

David Sadava
David M. Hillis
H. Craig Heller
Sally D. Hacker



Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γενική Βιολογία · Γενετική · Εξέλιξη

Κεφάλαιο 4

Νουκλεϊκά Οξέα και η Προέλευση της
Ζωής

Πρώτη ελληνική έκδοση
Ενδέκατη αμερικανική Έκδοση

Επιστημονική επιμέλεια
της ελληνικής έκδοσης
Μαρία Γαζούλη

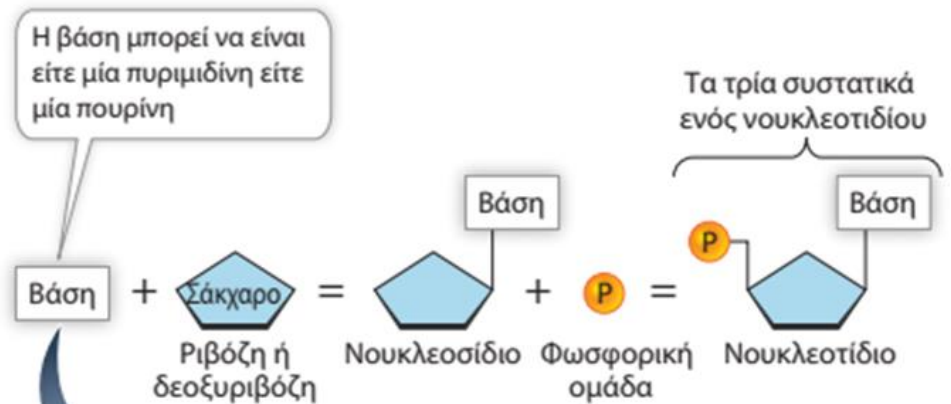


ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΙΣΗ

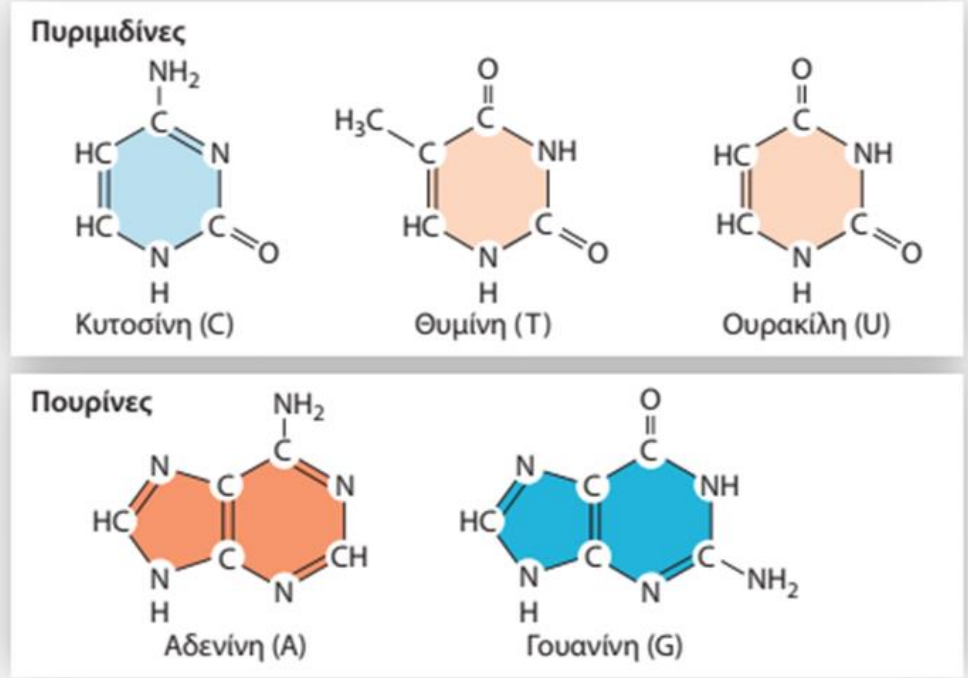
Εικόνα 4.1 Χημεία των νουκλεοτιδίων

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.

- Nucleic acids are specialized for storage, transmission, and use of genetic information.
- DNA = deoxyribonucleic acid
- RNA = ribonucleic acid
- Nucleotides are the monomers that make up nucleic acids.
- Nucleotides consist of a pentose sugar, a phosphate group, and a nitrogen containing base.
- Nucleoside: Only a pentose sugar and a nitrogenous base.

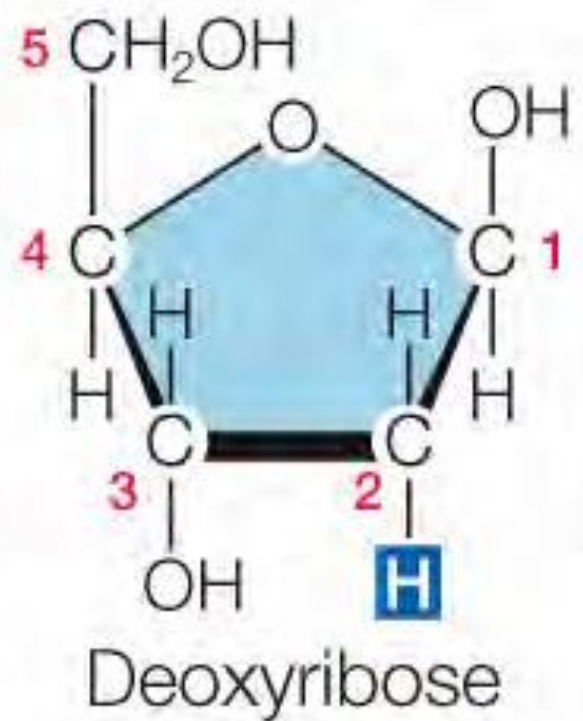
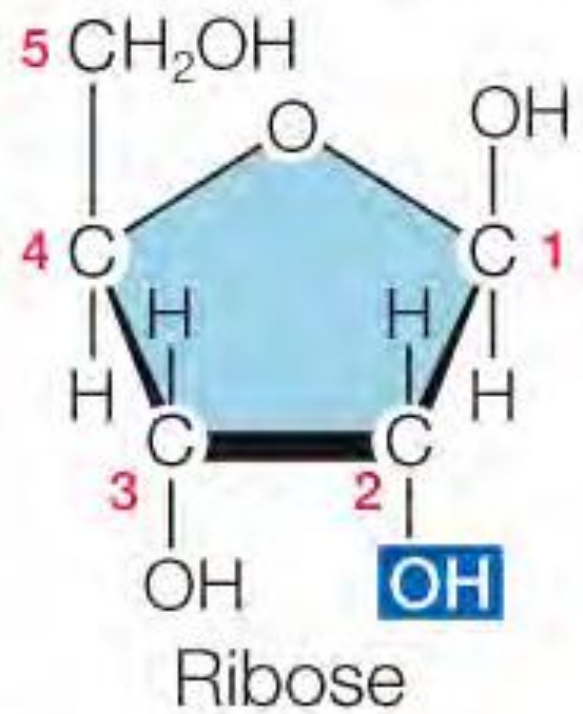


