

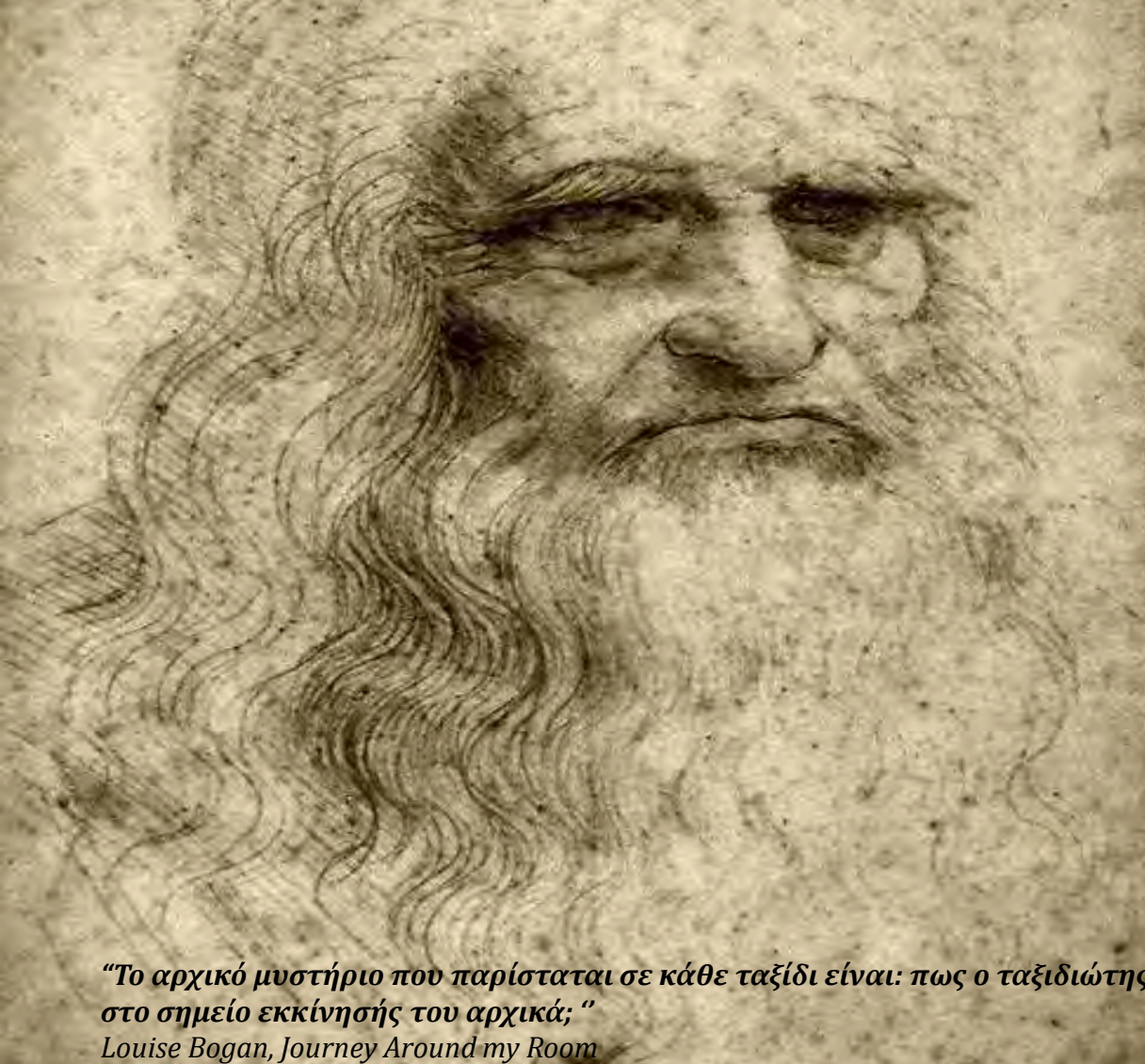
Η Ανάδυση του Φαινομένου της Ζωής στη Γη



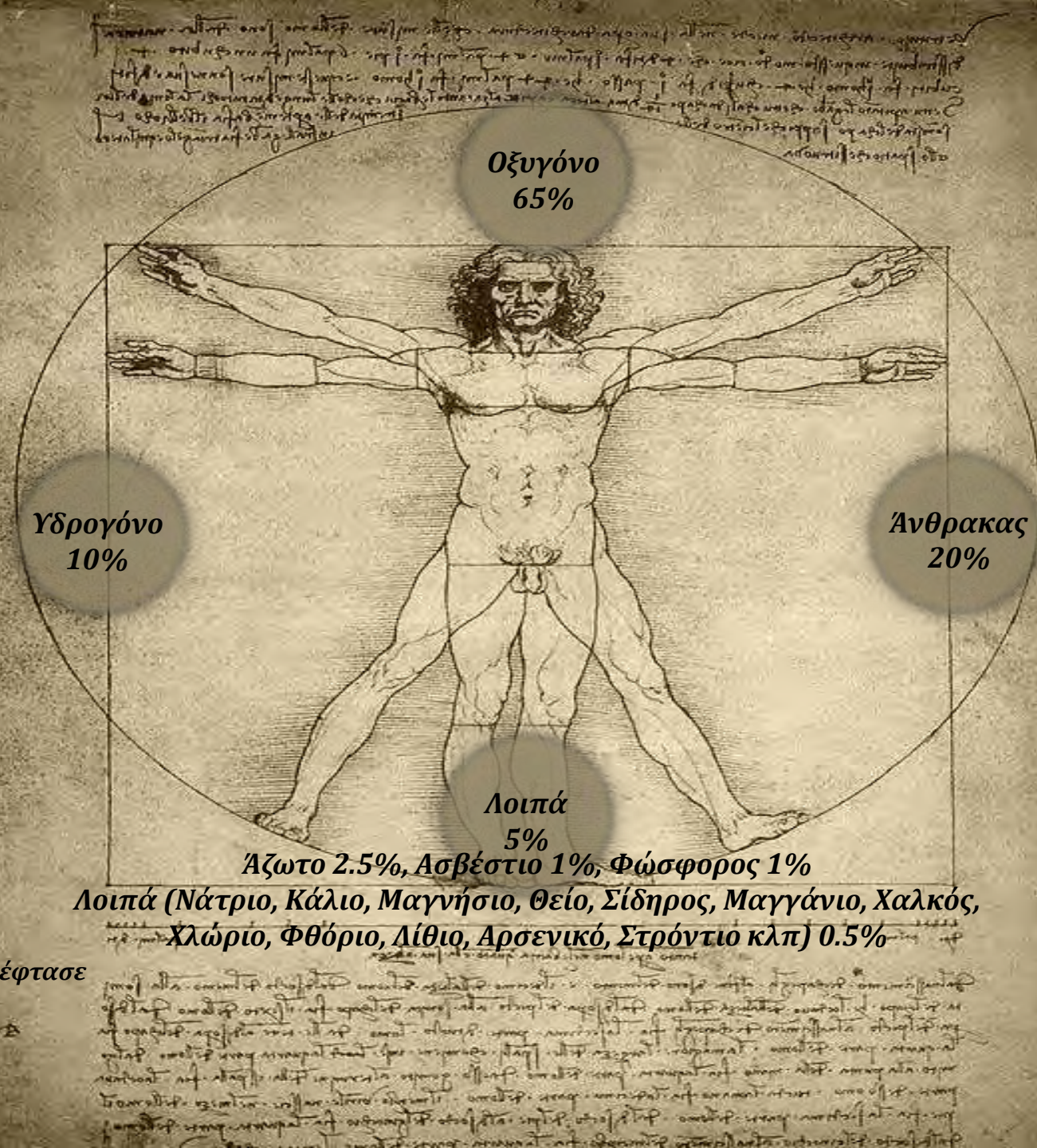
Δημήτρης Πλατής, Βιοχημικός



Ecce Homo



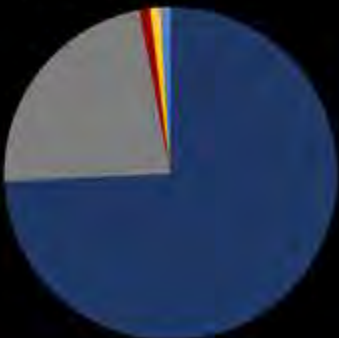
“Το αρχικό μυστήριο που παρίσταται σε κάθε ταξίδι είναι: πως ο ταξιδιώτης έφτασε στο σημείο εκκίνησής του αρχικά;”
Louise Bogan, Journey Around my Room



Τα Στοιχεία της Δημιουργίας

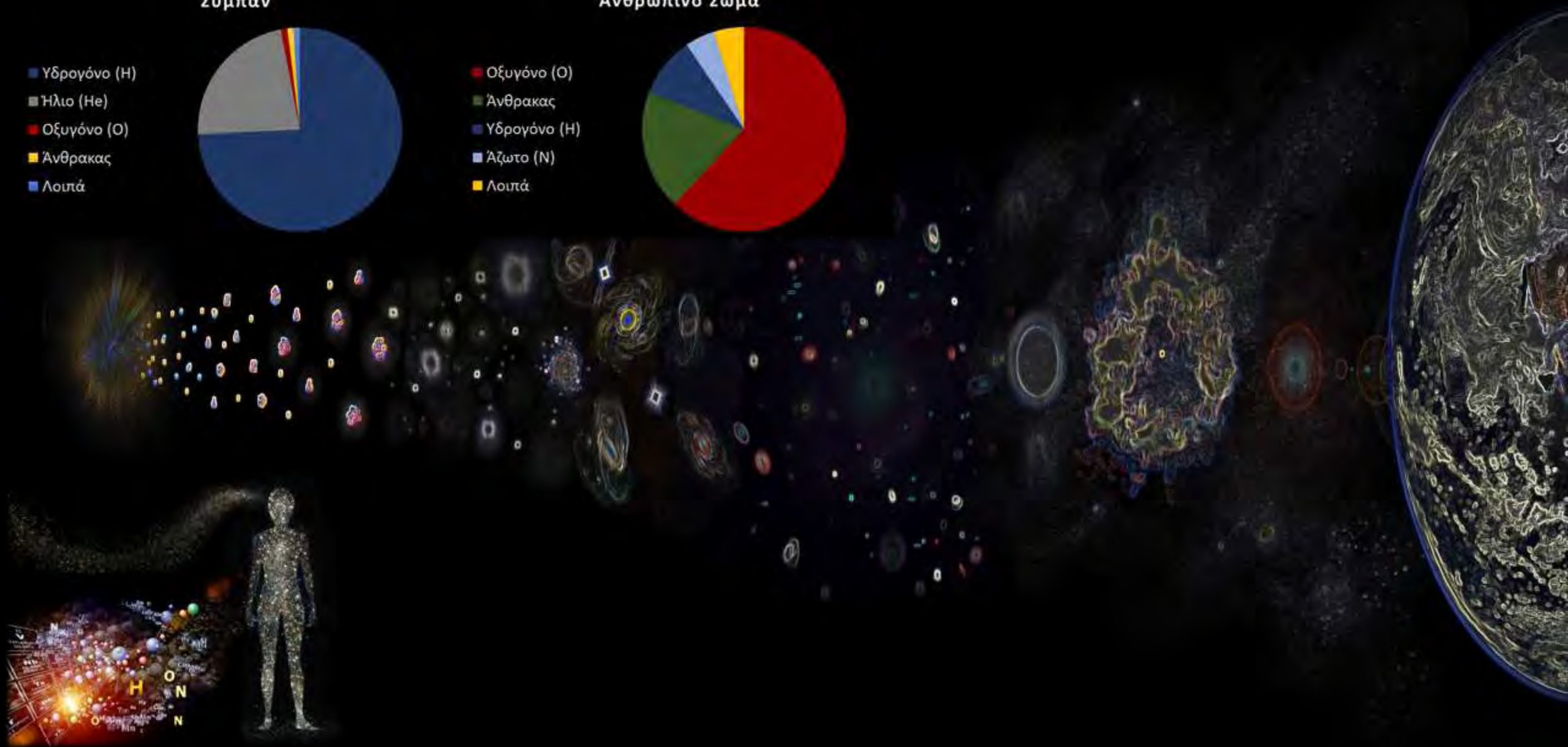
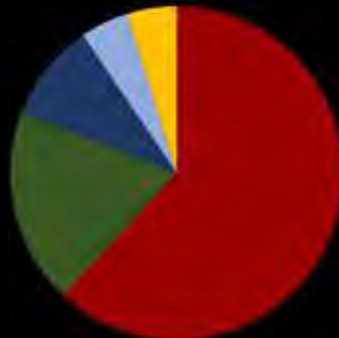
Σύμπαν

■ Υδρογόνο (H)
■ Ήλιο (He)
■ Οξυγόνο (O)
■ Άνθρακας
■ Λοιπά

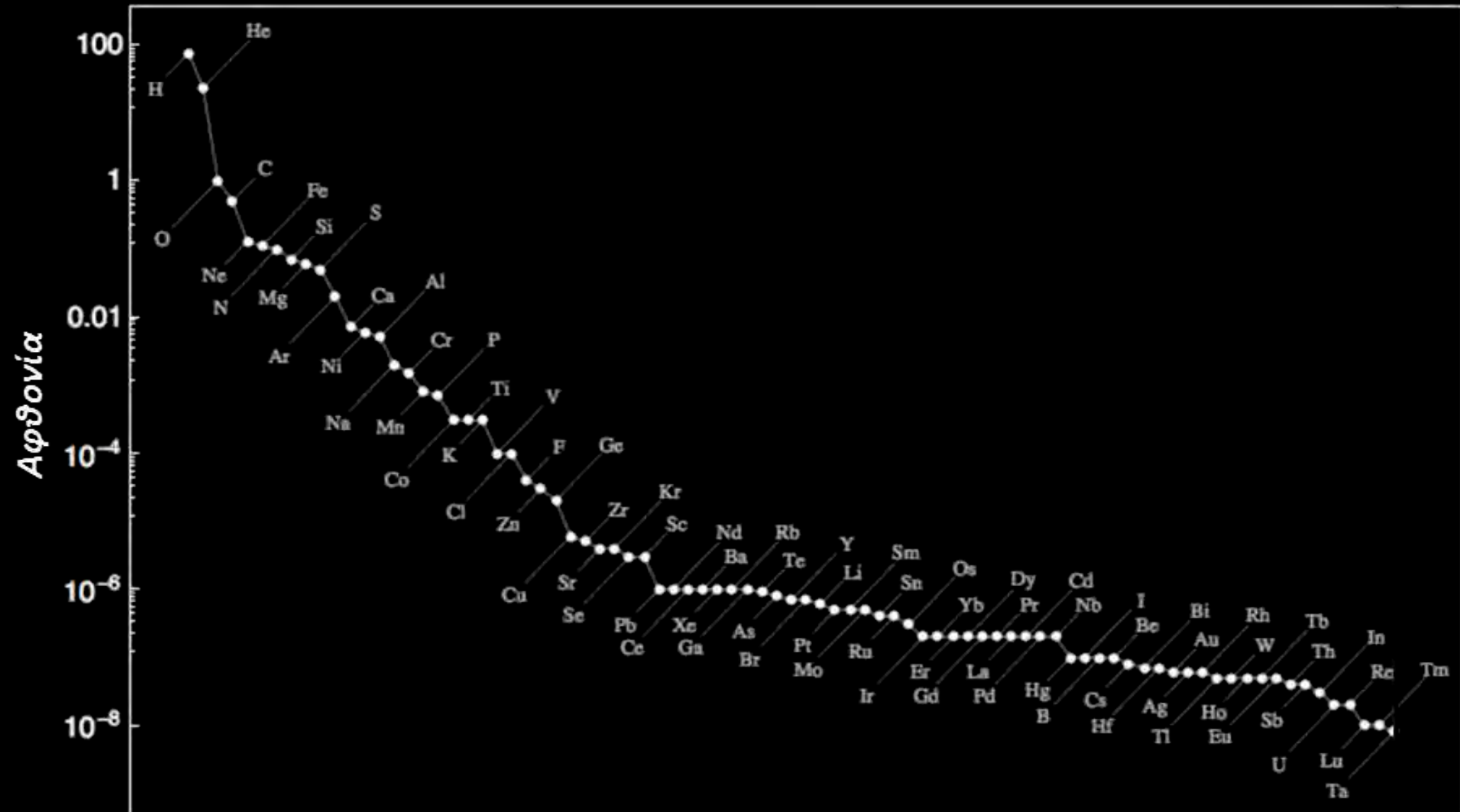


Ανθρώπινο Σώμα

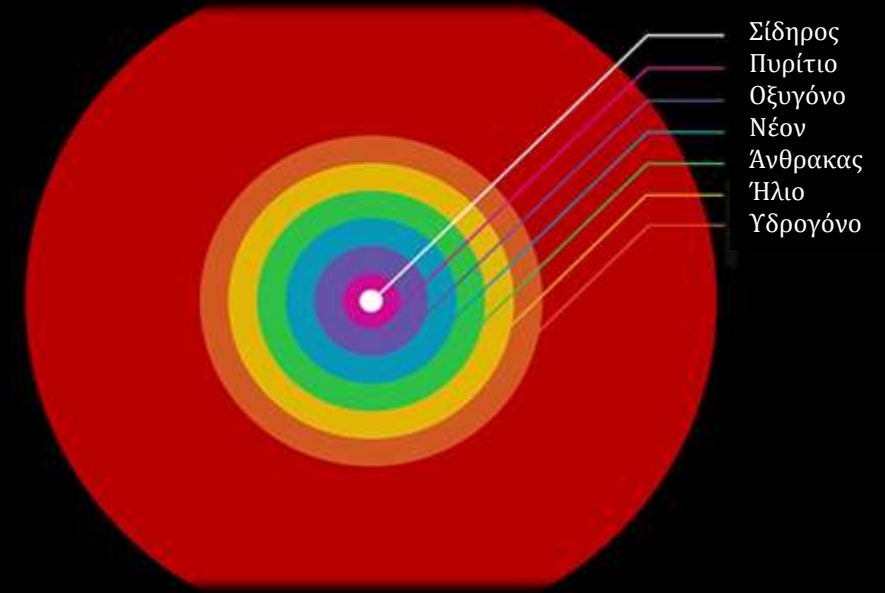
■ Οξυγόνο (O)
■ Άνθρακας
■ Υδρογόνο (H)
■ Άζωτο (N)
■ Λοιπά



Τα Στοιχεία της Δημιουργίας



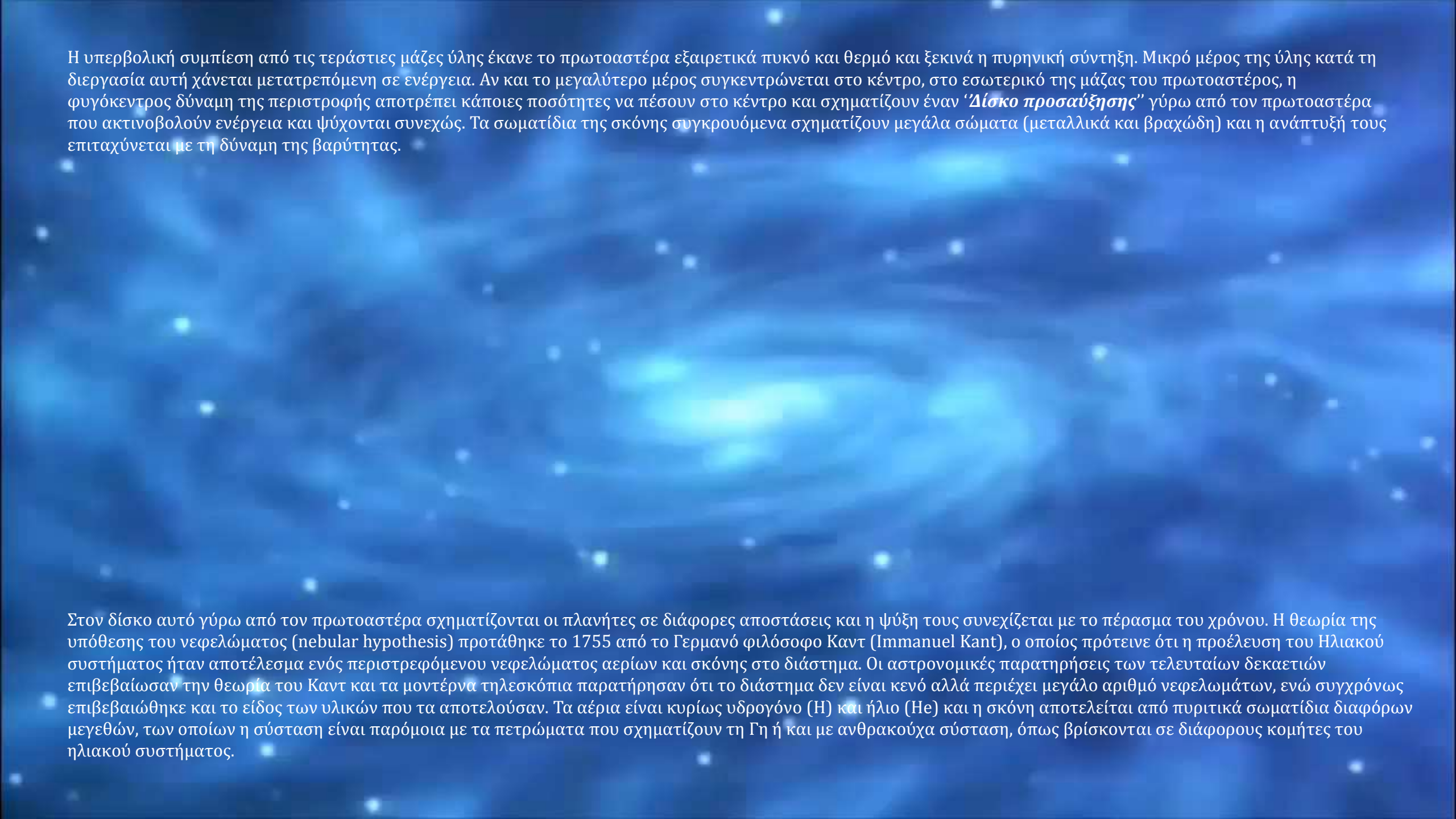
Το Αμόνι των Άστρων



Τα άστρα σχηματίζονται όταν μια διάχυτη, ψυχρή μάζα αερίου ωθείται σε κατάρρευση από ένα ωστικό κύμα που διέρχεται (συνήθως ένα σουπερνόβα). Όταν το σύννεφο καταρρέει, θερμότητα παράγεται καθώς η ύλη πέφτει προς τα μέσα, και το συρρικνωμένο νέφος περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα, προκειμένου να διατηρήσει τη στροφορμή του. Η ταχεία περιστροφή αναγκάζει ένα μέρος του υλικού του αρχικού νέφους για να σχηματίσει ένα δίσκο περιστρεφόμενο γύρω από το κεντρικό σώμα. Το αέριο στα σύννεφα αναδύεται ισχυρά με υπερηχητικές αναταραχές δημιουργώντας τη νηματώδη δομή του.

Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 10,000,000 K , αρχίζει η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου και το αστέρι γεννιέται. Ο Ήλιος και άλλα αστέρια αυτού του τύπου παράγουν ενέργεια με δύο διαδικασίες : αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου και τον κύκλο του άνθρακα. Η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου απαιτεί μια θερμοκρασία 15,000,000K για να λάβει χώρα. Ο κύκλος του άνθρακα απαιτεί μια υψηλότερη θερμοκρασία, επειδή χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για να ζευγαρώσει ένα πρωτόνιο σε ένα πυρήνα άνθρακα (το οποίο περιέχει 6 πρωτόνια) από ό,τι να ζευγαρώσει με ένα πρωτόνιο. Στον Ήλιο, το 91% της ενέργειας που παράγεται από την αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου και το υπόλοιπο από τον κύκλο του άνθρακα. Αστέρια που είναι πιο ογκώδη από τον ήλιο έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα και παράγουν ενέργεια κυρίως από τον κύκλο του άνθρακα.

“Το άζωτο στο DNA μας, το ασβέστιο στα δόντια μας, ο σίδηρος στο αίμα μας, ο άνθρακας στις μηλόπιτες μας σφυρηλατήθηκαν στο εσωτερικό καταρρεόντων αστεριών. Είμαστε φτιαγμένοι από το υλικό των άστρων”
Carl Sagan



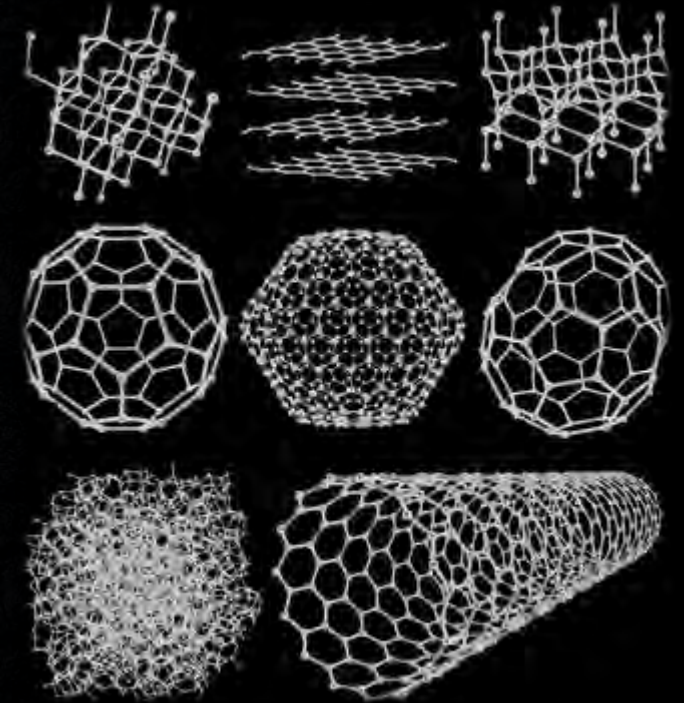
Η υπερβολική συμπίεση από τις τεράστιες μάζες ύλης έκανε το πρωτοαστέρα εξαιρετικά πυκνό και θερμό και ξεκινά η πυρηνική σύντηξη. Μικρό μέρος της ύλης κατά τη διεργασία αυτή χάνεται μετατρέπόμενη σε ενέργεια. Αν και το μεγαλύτερο μέρος συγκεντρώνεται στο κέντρο, στο εσωτερικό της μάζας του πρωτοαστέρα, η φυγόκεντρος δύναμη της περιστροφής αποτρέπει κάποιες ποσότητες να πέσουν στο κέντρο και σχηματίζουν έναν **“Δίσκο προσαύξησης”** γύρω από τον πρωτοαστέρα που ακτινοβολούν ενέργεια και ψύχονται συνεχώς. Τα σωματίδια της σκόνης συγκρούμενα σχηματίζουν μεγάλα σώματα (μεταλλικά και βραχώδη) και η ανάπτυξή τους επιταχύνεται με τη δύναμη της βαρύτητας.

Στον δίσκο αυτό γύρω από τον πρωτοαστέρα σχηματίζονται οι πλανήτες σε διάφορες αποστάσεις και η ψύξη τους συνεχίζεται με το πέρασμα του χρόνου. Η θεωρία της υπόθεσης του νεφελώματος (nebular hypothesis) προτάθηκε το 1755 από το Γερμανό φιλόσοφο Καντ (Immanuel Kant), ο οποίος πρότεινε ότι η προέλευση του Ηλιακού συστήματος ήταν αποτέλεσμα ενός περιστρεφόμενου νεφελώματος αερίων και σκόνης στο διάστημα. Οι αστρονομικές παρατηρήσεις των τελευταίων δεκαετιών επιβεβαίωσαν την θεωρία του Καντ και τα μοντέρνα τηλεσκόπια παρατήρησαν ότι το διάστημα δεν είναι κενό αλλά περιέχει μεγάλο αριθμό νεφελωμάτων, ενώ συγχρόνως επιβεβαιώθηκε και το είδος των υλικών που τα αποτελούσαν. Τα αέρια είναι κυρίως υδρογόνο (H) και ήλιο (He) και η σκόνη αποτελείται από πυριτικά σωματίδια διαφόρων μεγεθών, των οποίων η σύσταση είναι παρόμοια με τα πετρώματα που σχηματίζουν τη Γη ή και με ανθρακούχα σύσταση, όπως βρίσκονται σε διάφορους κομήτες του ηλιακού συστήματος.

Άνθρακας ο θησαυρός



- Βρίσκεται σε αφθονία.
- Δύναται να σχηματίσει μέχρι 4 δεσμούς επιτρέποντας τη ανταλλαγή και δέσμευση χημικής ενέργειας.
- Σχηματίζει εύκολα δεσμούς με άλλα μόρια άνθρακα αλλά και με άλλα στοιχεία.
- Αλληλεπιδρά με μέταλλα.
- Οργανικά μόρια μπορούν να καμφθούν και να διπλώσουν, σχηματίζοντας μεγάλες 3-διάστατες δομές.
- Διαφορετικά οργανικά μόρια δύναται να είναι σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή υπό τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας επιτρέποντας έτσι τη μεταφορά και ανταλλαγή μορίων ανάμεσα στις πλανητικές οργανικές αποθήκες.

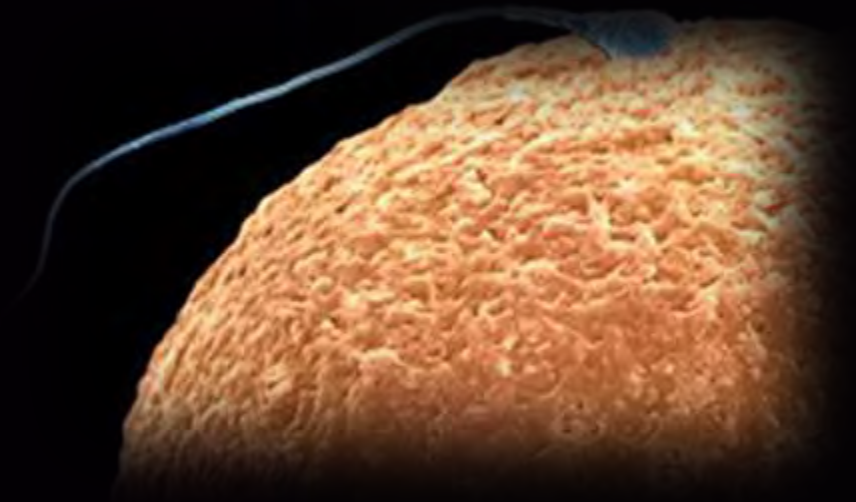


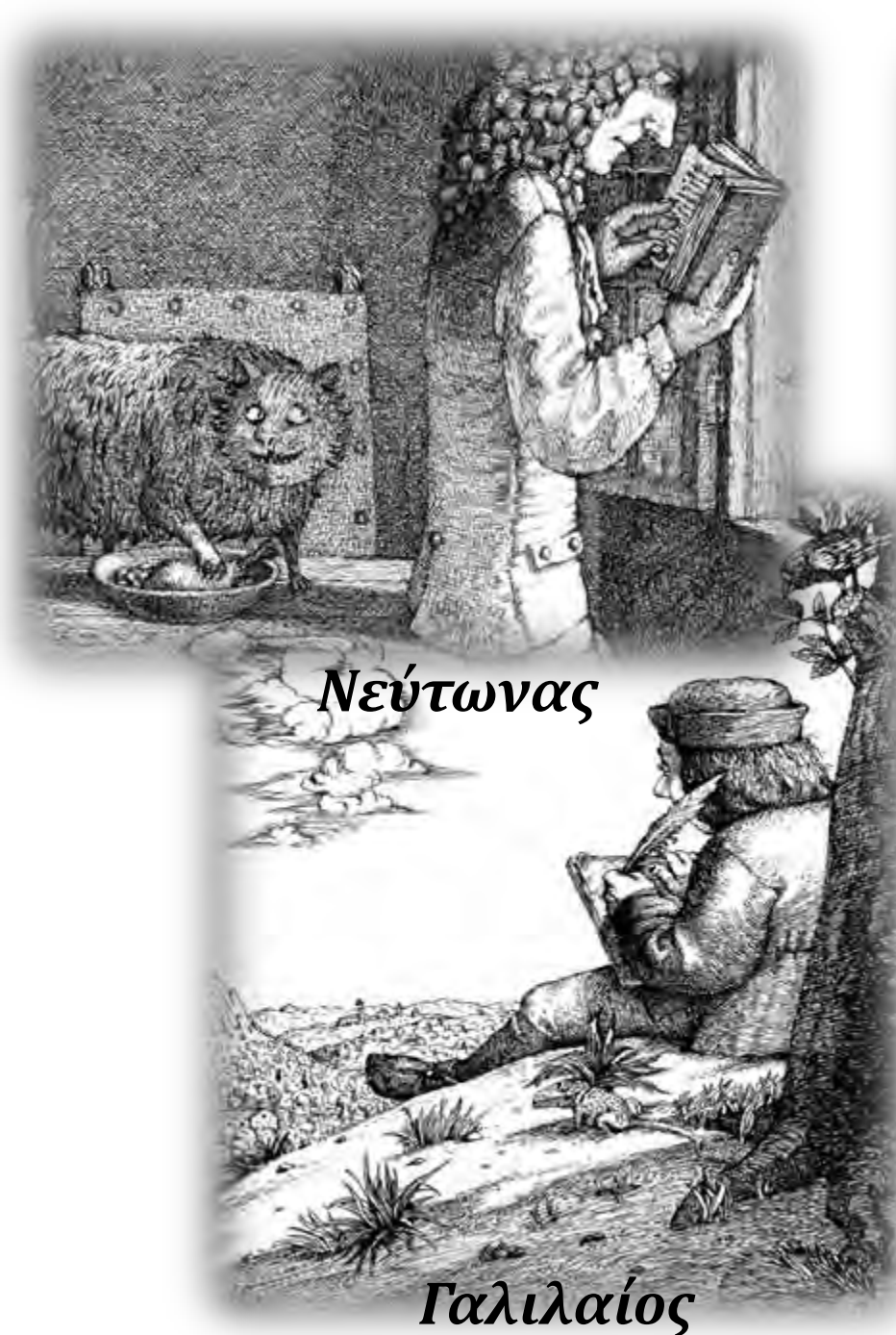
Το Νερό της Ζωής

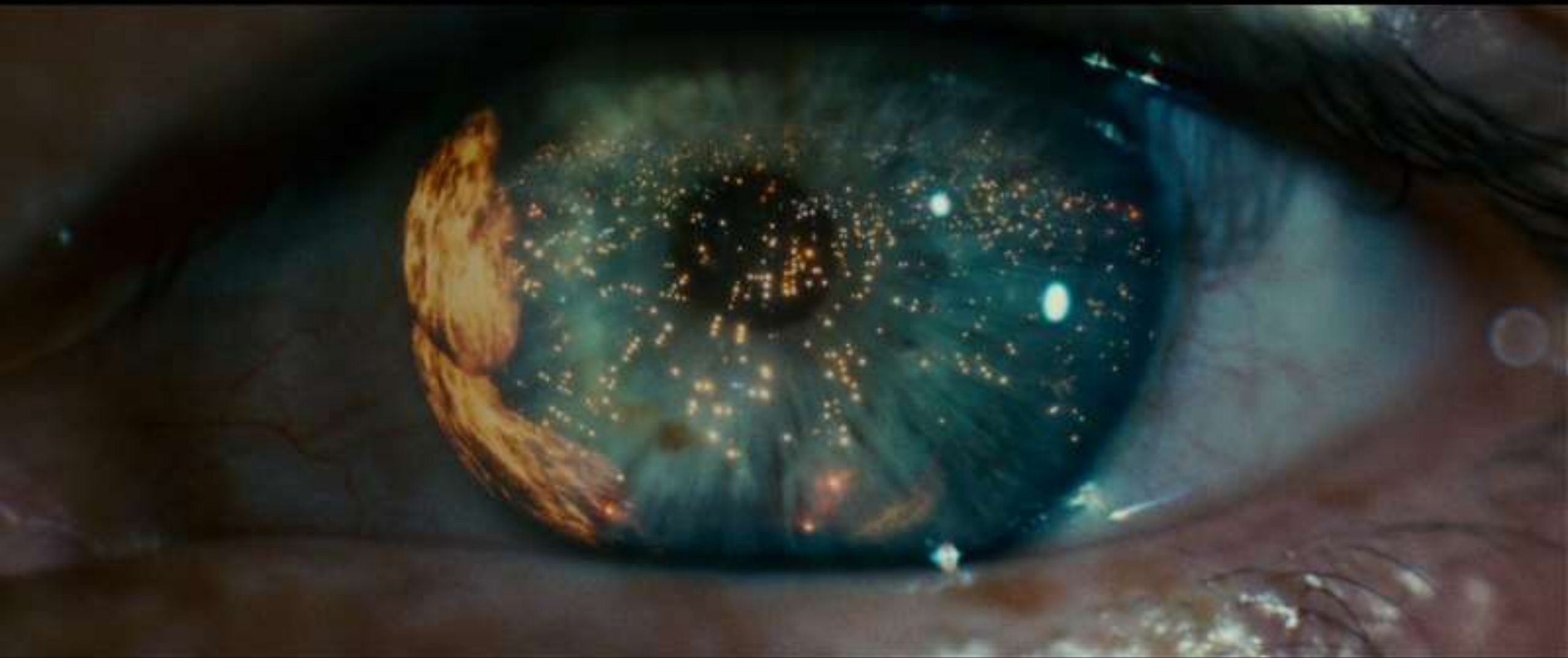
- Βρίσκεται σε αφθονία.
- Δύναται να υπάρχει σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή υπό τις φυσιολογικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που υπάρχουν στη Γη κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι πολική ένωση.
- Υπάρχει σε υγρή μορφή σε θερμοκρασίες που ευνοούν τις βιοχημικές διαδικασίες και δεν εμποδίζουν το σχηματισμό δεσμών μεταξύ διαφορετικών στοιχείων.
- Η πολικότητά του ευνοεί τη διαλυτότητα πολλαπλών πολικών ενώσεων καθώς και δημιουργεί διαφασικά συστήματα υδρόφιλων και υδρόφοβων ουσιών.
- Είναι το μέσο όλων των πλανητικών γεωχημικών κύκλων και ελέγχει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ποιές οι πιθανότητες....

Υπάρχουν 7,000,000,000,000,000,000,000,000 (10^{27}) άτομα στο ανθρώπινο σώμα
Ο αριθμός των άστρων στο ορατό σύμπαν είναι 10,000,000,000,000,000,000,000 (10^{21})
ή ένα εκατομμύριο φορές μικρότερος
Πως είναι δυνατόν όλα αυτά τα άτομα να αναδιατάχθηκαν με το σωστό τρόπο ώστε να δημιουργηθεί ένα
ζωντανό, σκεπτόμενο ον!







Ο έναςτρος ουρανός με τις χιλιάδες μικρές φωτεινές κουκίδες πρέπει να προκαλούσε τον θαυμασμό των πρωτόγονων ανθρώπων. Η δίψα του ανθρώπου να κατανοήσει το σύμπαν και τα αστρικά φαινόμενα, ίσως είναι τόσο παλιά, όσο και η παρουσία του πάνω στη Γη, ως σκεπτόμενος άνθρωπος (homo sapiens). Η ανθρώπινη τεχνική και διανόηση ήταν όμως πολύ αργές διεργασίες και διήρκησαν πολλούς αιώνες, ώσπου να δώσουν τα κατάλληλα εργαλεία για την κατανόηση των φαινομένων. Μέσα από την επίμονη αυτή προσπάθεια για απαντήσεις, οι άνθρωποι δεν είχαν άλλη διέξοδο παρά να στραφούν στις μυθολογικές ερμηνείες.

Οι προσπάθειες κατανόησης του κόσμου, αντανακλώνται στα ζωγραφικά έργα και τα κείμενα πανάρχαιων πολιτισμών, όπως των Βαβυλωνίων, των Ινδουιστών, των Ίνκας και τα κοσμογονικά μοντέλα των αρχαίων Ελλήνων.

Οι μύθοι κοσμογονίας, με τις υπερφυσικές θεότητες που δημιουργούν και διαχωρίζουν το καλό από το κακό και επιφέρουν την τάξη από το χάος είναι εξαιρετικά ποικίλες ανάμεσα στους αρχαίους πολιτισμούς. Οι θεότητες δημιουργούν θάλασσα, ουρανό και γη, δίνουν ζωή σε οργανισμούς που αναβλύζουν από το νερό και το έδαφος.



Κοσμογονικοί Μύθοι

Ασσύριοι/Βαβυλώνιοι : Ο Μαρντούκ (γιός του Έα, θεός των νερών) μονομάχησε με τη δράκαινα Τιαμάτ και τον άντρα της Κίγκον (εκπρόσωποι του χάους) και μετά από νίκη και εξολόθρευση των έντεκα τεράτων της ακολουθίας τους, έκοψε το σώμα της Τιαμάτ και το ένα κομμάτι έγινε το στερέωμα και με το άλλο κατασκευάστηκε η Γη. Ταυτόχρονα, ο Έα με το αίμα από το κρεουργημένο σώμα του Κιγκόν έφτιαξε τον άνθρωπο.

Αιγύπτιοι : Η δημιουργία του σύμπαντος και του ηλιακού συστήματος έγινε από τον θεό Άμμων-Ρά (ηλιακός θεός) ενώ με τη συμβολή των τριών παιδιών του (Νούτ, Σου και Κέμπ) δημιουργήθηκαν οι ποικίλες μορφές ζωής.

Ινδία : Κατά τις ινδικές Βέδες η δημιουργία του κόσμου περιγράφεται με τη δήλωση ότι στην αρχή δεν υπήρχε τίποτα, εκτός από το αυτοδύναμο Έν. Το Έν που ανέπνεε αυθύπαρκτο, κάποτε ξύπνησε η βούλησή του και δημιούργησε την ενεργό δύναμη και την παθητική ύλη, ενώ στη συνέχεια, και ύστερα από επιθυμία του, δημιουργήθηκε το σπέρμα της γνώσης και με σειρά εξελίξεων ο πολυσύνθετος κόσμος.

Εβραϊκή παράδοση : Ο Ιεχωβάς δημιουργεί τη Γη, ενώ μετά έκανε το στερέωμα-ουρανό και διέταξε τα νερά να συναχθούν σε ένα τμήμα για να εμφανισθούν οι στεριές. Αργότερα δημιουργήθηκε το φως που κατανεμήθηκε σε πηγές όπως ο Ήλιος, τα άστρα και οι πλανήτες με τους δορυφόρους τους.

Ελλάδα : Οι θεοί του Ολύμπου υπήρχαν από τη αρχή της δημιουργίας σε διάφορα ουράνια σώματα που τα θεωρούσαν ότι υπήρχαν ανέκαθεν σε ένα σύμπαν αυθύπαρκτο χωρίς αρχή και τέλος.

Τα 4 Στοιχεία της Δημιουργίας

Αναξίμανδρος (611-547 πΧ) : "Όλα προκύπτουν από τη στοιχειώδη φύση του σύμπαντος (άπειρον/απεριόριστο). Η ζωή δημιουργήθηκε σε υγρές συνθήκες υπό την επίδραση του Ήλιου και από απλούστερες μορφές σε πιο πολύπλοκες".

Αναξίμενης (588-524 πΧ) : "Τα ζώντα όντα δημιουργήθηκαν αυτούσια υπό την επίδραση του Ήλιου".

Ξενοφάνης (576-480 πΧ) και Παρμενίδης (514-440 πΧ): "Ο αέρας είναι η πηγή της ζωής, της κίνησης και της σκέψης και η ζωή ξεπήδησε από μία αρχέγονη σούπα γης και νερού από όπου τα ζώντα όντα δημιουργήθηκαν αυτούσια".

Εμπεδοκλής (495-435 πΧ) : "Τα ζώντα όντα δημιουργήθηκαν αυτούσια αλλά ύστερα από μία περίοδο επιλογής επέζησαν οι πιο επιτυχημένοι συνδυασμοί τους και έκτοτε παραμένουν अपαράλλακτα".

Δημόκριτος (450 πΧ) και Αναξαγόρας (500-428 πΧ) : "Η ζωή ξεπήδησε από μία αρχέγονη σούπα".

