

- 4.1 Οι Δομές των Νουκλεϊκών Οξέων Αντανακλούν τις Λειτουργίες τους
- 4.2 Τα Μικρά Μόρια της Ζωής Δημιουργήθηκαν κατά την Πρώιμη Εποχή της Γης
- 4.3 Τα Μεγάλα Μόρια της Ζωής Προήλθαν από Μικρά Μόρια
- 4.4 Τα Κύτταρα Προήλθαν από τους Μοριακούς Δομικούς τους Λίθους

Νουκλεϊκά Οξέα και η Προέλευση της Ζωής

Η φωτογραφία της επιφάνειας του Άρη ελήφθη το 2012 από φωτογραφική μηχανή τοποθετημένη στο ρομποτικό όχημα Curiosity της NASA. Παρατηρήστε τα βουνά στο βάθος της εικόνας.

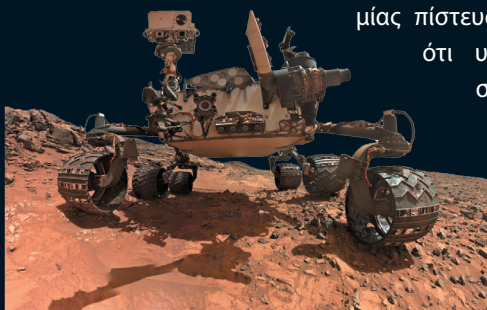
► διερευνώντας τη ζωή

Αναζητώντας ζωή

Επάνω στη Γη μπορεί οπουδήποτε κάποιος να βρει οργανισμούς και τη χημική υπογραφή της ζωής – ακόμα και βαθιά στη θάλασσα, μέσα σε ηφαίστεια, κάτω από τους πάγους και στον εναέριο χώρο. Ο προσδιορισμός της προέλευσης της ζωής είναι δύσκολος γιατί (με λίγες εξαιρέσεις) οι απλοί οργανισμοί που έζησαν πρώτοι δεν άφησαν απολιθώματα. Στον Άρη όμως τα πράγματα μπορεί να είναι διαφορετικά.

Ο Άρης εντυπωσιάζει τους επιστήμονες (και τους συγγραφείς έργων επιστημονικής φαντασίας) από τη στιγμή της ανακάλυψής του από τους αστρονόμους, περισσότερο από 3000 χρόνια πριν. Ένας κρύος πλανήτης, διαθέτει γεωλογία η οποία έχει αλλάξει πολύ λίγο εδώ και αρκετά δισεκατομμύρια έτη και άρα οποιεσδήποτε ενδείξεις ζωής μπορεί να έχουν διατηρηθεί. Έως το τέλος του δέκατου ενάτου αιώνα,

διακεκριμένοι καθηγητές αστρονομίας πίστευαν σταθερά ότι υπήρχε ζωή στον Άρη, με βάση τις παρατηρήσεις μέσω της τηλεσκοπίας



ων τα οποία έδειχναν πολικές εστίες πάγου που άλλαζαν με τις εποχές, σκοτεινότερες περιοχές που πίστευαν ότι ήταν νερό σε υγρή μορφή και ακόμα και σημάνσεις που έμοιαζαν με κανάλια.

Καλύτερα τηλεσκόπια, χημικές αναλύσεις βασισμένες σε εκπομπές φωτονίων (φασματοσκοπία), δορυφόροι σε τροχιά γύρω από τον πλανήτη και οχήματα προσεδάφισης ελεγχόμενα από τη Γη έβαλαν ένα τέλος σε πολλές από τις αρχικές ιδέες σχετικά με την ύπαρξη ζωής στον Άρη, αλλά η πρόκληση της εύρεσης ζωής στο παρόν ή στο παρελθόν στον συγκεκριμένο πλανήτη παραμένει. Η αναζήτηση περιστρέφεται γύρω από την ανεύρεση οργανισμών, ενδείξεων πρόσφατου ή παλαιότερου περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορούσε να υπάρχει ζωή, και χημικών υπογραφών παρουσίας ή παρελθούσας ζωής.

Αντίθετα με τη Γη, ο Άρης τώρα δε διαθέτει μαγνητικό πεδίο προστασίας έναντι της κοσμικής ακτινοβολίας που έρχεται από το διάστημα. Η επιφάνειά του βάλλεται από πολύ υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας, γεγονός που την καθιστά αφιλόξενη για τη ζωή. Έτσι, οποιαδήποτε μορφή ζωής θα πρέπει να υπάρχει κάτω από την επιφάνεια του πλανήτη όπου η ακτινοβολία είναι σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα.



Μπορούμε να βρούμε ενδείξεις ζωής στον Άρη;

Εφόσον η ζωή όπως την ξέρουμε απαιτεί νερό, το να προσδιορίσουμε κατά πόσο ο Άρης έχει ή είχε ποτέ νερό αποτελεί ένα βασικό ζήτημα. Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει νερό στην επιφάνειά του – στους πόλους, παγωμένο, και σε υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Υπάρχουν, επίσης, ενδείξεις για την παρουσία σταγόνων νερού στην επιφάνεια οι οποίες παραμένουν σε υγρή μορφή στο κρύο περιβά-

λον λόγω υψηλής συγκέντρωσης αλάτων. Η ανακάλυψη μεθανίου (CH_4) στην ατμόσφαιρα του Άρη έχει προκαλέσει επιπλέον ενθουσιασμό και προβληματισμό. Μπορεί αυτό το μεθάνιο να αποτελεί παραπροϊόν κάποιας οργανικής αντίδρασης; Η αναζήτηση για αποδείξεις ύπαρξης των χημικών στοιχείων της ζωής (C, H, O, P, N και S) τα οποία παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 συνεχίζεται.

Βασική έννοια

4.1

Οι Δομές των Νουκλεϊκών Οξέων Αντανακλούν τις Λειτουργίες Τους

Τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν τον γενετικό κώδικα της ζωής. Από την ιατρική έως την εξέλιξη και από τη γεωργία έως την εγκληματολογία, οι ιδιότητες των νουκλεϊκών οξέων επηρεάζουν τις ζωές μας καθημερινά. Η έννοια της «πληροφορίας» εισήχθη στο βιολογικό λεξιλόγιο μέσω των νουκλεϊκών οξέων, τα οποία έχουν τη μοναδική ικανότητα κωδικοποίησης και μεταβίβασης της βιολογικής πληροφορίας.

Εστιάστε τη μάθησή σας

- Η δομή του DNA και του RNA διευκολύνει τις λειτουργίες της αποθήκευσης και της μεταβίβασης της γενετικής πληροφορίας.
- Η συμπληρωματικότητα μεταξύ των νουκλεοτιδίων του DNA και του RNA παρέχει την απαιτούμενη δομή για τη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας.
- Η αλληλουχία των βάσεων των νουκλεοτιδίων του DNA παρέχει την απαραίτητη χημική ποικιλομορφία για την αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας.
- Διαφορετικά νουκλεοτίδια από εκείνα εντός του DNA και του RNA επιτελούν διάφορες λειτουργίες μέσα στο κύτταρο.

Τα νουκλεϊκά οξέα είναι πληροφοριακά μακρομόρια

Τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή που εξειδικεύονται στην αποθήκευση, στη μεταβίβαση και στη χρήση της γενετικής πληροφορίας. Υπάρχουν δύο κατηγορίες αυτών: το DNA (δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ) και το RNA (ριβονουκλεϊκό οξύ). Αν και έχετε ακούσει γι' αυτό σε αμέτρητες μεταφορικές δηλώσεις για την ουσία κάποιου («είναι στο DNA του/»ης»), το DNA είναι, πρώτα και κύρια, ένα μακρομόριο. Η δομή του κωδικοποιεί κληρονομικές πληροφορίες τις οποίες μεταβιβάζει από γενιά σε γενιά. Μέσω των ενδιάμεσων RNA, η πληροφορία που κωδικοποιείται στο DNA καθορίζει τις αλληλουχίες των αμινοξέων των πρωτεϊνών κι ελέγχει την έκφραση (δηλαδή τη σύνθεση) άλλων RNAs. Στο Κεφάλαιο 11 θα μάθετε πώς, κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης και αναπαραγωγής, οι πληροφορίες του DNA του

προγονικού κυττάρου διατηρούνται όταν το κύτταρο αλλά και το ίδιο το DNA διπλασιάζονται για να σχηματιστούν δύο θυγατρικά κύτταρα. Στο Κεφάλαιο 13 περιγράφεται ο τρόπος ροής της πληροφορίας από το DNA στο RNA και στις πρωτεΐνες, οι οποίες τελικά διεκπεραιώνουν πολλές από τις λειτουργίες της ζωής. Εδώ εστιάζουμε στη χημεία των νουκλεϊκών οξέων, αποκαλύπτοντας το πώς οι δομές τους αντανακλούν τις λειτουργίες τους.

Τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή τα οποία αποτελούνται από μονομερή, τα νουκλεοτίδια. Ένα **νουκλεοτίδιο** διαθέτει τρία συστατικά: μία αζωτούχο **βάση**, ένα σάκχαρο πεντόζης και από μία έως τρεις φωσφορικές ομάδες (**Εικόνα 4.1**). Τα μόρια που αποτελούνται από ένα σάκχαρο πεντόζης και μία αζωτούχο βάση — αλλά χωρίς φωσφορικές ομάδες — ονομάζονται **νουκλεοσίδια**. Τα νουκλεοτίδια που σχηματίζουν τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν μόνο μία φωσφορική ομάδα — είναι **μονοφωσφορικά νουκλεοσίδια**.

Οι βάσεις των νουκλεϊκών οξέων εμφανίζουν έναν από τους δύο χημικούς τύπους: έναν μονό δακτύλιο αποτελούμενο από έξι άτομα που λέγεται **πυριμιδίνη** ή έναν σύνθετο διπλό δακτύλιο που λέγεται **πουρίνη** (βλ. Εικόνα 4.1). Στο DNA το σάκχαρο πεντόζης είναι η **δεοξυριβόζη**, η οποία διαφέρει από τη **ριβόζη** που απαντάται στο RNA, από την απουσία ενός ατόμου οξυγόνου (βλ. Εικόνα 3.16).