Οι δύο ομάδες βάσεων

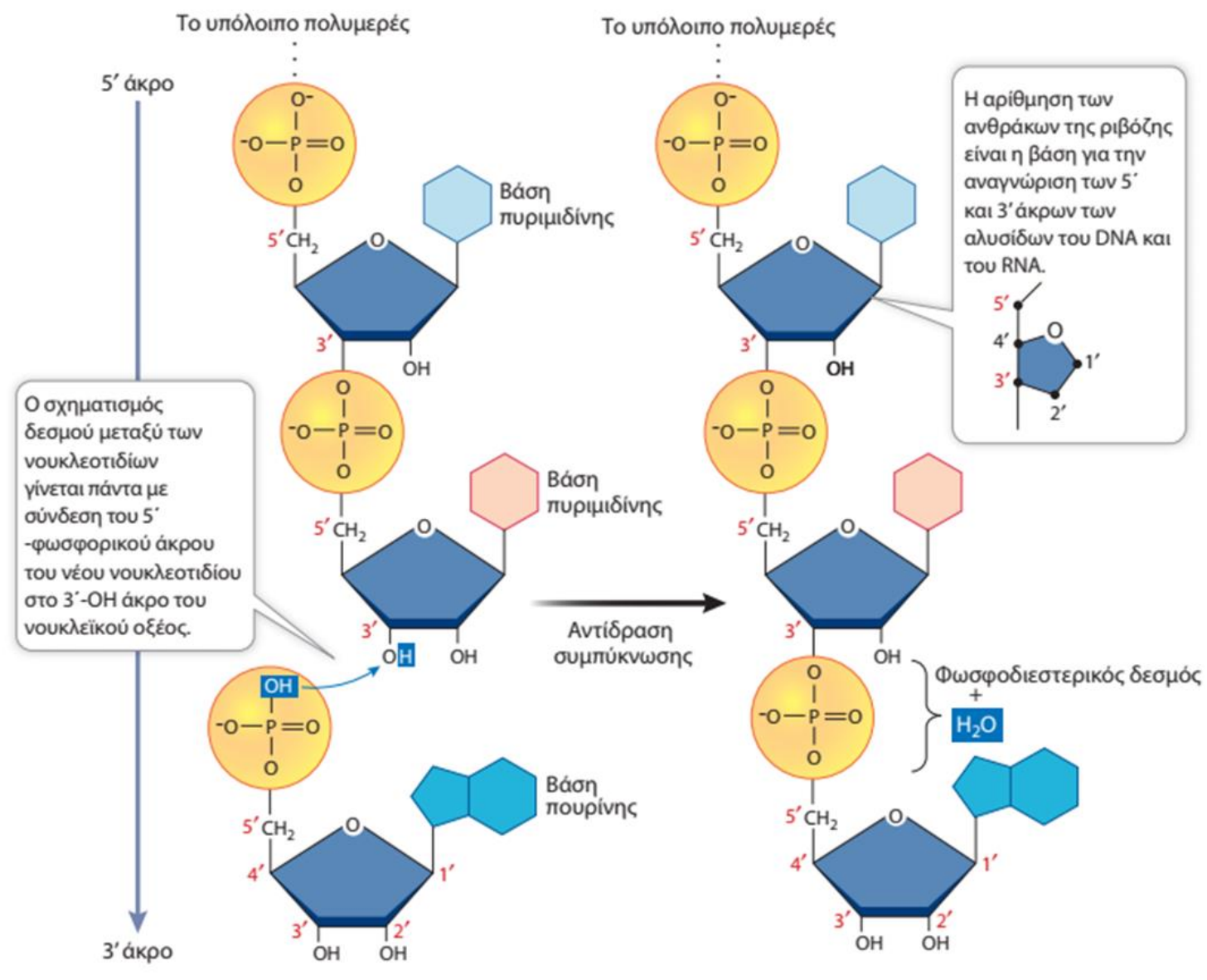


- RNA contains the sugar ribose.
- DNA contains deoxyribose.

Five-carbon sugars (pentoses)



Εικόνα 4.2 Σύνδεση μεταξύ των νουκλεοτιδίων

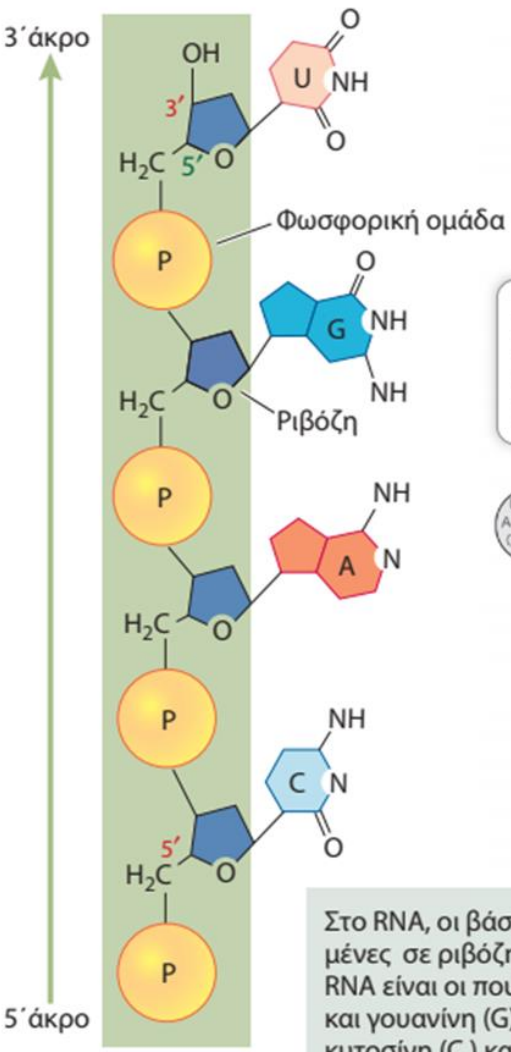


Εικόνα 4.2 Σύνδεση μεταξύ των νουκλεοτιδίων Η ανάπτυξη ενός νουκλεϊκού οξέος (RNA σε αυτή τη φωτογραφία) από τα μονομερή του γίνεται με κατεύθυνση από το 5' (φωσφορικό) άκρο προς το 3' (υδροξυλικό) άκρο. Σημειώστε ότι το νουκλεοτίδιο που προστίθεται δεν είναι από την αρχή μονοφωσφορικό αλλά τριφωσφορικό.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

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	Δεοξυαδενοσίνη	Δύο
		Κυτοσίνη	Δεοξυκυτιδίνη	
		Γουανίνη	Δεοξυγουανοσίνη	
		Θυμίνη	Δεοξυθυμιδίνη	

