια να μας διαφεύγει η τεράστια συμβολή της αποδάσωσης στις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη.

Αμέτρητα είδη ζώων εξαφανίζονται αφού καταστρέφεται το φυσικό τους περιβάλλον. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Ταμείου για τη Φύση (WWF) πάνω από το 50% των ειδών αγρίων ζώων που υπήρχαν στον πλανήτη το 1970 δεν υπήρχαν το 2010, μόλις 40 χρόνια αργότερα. Σήμερα το ένα πέμπτο των σπονδυλωτών ζώων έχουν κηρυχθεί απειλούμενα και πιθανότατα θα εξαφανιστούν στα επόμενα 50 χρόνια. Ένα πιο απαισιόδοξο επιστημονικό μοντέλο εκτιμά ότι το 15-37% του συνόλου των υπαρχόντων ειδών θα εξαφανιστεί ως το 2050. Από τον ζωτικό χώρο που υπήρχε για τον ελέφαντα πριν έναν αιώνα έχει μείνει μόνο το 7%, με στοιχεία μάλιστα του 1984. Από το 2002 έως το 2011 ο ήδη μικρός αριθμός των ελεφάντων μειώθηκε περαιτέρω κατά 60%.

Στο εγγύς μέλλον, με τις δραματικές αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη, όσα ζώα έχουν την ικανότητα να προσαρμόσουν τον τρόπο ζωής τους στο νέο περιβάλλον, και όσα φυτά βρίσκονται σε εδάφη που φροντίζει ο άνθρωπος, έχουν καλύτερες πιθανότητες επιβίωσης.

Αν επιβεβαιωθούν οι φόβοι των επιστημόνων το γήινο οικοσύστημα θα αλλάξει δραματικά πολύ σύντομα. Θα αποτελείται πλέον από πολύ μικρότερο αριθμό προσαρμοσμένων ειδών, καθένα από τα οποία θα είναι πολυπληθές και θα έχει μεγαλύτερη εξάπλωση. Υπάρχουν αισιόδοξοι επιστήμονες όπως ο Άγγλος καθηγητής Μάικ Μπέντον που πιστεύουν ότι η βιοποικιλότητα μπορεί να αποκατασταθεί μετά από μια τέτοια εξέλιξη, όπως έχει γίνει στο παρελθόν του πλανήτη μετά τις μεγάλες εξαφανίσεις ειδών, αλλά αυτό θα απαιτήσει πάνω από δέκα εκατομμύρια χρόνια. Υπάρχουν όμως και πολλοί άλλοι που τονίζουν ότι το φυσικό περιβάλλον του πλανήτη έχει αλλάξει τόσο, ώστε μια σημερινή μαζική εξαφάνιση ειδών δεν είναι δυνατόν να ακολουθηθεί από την ίδια πορεία αποκατάστασης του μακρινού παρελθόντος.

Υπάρχουν βεβαίως και επιπτώσεις στους ανθρώπους που κατοικούν μέσα ή κοντά στα δάση. Για παράδειγμα από τα 9 εκατομμύρια αυτοχθόνων κα-

τοίκων που υπήρχαν στα δάση του Αμαζονίου πριν την έναρξη της συστηματικής εκμετάλλευσής τους, παρέμειναν λιγότεροι από 200 χιλιάδες κατά την απογραφή του 1992.

Βιοϊκανότητα ή βιοχωρητικότητα είναι η δυνατότητα ενός οικοσυστήματος να παράγει χρήσιμα βιολογικά παράγωγα και να απορροφά τους βλαπτικούς ρύπους. Το 1961 που ο ανθρώπινος πληθυσμός της Γης ήταν περίπου 3,5 δισεκατομμύρια, η κατά κεφαλήν βιοϊκανότητα στον πλανήτη ήταν 32 στρέμματα. Το 2010 με πληθυσμό 7 δισεκατομμύρια ήταν μόνο 17 στρέμματα.

Το φυσικό περιβάλλον δηλητηριάζεται συστηματικά

Το νερό, το έδαφος και η ατμόσφαιρα της Γης δηλητηριάζονται συστηματικά με χημικά αλλά και με ραδιενεργά παράγωγα. Φάρμακα, φυτοφάρμακα και κάθε είδους χημικά και ραδιενεργά απόβλητα μολύνουν το έδαφος και το υπέδαφος, τους ποταμούς και τους υδροφόρους ορίζοντες, μολύνοντας στη συνέχεια τις θάλασσες. Προκαλεί θλίψη η συνειδητοποίηση της κατάστασης στην οποία ευρίσκονται οι θάλασσες, οι ποταμοί και οι λίμνες της Γης.

Τον Μάιο του 2019 παρουσιάστηκαν στο Ελσίνκι τα πορίσματα μεγάλης έρευνας που αφορούσε την υγιεινή των νερών μεγάλων ποταμών 72 χωρών σε όλες τις ηπείρους. Το 65% των δειγμάτων ήταν μολυσμένα με αντιβιοτικά, σε συγκεντρώσεις που σε ορισμένες περιπτώσεις, στην Ασία ιδιαίτερα, ξεπερνούσαν τα αποδεκτά όρια ασφαλείας κατά 300 φορές. Αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη στα νερά αυτά και η εν συνεχεία διασπορά πολυανθεκτικών μικροβίων, που σκοτώνουν κάθε χρόνο πάνω από 700 χιλιάδες ανθρώπους παγκοσμίως. Υπολογίζεται ότι σε 30 χρόνια οι ανθεκτικές λοιμώξεις θα σκοτώνουν 10 εκατομμύρια ανθρώπους ετησίως. Βρέθηκε όμως στα νερά των ποταμών και ένας μεγάλος αριθμός άλλων τοξικών χημικών ουσιών και φυτοφαρμάκων, χωρίς μάλιστα να έχει περιληφθεί στην έρευνα η ανίχνευση ενός μεγάλου αριθμού χημικών που διαρρέουν στο φυσικό περιβάλλον. Ο Κίτρινος Ποταμός στην Κίνα είναι νεκρός στο μεγαλύτερο μέρος του, μολυσμένος από μεγάλες ποσότητες αποβλήτων χημικών εργοστασίων και από πετρελαϊκούς ρύπους, όντας ακατάλληλος για ύδρευση αλλά και για άρδευση.

Στην Ελλάδα ελήφθησαν δείγματα από τον Ασωπό ποταμό, στα νερά του οποίου βρέθηκαν οκτώ τοξικές για τη ζωή χημικές ουσίες. Σημειώνεται ότι στην έρευνα δεν περιελήφθη η ανίχνευση του εξαιρετικά τοξικού εξασθενούς χρωμί-

ου, που εξακολουθεί να υπάρχει στη λεκάνη του συγκεκριμένου ποταμού και να περνά στα φυτά και τα ζώα της περιοχής και βέβαια στην τροφική αλυσίδα.

Ήδη οι συγκεντρώσεις μεγάλου αριθμού τοξικών χημικών ουσιών, αλλά σε μικρότερο βαθμό και ραδιενεργών ισοτόπων, στην τροφική αλυσίδα είναι στο κόκκινο. Έφθασε η ανθρώπινη απληστία να μετατρέψει πολλά φυτοφάγα ζώα σε σαρκοφάγα, ταΐζοντάς τα με ύποπτης ποιότητας αλεσμένες σάρκες που περιέχουν ορμόνες και αντιβιοτικά, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή και το κέρδος. Τα επίπεδα υδραργύρου σε πολλά ψάρια σε όλο τον κόσμο είναι πλέον ιδιαιτέρως ανησυχητικά.

Στην εποχή μας δημοσιεύονται καθημερινά τα πορίσματα ερευνών που συνδέουν τη μόλυνση του εδάφους, των νερών, της ατμόσφαιρας και της διατροφικής αλυσίδας με πλήθος παθήσεων, μεταξύ των οποίων εξέχουσα θέση κατέχουν οι κακοήθεις νεοπλασίες.

Όσον αφορά τη γήινη ατμόσφαιρα δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένο ότι η σύνθεσή της θα παραμείνει για πάντα αμετάβλητη γιατί ο πλανήτης είναι ένας ευαίσθητος και εύθραυστος οργανισμός. Δεν μπορούν οι άνθρωποι να συνεχίσουν να κάνουν ό,τι τους βολεύει γιατί απλούστατα καταστρέφουν το σπίτι τους. Πρόσφατα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) κατέταξε την **ατμοσφαιρική ρύπανση** ως την υπ' αριθμόν ένα απειλή της δημόσιας υγείας για το 2019. Παράλληλα δημοσιεύτηκε ότι η μόλυνση της ατμόσφαιρας σκότωσε το 2015 σχεδόν εννέα εκατομμύρια ανθρώπους, όταν τον ίδιο χρόνο το κάπνισμα σύμφωνα πάλι με στοιχεία του ΠΟΥ σκότωσε περίπου επτά εκατομμύρια ανθρώπους, δηλαδή δύο εκατομμύρια λιγότερους. Γνωρίζουμε πλέον ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει δραματικά τον κίνδυνο καρδιοπαθειών, νεοπλασιών, χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ), σακχαρώδους διαβήτη, εγκεφαλικών επεισοδίων, κατάθλιψης και ελαττώνει τη γονιμότητα ανδρών και γυναικών.

Το 90% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε περιβάλλον όπου ο αέρας είναι τοξικός και 4 εκατομμύρια νέα κρούσματα βρογχικού άσθματος εμφανίζονται κάθε χρόνο σε παιδιά, επίσης σύμφωνα με στοιχεία του ΠΟΥ. Η ατμοσφαιρική ρύπανση θα απειλεί τους ζωντανούς οργανισμούς κάθε χρόνο και περισσότερο, όσο ο άνθρωπος δεν κάνει όσα πρέπει και μπορεί για να αντιστρέψει την κατάσταση.

Τελικά υπάρχει ελπίδα;

Η Γη σε αντίθεση με τους άλλους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος έχει σημαντική γεωλογική δραστηριότητα που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής. Η διατήρηση της ζωής εξαρτάται από την αλληλεπίδραση της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας, των παγωμένων περιοχών του πλανήτη, της γεωλογικής δραστηριότητας, αλλά και του ζωντανού επικαλύμματός της, της βιόσφαιρας δηλαδή, που και αυτή δημιουργεί τις ειδικές συνθήκες για τη συντήρηση της ζωής. Το χώμα, το νερό και η ατμόσφαιρα της Γης έχουν συνεξελιχθεί ως την τωρινή κατάστασή τους με τη βοήθεια της βιόσφαιρας, του περίπλοκου στρώματος των πάσης φύσεως ζωντανών πλασμάτων που την περιβάλλει. Οι δραστηριότητες των έμβιων οργανισμών συνδέονται η μία με την άλλη σε παγκόσμιους και ακριβείς κύκλους μετατροπής της οργανικής ύλης και της ενέργειας. Όσα συμβαίνουν στη βιόσφαιρα συγκρατούν τη ζωή σε μια ισορροπία που είναι όμως ευαίσθητη και ασταθής.

Σ' αυτήν την ασταθή ισορροπία εντάσσεται και ο άνθρωπος, ο οποίος δεν έχει έλθει από άλλο κόσμο. Στη Γη εμφανίστηκε ως γένος και εξελίχθηκε στη διάρκεια 2,5 εκατομμυρίων ετών, δηλαδή 25 χιλιάδων αιώνων μέχρι σήμερα, μέχρι τον *Homo sapiens*. Και σήμερα ο άνθρωπος κάνει ό,τι μπορεί για να απορρυθμίσει την πολύτιμη και εύθραυστη ισορροπία που υπάρχει στο ζωντανό κέλυφος του πλανήτη.