Αριστοτέλης (384-322 πΧ) : "Οι ιδιότητες των ζωντανών οργανισμών ήταν λόγω του μίγματος 4 στοιχείων και των στοιχείων σε κάθε μέρος του σώματος, καθώς και ενός πέμπτου που ονομάζεται "πνεύμα" (*anima*-ψυχή). Υπήρχαν πολλαπλά πνεύματα που σχετίζονταν με την ανάπτυξη, την κίνηση, την αίσθηση, τη σκέψη, και τελικά στον άνθρωπο, το λόγο" καθώς και υπάρχει αλυσιδωτή σειρά μορφών, όπου κάθε μια αντιπροσωπεύει ένα σκαλοπάτι από τις πιο ατελείς στις πιο τέλειες μορφές.

Όλες οι μέχρι τότε απόψεις και θεωρίες επισκιάστηκαν από την φιλοσοφία του Πλάτωνα, που ενσωματώθηκε αργότερα στη Χριστιανική σκέψη και απέκτησε μόνιμη και δεσπόζουσα επιρροή πάνω στη δυτική σκέψη.

Δεδομένης της επιρροής του Αριστοτέλη στη μετέπειτα σκέψη οι ιδέες του αποτελούν ένα είδος υποβάθρου 'default'. Κυρίαρχο ρόλο παίζει η έννοια της **ιδέας** ή του **προτύπου**. Η φιλοσοφία του προτύπου ή της ιδέας, μια έννοια αφηρημένη που συνδυάζει την τελειότητα, την αιωνιότητα και την αμεταβλητότητα.

Δημόκριτος δὲ τὸ οὐ ἔνεκεν ἄφεις λέγειν πάντα ἀνάγει εἰς ἀνάγκην οἷς χρῆται ἢ φύσις-οὔσι μὲν τοιούτοις, οὐ μὴν ἄλλ' ἔνεκά τινος οὔσι καὶ τοῦ περὶ ἕκαστον βελτίονος χάριν.

- Αριστοτέλης, *Περὶ ζώων γενέσεως*

Διαφωτισμός : Η Άνοιξη του Ορθολογισμού

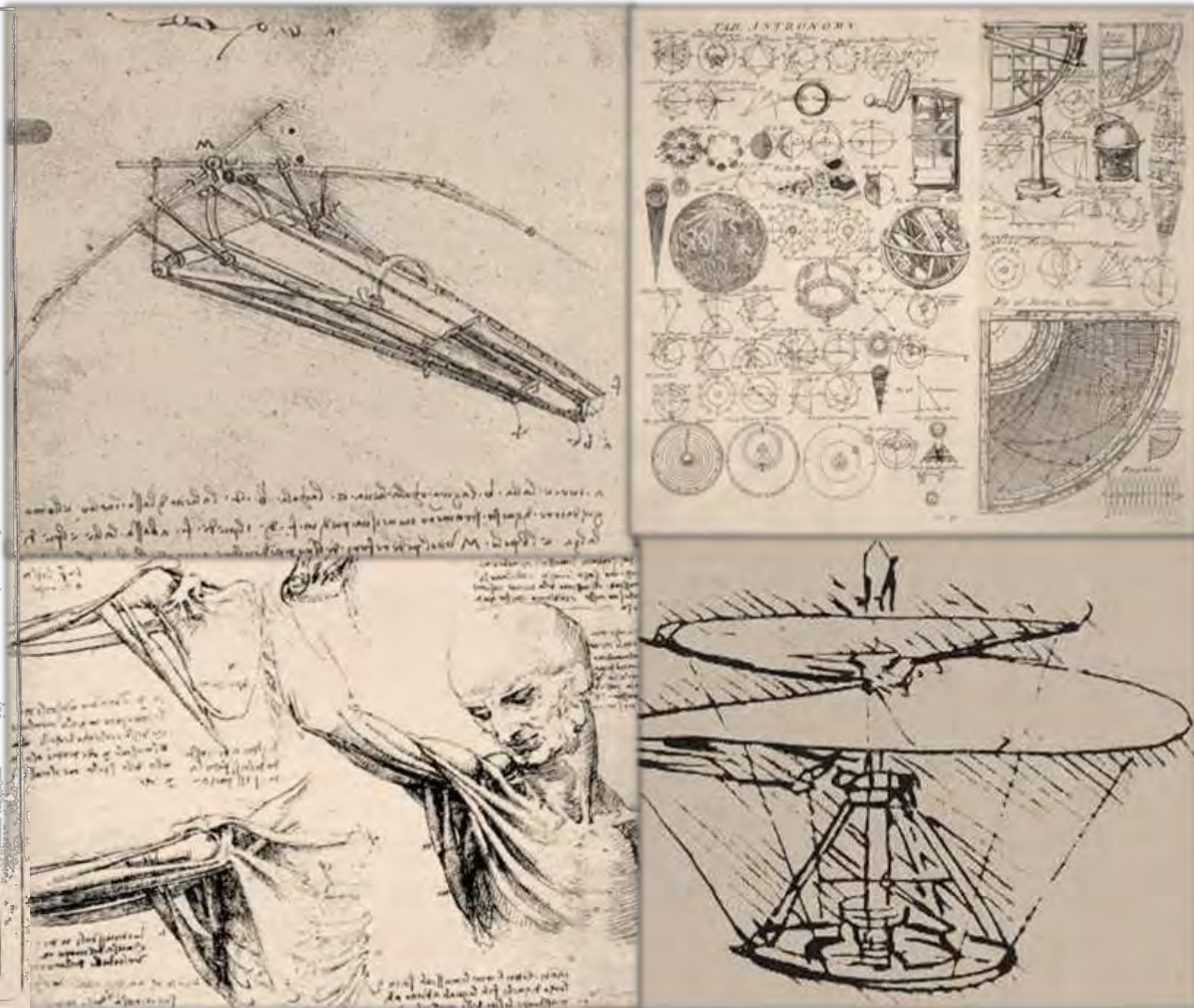


PHILOSOPHIÆ NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA.

Autore *J. S. NEWTON*, *Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos*
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc. PRÆSES.*
Julii 3. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis *Josephi Streater.* Prostant Ven-
les apud *Sam. Smith* ad insignia Principis *Wallæ* in Coemeterio
D. Pauli, aliisque nonnullos Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.



Αυτόματη Γένεση-Αβιογένεση

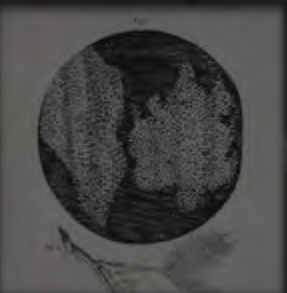
1651 William Harvey, Βρετανός ιατρός : "*ex omnia omnia* - Όλη η ζωή προέρχεται από αυγά" ...οι πρώτες προσπάθειες κατάρριψης της αυτόματης γένεσης.

17^{ος} αι. Johannes Baptista van Helmont, Βέλγος ιατρός/αλχημιστής : Ισχυρίζεται την αυτόματη γένεση ποντικών σε ένα κιούπι μαζί με σιτάρι και βρώμικα ρούχα ύστερα από επώαση σε ένα ζεστό, σκοτεινό ντουλάπι.

1688 Francisco Redi , Ιταλός ιατρός : Πρώτα πειράματα κατάρριψης της αυτόματης γένεσης.

1745 Lazzaro Spallanzani, Ιταλός ιερέας και βιολόγος : Επανάληψη πειραμάτων Redi.





Η Κυτταρική Θεωρία....εαν όλα προέρχονται από κύτταρα τότε....

1665 Robert Hooke, Άγγλος επιστήμονας : Παρατήρηση "κυττάρων" από φελό και τα ονόμασε cells από το λατινικό "*cellula*", που σημαίνει μικρό διαμέρισμα, σαν αυτά που έχουν οι μοναχοί στα μοναστήρια.

1830 Matthias Schleiden, Γερμανός βοτανολόγος και ο Theodore Schwann, Γερμανός ζωολόγος : Διατυπώνουν τη θεωρία ότι όλα τα ζώντα όντα αποτελούνται από κύτταρα.

1855 Rudolf Virchow, Γερμανός επιστήμονας : Διατύπωσε τη θεωρία ότι όλα τα κύτταρα προέρχονται από προϋπάρχοντα κύτταρα και αποκήρυξε την αυτόματη γένεση ως "αίρεση ή έργο του διαβόλου" αλλά υποστήριζε την ξεχωριστή φύση της ζωής.

1862 Louis Pasteur, Γάλλος μικροβιολόγος : Αποδεικνύει αδιάψευστα ότι η ζωή προέρχεται από ζωή και αυτό σηματοδοτεί το τέλος της θεωρίας της Αυτόματης Γένεσης. Παρόλ' αυτά, ο Pasteur εξακολουθούσε να πιστεύει ότι η ζωή εμπεριέχει μία ζώσα δύναμη (Αριστοτέλης).



Η Αναζήτηση της Φυσικοχημικής Προέλευσης της Ζωής

Κατά τη διάρκεια του δέκατου ένατου αιώνα παραδοσιακές απόψεις για τον κόσμο άρχισαν να κλονίζονται με την ανάπτυξη των θετικών επιστημών. Η συσσώρευση επιστημονικών δεδομένων (αρχές 19^{ου} αι) δημιούργησε το απαραίτητο γνωσιολογικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη των **δυναμικών θεωριών**.

1827 Jons Jacob Berzelius, Ελβετός χημικός : “Η ανόργανη ύλη δεν μπορεί να συνδυαστεί υπό τη μορφή της ζούσας φύσης”.

1828 Friedrich Wohler, Γερμανός χημικός: Σύνθεση ουρίας από κυανικό αμμώνιο.

1850 Adolf Strecker, Γερμανός χημικός : Σύνθεση αλανίνης από ακεταλδεύδη , αμμωνία και υδροκυάνιο.

1861 Alexadr Butlerov, Ρώσος χημικός : Σύνθεση μιγμάτων σακχάρων από φορμαλδεύδη.

1877 Dmitri Mendeleev, Ρώσος χημικός : Σύνθεση υδρογονανθράκων από μεταλλικά καρβίδια και νερό.

20^{ος} αι. Σύνθεση αμινοξέων από φορμαλδεϋδη και νερό υπό την επίδραση ηλεκτρικών εκκενώσεων και UV ακτινοβολίας.

Απόπειρες κατανόησης της χημείας των βακτηρίων και όχι την προέλευση της ζωής!



Πρωταρχική Σούπα

Οι Ρίζες του Δένδρου της Ζωής

Στη δεκαετία του 1920, ο Ρώσος βιοχημικός Alexandr Oparin και ο Βρετανός επιστήμονας John Haldane πρότειναν ότι η ζωή ξεκίνησε στη Γη μετά από μια περίοδο μακροχρόνιας αβιοτικής χημικής εξέλιξης.

Η πρωτόγονη ατμόσφαιρα της Γης περιλάμβανε απλές ενώσεις όπως:

Νερό, διοξείδιο του άνθρακα, μοριακό υδρογόνο, μεθάνιο, αμμωνία όχι όμως οξυγόνο και όζον.

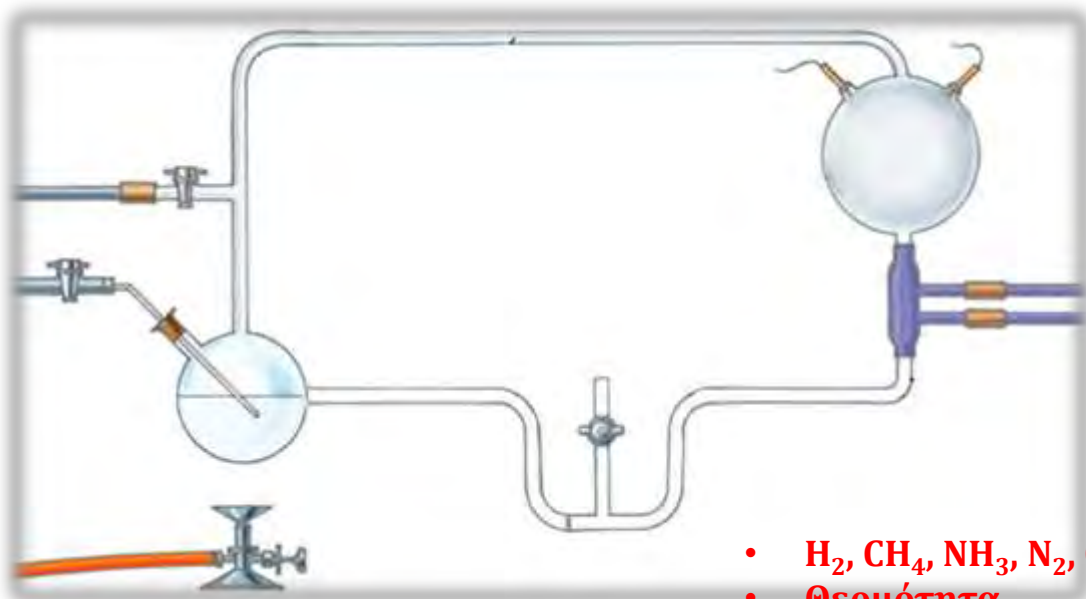
Πηγές ενέργειας

- Ηλεκτρικές εκκενώσεις
- Υπεριώδης ακτινοβολία (Ήλιος)
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα

“Αρχικά βρήκαμε άνθρακα διασκορπισμένο στη μορφή ξεχωριστών ατόμων στην καυτή ατμόσφαιρα των άστρων. Έπειτα τον βρήκαμε ως συστατικό υδρογονανθράκων στην επιφάνεια της Γης (...) Στα νερά των πρωτόγονων ωκεανών σχημάτισε πιο πολύπλοκες ενώσεις. Πρωτείνες και παρόμοιες ενώσεις σχηματίστηκαν. (...) [Αυτές] (...) απέκτησαν όλο και πιο πολύπλοκη και βελτιωμένη δομή και εν τέλει μετασχηματίστηκαν σε ζωντανά όντα-τους προγόνους όλης της ζωής στη Γη. Δεν υπάρχει ουδεμία βασική διαφορά ανάμεσα σε έναν ζωντανό οργανισμό και στην άψυχη ύλη. Ο πολύπλοκος συνδυασμός εκφάνσεων και χαρακτηριστικών της ζωής πρέπει να αναδύθηκαν μέσω της διαδικασίας της εξέλιξης της ύλης.”

Alexandr Ivanovich Oparin, 1924

Το Πείραμα



- H_2 , CH_4 , NH_3 , N_2 , CO_2 , CO , H_2O
- Θερμότητα
- Ηλεκτρικές εκκενώσεις
- Απουσία οξυγόνου



Alexadr Oparin



John Haldane



Harold Urey



Stanley Miller



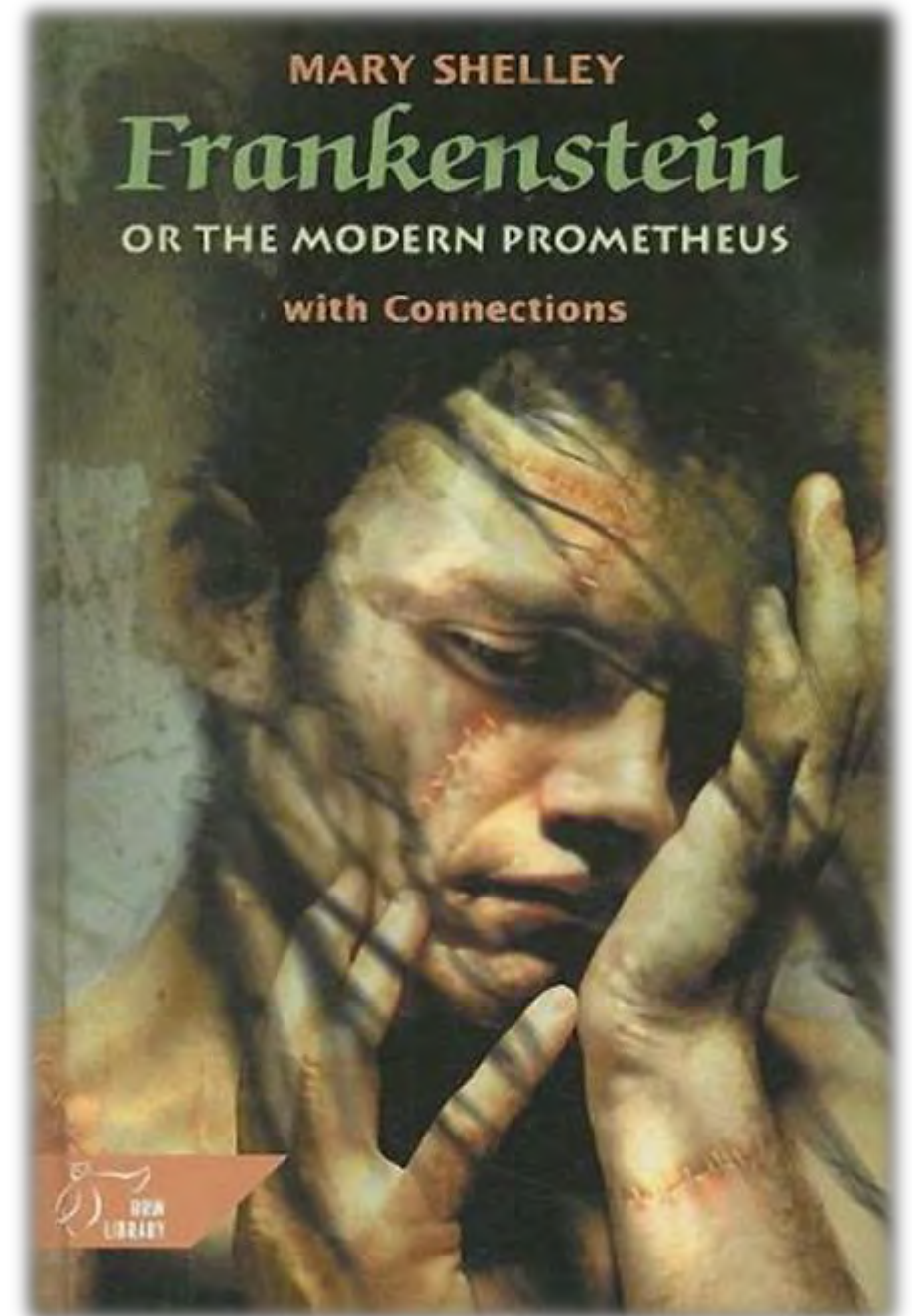
Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Βιέννης

Το Αποτέλεσμα

- Μετά από 1 εβδομάδα το 15% του άνθρακα που υπήρχε στην ατμόσφαιρα είχε μετατραπεί σε οργανικές ενώσεις σχετικές με τη ζωή, που συλλέχθηκαν στον ωκεανό.
- 22 Αμινοξέα
- Οργανικά οξέα
- Λιπίδια
- Σάκχαρα
- Αλδεύδες
- Κετόνες
- Οργανικά μόρια

Αλλά.....

- Ήταν αυτή η σύσταση της αρχέγονης ατμόσφαιρας;
 - Απουσία όζοντος πολλές ενώσεις διασπώνται πχ NH_3
 - Απουσία μηχανισμού εξήγησης πολυμερών
-
- Μέγιστο αντίκτυπο στην επιστημονική κοινότητα για τα επόμενα 30 χρόνια



Τι ορίζουμε ως Ζωή;

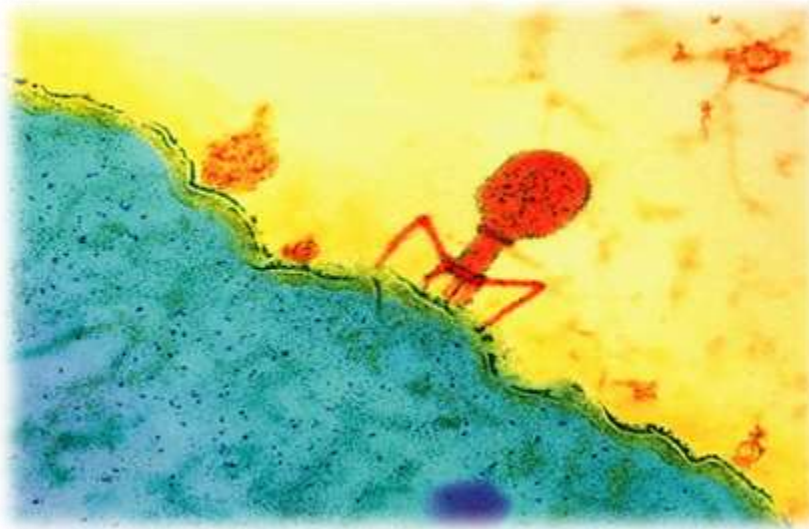
Αρχή της ταυτότητας : Το 'χ' είναι πάντα 'χ'

Αρχή της αντίφασης : Το 'χ' δεν μπορεί είναι συγχρόνως 'Α' και 'μη Α'

Αρχή του αποκλεισμένου μέσου : Το 'χ' είναι είτε 'Α' είτε 'μη Α'

Αρχές Αριστοτέλειας Λογικής

Μεταβολισμός ;



Είναι ένα μόριο ζωντανό ;

Ενέργεια ;



Ενέργεια



Διαμερισματοποίηση

*Αναπαραγόμενη
Μεταφορά Πληροφορίας*

Δαρβινική Εξέλιξη

Ενέργεια



Ενέργεια



Μεταβολισμός

Ο Σύγχρονος ορισμός της Ζωής:

Αυτοσυντηρούμενο χημικό σύστημα ικανό να υποβληθεί σε Δαρβινική Εξέλιξη
(Πρόγραμμα εξωβιολογίας NASA)



Πολλαπλά μικρά βήματα....αντί για ένα τεράστιο, εντελώς
απίθανο βήμα

Η Συνταγή της Ζωής

Απλά Συστατικά

Δομικά Μονομερή

Δομικά Πολυμερή

Κυτταρική Μεμβράνη

Αναπαραγωγή

Κύτταρο

Γεωχημικό Στάδιο
(Αρκετά κατανοητό)

Χημικό Στάδιο
(Σημαντικές Δυσκολίες)

Βιολογικό Στάδιο
(Εξαιρετικές Δυσκολίες)

