

Σε έναν πολύ μακρινό γαλαξία...

ΑΓΑΠΗΤΟΙ, ΟΠΩΣ ΓΝΩΡΙΖΕΤΕ, έχω αναλάβει την παρακολούθηση ενός μικρού πλανήτη στο συνηθισμένο, εκ πρώτης όψεως, σύστημα ΑΖΣΠ42. Σήμερα, σας παρουσιάζω την πρώτη συγκεντρωτική αναφορά μου. Κατά πόσον θ' ακολουθήσουν και άλλες επισκέψεις θα το αποφασίσουμε αφού αποκτήσετε καλή αντίληψη για την εξελικτική φάση της ζωής εκεί πέρα.

Θα ξεκινήσω περιγράφοντας τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της ζωής σε αυτόν τον πλανήτη και, σταδιακά, θα φθάσω στα στοιχεία που απαιτούν την προσοχή μας. Παρακαλώ κάντε λίγη υπομονή. Θα προσπαθήσω να μην σας κουράσω πολύ.

Όπως γνωρίζουν οι παλαιότεροι, κάθε επίσκεψη σε συστήματα με πλανήτες όπου εξελίσσεται ζωή δεν επιτρέπεται να έχει διάρκεια μεγαλύτερη από εκατό περιστροφές του εκάστοτε πλανήτη γύρω από το άστρο του. Επίσης, ανάμεσα στις διαδοχικές επισκέψεις μας θα πρέπει να έχουν μεσολαβήσει τουλάχιστον 100.000 περιστροφές του. Η αλήθεια είναι πως στο εν λόγω σύστημα δεν συνάντησα δυσκολίες στην τήρηση των περιορισμών, αφού ο μοναδικός πλανήτης που φιλοξενεί ζωή, ο τρίτος σε σειρά απόστασης από το άστρο του συστήματος, περιστρέφεται με αρκετά μεγάλη ταχύτητα σε σχέση με τον χρόνο που χρειαζόμαστε για ένα ταξίδι έως εκεί.

Μέχρι στιγμής, έχω επισκεφθεί τον ΑΖΣΠ42-3 επτά φορές. Κάθε φορά, παρέμενα για όσο χρειαζόταν —περίπου εξήντα περιστροφές του γύρω από το άστρο— προκειμένου να συλλέξω ικανή ποσότητα πληροφοριών. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα της εξέλιξης της ζωής στον πλανήτη, θεώρησα επαρκές το διάστημα του ενός εκατομμυρίου περιστροφών ανάμεσα στις επισκέψεις μου. Η χαρτογράφηση ολόκληρης της επιφάνειας του πλανήτη μέσα στα χρονικά όρια της παραμονής μου αποδείχθηκε εύκολη. Μάλιστα, συνέλεξα αρκετά δεδομένα για την εσωτερική του δομή, αλλά και για ολόκληρο το πλανητικό σύστημα ΑΖΣΠ42. Φυσικά, όλα τα δεδομένα έχουν καταγραφεί στον συλλογικό φωτοδίσκο, στον οποίο μπορείτε να ανατρέξετε για περαιτέρω λεπτομέρειες κατά τη διάρκεια της παρουσιάσής μου.

Αρκετά, όμως, με τις προκαταρκτικές πληροφορίες. Ας περάσω στην κυρίως περιγραφή, που είμαι βέβαιος ότι θα σας ενδιαφέρει. Ορισμένα παράξενα πράγματα που παρατήρησα ενδέχεται επίσης να συνεισφέρουν στον εμπλουτισμό των γνώσεών μας γύρω από την εξέλιξη της ζωής στο σύμπαν. Αυτό, βέβαια, θα το κρίνουμε αφού αναλύσουμε πρώτα προσεκτικά και από κοινού τα δεδομένα στον φωτοδίσκο.

Με το που έφθασα, λοιπόν, στο σύστημα ΑΖΣΠ42, δεν μπόρεσα παρά να θαυμάσω τους πλανήτες ΑΖΣΠ42-6 και ΑΖΣΠ42-5, οι οποίοι είχαν μεγάλο μέγεθος κι εντυπωσιακούς σχηματισμούς. Ο έκτος περιβάλλεται από ένα στεφάνι πολλαπλών στρώσεων πάγου και στον πέμπτο μπορεί να διακρίνει κανείς ζώνες από αέρια που κινούνται και αλλάζουν μορφή αργά και υποβλητικά. Οι πλανήτες αυτοί, βέβαια, δεν θα μπορούσαν να φιλοξενούν κάποια μορφή ζωής, αφού τα υλικά τους βρίσκονται σε αέρια μορφή. Έχουν, όμως, πολλούς δορυφόρους, μερικοί από τους οποίους μοιάζουν να είναι φιλόξενοι έστω και για απλούστερες