Δραστηριότητα 4.1 Οι Δομικοί Λίθοι των Νουκλεϊκών Οξέων

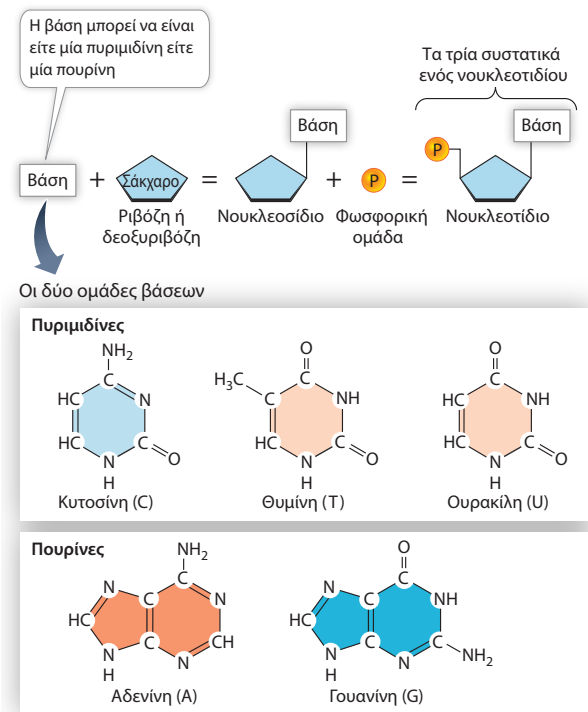
www.Life11e.com/ac4.1



Animation 4.1 Νουκλεϊκά Οξέα

www.Life11e.com/a4.1

Ένα νουκλεϊκό οξύ σχηματίζεται όταν μονομερή νουκλεοτιδίων προστίθενται, ένα κάθε φορά, σε μία υπάρχουσα αλυσίδα. Το σάκχαρο πεντόζης στο τελευταίο νουκλεοτίδιο μίας υπάρχουσας αλυσίδας και η φωσφορική ομάδα του νέου νουκλεοτιδίου που προστίθεται υφίστανται μία αντίδραση συμπύκνωσης (δηλαδή αφαιρείται H_2O , βλ. Εικόνα 3.4) και ο δεσμός που σχηματίζεται ονομάζεται **φωσφοδιεστερικός δεσμός** (**Εικόνα 4.2**). Η φωσφορική ομάδα του εισερχόμενου νουκλεοτιδίου συνδέεται στο 5' άτομο άνθρακα του σακχάρου του και η σύνδεση πραγματοποιείται μεταξύ αυτού και του 3' άνθρακα του



RNA τα οποία ρυθμίζουν την έκφραση γονιδίων και συνθετικά μόρια DNA τα οποία χρησιμοποιούνται για τον πολλαπλασιασμό και την ανάλυση άλλων, μεγαλύτερου μεγέθους νουκλεοτιδικών αλληλουχιών.

- Στα πολυνουκλεοτίδια, τα οποία συνήθως αναφέρονται ως νουκλεϊκά οξέα, περιλαμβάνονται το DNA και μερικά RNA. Τα πολυνουκλεοτίδια μπορεί να είναι πολύ μακριά και πράγματι αποτελούν τα μακρύτερα πολυμερή των ζωντανών οργανισμών. Μερικά μόρια DNA στον άνθρωπο περιέχουν εκατοντάδες εκατομμύρια νουκλεοτίδια.

Το ζευγάρισμα των βάσεων συμβαίνει τόσο σε DNA και σε RNA μόρια

Το DNA και το RNA διαφέρουν σε ορισμένο βαθμό στις ομάδες των σακχάρων τους, στις βάσεις και στη δομή της αλυσίδας (Πίνακας 4.1). Στο DNA απαντούν τέσσερις βάσεις: **αδενίνη (A)**, **κυτοσίνη (C)**, **γουανίνη (G)** και **θυμίνη (T)**. Το RNA αποτελείται επίσης από τέσσερα διαφορετικά μονομερή, αλλά στα νουκλεοτίδιά του περιλαμβάνεται **ουρακίλη (U)** αντί για θυμίνη.

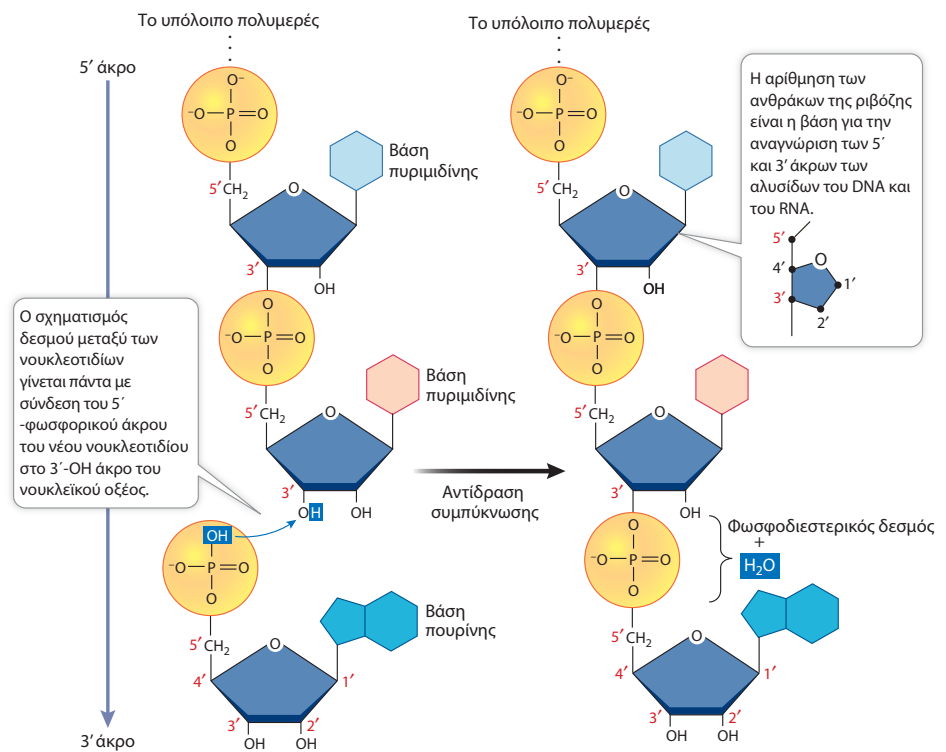
Εικόνα 4.1 Χημεία των νουκλεοτιδίων Τα μονομερή νουκλεοτίδια, που το καθένα αποτελείται από μία βάση, ένα σάκχαρο και μία φωσφορική ομάδα, είναι τα δομικά υλικά των πολυμερών DNA και RNA. Οι βάσεις ανήκουν σε δύο ομάδες: τις πυριμιδίνες και τις πουρίνες.

Εικόνα 4.2 Σύνδεση μεταξύ των νουκλεοτιδίων Η ανάπτυξη ενός νουκλεϊκού οξέος (RNA σε αυτή τη φωτογραφία) από τα μονομερή του γίνεται με κατεύθυνση από το 5' (φωσφορικό) άκρο προς το 3' (υδροξυλικό) άκρο. Σημειώστε ότι το νουκλεοτίδιο που προστίθεται δεν είναι από την αρχή μονοφωσφορικό αλλά τριφωσφορικό. Οι λεπτομέρειες της διαδικασίας αυτής θα συζητηθούν στο Κεφάλαιο 13.

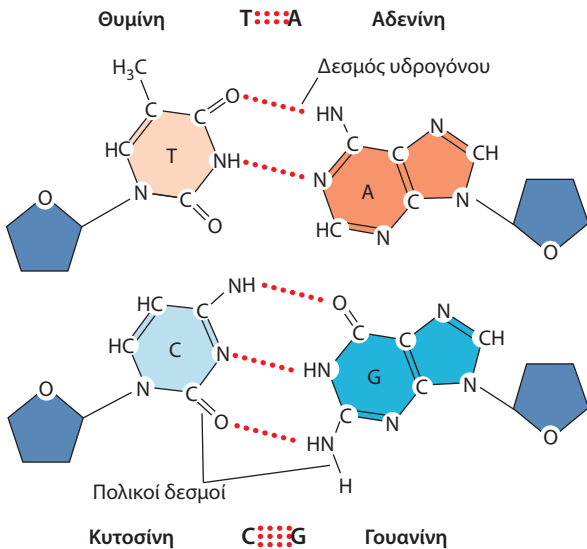
τελευταίου σακχάρου της υπάρχουσας αλυσίδας. Λόγω του ότι κάθε νουκλεοτίδιο προστίθεται στον 3' άνθρακα του τελευταίου σακχάρου, τα νουκλεϊκά οξέα αναφέρεται ότι **επιμηκύνονται με κατεύθυνση 5' προς 3'**.

Όπως συμβαίνει και με τους υδατάνθρακες (βλ. Βασική Έννοια 3.3), τα νουκλεϊκά οξέα μπορεί να ποικίλλουν σε μέγεθος. Τα ολιγονουκλεοτίδια είναι σχετικά μικρά, με περίπου 20 μονομερή νουκλεοτιδίων, ενώ τα πολυνουκλεοτίδια μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα.

- Στα ολιγονουκλεοτίδια περιλαμβάνονται και μόρια RNA τα οποία λειτουργούν ως «εκκινήτες» για να ξεκινήσουν τον διπλασιασμό του DNA, μόρια



Ένα σημαντικό σημείο για την κατανόηση της δομής και λειτουργίας των νουκλεϊκών οξέων είναι η αρχή της **συμπληρωματικότητας των βάσεων**. Στο DNA ενώνονται η θυμίνη με την αδενίνη (T-A) και η κυτοσίνη με τη γουανίνη (C-G). Στο RNA τα ζευγάρια είναι A-U και G-C.



Τα ζεύγη των βάσεων συγκρατούνται μεταξύ τους κυρίως με δεσμούς υδρογόνου. Όπως μπορείτε να δείτε, υπάρχουν πολικοί C=O και N-H ομοιοπολικοί δεσμοί στις βάσεις. Αυτοί μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου μεταξύ του δ⁻ πάνω σε ένα οξυγόνο ή ένα άζωτο μίας βάσης και του δ⁺ πάνω σε ένα υδρογόνο μίας άλλης βάσης.

Οι ατομικοί δεσμοί υδρογόνου είναι σχετικά ασθενείς, αλλά υπάρχουν τόσο πολλοί στα μόρια DNA και RNA που συνολικά παρέχουν μία σημαντική δύναμη έλξης, η οποία μπορεί να κρατά ενωμένες τις δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες ή μία αλυσίδα που αναδιπλώνεται με τον εαυτό της. Η έλξη αυτή, όμως, δεν είναι τόσο ισχυρή όσο ένας ομοιοπολικός δεσμός. Αυτό σημαίνει ότι τα ζεύγη των βάσεων είναι σχετικά εύκολο να αποχωριστούν με μία μέτρια προσθήκη ενέργειας. Όπως θα δείτε, η διάσπαση και ο σχηματισμός των δεσμών υδρογόνου στα νουκλεϊκά οξέα είναι ζωτικής σημασίας για τον ρόλο τους στα ζωντανά συστήματα.

RNA Αν και το RNA είναι γενικά μονόκλωνο (Εικόνα 4.3A), ζευγάρωμα μεταξύ των βάσεων μπορεί να συμβεί μεταξύ διαφορετικών περιοχών του μορίου. Κάποια μέρη ενός μονόκλωνου μορίου RNA μπορεί να αναδιπλωθούν και να ζευγαρώσουν μεταξύ τους (Εικόνα 4.3B). Άρα ο σχηματισμός συμπληρωματικών δεσμών υδρογόνου μεταξύ ριβονουκλεοτιδίων παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τρισδιάστατης δομής ορισμένων μορίων RNA. Ζευγάρωμα μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων μπορεί επίσης να συμβεί μεταξύ ριβονουκλεοτιδίων και δεοξυριβονουκλεοτιδίων. Η αδενίνη σε μία αλυσίδα RNA μπορεί να σχηματίσει ζεύγος είτε με ουρακίλη (σε μία

άλλη αλυσίδα RNA) είτε με θυμίνη (σε μία αλυσίδα DNA). Παρομοίως, μία αδενίνη στο DNA μπορεί να ζευγαρώσει είτε με θυμίνη (στη συμπληρωματική αλυσίδα DNA) είτε με ουρακίλη (στο RNA).