Η φύση, η «Μεγάλη Μητέρα» των αρχαίων, δολοφονείται από τον άπληστο άνθρωπο που ενώ γνωρίζει καλά τι πρέπει να πράξει, το αμελεί προτιμώντας υλικά οφέλη που υπερβαίνουν κατά πολύ τις ανάγκες της επιβίωσής του. Όλα τα άλλα όντα παίρνουν από τη μητέρα φύση μόνο αυτά που τους είναι αναγκαία για να επιβιώσουν. Και βέβαια τα υλικά αυτά οφέλη που προκύπτουν αφορούν πολύ μικρό μέρος της ανθρωπότητας. Συγχρόνως η υπαρξιακή και ενστικτώδης ανάγκη του ανθρώπου για ισχύ και κυριαρχία οδήγησε στην επικράτηση της επιθετικότητας. Η επιθετικότητα σε όλα τα επίπεδα κατέληξε να θεωρείται πλέον φυσική κληρονομιά των ανθρώπων.

Πολλοί σύγχρονοι διανοητές εκφράζουν αμφιβολία εάν ο *Homo sapiens* είναι πράγματι ευφυές είδος. Γιατί ποιο ευφυές είδος θα μόλυνε με τη δράση του τον αέρα, το νερό και το έδαφος, το περιβάλλον από το οποίο είναι εξαρτημένο, σε τέτοιο βαθμό ώστε να κινδυνεύει η ίδια του η ύπαρξη; Ποιο ευφυές είδος θα επέβαλε στους γεωργούς, με την ψήφιση μάλιστα παρόμοι-

ων νόμων στα περισσότερα κράτη να χρησιμοποιούν, αντί των σπόρων που έχουν προκύψει από τη σοφία της φυσικής εξέλιξης εκατομμυρίων αιώνων, υβριδικούς σπόρους που είναι προϊόντα της γενετικής μηχανικής πατενταρισμένους εξ αρχής από πολυεθνικούς κολοσσούς, με πραγματικό στόχο το κέρδος αφού οι αγρότες υποχρεώνονται να πληρώνουν κάθε χρόνο για να τους καλλιεργούν; Ποιο ευφυές είδος θα είχε υπερπαραγωγή αγαθών και τροφίμων για ένα μικρό μέρος του, ενώ πολλά εκατομμύρια νεαρά μέλη του πεθαίνουν κάθε χρόνο από αστία και πολύ περισσότερα μένουν ανάπηρα από έλλειψη θρεπτικών ουσιών, βιταμινών, ιχνοστοιχείων και εμβολίων; Ποιο ευφυές είδος θα ανεχόταν να πεθαίνει κάθε 7 δευτερόλεπτα ένα παιδί κάτω των δέκα ετών στον πλανήτη από πείνα; Παιδιά που πεθαίνουν από πείνα δολοφονούνται από τον ίδιο τον άνθρωπο.

Δυστυχώς δεν διαφαίνεται βούληση των ισχυρών προκειμένου να αντιστραφεί η κατάσταση, παρά τις έντονες προειδοποιήσεις των επιστημόνων. Από την ατζέντα αυτών που αποφασίζουν είτε απουσιάζει το ζήτημα των κλιματικών αλλαγών είτε είναι εξόχως υποβαθμισμένο, σύμφωνα με τις επιθυμίες των οικονομικών ολιγαρχών που πάνω από τον άνθρωπο, τη ζωή και τον πλανήτη βάζουν το κέρδος. Αντίθετα, συχνά χρηματοδοτούνται ψευδοεπιστημονικές επιτροπές που προσπαθούν να παραπλανήσουν και να δημιουργήσουν ασάφεια σχετικά με τις αιτίες της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη της άμεσης αλλαγής στην αντίληψη που έχει ο άνθρωπος για το φυσικό περιβάλλον και τη σχέση του με αυτό. Βεβαίως υπάρχει η ανάγκη της διατροφής και της κάλυψης των αναγκών του πληθυσμού της Γης, που αυξάνεται με ρυθμό περίπου 1,5% ετησίως, και με τους σημερινούς ρυθμούς αύξησης θα υπερβεί τα 12 δισεκατομμύρια το 2050. Όμως δεν υπάρχει πλέον η πολυτέλεια να **μη** συνδέεται η οικονομική και κοινωνική πρόοδος της ανθρωπότητας με την υγεία του φυσικού περιβάλλοντος του πλανήτη, το οποίο σύμφωνα με σχετικές έρευνες έχει χάσει ήδη σε μεγάλο βαθμό την ικανότητά του να αναγεννιέται.

Είναι αυτονόητο ότι η γεωργία είναι από τους πλέον ευαίσθητους τομείς σε σχέση με την κλιματική αλλαγή, και η Μεσόγειος αναφέρεται στην έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) του 2013 ως ιδιαίτερα ευαίσθητη περιοχή. Προσομοιώσεις με παγκόσμια και περιοχικά κλιματικά μοντέλα προβλέπουν για τις επόμενες δεκαετίες βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας, ελάττωση των βροχοπτώσεων, αύξηση της συ-

γκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και ακραία καιρικά φαινόμενα με περιόδους ξηρασίας και πυρκαγιών, με παγετούς, χαλάζι και σφοδρούς ανέμους. Παράλληλα βέβαια και η γεωργία συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Πρόσφατα περατώθηκε ενδιαφέρουσα έρευνα για τις **οικονομικές** επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, που διήρκεσε 50 χρόνια και αφορούσε 174 χώρες. Τα συμπεράσματα, τα οποία φαίνεται ότι δεν έχουν ληφθεί υπ' όψιν από τους ισχυρούς μέχρι στιγμής, κατέδειξαν ότι αν δεν υπάρξουν αλλαγές της πολιτικής και δεν μειωθεί η εκπομπή των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 4 βαθμούς Κελσίου μέχρι το 2100 σύμφωνα με συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα. Η αύξηση αυτή θα έχει, εκτός από τα συχνότατα ακραία καιρικά φαινόμενα, αρνητικά αποτελέσματα στις οικονομίες όλων ανεξαιρέτως των χωρών και μάλιστα κυρίως των ισχυρών, οι οποίες θα οφείλονται στις επιπτώσεις στις παραγωγικές διαδικασίες εν γένει από τη γεωργία ως τη βιομηχανία. Δειγματοληπτικά ο Καναδάς, στον οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ταχύτερη απ' ότι στον υπόλοιπο πλανήτη, αναμένεται να χάσει το 13% του ΑΕΠ, οι ΗΠΑ το 10%, η Ελβετία το 12% και η Ινδία το 10% του ΑΕΠ. Είναι σαφές ότι οι κλιματικές αλλαγές που οφείλονται στην υπερεκμετάλλευση του πλανήτη δεν επιφέρουν μόνο κέρδη στους ισχυρούς αλλά και απώλειες. Η οικολογία συνδέεται άμεσα με τις σύγχρονες οικονομικές θεωρίες όχι μόνο ως αποτέλεσμα αλλά και ως αιτία. Μια οικολογική κατάρρευση θα προκαλούσε οικονομική καταστροφή, πολιτικές αναταραχές, πτώση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων και θα απειλούσε την ίδια την ύπαρξη του *Homo sapiens*.

Είναι εξαιρετικά σημαντική και επίκαιρη η αναφορά των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος στη μετάδοση ιογενών και μικροβιακών λοιμώξεων. Σύμφωνα με αναφορές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας πάνω από 150 χιλιάδες ανθρώπων πεθαίνουν κάθε χρόνο από την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή. Μεγάλο μέρος των θανάτων αυτών οφείλονται στην αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης των λοιμογόνων παραγόντων και σε συνοδές αναπνευστικές παθήσεις λόγω των κλιματικών αλλαγών. Σύμφωνα με έρευνες της Σχολής Δημόσιας Υγείας του πανεπιστημίου του Harvard που δημοσιεύτηκαν τον Μάρτιο του 2020 στους *New York Times*, και είναι υπό δημοσίευση στο ιατρικό περιοδικό "*New England Journal of Medicine*", όσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα των μικροσωματιδίων **PM 2,5** στην ατμόσφαιρα τόσο μεγαλύτε-

ρες οι πιθανότητες θανάτου από μικροβιακές λοιμώξεις και ιώσεις. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη μελέτη, αύξηση των σωματιδίων αυτών κατά 1 μικρογραμμάριο, δηλαδή κατά ένα εκατομμυριοστό του γραμμαρίου ανά κυβικό μέτρο αέρος, αυξάνει τη θνησιμότητα από την ίωση covid-19 κατά 15%. Τα σωματίδια αυτά έχουν διάμετρο μέχρι 2,5 εκατομμυριοστά του μέτρου και οφείλονται κυρίως σε καύσεις υδρογονανθράκων, δηλαδή στη μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα, σε πυρκαγιές και στη λειτουργία μεγάλου αριθμού οχημάτων. Παρόμοιο πρόβλημα εμφανίστηκε στο λεκανοπέδιο της Αττικής μετά τη μεγάλη πυρκαγιά της Βαρυμπόμπης στις αρχές Αυγούστου του 2021, όταν μετρήθηκαν συγκεντρώσεις 10πλάσιες των ανώτερων επιτρεπτών που είναι μέχρι 25 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου (μg) ανά κυβικό μέτρο αέρος. Ακριβώς συνθήκες αυξημένης συγκέντρωσης μικροσωματιδίων PM 2,5 επικρατούσαν στις περιοχές του πλανήτη που επλήγησαν περισσότερο όταν ξέσπασε η πανδημία από τον ιό covid-19 στις αρχές του 2020, και πιθανότατα συνετέλεσαν στην αυξημένη νοσηρότητα και θνητότητα.

Θα ήταν ενδιαφέρον να παρουσιασθούν στο μέλλον πορίσματα ερευνών που θα συνδέουν την κλιματική αλλαγή με την εξέλιξη της φονικής πανδημίας covid-19 που ξέσπασε στις αρχές του 2020 και οφείλεται στον ιό SARS-coV-2. Ο Πάπας Φραγκίσκος ένωσε την ανάγκη τον Απρίλιο του 2020 να κραυγάσει: «**Δεν ανταποκριθήκαμε στις φυσικές καταστροφές. Ποιος μιλάει τώρα για τις φωτιές στην Αυστραλία ή ότι 18 μήνες πριν ένα πλοίο μπορούσε να διασχίσει τον Βόρειο Πόλο καθώς οι πάγοι είχαν λιώσει; Ποιος μιλάει τώρα για τις πλημμύρες; Δεν γνωρίζω αν η πανδημία που εξελίσσεται είναι η εκδίκηση της φύσης, αλλά σίγουρα είναι μια απάντησή της**».

Τα συμφέροντα των ισχυρών διαμορφώνουν τις πολιτικές

Η ανθρωπότητα έχει πλέον συνειδητοποιήσει πλήρως τους μηχανισμούς της υπερθέρμανσης της Γης και των βίαιων κλιματικών αλλαγών. Από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα έχουν γίνει αρκετές παγκόσμιες διασκέψεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, με κυριότερες αυτές του **Ρίο** τον Ιούλιο του 1992, του **Κιότο** το 1997 και των **Παρισίων** τον Δεκέμβριο του 2015. Αν και εγκρίθηκαν και υπογράφηκαν πολλές επί μέρους αποφάσεις και χρονοδιαγράμματα με στόχο την ελάττωση των αερίων του θερμοκηπίου, στην πράξη έχουν γίνει λίγα πράγματα γιατί δεν υπάρχει στρατηγική συμφωνία μεταξύ

των διαφόρων χωρών. Τη συμφωνία των Παρισίων υπέγραψαν 186 κράτη. Τέσσερα χρόνια μετά οι μετρήσεις των ρύπων ήταν συμβατές με τους στόχους της συμφωνίας μόνο σε δύο από αυτά.

