

A

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η προσπάθεια να βρεθούν οι γενικές αρχές βάσει των οποίων οργανώθηκε η μορφή των οργάνων του σώματος — κατά συνέπειαν και το σύνολο της μορφής του — δεν είναι καθόλου εύκολη. Είναι απαραίτητο η προσπάθεια αυτή να στηριχθεί στην μελέτη της Οντογονίας, της Μοριακής Βιολογίας, της Συγκριτικής Ανατομικής και της Εξελικτικής Ζωολογίας.

Η Οντογονία, η οποία αποτελεί το αντικείμενο της επιστήμης της εμβρυολογίας, μελετά την διαδικασία μέσω της οποίας το γονιμοποιημένο ωάριο, το ζυγωτό, μετατρέπεται σε ώριμο οργανισμό. Η γνώση της οντογονίας ενός οργάνου είναι πολύ χρήσιμη στην κατανόηση της μορφής του. Έτσι, υπάρχουν μερικά όργανα που είναι αδύνατον να κατανοηθεί η μορφή και η δομή τους, εάν δεν έχει προηγηθεί η μελέτη της εμβρυϊκής διάπλασής τους. Η Οντογονία βέβαια, ακόμη και εάν συνδυαστεί με την Γενετική-Μοριακή βιολογία, η οποία τα τελευταία χρόνια γνωρίζει μια εκρηκτική ανάπτυξη, δίνει απάντηση περισσότερο στο πώς διαμορφώνεται (στην διαδικασία διαμόρφωσής της) η οριστική μορφή των οργάνων και λιγότερο ή κα-

θόλου στο γιατί η μορφή τους είναι τέτοια που είναι.

Η Μοριακή Βιολογία. Η μελέτη της Μοριακής Βιολογίας δίνει την δυνατότητα να κατανοηθεί η ζωή — και ο τρόπος που προσλαμβάνει τις μορφές με τις οποίες εμφανίζεται — σε επίπεδο μορίων και ατόμων, καθώς και να ιδωθεί ως ένα φαινόμενο σύμφωνο με τους βασικούς νόμους της φυσικής και της χημείας. Έχει πλέον αποδειχθεί — και δεν αποτελεί μια θεωρητική πρόταση — ότι όλες οι λειτουργίες των έμβιων όντων, στο μοριακό και στο κυτταρικό επίπεδο, υπακούουν στους γνωστούς νόμους της φυσικής και της χημείας. Η μελέτη των αλληλουχιών των πρωτεϊνών που συνιστούν το γονιδίωμα επιτρέπει στην βιοχημεία να δράσει όπως η παλαιοντολογία. Να αποκαλύψει, δηλαδή, την πορεία της εξελικτικής διαδικασίας και να προσδιορίσει τον χρόνο κατά τον οποίο συνέβησαν αλλαγές που αποτελούν ορόσημα στην εξέλιξη του γονιδιώματος και επέφεραν αλλαγές στην μορφή των ζώων. Επιπλέον, ο προσδιορισμός του σταδίου της εμβρυϊκής διάπλασης κατά τον οποίο δραστηριοποιείται

ένα γονίδιο και ο καθορισμός των πρωτεϊνών, οι οποίες κατά την δραστηριοποίησή του παράγονται, εξηγεί τα δεδομένα της Οντογόνιας και της Συγκριτικής Ανατομικής.

Η Συγκριτική Ανατομική, ιδιαίτερα όταν αυτή συνδυασθεί με την Λειτουργική Ανατομική, είναι εξαιρετικά χρήσιμη*. Η μελέτη της μορφής των οργάνων των άλλων ζωικών οργανισμών και η σύγκρισή της με την μορφή των οργάνων του ανθρώπου που εκπληρούν την ίδια λειτουργία βοηθά πολύ στην προσπάθεια εξεύρεσης πιθανών βασικών αρχών, οι οποίες διέπουν τον τρόπο οργάνωσης του σώματος των ζώων και επομένως και του σώματος του ανθρώπου. Επιπλέον, η συγκριτική ανατομική στηρίζει σημαντικά την προσπάθεια να ιδωθεί η Ανατομική — όχι ως μια απαρίθμηση και περιγραφή των μερών και των οργάνων του ανθρώπινου σώματος, αλλά — ως ένα αποτε-

λεσματικό εργαλείο κατανόησης του γνωστικού αντικείμενου «σωματική δομή του ανθρώπου σε συσχετισμό με την λειτουργία των οργάνων του σώματός του».

Η Εξελικτική Βιολογία-Ζωολογία. Είναι πολύ χρήσιμο τα συμπεράσματα που βγαίνουν από την μελέτη της Συγκριτικής Ανατομικής να συνδυασθούν με τα ευρήματα της Εξελικτικής Ζωολογίας. Η Εξελικτική Ζωολογία, η οποία στηρίζεται στο αρχείο των απολιθωμάτων που διαθέτουμε από την Παλαιοντολογία, ερευνά θέματα που σχετίζονται άμεσα με την προέλευση, την εμφάνιση, την επιβίωση, την αλλαγή της μορφής τους ή την εξαφάνιση των ειδών των ζώων, συμπεριλαμβανομένου και του είδους άνθρωπος, δηλαδή, είναι η επιστήμη που έχει ως αντικείμενο την μελέτη της μορφής και του τρόπου ζωής των ζώων που ζούσαν κατά το παρελθόν στην γη και την συσχέτιση αυτών (της μορφής και του τρόπου ζωής) με τις συν-

* Θα πρέπει να τονιστεί, βέβαια, ότι τα ευρήματα από την μελέτη της Συγκριτικής Ανατομικής, εάν ιδωθούν ως ένα άθροισμα από μια απλή περιγραφή διαφορετικών στην μορφή ανατομικών οργάνων είναι χρήσιμα μόνο στην κατάταξη των ζώων σε μικρές ή μεγάλες ομάδες. Δεν προσφέρουν δηλαδή πολλά στην προσπάθεια διερεύνησης του τρόπου σχηματισμού της μορφής των οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Αντίθετα, εάν τα ευρήματα αυτά ιδωθούν δυναμικά και όχι στατικά· εάν δηλαδή, οι διαφορές της μορφής των οργάνων των ζώων, θεωρηθούν ως αποτέλεσμα του τρόπου λειτουργίας τους, τότε τα ευρήματα της Συγκριτικής Ανατομικής είναι εξαιρετικά χρήσιμα. Έτσι, είναι πράγματι εξαιρετικά χρήσιμη η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο διαφορετική λειτουργία οργάνων, όμοιας αρχικής καταβολής, σε διαφορετικά ζώα οδηγεί στην εμφάνιση οργάνων διαφορετικής μορφής, καθώς επίσης και του τρόπου με τον οποίο η όμοια λειτουργία διαφορετικών στην αρχική καταβολή τους οργάνων οδηγεί σε ομοιότητες στην μορφή τους.