DNA Συνήθως το *DNA είναι δίκλωνο. Αυτό σημαίνει ότι αποτελείται από δύο ξεχωριστές πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες ίδιου μήκους, οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των γειτονικών αζωτούχων βάσεων (Σημείο Εστίασης: Βασική Εικόνα 4.4A). Αντίθετα με την ποικιλομορφία της τρισδιάστατης δομής του RNA, το DNA είναι εξαιρετικά ομοιόμορφο. Τα ζεύγη των βάσεων A-T και G-C έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος (η καθεμία είναι μία πουρίνη που ζευγαρώνει με μία πυριμιδίνη) και οι δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες σχηματίζουν μία «σκάλα» η οποία περιτυλίγεται και σχηματίζει μία **διπλή έλικα** (Σημείο Εστίασης: Βασική Εικόνα 4.4B). Τα μόρια σακχάρου-φωσφορικής ομάδας σχηματίζουν τα πλαινά μέρη της σκάλας και οι βάσεις με τους δεσμούς υδρογόνου σχηματίζουν τα «σκαλοπάτια» στο εσωτερικό αυτής. Το DNA μεταφέρει τη γενετική πληροφορία στην αλληλουχία των ζευγών βάσεων και όχι στην τρισδιάστατη δομή του. Οι βασικές διαφορές ανάμεσα στα μόρια DNA είναι οι διαφορετικές αλληλουχίες των νουκλεοτιδικών τους βάσεων.

Πίνακας 4.1 Διακρίνοντας το RNA από το DNA

Νουκλεϊκό οξύ	Σάκχαρο	Βάσεις	Όνομα νουκλεοσιδίου	Αλυσίδες
RNA	Ριβόζη	Αδενίνη	Αδενοσίνη	Μία
		Κυτοσίνη	Κυτιδίνη	
		Γουανίνη	Γουανοσίνη	
		Ουρακίλη	Ουριδίνη	
DNA	Δεοξυριβόζη	Αδενίνη	Δεοξαδενοσίνη	Δύο
		Κυτοσίνη	Δεοξυκυτιδίνη	
		Γουανίνη	Δεοξυγουανοσίνη	
		Θυμίνη	Δεοξυθυμιδίνη	

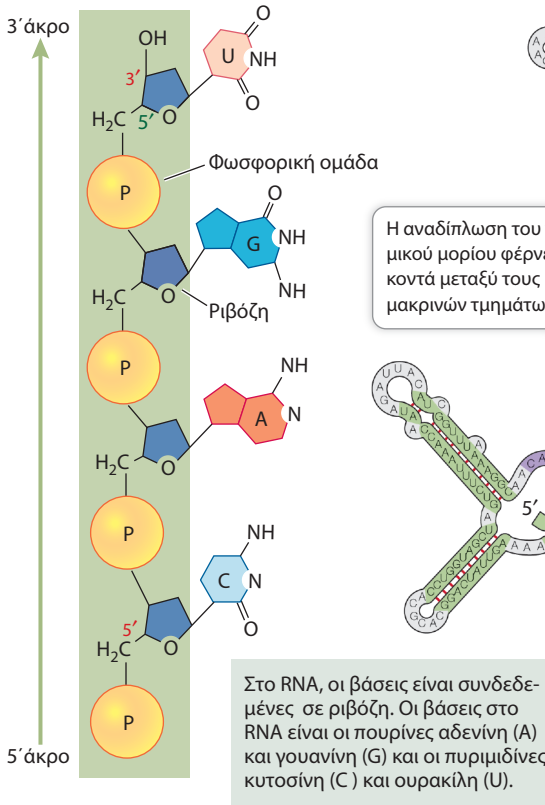
***συνδέστε τις έννοιες** Όπως εξηγείται στη Βασική Έννοια 13.2, οι δύο αλυσίδες του μορίου DNA ταιριάζουν τέλεια γιατί έχουν αντίθετες κατευθύνσεις — αυτό σημαίνει ότι είναι αντιπαράλληλες μεταξύ τους. Διατηρείται ίδια απόσταση μεταξύ των δύο αλυσίδων γιατί μια πουρίνη στη μία αλυσίδα βρίσκεται πάντοτε απέναντι από μια πυριμιδίνη στην άλλη.

Δραστηριότητα 4.2 Δομή DNA www.Life11e.com/ac4.2

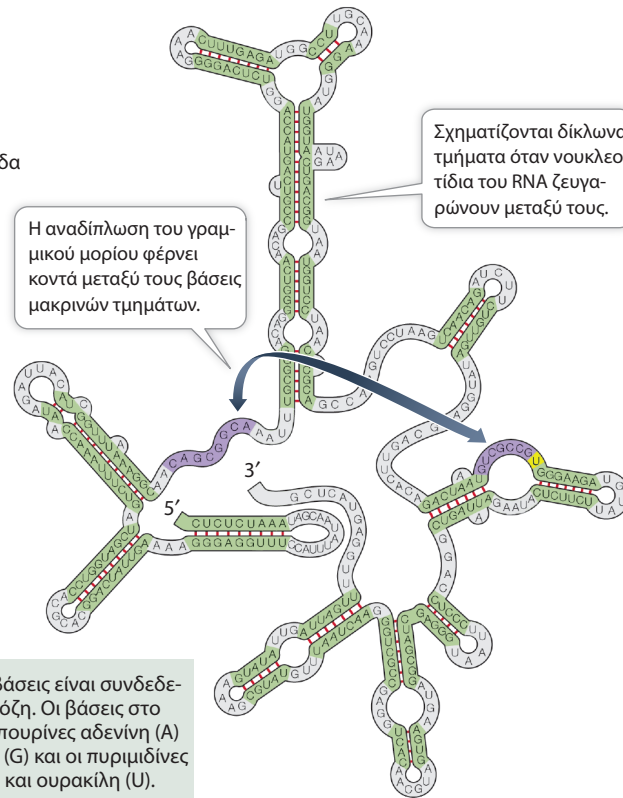
Το DNA μεταφέρει πληροφορίες και εκφράζεται μέσω του RNA

Το DNA είναι ένα πληροφοριακό μόριο. Η πληροφορία είναι αποθηκευμένη στην αλληλουχία των βάσεων που

(Α) Μονόκλωνο RNA



(Β) Ζευγάρισμα συμπληρωματικών βάσεων σε περιοχές ενός μορίου RNA

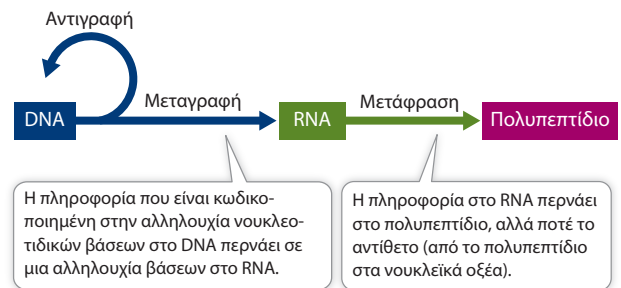


Εικόνα 4.3 RNA (Α) Το RNA είναι συνήθως μονόκλωνο. **(Β)** Όταν ένα μονόκλωνο RNA αναδιπλώνεται, σχηματίζονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων οι οποίοι μπορούν να το σταθεροποιήσουν σε ένα τρισδιάστατο σχήμα με πολύπλοκα επιφανειακά χαρακτηριστικά.

Ε: Τι θα συμβεί εάν θερμανθεί ένα μόριο RNA; Θυμηθείτε την επίδραση της θερμότητας στους δεσμούς υδρογόνου.

υπάρχουν στις αλυσίδες. Για παράδειγμα, η πληροφορία που εμπεριέχεται στην αλληλουχία TCAGCA είναι διαφορετική από την πληροφορία στην αλληλουχία CCAGCA. Το DNA μεταφέρει πληροφορίες με δύο τρόπους:

1. Το DNA μπορεί να αναπαραχθεί με ακρίβεια. Αυτή η διαδικασία, που ονομάζεται **αντιγραφή DNA**, επιτυγχάνεται με πολυμερισμό με τη χρήση της μιας αλυσίδας ως καλούπι για το ζευγάρισμα των βάσεων.
2. Συγκεκριμένες αλληλουχίες του DNA μπορούν να μετατραπούν σε RNA με μια διαδικασία που ονομάζεται **μεταγραφή**. Η νουκλεοτιδική αλληλουχία του RNA μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει μια αλληλουχία αμινοξέων σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα, με μια διαδικασία που ονομάζεται **μετάφραση**. Η όλη διαδικασία μεταγραφής και μετάφρασης αποκαλείται **γονιδιακή έκφραση**.



Οι λεπτομέρειες αυτών των σπουδαίων διαδικασιών περιγράφονται σε επόμενα κεφάλαια, αλλά είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσει κανείς δύο πράγματα στο σημείο αυτό:

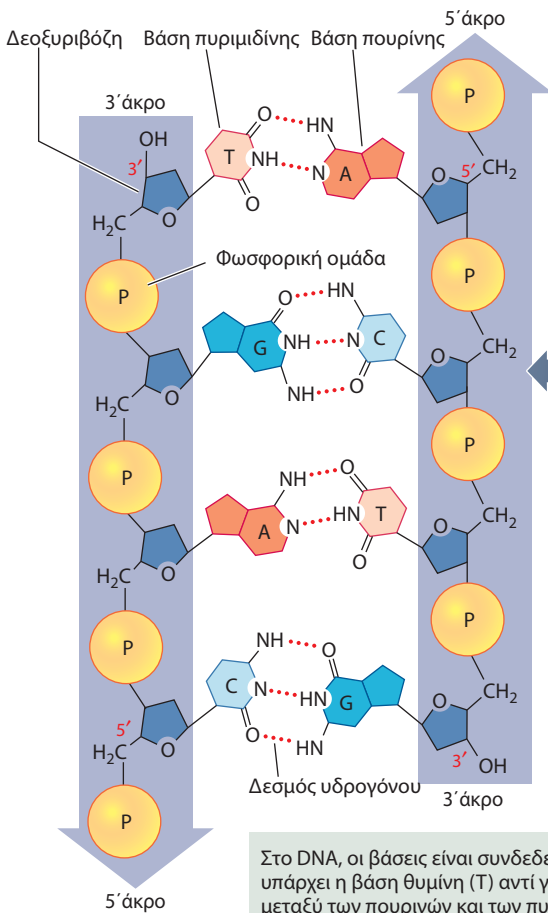
1. Η αντιγραφή και η μεταγραφή του DNA εξαρτώνται από την ιδιότητα της συμπληρωματικότητας των βάσεων των νουκλεϊκών οξέων. Θυμηθείτε ότι τα ζεύγη των βάσεων των δεσμών υδρογόνου είναι A-T και G-C στο DNA και A-U και G-C στο RNA. Σκεφτείτε, για παράδειγμα, το παρακάτω τμήμα δίκλωνου DNA:



Η μεταγραφή της κάτω αλυσίδας θα σχηματίσει ένα μονόκλωνο RNA με αλληλουχία 5'-UCAGCA-3'. Μπορείτε να βρείτε την αλληλουχία που θα σχηματίσει η μεταγραφή της επάνω αλυσίδας;

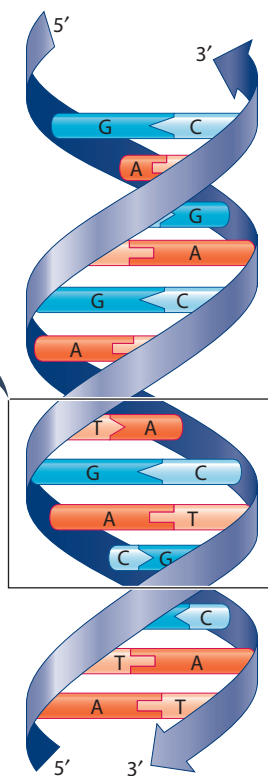
σημείο εστίασης: βασική εικόνα

(A) Μια γραμμική απεικόνιση δίκλωνου DNA



Στο DNA, οι βάσεις είναι συνδεδεμένες στη δεοξυριβόζη και υπάρχει η βάση θυμίνη (T) αντί για την ουρακίλη. Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των πουρινών και των πυριμιδινών συγκρατούν τις δύο αλυσίδες του DNA μεταξύ τους.