Οι μεγαλύτερες βιομηχανικές χώρες ασφαλώς προκαλούν τη μεγαλύτερη βλάβη στο οικοσύστημα του πλανήτη και συγχρόνως λειτουργούν ως τροχοπέδη της ανάπτυξης των άλλων χωρών. Η Κίνα είναι υπεύθυνη για το 1/4 της παγκόσμιας παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου και οι ΗΠΑ για το 1/8. Για να διατηρήσουν το βιοτικό τους επίπεδο οι πλούσιες βιομηχανικές χώρες καταφεύγουν στη βιοχωρητικότητα των φτωχών χωρών. Αν ζούσαμε όλοι όπως οι πολίτες των ΗΠΑ θα χρειαζόμασταν 3,9 πλανήτες.

Κάθε χώρα έχει διαφορετικές οικονομικές, πολιτικές και αναπτυξιακές προϋποθέσεις. Έτσι τα κράτη χωρίστηκαν σε ομάδες ετερόκλητων συμφερόντων, μεταξύ των οποίων ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν:

Η Λέσχη του Άνθρακα την οποία αποτελούν οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Ιαπωνία, η Ρωσία, η Νορβηγία, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και τα κράτη μέλη του ΟΠΕΚ. Δεν συμφωνούν με τα μέτρα που προβλέπει το πρωτόκολλο του Κιότο γιατί δεν επιθυμούν να θιγούν τα συμφέροντά τους.

Η Ομάδα των 77. Πρόκειται για χώρες με αναδυόμενες οικονομίες, μεταξύ των οποίων είναι η Κίνα και η Ινδία, που ισχυρίζονται ότι ευρίσκονται σε φάση ανάπτυξης και θα ήταν άδικο να αναλάβουν τις ίδιες υποχρεώσεις με τις χώρες που έχουν τη μεγαλύτερη βιομηχανική ανάπτυξη.

Η ομάδα των 48 λιγότερο αναπτυγμένων χωρών που ζητούν οικονομική βοήθεια για να μην επηρεαστεί η εύθραυστη οικονομία τους από τη λήψη μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, οι 27 χώρες της οποίας αποτελούν την πλέον ενεργό ομάδα στις διαπραγματεύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και πιέζουν συνεχώς για τη λήψη αυστηρών μέτρων.

Εξάλλου η διαφωνία στη λήψη μέτρων έχει στις μέρες μας ακόμα και θρησκευτική διάσταση, πιθανώς για να αποκτήσει κύρος και αξιοπιστία. Ενώ η Ανατολική Ορθόδοξη και η Καθολική Εκκλησία όπως προκύπτει από την εγκύκλιο του Πάπα Φραγκίσκου του 2015 «Περί της φροντίδας του κοινού μας οίκου», αλλά και μέρος των Προτεσταντικών Εκκλησιών έχουν αγκαλιάσει την προσπάθεια λήψης δραστικών μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος, ορισμένοι συντηρητικοί Προτεσταντικοί κλάδοι διαφωνούν όπως προκύπτει από τις θέσεις που εκφράζουν ηγετικά στελέχη τους. Εν τέλει οι

θηρσκείες που θα μπορούσαν να παίξουν ιδιαίτερα χρήσιμο ρόλο, μάλλον δεν μπορούν να υπερηφανεύονται για τη συνολική συμβολή τους στην προστασία του περιβάλλοντος.

Όλη η κίνηση, οι παγκόσμιες διασκέψεις και οι νόμοι που έχουν ψηφισθεί σε πολλές χώρες με συγκεκριμένους και προγραμματισμένους στόχους έχουν αποδώσει μέχρι σήμερα φτωχά αποτελέσματα. Τα προβλήματα του φυσικού περιβάλλοντος και οι μεταβολές των σχετικών δεικτών δεν είναι θέματα δημοφιλή στα διεθνή συνέδρια. Οι πολιτικοί γνωρίζουν ότι υπογράφοντας διεθνείς συμφωνίες για την προστασία της φύσης, οι οποίες βλάπτουν πολλά συμφέροντα, δεν μπορούν να ελπίζουν ότι θα πάρουν τις ψήφους που χρειάζονται στις χώρες τους. Όπως δεν είναι αρκετά και τα αποτελέσματα της δράσης κινήματων που έχουν δημιουργηθεί για την προστασία του περιβάλλοντος σε πολλές χώρες, καθώς και διεθνών οργανώσεων όπως το **Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση (WWF)** που ιδρύθηκε το 1961 και έχει μέλη σε περισσότερες από 90 χώρες, και η **Greenpeace** που ιδρύθηκε το 1971. Το WWF χρηματοδοτεί πάνω από 100 προγράμματα διατήρησης και αποκατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος διεθνώς.

Σαν επίλογος

Η ανάγκη να αλλάξει η θεώρηση του ανθρώπου όσον αφορά τη σχέση του με το φυσικό περιβάλλον οδήγησε κατά τη δεκαετία του 1970 στην ανάπτυξη του πεδίου της **περιβαλλοντικής ηθικής**, που υποστηρίζεται έκτοτε από πλήθος βιβλίων, περιοδικών, εκπομπών και δημοσιεύσεων στα ΜΜΕ. Η ηθική αυτή αντικαθιστά τον ανθρωποκεντρισμό με τον **οικοκεντρισμό**, όπου αξία δεν έχει μόνο ο άνθρωπος αλλά και όλες οι άλλες μορφές ζωής, ο πλανήτης συνολικά με τα νερά και την ατμόσφαιρά του.

Σ' αυτήν την ηθική ο πλανήτης δεν νοείται μόνο ως πηγή φυσικών πόρων και αποδέκτης των αποβλήτων του ανθρώπου. Το οικοσύστημα έχει εγγενή αυταξία και χρήζει μέγιστου σεβασμού και προστασίας. Η βασική αρχή της περιβαλλοντικής ηθικής είναι ότι οι επεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον δεν πρέπει να καθιστούν δυσκολότερη τη ζωή στις μελλοντικές γενιές των ανθρώπων. Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα η αντίληψη πως ο άνθρωπος έχει τεράστια ευθύνη απέναντι στη φύση, ηθική αντίληψη που εμφανίστηκε πάντως με εντυπωσιακή καθυστέρηση.

Υπάρχει επίσης αυξανόμενη και συνεχής δραστηριότητα παγκοσμίως για την **ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση** ατόμων όλων των ηλικιών σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με τα κοινωνικά, οικονομικά, πολιτικά και αναπτυξιακά προβλήματα κάθε χώρας. Θα απαιτηθεί όμως μακρά περίοδος εκπαίδευσης σε όλα τα κράτη έως ότου κατανοηθεί η περιβαλλοντική ηθική, και η εκπαίδευση αυτή πρέπει να ξεκινά από τα μικρά παιδιά.

Τα καλά νέα είναι ότι σήμερα ο άνθρωπος γνωρίζει τι πρέπει να πράξει για να αντιστρέψει την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος μεταβάλλοντας την κυριολεκτικά αυτοκτονική του συμπεριφορά. Όμως όσοι παίρνουν τις αποφάσεις αρνούνται και να συζητήσουν μια μικρή επιβράδυνση της οικονομικής ανάπτυξης ή έστω σταθεροποίηση αυτής, εν ονόματι της σωτηρίας του πλανήτη. Η απληστία, η απύθμενη επιθυμία για το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος στον μικρότερο δυνατό χρόνο θριαμβεύουν. Αντίθετα, εύκολα και γρήγορα εφευρίσκουν νέα μέτρα προστασίας από τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη όπως κλιματιστικά μηχανήματα, αντηλιακά προϊόντα, αντικαρκινικά φάρμακα, προστατευτικά γυαλιά, ειδικά καταφύγια και τόσα άλλα, που κύριο στόχο έχουν την αύξηση της κατανάλωσης και τη βιομηχανική και εμπορική ανάπτυξη. Η παραγωγή και η χρήση των προϊόντων αυτών με τη σειρά τους μολύνουν περισσότερο το περιβάλλον και ενισχύουν την υπερθέρμανση της Γης. Φαύλος κύκλος!

Υπάρχει επιτακτική ανάγκη να γίνει ευρεία αναθεώρηση της οικονομίας και του πολιτισμού μας. Όλο και περισσότεροι επιστήμονες απαιτούν να συνεξετασθεί η οικονομική ανάπτυξη με την προστασία του πλανήτη. Να δοθεί μέγιστη προτεραιότητα στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της καθαρής ενέργειας. Οι δημόσιες πολιτικές σε κάθε χώρα, ιδιαίτερα οι αναπτυξιακές, πρέπει να παίρνουν υπ' όψιν τους την προστασία του περιβάλλοντος. Πρέπει να εφαρμοσθούν αυστηρές πολιτικές που αφορούν τη διαχείριση των απορριμμάτων και την ανακύκλωση. Δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένο ότι η σύνθεση της γήινης ατμόσφαιρας θα παραμείνει για πάντα αμετάβλητη γιατί ο πλανήτης είναι ένας ευαίσθητος και εύθραυστος οργανισμός. Δεν μπορούν οι άνθρωποι να συνεχίσουν να κάνουν ό,τι τους βολεύει γιατί απλούστατα καταστρέφουν το σπίτι τους. Πρέπει να καταβληθεί συλλογική προσπάθεια για να ισορροπήσουν τα οικοσυστήματα του πλανήτη, να σταματήσει η αλόγιστη σπατάλη των φυσικών πόρων και η ρύπανση του περιβάλλοντος, αλλά και να **σταθεροποιηθεί αριθμητικά ο πληθυσμός της Γης.**

Και βέβαια εκτός από τις ευθύνες των πολιτικών υπάρχουν και ατομικές ευθύνες. Είναι πολλά τα απλά πράγματα που μπορεί να κάνει ο κάθε συνειδητοποιημένος πολίτης, όπως να μη σπαταλά το νερό και το ηλεκτρικό ρεύμα, να υπολογίζει τις διατροφικές του ανάγκες ώστε να μην πετά το μισό φαγητό που εκτός των άλλων είναι ενεργοβόρο στην παραγωγή του, και να περιορίσει την κατανάλωση κρέατος επειδή η ζωική παραγωγή ευθύνεται περισσότερο για την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως του μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Θα είναι σημαντικό, καθένας να περιορίσει κάπως το πλήθος των παπουτσιών, των ρούχων, των καλλυντικών και άλλων καταναλωτικών αγαθών που δεν είναι πρώτης ανάγκης. Για όλα αυτά όμως χρειάζεται ενημέρωση, εκπαίδευση και συντονισμός.

Δεν υπάρχει δυστυχώς στο ορατό μέλλον δυνατότητα μετανάστευσης σε άλλο πλανήτη. Δεν υπάρχει σήμερα, ούτε θα υπάρξει στο ορατό μέλλον σύμφωνα με τους ειδικούς, η τεχνολογία που θα επιτρέψει στον άνθρωπο τον εποικισμό του δορυφόρου μας, ούτε τη μετάβαση και την ασφαλή επιστροφή του ανθρώπου στον Άρη. Ούτε βέβαια την εποίκισή του, πολύ δε περισσότερο την εποίκιση πλανητών σε άλλα ηλιακά συστήματα. Ακόμα όμως και αν αυτό ήταν εφικτό θα ήταν απείρως πιο δαπανηρό από τα μέτρα που απαιτείται να ληφθούν για τη σωτηρία του ιδανικού για τη ζωή –όπως την ξέρουμε– πλανήτη, της Γης μας.