μορφές ζωής. Από την έρευνά μου, δυστυχώς, κανένα ίχνος της δεν τεκμηριώνεται. Οι πλησιέστεροι στο άστρο πλανήτες, αν και με το μεγαλύτερο μέρος της μάζας τους σε στερεή κατάσταση, δεν έδειχναν να έχουν κάτι το ενδιαφέρον ή το ελκυστικό. Ο ΑΖΣΠ42-1 είναι μικρός και πολύ κοντά στο άστρο για να είναι δυνατή η εξέλιξη ζωής στην επιφάνειά του. Ο ΑΖΣΠ42-2, πάλι, αν και θα μπορούσε να φιλοξενήσει κάποια μορφή ζωής, περιβάλλεται από πυκνά αέρια που η σύστασή τους δεν το επιτρέπει. Πλησιάζοντας στον ΑΖΣΠ42-4, η επιφάνεια του οποίου φαίνεται έρημη, εντόπισα ορισμένα ίχνη ζωής. Η ταχεία ανάλυση της σύστασής του έδειξε ότι πριν από λίγα δισεκατομμύρια περιστροφές του γύρω από το κεντρικό άστρο είχαν εξελιχθεί στον πλανήτη έμβια όντα, τα οποία όμως εξαφανίστηκαν χωρίς να αναπτυχθούν επαρκώς και να αποκτήσουν νοητικές ικανότητες. Τα ελάχιστα στοιχεία που μαρτυρούν την παρουσία τους δεν επιτρέπουν την ακριβή ανασύσταση της μορφής τους, ενώ, πέραν των άλλων, δεν υπάρχει η παραμικρή ένδειξη έστω και για υποτυπώδη σχεδιασμένη παρέμβαση στον χώρο.

Η απογοήτευσή μου από αυτούς τους μικρότερους πλανήτες μεταστράφηκε σε ενθουσιασμό καθώς πλησίαζα τον πλανήτη ΑΖΣΠ42-3, τον οποίο στο εξής θα αποκαλώ Γη, για λόγους που θα εξηγήσω σε λίγο. Φτάνοντας αρκετά κοντά, οι ανιχνευτές με ενημέρωσαν ότι είναι γεμάτος ζωή. Από μια μέση απόσταση, κοντά στον μοναδικό δορυφόρο του, ο οποίος δεν είναι παρά μια ομοιόμορφη σχεδόν μάζα από σκόνη, πέτρες και κρατήρες, το θέαμα άρχισε να γίνεται ενδιαφέρον. Σιγά σιγά ξεχώριζαν περίπλοκοι σχηματισμοί στην επιφάνεια και σύντομα διέκρινα ακανόνιστα σχήματα που αντανακλούσαν με διαφορετικό τρόπο τις συχνότητες του φωτός. Τα σχήματα αυτά ανακατεύονταν με το κυρίαρχο υπόβαθρο, αλλά η συμπυκνωμένη υγρασία που περιέβαλλε σε μικρή απόσταση τμήματα του πλανήτη δεν επέτρεπε

μια ολοκληρωμένη εικόνα. Όπως διαπίστωσα σύντομα, γύρω από τη Γη υπάρχει ένα στρώμα αερίων μικρής πυκνότητας αλλά και υγρασίας, το οποίο, όπως γνωρίζουμε, είναι αναγκαίο για να υπάρξει ζωή. Η σύσταση του περιβλήματος, της ατμόσφαιρας, είναι λίγο πολύ αναμενόμενη, παρόμοια, αν και όχι εντελώς ίδια με τη σύσταση του δικού μας πλανήτη. Η ζωή στη Γη φαίνεται να ακολούθησε παράξενη διαδρομή, η οποία, μολονότι ταυτίζεται εν μέρει με τη δική μας, έχει το χαρακτηριστικό ότι εξαρτάται από το οξυγόνο για την εξασφάλιση ενέργειας, τουλάχιστον στις περισσότερες περιπτώσεις γήινων μορφών ζωής, χωρίς οι μονάδες τους να καίγονται. Πρόκειται, βέβαια, για εντυπωσιακή εξέλιξη, αν και γνωρίζουμε ορισμένα ακόμα συστήματα όπου η ζωή έχει τιθασειώσει το οξυγόνο. Ωστόσο, η αξιοσημείωτη διαφορά της Γης προκύπτει από το γεγονός ότι στην ατμόσφαιρά της παρατηρείται αρκετά μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου, επιβεβαιώνοντας έτσι τις προβλέψεις της θεωρίας πως μια τέτοια κατάσταση θα πρέπει οπωσδήποτε να οφείλεται στη δράση της ίδιας της ζωής. Απ' όσα γνωρίζουμε, κάτι παρόμοιο έχει συμβεί μόλις σε 7.332 πλανήτες, σε 6.155 συστήματα 67 γαλαξιών!