Λέγεται ότι από την συγκριτική ανατομική μπορεί κανείς να πάρει ό,τι αυτός θέλει και περιπαικτικά αναφέρουν ότι μοιάζει με το ανέκδοτο του ελέφαντα που τον ψηλαφούσαν τυφλοί. Είναι φυσικό ο καθένας, ανάλογα με το κομμάτι του ζώου που ψηλαφούσε, να σχηματίζει και διαφορετική εικόνα του συνόλου ζώου (αυτοί που ψηλαφούσαν την ουρά υποστήριζαν ότι είναι σαν το φίδι, αυτοί που ψηλαφούσαν την προβοσκίδα σαν γουρουνί και αυτοί που ψηλαφούσαν τους χαυλιόδοντες επέμεναν ότι ήταν σαν αστακός). Το γεγονός αυτό, δηλαδή οι δυνατότητες που έχει η μελέτη της Συγκριτικής Ανατομικής να λειτουργήσει ως εργαλείο κατανόησης της έννοιας «σύνολο της δομής του ανθρώπινου σώματος» είναι η αιτία που σήμερα η επιστήμη αυτή ασχολείται πολύ λίγο με την στεγνή περιγραφή των διαφορών ή των ομοιοτήτων στην μορφή των οργάνων διαφορετικών ειδών ζώων, που επιτελούν την ίδια λειτουργία. Το μεγαλύτερο μέρος της έχει ως αντικείμενο την ανάλυση της σημασίας αυτών των διαφορών ή ομοιοτήτων από λειτουργική άποψη και την συσχέτιση της μορφής των οργάνων με τις συνθήκες που επικρατούν στο δεδομένο περιβάλλον στο οποίο τα ζώα αυτά επιβιώνουν. Μια διαδικασία που οδηγεί την Συγκριτική Ανατομική να μελετήσει, ως επιστήμη, τις αλλαγές που επιφέρει ο χρόνος στην δομή του σώματος των ζώων· δηλαδή, στην επέκτασή της στα πεδία της Εξελικτικής Ζωολογίας. Έτσι, η ταύτιση των συμπερασμάτων των δύο επιστημών γίνεται στην πράξη ένα αυτονόητο επακόλουθο.

θήκες που πιθανόν να επικρατούσαν τότε στο περιβάλλον τους. Βέβαια, χρειάστηκαν πολλά χρόνια για να δοθεί στα απολιθώματα η σημασία που τους δίνεται σήμερα, δεδομένου ότι τα θεωρούσαν ως απλά κατάλοιπα ζώων που τώρα δεν ζουν πια*. Με την πρόοδο της γεωλογίας όμως έγινε αποδεκτό ότι η γη δεν ήταν σταθερή και αναλλοίωτη στους αιώνες, αλλά είχε μια ιστορία η οποία είναι καταγραμμένη στα γεωλογικά στρώματα. Η χρονολόγηση των βράχων** μέσα στους οποίους ανακαλύπτονται τα απολιθώματα αποκαλύπτει ότι τα απολιθώματα που περιέχονται σε ένα στρώμα του εδάφους ανήκουν σε είδη ζώων που είναι τόσο πιο πρωτόγονα (απλής δομής) όσο το γεωλογικό στρώμα που τα περιέχει είναι αρχαιότερο και τόσο πιο προηγμένα (πολύπλοκης δομής) όσο το γεωλογικό στρώμα είναι νεότερο.

Η κατανόηση των δεδομένων από την μελέτη των επιστημών που αναφέρθηκαν είναι αδύνατη εάν δεν αποκτηθούν προηγουμένως ορισμένες γενικές γνώσεις γύρω από: α) τι είναι το γονίδιο και β) την ιστορία του πλανήτη γη και του φαινομένου της ζωής.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Φωτογραφία απολιθώματος ενός αρχαιοπτέρυγα, που θεωρείται ως ενδιάμεσος κρίκος μεταξύ ερπετών και πτηνών.

* Ορισμένοι υποστήριζαν ότι ανήκαν σε είδη ζώων τα οποία ο Νώε δεν τα έβαλε στην κιβωτό, με αποτέλεσμα να μη διασωθούν από τον κατακλυσμό.

** Βέβαια τα απολιθώματα δημιουργούνται σε ιζηματογενή εδάφη· αυτή είναι η αιτία που είναι αφθονότερα τα απολιθώματα ζώων που ζούσαν σε θαλάσσια, λιμναία ή παραποτάμια οικοσυστήματα και σπάνια αυτών που ζούσαν σε χερσαία. Τα τελευταία είναι πιθανότερο μετά τον θάνατό τους να καταναλωθούν, ως τροφή, από άλλα ζώα ή να καταστραφούν (να σαπίσουν) πριν προλάβουν να απολιθωματοποιηθούν. Η ηλικία των ιζηματογενών πετρωμάτων δεν μπορεί να υπολογισθεί με την μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης. Συνάγεται όμως αυτή έμμεσα από την ηλικία των μαγματογενών (ηφαιστειογενών) πετρωμάτων μέσα στα οποία βρίσκονται τα προς χρονολόγηση ιζηματογενή που περιέχουν τα απολιθώματα των έμβιων όντων. Λαμβάνεται βέβαια υπόψη ότι η όλη διαδικασία του υπολογισμού εμπεριέχει την πιθανότητα λάθους, το οποίο είναι μεγαλύτερο όσο αυξάνεται η παλαιότητα των υπό μελέτη ευρημάτων. Τα απολιθώματα τα οποία συνήθως είναι δόντια, κοχύλια, οστά ή άλλα σκληρές σύστασης προσαρτήματα (κέρατα, οπλές κ.α.), καθώς και ορυκτά πάνω στα οποία υπάρχουν αποτυπώματα φτερών, βημάτων ή συρσίματος ερπετών ή άλλα ίχνη από την ύπαρξη ενός ζώου, όπως περιττώματα ή υπολείμματα τροφών δεν αποτελούν ένα πλήρες ιστορικό αρχαιολογικό υλικό της ζωής στην γη. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν περιλαμβάνουν κυτταρικές δομές, ένζυμα ή γονίδια (εκτός από ίχνη DNA σε σχετικά πρόσφατα απολιθώματα) από τα ζώα που τα άφησαν.