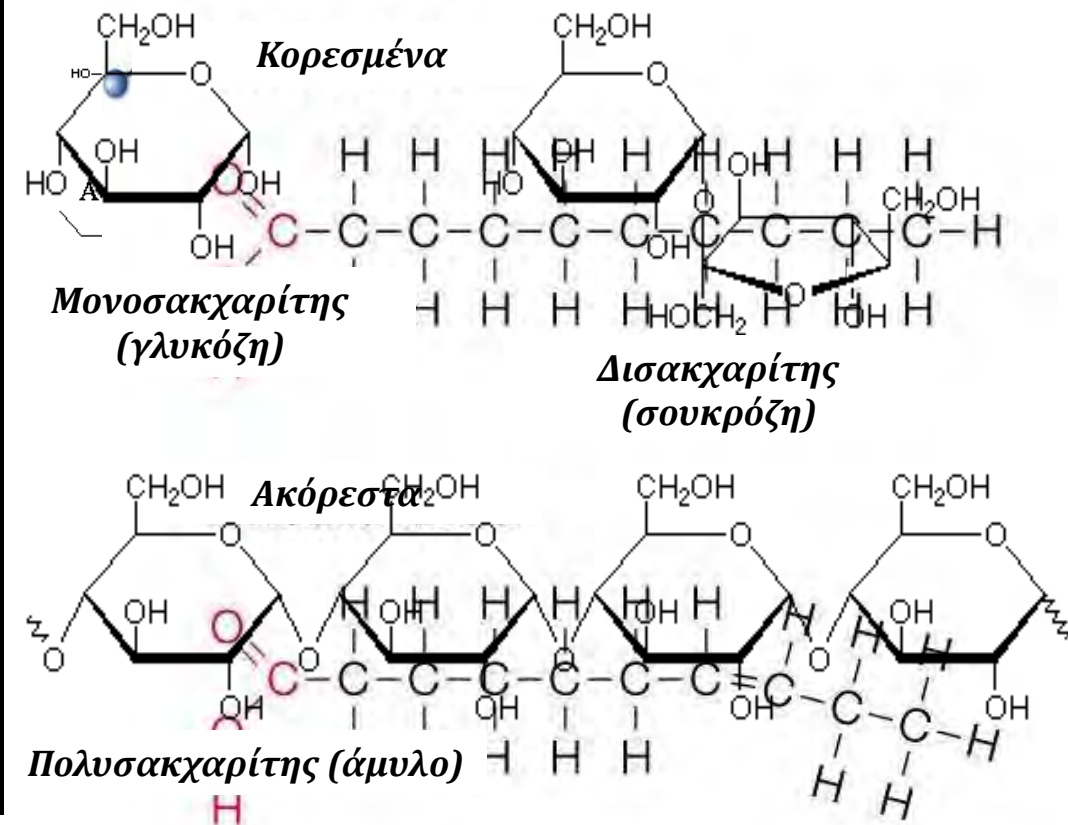
Το Ελάχιστο κύτταρο

ή Πώς να κτίσουμε το κύτταρο

wehi.edu.au

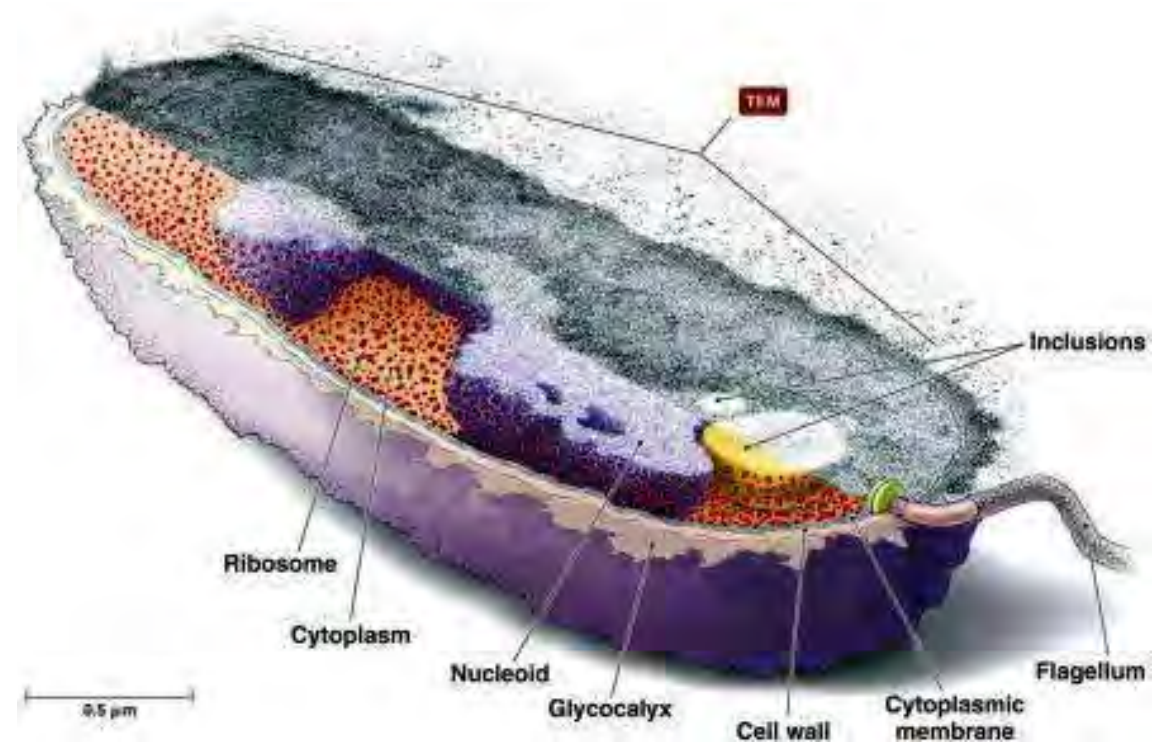
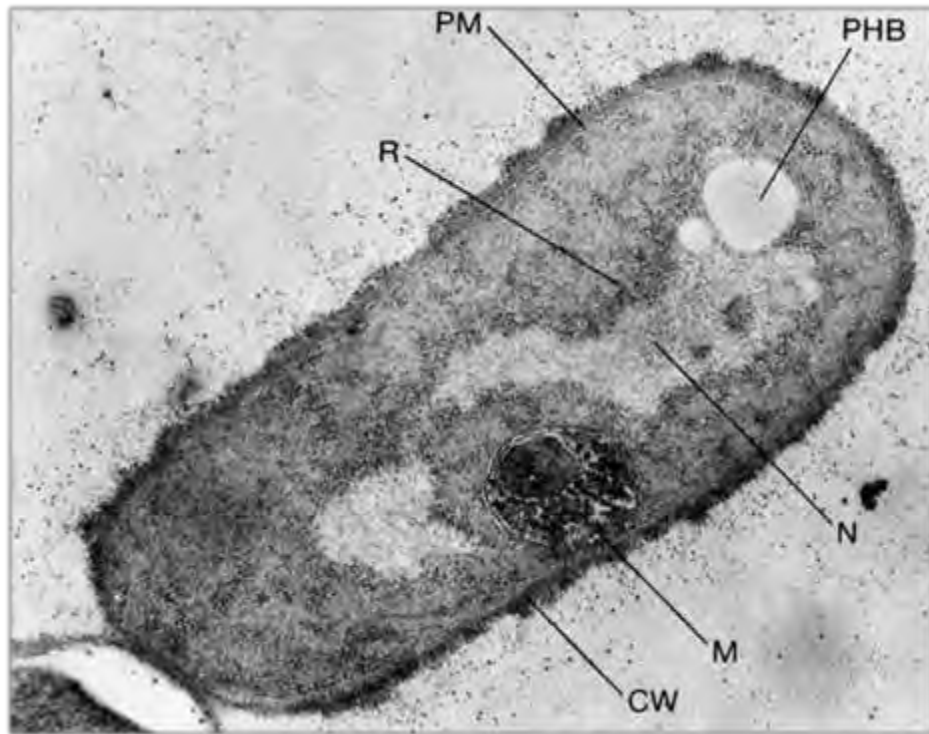
Πολυβλαβικά
οξέα

Σακχαρίτες



Τα Προκαρυωτικό κύτταρο

Ο αριθμός των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα μέσα σε κάθε κύτταρο κάθε δευτερόλεπτο ανέρχονται σε 500 τετράκις εκατομμύρια.



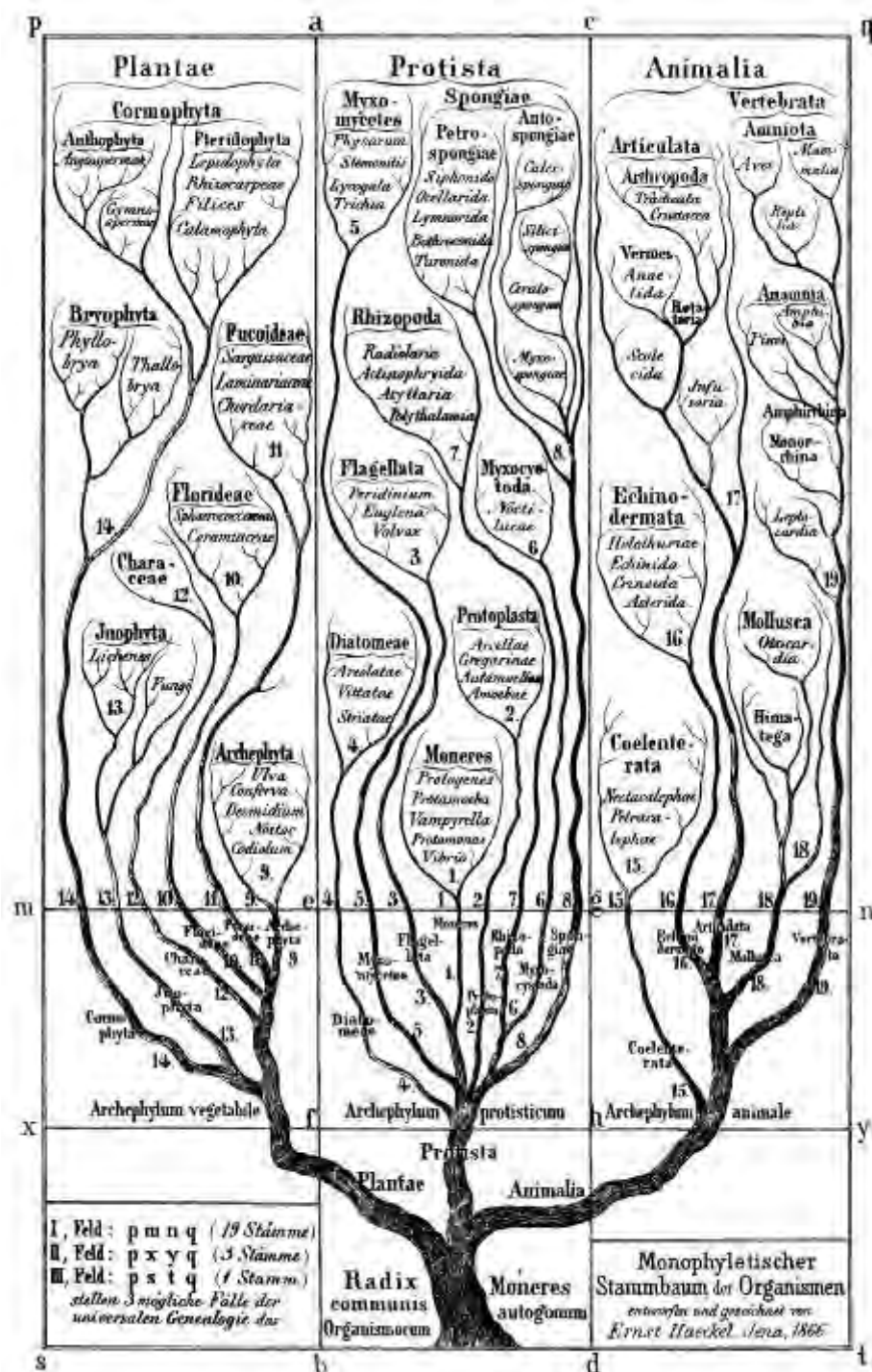
Τα Αρχαιότερα Απολιθώματα

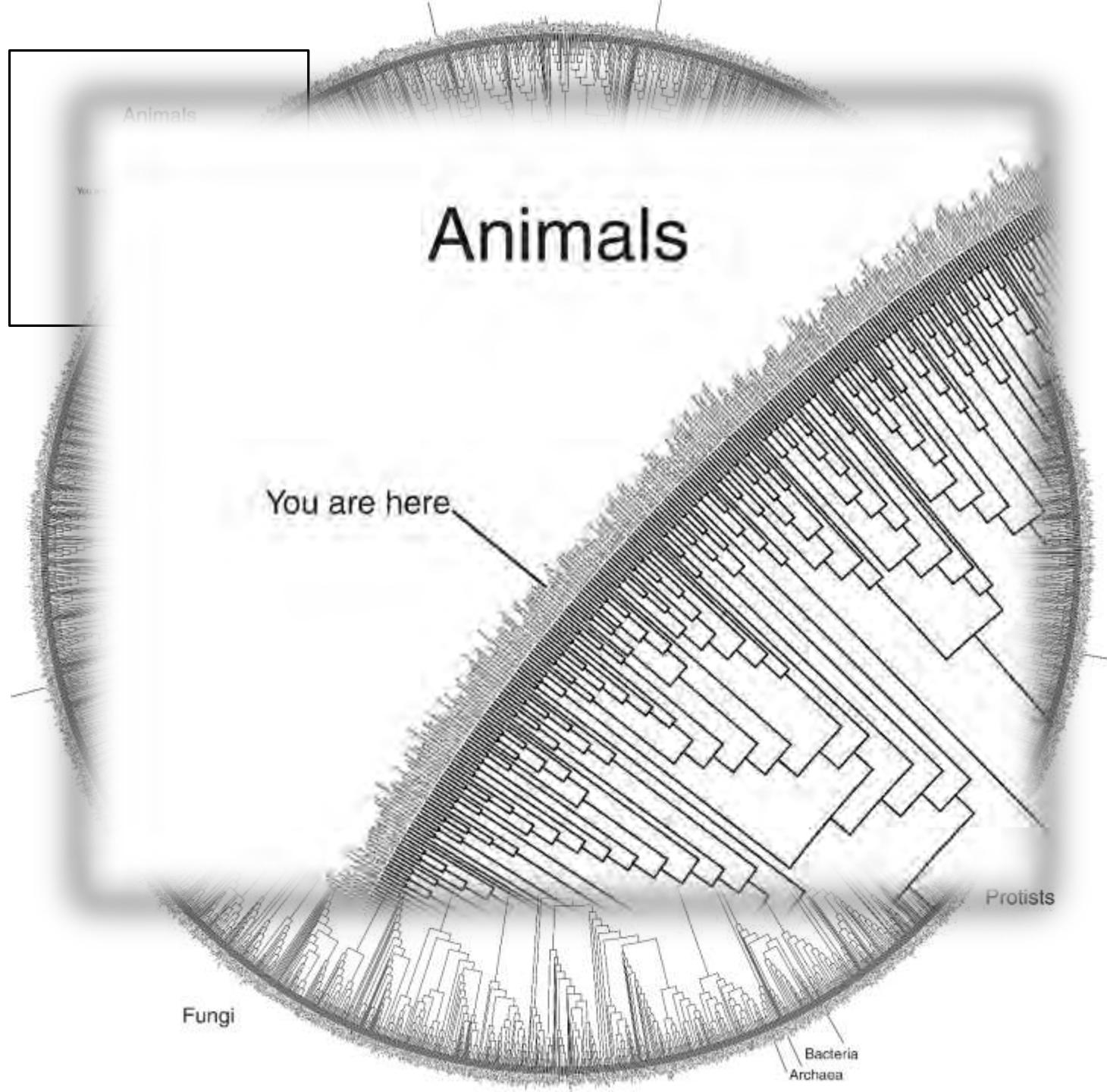
βρέθηκαν στην Αυστραλία και καταδεικνύουν την ύπαρξη μικροσκοπικών βακτηρίων τα οποία ζούσαν και αναπαράγονταν σε περιβάλλον απουσία οξυγόνου περίπου πριν από 2,7 δις χρόνια, αν και υπάρχουν ενδείξεις ζωής πριν από 3,4 δις χρόνια.



Τα κύτταρα είναι τόποι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.
Τα απολιθώματα είναι χημικά : μεταβολίτες και μεταβολικές διαδικασίες

Το Δένδρο της Ζωής

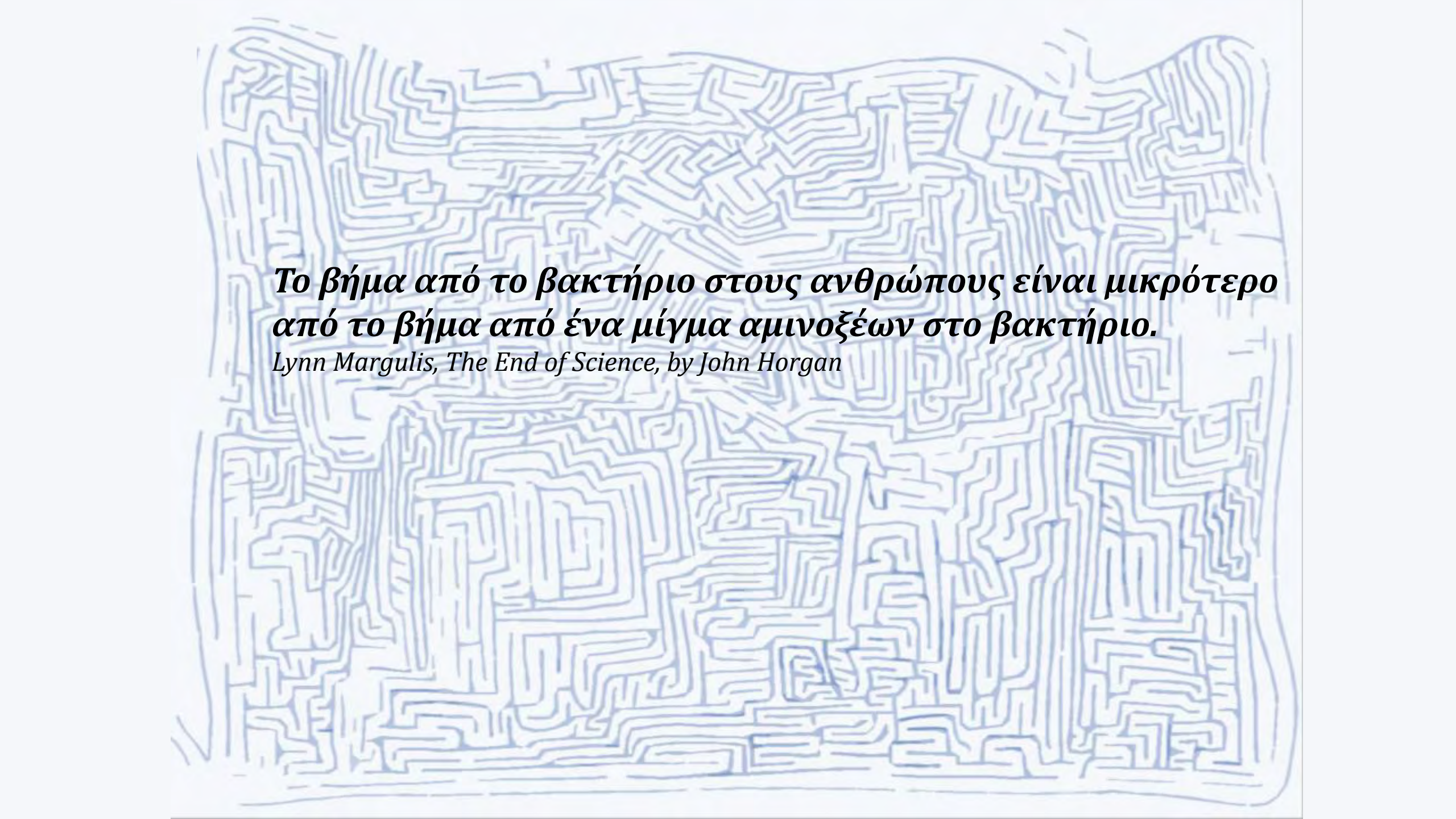






LUCA *Last Universal Common Ancestor*

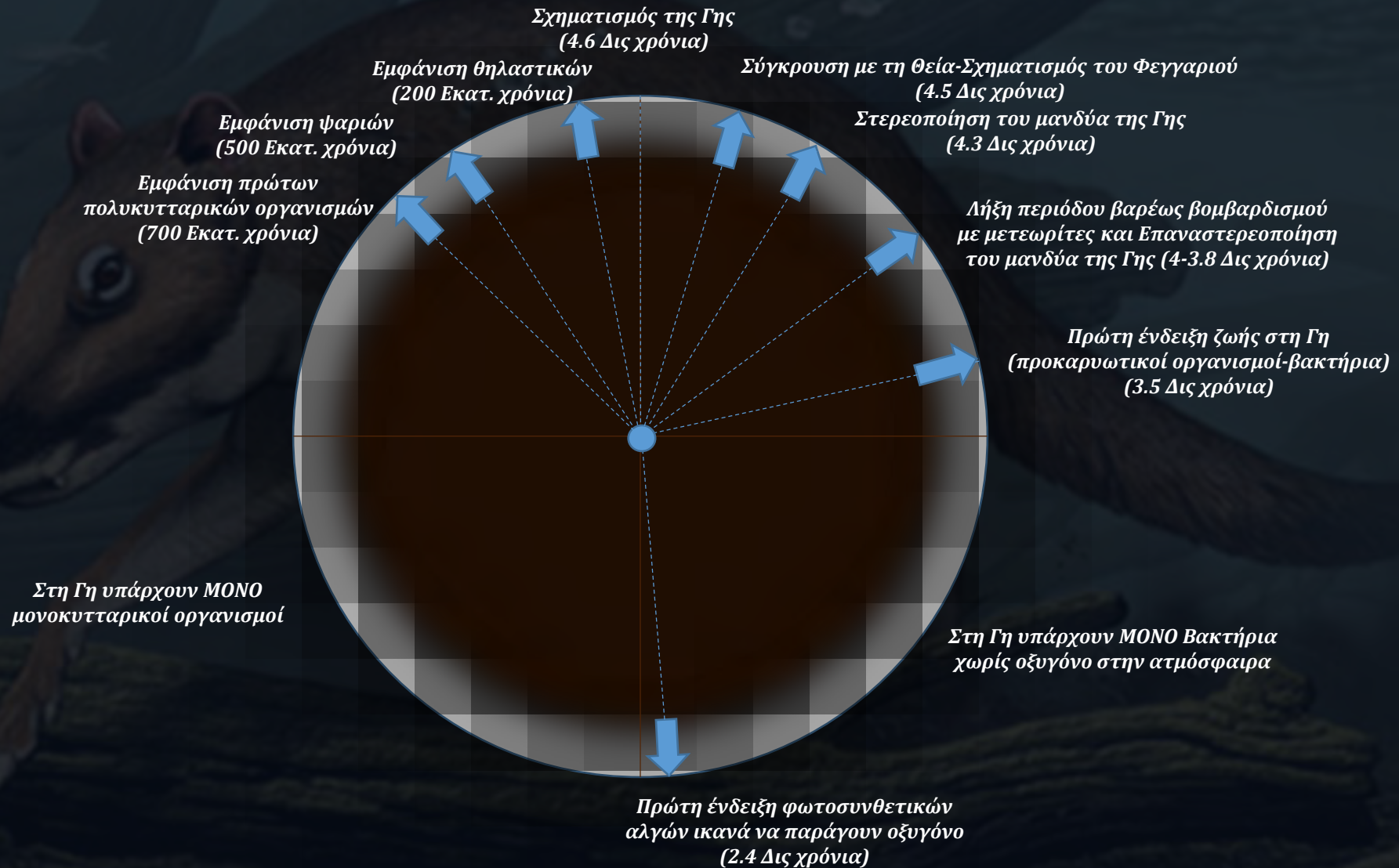
Ο Τελευταίος Παγκόσμιος Κοινός Πρόγονος



***Το βήμα από το βακτήριο στους ανθρώπους είναι μικρότερο
από το βήμα από ένα μίγμα αμινοξέων στο βακτήριο.***

Lynn Margulis, The End of Science, by John Horgan

Χρονολόγιο της Δημιουργίας της Γης



Η Κατοικήσιμη ζώνη

Η απόσταση από το μητρικό του άστρο είναι τέτοια που να δημιουργεί συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη και συντήρηση της ζωής όπως για παράδειγμα, την παρουσία νερού σε υγρή μορφή. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν 9 δις άστρα σαν τον Ήλιο στον γαλαξία μας τα οποία διαθέτουν πλανήτες εντός της κατοικήσιμης ζώνης με χαρακτηριστικά (μέγεθος, ατμοσφαιρικές συνθήκες, θερμοκρασία κ.α) παρόμοια με αυτά της Γης.