Το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό, στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα άλατα, κυρίως χλωριούχο νάτριο. Το νερό ευθύνεται επίσης για το κυρίαρχο εύρος συχνότητων φωτός που ανακλά ο πλανήτης. Φυσικά, δεν ευθύνεται το ίδιο το νερό, αλλά η ατμόσφαιρα, καθώς, όπως γνωρίζουμε, οι συχνότητες του φωτός με τις οποίες φθάνει από το κοντινό άστρο, τον Ήλιο, διαχέονται σε αυτήν με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με το μήκος κύματός τους. Η αντανάκλαση της ακτινοβολίας με τις ισχυρότερες συχνότητες από το νερό κάνει ολόκληρο τον πλανήτη να φαντάζει σαν τις πέτρες του Τανχόιζερ στους πόλους του δικού μας πλανήτη.

Οι ακανόνιστοι σχηματισμοί που φαίνονται από μακριά δεν είναι παρά το στερεό μέρος της επιφάνειάς του. Αλλού είναι επίπεδο κι αλλού γεμάτο χαμηλές ή ψηλές πτυχώσεις. Σε μια φαρδιά ζώνη γύρω από τη μεγάλη περιφέρεια της Γης, τον ισημερινό, η στεριά είναι γεμάτη ζωντανούς οργανισμούς οι οποίοι στέκονται σχεδόν ακίνητοι, στηριζόμενοι σ' ένα περισσότερο ή λιγότερο σκληρό στέλεχος, καλά βυθισμένο στο στερεό στρώμα, το έδαφος. Προς την κορυφή του, το εν λόγω στέλεχος φέρει πολλά μικρά εξαρτήματα, άλλοτε πλατιά, άλλοτε στενόμακρα και, γενικά, το σχήμα τους ποικίλλει πολύ. Αυτά, λοιπόν, χρησιμοποιούν το φως του Ήλιου για να φτιάξουν θρεπτικές ουσίες από απλούστερα υλικά, δηλαδή νερό το οποίο αντλούν από το έδαφος και διοξείδιο του άνθρακα που παίρνουν από την ατμόσφαιρα. Οι συγκεκριμένοι οργανισμοί, τα φυτά, διαφέρουν ως προς τη μορφή και το ύψος τους, αλλά και ως προς τη σκληρότητα του στελέχους τους, εφόσον αυτό υπάρχει. Τα φυτά είναι μεν περισσότερα και πυκνότερα στη ζώνη γύρω από τον ισημερινό, αλλά καλύπτουν μεγάλο μέρος της στεριάς παντού, αν και πολύ αραιά σε ορισμένες περιοχές. Υπάρχουν όμως και περιοχές χωρίς τέτοιους οργανισμούς, όπως τα ψηλότερα μέρη των μεγαλύτερων πτυχώσεων, των βουνών, που είναι γυμνά ή καλύπτονται από πάγο και χιόνι. Λίγα φυτά ζουν επίσης στο υγρό νερό, όπου, ωστόσο, το ηλιακό φως για την παρασκευή θρεπτικών συστατικών αξιοποιείται πρωτίστως από κάποιους πολύ μικρότερους οργανισμούς, η δραστηριότητα των οποίων περιορίζεται στα ανώτερα στρώματα, δηλαδή μέχρι εκεί που φθάνει το φως.

Η Γη περιστρέφεται με κάπως ακανόνιστο τρόπο γύρω από τον Ήλιο, αλλάζοντας την τροχιά της από κυκλική σε ελλειπτική και με τον κάπως ασταθή άξονά της να παρουσιάζει κλίση σε σχέση με το επίπεδο περιστροφής της. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν αφορμή για τις περιοδικές διαφορές στην

ποσότητα ενέργειας την οποία δέχονται από τον Ήλιο τα διάφορα σημεία της επιφάνειάς της, οδηγώντας σε αντίστοιχες περιοδικές μεταβολές στις συνθήκες που επικρατούν εδώ κι εκεί. Σε γενικές γραμμές, φυσικά, στις συνθήκες της περιοχής γύρω από τον ισημερινό παρατηρείται μεγαλύτερη σταθερότητα. Η σύσταση και η κίνηση των υλικών στο εσωτερικό του πλανήτη, ιδίως στο κέντρο του, δημιουργούν ισχυρό μαγνητικό πεδίο, η πολικότητα του οποίου αλλάζει κάθε μερικές χιλιάδες περιστροφές γύρω από τον Ήλιο. Στον φωτοδίσκο διακρίνουμε μια αναπαράσταση της δυναμικής του ανόργανου μέρους της Γης, η οποία επηρεάζει σημαντικά και την εξέλιξη του ζωντανού μέρους της, της βιόσφαιρας.

Στο εξής θα επικεντρωθώ στις μορφές ζωής, οι οποίες είναι και ο βασικός λόγος των αναζητήσεών μας. Εννοείται πως, όπου και όποτε χρειαστεί, θα αναφέρομαι και σε όποια άλλα στοιχεία τις επηρεάζουν.