Διαθέτει πλέον ο άνθρωπος την απαραίτητη γνώση και τεχνολογία για να συνδυάσει τη διατροφή, την οικονομική ανάπτυξη και την ευημερία των λαών με αποτελεσματικά μέτρα για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη. Τα προβλήματα είναι οι μεγάλες επενδύσεις που απαιτούνται, κυρίως για την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας, και τα αντικρουόμενα συμφέροντα των ισχυρών. Ας ελπίσουμε ότι θα βρεθεί κάποτε το ηθικό ανάστημα και η πολιτική βούληση που απαιτείται. Ότι θα λειτουργήσει την τελευταία στιγμή το ένστικτο της αυτοσυντήρησης για να μην τερματισθεί η ανθρώπινη παρουσία στη Γη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΗΘΙΚΗ

Η δ' ηθική εξ έθους περιγίγνεται
Αριστοτέλης (Ηθικά Νικομάχεια, β1)

*Η ηθική δεν είναι ένα σταθερό και άκαμπτο σύστημα...
Είναι όμως ένα καθήκον που ποτέ δεν τελειώνει, κάτι που είναι
πάντοτε παρόν για να καθοδηγεί την κρίση και να εμπνέει
τη συμπεριφορά μας.*

Άλμπερτ Αϊνστάιν (Ομιλία στο Κολλέγιο Swarthmore, 1938)

Η ηθική δύναμη του ανθρώπου

Στην προσπάθεια να δοθεί ένας λιτός ορισμός της ηθικής προκύπτουν δυσκολίες λόγω των πολλών παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν. Οι αρχαίοι Έλληνες με τη λέξη ήθος ή έθος από την οποία προέρχεται η λέξη ηθική, εννοούσαν σε συλλογικό επίπεδο τους παραδοσιακούς κανόνες κοινής συμβίωσης, τις συνήθειες και τα έθιμα των ανθρώπων. Και σε ατομικό επίπεδο τις ψυχικές ιδιότητες, τον χαρακτήρα κάθε ανθρώπου.

Για διδακτικούς λόγους μπορεί να ορισθεί η ηθική ως **«ένα σύστημα λογικών αρχών και αξιών με βάση τις οποίες μπορεί ο άνθρωπος να κάνει τη διάκριση μεταξύ του καλού και του κακού, μεταξύ του σωστού και του λάθους, ρυθμίζοντας ανάλογα τη συμπεριφορά του»**. Από τον ορισμό αυτό απορρέουν πολλές σκέψεις. Είναι χρήσιμο να αναφερθούν μερικές από αυτές, μιας και δεν μπορεί να γίνει εδώ εκτενής φιλοσοφική ανάλυση.

Κατ' αρχήν είναι σαφές ότι αφού οι ηθικοί κανόνες είναι αποτέλεσμα

λογικής σκέψης, και αφού λόγο και Συνείδηση Ανωτέρας Τάξεως διαθέτει αποκλειστικά και μόνο ο άνθρωπος, η ηθική είναι αποκλειστικά ανθρώπινη λειτουργία. Η ύπαρξη των συναισθημάτων ενοχής, ντροπής, φόβου, τύψεων αλλά και ευχαρίστησης και συμπόνοιας τεκμηριώνουν τη συνειδητή φύση της ηθικής ή ανήθικης ανθρώπινης συμπεριφοράς. **Ηθική λειτουργία δεν υπάρχει στα υπόλοιπα ζώα.** Το λιοντάρι δεν μπορεί να θεωρηθεί κακό επειδή κυνηγά και τρώει την αντιλόπη, διότι αυτό γίνεται ενστικτωδώς, το λιοντάρι δεν μπορεί να κάνει κάτι διαφορετικό, δεν γνωρίζει το καλό και το κακό. Από την εμφάνιση των αντίστοιχων ειδών οι αράχνες φτιάχνουν ιστούς, οι μέλισσες κηρήθρες και τα λιοντάρια είναι θηρευτές. Μόνο ο άνθρωπος γνώρισε το καλό και το κακό, τα υπόλοιπα ζώα ζουν ακόμη στον Παράδεισο!

Έπειτα η ηθική σχετίζεται με δύο άλλες έννοιες. Η πρώτη είναι η **ελευθερία της βούλησης**, που αποτελεί αναπόσπαστη και αποκλειστική λειτουργία της ανθρώπινης Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως, και συνοδεύεται από την αντίστοιχη ευθύνη. Η ηθική ορίστηκε από τον Κωνσταντίνο Δεσποτόπουλο ως η εντελέχεια της ελευθερίας. Οπλισμένος με τον λόγο και την ελευθερία ο άνθρωπος, υπερβαίνει τη νομοτέλεια των ενστίκτων, μπορεί να ρυθμίζει τη συμπεριφορά του και με τις επιλογές του να δίνει νόημα στο παρόν και το μέλλον της ζωής του. Αυτός είναι ο πυρήνας της ηθικής.

Η δεύτερη έννοια με την οποία συνδέεται στενά η έννοια της ηθικής είναι η έννοια της **δικαιοσύνης**.

Το 1969 ο Αμερικανός εξελικτικός επιστήμονας George Simpson κατέθεσε την εξαιρετικά χρήσιμη άποψη ότι για να μπορεί να αξιολογηθεί ηθικά μια ανθρώπινη συμπεριφορά πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

Πρώτον να υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι δράσης.

Δεύτερον το άτομο να είναι ικανό να κρίνει τις εναλλακτικές επιλογές με λογικούς όρους.

Τρίτον το άτομο να έχει την ελευθερία και να είναι σε θέση και να επιλέξει, ώστε να πράξει αυτό που κρίνει ότι είναι ηθικά σωστό.

Αν δεν πληρούνται και οι τρεις ως άνω προϋποθέσεις καμιά πράξη δεν μπορεί να αξιολογηθεί με βάση την ηθική, ούτε μπορεί να καταλογισθεί ευθύνη γι' αυτή, όπως για παράδειγμα πράξεις που γίνονται από μικρά παιδιά, ενέργειες που επιβάλλονται με καταναγκασμό ή γίνονται από άτομα χωρίς ψυχοπνευματική υγεία.

Η ηθική συμπεριφορά συνδέεται με την ικανότητα του ανθρώπου να

γνωρίζει εκ των προτέρων τα αποτελέσματα των πράξεών του, ώστε με την ελεύθερη βούλησή του να αποδέχεται εκ των προτέρων την αντίστοιχη προσωπική του ευθύνη. Η μετάβαση από τα ζώα που δρουν αποκλειστικά ενστικτωδώς σε ένα ον που κάνει ελεύθερες λογικές επιλογές, απελευθερωμένο σε μεγάλο βαθμό από τη δουλεία των ενστίκτων χάρις στον λόγο και την ελευθερία της βούλησης, αποτελεί τη βάση της ανθρωποποίησης. **Χωρίς λόγο και ελευθερία της βούλησης η ηθική συμπεριφορά δεν θα ήταν δυνατή, αλλά βέβαια ούτε και αναγκαία.**

Μια άλλη σκέψη αφορά το απόλυτο ή το σχετικό της ηθικής. Αφού η ηθική προϋποθέτει λογική επεξεργασία των δεδομένων προκειμένου να κριθεί αν μια πράξη είναι σύμφωνη με το θεωρούμενο καλό ή κακό, και αφού τα πάσης φύσεως δεδομένα στα οποία βασίζεται η κρίση, κοινωνικά, πολιτικά, εργασιακά, διαπροσωπικά και άλλα μεταβάλλονται στον χώρο και τον χρόνο και εξελίσσονται, τότε και οι ηθικοί κανόνες δεν μπορεί να είναι αμετάβλητοι. Πραγματικά κάποιοι από τους ηθικούς κανόνες που ίσχυαν σε έναν συγκεκριμένο τόπο πριν χιλιάδες χρόνια, ακόμα και πριν έναν αιώνα, είναι διαφορετικοί από αυτούς που ισχύουν σήμερα στον ίδιο τόπο. Στην αρχαία Ελλάδα η χρήση δούλων ήταν ηθικά αποδεκτή, σήμερα στον ίδιο γεωγραφικό χώρο είναι απολύτως απαράδεκτη. Στον παρόντα χρόνο ο ηθικός προσανατολισμός των μεσογειακών λαών δεν είναι ακριβώς ίδιος με αυτόν των βορειοευρωπαίων, και από τους ηθικούς κανόνες που ισχύουν σήμερα στις κοινωνίες του λεγόμενου δυτικού κόσμου αρκετοί είναι διαφορετικοί από αυτούς που ισχύουν, σήμερα επίσης, σε άλλες περιοχές του πλανήτη όπως οι Αραβικές χώρες, η Άπω Ανατολή και τα βάθη του Αμαζονίου. Για παράδειγμα διαφορετικοί ηθικοί κανόνες ρυθμίζουν σήμερα την εμφάνιση και τη συμπεριφορά της γυναίκας σε διάφορες χώρες, ή ακόμα και στην ίδια κοινωνία αλλά σε διαφορετικές πολιτιστικά κοινωνικές ομάδες.

Η ηθική επομένως είναι σχετική και εξελίσσεται στον χώρο και τον χρόνο. Δεν φαίνεται εύκολη υπόθεση η ύπαρξη και εφαρμογή ενός συνόλου παγκόσμιων ηθικών κανόνων.

Το καλό και το κακό, το σωστό και το λάθος, που είναι το ζητούμενο στη διαδικασία της ηθικής αξιολόγησης και συμπεριφοράς, προσδιορίζεται συχνά με διαφορετικά κριτήρια. Ό,τι είναι καλό και ηθικό για τα μέλη μιας κοινωνίας ανθρώπων, για τους πολίτες μιας χώρας για παράδειγμα, δεν είναι το ίδιο καλό για τους πολίτες όλων των άλλων χωρών όσον αφορά την κοι-

νωνική συμπεριφορά, τη θρησκεία, τα πολιτιστικά θέματα, τα οικονομικά, το εμπόριο, την παιδεία και τόσα άλλα. Και αυτό που είναι καλό και ηθικό για τα μέλη μιας κοινωνική τάξης της αυτής χώρας δεν είναι απαραίτητα καλό για τις υπόλοιπες, και μάλιστα συχνά είναι κακό για κάποιες από αυτές. Ας μην ξεχνάμε ότι οι περισσότερες χώρες είναι πλέον πολυπολιτισμικές. Η ατομική ηθική σχετίζεται με το πολιτιστικό περιβάλλον στο οποίο κάθε άνθρωπος γεννιέται και μεγαλώνει. Μέσα σ' αυτό το περιβάλλον μαθαίνει ο άνθρωπος τι είναι σωστό και τι λάθος, σ' αυτό αφομοιώνει τους κανόνες με τους οποίους πρέπει να λειτουργήσει ως κοινωνική μονάδα.

Ακόμα όμως το καλό με την ευρεία έννοια δεν είναι το ίδιο για όλα τα μέλη της ίδιας κοινωνικής τάξης, γιατί στον καθορισμό του υπεισέρχονται και υποκειμενικά κριτήρια, πράγμα που δημιουργεί συνεχείς τριβές μεταξύ των ανθρώπων. Είναι σαφές ότι τις περισσότερες ίσως φορές το καλό ταυτίζεται με το συμφέρον! Αλλά και στη νομική επιστήμη συχνά υπάρχει προβληματισμός ως προς το τι είναι ηθικό και νόμιμο και τι όχι, πράγμα που εξηγεί τη διαφορετικότητα πολλών νόμων που αφορούν το ίδιο αντικείμενο σε διάφορες χώρες.