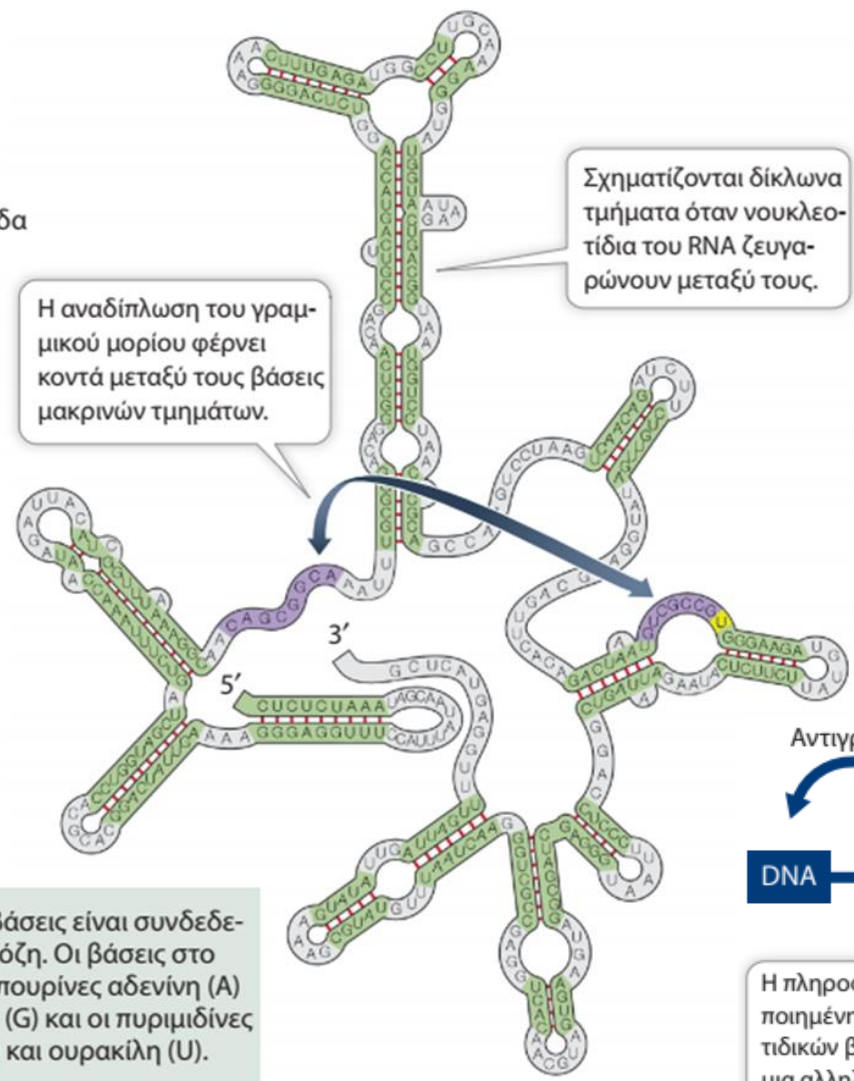
- RNA: Single-stranded, but base pairing can occur between different regions of the molecule which results in 3-D structure.
- Complementary base pairing can also take place between RNA and DNA.

(A) Μονόκλωνο RNA



Στο RNA, οι βάσεις είναι συνδεδεμένες σε �ιβόζη. Οι βάσεις στο RNA είναι οι πουργίνες αδενίνη (A) και γουανίνη (G) και οι πυριμιδίνες κυτοσίνη (C) και ουρακίλη (U).

(B) Ζευγάρισμα συμπληρωματικών βάσεων σε περιοχές ενός μορίου RNA



Εικόνα 4.3 RNA (A) Το RNA είναι συνήθως μονόκλωνο.

(B) 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.



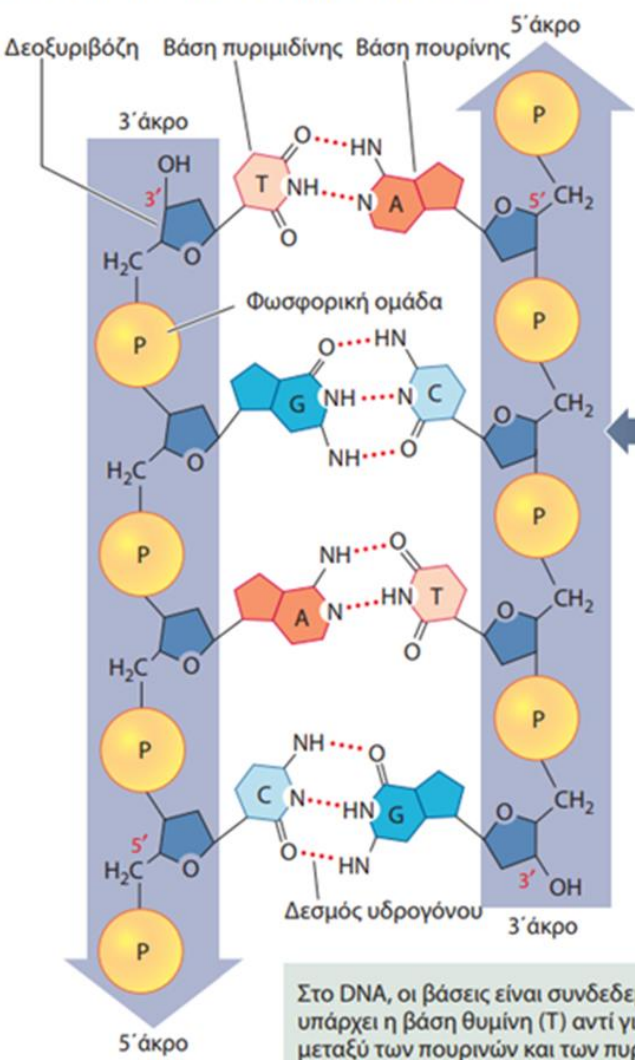
Η πληροφορία που είναι κωδικοποιημένη στην αλληλουχία νουκλεοτιδικών βάσεων στο DNA περνάει σε μια αλληλουχία βάσεων στο RNA.

Η πληροφορία στο RNA περνάει στο πολυπεπτιδίο, αλλά ποτέ το αντίθετο (από το πολυπεπτιδίο στα νουκλεϊκά οξέα).

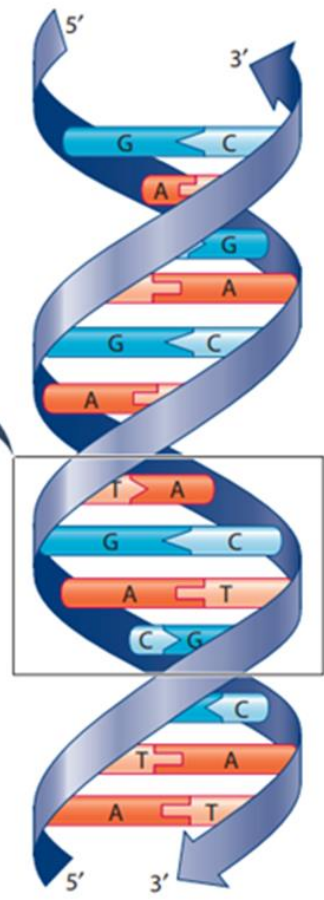
- DNA: Two strands form a double helix.
- All DNA molecules have the same structure.
- Genetic information is carried in the sequence of base pairs.
- DNA can reproduce itself (replication).