A.1. ΤΟ ΓΟΝΙΔΙΟ (Ο ΠΥΡΗΝΑΣ ΤΗΣ ΖΩΗΣ)

Ακούγεται σαν παραδοξολογία, αλλά δεν είναι εύκολο να απαντηθεί με σαφήνεια ποια είναι τα όρια που χωρίζουν τα έμβια όντα από τα μη έμβια πράγματα. Ο πιο έγκυρος ορισμός για τον καθορισμό αυτών των ορίων θεωρείται η ικανότητα των πρώτων «να ασκούν, ως σχηματισμοί, έναν αρμονικό έλεγχο (έμμετρο, όσον αφορά την διατήρηση σταθερών των στοιχείων που είναι απαραίτητα για να διατηρηθεί η ύπαρξή τους) στο εσωτερικό περιβάλλον τους». Τον έλεγχο αυτό τον επιτυγχάνουν χάρη στην αποτύπωση των πληροφοριών που ως εντολές οδηγιών καθορίζουν την χημική τους σύσταση και συγκεκριμένα την χημική σύσταση των μονάδων ζωής (κυττάρων) από τις οποίες συνίστανται. Η αποτύπωση επομένως της πληροφορίας βάσει της οποίας επιτυγχάνεται ο πιο πάνω στόχος και η διαβίβαση της πληροφορίας στους απογόνους αποτελεί τον πυρήνα της ζωής. Οι μονάδες ζωής (δηλαδή τα κύτταρα) περιέχουν ένα ολοκληρωμένο αρχείο πληροφοριών, οι οποίες καθορίζουν και διατηρούν σταθερή την δομή τους και την ικανότητά τους να αναπαράγονται. Οι πληροφορίες βάσει των οποίων αυτοαναπαράγονται οι μονάδες της ζωής βρίσκονται στα μόρια DNA* που περιέχουν και τα οποία αποτελούν τον χημικό φορέα τους. Η αποτύπωση της πληροφορίας, που είναι η βάση (ο απαραίτητος όρος) για να εμφανιστεί το έργο που χαρακτηρίζεται ως ζωή, γίνεται μέσω του γονιδίου. Το γονίδιο

είναι το τμήμα του DNA που καθορίζει μια συγκεκριμένη και αναγνωρίσιμη λειτουργία (π.χ. το γονίδιο που καθορίζει το χρώμα των ματιών ή αυτό της ομάδας αίματος). Έτσι, ο οποιοσδήποτε θέλει να κατανοήσει τα σχετικά με την ζωή θέματα είναι υποχρεωμένος να προσπαθήσει να κατανοήσει το τι είναι και πώς λειτουργεί το γονίδιο και τα μόρια DNA.



ΕΙΚΟΝΑ Α.1. Σχηματική απεικόνιση ενός τμήματος μιας μοριακής αλυσίδας DNA.

* Η ταύτιση του γονιδίου με το μόριο του DNA γίνεται εν γνώσει μας ότι η πραγματικότητα της αποτύπωσης και έκφρασης της πληροφορίας είναι κάτι το πολύ πιο πολύπλοκο και με τα σημερινά δεδομένα τοποθετείται στο σύνολο των στοιχείων ενός κυττάρου. Η απλούστευση όμως αυτή είναι πολύ χρήσιμη στην κατανόηση των σχετικών φαινομένων. Εξάλλου, η λεπτομερής και ακριβής εξήγηση αυτών των φαινομένων ξεπερνάει τα όρια και τους στόχους του παρόντος βιβλίου.

Με δεδομένο ότι η ικανότητα χημικής αποτύπωσης της πληροφορίας αποτελεί συστατικό στοιχείο της ζωής, είναι δικαιολογημένο το δέος με το οποίο ο άνθρωπος θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την δυνατότητα που του έδωσε η τεχνολογική πρόοδος να διερευνά αυτήν την χημική αποτύπωση και να επεμβαίνει στην δομή της.

Τα μόρια του DNA διαμορφώνονται από έναν σκελετό ο οποίος συνίσταται από μια τεράστια μοριακή αλυσίδα εναλλασσόμενων μορίων σακχάρου (δεσοξυριβόζης) και φωσφορικών ενώσεων. Η κάθε μονάδα φωσφορικής δεσοξυριβόζης συνδέεται με μια αζωτούχα υποομάδα, μια νουκλεοτιδική βάση. Η τεράστια αυτή μοριακή αλυσίδα είναι δίκλωνη και περιελιγμένη, δίνοντας την εικόνα μιας μακρότατης σχοινόσκαλας που έχει περιστραφεί ελικοειδώς γύρω από τον επιμήκη της άξονα. Ο καθένας από τους δύο κλώνους του DNA σχηματίζει το μισό αυτής της σκάλας (το ένα από τα δύο στηρικτικά σχοινιά της σχοινόσκαλας), ενώ η νουκλεοτιδική βάση σχηματίζει το μισό του καθενός από τα σκαλοπάτια της. Σε όλα τα μόρια του DNA που υπάρχουν στην ζώσα ύλη του πλανήτη γη υπάρχουν μόνο τέσσερις τύποι νουκλεοτιδίων (αδενίνη που απεικονίζεται ως Α, θυμίνη ως Τ, κυτοσίνη ως C και γουανίνη ως G) που εναλλάσσονται κατά ποικίλο τρόπο ώστε να προκύπτει μια άπειρη ποικιλία μορφών DNA. Τα νουκλεοτίδια δηλαδή μπορούν να θεωρηθούν ως τα γράμματα της γλώσσας της γενετικής (δηλαδή του DNA) που συνθέτουν τις λέξεις της γενετικής, η καθεμιά από τις οποίες περιέχει τρία μόνο από τα τέσσερα γράμματα σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (AAA, CGT, TCC, TTG κ.ο.κ.). Οι λέξεις αυτές (τα σκαλοπάτια της σχοινόσκαλας) διαμορφώνουν τις φράσεις του γενετικού κώδικα (το σύνολο της σκάλας) που είναι το χρωματόσωμα. Υπολογίζουν ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα περιέχει 130 περίπου εκατομμύρια νουκλεοτιδικές βάσεις. Στην παρομοίωση δηλαδή που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως, το σύνολό του απαρτίζεται από περίπου τρία δισεκατομμύρια γράμματα. Εάν αυτά τα γράμματα χρησιμοποιούνταν για τη συγγραφή ενός βιβλίου και έμπαιναν στη σειρά, θα καταλάμβαναν περισσότερες από 500.000 σελίδες.