Πώς άραγε διαμορφώνονται τα κριτήρια που ορίζουν το καλό σε κάθε περίπτωση; Έπειτα για ποιους είναι καλό, και γιατί; Για το άτομο; Για το κοινωνικό σύνολο; Και για τους δύο;

Μπορεί να πει κανείς ότι υπάρχουν ηθικοί κανόνες με διαχρονική και παγκόσμια ισχύ που συνδέονται με την ίδια τη φύση του ανθρώπου, όπως αυτοί που διατυπώθηκαν στο πλαίσιο φιλοσοφικών συστημάτων και θρησκειών στο παρελθόν και σχετίζονται με την ελευθερία, με τις αρχές που απαγορεύουν στον άνθρωπο να βλάπτει άλλους ανθρώπους γύρω του και με το φυσικό περιβάλλον. Οι κανόνες αυτοί, όπως για παράδειγμα οι Δέκα Εντολές, υπήρξαν ευεργετικοί για τη ρύθμιση των σχέσεων και την εξέλιξη των ανθρώπων σε δύσκολες και σκληρές εποχές, και ασφαλώς οι περισσότεροι είναι και σήμερα χρήσιμοι. Τέτοιοι κανόνες περιέχονται στην Οικουμενική Διακήρυξη των Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων.

Πάλι όμως οι ηθικοί κανόνες που επιδιώκουν να ρυθμίσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά σε ακριβώς παρόμοιες καταστάσεις, δεν είναι ίδιοι σ' όλες τις θρησκείες και σε όλες τις φιλοσοφικές σχολές. Άλλο είναι να στρέψεις και το άλλο μάγουλο όταν σε ραπίσουν, και άλλο το οδόντα αντί οδόντος.

Σήμερα μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις ορισμένοι φιλοσοφικοί και θρησκευτικοί κανόνες ηθικής συμπεριφοράς φαίνονται αποσυνδεδεμένοι από την ταχύτητα εξελισσόμενη πολιτιστική και τεχνολογική λειτουργία της κοινω-

νίας των ανθρώπων. Ωστόσο οι θρησκείες σε πολλές περιπτώσεις εναρμονίζουν την ερμηνεία του δόγματος με τα σύγχρονα δεδομένα προσαρμοζόμενες στο κοινωνικό και στο πολιτιστικό γίνεσθαι, και αυτό ενισχύει ασφαλώς τον ρόλο και την προσφορά τους. Απλό παράδειγμα οι θέσεις πολλών θρησκειών σήμερα για τις μεταμοσχεύσεις οργάνων και την προστασία του περιβάλλοντος σε σχέση με αντίστοιχες θέσεις στο παρελθόν.

Με αυτές τις σκέψεις συνειδητοποιεί κανείς ότι το πεδίο της ηθικής, που αποτελεί και βασικό κλάδο της φιλοσοφίας, κάθε άλλο παρά εύκολο είναι. Άλλωστε συχνά ο άνθρωπος αδυνατεί να καθορίσει σωστά τη βέλτιστη ηθική συμπεριφορά είτε λόγω της ατέλειας των αισθήσεών του, είτε λόγω της σχετικότητας των νοητικών του λειτουργιών. Άλλοτε πάλι βρίσκεται σε αδυναμία να πραγματώσει μια επιλεγμένη από τον ίδιο ηθική συμπεριφορά λόγω του επηρεασμού της ελεύθερης βούλησής του από την ευαισθησία και τη νομοτέλεια της βιολογικής του υπόστασης, από άλογες ψυχικές ορμές, από συναισθήματα, από φόβους, πάθη, αλλά και από τις κοινωνικές περιστάσεις. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες σήμερα περιοριστικοί της ελευθερίας του ανθρώπου. Πώς μπορεί να είναι ελεύθερος όταν τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης με επιστημονική μεθοδολογία στρέφουν τη σκέψη του εκεί που επιθυμούν, όταν οι πολιτικοί τον εξαπατούν και τον χειραγωγούν ακόμα και με τη διαχείριση του φόβου, όταν είναι οικονομικά αδύνατος και ανασφαλής;

Σχετίζεται η ηθική με τη βιολογία;

Από πού πηγάζει τελικά η ηθική που καθορίζει τη συμπεριφορά του ανθρώπου; Απορρέει αποκλειστικά από τη λογική επεξεργασία των δεδομένων; Τώρα και 2,5 χιλιάδες χρόνια οι περισσότεροι φιλόσοφοι έχουν ασχοληθεί εκτεταμένα με το θέμα χωρίς κανείς να έχει δώσει μια ικανοποιητική τελική απάντηση, όπως αποδεικνύει ο μεγάλος αριθμός των σχετικών με το θέμα φιλοσοφικών θέσεων από τις οποίες καμιά δεν είναι πλήρης και τελική.

Το 1975 ο Αμερικανός βιολόγος Edward O. Wilson, ασχολούμενος τότε με τα αίτια και με τους μηχανισμούς της δύναμης του ανθρώπου να κάνει ηθικές αξιολογήσεις, καθώς και με τις σχετικές με αυτές συναισθηματικές καταστάσεις και συμπεριφορές, διετύπωσε στο έργο του «Κοινωνιοβιολογία» την άποψη ότι έχει έρθει η ώρα να εισέλθουν στο πεδίο της διερεύνησης της ηθικής και οι βιολογικές επιστήμες.

Βασική θέση είναι ότι οι άνθρωποι όπως όλοι οι έμβιοι οργανισμοί έχουν εξελιχθεί από τη φυσική επιλογή. Επομένως η εξελικτική βιολογία υπάρχει στη βάση των δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου

χωρίς να εξαιρείται η φύση της ηθικής λειτουργίας. Γιατί απλούστατα η ηθική προϋποθέτει τη λογική, την ελευθερία της βούλησης και την κρίση, που είναι πολύτιμες και αναπόσπαστες πτυχές του **εξελικτικά** εμφανισθέντος λόγου και της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως.

Είναι δεδομένο ότι οι επιστήμονες έχουν καταγράψει αμέτρητα παραδείγματα ζώων στα οποία έχουν παρατηρηθεί στο βάθος του χρόνου αλλαγές της συμπεριφοράς, αλλαγές που τους επιτρέπουν καλύτερη προσαρμογή στο περιβάλλον και επομένως καλύτερες πιθανότητες επιβίωσης. Οι περισσότερες προέκυψαν από την περίπλοκη αλληλεπίδραση των ζώων με τις χαοτικά μεταβαλλόμενες συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος σε βάθος χρόνου. Οι εξελικτικές αλλαγές στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά μπορεί να αφορούν στις διατροφικές τους συνήθειες, στις αντιδράσεις τους σε απειλές, στους τρόπους εκδήλωσης της επιθετικότητας, στη γονική φροντίδα των μικρών τους, στις τεχνικές προσέγγισης του αντίθετου φύλου, στις σχέσεις και τη συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας και σε πολλές άλλες λειτουργίες. Οι εξελικτικοί βιολόγοι θεωρούν ότι οι αλλαγές αυτές στη συμπεριφορά των ζώων, που είναι ενστικτώδης και γενετικά καθοριζόμενη, προέκυψαν μέσω του μηχανισμού της φυσικής επιλογής λόγω των ευνοϊκών επιπτώσεων που είχαν στην επιβίωση του είδους.

Με βάση το γεγονός αυτό, τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι σε ποιον βαθμό τα ψυχολογικά και συμπεριφορικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου έχουν διαφοροποιηθεί κατά την εξελικτική του πορεία ως Homo κατά τα τελευταία 2,5 εκατομμύρια χρόνια και αν η ηθική του συμπεριφορά σχετίζεται με την εξελικτική διαφοροποίηση πιο ειδικών χαρακτηριστικών όπως είναι η συναισθηματική λειτουργία, που αγγίζει τον πυρήνα της ηθικής συμπεριφοράς.

Στη βάση της ηθικής συμπεριφοράς του ανθρώπου ως μέλους μιας ομάδας υπάρχει η δυνατότητά του για **κανονιστική καθοδήγηση**. Η δυνατότητα δηλαδή να ενεργεί με γνώμονα κανόνες συμπεριφοράς που καθιερώνονται στις κοινωνίες μετά από λογική κρίση και καθορισμό του τρόπου με τον οποίο πρέπει να συμπεριφέρονται οι άνθρωποι, με βασικό κριτήριο και στόχο το **καλό του συνόλου**. Και εδώ τίθενται πολλά ερωτήματα που αφορούν τη σχέση μεταξύ της ηθικής συμπεριφοράς και της εξελικτικής βιολογίας.

Είναι άραγε αυτή η δυνατότητα του ανθρώπου να διαφοροποιεί τη συμπεριφορά του με βάση λογικούς κανόνες θεόσταλτη; Είναι μια εξελικτικά εμφανισμένη προσαρμοστική δύναμη που έδωσε στον άνθρωπο εξελικτικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων ανθρωπιδών αυξάνοντας την κοινωνική συνοχή και τη συνεργασία; Ή είναι απλώς ένα πολιτιστικό χαρακτηριστικό

ανεξάρτητο από τη βιολογική εξέλιξη; Σχετίζονται για παράδειγμα, έστω και εν μέρει, τα ηθικά καθήκοντα και οι υποχρεώσεις μεταξύ των μελών μιας οικογένειας, η γονική φροντίδα στα παιδιά, η υποστήριξη των ομοίων με την ευρεία έννοια και ο αλτρουϊσμός, με την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής;

Φαίνεται ότι παρόμοιες συμπεριφορές όσο και αν έχουν μορφοποιηθεί πολιτιστικά από τη λογική, στον πυρήνα τους έχουν συμπεριφορικές τάσεις που έχουν εξελικτική καταγωγή και συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με ένστικτα και συναισθήματα. Ας μη μας διαφεύγει ότι παρόμοιες συμπεριφορές παρατηρούνται στα περισσότερα ζώα τα οποία ούτε λογική διαθέτουν ούτε αναπτύσσουν πολιτισμό, που σημαίνει ότι αποτελούν συμπεριφορικές προσαρμογές που έχουν ευνοηθεί από τη φυσική επιλογή αφού αυξάνουν την πιθανότητα επιβίωσης του είδους. Κάθε είδος αποτελείται από άτομα με πανομοιότυπη γονιδιακή σύνθεση, και οι γονείς που προστατεύουν τα μικρά τους μοιράζονται με αυτά το ίδιο DNA, τον ίδιο γονότυπο, ο οποίος προστατευόμενος επιβιώνει. Έτσι ενώ τα επί μέρους άτομα πεθαίνουν, η γονιδιακή σύνθεση του είδους επιβιώνει. Ο κύριος στόχος της φυσικής επιλογής είναι η επιβίωση του γονοτύπου, του είδους, και όχι των ατόμων. Τα είδη είναι αυτά που εξαφανίζονται ή επιβιώνουν στο βάθος του χρόνου, τα άτομα είναι οιονεί κύτταρα του οργανισμού κάθε είδους.

Η θεμελιώδης διαφορά βέβαια είναι ότι στον έλλογο άνθρωπο οι παραπάνω συμπεριφορές είναι απείρως πιο σύνθετες καθώς εμπλουτίζονται και εξευγενίζονται από τη λογική.