(B) Η διπλή έλικα του DNA



Εικόνα 4.4 DNA (A) Το DNA αποτελείται συνήθως από δύο αλυσίδες που είναι αντιπαράλληλες μεταξύ τους και συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των πουρινών και των πυριμιδινών τους. **(B)** Οι δύο αλυσίδες του DNA συσπειρώνονται σε μία δεξιόστροφη διπλή έλικα.

Ε: Για την αντιγραφή ή τη μεταγραφή το DNA πρέπει να «ξετυλιχτεί» για να εκτεθούν οι βάσεις. Τι δεσμοί πρέπει να σπάσουν για να γίνει αυτό;

Στον άνθρωπο, το γονίδιο που κωδικοποιεί την κύρια πρωτεΐνη των μαλλιών (κερατίνη) εκφράζεται στα κύτταρα του δέρματος που παράγουν τρίχες. Οι γενετικές πληροφορίες του γονιδίου που κωδικοποιεί την κερατίνη μεταγράφονται σε RNA και στη συνέχεια μεταφράζονται σε πολυπεπίδια κερατίνης. Σε άλλους ιστούς, όπως οι μύες, το γονίδιο της κερατίνης δε μεταγράφεται, σε αντίθεση με άλλα γονίδια, για παράδειγμα, τα γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες που βρίσκονται στους μυς αλλά όχι στο δέρμα ή στις τρίχες. Τα γονίδια αυτά ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται μέσω του ελέγχου της γονιδιακής έκφρασης που θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 16.

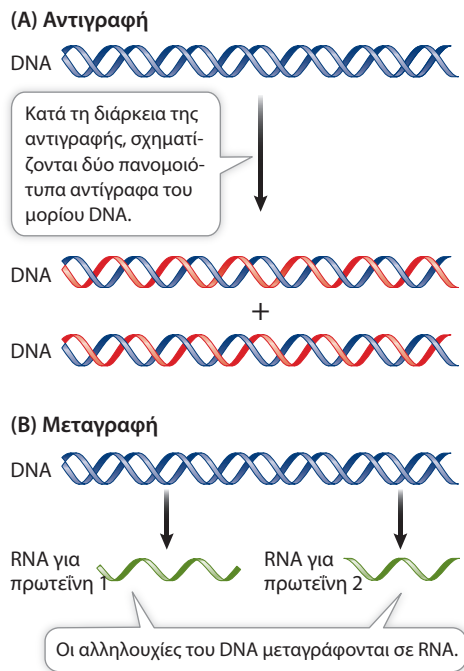
Οι αλληλουχίες των βάσεων του DNA αποκαλύπτουν εξελικτικές συσχετίσεις

Το DNA μεταφέρει κληρονομικές πληροφορίες από τη μια γενιά στην επόμενη, συγκεντρώνοντας σταδιακά αλλαγές στις αλληλουχίες των βάσεων του κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Μία σειρά μορίων DNA φτάνει μέχρι την αρχή της εξελικτικής πορείας κάθε οργανισμού στη Γη, περίπου πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι είδη οργανισμών με στενές σχέσεις έχουν περισσότερες παρόμοιες αλλη-

λουχίες DNA από είδη που δε σχετίζονται ιδιαίτερα. Το ίδιο ισχύει και για στενά συνδεδεμένα άτομα σε σχέση με λιγότερο συγγενικά εντός του ίδιου είδους οργανισμών. Οι λεπτομέρειες σχετικά με το πώς οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις πληροφορίες αυτές θα καλυφθούν στο Κεφάλαιο 24.

Βελτιωμένες τεχνικές αλληλούχισης και ανάλυσης του DNA με υπολογιστικά προγράμματα έχουν επιτρέψει στους επιστήμονες τον προσδιορισμό όλων των αλληλουχιών των βάσεων του DNA –του γονιδιώματος– αρκετών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου του οποίου το γονιδίωμα περιέχει περίπου 3 δισεκατομμύρια

2. Στην αντιγραφή του DNA συνήθως συμμετέχει ολόκληρο το μόριο του DNA. Λόγω του ότι το DNA περιέχει εξαιρετικά σημαντικές πληροφορίες, θα πρέπει να αντιγραφεί πλήρως και με ακρίβεια έτσι ώστε κάθε νέο κύτταρο ή νέος οργανισμός να παραλάβει ένα πλήρες σέτ του DNA από τον γονέα του (Εικόνα 4.5A). Το συνολικό DNA ενός ζωντανού οργανισμού ονομάζεται **γονιδίωμα** αυτού. Εντούτοις, δε χρειάζεται όλη η πληροφορία του γονιδιώματος όλες τις στιγμές και σε όλους τους ιστούς, και μόνο μικρές περιοχές του DNA μεταγράφονται σε μόρια RNA. Οι αλληλουχίες του DNA που μεταγράφονται σε RNA ονομάζονται **γονίδια** (Εικόνα 4.5B).



Εικόνα 4.5 Αντιγραφή και Μεταγραφή του DNA Το DNA συνήθως αντιγράφεται στο σύνολό του (A) αλλά μεταγράφεται μόνο μερικώς (B). Μετάγραφα RNA παράγονται από γονίδια τα οποία κωδικοποιούν για συγκεκριμένες πρωτεΐνες. Η μεταγραφή διάφορων γονιδίων συμβαίνει σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, και σε διαφορετικά κύτταρα μέσα στο σώμα όσον αφορά τους πολυκύτταρους οργανισμούς.

Ε: Τι νομίζετε ότι καθορίζει το αν ένα συγκεκριμένο κύτταρο μεταγράφει μία αλληλουχία DNA σε RNA;

ζεύγη βάσεων. Οι μελέτες αυτές επιβεβαίωσαν πολλές εξελικτικές συσχετίσεις οι οποίες είχαν προηγουμένως εξαχθεί από πιο παραδοσιακές συγκρίσεις δομής, βιοχημείας και φυσιολογίας. Για παράδειγμα, παραδοσιακές συγκρίσεις έχουν δείξει ότι ο πιο στενός εν ζωή συγγενής του ανθρώπου (*Homo sapiens*) είναι ο χιμπατζής (γένος *Pan*). Πράγματι, το γονιδίωμα του χιμπατζή διαθέτει περισσότερο από 98% κοινές αλληλουχίες DNA με το γονιδίωμα του ανθρώπου. Ολοένα και περισσότερο οι επιστήμονες ανατρέχουν στην ανάλυση του DNA για να αποκαλύψουν εξελικτικές συσχετίσεις όταν οι άλλες συγκρίσεις δεν είναι εύκολες ή δεν καταλήγουν σε συμπεράσματα. Για παράδειγμα, μελέτες στο DNA αποκάλυψαν μία στενή σχέση ανάμεσα στα ψαρόνια και στα κοτσύφια η οποία δεν αναμενόταν με βάση την ανατομία και τη συμπεριφορά τους.

Τα νουκλεοτίδια έχουν άλλους σημαντικούς ρόλους

Τα νουκλεοτίδια είναι κάτι παραπάνω από απλοί δομικοί λίθοι των νουκλεϊκών οξέων. Όπως θα περιγράψουμε σε επόμενα κεφάλαια, υπάρχουν αρκετά νουκλεοτίδια (ή τροποποιημένα νουκλεοτίδια) με διαφορετικές λειτουργίες:

- Το ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη) λειτουργεί ως παράγοντας μεταφοράς ενέργειας σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις (βλ. Βασική Έννοια 8.2).
- Το GTP (τριφωσφορική γουανοσίνη) λειτουργεί ως πηγή ενέργειας, ιδιαίτερα στη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης. Επίσης διαδραματίζει ρόλο στη μεταφορά της πληροφορίας από το περιβάλλον στα κύτταρα (βλ. Βασική Έννοια 7.2).
- Το cAMP (κυκλική μονοφωσφορική αδενοσίνη) είναι ένα ειδικό νουκλεοτίδιο με έναν επιπλέον δεσμό μεταξύ του σακχάρου και της φωσφορικής ομάδας. Είναι απαραίτητο σε αρκετές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των δράσεων των ορμονών και της μεταβίβασης των πληροφοριών από το νευρικό σύστημα (βλ. Βασική Έννοια 7.3).
- Τα νουκλεοτίδια έχουν ρόλο μεταφορέα κατά τη σύνθεση και διάσπαση υδατανθράκων και λιπιδίων.

4.1 ανακεφαλαίωση

Τα νουκλεϊκά οξέα DNA και RNA είναι πολυμερή τα οποία σχηματίζονται από νουκλεοτιδικά μονομερή. Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων στο DNA μεταφέρει τις πληροφορίες μέσω του RNA για τον προσδιορισμό της πρωτογενούς δομής των πρωτεϊνών. Η γενετική πληροφορία στο DNA μεταδίδεται από γενιά σε γενιά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση των εξελικτικών συσχετίσεων.

μαθησιακοί στόχοι

- Θα πρέπει να είστε σε θέση να:
 - Εξηγήσετε τη διαφορά μεταξύ πουρινών και πυριμιδινών.
 - Εξηγήσετε το πώς κωδικοποιείται η βιολογική πληροφορία στο DNA.
 - Αναγνωρίσετε τις κυτταρικές λειτουργίες των νουκλεοτιδίων εκτός της επεξεργασίας της γενετικής πληροφορίας.

1. Ποιες είναι οι σημαντικές διαφορές μεταξύ πουρινών και πυριμιδινών και πώς σχετίζεται αυτό με τη δομή του DNA;
2. Πώς μπορούν τα μόρια DNA να είναι τόσο διαφορετικά, αν και εμφανίζουν τόσες ομοιότητες στη δομή τους;
3. Μονόκλωνα νουκλεϊκά οξέα μήκους περίπου 25 βάσεων ονομάζονται απταμερή. Δεδομένου ότι είναι πιθανές πολλές αλληλουχίες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα απταμερή για να συνδεθούν με συγκεκριμένους στόχους είτε ως φάρμακα σε μία πρωτεΐνη στόχο είτε για ποσοτικοποίηση ενός μικρού μορίου σε ιστούς ή υγρά. Πώς γίνεται τα απταμερή να διαθέτουν τόσο μεγάλη ποικιλομορφία και ειδικότητα για σύνδεση με το DNA;

Έχουμε δει ότι τα νουκλεϊκά οξέα RNA και DNA μεταφέρουν το σχεδιάγραμμα της ζωής και ότι η κληρονομικότητα αυτών των μακρομορίων έχει τις ρίζες της στην αρχή της εξέλιξης της ζωής. Αλλά πότε, πού και πώς εμφανίστηκαν τα νουκλεϊκά οξέα στη Γη; Πώς σχηματίστηκαν αρχικά τα δομικά στοιχεία της ζωής, όπως τα αμινοξέα και τα σάκχαρα;

Βασική έννοια

4.2

Τα Μικρά Μόρια της Ζωής Δημιουργήθηκαν Κατά την Πρώιμη Εποχή της Γης

Μάθαμε στο Κεφάλαιο 2 ότι τα συστατικά των ζωντανών οργανισμών είναι τα ίδια με εκείνα του ανόργανου σύμπαντος (π.χ. C, H, O, P, N και S). Όμως, συνήθως, η διευθέτηση αυτών των ατόμων σε μόρια είναι μοναδική στα βιολογικά συστήματα. Δεν είναι δυνατόν να βρεθούν βιολογικά μόρια, όπως οι πρωτεΐνες, σε άβια ύλη, εκτός αν έχουν προέλθει από έναν άλλοτε ζωντανό οργανισμό.