σημείο εστίασης: βασική εικόνα

(A) Μια γραμμική απεικόνιση δίκλωνου DNA



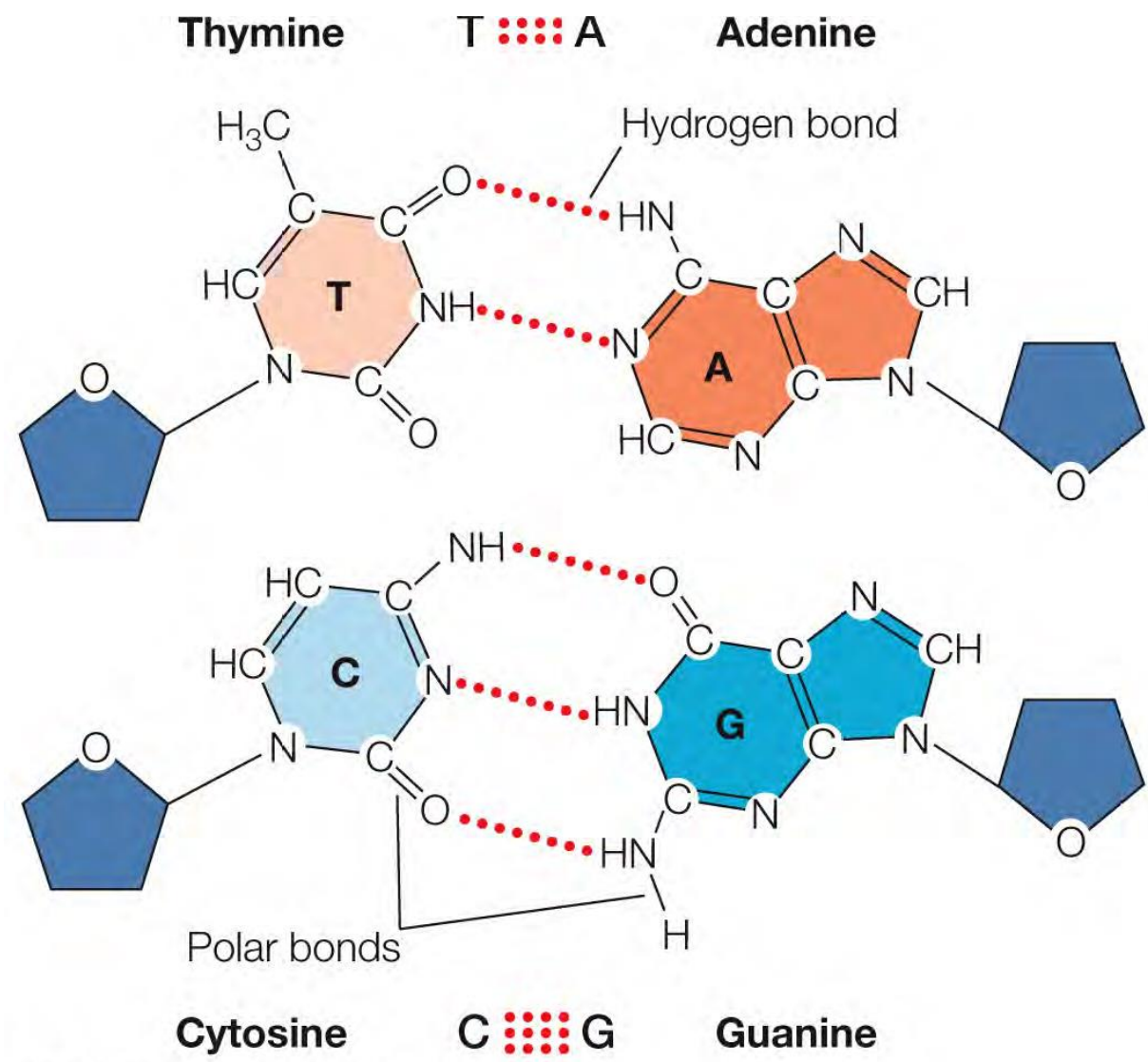
(B) Η διπλή έλικα του DNA



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.

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;



(A) Αντιγραφή

DNA 

Κατά τη διάρκεια της αντιγραφής, σχηματίζονται δύο πανομοιότυπα αντίγραφα του μορίου DNA.

DNA 

+

DNA 

(B) Μεταγραφή

DNA 

RNA για πρωτεΐνη 1



RNA για πρωτεΐνη 2



Οι αλληλουχίες του DNA μεταγράφονται σε RNA.

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.

- The complete set of DNA in an organism is called its genome.
- Replication involves the entire DNA molecule.
- Sequences of DNA that are transcribed into RNA are called genes.

Other roles for nucleotides:

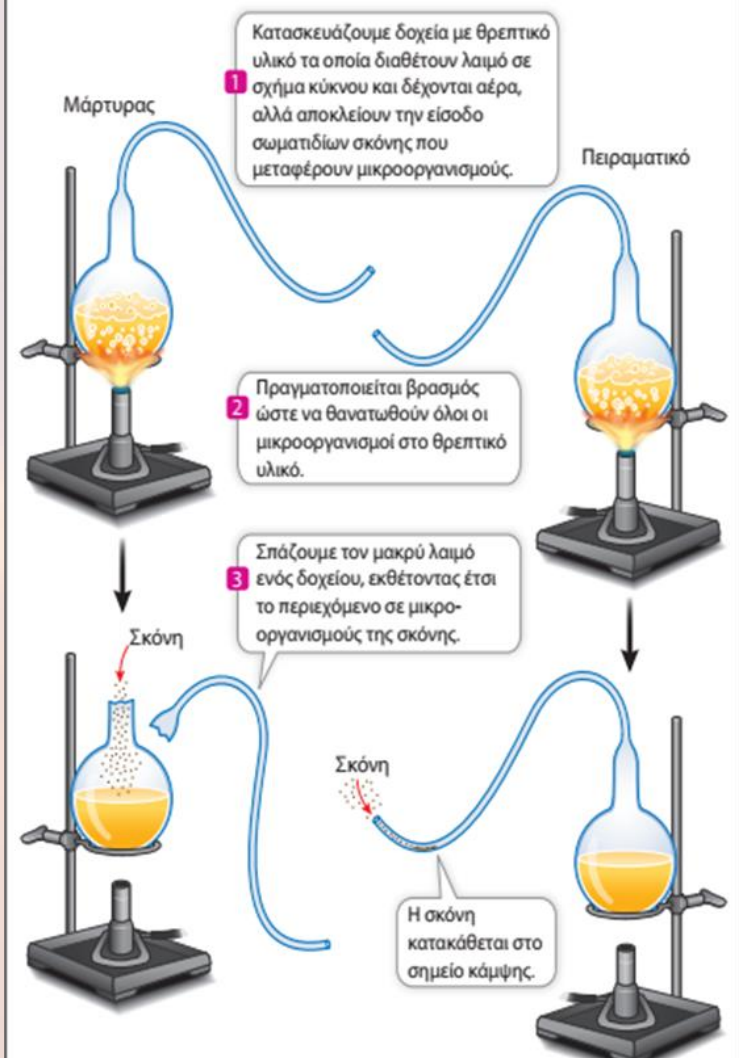
- ATP—energy transfer in biochemical reactions
- GTP—energy source in protein synthesis
- cAMP—essential to the action of hormones and transmission of information in the nervous system

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

Εικόνα 4.6 Απορρίπτοντας την Αυτόματη Γένεση της Ζωής

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

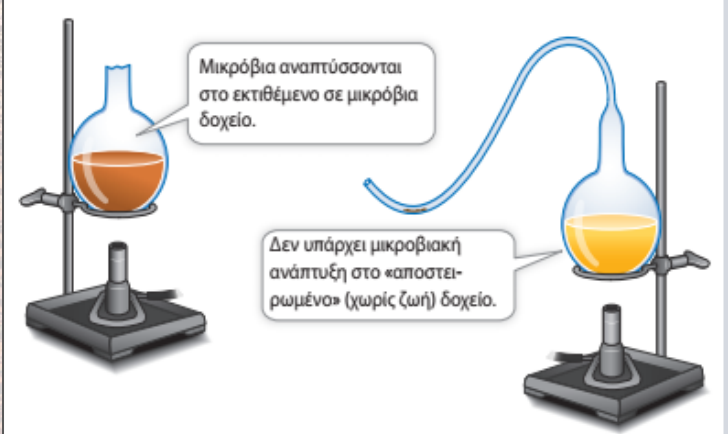
ΜΕΘΟΔΟΣ



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.