Γαλακτική κατοικήσιμη ζώνη : Εξώτερη γαλαξιακή περιοχή, μικρότερη πυκνότητα αστερών και σουπερνόβα, χαμηλή ακτινοβολία

Χρόνος ζωής άστρου: Χαμηλής μάζας άστρο ώστε να έχει μεγάλο χρόνο ζωής ώστε να αναπτυχθεί ζωή και να αποτελεί μακροχρόνια πηγή θερμότητας/ενέργειας

Σταθερότητα άστρου : Κυρίως όχι διπλοί αστέρες διότι έχουν ασταθή τροχιά

Μέγεθος Πλανήτη : Ικανό να συγκρατήσει ατμόσφαιρα (Άρης)

Ρυθμός πρόσκρουσης μετεωριτών : Πιθανή κλιματική αλλαγή, εισροή βιογενών υλικών

Παρουσία φυσικών δορυφόρων : Σταθεροποίηση περιστροφής και εκτροπή μετεωριτών, παλιρροιακές δυνάμεις για γεωθερμική παραγωγή θερμότητας καθώς και για απαέρωση και δημιουργία καταστάσεων ροών/διαβαθμίσεων

Θερμότητα : Γεωθερμική-τεκτονική, ραδιοθερμική

Προστασία από ραδιενέργεια : Παρουσία μαγνητικού πεδίου (Άρης)

Ρύθμιση θερμοκρασίας : Φαινόμενο θερμοκηπίου, ωκεανοί, ηφαιστειακή δραστηριότητα-τεκτονική (Άρης), κύκλος άνθρακα (Αφροδίτη)

Παρουσία νερού σε υγρή μορφή

Ατμόσφαιρα : Διαπερατότητα σε συγκεκριμένα μήκη κύματος

Δυναμικό Περιβάλλον-Χημική Ανισορροπία



Δυναμικό Περιβάλλον + Χημική Ανισορροπία = Χημική Εξέλιξη

Διαβαθμίσεις (Θερμοκρασίας, pH, αλατότητας, χημικής συγκέντρωσης)

Κύκλους (Μέρα/νύχτα, παλίρροιες, ψυχρό/θερμό, υγρό/ξηρό, ηφαιστειακή δραστηριότητα, μετεωρική δραστηριότητα)

Ροές (άνεμοι, παλλίροιες, ωκεάνια ρεύματα, υπόγεια υδάτινα ρεύματα)

Επιφάνειες (Διεπαφές συγκέντρωσης και αντιδράσεων)

Χημική Πολυπλοκότητα (C, H, O, N, S, P.....αλλά ίσως και γεωχημική ποικιλότητα)





Η Συνταγή της Ζωής

Απλά Συστατικά

Δομικά Μονομερή

Δομικά Πολυμερή

Κυτταρική Μεμβράνη

Αναπαραγωγή

Κύτταρο

‘Πρώιμες’ Συνθήκες (4.56-4.4 Δις Χρόνια)

- **Ήλιος** : Η εισροή ενέργειας στα μήκη κύματος ακτίνων X έως UV ήταν από 2.5-6 φορές μεγαλύτερη. Αυτό ίσως να δημιουργεί όρια επιβίωσης πιθανών οργανικών ουσιών και βιοχημικών μονοπατιών. Παρόλ’αυτά, η εισροή ενέργειας στα ορατά και υπέρυθρα μήκη κύματος ήταν έως και 30% πιο ασθενής από τη σημερινή (νεαρός Ήλιος).
- Πρώιμη διαφοροποίηση Μεταλλικού πυρήνα-Πυριτικού μανδύα.
- Ωκεανός μάγματος κάλυπτε την επιφάνεια της Γης.
- Η “Πρώιμη” ατμόσφαιρα αποτελούνταν από τα αέρια του πρωτοηλιακού νέφους (Υδρογόνο, Ήλιο).
- Μία πληθώρα παραγόντων είναι υπεύθυνοι για την “απόδραση” της πρώιμης ατμόσφαιρας όπως :
 - Μικρή βαρυτική έλξη της Γης.
 - Υψηλές θερμοκρασίες ($>2000^{\circ}\text{C}$) εξαιτίας της γεωθερμικής ενέργειας και του φαινομένου του θερμοκηπίου.
 - Συνεχής βομβαρδισμός από πλανητοειδή/μετεωρίτες (μεταφορά ενέργειας πρόσκρουσης).
 - Βομβαρδισμός από τον ηλιακό άνεμο λόγω απουσία μαγνητικού πεδίου (ζώνες Van Allen).
 - Απουσία ζώνης όζοντος προκαλείται φωτόλυση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σε μοριακό υδρογόνο.
- Υψηλή συγκέντρωση αερίων Διοξειδίου του άνθρακα, Αζώτου, Νερού, πυριτικού νέφους (φαινόμενο θερμοκηπίου).

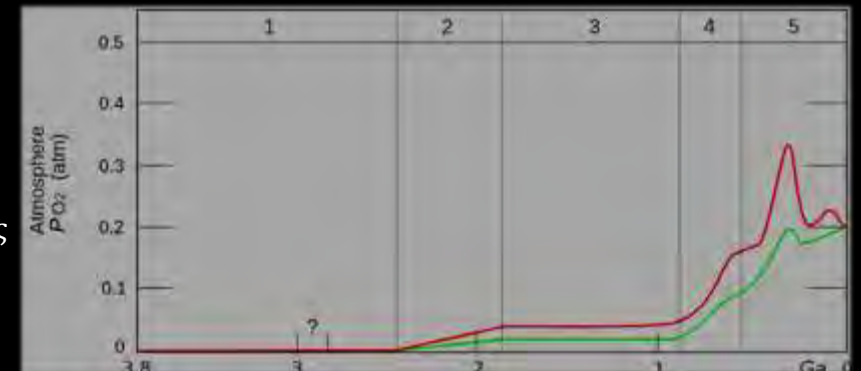
Με το χρόνο η θερμότητα λόγω γεωθερμικής ενέργειας μειώθηκε αρκετά ώστε να στερεοποιηθεί ο μανδύας της Γης και να σχηματιστεί μία εξωτερική κρούστα και να πέσει η εξωτερική θερμοκρασία κάτω από τους 300°C . Συγχρόνως, αυτό επέτρεψε τη συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας υπό τη μορφή βροχής και το σχηματισμό των πρώτων ωκεανών.

“Ωριμες” Συνθήκες (4.4-1 Δις Χρόνια)

- **Γη** : Πλήρης διαφοροποίηση Μεταλλικού πυρήνα-Πυριτικού μανδύα.
- **Επιφάνεια Γης** : Πλήρης στερεοποίηση της επιφάνειας της Γης και ύπαρξη ωκεανών νερού.
- **Νερό** : Η πιο πιθανή πηγή είναι από μετεωρίτες και γεωχημικές διαδικασίες. Γεωλογικά δεδομένα δείχνουν την ύπαρξη υγρού νερού πριν από 4.4-3.8 δις χρόνια (CO_2/CH_4 αέρια θερμοκηπίου).
- **Ατμόσφαιρα** : Τα ηφαίστεια εκτοξεύουν τεράστιες ποσότητες υδρατμών (H_2O), διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), μεθανίου (CH_4) και αμμωνίας (NH_3). Επίσης, άλλα αέρια των ηφαιστειακών εκρήξεων ήταν διοξείδιο του θείου (SO_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), θείο (S_2), χλώριο (Cl_2), άζωτο (N_2) και μικρές ποσότητες υδρογόνου (H_2). Η πυκνότητα ή συγκέντρωση σε αέρια της «δεύτερης ατμόσφαιρας» πιστεύεται ότι ήταν, περίπου, 100 φορές μεγαλύτερη από την σημερινή συγκέντρωση αερίων. Παντελής έλλειψη ζώνης όζοντος (απουσία οξυγόνου) σημαίνει έλλειψη προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία (UV).
- **Παλιρροιακά φαινόμενα** : Βίαιες παλιρροιακές πιέσεις λόγω της εγγύτητας της Σελήνης, κύκλοι παλίρροιας-άμπωτης.
- **Μετεωρίτες** : Περίοδος Βαρέος Βομβαρδισμού (πιθανόν εξαιτίας της αλλαγής της χρονιάς των γιγάντιων πλανητών) .
- **Θερμοκρασία** : Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα 40-100°C και παραμένουν σε αυτά τα επίπεδα ίσως κ μέχρι πριν από 350 εκ. χρόνια.
- **Μαγνητικό Πεδίο** : Παρουσία μαγνητικού πεδίου (ζώνες Van Allen) προστατεύει από τον ηλιακό άνεμο.
- **Παρουσία Ζωής** : Ήδη υπάρχοντα βακτήρια μετατρέπουν την αμμωνία σε άζωτο. Το άζωτο, που υπάρχει σήμερα στην ατμόσφαιρα, δημιουργήθηκε αποκλειστικά από τους ζωντανούς οργανισμούς (φωτοσυνθετικά και με βακτηριακή δράση).
- Το CO_2 χρησιμοποιήθηκε από τους ζωντανούς οργανισμούς για να δημιουργήσουν τελικά ασβεστολιθικά υλικά, ανθρακικό ασβέστιο, δολομίτες και μάρμαρο (limestone, dolomite, marble) με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά στην ατμόσφαιρα σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις. Εάν δεν αναπτύσσονταν ζωή στη Γη, τότε η ατμόσφαιρά της θα έμοιαζε με αυτή της Αφροδίτης που είναι αδρανής και 96,5% CO_2 .



Τα φύκια και φυτά, που εμφανίσθηκαν, περίπου, πριν από 1000-500 εκατομμύρια χρόνια, με την φωτοσυνθετική τους δράση άρχισαν να παράγουν οξυγόνο και φυσικά αυξήθηκε δραματικά. Τα επίπεδα του οξυγόνου που υπάρχουν σήμερα (20,9%), επιτεύχθηκαν πριν από 400 εκατομμύρια χρόνια. Το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα προήλθε από τη Φωτοσύνθεση (κυανοβακτήρια) πριν από 2.4 δις χρόνια όπως καταδεικνύουν γεωλογικά στοιχεία [Banded Iron Formations (BIFs)]-Great Oxygenation Event .





Η Συνταγή της Ζωής

Απλά Συστατικά

Δομικά Μονομερή

Δομικά Πολυμερή

Κυτταρική Μεμβράνη

Αναπαραγωγή

Κύτταρο

Παραδείσου

Θεωρίες
και

Κόλασης

1. Πανσπερμία (διαστρική/διαπλανητική)
2. Μοριακά νέφη αερίων
3. Κομήτες
4. Μετεωρίτες/μικρομετεωρίτες

1. Ηφαιστειακά
2. Υδροθερμικά φρεάτια
3. Επιφάνειες πηλού



Μοριακά Νέφη Αερίων

Τα πυκνά διαστρικά μοριακά νέφη είναι αρκετά πυκνά ώστε να μην επιτρέπουν τη διείσδυση του φωτός των άστρων και η θερμοκρασία στους κόκκους σκόνης που περιέχουν δύναται να φτάσει τους -263°C . Σε αυτές τις θερμοκρασίες, τα περισσότερα υλικά αερίου φάσεως εκτός από το υδρογόνο, το ήλιο και το νέον, θα παγώσουν επάνω τους όπως η αναπνοή μας επάνω σε ένα ψυχρό παράθυρο. Ως αποτέλεσμα, οι περισσότεροι από τους κόκκους επικαλύπτονται με ένα μανδύα του πάγου που περιέχει μια ποικιλία μορίων. Η σύνθεση αυτών των πάγων ποικίλλει ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, αλλά υπέρυθρα φάσματα που λαμβάνονται από αυτά τα σύννεφα δείχνει ότι οι πάγοι περιέχουν σε αφθονία κυρίως H_2O . Ωστόσο, περιέχουν επίσης ένα πλήθος άλλων απλών μορίων, συμπεριλαμβανομένου της μεθανόλης (CH_3OH), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), αμμωνία (NH_3), μεθάνιο (CH_4), φορμαλδεΐδη (H_2CO) και άλλα.

Αυτοί οι πάγοι είναι εκτεθειμένοι σε διάφορες μορφές της ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας με τη μορφή των κοσμικών ακτίνων (σωματίδια υψηλής ταχύτητας) και υπεριώδη (UV) φωτόνια. Αυτή η ακτινοβολία μπορεί να διασπάσει πολλούς από τους χημικούς δεσμούς των μορίων σε αυτούς τους πάγους, με αποτέλεσμα την παραγωγή ιόντων, ριζών, και άλλων εξαιρετικά ενεργητικών χημικών ειδών τα οποία δύναται να αντιδράσουν εντός του πάγου, είτε αμέσως, είτε αργότερα, όταν ο πάγος θερμαίνεται (πχ από ένα αστέρι που σχηματίζεται σε εγγύτητα), προκειμένου να σχηματίσουν νέες χημικές ενώσεις που δεν υπήρχαν προηγουμένως στον πάγο. Παρόμοιες διαδικασίες ενδέχεται προκύπτουν σε εκτεθειμένους πάγους στο δικό μας Ηλιακό Σύστημα, για παράδειγμα, στις επιφάνειες των κομητών και παγωμένα σώματα στο εξωτερικό ηλιακό σύστημα.

Μερικές από τις ενώσεις αστροβιολογικής σημασίας που εντοπίστηκαν είναι:

Αμινοξέα (δομικοί λίθοι πρωτεϊνών)

Αμφιφιλικές ενώσεις (δομικοί λίθοι μεμβρανών)

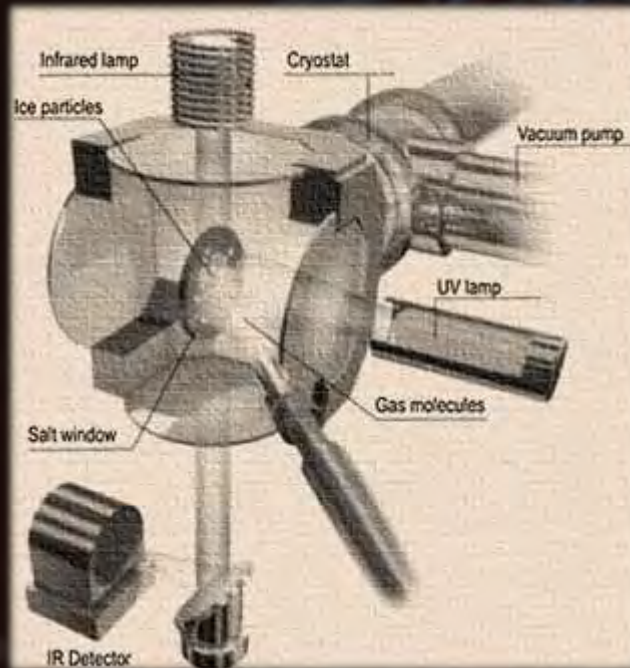
Πρόδρομες οργανικές ενώσεις για την παραγωγή αμινοξέων, σακχάρων κλπ)

Επιπλέον, στις περιπτώσεις που πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) [Τα πιο άφθονα οργανικά μόρια που παρατηρούνται είναι οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες] και σχετιζόμενες ενώσεις αζώτου είναι παρούσες βλέπουμε το σχηματισμό :

Κινονών (οξειδωμένα αρωματικά μόρια που χρησιμοποιούνται σε πληθώρα αντιδράσεων στη βιοχημεία)

Νουκλεοβάσεις (δομικοί λίθοι RNA/DNA)

Διαστρική Χημεία-Χημική Εξέλιξη Παγωμένου Μανδύα



Το διαστρικό κενό αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο (99%) καθώς και από σωματίδια σκόνης από πυρίτιο ή άνθρακα μεγέθους μερικών χιλιοστών. Αυτά τα σωματίδια αποτελούν τις επιφάνειες πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων και παραγωγής χημικών ενώσεων στους 'δίσκους επαύξησης' κατά τη δημιουργία πλανητικών συστημάτων καθώς και στα διαστρικά νέφη. Μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων που ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαστρικού νέφους προκαλεί τη παραγωγή μιας πληθώρας οργανικών μορίων. Μετρώντας το φάσμα απορρόφησης του νέφους των διαστρικών αερίων μπορούμε να ανιχνεύσουμε τα είδη των μορίων.

OUT OF THIS WORLD

A wealth of molecules is found in interstellar clouds

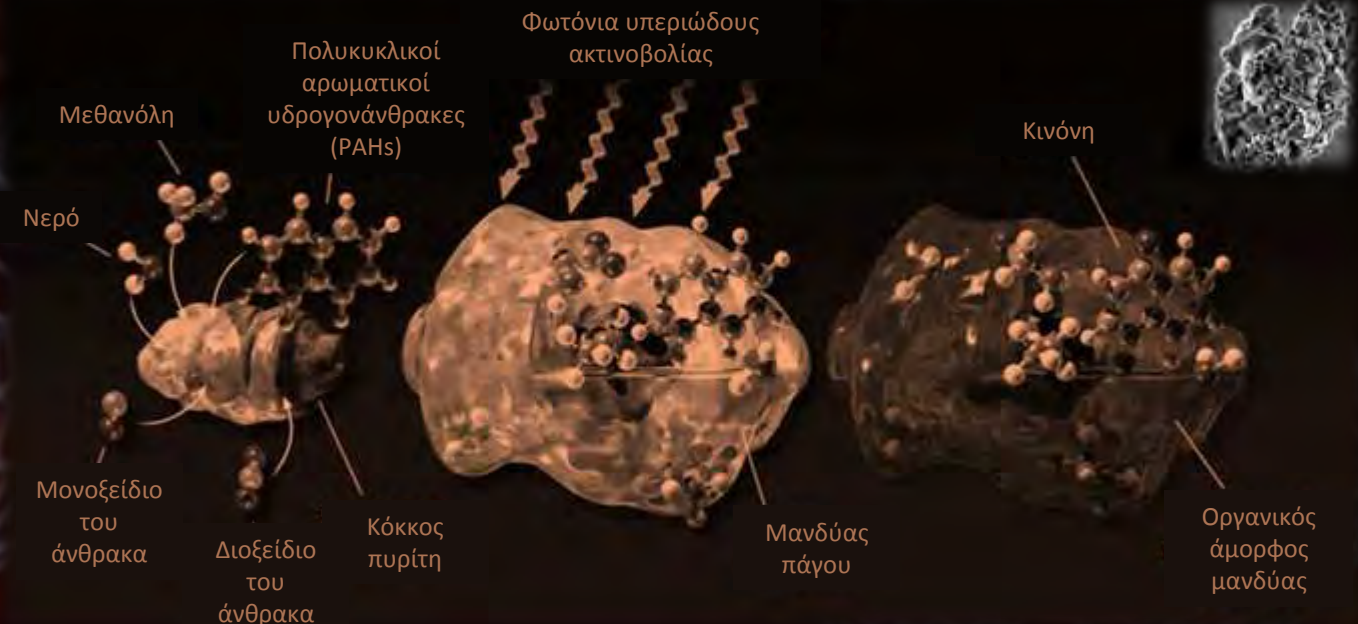
2 atoms	3 atoms	4 atoms	5 atoms
H ₂ , NO	C ₂ , MgCN	c-C ₃ H, HNCS	C ₃ , HC ₃ NC
AlF, NS	C ₂ H, MgNC	I-C ₃ H, HOCO ⁺	C ₃ H, HCOOH
AlCl, NaCl	C ₂ O, N ₂ H ⁺	C ₃ N, H ₂ CO	C ₃ Si, H ₃ CHN
C ₂ , OH	C ₂ S, N ₂ O	C ₃ O, H ₂ CN	I-C ₃ H ₂ , H ₂ C ₂ O
CH, PN	CH ₂ , NaCN	C ₃ S, H ₂ CS	c-C ₃ H ₂ , H ₂ NCN
CH ⁺ , SO	HCN, OCS	C ₃ H ₂ , H ₂ O ⁺	CH ₂ CH, HNC ₂
CN, SO ⁺	HCO, SO ₂	HCN, NH ₃	CH ₂ , SiH ₄
CO, SiN	HCO ⁺ , c-SiC ₂	HCNH ⁺ , SiC ₂	HC ₂ N, H ₂ COH ⁺
CO ⁺ , SiO	HCS ⁺ , CO ₂	HNCO	
CP, SiS	HOC ⁺ , NH ₂		
CSi, CS	H ₂ O, H ₃ ⁺		
HCl, HF	H ₂ S, SiCN		
KCl, SH	HNC, AlNC		
NH, FeO	HNO		