Η φυσιοκρατική ηθική

Οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι ήταν οι πρώτοι που δίδαξαν ότι οι άνθρωποι δεν θα φθάσουν ποτέ στην ευδαιμονία αν δεν παρατηρήσουν με προσοχή τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στη φύση και δεν εφαρμόσουν τα σχετικά διδάγματα στην κοινωνία. Περιέγραψαν ότι ο καθολικός φυσικός νόμος της ισορροπίας και της αρμονίας που επικρατεί στο σύμπαν, πρέπει να επικρατεί και στις ανθρώπινες σχέσεις. Ο Ηράκλειτος ιδιαίτερα δίδαξε ότι η δικαιοσύνη, έννοια που ευρίσκεται στον πυρήνα της ηθικής, δεν είναι παρά ο αιώνιος κοσμικός νόμος που επιβάλλει το μέτρο και την τάξη σε όλα τα μέρη του σύμπαντος. Ανάλογες απόψεις κατέθεσαν οι Στωικοί.

Η έννοια της συνδεόμενης με τη φύση ηθικής δεν είχε ανάλογη συνέχεια.

Στη διάρκεια του Μεσαίωνα και μέχρι τον Δαρβίνο η επικρατούσα θέση ήταν αυτή της φυσικής θεολογίας σύμφωνα με την οποία τα πάντα στο σύμπαν, της ηθικότητας του ανθρώπου συμπεριλαμβανομένης, έχουν σχεδιασθεί από τον Δημιουργό και διέπονται από τους νόμους του. Θέση που έχει κατηγορηθεί ως ακυρωτική του έλλογου και της ελεύθερης βούλησης του ανθρώπου.

Μετά τη διατύπωση της θεωρίας της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, άρχισε να γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι μορφές και λειτουργίες της ζωής στον πλανήτη, και μεταξύ αυτών η ηθικότητα του ανθρώπου, πρέπει να εξελίχτηκαν βαθμιαία. Μεγάλο μέρος της συζήτησης για τη σχέση μεταξύ της ηθικής και της εξέλιξης έχει αφιερωθεί στην περιγραφή μιας «φυσιοκρατικής ηθικής» κατά τα τελευταία 150 χρόνια. Αρκετοί πρωτοπόροι εξελικτικοί επιστήμονες έχουν τονίσει πως η φυσική επιλογή είναι πιθανό να βοήθησε στη διαμόρφωση της ανθρώπινης ηθικής, στην οποία σημαντικό ρόλο παίζει ο σεβασμός στο κοινό καλό, που ενισχύει τις πιθανότητες συλλογικής προσαρμογής και επιβίωσης.

Οι νέες επιστημονικές κατακτήσεις που σχετίζονται με την ανθρώπινη φύση και συμπεριφορά οδηγούν αναπόφευκτα σε συμπληρωματική επανεξέταση των παραμέτρων της ηθικής. **Είναι πλέον σαφές ότι μια ηθική που παίρνει υπ' όψιν της και το γενετικό πρόγραμμα και την εξέλιξη του ανθρώπου είναι πολύ περισσότερο συνεπής από μια ηθική που αγνοεί αυτούς τους παράγοντες.**

Οι ερωτήσεις που θέτει σήμερα η επιστήμη για την ηθική διαφέρουν από τα ερωτήματα που έχουν θέσει οι φιλόσοφοι διαχρονικά. Οι τελευταίοι ασχολήθηκαν με την ύπαρξη και τις βάσεις σταθερών και αναλλοίωτων ηθικών αρχών, καθώς και με την αιτιολόγηση των ηθικών ενεργειών και με το τι απαιτεί η ηθική από τον άνθρωπο. Τα δύο πεδία έρευνας είναι διακριτά, όμως οι επιστημονικές θέσεις συχνά βοηθούν στην ανασύνθεση κάποιων φιλοσοφικών θέσεων, ενώ παράλληλα η μελέτη των φιλοσοφικών θέσεων δημιουργεί αμφιβολίες για την ορθότητα ορισμένων απόψεων της επιστήμης όσον αφορά την προέλευση της ηθικής.

Φαίνεται εν τέλει ότι η πρόοδος στην κατανόηση της ηθικής λειτουργίας του ανθρώπου προάγεται από την προσπάθεια ανεύρεσης και ενίσχυσης διαδραστικών συνδέσεων μεταξύ των επιστημονικών και των φιλοσοφικών θέσεων, που καθιστά τη διεπιστημονική προσέγγιση περισσότερο αντικειμενική και ωφέλιμη.

Η εξέλιξη της ηθικής

Σήμερα θεωρείται βέβαιο ότι στη διάρκεια της ιστορίας των ανθρωπιδών συνέβη μια ισχυρή φυσική επιλογή που αφορά την ομάδα, το είδος, σε βάθος εκατομμυρίων ετών. Σε αντίθεση με την επιλογή του ατόμου η φυσική επιλογή της ομάδας επιβραβεύει τις αρετές που ενδυναμώνουν το σύνολο.

Στις αρχικές ομάδες των πρωτευόντων και αργότερα των ανθρωπιδών η συνεργασία, η αλληλεγγύη και η βοήθεια μεταξύ των μελών τους ενίσχυσε το συλλογικό δυναμικό και προσέδωσε εξελικτικό πλεονέκτημα. Ιστορικά ως ομάδα νοείται κατ' αρχήν η οικογένεια, όταν όμως ο αριθμός των μελών της ομάδας μεγάλωσε περιλαμβάνοντας πολλές οικογένειες, έπρεπε να καθιερωθούν κανόνες συμπεριφοράς και μεταξύ μη συγγενών. Έπρεπε να επιβληθούν περιοριστικοί κανόνες απέναντι στις βλαπτικές για την ομάδα τάσεις των επί μέρους ατόμων. Αυτό επέβαλε η επιβίωση του συνόλου. Το ζητούμενο ήταν η επιβίωση, το «ευ ζην» ήρθε πολύ αργότερα!

Οι αρχικοί κανόνες που ρύθμιζαν τη συνύπαρξη στις πρωτόγονες ανθρωπίνες κοινωνίες αποδίδονται από ορισμένους ερευνητές στην προσπάθεια επιβίωσης στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του σκληρού φυσικού περιβάλλοντος ή σε τυχαίες επιλογές. Όσοι από αυτούς τους κανόνες αποδείχτηκαν πετυχημένοι οδήγησαν σε επιβίωση τις αντίστοιχες ομάδες μέσω της φυσικής επιλογής και καθιερώθηκαν περνώντας από γενιά σε γενιά. Βλέπουμε εδώ ότι στη φυσική επιλογή του ανθρώπου παίζουν ρόλο όχι μόνο τα γονίδια αλλά εμμέσως και πολιτιστικές επιλογές, τα **μιμίδια**, που είναι τα πολιτιστικά ανάλογα των γονιδίων κατά τον Richard Dawkins.

Όσο με την εξέλιξη του λόγου και της Συνείδησης Ανωτέρας Τάξεως στον άνθρωπο, υπήρχε πλέον η δυνατότητα σύλληψης και εφαρμογής συλλογικών κανόνων συμπεριφοράς βασισμένων στη δύναμη της εξελισσόμενης έλλογης σκέψης. Η συνεξέλιξη ενός μεγαλύτερου εγκεφάλου και μιας μεγαλύτερης κοινωνικής ομάδας συνοδεύτηκε από νέες δυναμικές: από τη μια η φυσική επιλογή επιβράβευε τα ανιδιοτελή συμπεριφορικά χαρακτηριστικά που ωφελούσαν την ομάδα, τα οποία περνούσαν πλέον από γενιά σε γενιά, και από την άλλη οι άνθρωποι μπορούσαν πλέον να επιλέγουν συνειδητά και ελεύθερα την ατομική τους ηθική συμπεριφορά αντί να εξαρτώνται αποκλειστικά από τη νομοτέλεια των ενστίκτων, όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα ζώα. Η ηθική συμπεριφορά απαιτεί συνειδητή σκέψη και ελευθερία. Ο άν-

θρωπος είναι εν τέλει ο μόνος ηθικός οργανισμός με την πλήρη έννοια του όρου γιατί είναι ο μόνος έλλογος και ελεύθερος, και δεν υπάρχουν άλλες ηθικές εκτός από την ανθρώπινη.

Όσο αυξανόταν το μέγεθος των ανθρώπινων ομάδων, ιδιαίτερα μετά τη γεωργική επανάσταση και αργότερα με την αστικοποίηση, αναπτύχθηκαν διαφορετικά κοινωνικά στρώματα, καθένα από τα οποία ανέπτυξε με τον χρόνο κάποια ιδιαίτερα ηθικά συμπεριφορικά χαρακτηριστικά.

Όταν συγκρίνει κανείς τους ηθικούς κώδικες που καθιερώθηκαν διαχρονικά από διαφορετικούς πολιτισμούς, θρησκείες και φιλοσοφικά συστήματα, διαπιστώνει ομοιότητα στον πυρήνα των περισσότερων. Υπάρχουν βεβαίως και διαφορές στην ιστορική πορεία που πιθανότατα οφείλονται στο ότι οι φιλόσοφοι και οι νομοθέτες κάθε εποχής μελέτησαν προσεκτικά τις ιδιαίτερες συνθήκες και τις ανάγκες στις κοινωνίες τους, και χρησιμοποιώντας τη δύναμη της έλλογης σκέψης καθιέρωσαν τους πλέον ωφέλιμους ηθικούς κανόνες για τις συγκεκριμένες κοινωνίες, ασχέτως αν οι βασικές υπαρξιακές ανάγκες όλων των ανθρώπων παρέμειναν σε μεγάλο βαθμό παρόμοιες. Οι κανόνες αυτοί έγιναν μέρος της πολιτιστικής παράδοσης κάθε κοινωνίας και κληροδοτήθηκαν από γενιά σε γενιά είτε με τη μορφή ηθών και εθίμων είτε με τη μορφή νόμων.

Η ηθική λειτουργία κάθε ανθρώπινης κοινωνικής ομάδας υπέστη διαχρονικά συνεχείς τροποποιήσεις μέσα από δοκιμές και λάθη, μέσα από επιτυχίες και αποτυχίες. Στην εποχή μας οι μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις διάφορες κοινωνίες σε ηθικές αξίες που αφορούν για παράδειγμα στο δικαίωμα της ιδιοκτησίας, στη σεξουαλική ελευθερία, στις αμβλώσεις, στην ισότητα των γυναικών, στα δικαιώματα των ομοφυλοφίλων, στο δικαίωμα για ευθανασία, στην ανεξιθρησκεία, στην ποινή του θανάτου και τόσες άλλες, τεκμηριώνουν τη σχετικότητα και πλαστικότητα των ηθικών κανόνων. Η ιεράρχηση κάθε ηθικού κανόνα ποικίλλει τελικά από πολιτισμό σε πολιτισμό και εξελίσσεται.

Φαίνεται πάντως ότι μια διαχρονικά διαμορφωμένη σχέση μεταξύ της ηθικής και της βιολογικής εξέλιξης είναι επαρκώς τεκμηριωμένη.

ΕΠΙΛΟΓΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Έχουν περάσει 13,6 δισεκατομμύρια χρόνια από τον σχηματισμό του Γαλαξία μας και 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια από τον σχηματισμό της Γης. Η ζωή εμφανίστηκε μέσα στα νερά της Γης πριν περίπου 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια και χρειάστηκε να περάσουν 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια, με άλλα λόγια 35 εκατομμύρια αιώνες, μέχρι το πέρασμα του πρώτου ζώου από τη θάλασσα στην ξηρά. Πριν 2,5 εκατομμύρια χρόνια εμφανίστηκε το γένος Homo και πριν περίπου 300 χιλιάδες χρόνια το είδος Homo sapiens, ο σύγχρονος άνθρωπος, εμείς. Η βιολογική εξέλιξη εξακολουθεί να συμβαίνει με τους αργούς ρυθμούς που επιβάλλει η φυσική επιλογή.