Μια αλλιώτικη ζωή

Ο ΠΩΣ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ από πολλούς άλλους πλανήτες, έτσι και στη Γη οι οργανισμοί είναι στερεές οντότητες, φτιαγμένες από πολύ μικρές δομικές μονάδες, τα κύτταρα. Κάθε κύτταρο περιέχει τα βασικά όργανα για την παραγωγή ενέργειας και την αναπαραγωγή τους. Οι περισσότεροι οργανισμοί είναι διακριτά σύνολα κυττάρων, με πλήθος που κυμαίνεται από ένα έως και πολλά εκατομμύρια, παρότι υπάρχουν και μορφές που τα όριά τους δεν είναι πάντοτε σαφή. Οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος οργανισμοί αποτελούνται από πολλές χιλιάδες έως πολλά εκατομμύρια κύτταρα, τα οποία παίρνουν διάφορες μορφές και εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες. Ωστόσο, στη συντριπτική τους πλειονότητα, οι οργανισμοί είναι μοναδικά κύτταρα με πολύ μικρό μέγεθος, είναι δηλαδή μονοκύτταροι. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κι όσοι, όπως ανέφερα προηγουμένως, ζουν στο νερό και χρησιμοποιούν το φως.

Κάθε κύτταρο περιέχει δομές, δηλαδή όργανα, που εκτελούν διάφορες λειτουργίες προκειμένου να διασφαλίσουν τη διατήρηση και τη συνέχιση της ζωής. Για τον τρόπο εκδήλωσης των πιο σημαντικών από αυτές θα μιλήσω στη συνέχεια. Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες μονοκύτταρων οργανισμών. Αυτοί με το μικρότερο μέγεθος φέρουν όλα τα όργανα σχεδόν διάχυτα μέσα στο κύτταρο. Όπως διαπίστωσα από τις έρευνές μου, τούτοι οι

οργανισμοί μοιάζουν με τους πρώτους που εμφανίστηκαν πάνω στη Γη, αν και πλέον έχουν εξελιχθεί σε πάρα πολλούς τύπους, με τεράστιες διαφορές μεταξύ τους. Εντούτοις, οι περισσότερες από αυτές γίνονται φανερές μόνο εάν αναλυθούν οι χημικές λειτουργίες οι οποίες εκτελούνται στο εσωτερικό των κυττάρων. Εννοείται ότι προχώρησα σε τέτοιου είδους αναλύσεις χρησιμοποιώντας τους καλύτερους βιοαναλυτές μας.

Εδώ πρέπει να επισημάνω ότι η ομαδοποίηση των οργανισμών σε πολλές διαφορετικές μορφές είναι χαρακτηριστικό στοιχείο της ζωής στη Γη. Όσοι ανήκουν σε κάποια από αυτές τις ξεχωριστές ομάδες έχουν περισσότερες ομοιότητες μεταξύ τους απ' ό,τι με τα μέλη άλλων ομάδων, αλλά κυρίως έχουν πιο στενά συνδεδεμένο εξελικτικό παρελθόν, δηλαδή έχουν κοινή γενεαλογία. Ας σημειωθεί ότι η αναπαραγωγή στη Γη οδηγεί σε κληρονομικότητα πολλών—αν και όχι όλων—από τα χαρακτηριστικά των οργανισμών, δηλαδή περιλαμβάνει τη μεταφορά από τον έναν στον άλλον της πληροφορίας που χρειάζεται προκειμένου να αναπτυχθούν. Ως γενική έννοια, η κληρονομικότητα μάς είναι βέβαια οικεία από το σύνολο σχεδόν των μορφών ζωής που έχουμε γνωρίσει, αλλά οι παρατηρούμενες διαφορές στις πληροφορίες οι οποίες μεταβιβάζονται από τη μία γενιά στην επόμενη και στον τρόπο που πραγματοποιείται τούτη η μεταβίβαση είναι χαώδεις. Σύντομα, αφού περιγράψω τον σχετικό φορέα της πληροφορίας και τις λεπτομέρειες της μεταβίβασής της, θα μπορέσει να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός ο οποίος έχει εξελιχθεί στη Γη.

Οι διακριτές ομάδες οργανισμών που μόλις ανέφερα σχηματίζουν με τη σειρά τους μεγαλύτερες ομάδες, τα μέλη των οποίων είναι πιο συγγενικά μεταξύ τους απ' ό,τι με τα μέλη άλλων ομάδων, σε μια συνεχώς διευρυνόμενη σειρά ομαδοποίησης η οποία φθάνει μέχρι και τους πρώτους οργανισμούς πάνω στη

Γη. Κάθε τέτοια βασική ομάδα, ένα είδος, μπορεί να χωριστεί σε περισσότερες ή να εξαφανιστεί τελείως σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Θα επανέλθω σε αυτό.