6 atoms	7 atoms	8 atoms	9 atoms
C ₃ H, CH ₂ SH	C ₃ H, CH ₂ CHCN	CH ₂ C ₂ N, CH ₂ C ₂ H	CH ₂ C ₂ H, CH ₂ CH ₂ CHN
I-H ₂ C ₂ , HC ₂ NH ⁺	CH ₂ CHCN	HCOOCH ₃ , CH ₂ COOH	ICH ₂ J ₂ O, CH ₂ CH ₂ OH
C ₃ H ₂ , HC ₂ CHO	CH ₂ C ₂ H, HC ₂ N	C ₃ H, CH ₂ OHCHO	HC ₂ N, C ₂ H
CH ₂ CN, NH ₂ CHO	HCOCH ₃ , NH ₂ CH ₂		
CH ₂ NC, C ₂ N	c-C ₃ H ₂ O, CH ₂ CHOH		
CH ₂ OH			

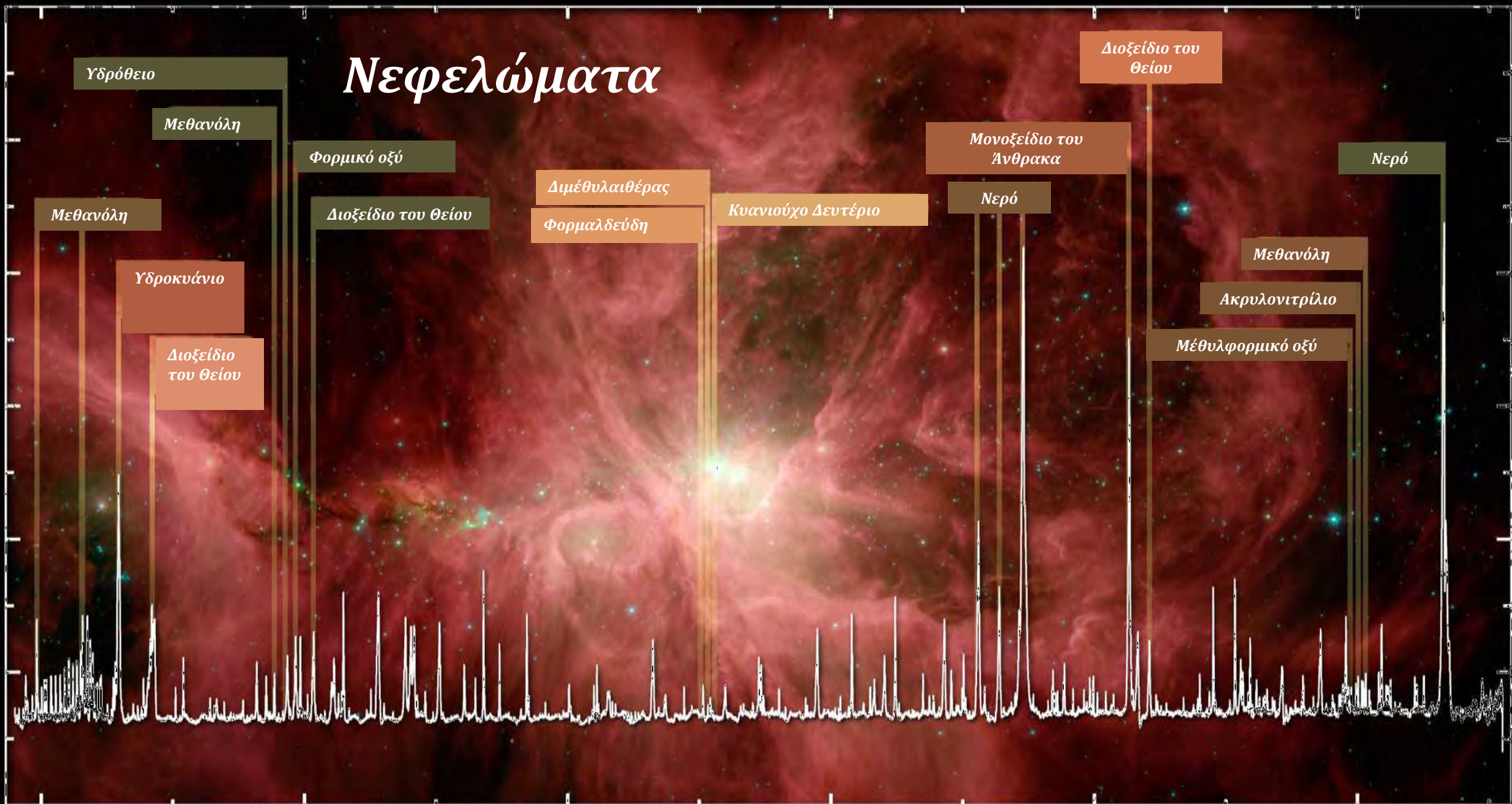
NOTE: Evidence suggests that much larger molecules such as polycyclic aromatic hydrocarbons and fullerenes are also present.

SOURCE: National Radio Astronomy Observatory

10 atoms	11 atoms	13 atoms
CH ₂ C ₂ N, ICH ₂ J ₂ CO	HC ₃ N	HC ₁₁ N
NH ₂ CH ₂ COOH		

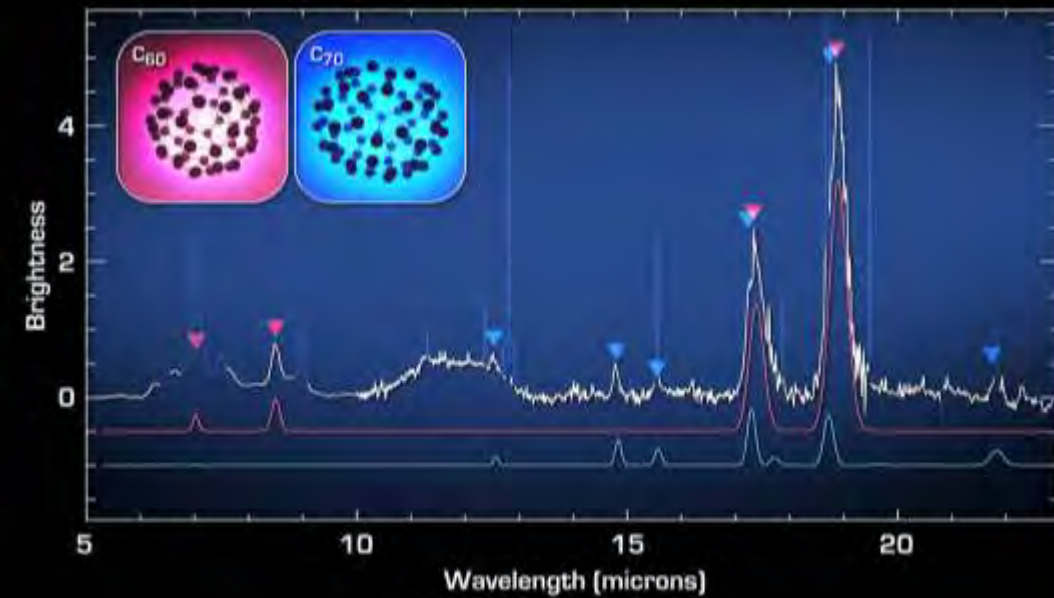


Νεφελώματα



Νεφέλωμα του Ωρίωνα (Herschel Space Observatory)

Γαλαξίες



Buckyballs In A Young Planetary Nebula
NASA / JPL-Caltech / J. Cami (Univ. of Western Ontario/SETI Institute)

Spitzer Space Telescope • IRS
ssc2010-06a



Sombrero Galaxy/Messier 104
Spitzer Space Telescope • IRAC
Visible: Hubble Space Telescope/Hubble Heritage Team
NASA / JPL-Caltech / R. Kennicutt (University of Arizona), and the SM08 Team ssc2005-11a



Spiral Galaxy M81

NASA / JPL-Caltech / S. Willner (Harvard-Smithsonian CfA)

Spitzer Space Telescope • IRAC

ssc2003-06c

Ο γαλαξίας M81 βρίσκεται σε απόσταση 12 εκατ. ετών φωτός. Η υπέρυθη ακτινοβολία που προέρχεται από πολυκυκλικούς αρωματικούς αζωτο-υδρογονάνθρακες φαίνεται με κόκκινο χρώμα.

Κομήτες

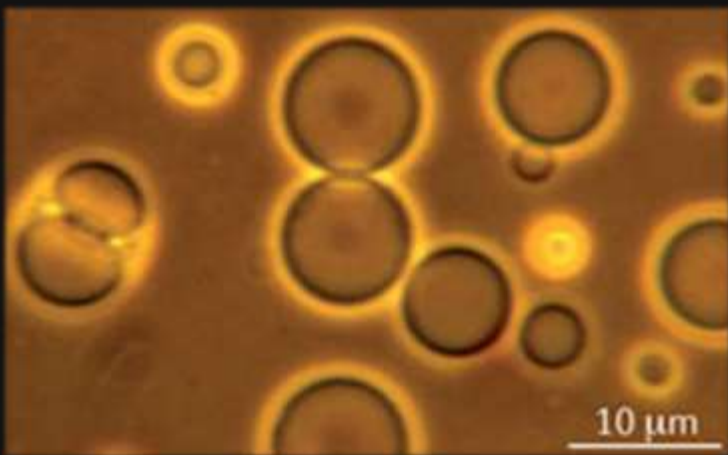
	Κομήτης Halley (1P/Halley)	Κομήτης Hyakutake (C/1996 B2)	Κομήτης Hale-Bopp (C/1995 O1)
H_2O	100	100	100
CO	15	6-30	20
CO_2	3	2-4	6-20
CH_4	0.2-1.2	0.7	0.6
CH_3OH	1-1.7	2	2
H_2CO	0-5	0.2-1	1
OCS	—	0.1	0.5
NH_3	0.1-2	0.5	0.7-1.8
C_2H_6	—	0.4	0.3
$HCOOH$	—	—	0.06
$OCNi$	—	—	—
HCN	0.1	0.1	0.25
HNC	—	0.04	0.04
HCN	0.1	0.1	0.25
HNC	—	0.01	0.04
$HNCO$	—	0.07	0.06-0.1
C_2H_2	—	0.5	0.1
CH_3CN	—	0.01	0.02
$HCOOCH_3$	—	—	0.06
HC_3N	—	—	0.02
NH_2CHO	—	—	0.01
H_2S	0.04	0.8	1.5
H_2CS	—	—	0.02
SO	—	—	0.2-0.8
SO_2	—	—	0.1

'Comets giveth and comets taketh away'

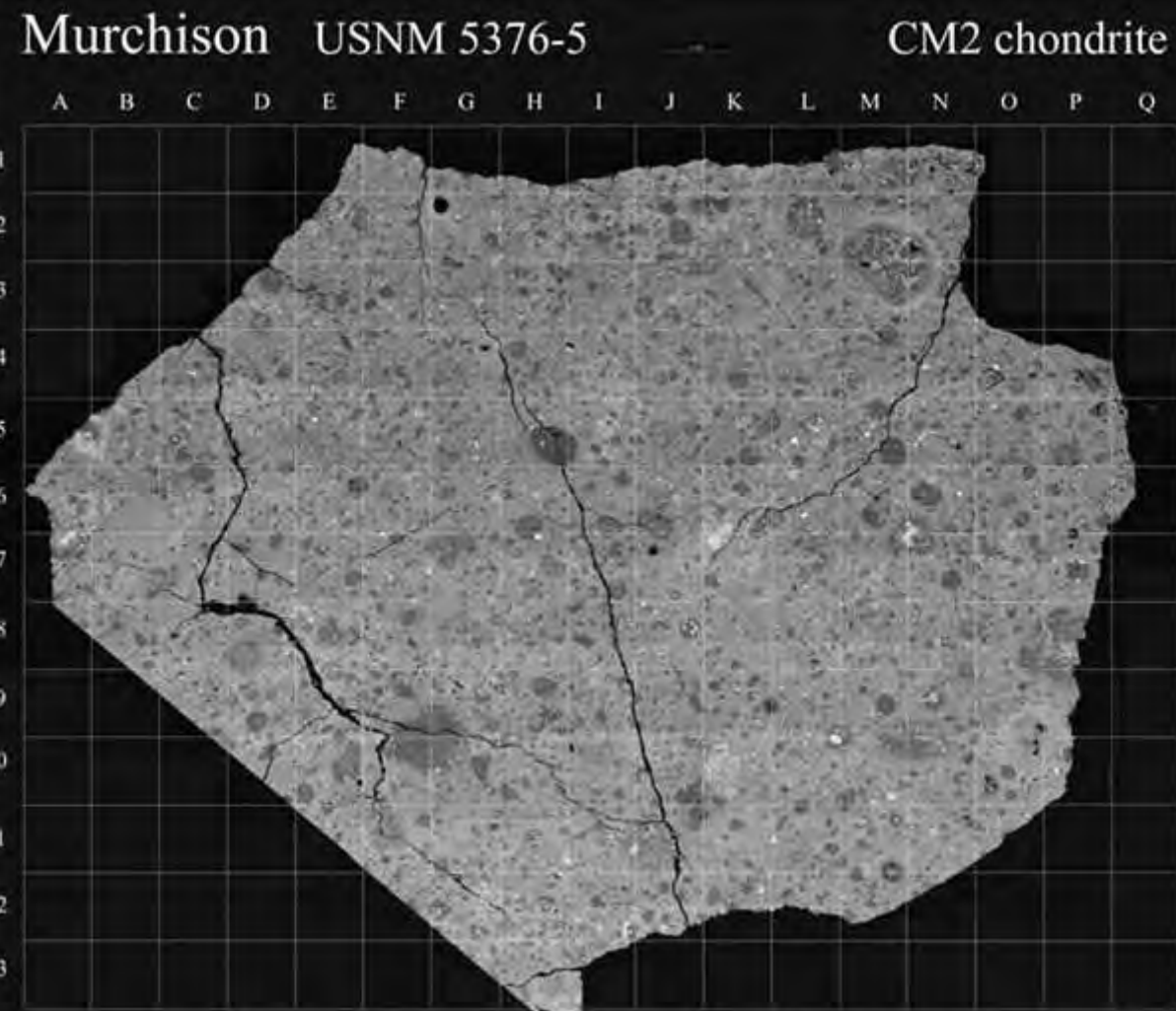
Carl Sagan (1934-1997)

Μετεωρίτες και μικρομετεωρίτες

- Κάθε χρόνο, 40,000 τόνοι διαστρικής σκόνης εναποτίθενται στη Γη. Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών ανήκουν στους ανθρακίτες-μετεωρίτες που αποτελούνται κατά 2-3% από άλατα άνθρακα/πυριτίου.
- Η ποσότητα του άνθρακα που μεταφέρθηκε από διαστρικές πηγές στη Γη κατά τη διάρκεια της φάσης του Βαρέος Βομβαρδισμού, πριν από 4.5-3.9 δις χρόνια υπολογίζεται να είναι 10,000,000 τόνοι/χρόνο, δηλαδή συνολικά περισσότεροι από 10^{13} - 10^{15} τόνοι. Αυτή η ποσότητα είναι μεγαλύτερη κατά πολλές τάξεις μεγέθους από τον συνολικό άνθρακα που υπάρχουν στη βιόσφαιρα σήμερα.



Ο μετεωρίτης Murchison ανήκει στην κατηγορία των ανθρακικών χονδριτών και αποτελείται από περίπου 2-5% άνθρακα υπό τη μορφή οργανικών ενώσεων. Στον μετεωρίτη αυτό εντοπίστηκαν περισσότερα από 70 αμινοξέα, αζωτούχες ετεροκυκλικές ενώσεις, καρβοξυλικά οξέα, φωσφορικό και θειικό οξύ, αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες καθώς και οργανικές εκχυλίσσεις έδειξαν την παρουσία αμφίφιλων δομών αποτελούμενων από λιπαρά οξέα τα οποία αυτοοργανώνονται σε κυστίδια.



Παραδείσου

Θεωρίες
και

Κόλασης

1. Πανσπερμία (διαστρική/διαπλανητική)
2. Μοριακά νέφη αερίων
3. Κομήτες
4. Μετεωρίτες/μικρομετεωρίτες

1. Ηφαιστειακά
2. Υδροθερμικά φρεάτια
3. Επιφάνειες πηλού



Ακραία Ζωή

Πίεση

>1200 ατμόσφαιρες



Ραδιενέργεια

>150,000 Rad



Άνυδρες Συνθήκες



Υψηλή Αλατότητα



Θερμοκρασία



115°C

-20°C

Οξύτητα



pH 11

pH 0

Τοξικά Μέταλλα



Υδροθερμικά φρεάτια

Πρόβλημα προβιοτικής σούπας:
αστάθεια/υδρόλυση, χαμηλή συγκέντρωση



Μαύροι καπνιστές : Ηφαιστειακής προέλευσης (μεσσοκεάνιες ράχες) και σχηματίζονται από την επίδραση του θαλασσινού νερού με το μάγμα (1200°C). Το εξερχόμενο υγρό έχει θερμοκρασία 350°C, pH 1-2 και είναι πλούσια σε υδρόθειο και διαλυμένα ανηγμένα μέταλλα, αλλά πτωχό σε υδρογόνο.

Άσπροι καπνιστές : Γεωχημικής προέλευσης λόγω της αντίδρασης του θαλασσινού νερού με συγκεκριμένα ορυκτά (Ολιβίνης-MgFeSi-κύριο συστατικό της γήινης κρούστας). Το εξερχόμενο υγρό έχει θερμοκρασία 150-200°C, pH 9-11 και είναι πλούσια σε υδρογόνο, διαλυμένα μέταλλα (Fe^{2+}) καθώς και ποικιλία οργανικών ενώσεων και υδρογονανθράκων πχ μεθάνιο, μυρμηγκικό, πυροσταφυλικό και οξικό οξύ. Επιπλέον, η δομή των σχηματιζόμενων δομών (ανθρακικό ασβέστιο) είναι εξαιρετικά πορώδης επιτρέποντας την προσρόφηση υλικών.

Ενεργό αυτοσυντηρούμενο μεταβολικό σύστημα
απουσία κληρονομικότητας



Υδροθερμικά φρεάτια

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή συγκέντρωση μεταβολιτών ικανών να σχηματίσουν πρόδρομες ενώσεις βιογενούς υλικού (πχ. μεθάνιο-HCN).
- Ικανότητα συγκέντρωσης, οργάνωσης, ενεργοποίησης και πολυμερισμού βιολογικών μονομερών.
- Ανακάλυψη του κλάδου **Archaea**, οργανισμών μορφολογικά παρόμοια με βακτήρια που δύναται να επιβιώνουν σε υψηλές θερμοκρασίες (110°C) σε αυτό το περιβάλλον και εντός του βράχου. Αποτελούν το αρχαιότερο μέρος του δένδρου της ζωής.
- Σταθερό περιβάλλον, προστατευμένο από συνθήκες υψηλής μετεωρικής δραστηριότητας και ακτινοβολίας, όπως επικρατούσαν στην πρώιμη Γη.
- Ισχυρές διαβαθμίσεις θερμοκρασίας, pH, ηλεκτροχημικού δυναμικού ικανά να διατηρήσουν αυτοσυντηρούμενο μεταβολισμό καθώς και συστήματα αναπαραγωγής.
- Σύστημα σε αφθονία σε Πλανητικό επίπεδο.
- Παρόμοια συστήματα και σε ηφαιστειακά περιβάλλοντα (εναλλαγές εξάτμισης/ενυδάτωσης).