Όμως πλέον η εξέλιξη που προχωρά με ιλιγγιώδεις ρυθμούς, και γι' αυτό γίνεται αντιληπτή από τους ανθρώπους στη διάρκεια της ζωής τους, είναι η ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη που έχει κυρίως κοινωνική, επιστημονική και τεχνολογική συνιστώσα. Η βασισμένη στην απίστευτη και καλπάζουσα σύγχρονη τεχνολογία επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων όλων των ηπείρων και η σε πραγματικό χρόνο διακίνηση της πληροφορίας, οδηγεί σε μια βαθμιαία συνειδησιακή ομοιογενοποίηση. Υπάρχει συνεχής σύγκλιση των συμπεριφορών που αφορούν στη διατροφή, στην ενδυμασία, στη διασκέδαση, και σε όλες εν γένει τις πτυχές της ζωής των ανθρώπων στον λεγόμενο δυτικό κόσμο, ενώ ακολουθούν με διαφορά φάσης οι πολίτες των λιγότερο αναπτυγμένων κρατών. Μάλιστα ο Richard Dawkins στο εξαιρετικό βιβλίο του «Το Εγωιστικό Γονίδιο» εισήγαγε σε ό,τι αφορά την πολιτιστική εξέλιξη τον όρο «μυμίδιο», ως αντίστοιχο του γονιδίου της φυσικής εξέλιξης. Μερικοί μιλούν για τη δημιουργία ενός παγκόσμιου εγκεφάλου που εξελίσσεται ταχύτατα εν μέρει αιτιοκρατικά και εν μέρει τυχαιοκρατικά, με καταλύτη κυρίως το διαδίκτυο και την ψηφιακή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο.

Το ζητούμενο στην πολιτιστική εξέλιξη δεν είναι μόνο η απλή επιβίωση,

αλλά η βελτίωση της ποιότητας ζωής, η ανεύρεση απαντήσεων στα ερωτήματα για το είναι και το γίνεσθαι του κόσμου με τη φιλοσοφία αρχικά, την επιστήμη και την τεχνολογία αργότερα. Αλλά και η ομορφιά της ζωής με τη μουσική, την ποίηση, τη λογοτεχνία και όλα τα έργα της τέχνης.

Δυστυχώς όμως στους πολυδαίδαλους δρόμους της πολιτιστικής εξέλιξης γεννήθηκαν και γιγαντώθηκαν η πλεονεξία και η επιθυμία για απόκτηση ισχύος. Η επιθυμία για επικράτηση έναντι των άλλων ανθρώπων. Οι αξίες που εισήγαγαν η Αναγέννηση, ο Διαφωτισμός και ο Χάρτης των Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων σπάνια και προσχηματικά λαμβάνονται υπ' όψιν σήμερα από τους ισχυρούς του πλανήτη. Έφθασε μάλιστα ο σύγχρονος άνθρωπος να αγνοεί εν ονόματι του κέρδους και της επικράτησης τα δεδομένα που αφορούν την ίδια του την ύπαρξη καταστρέφοντας το φυσικό περιβάλλον, που είναι το σπίτι του.

Ίσως ένας λόγος για τη συμπεριφορά αυτή είναι η μη πλήρης συνειδητοποίηση από ένα κρίσιμο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού του ουσιαστικού περιεχομένου των λέξεων πλανήτης Γη, ζωή, εξέλιξη της ζωής, φυσικό περιβάλλον. Στην εποχή μας η καθημερινότητα με την εργασία και τις πολλές σύγχρονες σειρήνες, η προσπάθεια των ανθρώπων να ζήσουν και να βελτιώσουν τη ζωή τους, δεν αφήνουν πολλά περιθώρια για υπαρξιακές ανησυχίες και ουσιαστική ενημέρωση. Μπορεί να πει κανείς ότι έχει αλλοιωθεί το βασικό χαρακτηριστικό των ανθρώπων οι οποίοι κατά τον Αριστοτέλη «του ειδέναι ορέγονται φύσει», που αφορά πλέον ένα στενό φάσμα επαγγελματικών και κοινωνικών ενδιαφερόντων. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται και στις μορφές και στην ποιότητα μεγάλου μέρους των προϊόντων που παράγουν τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης. Ο ύπνος της αστικής ζωής είναι γλυκός, αλλά η διάρκεια της ζωής μικρή.

Είθε το βιβλίο αυτό, όπως και πάμπολλα συναφή πονήματα που έχουν εκδοθεί και θα εκδοθούν στο μέλλον, να διεγείρει την επιθυμία για περισσότερο φως σε περισσότερους ανθρώπους. Γιατί χρειάζεται ένας κρίσιμος αριθμός ευαισθητοποιημένων και συνειδητοποιημένων ανθρώπων για να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στην επικίνδυνη πορεία της ανθρωπότητας. Αν δεν γίνει αυτό, τότε σίγουρα θα φτάσουμε εκεί που πηγαίνουμε!

ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Κεφάλαιο Πρώτο : Η απαρχή και η εξέλιξη του γνωστού σύμπαντος

Γεώργιος Θ. Χρύσης, **Το Σύμπαν και η Κοσμολογική Εξέλιξη**". Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 1996.

Christofer J. Conselice et al, **"The Evolution of Galaxy Number Density and its Implications"**. Astrophysical Journal **830(2)**, 2016.

Jayant Narlikar, **"Seven wonders of the cosmos"**. Cambridge University Press, 1999.

John Barrow, **"The origin of the Universe"**. Weidenfeld and Nicolson, 1994

John Gribbin, **"The Universe. A Biography"**. Penguin Books, 2008.

Lawrence M. Krauss, **"Ένα Σύμπαν από το Τίποτε"**. Εκδοτικός Οίκος Τραυλός, 2012.

Lemaitre G., **"The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory"**. Nature **127**, 1931.

Martin Rees, **"Just Six Numbers"**. Basic Books, 1999.

Michio Kaku, **"Παράλληλοι Κόσμοι"**. Εκδοτικός οίκος Τραυλός, 2005.

Paul Davies, **"Συμπαντικό Τζακ-Ποτ"**. Εκδόσεις ΑΒΓΟ, 2007.

Robert Babault, **"Ο ελέφαντας που παίζει με τις κορίνες"**. Εκδόσεις Ενάλιος, Αθήνα 2010.

Stephen Hawking, **"Μαύρες Τρύπες, Σύμπαντα Βρέφη και άλλα Δοκίμια"**. Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1993.

Steven Weinberg, **"The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe"**. Basic Books, 1993.

Trinh Xuan Thuan, **"The Changing Universe. Big Bang and After"**. Thames and Hudson, London 1992.

Trinh Xuan Thuan, **"Χάος και Αρμονία"**. Εκδοτικός Οίκος Τραυλός, 2002.

Zwicky Fritz, **"On the Red Shift of Spectral Lines through interstellar Lines"**. National Academy of Sciences, Washington DC 1929.

Κεφάλαιο Δεύτερο : Από την αστερόσκονη γεννήθηκε η ζωή

Edward O. Wilson, **"Το Μέλλον της Ζωής"**. Εκδόσεις Σύνταγμα, 2002.

Eigen M., **"Steps toward Life"**. Oxford University Press, 1992.

Elisabet Sahtouris, **"ΓΑΙΑ:Το ανθρώπινο ταξίδι από το χάος στον κόσμο"**. Νέα Σύνορα Α.Λιβάνη, 1989.

- Ernst Mayr, **“This is Biology. The Science of Living World”**. Harvard University Press, 1998.
- Freeman Dyson, **“Origins of Life”**. Cambridge University Press, 1987.
- Iain Gilmour and Mark A. Sephton, **“An Introduction to Astrobiology”**. Cambridge University Press, 2004.
- I.Γ. Γεωργιάτσος, **“Γένεση και πρόωμη βιοχημική εξέλιξη της ζωής”**. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2008.
- Ilya Prigogine and Isabelle Stengers, **“Τάξη μέσα από το Χάος”**. Εκδόσεις Κέδρος, 1986.
- Jacob Bronowski, **“Η Εξέλιξη του Ανθρώπου”**. Εκδόσεις Ωρόρα, 1987
- Kvenvolden KA, Lawless JP et al **“Evidence for extraterrestrial amino acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite”**. Nature **228**, 1970.
- Lubert Stryer, **“Biochemistry”**. ISBN 0-7167-0174-X, USA 1975.
- Martin William and Russell Michael, **“On the origin of cells: a hypothesis for the evolutionary transitions from abiotic geochemistry to chemoautotrophic prokaryotes, and from prokaryotes to nucleated cells”**. Philosophical Transactions of the Royal Society **358** (issue 1429), 2003.
- Miller SJ, **“A production of aminoacids under possible primitive earth conditions”**. Science, 1953.
- Schopf J. William, **“Life’s origin: The beginning of biological evolution”**. University of California Press, 2002.

Κεφάλαιο Τρίτο : Γεωλογικές εποχές στη Γη

- Aubry MP, Van Couvering JA et al, **“Terminology of geological time: Establishment of a community standard”**. Stratigraphy **6** (2), 2009.
- Benton MJ, **“Vertebrate Palaeontology”**. John Wiley, 2005.
- Benton MJ, **“When life nearly died: the greatest mass extinction of all time”**. Thames and Hudson, 1999.
- Berner R., Vandenbrooks J. and Ward P., **“Oxygen and Evolution”**. Science **316**, 2007.
- Birger Schmitz et al, **“An extraterrestrial trigger for the mid-Ordovician ice age: Dust from the breakup of the L-chondrite parent body”**. AAAS Science Advances **5**, 2019.
- Carnoe Darren, **“A review of early Homo in Southern Africa focusing on cranial, mandibular and dental remains, with the description of a new species (Homo gautengensis)”**. Journal of Comparative Human Biology, **61**, 2010.
- Deconto R. and Pollard D. **“Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO₂”**. Nature **421**, 2003.

- Garwood R., Edgecombe G. **“Early Terrestrial Animals, Evolution and Uncertainty”**. Evolution: Education and Outreach **4** (3), 2011.
- Geyer, Gerd, Landing, Ed., **“The Precambrian – Phanerozoic and Ediacaran Cambrian boundaries: A historical approach to a dilemma”**. Geological Society Special Publications 448(10), 2016.
- Gibbard P., vanKolschoten T., **“The Pleistocene and Holocene Epochs”**. In Gradstein’s F, Ogg’s J and Smith’s A **“A Geologic Time Scale”**. Cambridge University Press, 2004.
- Gradstein F., Ogg J. and Schmitz M., **“The Geologic Time Scale”**. Elsevier B.V, 2012.
- Haab B., Schuffer S., **“A Chronology of Paleozoic Sea Level Changes”**. Science **322**, 2008.
- Montenari Michael, **“Stratigraphy and Timescales”**. Elsevier, 2016.
- Ogg J., Ogg G. and Gradstein F. **“A Concise Geologic Time Scale”**. Elsevier, 2016.
- Peng S., Babcock L., Cooper R. **“The Cambrian Period”**. The geologic Time Scale, **2012**.
- Rudwick M.J.S., **“The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology”**. University of Chicago Press. 1985.
- Thomas Wynn, **“The Evolution of Tools and Symbolic Behaviour”**. In : **“Handbook of Human Symbolic Evolution”** ed Andrew Lock and Charles Peters. Oxford, Blackwell, 1999.
- Waters CN et al, **“The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene”**. Science **351**, 2016.