Στη δεύτερη κατηγορία *μονοκύτταρων* οργανισμών ανήκουν κύτταρα με αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος, που όμως παραμένουν μικρότερα από εκείνα των πιο πολύπλοκων μορφών ζωής, των πολυκύτταρων οργανισμών. Διαπίστωσα ότι η διατήρηση αυτών των μεγαλύτερων μονοκύτταρων οργανισμών κατέστη εφικτή με την ένωση δύο άλλων, μικρότερων και διαφορετικών μεταξύ τους! Για την ακρίβεια, μερικά από τα σημαντικότερα όργανά τους, αυτά που παράγουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας κι εκείνα που σε μερικούς οργανισμούς χρησιμοποιούν το φως για να παράγουν θρεπτικά συστατικά, είναι στην ουσία ό,τι απέμεινε από απλούστερα κύτταρα τα οποία ενσωματώθηκαν σε κάποια άλλα, που είχαν ήδη αναπτύξει έναν εσωτερικό φάκελο προκειμένου να προστατεύουν τα χημικά μόρια τα οποία είναι φορείς της *κληρονομικότητας*. Η ένωση αυτή οδήγησε και σε μια σειρά από άλλα συναρπαστικά φαινόμενα, όπως θα εξηγήσω σε λίγο. Αρκεί να σημειωθεί ότι η επίτευξη μιας τέτοιας ένωσης θα πρέπει να ήταν ιδιαίτερα δύσκολη, αφού στην εξελικτική πορεία της ζωής στη Γη συνέβη ελάχιστες μόνο φορές.

Όσα κύτταρα διαθέτουν έναν τέτοιο εσωτερικό φάκελο, τον *πυρήνα*, λέγονται *ευκαρυωτικά*: σε αυτόν περιέχεται το μεγάλο χημικό μόριο που μεταφέρει τις γενικές οδηγίες για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συμπεριφορά κάθε οργανισμού, οι οποίες κατόπιν μεταβιβάζονται στους απογόνους του. Το εν λόγω μόριο αντιγράφει τον εαυτό του και αναπαράγεται, εξασφαλίζοντας τη συνέχιση της ζωής μέσα στον χρόνο. Από μια σκοπιά, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τα κύτταρα και όλα τα όργανα ως μηχανισμό εξασφάλισης της απαιτούμενης ενέργειας και του περιβάλλοντος που χρειάζεται το μόριο αυτό

για να αναπαραχθεί. Αξίζει να αναφερθεί ότι η αναπαραγωγή των οργανισμών στη Γη έχει πολλές ιδιαιτερότητες σε σχέση με όσα γνωρίζουμε από άλλα συστήματα, εφόσον, μάλιστα, δεν εκδηλώνεται καν με τον ίδιο τρόπο σε όλους τους οργανισμούς που την κατοικούν! Ωστόσο πριν φθάσω σε αυτό, πρέπει να μιλήσω λίγο περισσότερο για τη σύσταση της ζωής στη Γη.

Ξέρουμε πως όλες οι γνωστές μορφές ζωής στο σύμπαν, με ελάχιστες εξαιρέσεις, είναι παραλλαγές σύνθετων συστατικών του ίδιου χημικού στοιχείου, του άνθρακα, ο οποίος βρίσκεται σε συνδυασμό κυρίως με υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο, φωσφόρο, σίδηρο, θείο και λίγα ακόμα στοιχεία. Το ίδιο περίπου ισχύει και στη Γη: όλες οι μορφές ζωής αποτελούνται κατά κύριο λόγο από μόρια που έχουν ως βάση τον άνθρακα. Καμία έκπληξη ως εδώ. Είναι επίσης γνωστό ότι πολλές μορφές ζωής χρειάζονται για την αναπαραγωγή τους οδηγίες, κάποιου είδους «συνταγή» για την παρασκευή νέων οργανισμών από προγενέστερους. Οι οδηγίες αυτές πρέπει να αποτυπώνονται σε κάποιο πρότυπο που δεν αλλάζει εύκολα, έτσι ώστε να κληρονομούνται σε κάθε νέο οργανισμό. Συνήθως το πρότυπο αυτό είναι και πάλι ένα μόριο με βάση τον άνθρακα.

Γι' αυτόν τον σκοπό έχει εξελιχθεί στη Γη ένα μόριο με κάπως παράξενη δομή, το οποίο όμως είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό. Όταν δεν συμβαίνει αναπαραγωγή, το μόριο μοιάζει με σκάλα, βρίσκεται δηλαδή σε μορφή που θυμίζει δύο ενωμένες αλυσίδες. Οι ενώσεις γίνονται μέσω της σύνδεσης χημικών ομάδων που σχηματίζουν τα σκαλιά. Εδώ βρίσκεται και η ομορφιά του συστήματος: υπάρχουν τέσσερις τύποι χημικών ενώσεων με συνιστώσες οι οποίες προεξέχουν στο πλάι κάθε αλυσίδας. Από χημική άποψη, οι ενώσεις αυτές θεωρούνται βάσεις και είναι ανά δύο συμπληρωματικές: φτιάχνουν δηλαδή ανά δύο χημικούς δεσμούς μεταξύ τους. Έτσι, σε κάθε σημείο της μίας

αλυσίδας της σκάλας όπου υπάρχει ο τύπος 1, στην απέναντί της υπάρχει αναγκαστικά ο τύπος 2 και αντιστρόφως. Όταν υπάρχει ο τύπος 3, απέναντι υπάρχει ο τύπος 4 και πάλι αντιστρόφως. Αν δηλαδή γνωρίζω τις βάσεις της μίας αλυσίδας, μπορώ να σχηματίσω και την απέναντί της. Αντιλαμβάνεστε ήδη πως όλο αυτό αρχίζει να θυμίζει κώδικα.