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



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ▶ Οι ζωντανόι οργανισμοί προέρχονται από προϋπάρχοντες ζωντανούς οργανισμούς.

Experiments by Louis Pasteur showed that microorganisms can arise only from other microorganisms. But these experiments did not prove that spontaneous generation had never occurred.

How did life first originate?
There are two main theories.

1. Chemical evolution: conditions on primitive Earth led to formation of simple molecules, which led to formation of life forms.

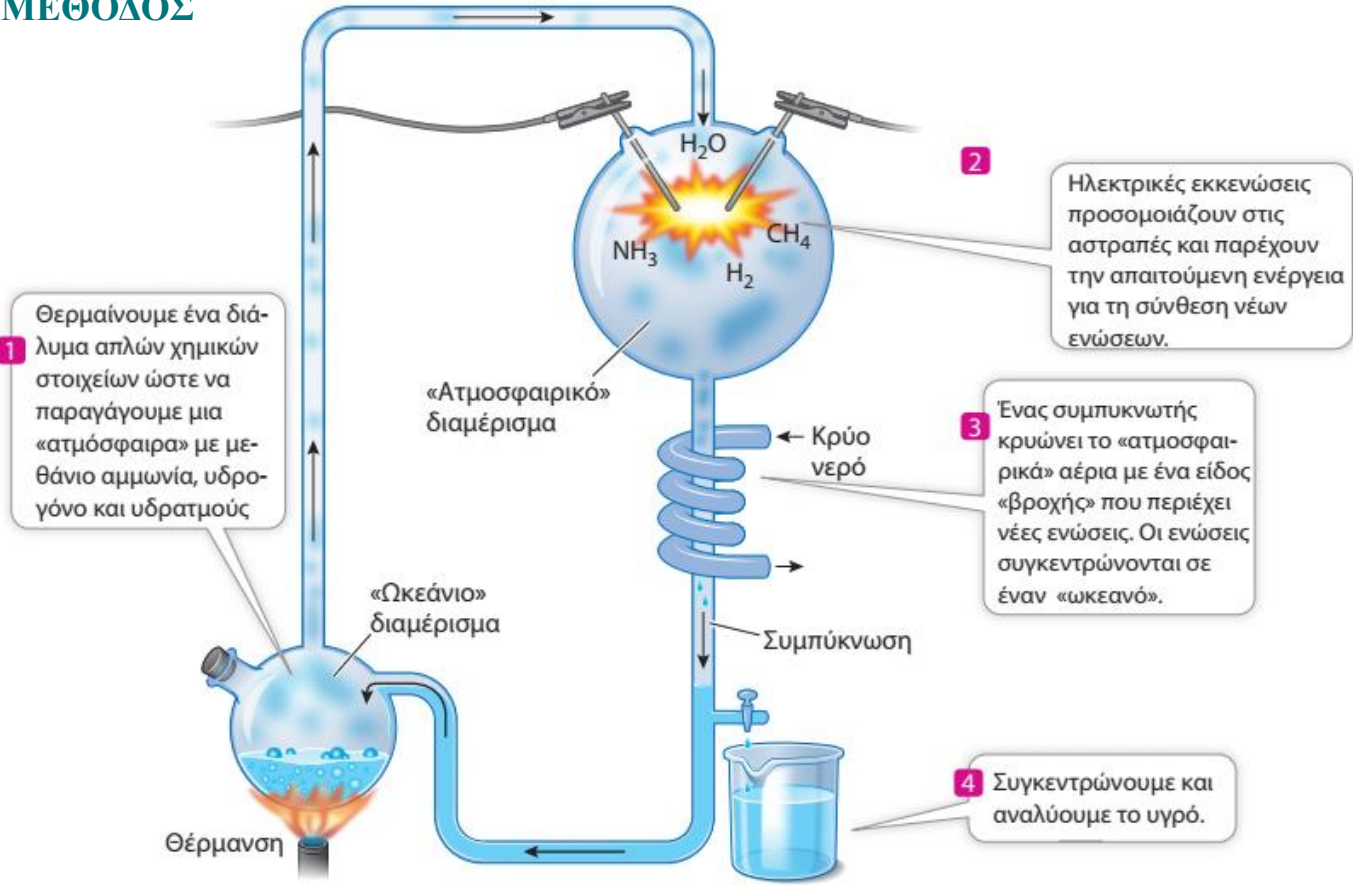
- Miller and Urey (1950s) experimented with reconstructing those primitive conditions.
- The Miller and Urey experiments sparked decades of research.
- Volcanoes may have added CO_2 , N_2 , H_2S , and SO_2 to the atmosphere.
- Adding these gases to the experimental atmosphere results in formation of more small organic molecules.

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

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



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

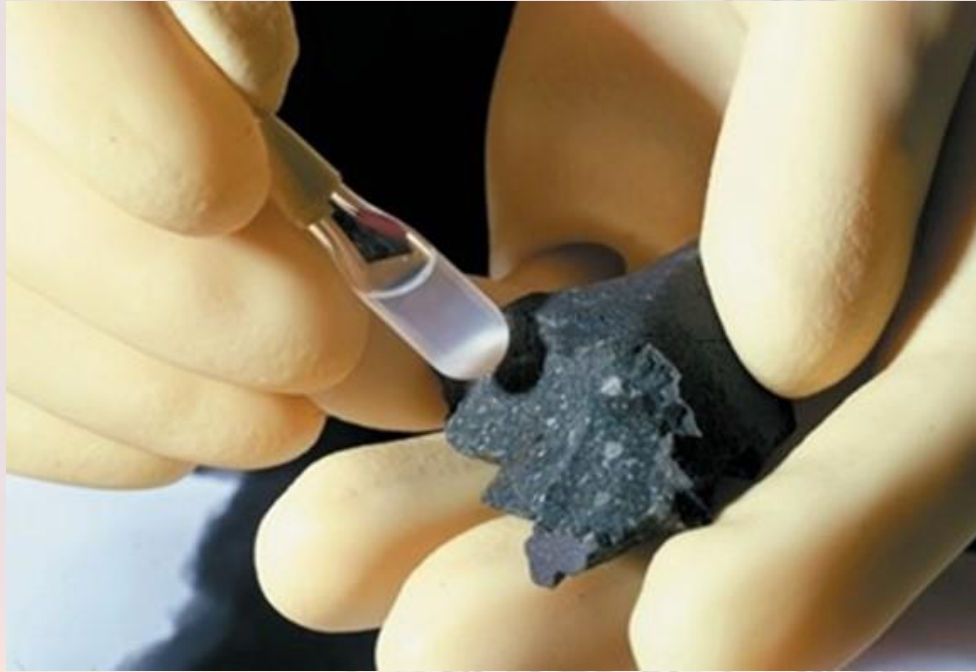
Miller, S. L. and H. C. Urey. 1959. Organic compound synthesis on the primitive earth. *Science* 130: 245–251.

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.



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.

2. Life came from outside Earth

- Some meteorites contain molecules such as purines, pyrimidines, and amino acids, suggesting that living organisms might have reached Earth within a meteorite.
- Some scientists question whether organisms could survive in a meteorite.