Εστιάστε τη μάθησή σας

- Χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά δεδομένα για την απόρριψη της ιδέας ότι η ζωή μπορεί να προέρχεται από αβιοτικά υλικά.
- Δεν υπήρχε πάντοτε νερό στη Γη και η παρουσία του στον πλανήτη ήταν απαραίτητη προτού εμφανιστεί ζωή.
- Πειραματικά δεδομένα υποστηρίζουν τη θεωρία ότι η ζωή εξελίχθηκε ως αποτέλεσμα φυσικών και χημικών αλλαγών στη Γη στα πρώιμα χρόνια.
- Δεδομένα από μετεωρίτες και από τον Άρη εγείρουν ερωτήσεις σχετικά με το αν η ζωή εξελίχθηκε σε πλανήτες άλλους εκτός από τη Γη.

Οι ζωντανοί οργανισμοί δεν προέρχονται επανειλημμένα από άβια ύλη

Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με βεβαιότητα με ποιο τρόπο ξεκίνησε η ζωή στη Γη. Όμως ένα πράγμα είναι σίγουρο: η ζωή (ή τουλάχιστον η ζωή όπως τη γνωρίζουμε) δεν επανεμφανίζεται συνεχώς. Αυτό σημαίνει ότι **αυτόματη γένεση** ζωής από άβια ύλη δε συμβαίνει επανειλημμένα μπροστά στα μάτια μας. Τώρα, αλλά και στο παρελθόν, όλες οι μορφές ζωής προέρχονται από ζωντανούς οργανισμούς που προϋπήρχαν. Ωστόσο, οι άνθρωποι, συμπεριλαμβανομένων των επιστημόνων, δεν το πίστευαν πάντοτε αυτό.

Διάφοροι πολιτισμοί και θρησκείες έχουν προτείνει ότι η ζωή μπορεί να προέλθει επανειλημμένα από άβια ύλη. Κατά τη διάρκεια της Ευρωπαϊκής Αναγέννησης (από τον δέκατο τέταρτο έως τον δέκατο πέμπτο αιώνα, μία περίοδο κατά την οποία γεννήθηκε η μοντέρνα επιστήμη), οι περισσότεροι άνθρωποι πίστευαν ότι τουλάχιστον κάποιες μορφές ζωής προέρχονταν επανειλημμένα και άμεσα από άβια ή αποσυντιθέμενη ύλη μέσω αυτόματης γένεσης. Οι άνθρωποι θεωρούσαν, λόγου χάρη, ότι τα ποντίκια προέρχονταν από μουσκεμένα ρούχα που αφήνονταν σε αμυδρό φως, ότι οι βάτραχοι εμφανίζονταν αυτόματα από το υγρό χώμα και ότι το κρέας σε αποσύνθεση δημιουργούσε μύγες. Ένας επιστήμονας ο οποίος αμφέβαλε για τα παραπάνω συμπεράσματα ήταν ο Ιταλός ιατρός και ποιητής Φραντσέσκο Ρέντι.

Ο Ρέντι υπέθεσε ότι οι μύγες δεν προέρχονταν από το κρέας σε αποσύνθεση αλλά από άλλες μύγες που είχαν εναποθέσει τα αυγά τους στο κρέας. Το 1668 πραγματοποίησε ένα επιστημονικό πείραμα –μία σχετικά νέα έννοια εκείνο τον καιρό– προκειμένου να εξετάσει την υπόθεσή του. Τοποθέτησε τρία βάζα τα οποία περιείχαν κομμάτια κρέατος:

1. Ένα βάζο το εξέθεσε στον αέρα και στις μύγες.
2. Ένα δεύτερο βάζο το κάλυψε με ένα λεπτό ύφασμα έτσι ώστε το κρέας να εκτίθεται στον αέρα αλλά όχι στις μύγες.
3. Ένα τρίτο βάζο σφραγίστηκε με καπάκι έτσι ώστε το κρέας να μην έρχεται σε επαφή ούτε με τον αέρα ούτε και με τις μύγες.



Όπως είχε υποθέσει, ο Ρέντι βρήκε λάβρες οι οποίες εκκολάφθηκαν σε μύγες μόνο στο πρώτο βάζο. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν ότι οι λάβρες μπορούν να υπάρξουν μόνο σε σημεία όπου προηγουμένως υπήρχαν μύγες. Η ιδέα ότι ένας περίπλοκος οργανισμός, όπως μια μύγα, μπορεί να εμφανιστεί αυτόματα από μία άβια ουσία στο κρέας ή από «κάτι στον αέρα» εγκαταλείφθηκε.

Το 1660 το νεοανακαλυφθέν μικροσκόπιο αποκάλυψε έναν πλούσιο βιολογικό κόσμο, αθέατο έως τότε. Σχεδόν κάθε περιβάλλον στη Γη βρέθηκε να αποικίζεται από μικροσκοπικούς οργανισμούς. Κάποιοι επιστήμονες πίστευαν ότι οι οργανισμοί αυτοί προήλθαν αυτόματα από το πλούσιο χημικό τους περιβάλλον, μέσω της δράσης κάποιας «δύναμης ζωής». Εντούτοις, πειράματα κατά τον δέκατο ένατο αιώνα από τον μεγάλο Γάλλο επιστήμονα Λουί Παστέρ έδειξαν ότι οι μικροοργανισμοί είναι δυνατόν να προέλθουν μόνο από άλλους μικροοργανισμούς, και ότι ένα περιβάλλον χωρίς ζωή παραμένει αβιοτικό (Εικόνα 4.6).



Animation 4.2 Το Πείραμα του Παστέρ
www.Life11e.com/a4.2

Τα πειράματα των Παστέρ και Ρέντι έδειξαν ότι οι ζωντανοί οργανισμοί δεν μπορούν να προέλθουν από αβιοτική ύλη κάτω από τις συνθήκες που επικρατούν στη Γη σήμερα.

Εντούτοις, τα πειράματά τους δεν απέδειξαν ότι δε συνέβη ποτέ αυτόματη γένεση. Πριν από πολλούς αιώνες, οι συνθήκες στη Γη και στην ατμόσφαιρα πάνω από αυτή ήταν πολύ διαφορετικές απ' ό,τι είναι σήμερα. Στην πραγματικότητα, συνθήκες παρόμοιες με αυτές που υπήρχαν στα πρώτα στάδια του πλανήτη μας μπορεί επίσης να υπήρχαν ή να υπάρχουν σήμερα σε άλλους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος ή έξω από αυτό.

Η Ζωή Ξεκίνησε στο νερό

Όπως αναφέρθηκε emphaticά στο Κεφάλαιο 2, το νερό αποτελεί απαραίτητο συστατικό της ζωής όπως την γνωρίζουμε. Αυτός είναι ο λόγος που υπήρξε μεγάλος ενθουσιασμός όταν μη επανδρωμένο τηλεκατευθυνόμενο σκάφος που στάλθηκε από τη Γη ανακάλυψε παγωμένο νερό στον Άρη. Οι αστρονόμοι πιστεύουν ότι το ηλιακό μας σύστημα άρχισε να σχηματίζεται πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν ένα αστέρι εξερράγη και συνετρίβη για να σχηματίσει τον ήλιο και περίπου άλλα 500 σώματα που ονομάστηκαν πλανητίσκοι. Αυτοί οι πλανητίσκοι, μετά από μεταξύ τους συγκρούσεις, σχημάτισαν τους εσωτερικούς πλανήτες, συμπεριλαμβανομένου του Άρη και της Γης. Οι πρώτες χημικές ενδείξεις για την παρουσία ζωής στη Γη έρχονται πριν από περίπου 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Άρα χρειάστηκαν 600 εκατομμύρια χρόνια ώστε οι χημικές συνθήκες στον πλανήτη μας να γίνουν κατάλληλες για την παρουσία ζωής. «Κλειδί» μεταξύ αυτών των συνθηκών στάθηκε η παρουσία νερού.

Στην αρχαϊκή περίοδο της Γης πιθανόν υπήρχε πολύ νερό στην ατμόσφαιρά της. Αλλά ο καινούργιος πλανήτης ήταν ζεστός και το νερό παρέμενε σε ατμούς και χανόταν στο διάστημα. Καθώς η Γη άρχισε να κρύνει, κατέστη δυνατή η συμπύκνωση του νερού στην επιφάνεια του πλανήτη – αλλά από πού ήρθε το νερό; Μία τρέχουσα άποψη είναι ότι κομήτες (χαλαρές συσσωματώσεις σκόνης και πάγου που ήταν σε τροχιά γύρω από τον ήλιο από τότε που σχηματίστηκαν οι πλανήτες) προσκρούστηκαν επανειλημμένα με τη Γη και τον Άρη, μεταφέροντας στους πλανήτες αυτούς όχι μόνο νερό αλλά και άλλα χημικά συστατικά της ζωής, όπως άζωτο και ανθρακικές ενώσεις.

Καθώς οι πλανήτες κρύωσαν και οι χημικές ενώσεις από την επιφάνειά τους διαλύθηκαν στο νερό, θα πρέπει να πραγματοποιήθηκαν απλές χημικές αντιδράσεις. Κάποιες από αυτές τις αντιδράσεις μπορεί να οδήγησαν στη δημιουργία ζωής, αλλά συγκρούσεις από μεγάλους κομήτες και πετρώδεις μετεωρίτες ελευθέρωσαν αρκετή ενέργεια ώστε να θερμανθούν οι σχηματιζόμενοι ωκεανοί σχεδόν σε σημείο βρασμού, καταστρέφοντας έτσι κάθε μορφή ζωής που μπορεί να υπήρχε. Στη Γη, αυτές οι ισχυρές συγκρούσεις τελικά υποχώρησαν και περίπου πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια, η ζωή εδραιώθηκε. Από τότε δεν έχει σταματήσει να υπάρχει ζωή στον πλανήτη Γη.

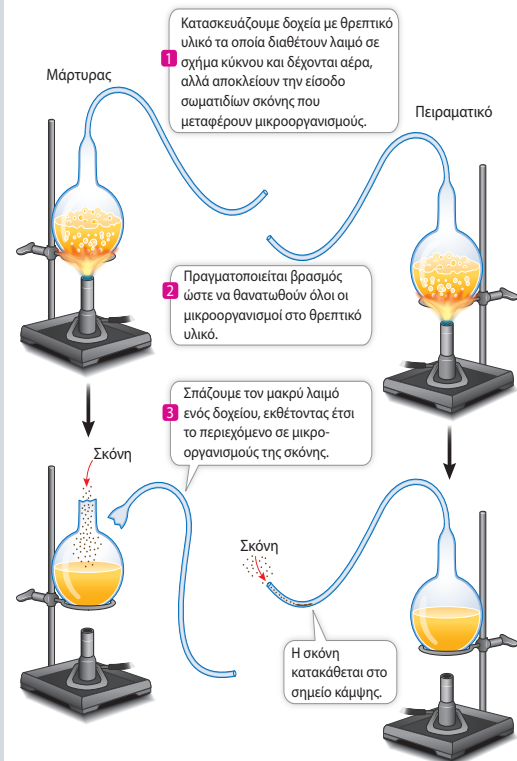
πείραμα

Εικόνα 4.6 Απορρίπτοντας την Αυτόματη Γένεση της Ζωής

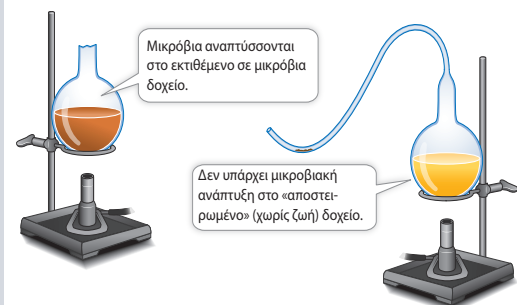
Πρωτότυπη Εργασία: Ο Παστέρ έδωσε μία ομιλία σχετικά με την έρευνά του στο Sorbonne Scientific Soiree στις 7 Απριλίου 1864. Η ομιλία αυτή έχει μεταφραστεί στα Αγγλικά: rc.usf.edu/~levineat/pasteur.pdf.