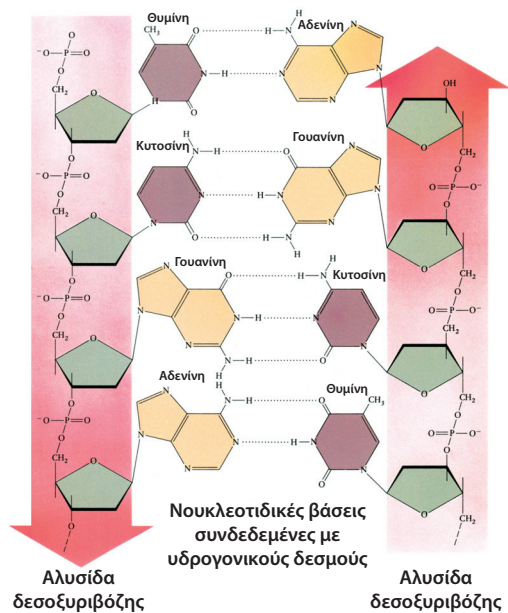
Το όλο σύστημα — επειδή στον σχηματισμό της κάθε λέξης παίρνουν μέρος τρία νουκλεοτίδια — ονομάζεται “κώδικας της τριπλέτας”. Καθεμιά από τις λέξεις του DNA μεταφέρει την πληροφορία για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου αμινοξέος, ενώ άλλες λέξεις καθορίζουν το πότε οι προηγούμενες θα ενεργοποιηθούν προς παραγωγή. Τα αμινοξέα που παράγονται συνδέονται κατάλληλα, ώστε να προκύψουν πρωτεΐνες, οι οποίες αποτελούν τους δομικούς λίθους των ζωντανών οργανισμών αλλά και των ενζύμων και των ορμονών τους. Επομένως, μέσα από την αλυσίδα των πληροφοριών που καθορίζουν το είδος και την σειρά που θα παραχθούν τα αμινοξέα και του τρόπου που θα συνδυασθούν γίνεται δυνατόν ο γενετικός κώδικας να καθορίζει την διαμόρφωση των ζωντανών όντων. Το πώς είναι δυνατό ο συνδυασμός τεσσάρων μόνων ειδών νουκλεοτιδίων να αποτυπώνουν την άπειρη ποικιλία των μορφών της ζωής δεν πρέπει να προκαλεί οποιαδήποτε απορία. Ας μη ξεχνάμε ότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με ουσιαστικά δύο μόνο δομικούς λίθους (θετικό ή 0 και αρνητικό ή 1) διαθέτουν μια γλώσσα με απεριόριστες δυνατότητες έκφρασης. Αντίθετα η ύπαρξη τεσσάρων μόνο δομικών στοιχείων που καταλλήλως συνδεδεμένα διαμορφώνουν μεγάλες και ποικιλόμορφες ακολουθίες είναι πολύ οικονομική και έξυπνη λύση για την αποτύπωση (κωδικοποίηση) της πληροφορίας. Η οποιαδήποτε άλλη λύση θα προϋπόθετε μια άπειρη ποικιλία υποομάδων (συγχρόνως και άπειρη ποικιλία τρόπων ανάγνωσής τους) που θα ήταν αδύνατον να λειτουργήσει παραγωγικά, γιατί θα ενοούσε τα λάθη στην αντιγραφή τους (τις μεταλλάξεις) σε τέτοιο βαθμό που θα ήταν ασύμβατα με την διατήρηση της ζωής.

Η μεταφορά από γενιά σε γενιά των σχεδίων που καθορίζουν την δομή των μονάδων ζωής, αλλά και η επίβλεψη στην υλοποίησή αυτών

των σχεδίων, επιτυγχάνεται μέσω της ικανότητας των μορίων του DNA να αυτοαντιγράφονται, εφόσον στο περιβάλλον τους υπάρχουν οι επιμέρους χημικές ενώσεις (τα αμινοξέα) από τις οποίες συνίστανται να παράγουν δηλαδή αντίγραφα του εαυτού τους. Μια άλλη ιδιότητα των μορίων του DNA που ενισχύει την ικανότητά τους ως χημικής αποτύπωσης της πληροφορίας είναι ότι επιτρέπει την ενεργοποίηση, όταν αυτό είναι απαραίτητο για την επίτευξη ενός στόχου, μερικών μεμονωμένων (των κατάλληλων στην δεδομένη φάση) γονιδίων. Η αυτοαντιγραφή του DNA επιτελείται με την βοήθεια του RNA, μιας ουσίας παραπλήσιας σύστασης προς το DNA. Το RNA επιλέγει και μεταφέρει στην αλυσίδα του DNA τα κατάλληλα αμινοξέα από το σύνολο των αμινοξέων που βρίσκονται μέσα στο κυτταρικό σώμα. Η πιστή αυτοαντιγραφή στηρίζεται στο γεγονός ότι οι νουκλεοτιδικές βάσεις από τις οποίες συνίσταται ένα δίκλωνο μόριο DNA εμφανίζουν μεταξύ τους μια εκλεκτική συγγένεια, ώστε η καθεμιά από αυτές να συνδέεται και να σχηματίζει ζεύγος με μία αποκλειστικά από τις υπόλοιπες. Έτσι, η αδενίνη συνδέεται πάντοτε με την θυμίνη και η κυτοσίνη πάντοτε με την γουανίνη. Οι δεσμοί μεταξύ των βάσεων είναι που συγκρατούν τους δύο κλώνους της έλικας του DNA σε επαφή. Όταν λοιπόν επιτελείται η αναπαραγωγή — αφού προηγουμένως έχουν αποχωριστεί ο ένας κλώνος από τον άλλο — ο καθένας από τους κλώνους με βάση τους νόμους της χημικής συγγένειας των βάσεων παράγει ένα ακριβές αντίτυπο του συμπληρωματικού του. Εάν κατά την αναπα-

ραγωγή του DNA γίνει κάποιο λάθος (π.χ. όχι σωστή εναλλαγή των νουκλεοτιδικών βάσεων ή του κλώνου του) τότε προκύπτει **μετάλλαξη**. Τα λάθη όμως αυτά είναι εξαιρετικά σπάνια δεδομένου ότι κατά την αντιγραφή υπάρχει μια διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης των λαθών που πιθανόν να συμβαίνουν. Ακόμη, υπάρχουν οι σιωπηρές ή ουδέτερες μεταλλάξεις που δεν έχουν την ικανότητα να προκαλούν επιβλαβείς συνέπειες. Υπολογίζουν ότι οι πιθανότητες να προκύψει μια μετάλλαξη ανέρχεται σε μία στο ένα δισεκατομμύριο αντιγραφών και βέβαια είναι τόσο περισσότερες όσο το προς αντιγραφή γονιδίωμα είναι πιο πολύπλοκο. Η μετάλλαξη, δηλαδή η παραγωγή αντιγράφων τα οποία δεν είναι ακριβώς ίδια με το πρωτότυπο από το οποίο προέρχονται, δίνει την δυνατότητα μιας διαφορετικής οργάνωσης της δομής των μονάδων ζωής, έκφραση της οποίας είναι η ποικιλομορφία αυτών των μονάδων. Έτσι εξηγείται και το ότι τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας (δηλαδή η ποικιλομορφία μορφών ζωής) στην αρχή — όταν τα γονιδιώματα των έμβιων όντων ήταν απλής διάταξης και οι πιθανότητες λάθους κατά την αντιγραφή τους ήταν λίγες — εμφανίζονταν με εξαιρετικά αργό χρονικά ρυθμό*. Η διαφορετική οργάνωση της μορφής των μονάδων ζωής έχει ως αποτέλεσμα αυτές να πάρουν μορφές και ανώτερης και κατώτερης τάξης (πιο δυσμενών ή πιο ευνοϊκών για την διατήρηση της ζωής) από αυτή των προγονικών τους. Όταν η μετάλλαξη συμβαίνει σε μικρό βαθμό είναι ευνοϊκή — διαμέσου της ποικιλομορφίας την οποία ευνοεί — για την διατήρηση της ζωής. Όταν όμως συμβαίνει σε

* Το αξίωμα αυτό οδηγεί στην παραδοχή ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα ως πλέον πολύπλοκο των υπολοίπων, είναι το πλέον ασταθές και επομένως η εξέλιξή του σε ζώο κάποιας άλλης μορφής είναι πολύ πιθανή. Όμως η ανάπτυξη της τεχνολογίας κατά τους τελευταίους αιώνες έχει διευκολύνει αφάνταστα την επικοινωνία των ανθρώπων και προσφέρει αυξημένες πιθανότητες ανάμειξης των γονιδιωμάτων. Έτσι ένας κύριος παράγοντας της ποικιλότητας (η απομόνωση μιας πληθυσμιακής ομάδας του είδους) η οποία αποτελεί προϋπόθεση της εξέλιξης, δεν μπορεί να δράσει. Είναι ένας από τους λόγους που πολλοί υποστηρίζουν ότι το είδος άνθρωπος έχει φτάσει στο τέλος της εξέλιξής του και επομένως δεν απομένει σε αυτό τίποτα άλλο παρά η εξαφάνισή του.