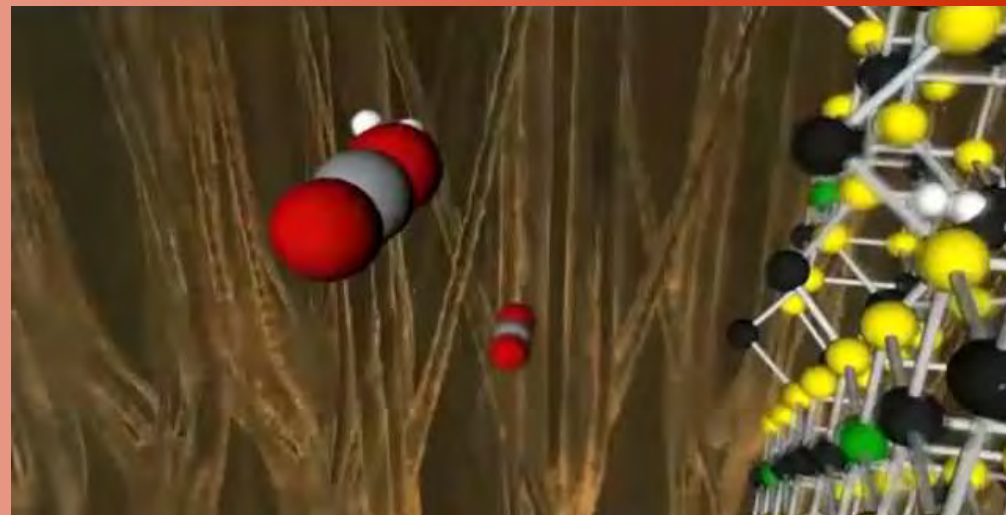
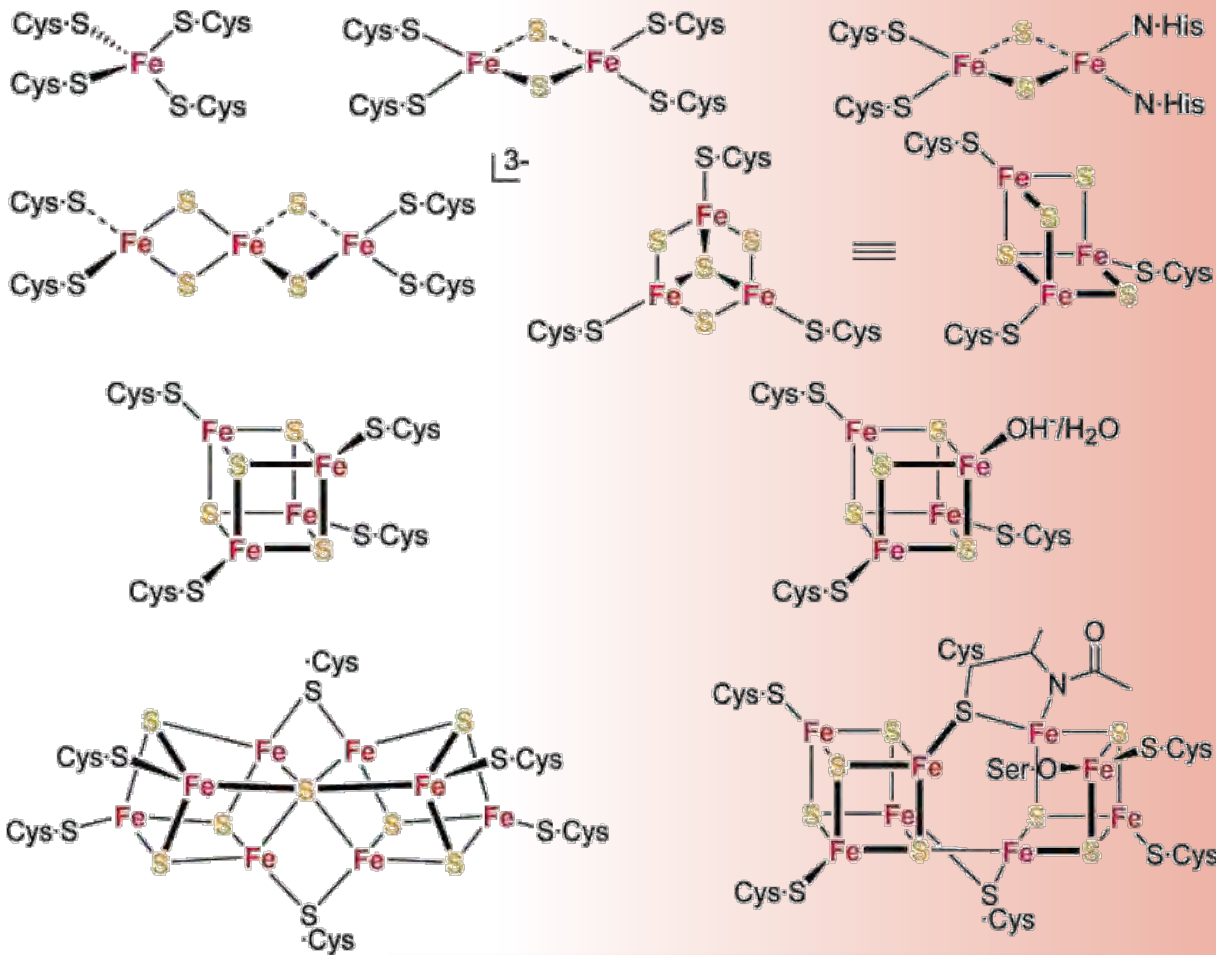
Χημική Ανισορροπία και Διαβαθμίσεις

Πλούσια ποικιλία ενεργειακών χημικών μορίων από τα οποία μέσω γεωχημικών καταλυτών και λόγω συνθηκών (υψηλή πίεση, θερμοκρασία) μπορούν να προκύψουν πληθώρα βιογενών μορίων, όπως:

- Αμινοξέα
- Υδρογονάνθρακες (λιπίδια-πρόδρομοι μεμβρανών) [Αντίδραση Fischer-Tropsch]
- Σάκχαρα
- Θειοστέρες (Μεταφορείς ενέργειας)
- Αναπαραγωγή νουκλεικών οξέων

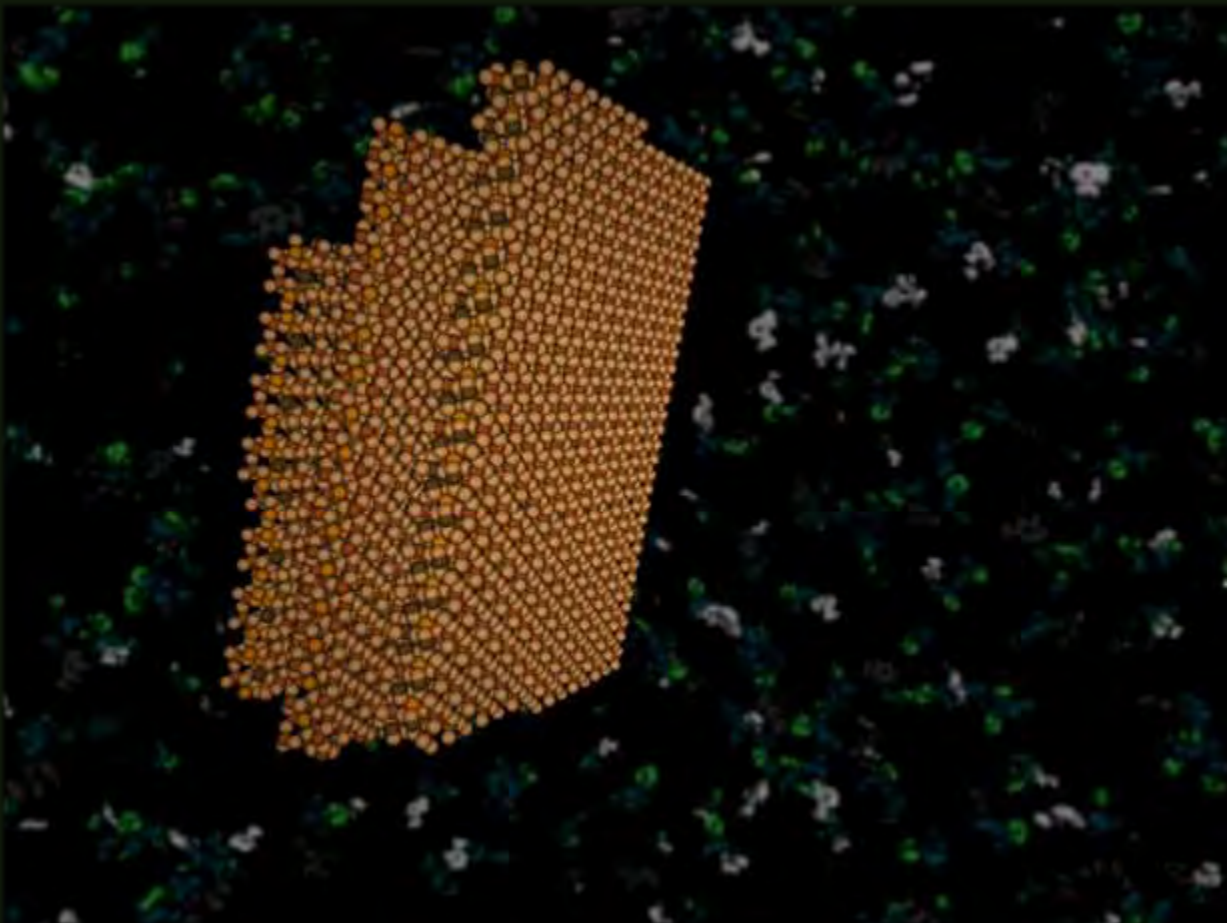
Σύγχρονοι Απόγονοι Μοριακά Απολιθώματα

- Μέταλλα όπως (Fe, Ni, Mo, Cu, Co, Zn) αποτελούν απαραίτητα συστατικά σύγχρονων βιολογικών μακρομορίων, πχ ένζυμα, και μάλιστα αποτελούν συστατικά του ενεργού κέντρου κατάλυσής τους.
- Ειδικότερα, η δομή των συμπλόκων των μετάλλων στα βιολογικά μακρομόρια είναι όμοια με αυτή των ορυκτών στα υδροθερμικά φρεάτια.
- Οργανισμοί που ανήκουν σε αρχαία παρακλάδια του Δένδρου της Εξέλιξης έχουν κύρια μεταβολικά μονοπάτια παραγωγής ενέργειας όπου τα βασικά ένζυμα έχουν ενεργά κέντρο αποτελούμενα από σύμπλοκα μετάλλων (Fe, Ni, S).



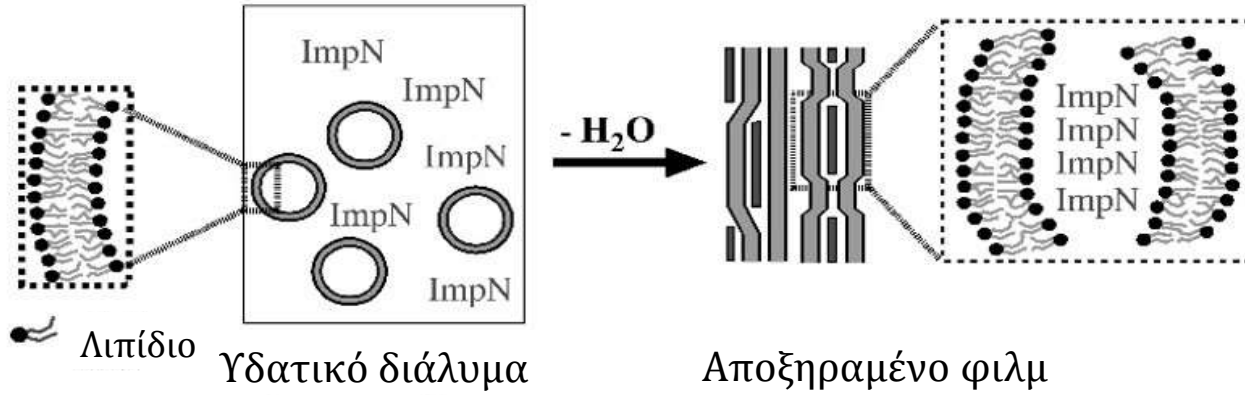
Καταλυτικός πηλός

- Πρόβλημα προβιοτικής σούπας: αστάθεια/υδρόλυση, χαμηλή συγκέντρωση
- Αποτελείται από οργανωμένα στρώματα πολύπλοκων αλάτων πυριτικού αλουμινίου με διάφορα θετικά φορτισμένα ιόντα μετάλλων.
- Μεγάλη κρυσταλλική επιφάνεια ($>100 \text{ m}^2/\text{g}$) και πολυστοιβαδική δομή.
- Σε μεγάλη αφθονία στο γήινο περιβάλλον.
- Υπόστρωμα απορρόφησης, οργάνωσης και πολυμερισμού βιομορίων (RNA, σάκχαρα, σχηματισμός κυστιδίων λιπαρών οξέων-πρωτοκύτταρα)



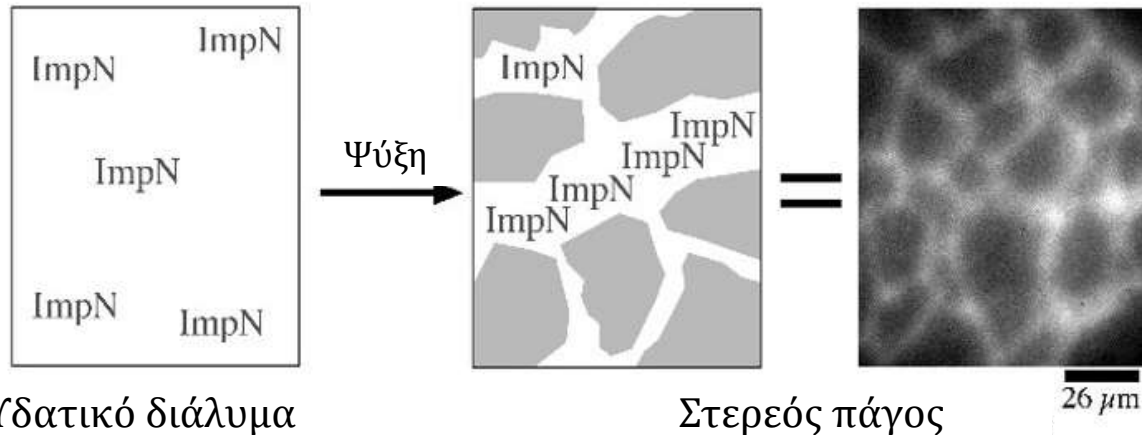
Συνθήκες Οργάνωσης και Πολυμερισμού

1. Κύκλος : Εξάτμιση/Ενυδάτωση



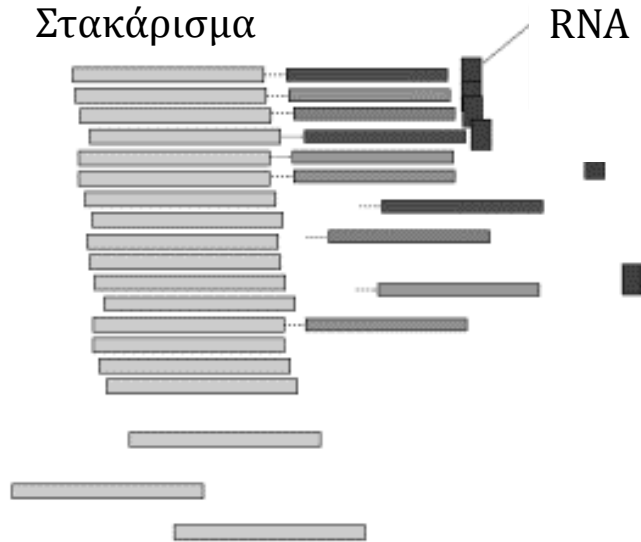
Λιπομεμβράνες δύναται να επιταχύνουν τον πολυμερισμό νουκλεικών οξέων ή αμινοξέων κατά τη διάρκεια κύκλων εξάτμισης/ενυδάτωσης μέσω αύξησης της συγκέντρωσης των μονομερών σε δομών υγρού κρυστάλλου (μεγάλη διαχυτική κινητικότητα) που σχηματίζονται.

2. Κύκλος : Κατάψυξη/Λιώσιμο



Αύξηση της συγκέντρωσης των μονομερών και πολυμερισμός νουκλεικών οξέων ή αμινοξέων ή επιτάχυνση αντιδράσεων επιτυγχάνεται και με ψύξη παγιδεύοντας τα μονομερή σε υψηλή συγκέντρωση σε περιορισμένο χώρο.

3. Καταλύτης : PAHs



Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) είναι τα πιο συχνά και άφθονα πολυατομικά μόρια στο ορατό Σύμπαν αποτελούμενα από άνθρακα και υδρογόνο και θεωρούνται εξαιρετικά σημαντικά μόρια για την προέλευση της ζωής. PAHs οι οποίοι έχουν υποστεί μετατροπή από UV ακτινοβολία παρουσιάζουν αμφιφιλική συμπεριφορά και παρουσία νερού αυτό-οργανώνονται σε δομές με υδρόφοβες και υδρόφιλες επιφάνειες. Το μεσοδιάστημα ανάμεσα σε κάθε PAH αντιστοιχεί στο ίδιο μεσοδιάστημα που απαντάται μεταξύ διαφορετικών νουκλεοτιδίων DNA/RNA.

Η Αυγή του Κόσμου του RNA-Ριβοένζυμα



- Νουκλεικό οξύ (γενετικό υλικό) με ενζυμικές ιδιότητες!!
- Βασικό ρόλο στη σύνθεση πρωτεϊνών, πρόδρομων δομικών μορίων του DNA, βασικών συστατικών του μεταβολισμού, συστατικών επεξεργασίας των γονιδίων, συνενζύμων, μεταφορείς ενέργειας κα.
- Μόριο με πολλαπλές 3διάστατες δομές σε αντίθεση με το DNA που έχει σταθερή δομής έλικας



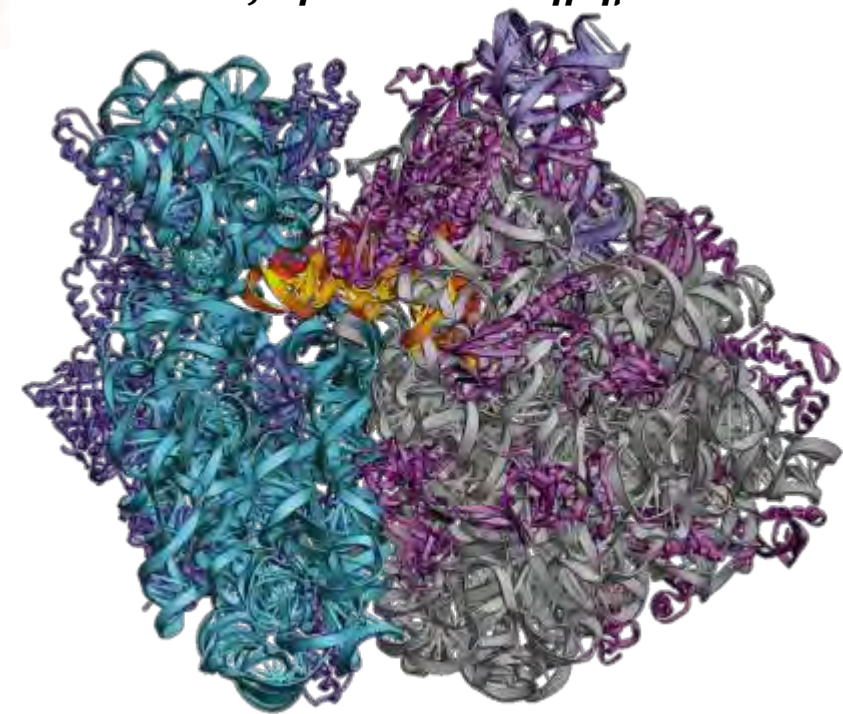
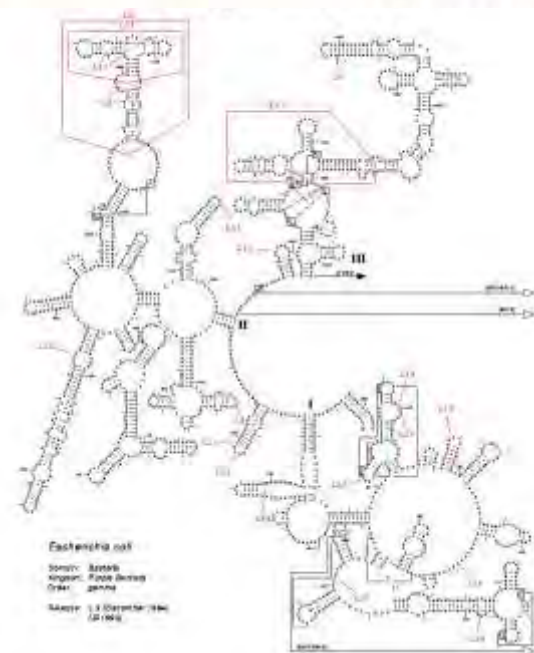
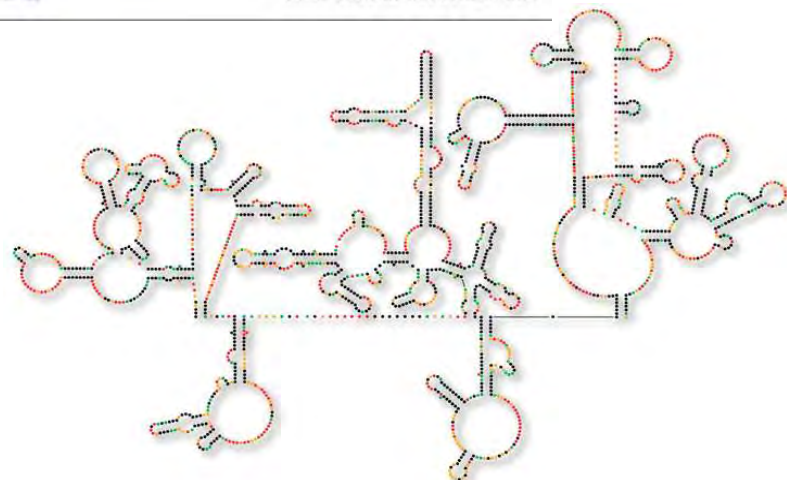
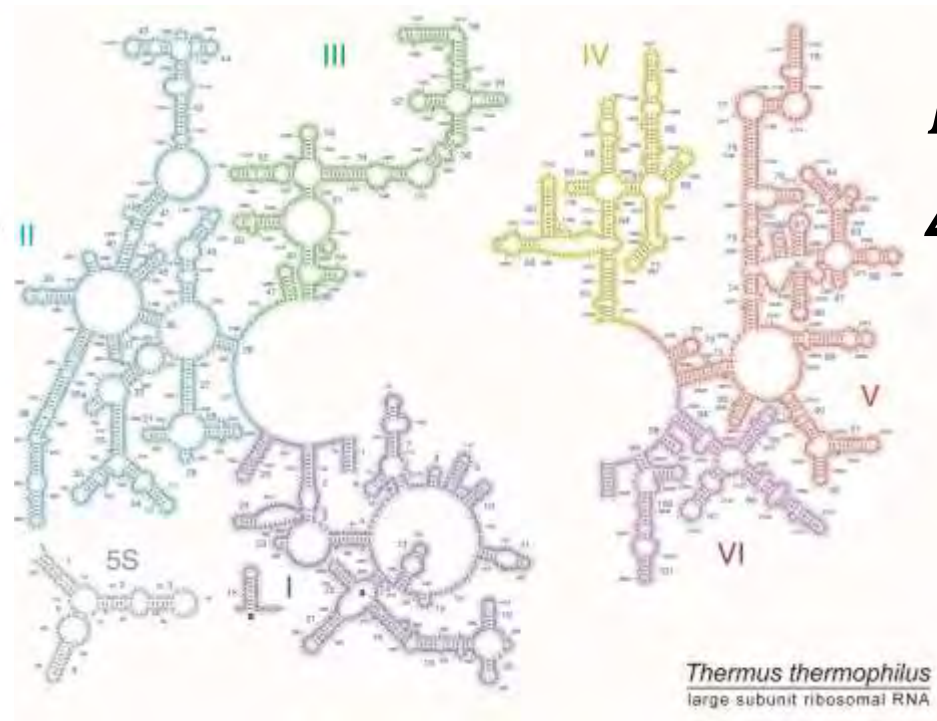
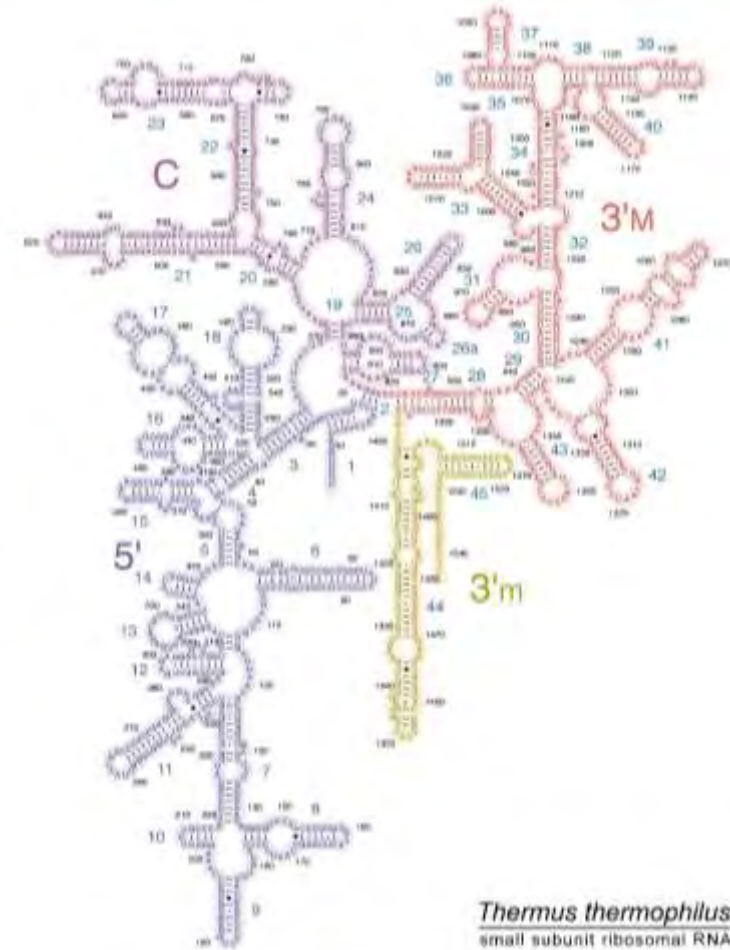
DNA



RNA : Ένας Διαφορετικός Κόσμος

Ριβόσωμα

Εξαιρετικά συντηρημένο!