Μπορούμε να βρούμε ενδείξεις ζωής στον Άρη;

HYPOTHESIS ▶ Martian soil can be tested by a probe on Mars to show chemical changes consistent with life.

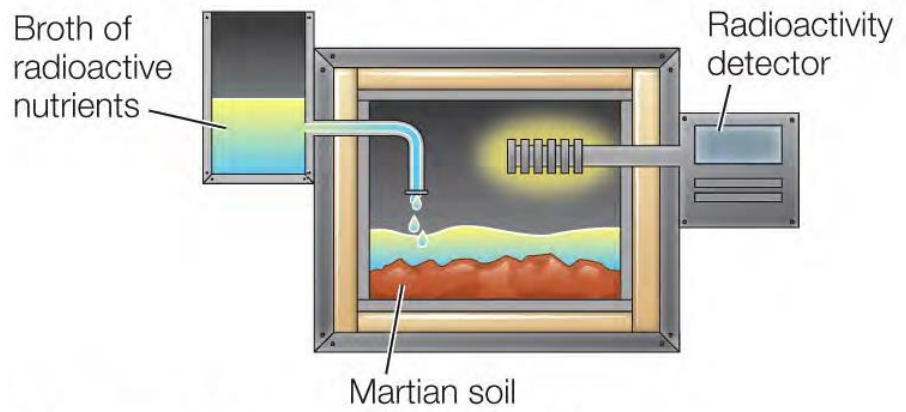
METHOD



Courtesy of NASA/
JPL-Caltech/University
of Arizona



Courtesy of NASA



Hypothesis: Martian soil can be tested by a probe on Mars to show chemical changes consistent with life.

Method: Soils scooped up by Mars Viking landers are exposed to nutrients labeled with radioisotopes. After 4 days, check for radioactive gases, such as CO₂, that might be given off by live organisms during metabolism.

RESULTS

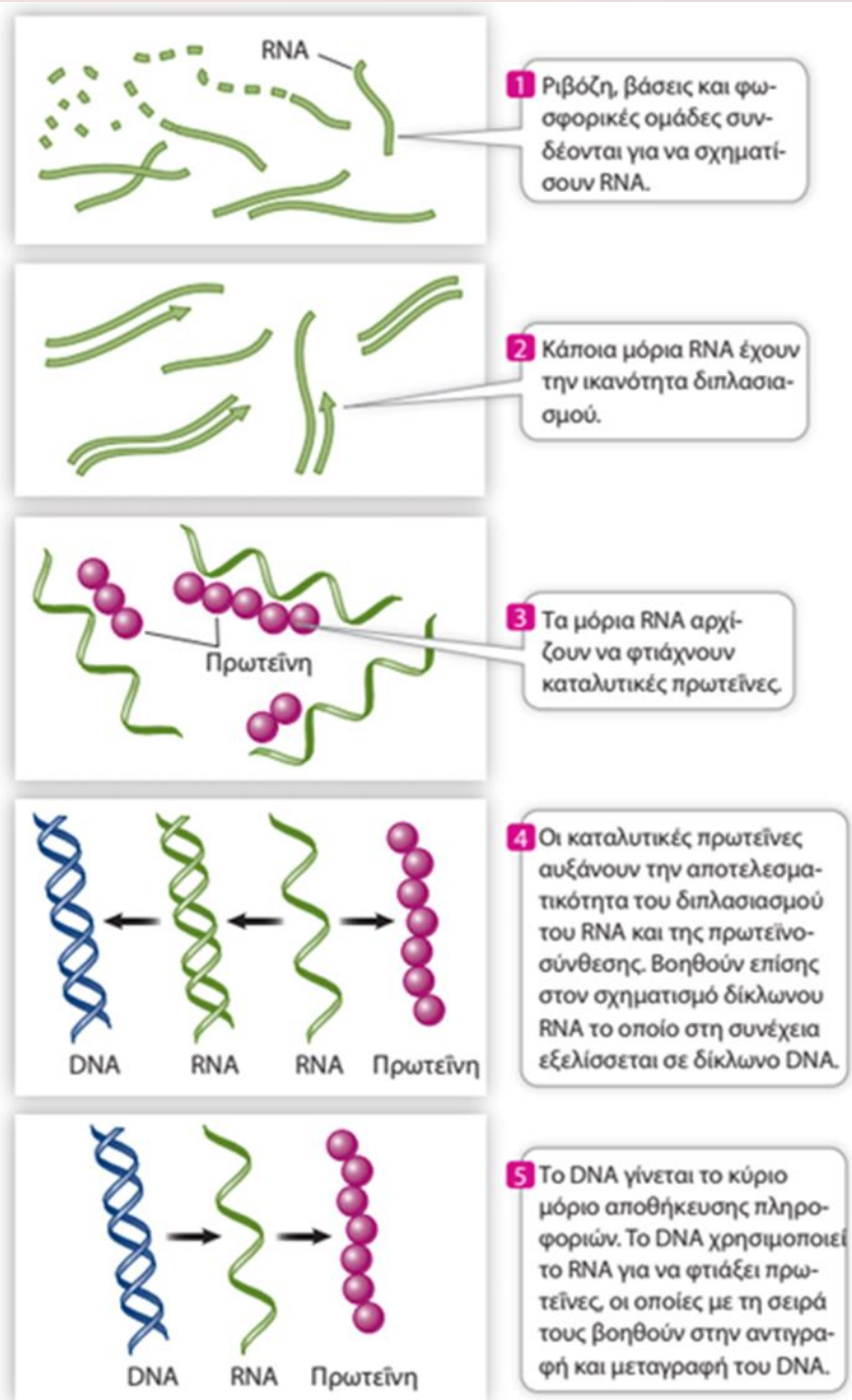
Radioactive gas detected (counts per minute) after 4 Martian days		
Control (no soil)	Martian sample 1	Martian sample 2
500	9,500	12,000

CONCLUSION ▶ Martian soil shows chemical changes consistent with life.

Εικόνα 4.9 Η Υπόθεση του «Κόσμου του RNA»

Εικόνα 4.9 Η Υπόθεση του «Κόσμου του RNA» Σύμφωνα με αυτή την άποψη, σε έναν κόσμο χωρίς DNA, μόνο του το RNA αποτελούσε το σχεδιάγραμμα για την πρωτεϊνοσύνθεση και τον καταλύτη για τον αυτοδιπλασιασμό του. Τελικά, τα μόρια DNA που αποθηκεύουν πληροφορίες μπορεί να προήλθαν από το RNA.

- The next step for the chemical evolution theory is a plausible explanation of how polymers formed.
- Several model systems are used to simulate possible conditions including powdered clays, hydrothermal vents, and hot pools.
- RNA may have been the first catalyst. The 3-D shape and other properties of some RNA molecules (ribozymes) are similar to enzymes.
- RNA could have acted as a catalyst for its own replication and for synthesis of proteins. DNA could eventually have evolved from RNA.