ΕΙΚΟΝΑ Α.2. Σχηματική απεικόνιση ενός τμήματος του χημικού τύπου της δομής ενός χρωματοσώματος.

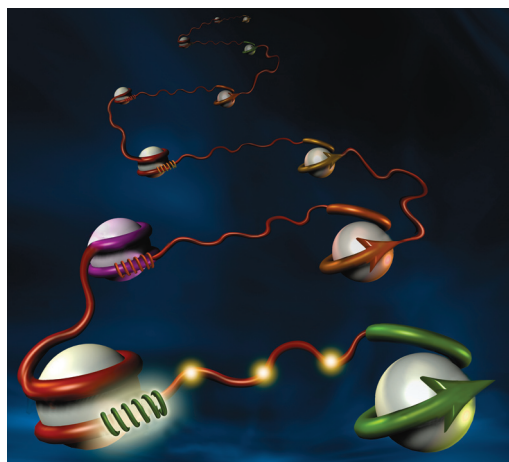
μεγάλο βαθμό είναι θανατηφόρα, μια και οδηγεί στην παραγωγή οργανισμών των οποίων η μορφή πιθανόν να μην επιτρέπει την διατήρησή τους στην ζωή στις συνθήκες του περιβάλλοντος που επικρατούν.

Ο τρόπος που οι μεταλλάξεις αποτελούν το υπόστρωμα των εξελικτικών αλλαγών της μορφής των ζώων θα μπορούσε εξαιρετικά απλουστευμένα να διατυπωθεί ως: η μετάλλαξη που οδηγεί σε παραγωγή την δεδομένη χρονική στιγμή αμινοξέων, των οποίων η ύπαρξη δημιουργεί σύσταση στα παραγόμενα κύτταρα, ιστούς και όργανα περισσότερο πλεονεκτική για επιβίωση στις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος, αυτή υιοθετείται και επικρατεί ως νέα μορφή DNA. Βέβαια, για να οδηγήσει μια μετάλλαξη σε αλλαγή της μορφής ενός είδους πρέπει να υπάρχουν και άλλες προϋποθέσεις που αφορούν το σύνολο του οργανισμού. Μερικά παραδείγματα για την κατανόηση της προηγούμενης

απόφασης: Η μετάλλαξη, στο γενετικό υλικό της γαζέλας, του γονιδίου των μακριών ποδιών δεν θα είχε ποτέ το αποτέλεσμα που προκύπτει από αυτήν (πόδι καμηλοπάρδαλης), εάν δεν συνοδευόταν και από αλλαγές προς πιο δυνατούς μυς που θα κινήσουν αυτό το πόδι και πιο δυνατή καρδιά που θα ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός κυκλοφορικού συστήματος που αιματώνει αυτούς τους μυς. Μία μετάλλαξη που θα στήριζε την εμφάνιση μιας αράχνης με σαράντα πόδια πιθανόν να ήταν πλεονεκτική σε σχέση με τις υπάρχουσες μορφές, πλην όμως επειδή τόσα πολλά πόδια θα απαιτούσαν τεράστιες ποσότητες οξυγόνου σε σχέση με το σύνολο του οργανισμού δεν μπορεί να επικρατήσει. Ένας μεγαλύτερος ανθρώπινος εγκέφαλος σίγουρα θα ήταν πλεονέκτημα, θα έπρεπε όμως να συνοδευόταν από μια φαρδιά πύελο — ώστε να επιτρέπει τον τοκετό σε ένα υπερμέγεθες κρανίο — η οποία πιθανόν να καθιστούσε την βάδιση, ιδιαίτερα την δίποδη, ανέφικτη. Αυτή η διαδικασία [μετάλλαξη – ποικιλότητα των ειδών – προσαρμογή (πλεονέκτημα επιβίωσης) – εξέλιξη], αποτελεί απαραίτητη συνθήκη ώστε οι μονάδες ζωής να μεγαθύνουν το σώμα τους (διαμέσου του μεταβολισμού), να προστατεύονται παθητικά (διαμέσου ειδικού εξωτερικού περιβλήματος) και ενεργητικά (διαμέσου της διεγερσιμότητας και της κίνησης), ώστε να αυξάνεται η διάρκεια της ζωής τους, να αναπτύσσονται και να επιτυγχάνουν την αναπαραγωγή τους. Να εμφανίζουν, δηλαδή, όλα όσα θεωρούνται ως βασικά χαρακτηριστικά της ζωής.

Επιγραμματικά: η μετάλλαξη διαμορφώνει και προσφέρει λύσεις από τις οποίες η φυσική επιλογή απορρίπτει τις χειρότερες και όχι επιλέγει τις καλύτερες, δηλαδή, η δομή και η χημική αποτύπωση της πληροφορίας (το σταθερό) αλλάζει από την επίδραση του συνδυασμού του τυχαίου (μετάλλαξη) με το αναγκαίο (φυσική επιλογή).

Μετά την εμφάνιση των μορίων του DNA στην γη η μεγαλειώδης θεατρική παράσταση (η ζωή) συμπληρώνει όλους τους συντελεστές της. Υπάρχουν: α) η θεατρική σκηνή, ο πλανήτης γη που διαθέτει ιδανικές συνθήκες για το ανέβασμα παρόμοιου έργου (κατάλληλη θερμοκρασία και περίσσια άνθρακα)· β) οι ηθοποιοί, τα βασικά δομικά υλικά που είναι οι οργανικές ενώσεις (τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες)· γ) οι φροντιστές σκηνης, τα οργανύλια-ένζυμα (μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες) που έχουν την ικανότητα πρόσληψης και χρησιμοποίησης ενέργειας από το περιβάλλον· τέλος, δ) ο σκηνοθέτης με τον βοηθό του, τα DNA και RNA διαμέσου των οποίων αυτοαντιγράφονται και μεταβιβάζονται οι πληροφορίες και ελέγχεται η πραγματοποίησή τους. Το μεγαλειώδες και θαυμαστό της παράστασης είναι ότι δεν υπάρχει σταθερό σενάριο, οι οδηγίες που δίνονται από το DNA ποικίλλουν και συνεχώς τροποποιούνται, ώστε να προσαρμόζονται στην ποικιλία των υπόλοιπων παραγόντων της παράστασης. Η παράσταση, δηλαδή, είναι ένας αυτοσχεδιασμός* που διαρκεί περισσότερο από 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Δεν εξελίσσεται βασισμένη σε ένα σταθε-



ΕΙΚΟΝΑ Α.3. Σχηματική απεικόνιση μιας μοριακής αλυσίδας DNA στην οποία διακρίνονται κατά τύπους τμήματά της να δραστηριοποιούνται-παράγοντας διάφορες πρωτεΐνες.