Ανάμεσα σε δύο επεισόδια αντιγραφής του μορίου και αναπαραγωγής του κυττάρου, η σκάλα ανοίγει σε διάφορα σημεία κι εκεί αρχίζουν να σχηματίζονται μικρότερα μόρια που έχουν παρόμοια σύσταση με το αρχικό· έχουν, δηλαδή, τις ίδιες βάσεις στο πλάι, όμως με δύο διαφορές: πρώτον, η μορφή τους δεν θυμίζει σκάλα αλλά απλές αλυσίδες, και δεύτερον, αντί του ενός τύπου βάσης, ας πούμε του 2, υπάρχει ένας άλλος συμπληρωματικός του 1, ας τον πούμε 5. Δεν έχει σημασία, βέβαια, γιατί κάνει την ίδια δουλειά: ενώνεται με το κομμάτι της μίας αλυσίδας της σκάλας η οποία έχει τις συμπληρωματικές βάσεις.

Όπως προανέφερα, αυτά τα νέα μόρια είναι πολύ μικρότερα σε μήκος και σχηματίζονται βήμα βήμα, αφού κάθε βάση τους ενώνεται με μια βάση του μεγάλου μορίου. Έτσι, φτιάχνεται κάθε φορά ένα νέο μόριο που αντιστοιχεί αποκλειστικά σε ένα μικρό κομμάτι της μεγάλης αλυσίδας της σκάλας. Ως εκ τούτου, μπορούμε να πούμε ότι στην πράξη το μικρό μόριο διαβάζει μια μικρή σειρά από βάσεις του μεγάλου και την αντιγράφει στη συμπληρωματική της.

Κατόπιν, το μικρότερο μόριο απομακρύνεται από το μεγάλο και είτε εκτελεί το ίδιο ορισμένες λειτουργίες, όπως η ρύθμιση του πότε διαβάζονται άλλες περιοχές του μεγάλου μορίου, είτε μεταφέρεται σε ειδικές σφαιρικές δομές, τα ριβοσώματα, που αρπάζουν την αλυσίδα και την περνάνε από μέσα τους κομμάτι κομμάτι. Μέσα στις συγκεκριμένες δομές, η σειρά των βάσεων ξαναδιαβάζεται, αυτή τη φορά όμως σε ομάδες των τριών.

Έτσι, κάθε τριάδα βάσεων βρίσκει τη συμπληρωματική της, την οποία κουβαλούν στα ριβοσώματα κάποια ακόμα μικρότερα μόρια. Αυτά, στο άλλο άκρο τους, μεταφέρουν επίσης μια χημική ομάδα με διαφορετική σύσταση και μεγαλύτερο μέγεθος, ένα αμινοξύ. Συνεπώς, η συμπληρωματική τριάδα κάθε τριάδας βάσεων τραβάει κοντά της κι ένα αμινοξύ. Για να είμαι πιο ακριβής, διαφορετικές τριάδες ενδέχεται να τραβούν το ίδιο αμινοξύ. Σε κάθε περίπτωση, όμως, οποιαδήποτε τριάδα τραβάει μόνο ένα. Ουσιαστικά, τα αμινοξέα σχηματίζουν μια σειρά η οποία εν πολλοίς ορίζεται από τη σειρά των τριάδων των βάσεων. Αυτά τα αμινοξέα συμπλέκονται ύστερα μεταξύ τους προκειμένου να σχηματίσουν πολύ μεγάλα μόρια, τις πρωτεΐνες. Αυτές διπλώνονται στον χώρο σε παράξενα και περίπλοκα σχήματα εξαιτίας των χημικών δεσμών ανάμεσα στα αμινοξέα. Το δέσιμο των ομάδων σταματάει όταν εμφανιστούν συγκεκριμένες τριάδες βάσεων, σημαίνοντας έτσι το τέλος της όλης διαδικασίας.

Ίσως σας μπέρδεψα όμως, οπότε επιτρέψτε μου να δώσω μια πιο παραστατική σύνοψη. Ας υποθέσουμε, λοιπόν, ότι σε μια περιοχή ενός σκέλους της μεγάλης σκάλας υπάρχει η εξής σειρά βάσεων: A, C, C, T, G, G, A, A, T, A, C, T. Ο συμβολισμός αυτός αφορά τα ονόματα που χρησιμοποιούνται στη Γη για τις τέσσερις βάσεις A, C, T, G. Το μικρό μόριο που θα έρθει να διαβάσει τη σειρά όταν ανοίξει η σκάλα στη συγκεκριμένη περιοχή θα αποκτήσει τη συμπληρωματική σειρά: U (το υποκατάστατο του T, όπως είπα νωρίτερα), G, G, A, C, C, U, U, A, U, G, A. Τα ριβοσώματα που θα αρπάξουν το μόριο με αυτή τη σειρά θα αρχίσουν να τη διαβάζουν ανά τριάδες. Έτσι, η πρώτη αρχική τριάδα, A-C-C, που θα έχει διαβαστεί ως U-G-G, θα προσελκύσει ένα μικρό μόριο το οποίο στο άλλο άκρο του κουβαλάει ένα συγκεκριμένο αμινοξύ, ας το πούμε