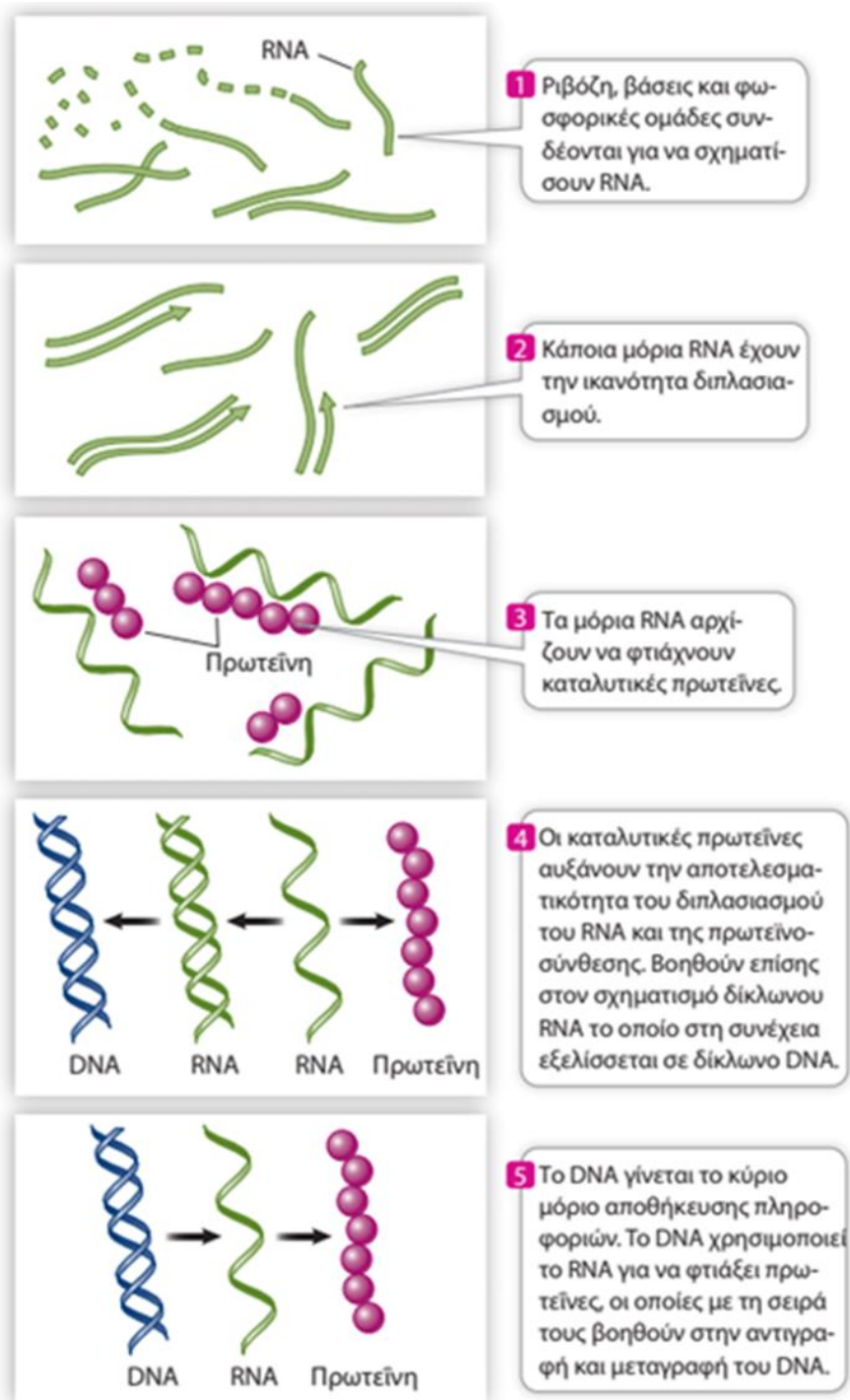


Εικόνα 4.9 Η Υπόθεση του «Κόσμου του RNA»

Εικόνα 4.9 Η Υπόθεση του «Κόσμου του RNA» Σύμφωνα με αυτή την άποψη, σε έναν κόσμο χωρίς DNA, μόνο το RNA αποτελούσε το σχεδιάγραμμα για την πρωτεϊνοσύνθεση και τον καταλύτη για τον αυτοδιπλασιασμό του. Τελικά, τα μόρια DNA που αποθηκεύουν πληροφορίες μπορεί να προήλθαν από το RNA.

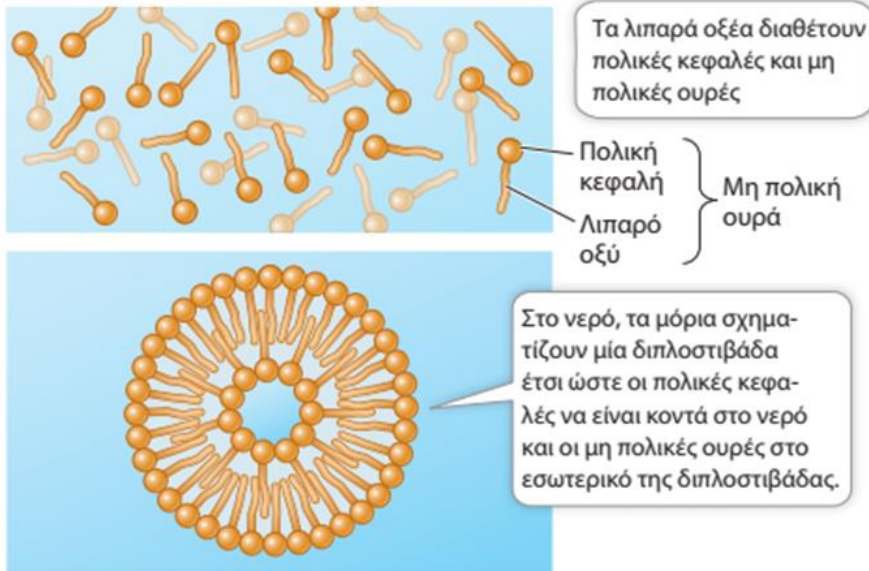
Several lines of evidence support the “RNA world” hypothesis:

- Peptide linkages are catalyzed by ribozymes today.
- In retroviruses, an enzyme called reverse transcriptase catalyzes the synthesis of DNA from RNA.
- Short, naturally occurring RNA molecules catalyze polymerization of nucleotides in experimental settings.
- A artificial ribozyme has been developed that can catalyze assembly of short RNAs into a longer molecule that is an exact copy of itself.