ρό σενάριο, δεν χρειάζεται σταθερό σενάριο· εξάλλου, ίσως να ήταν αδύνατη η διατήρηση της παράστασης επί τόσα χρόνια, εάν το σενάριό της ήταν σταθερό, όταν η θεατρική σκηνή πάνω στη οποία εμφανίστηκε βρίσκεται σε μια συνεχή αλλαγή. Το μόνο που παραμένει σταθερό είναι η προσπάθειά της να διατηρηθεί και να μην κατεβεί ποτέ από την σκηνή (όσο η σκηνή-γη θα υπάρχει).

* Σε αυτούς που αναρωτιούνται για το νόημα του έργου, μιά απάντηση: η ζωή δεν έχει νόημα αλλά η ίδια αποτελεί νόημα και δεν ωφελεί σε τίποτε η προσπάθεια αναζήτησης κάποιου δήθεν νοήματός της. Εξάλλου όπως και να έχει δεν μπορεί να έχει αναφορές αποκλειστικά σε ένα από τα έμβια είδη με τα οποία εμφανίζεται, τον άνθρωπο. Εύκολα οι άνθρωποι γλιστρούν στην αναγωγή των πάντων σε σχέση με την δικιά τους ύπαρξη. Η παραδοχή οποιουδήποτε νοήματος ή σκοπού στα φυσικά φαινόμενα είναι μια άποψη εντελώς αντιεπιστημονική.

Δεν αναφέρω συγγραφέα του θεατρικού έργου και επίτηδες αφήνω την θέση του κενή, όταν απαριθμώ τους υπόλοιπους συντελεστές της θεατρικής παράστασης, ώστε ο καθένας μας να θεωρεί ως συγγραφέα όποιον η δικιά του λογική και τα δικά του βιώματα επιβάλλουν ή ακόμη και να μη δέχεται την ύπαρξη συγγραφέα. Οπωσδήποτε, όλοι οι παράγοντες της παράστασης αλληλοεπηρεαζόμενοι και αλληλοδιαμορφωνόμενοι ο ένας από τον άλλο παίζουν τον ρόλο τους τέλεια. Αυτή η αρμονική σχέση τόσο πολλών και τόσο πολύπλοκων παραγόντων θα ήταν πολύ δύσκολο (ή μήπως αδύνατο) να επιτευχθεί με την αντιγραφή ενός δεδομένου και σταθερού σχεδίου τόσες πολλές (σχεδόν άπειρες) φορές.

Α.2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Είναι αδύνατον να χρησιμοποιήσει κάποιος την εξελικτική βιολογία-ζωολογία, ως εργαλείο κατανόησης του τρόπου με τον οποίο διαμορφώνεται η μορφή του ανθρώπινου σώματος, εάν προηγουμένως δεν έχει υπόψη

του ορισμένα στοιχεία της ιστορίας της ζωής, η οποία με την σειρά της είναι δύσκολο να κατανοηθεί, εάν προηγουμένως δεν είναι γνωστά ορισμένα στοιχεία της ιστορίας του πλανήτη γη.

Α.2.1. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία για το ότι η γη με την μορφή που υπάρχει σήμερα είναι το αποτέλεσμα μιας αλληλουχίας διεργασιών που κράτησαν πολλά χρόνια και πέρασε από πολλά στάδια κατά τα οποία η μορφή της άλλαζε συνεχώς. Εξάλλου, η μορφή όλων των ουράνιων σωμάτων στο σύμπαν βρίσκεται σε μια διαρκή αλλαγή. Υπολογίζουν ότι η γη σχηματίστηκε περίπου 10,5 δισεκατομμύρια χρόνια μετά την «μεγάλη έκρηξη». Οι αστροφυσικοί με τον όρο μεγάλη έκρηξη («big bang»)* χαρακτηρίζουν ένα μοναδικό φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζονται για πρώτη φορά τα συστατικά της ύλης και μαζί τους (μαζί δηλαδή με τις έννοιες της ύλης και της ενέργειας) ο χρόνος και ο χώρος. Για την ακρίβεια δεν είναι σωστή στην κυριολεξία η απόφαση: εμφανίζονται η ύλη και η ενέρ-

γεια, ο χρόνος και ο χώρος. Απλώς πριν από αυτό το όριο δεν μπορεί η ανθρώπινη νόηση να κατανοήσει την σημασία αυτών των εννοιών. Η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημόνων θεωρεί ότι πριν από το μοναδικό αυτό γεγονός το σύνολο της ύλης και της ενέργειας του σύμπαντος ήταν συγκεντρωμένα σε ένα σημείο και η έννοια του χρόνου δεν υφίστατο. Αμέσως μετά το γεγονός αυτό — την αρχή του παντός ή την διαδοχή του μη είναι από το είναι — τα στοιχειώδη υποατομικά σωματίδια της ύλης, τα οποία προηγουμένως και εξαιτίας των απείρως υψηλών θερμοκρασιών (άπειρη ενέργεια ως θερμότητα) ήταν όλα συγκεντρωμένα σε ένα σημείο (άπειρη πυκνότητα) εκσφενδονίστηκαν ελεύθερα στο διάστημα. Δεν είναι γνωστή η μορφή που είχε η ύλη πριν από την μεγάλη έκρη-

* Το γεγονός της μεγάλης έκρηξης είναι η πιο λογική εξήγηση του διαπιστωμένου γεγονότος ότι οι γαλαξίες που συνιστούν το σύμπαν κινούνται κατά σμήνη (στο εσωτερικό των οποίων προσεγγίζουν ο ένας προς τον άλλο) τα οποία το ένα απομακρύνεται από το άλλο. Επιπλέον, πολλοί νόμοι που διέπουν την σημερινή κατάσταση του σύμπαντος μπορούν να εξηγηθούν ικανοποιητικά, εάν δεχθούμε ότι κάποτε στο παρελθόν υπήρξε κάποια στιγμή κατά την οποία ο χωροχρόνος και η ύλη-ενέργεια άρχισαν να υπάρχουν. Μια στιγμή κατά την οποία, όπως με ποιητική διάθεση λέγεται, εμφανίσθηκε μια έκρηξη φωτός στην απόλυτη νύκτα του χρόνου. Μπορούμε όμως να ισχυριστούμε κατηγορηματικά ότι η μεγάλη έκρηξη είναι η αρχή των πάντων; Όχι, δεν μπορούμε να αποφανθούμε ότι υπήρξε κάποια αρχή, μια και τίποτα δεν μας βεβαιώνει ότι πριν από αυτό το γεγονός δεν υπήρχε τίποτα άλλο. Κάτι τέτοιο θα έμοιαζε με τον παρατηρητή που ισχυρίζεται ότι τίποτα δεν υπάρχει πέρα από τον ορίζοντα, μια και ο ίδιος δεν βλέπει τίποτα πέρα από αυτόν. Απλώς ύστερα από τη μεγάλη έκρηξη μπορεί να διατυπωθεί κάποια άποψη για την έννοια κόσμος-σύμπαν, ενώ πριν από αυτήν δεν είναι δυνατόν να διατυπωθεί τίποτα σχετικά.