ΥΠΟΘΕΣΗ ▶ Οι μικροοργανισμοί προέρχονται από άλλους μικροοργανισμούς και δεν μπορούν να προέλθουν από αυτόματη γένεση.

ΜΕΘΟΔΟΣ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ Μικρόβια αναπτύσσονται μόνο σε δοχεία που εκτίθενται σε μικροοργανισμούς. Δεν υπάρχει «αυτόματη γένεση» ζωής στο αποστειρωμένο δοχείο.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ▶ Οι ζωντανοί οργανισμοί προέρχονται από προϋπάρχοντες ζωντανούς οργανισμούς.

πείραμα

Εικόνα 4.7 Θα Μπορούσαν τα Βιολογικά Μόρια να Έχουν Σχηματιστεί από Χημικά Συστατικά που Υπήρχαν στην Πρώιμη Ατμόσφαιρα της Γης;

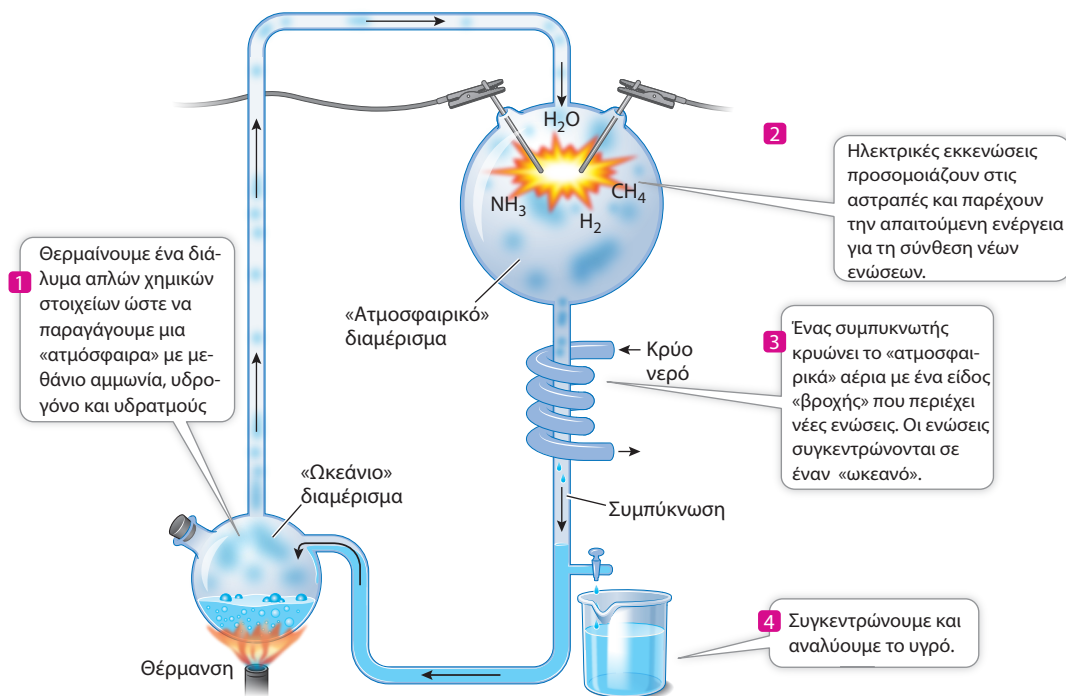
Πρωτότυπες Εργασίες: Miller, S. L. 1953. A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science* 117: 528–519.

Miller, S. L. and H. C. Urey. 1959. Organic compound synthesis on the primitive earth. *Science* 130: 245–251.

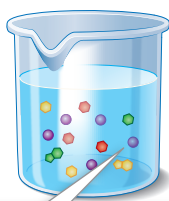
Με την κατανόηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών που υπήρχαν στην πρώιμη Γη, οι ερευνητές κατασκεύασαν μια πειραματική διάταξη για να δουν κατά πόσο οι συνθήκες εκείνες θα μπορούσαν να οδηγήσουν στον σχηματισμό οργανικών μορίων.

ΥΠΟΘΕΣΗ ▶ Οι οργανικές χημικές ενώσεις μπορούν να σχηματιστούν κάτω από συνθήκες παρόμοιες με εκείνες που υπήρχαν στην ατμόσφαιρα της πρώιμης Γης.

ΜΕΘΟΔΟΣ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Οι αντιδράσεις στο συμπυκνωμένο υγρό σχημάτισαν τελικά οργανικές χημικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων αμινοξέων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ▶ Τα χημικά δομικά στοιχεία της ζωής μπορούν να δημιουργηθούν σε μια πιθανή ατμόσφαιρα της πρώιμης Γης.

Αρκετά μοντέλα έχουν προταθεί για να εξηγήσουν την προέλευση της ζωής στη Γη. Στις επόμενες ενότητες θα συζητηθούν δύο εναλλακτικές θεωρίες: ότι η ζωή δημιουργήθηκε στη Γη μέσω χημικής εξέλιξης ή ότι προήλθε από άλλους πλανήτες στη Γη.

Πειράματα προβιοτικής σύνθεσης μοντελοποιούν την πρώιμη Γη

Μία θεωρία για την προέλευση της ζωής στη Γη, η **χημική εξέλιξη**, υποστηρίζει ότι οι συνθήκες στην πρώιμη Γη οδήγησαν στον σχηματισμό απλών μορίων, όπως τα μονομερή, (βλ. Βασική Έννοια 3.1) και ότι τα μόρια αυτά οδήγησαν στον σχηματισμό διαφόρων μορφών ζωής. Οι επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να ανακατασκευάσουν αυτές τις πρώιμες συνθήκες με φυσικούς (τροποποιώντας τη θερμοκρασία) και χημικούς (παρασκευάζοντας τα μείγματα στοιχείων που μπορεί να υπήρχαν τότε) τρόπους.

ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ Σε οξυγονωμένο νερό, κάποια ιχνοστοιχεία μετάλλων, όπως το μολυβδένιο και το ρένιο, είναι διαλυτά και η παρουσία τους σε εναποθέσεις στον βυθό των ωκεανών ή των λιμνών είναι ευθέως ανάλογη με την ποσότητα αερίου οξυγόνου (O_2) που υπήρχε μέσα ή πάνω από το νερό κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των πετρωμάτων. Μετρήσεις αυτών των χρονολογημένων εναποθέσεων δείχνουν ότι κανένα από αυτά τα σπάνια μέταλλα δεν υπήρχε πριν από 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα παραπάνω, καθώς και μια σειρά άλλων ενδείξεων, προτείνουν ότι υπήρχε λίγο O_2 στην ατμόσφαιρα της πρώιμης Γης. Το αέριο οξυγόνο θεωρείται ότι συσσωρεύτηκε πριν από περίπου 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια ως το παραπροϊόν της φωτοσύνθεσης των μονοκύτταρων οργανισμών. Σήμερα το 21% της ατμόσφαιράς μας είναι O_2 .

Στη δεκαετία του 1950, οι Στάνλεϋ Μίλλερ και Χάρολντ Γιούρεϊ στο Πανεπιστήμιο του Σικάγου δημιούργησαν μία πειραματική «ατμόσφαιρα» η οποία περιείχε τα αέρια που πίστευαν ότι υπήρχαν στην ατμόσφαιρα της πρώιμης Γης: αέριο υδρογόνο, αμμωνία, αέριο μεθάνιο και υδρατμοί. Μεταβίβασαν ηλεκτρικές εκκενώσεις μέσω των αερίων για να προσομοιώσουν τις αστραπές, μια πηγή ενέργειας που δίνει ώθηση σε χημικές αντιδράσεις. Στη συνέχεια, κρύωσαν το σύστημα έτσι ώστε τα αέρια να συμπυκνωθούν και να συγκεντρωθούν σε ένα υδατικό διάλυμα ή «ωκεανό» (Εικόνα 4.7). Μετά από μία εβδομάδα συνεχών αντιδράσεων, το σύστημα περιείχε μία σειρά οργανικών μορίων, συμπεριλαμβανομένης μίας ποικιλίας αμινοξέων, των δομικών λίθων των πρωτεϊνών.

 **Animation 4.3** Σύνθεση των Προβιοτικών Μορίων
www.Life11e.com/a4.3

ΚΡΥΟΧΗΜΕΙΑ Ο Στάνλεϋ Μίλλερ εκτέλεσε επίσης ένα μακροχρόνιο πείραμα στο οποίο δε χρησιμοποίησε ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το 1972 γέμισε δοκιμαστικούς

σωλήνες με αέρια αμμωνία, υδρατμούς, και υδροκυάνιο (HCN), ένα ακόμα μόριο που πιστεύεται ότι σχηματίστηκε στην πρώιμη Γη. Αφού έλεγξε ότι δεν υπήρχαν ουσίες επιμόλυνσης ή οργανισμοί που μπορεί να αλλοίωναν τα αποτελέσματα, σφράγισε τα σωληνάρια και τα πάγωσε στους $-78^\circ C$, τη θερμοκρασία των πάγων που καλύπτει την Ευρώπη, έναν από τους δορυφόρους του Δία. Όταν άνοιξε τα σωληνάρια μετά από 27 χρόνια, ο Μίλλερ βρήκε αμινοξέα και νουκλεοτιδικές βάσεις. Προφανώς, θύλακες υγρού νερού και πάγου επέτρεψαν τη συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων των αρχικών υλικών, επιταχύνοντας τις χημικές αντιδράσεις. Το σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι το κρύο νερό μέσα στον πάγο τόσο στην αρχαϊκή Γη όσο και σε άλλα ουράνια σώματα όπως ο Άρης, η Ευρώπη και ο Εγκέλαδος (ένας δορυφόρος του Δία, όπου φωτογραφίες έχουν αποκαλύψει πίδακες νερού να πηγάζουν από το εσωτερικό του) ενδέχεται να δημιούργησαν κατάλληλο περιβάλλον για την προβιοτική σύνθεση μορίων που απαιτούνται για τον σχηματισμό απλών ζωντανών συστημάτων.

Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων ήταν ιδιαίτερα σημαντικά στην ενδυνάμωση των υποθέσεων σχετικά με τη χημική προέλευση της ζωής στη Γη και οπουδήποτε στο σύμπαν. Δεκαετίες πειραματικών εργασιών και κριτικής αξιολόγησης ακολούθησαν τα αρχικά πειράματα των Μίλλερ και Γιούρεϊ. Στην επιστήμη, ένα πείραμα και τα αποτελέσματά του πρέπει να είναι εφικτό να επαναλαμβάνονται, να επαναξιολογούνται και να επεξεργάζονται καθώς συγκεντρώνεται περισσότερη γνώση. Για παράδειγμα, οι απόψεις για την αρχική ατμόσφαιρα της Γης έχουν αλλάξει. Υπάρχουν άφθονες ενδείξεις για το ότι έγιναν σημαντικές ηφαιστειακές εκρήξεις πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια, οι οποίες θα ελευθέρωσαν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), άζωτο (N_2), υδροξείδιο του θείου (H_2S) και διοξείδιο του θείου (SO_2) στην ατμόσφαιρα. Πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκαν αυτά τα αέρια μαζί με εκείνα που χρησιμοποίησαν οι Μίλλερ-Γιούρεϊ στο αρχικό τους πείραμα παρήγαγαν μία πιο εκτεταμένη λίστα οργανικών προϊόντων:

- Το σύνολο των πέντε βάσεων που υπάρχουν στο DNA και στο RNA (A, T, C, G, και U)
- Το σύνολο των 20 αμινοξέων που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση πρωτεϊνών
- Πολλά σάκχαρα με τρεις έως έξι άνθρακες
- Συγκεκριμένα λιπαρά οξέα
- Βιταμίνη B₅ (πανθοθενικό οξύ, ένα συστατικό του σενεζύμου A)
- Νικοτιναμίδιο (μέρος του NAD που συμμετέχει στον ενεργειακό μεταβολισμό)
- Καρβοξυλικά οξέα, όπως ηλεκτρικό οξύ και γαλακτικό οξύ (επίσης συμμετέχουν στον ενεργειακό μεταβολισμό)

Η ζωή μπορεί να προήλθε από πλανήτες εκτός Γης

Το 1969 ένα εξαιρετικό γεγονός οδήγησε στην ανακάλυψη ότι ένας μετεωρίτης από το διάστημα μετέφερε μόρια τα οποία ήταν χαρακτηριστικά της ζωής στη Γη. Στις 28 Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους, θραύσματα ενός μετεωρίτη έπεσαν γύρω από την πόλη Μέρτσισον στην Αυστραλία. Χρησιμοποιώντας γάντια για την αποφυγή επιμόλυνσης από τη Γη, οι επιστήμονες έλαβαν αμέσως μικρά τμήματα από τον βράχο, τα τοποθέτησαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες και τα εκχύλισαν σε νερό (Εικόνα 4.8). Ανακάλυψαν αρκετά από τα μοναδικά για τη ζωή μόρια, συμπεριλαμβανομένων πουρινών, πυριμιδινών, σακχάρων και δέκα αμινοξέων.



Media Clip 4.1 Τα Δομικά Συστατικά του DNA από το Διάστημα
www.Life11e.com/mc4.1



Εικόνα 4.8 Ο Μετεωρίτης Μέρτσισον Τμήματα ενός μετεωρίτη που έπεσε στην Αυστραλία το 1969 τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με νερό. Διάφορα μόρια που βρίσκονταν στο πέτρωμα –όπως αμινοξέα, νουκλεοτιδικές βάσεις και σάκχαρα– διαλύθηκαν στο νερό.

Τα μόρια αυτά ήρθαν πράγματι από το διάστημα ως μέρος του μετεωρίτη ή βρέθηκαν εκεί μετά την προσγείωση του βράχου στη Γη; Υπάρχουν αρκετοί λόγοι να πιστέψουμε ότι τα μόρια αυτά δεν ήταν επιμολύνσεις από τη Γη:

- Οι επιστήμονες ήταν εξαιρετικά προσεκτικοί στην αποφυγή επιμολύνσεων. Χρησιμοποίησαν γάντια και αποστειρωμένα εργαλεία, παρέλαβαν τμήματα κάτω από την επιφάνεια του βράχου κι έκαναν την εργασία τους πολύ σύντομα μετά την προσεδάφιση του μετεωρίτη (με την ελπίδα ότι δεν έχουν προλάβει οργανισμοί από τη Γη να επιμολύνουν τα δείγματα).
- Τα αμινοξέα στους περισσότερους ζωντανούς οργανισμούς στη Γη είναι L-αμινοξέα, δηλαδή απαντώνται σε μία από τις δύο πιθανές μορφές οπτικής ισομέρειας

(βλ. Εικόνα 3.2). Τα αμινοξέα στον μετεωρίτη, όμως, ήταν μείγμα L- και D- ισομορφών, με μία μικρή υπεροχή της L ισομορφής. Άρα δεν ήταν πιθανό να προήλθαν από κάποιο ζωντανό οργανισμό στη Γη.

- Στην ιστορία με την οποία ξεκίνησε το Κεφάλαιο 2, περιγράψαμε το πώς η αναλογία ισοτόπων σε κάποιο ζωντανό οργανισμό αντανακλά την αναλογία των ίδιων ισοτόπων του περιβάλλοντος στο οποίο ζει ο οργανισμός. Οι αναλογίες ισοτόπων για τον άνθρακα και το υδρογόνο στα σάκχαρα από τον μετεωρίτη ήταν διαφορετικές από τις αντίστοιχες στη Γη.

Περισσότεροι από 90 μετεωρίτες από τον Άρη έχουν ανακαλυφθεί στη Γη. Πολλοί εμφανίζουν ίχνη νερού – για παράδειγμα, σε θρεπτικά συστατικά όπως υδατάνθρακες που έχουν διαχωριστεί από υδατικά διαλύματα. Μερικά επίσης περιέχουν οργανικά μόρια τα οποία αποτελούν τις χημικές υπογραφές της ζωής. Ενώ η παρουσία τέτοιων μορίων υποστηρίζει ότι οι βράχοι αυτοί κάποτε φιλοξένησαν ζωντανούς οργανισμούς, δεν αποδεικνύει ότι υπήρχαν ζωντανοί οργανισμοί πάνω σε αυτούς όταν προσεδάφιστηκαν στη Γη. Πολλοί επιστήμονες δυσκολεύονται να πιστέψουν ότι ένας οργανισμός θα μπορούσε να επιβιώσει χιλιάδων χρόνων ταξιδιού μέσα στο διάστημα σε έναν μετεωρίτη, και στη συνέχεια εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της εισόδου του μετεωρίτη στην ατμόσφαιρα της Γης. Παρά ταύτα, υπάρχουν ενδείξεις ότι η θερμοκρασία στο κέντρο κάποιων μετεωριτών μπορεί να μην ήταν εξαιρετικά υψηλή. Εάν αυτό είναι αλήθεια, τότε ένα παρατεταμένο διαπλανητικό ταξίδι ζωντανών οργανισμών μπορεί να είναι πιθανό.

Η ζωή δε χρειάζεται να έχει έρθει από το διάστημα στη Γη ώστε να αποδειχθεί ότι υπάρχει και σε άλλα μέρη – αναζητάται διαρκώς σε εξωπλανητικά συστήματα. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγική ιστορία αυτού του κεφαλαίου, δορυφόροι σε τροχιά γύρω από τον Άρη και οχήματα δειγματοληψίας στην επιφάνεια του πλανήτη διερευνούν για συνθήκες κατάλληλες για παρούσα ή παρελθούσα ύπαρξη ζωής στον πλανήτη. Ίσως η πιο σημαντική προσπάθεια για την ανακάλυψη ζωής στον Άρη έγινε το 1976, όταν η NASA γιόρτασε την 20^η επέτειο πολιτικής ανεξαρτησίας των ΗΠΑ με την προσεδάφιση δύο οχημάτων εξερεύνησης, των *Βίκινγκ 1* και *Βίκινγκ 2*, στον πλανήτη. Το ένθετο: «**Διερευνώντας τη Ζωή: Μπορούμε να Βρούμε Ενδείξεις Ζωής στον Άρη;**» περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο επιστήμονες από τη Γη κατεύθυναν διάφορα όργανα πάνω στα οχήματα προκειμένου να αξιολογήσουν το έδαφος του Άρη για σημάδια ζωής.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των βιοτικών συστημάτων είναι η ικανότητά τους να χρησιμοποιούν μόρια από το περιβάλλον για να παίρνουν την απαραίτητη χημική ενέργεια για την ανάπτυξή τους. Κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας ελευθερώνονται παραπροϊόντα του μεταβολισμού τους. Είστε εξοικειωμένοι με αυτό: εισπνέετε αέριο οξυγόνο (O₂), προσλαμβάνετε θρεπτικά

πείραμα

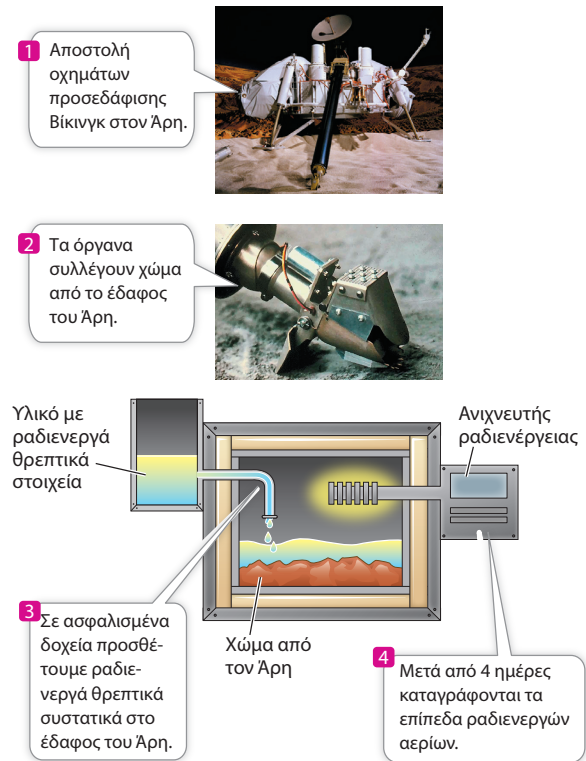
Πρωτότυπες Εργασίες: Levin, G. V. and O. Straat. 1976. Viking labeled release biology experiment: Interim results. *Science* 194: 1322–1329.

Ronnamperuma, C., A. Shimoyama, M. Yamada, T. Hobo and R. Pal. 1977. Possible sur-face reactions on Mars: Implications for Viking biology results. *Science* 197: 455–457.

Τα οχήματα *Βίκινγκ* στον Άρη συνέλεξαν δείγματα από το χώμα και το εξέτασαν για τυχόν χημικές ενδείξεις συμβατές με την ύπαρξη ζωής. Ο Γκίλμπερτ Λέβιν και οι συνεργάτες του σχεδίασαν πειράματα για να δείξουν, από απόσταση εκατομμυρίων μιλίων, ότι μπορεί να υπάρχει ζωή στον Άρη κατά την παρούσα στιγμή.

ΥΠΟΘΕΣΗ ▶ Οι γενετικά τροποποιημένοι μεταξοσκώληκες μπορούν να παράγουν μετάξι με φυσικές ιδιότητες όπως αυτές του ιστού που φτιάχνεται από τις αράχνες.

ΜΕΘΟΔΟΣ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Επίπεδα ραδιενεργών αερίων (μετρήσεις ανά λεπτό) μετά από 4 ημέρες στον Άρη

Μάρτυρας (χωρίς χώμα)	Δείγμα 1	Δείγμα 2
500	9.500	12.000

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ▶ Το έδαφος στον Άρη παρουσιάζει χημικές αλλαγές που είναι συμβατές με τη ζωή.