Τηρ, σύμφωνα με τον συμβολισμό που χρησιμοποιείται στη Γη. Η επόμενη αρχική τριάδα, T-G-G, θα διαβαστεί ως A-C-C και θα προσελκύσει το μικρό μόριο το οποίο φέρει το αμινοξύ Thr. Με την ίδια λογική, η A-A-T, ως U-U-A, θα φέρει το Leu, ενώ η A-C-T θα γίνει U-G-A, σημαίνοντας τον τερματισμό της διαδικασίας. Έτσι, στο τέλος, θα σχηματιστεί η σειρά αμινοξέων Τηρ-Thr-Leu, τα οποία θα δεθούν μεταξύ τους και θα δώσουν μια πρωτεΐνη. Φυσικά, οι πραγματικές πρωτεΐνες περιλαμβάνουν πολύ περισσότερα αμινοξέα. Η πρωτεΐνη θα διπλωθεί στον χώρο σε παράξενα σχήματα, ανάλογα με τις χημικές ιδιότητες των αμινοξέων που περιέχει και τη θέση καθενός στην αλυσίδα της. Οι πρωτεΐνες είναι οι δομικές μονάδες όλων των συστατικών των οργανισμών και εκτελούν επιπλέον ένα σωρό άλλες λειτουργίες, απαραίτητες για την ανάπτυξη και τη ζωή κάθε ζωντανού όντος, όπως η κατάλυση χημικών αντιδράσεων. Να τονίσω ότι η διαδικασία παραμένει σχεδόν ίδια σε όλους τους οργανισμούς, με ελάχιστες παραλλαγές, για κάπου τέσσερις δεκατομμύρια περιστροφές της Γης γύρω από τον Ήλιο. Έχει σημασία να παρατηρήσουμε ότι όσα αμινοξέα παράγονται από αυτή τη διαδικασία στους ζωντανούς οργανισμούς έχουν την ίδια χημική αξονική συμμετρία, την ίδια εναντιομέρεια, και είναι αριστερόστροφα, κάτι που προέκυψε τυχαία στην αρχή της ζωής κι έκτοτε διατηρήθηκε. Αντιθέτως, ορισμένα αμινοξέα που παράγονται στους οργανισμούς μέσα από άλλες διαδικασίες, δηλαδή από υλικά του περιβάλλοντος, μπορεί να είναι είτε αριστερόστροφα είτε δεξιόστροφα.

Η σειρά των βάσεων στο αρχικό μεγάλο μόριο με τη μορφή σκάλας είναι στην ουσία το «πρόγραμμα», ο «κώδικας» ο οποίος περιγράφει κάθε οργανισμό, αλλά και κάτι που μεταφέρεται, δηλαδή κληρονομείται, σε κάθε πράξη αναπαραγωγής. Όταν

πρέπει να αναπαραχθεί ένα κύτταρο, ανοίγει εκ νέου η σκάλα και με έναν περίτεχνο τρόπο που περιλαμβάνει ανάλογες διαδικασίες διαβάσματος, κάθε σκέλος της αντιγράφεται, ώστε τελικά να φτιαχτούν δύο σκάλες. Καθεμία από αυτές θα πάει στον έναν από τους δύο απογόνους κάθε μονάδας. Δεν χρειάζεται εδώ να υπεισέλθω σε περισσότερες τεχνικές λεπτομέρειες. Εάν ενδιαφέρεστε να μάθετε τις ιδιαιτερότητες και τις παραξενιές αυτών των διαδικασιών, μπορείτε να ενωθείτε με τον φωτοδίσκο και να τις δείτε καθώς εκτυλίσσονται.

Το μόνο που θα προσθέσω είναι ότι όλες οι χημικές διαδικασίες που συμβαίνουν στα κύτταρα χρειάζονται ενέργεια για να πραγματοποιηθούν· την αποκτούν με τη μεσολάβηση ενός άλλου εκπληκτικού μορίου, της ΑΤΡ, φτιαγμένου έτσι ώστε να παίρνει και να δίνει ηλεκτρόνια, ανάλογα με το πού χρειάζεται να δαπανηθεί ενέργεια. Οι χημικές αντιδράσεις που αποδίδουν ενέργεια, στην ουσία την αποθηκεύουν σε τέτοια μόρια, τα οποία φαίνεται να είναι εξίσου σημαντικά με τη σκάλα για την ύπαρξη ζωής στη Γη.