ΕΙΚΟΝΑ Α.4. Απεικόνιση της μεγάλης έκρηξης και του σχηματισμού των διάφορων ουράνιων σωμάτων.

ξη γι' αυτό και χρησιμοποιείται η αόριστη και γενικόλογη έκφραση “αρχέγονα υλικά σωματίδια”. Δεν είναι γνωστοί επίσης και οι νόμοι που ίσχυαν για την συμπεριφορά αυτών των σωματιδίων· επομένως δεν είναι δυνατόν, μέχρι σήμερα τουλάχιστον, να διατυπωθεί ένα κάποιο σενάριο που να στηρίζεται σε μαθηματικούς νόμους για το τι συνέβαινε πριν την μεγάλη έκρηξη. Έτσι, διατυπώνεται από πολλούς ότι πριν από αυτή δεν υπήρχε πριν, υπήρχε το “*παράδοξο*” ή μάλλον το “*απροσδιόριστο*”.

Αμέσως μετά το Big Bang (δηλαδή μετά τον χρόνο μηδέν), αρχίζουν να ισχύουν νόμοι που μπορούν να διατυπωθούν με μαθηματικές σχέσεις και οι οποίοι ισχύουν και σήμερα. Επομένως μόνον μετά τη μεγάλη έκρηξη οι καταστάσεις που επικρατούν μπορούν να περιγραφούν. Υπο-

λογίζουν ότι ένα εκατοντάκις χιλιοστό του δευτερολέπτου* ύστερα από αυτήν, η θερμοκρασία του σύμπαντος ελαττώθηκε και ήταν “μόνον” ένα τρισεκατομμύριο βαθμοί, γεγονός που επέτρεψε την δημιουργία της ύλης και της αντι-ύλης που συνίστανται από αντίστοιχα υποατομικά σωματίδια. Η ύλη συνίσταται από τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια, ενώ η αντι-ύλη από τα αντι-πρωτόνια, τα αντι-νετρόνια και τα ποζιτρόνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ έχει ανακαλυφθεί ότι τα υποατομικά σωματίδια αποτελούνται από άλλα, μικρότερα δομικά στοιχεία (όπως είναι τα κουάρκ), οι ερευνητές ακόμα αναζητούν το «Σωματίδιο – Θεό», αυτό δηλαδή που δεν μπορεί να διασπαστεί σε άλλα, μικρότερα τμήματα. Όταν συναντώνται δύο αντίθετα σωματίδια (π.χ. πρωτόνιο και αντι-πρωτόνιο) αλληλεπιδρούν και εξαυλώνονται με έκλυση μεγάλης ποσότητας ενέργειας, που έχει την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φως και θερμότητα). Ταυτόχρονα, συμβαίνει και το αντίθετο, ενέργεια μεταπίπτει σε ύλη και αντι-ύλη. Επομένως το σύμπαν στην αρχή της δημιουργίας του ήταν ένα συνονθύλευμα από υλικά σωματίδια και ενέργεια (φωτεινή ακτινοβολία) το οποίο υπάκουε στην θεμελιώδη αρχή της Φυσικής, την αρχή διατήρησης της Υλο-Ενέργειας. Πάνω σε αυτή την αρχή, λοιπόν, που εκφράζεται με την γνωστή μαθηματική εξίσωση $E = M \cdot c^2$ (ίσως να είναι η εξίσωση που έχουν δει τα περισσότερα ανθρώπινα μάτια) έχει δομηθεί ο φυσικός κόσμος.

Τα σωματίδια της ύλης και αντι-ύλης που εκτινάχτηκαν απομακρύνονταν διαρκώς, από το σημείο της αρχικής συγκέντρωσής τους, ώστε ενώ πριν από την μεγάλη έκρηξη η μεταξύ τους απόσταση ήταν ίση με μηδέν, ύστε-

* Είναι το όριο μετά το οποίο η πυκνότητα και η θερμοκρασία του σύμπαντος συνεχίζοντας να είναι όπως και πριν τεράστιες, παύουν να είναι άπειρες και γίνονται πεπερασμένες, επομένως αρχίζουν να ισχύουν οι νόμοι της φυσικής. Τα όρια αυτά τοποθετούνται σε θερμοκρασίες περίπου 10 με εκθέτη 32 βαθμών Κελσίου.

ρα από αυτή τείνει να γίνει άπειρη. Συγχρόνως οι θερμοκρασίες μειώνονταν ώστε από άπειρη που ήταν όταν συνέβη η μεγάλη έκρηξη, να γίνεται 1 δευτερόλεπτο μετά την έκρηξη 10 δισεκατομμύρια βαθμούς και ύστερα από 100 δευτερόλεπτα, ένα δισεκατομμύριο βαθμούς. Υπολογίζουν ότι κάθε φορά που οι διαστάσεις του σύμπαντος διπλασιάζονται η θερμοκρασία του πέφτει στο μισό· έτσι, σε λιγότερο από ένα εκατομμύριο χρόνια (περίπου 400-700.000 χρόνια) μετά την μεγάλη έκρηξη και ενώ οι διαστάσεις του σύμπαντος ήταν 1.000 φορές μικρότερες από τις σημερινές, η θερμοκρασία ήταν μόνο 3-5.000 βαθμοί περίπου. Η ελάττωση της θερμοκρασίας σε αυτά τα επίπεδα επέτρεψε τον σχηματισμό, με την επίδραση βαρυτικών δυνάμεων, των πρώτων ατόμων, ενώ είχαν χρειαστεί μόνο μερικά δευτερόλεπτα για τον σχηματισμό των πρώτων πυρήνων υδρογόνου, των πρώτων πρωτονίων (υπολογίζουν ότι το 75% της ύλης είχε την μορφή παρόμοιων σωματιδίων ύστερα από 4-5 έως και 100 δευτερόλεπτα μετά την μεγάλη έκρηξη). Ο σχηματισμός των ατόμων, επειδή αυτά είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα, παρεμποδίζει τις συνεχείς συγκρούσεις των σωματιδίων και κατά συνέπεια την συνεχή εναλλαγή του φωτός (ενέργειας) με την ύλη. Έτσι, η ύλη σταθεροποιήθηκε και επομένως από τότε το σύμπαν έπαυσε να είναι μια σούπα (ένα συνονθύλευμα) ύλης και ενέργειας και η ιστορία του, γίνεται η ιστορία της ύλης*. Το σύμπαν λοιπόν απέκτησε την μορφή νέφους υδρογόνου με προσμείξεις μικρής ποσότητας ηλίου· το νέφος αυτό συνέχιζε διαρκώς να διαστέλλεται και να ψύχεται. Περίπου εκατό εκατομ-