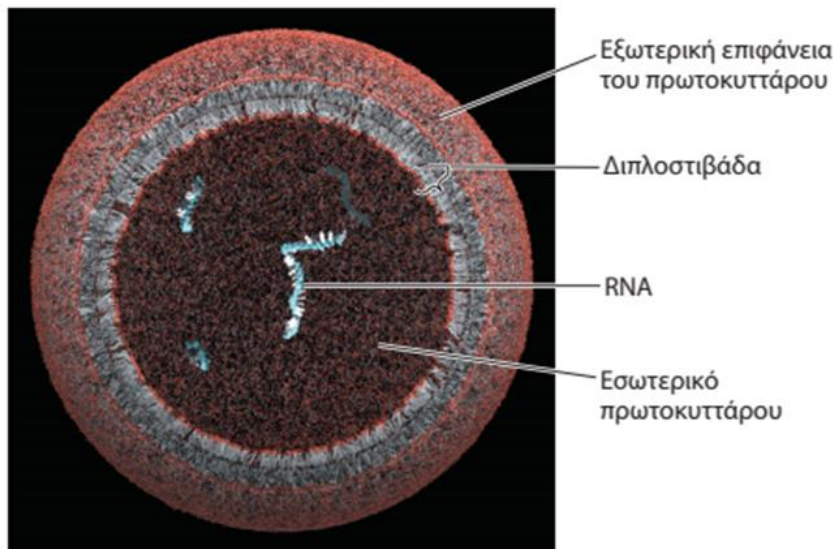


Εικόνα 4.10 Πρωτοκύτταρα

(Α) Υποθετικός σχηματισμός ενός πρωτοκυττάρου



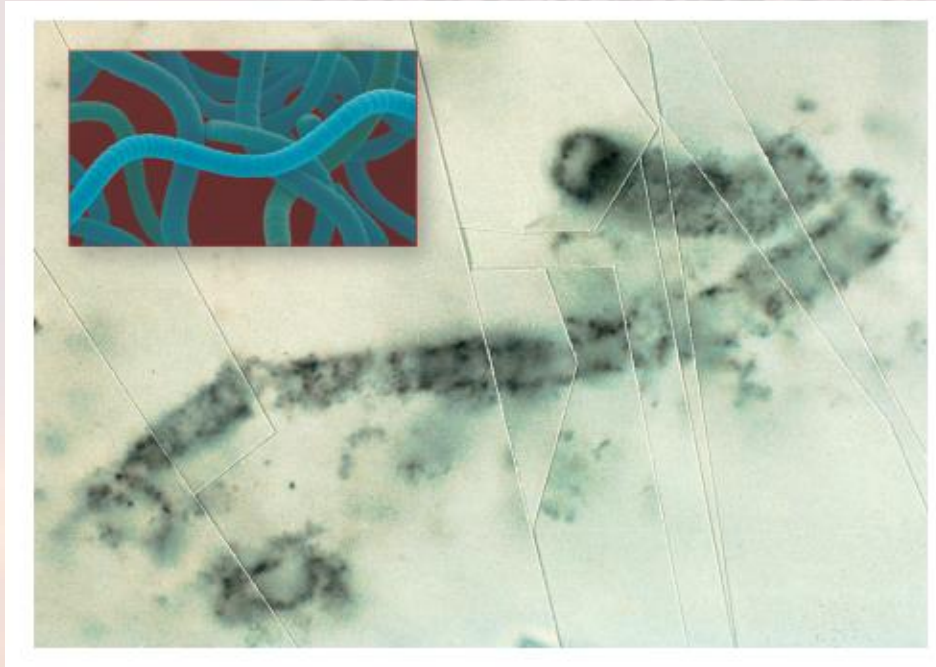
(Β) Μοντέλο ενός πρωτοκυττάρου



Εικόνα 4.10 Πρωτοκύτταρα (Α) Σε μία σειρά πειραμάτων, ο Τζακ Σόστακ και οι συνεργάτες του ανέμιξαν μόρια λιπαρών οξέων στο νερό. Τα μόρια σχημάτισαν σφαιρικές δομές που ονομάζονται πρωτοκύτταρα, με το νερό να περικλείεται από διπλοστιβάδα λιπαρών οξέων. **(Β)** Ένα μοντέλο πρωτοκυττάρου. Ένα μέρος της «μεμβράνης» έχει αποκοπεί προκειμένου να αποκαλυφθεί το εσωτερικό του πρωτοκυττάρου και η δομή διπλοστιβάδας της μεμβράνης. Θρεπτικά συστατικά και νουκλεοτίδια περνούν μέσω της «μεμβράνης» κι εισέρχονται στο πρωτοκύτταρο, όπου αντιγράφουν ένα ήδη υπάρχον καλούπι RNA. Τα νέα αντίγραφα του RNA παραμένουν εντός του πρωτοκυττάρου.

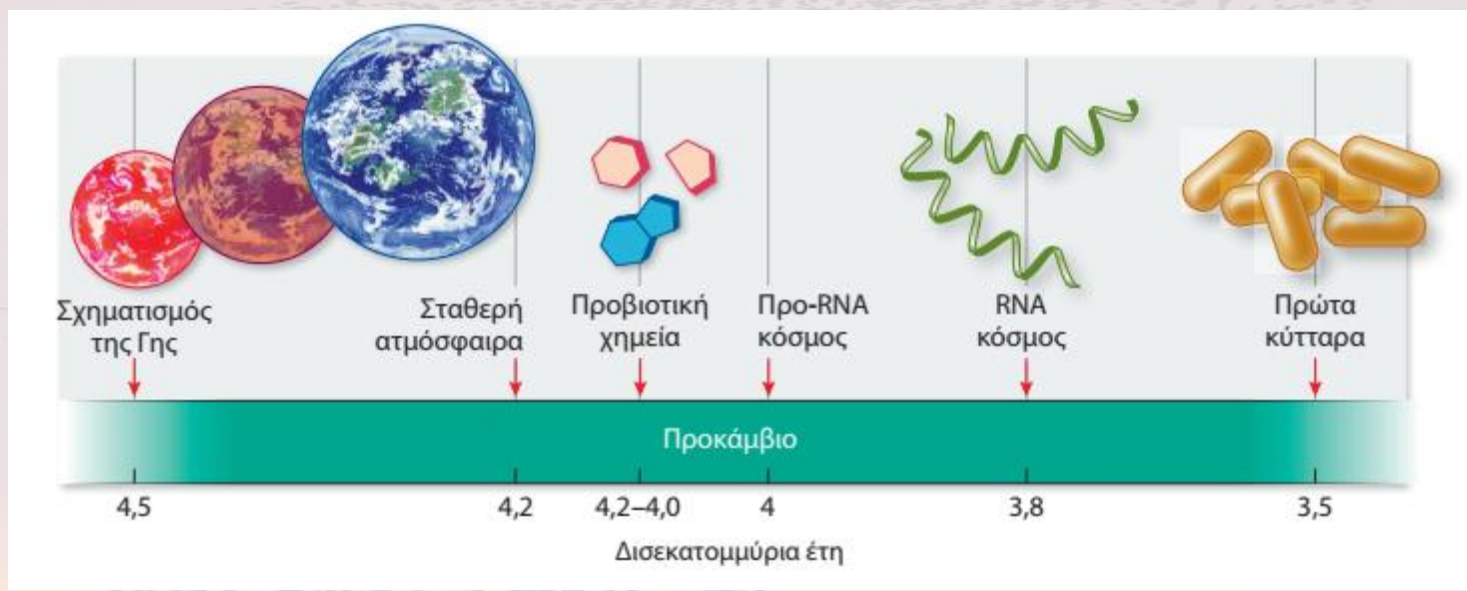
Protocells may be a reasonable model for the evolution of cells:

- They are organized systems of parts with substances interacting, in some cases catalytically.
- They have an interior that is distinct from the exterior environment.
- They can self-replicate.



Εικόνα 4.11 Τα Πρώτα Κύτταρα; Αυτό το απολίθωμα από τη Δυτική Αυστραλία είναι 3,5 δισεκατομμυρίων ετών. Η μορφή του είναι παρόμοια με τα σημερινά νηματώδη κυανοβακτήρια (ένθετη φωτογραφία).

Εικόνα 4.12 Η Προέλευση της Ζωής



Εικόνα 4.12 Η Προέλευση της Ζωής Αυτή η υπεραπλουστευμένη χρονική αναπαράσταση παραθέτει τα κύρια γεγονότα τα οποία συμμετείχαν στην προέλευση της ζωής πριν από περισσότερα από 3,5 δισεκατομμύρια έτη.