εργασία με τα δεδομένα

Ενώ ο σχεδιασμός πειραμάτων σε ένα εργαστήριο εδώ, στη Γη, είναι μεγάλη πρόκληση, φανταστείτε την πρόκληση του σχεδιασμού πειραμάτων εξ αποστάσεως με τον Άρη! Μία ομάδα βιολόγων και χημικών, καθοδηγούμενοι από τους Λέβιν και Στράατ, έστειλε όργανα στον Άρη με σκοπό την εξερεύνηση για παρουσία ζωής, μετρώντας την παραγωγή αερίων μετά από προσθήκη θρεπτικών συστατικών σε έδαφος που είναι πιθανόν να περιέχει Αρειανούς οργανισμούς. Χρησιμοποιήθηκε ένα κουτάλι για τη λήψη 0,2 mL χώματος το οποίο τοποθετήθηκε σε ασφαλισμένο δοχείο. Το μείγμα θερμάνθηκε σε περίπου 18°C (πολύ υψηλότερη από το γύρω περιβάλλον του Άρη). Κατόπιν, προστέθηκαν ραδιενεργά θρεπτικά στοιχεία (φορμικό, γλυκονικό, γλυκίνη, αλανίνη και γαλακτικό) με τα άτομα άνθρακα σημασμένα με ¹⁴C. Σε τακτικά διαστήματα μετά την προσθήκη των θρεπτικών συστατικών, ένας μετρητής ραδιενέργειας εξέταζε την απελευθέρωση ¹⁴C ραδιενεργών αερίων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ▶

1. Ο πίνακας Α παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τα δύο πειράματα. Σχεδιάστε διαγραμματικά τα αποτελέσματα του ¹⁴C ραδιενεργού αερίου έναντι των ημερών στον Άρη μετά την προσθήκη του θρεπτικού μέσου. Τι μπορείτε να συμπεράνετε; Εργαστηριακά πειράματα πριν από την αναχώρηση των δύο *Βίκινγκ* έδειξαν ότι η συνολική ραδιενέργεια που μπορούσε να απελευθερωθεί εάν όλα τα θρεπτικά συστατικά μετατρέπονταν σε αέρια ήταν 257.000 μετρήσεις ανά λεπτό (cpm). Υπολογίστε το ποσοστό αυτού που εμφανίστηκε στο δείγμα από τον Άρη και σχολιάστε το αποτέλεσμα.
2. Ο πίνακας Α δείχνει δεδομένα από χώμα της επιφάνειας του Άρη το οποίο θερμάνθηκε για 3 ώρες στους 160°C πριν από την προσθήκη θρεπτικού υλικού. Σχεδιάστε τα αποτελέσματα αυτά στο ίδιο διάγραμμα που κάνατε για το Ερώτημα 1. Τι είδους μόρια καταστρέφονται από τη θερμότητα και με ποιο τρόπο συμβαίνει αυτό; Πώς επηρεάζουν τα εν λόγω αποτελέσματα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ερώτηση 1;
3. Πίσω στη Γη, ο Ποναμπερούμα και οι συνεργάτες του προσομοίωσαν το έδαφος του Άρη χρησιμοποιώντας ένα κύριο συστατικό του που λέγεται αιματίτης (Fe₂O₃) και πρόσθεσαν τα θρεπτικά συστατικά όπως ακριβώς είχε γίνει στο πείραμα στον Άρη. Τα αποτελέσματά τους, συμπεριλαμβανομένου ενός πειράματος με προθέρμανση, παρουσιάζονται στον Πίνακα Β. Με ποιον τρόπο τα αποτελέσματα αυτά επηρεάζουν τα συμπεράσματά σας από την αξιολόγηση των ερωτήσεων 1 και 2;

Πίνακας Α

Χρόνος (ημέρες)	Αέρια με ¹⁴ C που ανιχνεύθηκαν (μετρήσεις ανά λεπτό)		
	Πείραμα 1	Πείραμα 2	Προθερμασμένο χώμα
Αρχικό	185	1.100	655
0,2	3.000	5.500	540
0,5	4.800	7.200	500
1,0	6.200	9.500	525
2,0	7.000	11.300	590
3,0	7.600	11.800	610
4,0	8.000	12.000	620

Πίνακας Β

Πείραμα	Αέρια με ¹⁴ C που ανιχνεύθηκαν (μετρήσεις ανά λεπτό)	
	Αιματίτης + θρεπτικά συστατικά με ¹⁴ C	Αιματίτης χωρίς θρεπτικά συστατικά
Πείραμα	10.140	150
Προθέρμανση 160°C	308	107

Μια παρόμοια εργασία με τα δεδομένα μπορεί να ανατεθεί στο LaunchPad.

συστατικά από τις τροφές και εκπνέετε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Κάποιοι άλλοι οργανισμοί δε χρησιμοποιούν O₂ αλλά διαφορετικά μόρια. Στα πειράματα στον Άρη, οι επιστήμονες καθοδήγησαν τα οχήματα *Βίκινγκ* ώστε να πάρουν λίγο χώμα και έπειτα να το εκθέσουν σε επτά οργανικά μόρια ως θρεπτικό υλικό, το σύνολο των οποίων μπορεί να σχηματιστεί στα πειράματα Μίλλερ-Γιούρεϊ (π.χ. αμινοξέα, βλ. Εικόνα 4.7). Τα επτά μόρια σημάνθηκαν με ραδιοϊσότοπο του άνθρακα (¹⁴C). Μετά από κάποια περίοδο έκθεσης, χρησιμοποιήσαν έναν ανιχνευτή για τη μέτρηση των ραδιενεργών αερίων που παρήχθησαν (πιθανά CO₂).

Τα αποτελέσματα ορισμένων εκ των πειραμάτων ήταν εκπληκτικά: ανιχνεύθηκε ραδιενεργό αέριο και μερικοί επιστήμονες συμπέραναν ότι μπορεί να υπάρχει ζωή στον Άρη. Το γεγονός ότι παρήχθη λίγο ραδιενεργό αέριο όταν το χώμα προθερμάνθηκε στους 160°C για να σκοτώσει ζωντανούς οργανισμούς υποστήριξε περαιτέρω το συμπέρασμα αυτό. Αργότερα, προσομοιώσεις σε εργαστήρια στη Γη έδειξαν ότι ραδιενεργό αέριο μπορούσε να σχηματιστεί στο συγκεκριμένο πείραμα με διάφορα είδη χρώματος, χωρίς οργανισμούς. Άρα υπάρχει μια εναλλακτική, μη βιολογική εξήγηση των αποτελεσμάτων από τον Άρη. Παρ' όλα αυτά, κάποιοι βιολόγοι ακόμα πιστεύουν στη βιολογική εξήγηση των δεδομένων από τον Άρη, και η αναζήτηση για ζωή στον εν λόγω πλανήτη συνεχίζεται.

4.2 ανακεφαλαίωση

Η ζωή δε δημιουργείται επανειλημμένα μέσω αυτόματης γένεσης, αλλά προέρχεται από προϋπάρχουσα ζωή. Το νερό είναι ένα απαραίτητο συστατικό για τη δημιουργία ζωής. Πειράματα χημικής σύνθεσης υποστηρίζουν την ιδέα ότι τα απλά μόρια της ζωής σχηματίστηκαν στο προβιοτικό περιβάλλον της Γης. Οι μετεωρίτες που έχουν πέσει στη Γη προσφέρουν κάποιες ενδείξεις για πιθανή εξωπλανητική προέλευση της ζωής, καθώς και πειράματα με οχήματα προσεδάφισαν στον Άρη τα οποία δείχνουν πιθανές χημικές ενδομετατροπές που μπορεί να αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη ζωής.

μαθησιακοί στόχοι

Θα πρέπει να μπορείτε να:

- Εξηγήσετε τον τρόπο με τον οποίο τα πειράματα των Ρέντι και Παστέρ απέκλεισαν την αυτόματη γένεση.
 - Περιγράψετε τις συνθήκες στην πρώιμη Γη και τις θεωρίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι συνθήκες αυτές επηρέασαν την προέλευση της ζωής στη Γη.
 - Δικαιολογήσετε τις συνθήκες που χρησιμοποίησαν οι Miller και Urey στα πειράματά τους.
1. Ποιες από τις τωρινές συνθήκες που επικρατούν στη Γη αποκλείουν την προέλευση της ζωής από τα προβιοτικά μόρια που χρησιμοποίησαν οι Μίλλερ και Γιούρεϊ;
 2. Η εξήγηση του πειράματος του Παστέρ (βλ. Εικόνα 4.6) εξαρτήθηκε από την αδρανοποίηση μικροοργανισμών με θέρμανση. Σήμερα γνωρίζουμε μικροοργανισμούς που μπορούν να επιβιώσουν σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες (βλ. Κεφάλαιο 26). Αλλάζει αυτό την εξήγηση του πειράματος του Παστέρ; Τι πειράματα θα κάνετε για να αδρανοποιήσετε τέτοιου είδους μικρόβια;

4.2 ανακεφαλαίωση (συνέχεια)

3. Το πείραμα των Μίλλερ-Γιούρεϊ (βλ. Εικόνα 4.7) έδειξε ότι ήταν πιθανό να σχηματιστούν αμινοξέα από αέρια τα οποία υποτίθεται ότι υπήρχαν στην πρώιμη ατμόσφαιρα της Γης. Τα αμινοξέα αυτά ήταν διαλυμένα σε νερό. Με βάση τις γνώσεις σας σχετικά με τον πολυμερισμό των αμινοξέων σε πρωτεΐνες (βλ. Εικόνα 3.6), πώς θα σχεδιάζατε ένα πείραμα για να δείξετε ότι μπορούν να σχηματιστούν πρωτεΐνες υπό τις συνθήκες που επικρατούσαν στην πρώιμη Γη;

Πειράματα χημείας που αναπαριστούν τις συνθήκες της πρώιμης Γης παρέχουν ενδείξεις σχετικά με την προέλευση των μονομερών (όπως τα αμινοξέα) τα οποία σχηματίζουν τα πολυμερή (όπως οι πρωτεΐνες) που χαρακτηρίζουν τη ζωή. Με ποιο τρόπο αναπτύσσονται τα πολυμερή;

βασική έννοια

4.3

Τα Μεγάλα Μόρια της Ζωής Προήλθαν από Μικρά Μόρια

Τα πειράματα των Μίλλερ-Γιούρεϊ, καθώς και άλλων που ακολούθησαν προσφέρουν ένα πιθανό σενάριο για τον σχηματισμό των δομικών λίθων της ζωής κάτω από τις συνθήκες που επικρατούσαν στην πρώιμη Γη. Το επόμενο βήμα για τη διατύπωση και την υποστήριξη μίας γενικής θεωρίας για την προέλευση της ζωής θα είναι η εξήγηση του τρόπου με τον οποίο τα πολυμερή προκύπτουν από αυτά τα μονομερή.

εστιάστε τη μάθησή σας

- Ενδείξεις από πειράματα προσομοίωσης υποστηρίζουν τη θεωρία ότι τα βιοπολυμερή προέκυψαν από χημικές αντιδράσεις που έλαβαν μέρος στις συνθήκες της πρώιμης Γης.
- Επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η παρουσία καταλυτών θα ήταν απαραίτητη κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των βιοπολυμερών.

Σύνθετα μόρια μπορούν να σχηματιστούν από απλούστερα στην πρωτόγονη Γη

Οι επιστήμονες έχουν χρησιμοποιήσει αρκετά μοντέλα συστημάτων για να καταφέρουν να κάνουν προσομοίωση των συνθηκών κάτω από τις οποίες μπορεί να σχηματίστηκαν τα πρώτα βιοπολυμερή. Καθένα από αυτά τα συστήματα βασίζεται σε διάφορες παρατηρήσεις και υποθέσεις.

- Οι συμπαγείς επιφάνειες ιχνοστοιχείων, όπως οι γύψοι με μορφή σκόνης, καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα πυριτικά άλατα στον γύψο μπορεί να υπήρξαν καταλύτες (επιταχυντές) των αντιδράσεων συμπύκνωσης που είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία οργανικών πολυμερών.