μύρια χρόνια μετά την μεγάλη έκρηξη σχηματίστηκαν τα πρώτα ουράνια σώματα με την μορφή που έχουν σήμερα· ύστερα από περίπου τρία δισεκατομμύρια χρόνια σχηματίστηκαν οι πρώτοι γαλαξίες και επτά δισεκατομμύρια χρόνια μετά ο δικός μας γαλαξίας. Ύστερα από περίπου δέκα δισεκατομμύρια χρόνια, ως αποτέλεσμα μιας τοπικής συγκέντρωσης της ύλης, εμφανίστηκε το ηλιακό σύστημα, πλανήτη του οποίου είναι η γη. Η ηλικία της γης λοιπόν, που υπολογίζεται με διάφορες μεθόδους, προσδιορίζεται ανάμεσα σε 4,5 και 5 δισεκατομμύρια χρόνια (πιο κοντά στο πρώτο και πιο μακριά από το δεύτερο). Τις τελευταίες δεκαετίες οι μετρήσεις, που είναι αρκετά αξιόπιστες, στηρίζονται σε υπολογισμούς της αναλογίας των ισότοπων στοιχείων που συνιστούν πέτρινους όγκους πάνω στην γη (δηλαδή στον σταθερό ρυθμό με τον οποίο τα ασταθή ισότοπα μεταπίπτουν στα σταθερά θυγατρικά τους). Εξάλλου, η χρησιμοποίηση των ίδιων μεθόδων χρονολόγησης για τον υπολογισμό της ηλικίας των αρχαιότερων βράχων από μετεωρίτες, καθώς και βράχων που έχουν συλλεχθεί από την επιφάνεια της σελήνης δείχνει ότι και αυτών η ηλικία ανέρχεται σε λίγο περισσότερο από 4,5 δισεκ. χρόνια περίπου. Επομένως δεν είναι αυθαίρετο να θεωρούμε ότι η γη και το ηλιακό σύστημα άρχισαν να υπάρχουν περίπου τότε. Η γη σχηματίστηκε** από ένα νεφέλωμα στοιχείων, κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, όπως ήδη έχει αναφερθεί, ως μια διάπυρη ρευστή μάζα. Σχηματίστηκε από ένα μέρος του ίδιου νεφελώματος από το οποίο σχηματίστηκε και το υπόλοιπο ηλιακό σύστημα

* Προτείνουν ότι ο υλικός κόσμος που γίνεται αντιληπτός προέκυψε από ένα περίσσειμα της ύλης σε σχέση με την αντιύλη και πιθανολογούν ότι κάπου στα περιθώρια του σύμπαντος υπάρχει ένας κόσμος αντιύλης.

** Πάντοτε ο άνθρωπος μέσω θεωρητικών προσεγγίσεων και προτάσεων επιχειρούσε να ερμηνεύσει τον κόσμο και να απαντήσει, άλλοτε με περισσότερη και άλλοτε με λιγότερη επιτυχία, στο ερώτημα πώς και πότε δημιουργήθηκε η γη και το σύμπαν. Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα αντανακλώνται στον πολιτισμό όλων των ανθρώπινων κοινωνιών και οι προτεινόμενες απαντήσεις επηρεάζουν τον πολιτισμό τους και, συγχρόνως, επηρεάζονται από αυτόν. Έκφραση αυτής της διαλεκτικής σχέσης θα πρέπει να θεωρηθεί το γεγονός ότι τώρα που ο

και βέβαια λίγο αργότερα από τον χρόνο που σχηματίστηκε ο ήλιος. Η αρχική μάζα της ήταν πλούσια σε ορισμένα αμέταλλα στοιχεία όπως ο άνθρακας, το πυρίτιο, το οξυγόνο, το θειάφι, το χλώριο και ο φωσφόρος, καθώς και σε αρκετά μέταλλα, όπως το νάτριο, το ασβέστιο, το κάλιο και ο σίδηρος. Ως αποτέλεσμα της συνεχούς πτώσης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της διάπυρης μάζας που ήταν η γη προέκυψε ο φλοιός της γης, δηλαδή ένα στρώμα που έπαυσε να είναι ρευστό και απέκτησε στερεά σύσταση. Ο γήινος φλοιός δεν έχει ενιαία και συνεχή διάταξη (δεν είναι σαν το τσόφλι ενός αυγού), αλλά συνίσταται από τεράστιες πλάκες πάχους περίπου 100 χιλιομέτρων. Οι γεωλογικές αυτές πλάκες που (έμμεσα) σχετίζονται με τις ηπείρους της γης βρί-

σκονται σε μια διαρκή κίνηση, σαν να επιπλέουν πάνω στον ρευστό ακόμη πυρήνα. Η μετακίνηση των πλακών και των φαινομένων που σχετίζονται με αυτήν — είτε ως αιτίων που την προκαλούν είτε ως συνέπειές της — επιδρούσε δραστικά στην μορφολογία της γης (στην γεωγραφική κατανομή ξηράς και θάλασσας, καθώς και στον καθορισμό της μορφολογίας της ξηράς και του επιπέδου των θαλασσών). Επιπλέον επηρέαζε τα ωκεάνια και αέρια ρεύματα, αποτελώντας τον σημαντικότερο παράγοντα της διαμόρφωσης, αλλά και των αλλαγών του κλίματος, καθορίζοντας έτσι την γεωγραφική κατανομή των ζώντων οργανισμών, άλλες φορές απομονώνοντας πληθυσμιακές ομάδες και άλλες αναμειγνύοντάς τις.

πολιτισμός των ανθρώπινων κοινωνιών στηρίζεται περισσότερο από ποτέ άλλοτε στην τεχνολογική ανάπτυξη που επέφερε η επιστημονική πρόοδος, οι προσπάθειες να δοθούν παρόμοιες απαντήσεις γίνονται όλο και περισσότερο πειστικές, όταν δίνονται διαμέσου της επιστήμης και όχι διαμέσου μύθων και θρησκευτικών δοξασιών. Στην αλλαγή αυτή μεγάλη ήταν η συμβολή των μεγάλων μαθηματικών της Αναγέννησης, του Γαλιλαίου, του Κέπλερ και του Νεύτωνα· ως ξαναθυμηθούμε την πάντα επίκαιρη απόφαση του Γαλιλαίου «Η φύση είναι γραμμένη στην γλώσσα των μαθηματικών». Μόνο συγκλονιστική για τον τρόπο που ο άνθρωπος έβλεπε τον εαυτό του μπορεί να χαρακτηριστεί η παραδοχή, μέσα σε τρεις μόνο αιώνες, ότι ο ίδιος δεν είναι το κέντρο του σύμπαντος αλλά κάποιος από τους κατοίκους ενός όχι και τόσο σημαντικού πλανήτη, ενός άστρου (του ήλιου) που δεν είναι από τα πιο σημαντικά που υπάρχουν στον γαλαξία μας, ο οποίος συνίσταται από εκατομμύρια άλλα άστρα. Αξίζει βέβαια να αναφερθεί ότι η μεγάλη τομή στην ανθρώπινη σκέψη γύρω από το πρόβλημα της σχέσης του ανθρώπου με τον κόσμο γίνεται από τους αρχαίους Έλληνες, οι οποίοι πρώτοι δέχονται ότι ο κόσμος δεν δημιουργήθηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά από τον άνθρωπο.