Κεφάλαιο Τέταρτο : Η Εξέλιξη των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής

- Bowler Peter, **“Evolution of the history of an idea”**. University of California Press, 2003.
- Cann R. et al, **“Mitochondrial DNA and Human Evolution”**. Nature **325**, 1987.
- Eugenie C. Scott, **“Evolution vs. Creationism: An Introduction”**. Greenwood Publishing Group, Westport CT, 2004.
- Ernst Mayr, **“The Growth of Biological Thought”**. Harvard University Press, 1982.
- Ernst Mayr, **“This is Biology. The Science of Living World”**. Harvard University Press, 1998.
- Gibson D.G., et al **“Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome”**. Science **329**, 2010.
- Hall B.K., **“Evolutionary Developmental Biology”**. Chapman and Hall, London, 1992.
- John N. Thompson, **“The Evolution of Species Interactions”**. Science **284**, 1999.

- Monroe W. Strickberger, **“Genetics”**. Collier Macmillan Publishers, 1976.
- Reznick D., **“The Origin Then and Now”: An Interpretive Guide to the Origin of Species**. Princeton University Press, 2009.
- Richard Dawkins, **“Το μεγαλύτερο θέαμα στη Γη»**. Εκδόσεις ΑΒΓΟ, 2009.
- Schopf J.W., **“Solution to Darwin’s Dilemma: Discovery of the Missing Precambrian Record of Life”**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA **97** (13), 2000.
- Stringer C.B. **“Evolution of Early Humans”**. In Jones S., Martin R. and Pilbeam D. **“The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution”**, Cambridge University Press **p. 242**, 1994.

Κεφάλαιο Πέμπτο : Ο άνθρωπος

- Batsiokas A., Arsuaga J.L., Aubert M. and Grun R. **“U-series dating and classification of the Apidima 2 hominin from Mani Peninsula, Southern Greece”**. Journal of Human Evolution **109**, 2017.
- Brown P., Sutikna T., Morwood M.J. et al, **“A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia”**. Nature **431**, 2004.
- Dennel R, **“On hominid Use of Fire”**. Current Anthropology **30**, 1989.
- Desmont Morris, **“Ο Γυμνός Πίθηκος”**. Εκδόσεις Κέδρος, 1970.
- Ding Q, **“Neanderthal origin of the haplotypes carrying the functional variant Val92Met in the MC1R in modern humans”**. Molecular Biology and Evolution **31**, 2014.
- Edward O. Wilson, **“On Human Nature”**. Harvard University Press, 1995.
- Foley R., **“Causes and Consequences in Human Evolution”**. Journal of the Royal Anthropological Institute, London, 1995.
- Green R.E., Krause J., Briggs A. et al, **“A Draft Sequence of the Neanderthal Genome”**. Science **328**, 2010.
- Harvati K., Stringer Ch. and Karkanas P., **“Multivariate analysis and classification of the Apidima 2 cranium from Mani Peninsula, Southern Greece”**. Journal of Human Evolution **60**, 2011.
- Herrera K., Somarelli J., Lowery R. and Herrera R., **“To what extent did Neanderthals and modern Humans interact?”** Biological News (Cambridge Philosophical Society) **84** (2), 2009.
- Jacob Bronowski, **“Η Εξέλιξη του Ανθρώπου”**. Εκδόσεις Ωρόρα, 1987.
- Richard Leakey, **“The origin of Humankind”**. Basic Books, 1994.
- Stringer C.B., **“Evolution of Early Humans”**. In Jones S., Martin R. and Pilbeam D. **“The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution”**, Cambridge University Press **p. 242**, 1994.

Κεφάλαιο Έκτο : Η βιολογική βάση της συνείδησης

- Ackerman S., “**Discovering the Brain**”. Washington DC National Press, 1992.
- Ademan G. and Smith B.H., “**Elsevier’s Encyclopedia of Neuroscience**”. Elsevier, Amsterdam 1997.
- BIB Lindahl, “**Consciousness and Biological Evolution**”. Journal of Theoretical Biology **187** (4), 1997.
- Bigos K.L., Hariri A., Weinberger D., “**Neuroimaging Genetics: Principles and Practices**”. Oxford University Press, 2015.
- Dai Rees and Steven Rose, “**The New Brain Sciences, Perils and Prospects**”. Cambridge University Press, 2004.
- Douglas R. Hofstadter and Daniel C. Dennet “**Το Εγώ της Νόησης**”. Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1993.
- Edward O. Wilson, “**On Human Nature**”. Harvard University Press, 1995.
- Ελένη Σαββάκη, “**Οι Παράλληλοι Εαυτοί μας**”. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1996.
- Eric R., Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, “**Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά**”. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2000.
- Gerald Edelman, “**Neural Dawinism. The Theory of Neural Group Selection**”. Basic Books, NY 1987.
- Gerald Edelman, “**Αιθέρας Θεϊκός, Λαμπερή Φωτιά**”. Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα 1992.
- Hou J., Rajmohan R. et al, “**Mirror neuron activation of musicians and non-musicians in response to motion captured piano performance**”. Brain Cogn **115**, 2017.
- Ιωάννης Β. Κιουσελίδης, «**Ο Μηχανισμός της Νόησης**». Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2002.
- Henry Plotkin, “**The nature of Knowledge**”. Penguin Books, 1994.
- Marvin Minsky, “**The Society of Mind**”. Simon and Schuster, Inc 1988.
- Michael S. Gazzaniga, “**Nature’s Mind**”. Basic Books (Harper Collins), 1992.
- Roger Penrose, Abner Shimony, Nancy Cartwright and Stephen Hawking “**The Large, the Small and the Human Mind**”. Cambridge University Press, 1997.
- Rodney M.J. Cotterill “**Cooperation of the basal ganglia, cerebellum, sensory cerebrum and hippocampus : possible implications for cognition, consciousness, intelligence and creativity**”. Progress in Neurobiology **64** (1), 2001.
- Robert B. Laughlin, “**Ένα Διαφορετικό Σύμπαν**”. Εκδόσεις Κάτοπτρο, 2008.
- Sandra Aamont and Sam Wang, “**Καλωσήρθατε στον εγκέφαλό σας**». Εκδόσεις ΑΒΓΟ, 2008.
- Suzuki I.K., Gackuer D., Van Herck R. et al, “**Human specific Notch2 LN genes**

- expand cortical neurogenesis through Delta/Notch regulation**". Cell 173 (6): 1370-1384, May 2018.
- Velmans Max **"How to define consciousness and how not to define consciousness"**. Journal of Consciousness Studies (16), 2009.
- V.S. Ramachandran and Sanra Blakeslee, **"Φαντάσματα στον Εγκέφαλο. Ερευνώντας τα Μυστήρια του Νου"**. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2004.
- William Lycan, **"Consciousness and Experience"**. MIT Press, 1996.

Κεφάλαιο Έβδομο : Η Πολιτιστική εξέλιξη του ανθρώπου

- Abramova Z., **"Two models of cultural adaptation in Late Palaeolithic Eurasia"**. Antiquity, Oxford, 1989.
- Barham L., Mitchell P., **"The first Africans: African Archaeology from the Earliest Toolmakers to Most Recent Foragers"**. Oxford University Press, 2008.
- Braudel Fernand, **"Οι μνήμες της Μεσογείου: Προϊστορία και Αρχαιότητα"**. Νέα Σύνορα Α.Α. Λιβάνη, 2000.
- Deacon H.J., Deacon J. **"Human beginnings in South Africa: uncovering the secrets of the Stone Age"**. Altamira Press, CA, 1999.
- Distin K., **"Cultural Evolution"**. Cambridge University Press, 2010.
- Dunbar R., **"On hominid Dietary Selection Before Fire"**. Current Anthropology 25, 1984.
- Green R.E., Krause J., Briggs A. et al, **"A Draft Sequence of the Neanderthal Genome"**. Science 328, 2010.
- Henrich J., **"The secret of our success: How Culture is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter"**. Princeton University Press, 1915.
- Lindfors P., **"For whose benefit? The biological and cultural evolution of cooperation"**. Springers, 2017.
- Μουνδρέα-Αγραφιώτη Α., **"Τα λίθινα εργαλεία: μάρτυρες και φορείς προϊστορικής τεχνολογίας"**. Αρχαιολογία, Αθήνα, 1983.
- Odell G. **"On Stone Tools, Toolkits and Human Behaviour in Prehistory"**. Current Anthropology 20, 1979.
- Schick K., Toth N., **"Making Silent Stones Speak: Human Evolution and the Dawn of Technology"**. Simon and Schuster, NY, 1993.

Κεφάλαιο Όγδοο : Ο οργανισμός της Γης

- Allen M.R., Frame D.J. et al, **"Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillion tonne"**. Nature, 2009.

- Altizer S. et al, “**Climate Change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework**”. Science **12394(1)**, 2013.
- BBC News, “**Record number of fires in Brazilian rainforests**”. (Ανακτήθηκε τον Νοέμβριο του 2019).
- Gore Al., “**The Assault on Reason**”. Penguin Press, 2007.
- Hay S. et al, “**Climate Change and the resurgence of Malaria in the East African Highlands**”. Nature **415**, 2002.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 4th Assessment Report, Chapter 1: “**Historical Overview of Climate Change Science**”. Page 97, 2007.
- IPCC 5th Assessment Report “**Climate change 2013: The physical science basis**”, 2013.
- Jacob D.J., “**The Greenhouse Effect**”. In: “Introduction to Atmospheric Chemistry”. Princeton University press, 1999.
- Jean Ziegler, “**Η αυτοκρατορία της ντροπής**». Εκδόσεις Σύγχρονοι Ορίζοντες, 2008.
- Jean Zingler, “**Η ιδιωτικοποίηση του κόσμου και οι νέοι κοσμοκράτορες**”. Εκδόσεις Σύγχρονοι Ορίζοντες, 2004.
- McMichael A.J. et al, “**Climate Change and Human Health**”. The World Health Organization, Geneva 1996.
- Phillips D., “**Amazon rainforest close to irreversible tipping point**”. The Guardian, October 23 2019.
- The World Health Organization Report, Geneva 2002.

Κεφάλαιο Ένατο : Βιολογία και ηθική

- Alexander R.D., “**The Biology of Moral Systems**”. Aldine de Gruyter, 1987.
- Ayala F.J., “**The biological roots of morality**”. Biol. and Phil. **2** 235-252, 1987.
- De Waal F., “**Good Natured: The origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals**”. Harvard University Press, 1996.
- Ernst Mayr, “**This is Biology. The Science of Living World**”. Harvard University Press, 1998.
- Hamilton W.D., “**The genetical evolution of social behavior**”. J. Theoret Biol **7** : 1, 1964.
- Nitecki M.H., and Nitecki D.V., “**Evolutionary Ethics**”. State University of NY Press, 1993.
- Wilson O Edward “**Sociobiology**”. Harvard University Press, 1975.

Το βιβλίο
**«ΤΟ ΣΥΜΠΛΗΝ, Η ΖΩΗ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ
Η ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΝΗ ΠΟΥ ΓΕΝΝΑ ΙΔΕΕΣ»**
του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΑΚΡΑΤΖΑΚΗ
επιμελήθηκαν, φιλοτέχνησαν και εξέδωσαν
οι Εκδόσεις Αγγελάκη
στην Αθήνα το 2022