Όσο παράλογος κι αν φαίνεται ένας τόσο πολύπλοκος τρόπος λειτουργίας των γήινων οργανισμών, δεν παύει να έχει μοναδική ομορφιά που μόνον όσοι έχουν εντρυφήσει στη χημεία της ζωής μπορούν να συλλάβουν. Ωστόσο, είμαστε όλοι σε θέση να αντιληφθούμε πως υπάρχει σαφής κώδικας για κάθε μορφή γήινης ζωής, του οποίου η αντιγραφή κατά την αναπαραγωγή είναι εξαιρετικά αξιόπιστη και σχεδόν αλάνθαστη (με έμφαση σε αυτό το σχεδόν!). Αν δεν γινόταν κανένα λάθος, η ζωή στη Γη ή θα είχε εξαφανιστεί πολύ σύντομα ή θα είχε μείνει στο επίπεδο των μικρών, μονοκύτταρων οργανισμών, όπως ίσως συνέβη στον τέταρτο πλανήτη του συστήματος. Αιτία αυτής της κατάστασης είναι οι συνεχώς μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και το τεράστιο εύρος των αλλαγών τους, στις οποίες θα

ήταν αδύνατον να αντεπεξέλθουν οργανισμοί που δεν θα έκαναν και κάποια λάθη στο διάβασμα του κώδικα.

Όλοι γνωρίζετε τον παγκόσμιο αλγόριθμο της διαφορικής αναπαραγωγικής επιτυχίας, ο οποίος ισχύει σε οποιοδήποτε σύστημα συμβαίνει αναπαραγωγή παραλλαγών. Οι παραλλαγές που τα καταφέρνουν καλύτερα στις συνθήκες όπου βρίσκονται αφήνουν περισσότερα αντίγραφα τους. Μερικές φορές, απλώς και μόνο για στατιστικούς λόγους, αφήνουν περισσότερα αντίγραφα και ορισμένες παραλλαγές οι οποίες μπορεί να μην εμφανίζονται πλεονέκτημα. Όπως και να 'χει, για να εφαρμοστεί ο αλγόριθμος σε οργανισμούς με χαρακτηριστικά αντίστοιχα των γήινων, πρέπει ανάμεσά τους να παράγεται συνεχώς αρκετή ποικιλομορφία. Φυσικά, η κοσμική ακτινοβολία και η ραδιενέργεια προκαλούν ασταμάτητα αλλαγές στα μόρια-σκάλες. Οι αλλαγές αυτές, ωστόσο, δεν μπορούν να εξασφαλίσουν την αναγκαία ποικιλομορφία, δεδομένου ότι επιδιορθώνονται διαρκώς μέσα από μια άλλη έξυπνη διαδικασία που μπορείτε επίσης να δείτε στον φωτοδίσκο. Αν δεν επιδιορθώνονταν, τα γενετικά προγράμματα θα κατέρρεαν και θα ήταν αδύνατη η λειτουργία των οργανισμών, αφού η επίδραση της ακτινοβολίας είναι διαρκής και συγκριτικά ισχυρή. Ως εκ τούτου, η ισορροπία ανάμεσα στην επιδιόρθωση και την ανάγκη για ποικιλομορφία επιτυγχάνεται χάρη σε μικρά λάθη που γίνονται κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής. Εκεί, άλλες φορές ταιριάζει λάθος βάση στη θέση της συμπληρωματικής, κι άλλοτε ένα μικρό κομμάτι της κεντρικής αλυσίδας κόβεται και χάνεται εντελώς ή μετακινείται σε διαφορετική θέση, αλλάζοντας τον τρόπο που διαβάζονται οι τριάδες. Ωστόσο παρατηρούνται και άλλου είδους σφάλματα, οι λεγόμενες μεταλλάξεις, οι οποίες τις περισσότερες φορές καταδικάζουν τους οργανισμούς σε θάνατο ή σε σοβαρή δυσλειτουργία, οπότε και χάνονται χωρίς συνέχεια στον χρόνο.

Να διευκρινίσω εδώ ότι ο θάνατος στη Γη δεν προκαλείται μόνο από ατυχήματα, όπως στο δικό μας και σε πολλά άλλα συστήματα. Αυτό που θα εξηγήσω αργότερα είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος κάθε οργανισμού, με την εξαίρεση των απλούστερων μονοκύτταρων, πεθαίνει στο πλαίσιο της κανονικής διαδικασίας μέσω της οποίας εκδηλώνεται η ζωή! Δηλαδή, περιοδικά, το μεγαλύτερο μέρος των περισσότερων οργανισμών αφήνεται στη δράση της εντροπίας και αυτό που παραμένει, σε όσους τα καταφέρνουν, είναι μόνο ένα σημαντικό μέρος του προγράμματος κατασκευής και λειτουργίας τους, δηλαδή του γενετικού υλικού τους. Αυτή η φαινομενικά παράδοξη κατάσταση έχει τις ρίζες της στην ιδιαίτερη εξελικτική πορεία που ακολούθησε η ζωή στη Γη.