Η Συνταγή της Ζωής

Απλά Συστατικά

Δομικά Μονομερή

Δομικά Πολυμερή

Κυτταρική Μεμβράνη

Αναπαραγωγή

Κύτταρο



Μεμβράνες

Κληρονομικότητα

Διαμερισματοποίηση χημικών αντιδράσεων

Κανένας άλλος 'μηχανισμός της ζωής' δεν έχει αποδειχθεί πιο ικανός από το κύτταρο.

- Τα συστατικά που παράγονται εντός του κυττάρου δεν δραπετεύουν εκτός αυτού και η συγκέντρωσή τους διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα με ρύθμιση της κατασκευής και αποδόμησής τους.
 - Η μεταφορά των συστατικών εκτός μεμβράνης ρυθμίζεται από τον κυτταρικό μηχανισμό.
 - Προστασία από εξωτερικούς παράγοντες πχ παράσιτα.
 - Η πρώτη εμφάνιση της έννοιας του 'εαυτού' πάνω στην οποία μπορεί να επιδράσει η Εξέλιξη.
-
- Σχηματίζονται σε πληθώρα αντιδράσεων πχ Miller-Urey, υδροθερμικά φρεάτια
 - Λιπίδια με ευκολία αυτό-οργανώνονται σε κυστίδια και ο σχηματισμός ευνοεί το σχηματισμό νέων κυστιδίων.
 - Διάφορες καταλυτικές επιφάνειες (πχ. πηλός) ευνοούν την κατασκευή λιπιδίων.
 - Εξαιρετικά σταθερές δομές.



Προϊόν εξέλιξης 3.5 δις χρόνων εξέλιξης

Πρωτοκύτταρο

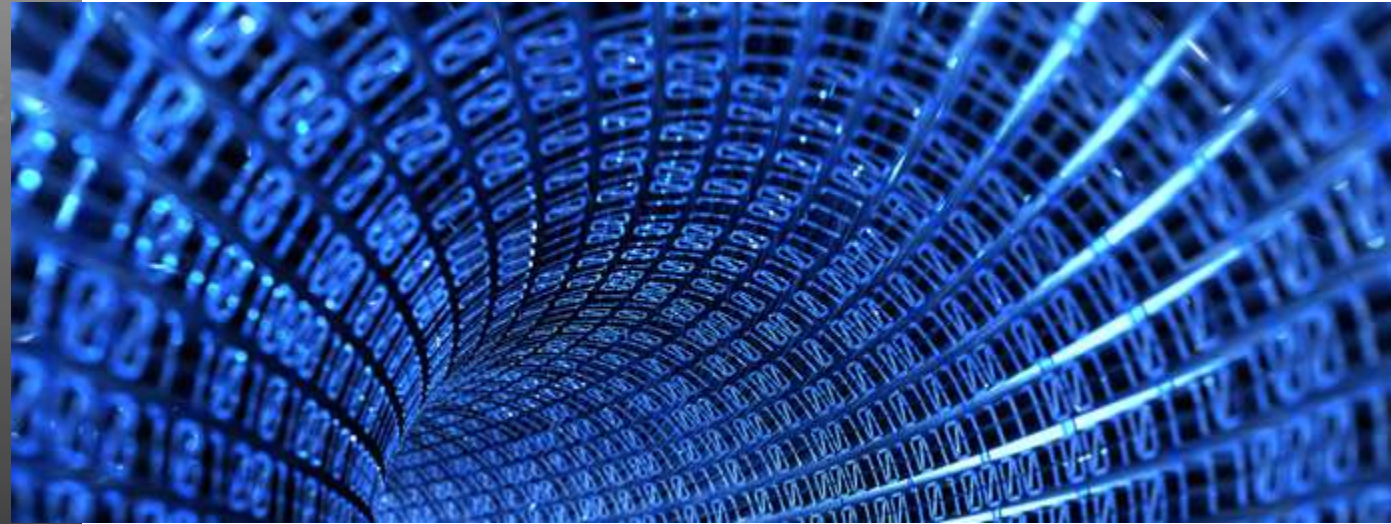


Life is loading.....



Η Ζωή είναι Πληροφορία

Η έννοια της πληροφορίας έχει κερδίσει πρόσφορο έδαφος τελευταία σε πολλούς τομείς της βιολογίας. Οι βιολόγοι χρησιμοποιούν όρους όπως **μεταγραφή, μετάφραση, επιδιόρθωση, σηματοδότηση, πλαίσιο ανάγνωσης**, όλα τα οποία υπονοούν ότι σε ένα βιολογικό πλαίσιο αυτή η ορολογία που εμπεριέχει όρους πληροφορίας.



Η γενετική πληροφορία αποτελείται από γραμμική ψηφιακά αλγοριθμικά προγράμματα τα οποία είναι εγγεγραμμένα στην πρωτοταγή δομή του DNA.

Είναι δύσκολο να κατανοήσουμε πως φυσικές διαδικασίες δύναται να δημιουργήσουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά της ζωής σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα :

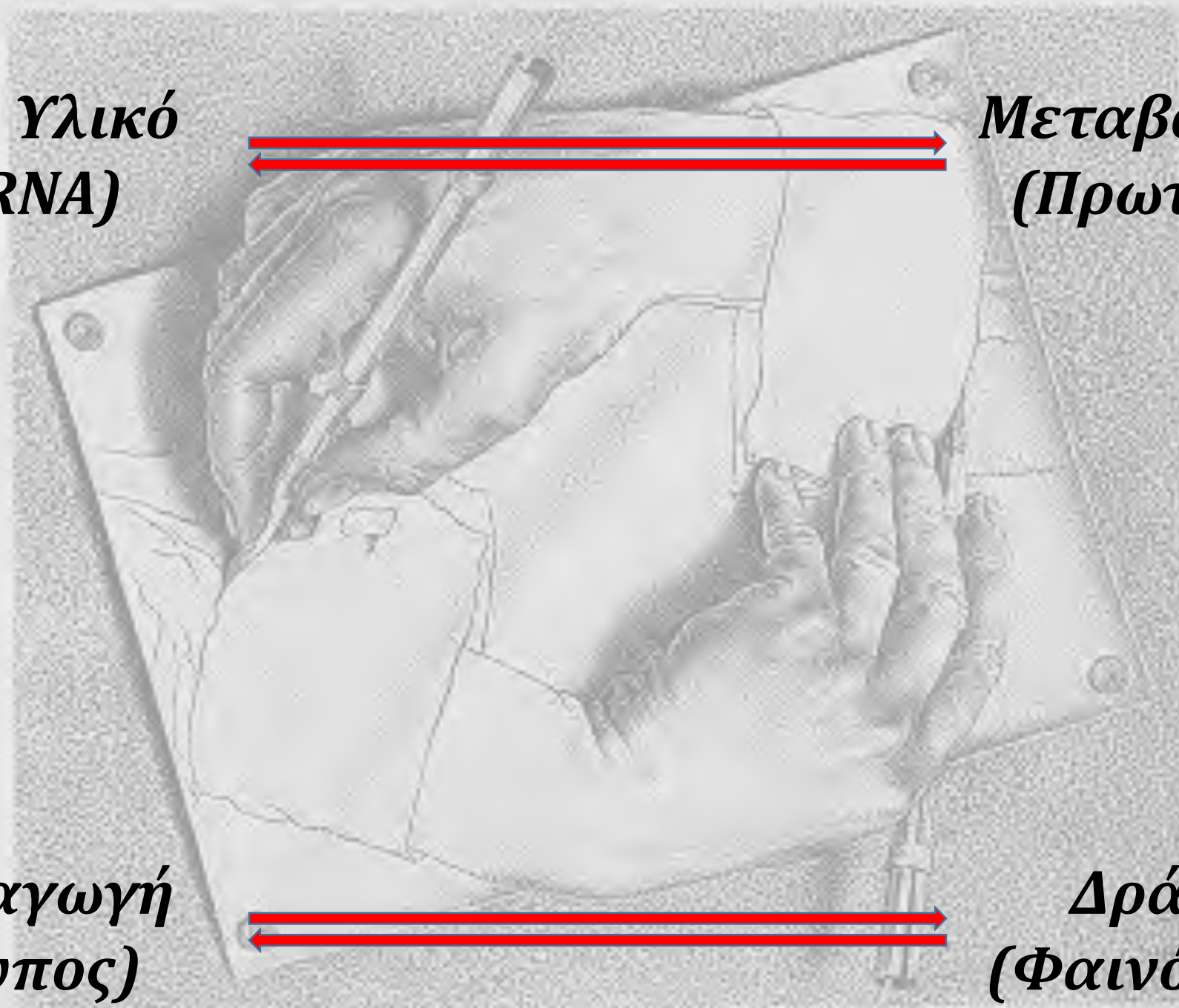
- (1) Ένα γενετικό λειτουργικό σύστημα μέσω του οποίου να εγγραφούν οι οδηγίες προγραμματισμού (**γλώσσα προγραμματισμού**),
- (2) Τα προγράμματα για την οργάνωση κάθε βιοχημικού μονοπατιού και μεταβολικού κύκλου (**εφαρμογές**), και
- (3) Ένα σύστημα αποκωδικοποίησης της γενετικής πληροφορίας/οδηγίας σε φυσική οντότητα (**λειτουργικό σύστημα**).

**Γενετικό Υλικό
(DNA, RNA)**

**Μεταβολισμός
(Πρωτείνες)**

**Αναπαραγωγή
(Γονότυπος)**

**Δράσεις
(Φαινότυπος)**



Βιοανάδραση (Feedback)

Ο Αλγοριθμικός Ορισμός της Ζωής

Μη Τοπικότητα

Είναι αδύνατον *a priori*, να προσδιοριστεί η λειτουργικότητα ενός βιομορίου σε ένα κύτταρο βάσει της τοπικής δομής και της γραμμικής πληροφορίας και μόνο.

Η πληροφορία αυτή διανέμεται σε ολόκληρο το σύστημα στο σύνολό του (συμπεριλαμβανομένου των πληροφοριών που εμπεριέχονται στις σχέσεις μεταξύ όλων των επιμέρους συστατικών).



Για παράδειγμα, μηχανικές καταπονήσεις σε ένα κύτταρο μπορεί να επηρεάσουν την γονιδιακή έκφραση. Αυτό γίνεται μέσω μιας σειράς χημικών σημάτων μεταγωγής, όπου το σύστημα στο σύνολό του ασκεί αιτιώδη έλεγχο πάνω από ένα υποσύστημα (π.χ. ένα γονίδιο).

1960 John Von Neumann, Αμερικανός μαθηματικός : “Οποιοδήποτε σύστημα ικανό για αυτοαναπαραγωγή χρειάζεται υποσυστήματα αντίστοιχης λειτουργικότητας (αναπαραγωγής, επεξεργασίας και αποθήκευσης) με αυτά των κυττάρων”. Κατέδειξε ότι οι κατώτατες τυχαίες διακυμάνσεις των βιομορίων δεν θα παρήγαγαν την απαιτούμενη πολυπλοκότητα ακόμα και για ένα πρωτόγονο σύστημα αναπαραγωγής.

1971 Jacques Monod, Γάλλος μοριακός βιολόγος : “Η Ζωή είναι ένα ατύχημα”

1974 Karl Popper, Αυστριακός φιλόσοφος : “Οποιαδήποτε εξήγηση για το φαινόμενο της Ζωής είναι αδιάβλητο προς την επιστήμη και θα αντισταθεί οποιαδήποτε προσπάθεια αναγωγής στους νόμους της χημείας και της φυσικής”.

1981 Fred Hoyle, Βρετανός αστρονόμος : “Η πιθανότητα ανάδυσης των ανώτερων μορφών ζωής μέσω αβιογένεσης είναι συγκρίσιμο με την πιθανότητα που έχει ένας κυκλώνας που περνά από μία μάντρα μεταχειρισμένων να σχηματίσει τυχαία ένα Boeing 747”.

1981 Francis Crick, Βρετανός βιοχημικός : “...η προέλευση της ζωής φαίνεται προς το παρόν να είναι σχεδόν ένα θαύμα, τόσες πολλές συνθήκες που πρέπει να πληρωθούν προκειμένου να ξεκινήσει”.

1989 Stephen Gould, Αμερικανός βιολόγος : “Εάν καθίστατο δυνατόν να επαναληφθεί η κασέτα της Εξέλιξης, το αποτέλεσμα θα ήταν σχεδόν σίγουρα διαφορετικό”.

2002 Christian de Dube, Βέλγος βιοχημικός : “Υπάρχουν περιορισμοί οι οποίοι κατευθύνουν την εξέλιξη προς συγκεκριμένες οδούς”.

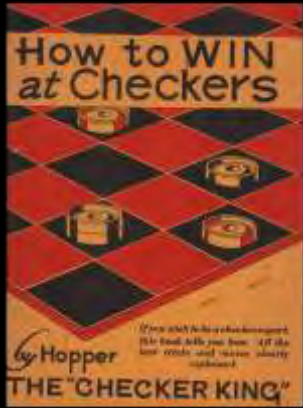
Τύχη και Αναγκαιότητα

(Le Hasard et la Nécessité)



‘Ο,τι υπάρχει στο σύμπαν είναι
προϊόν τύχης και ανάγκης.
Δημόκριτος

Where is everybody?
Enrico Fermi



Πώς να νικήσετε στην Ντάμα

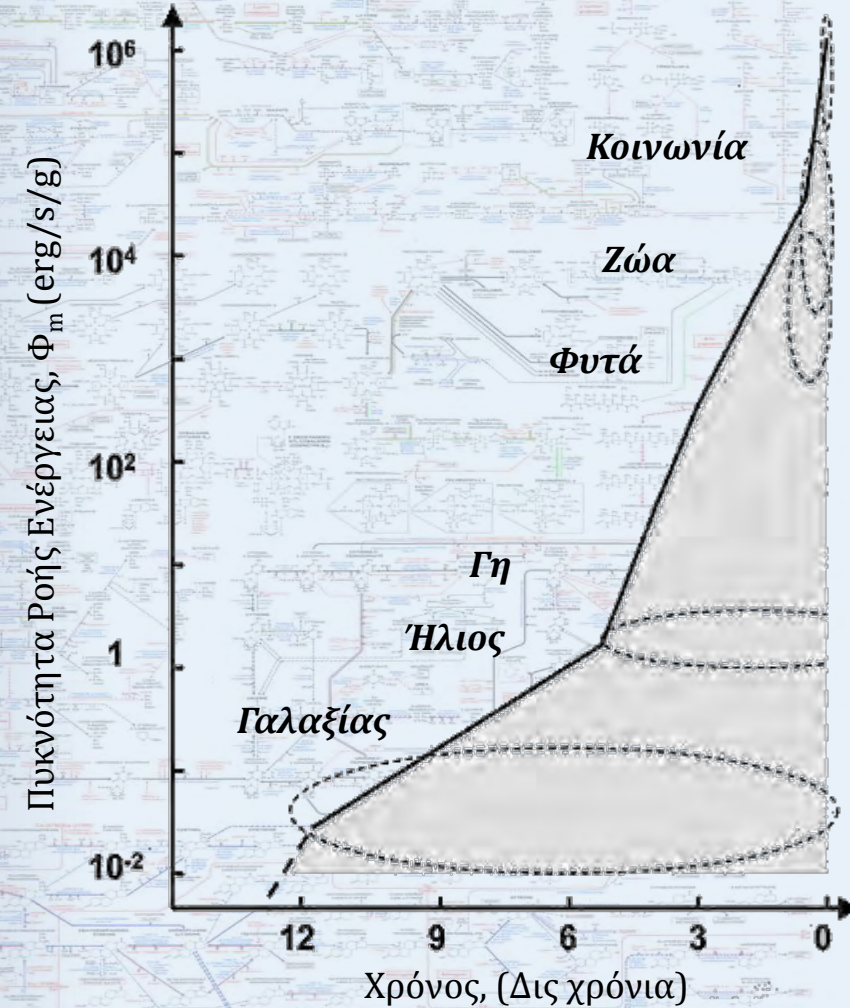
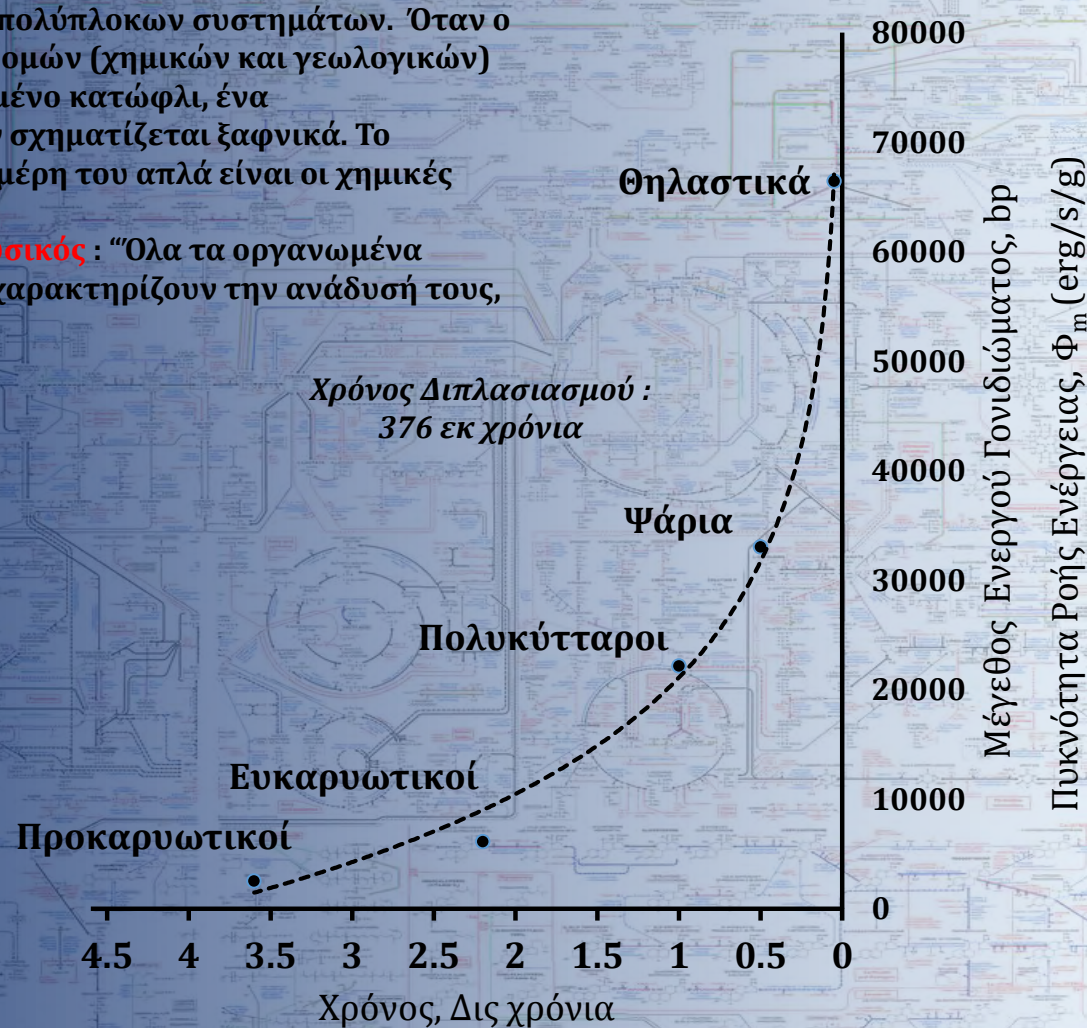
Το κλειδί στην πολυπλοκότητα δεν αποτελεί η αύξηση του αριθμού της γραμμικής πληροφορίας *per se*, αλλά περισσότεροι συνδυασμοί και διασυνδέσεις μεταξύ τους. Ο φαινότυπος που προκύπτει είναι αναδυόμενος και δεν μπορεί να προβλεφθεί από τα ξεχωριστά δομικά υλικά.
(Αποτυχία του Αναγωγισμού)

‘Τα πάντα ρει, μηδέποτε κατά τ’ αυτό μένειν’
Ηράκλειτος

Κοσμική Εξέλιξη : Ενέργεια, Πληροφορία και Πολυπλοκότητα

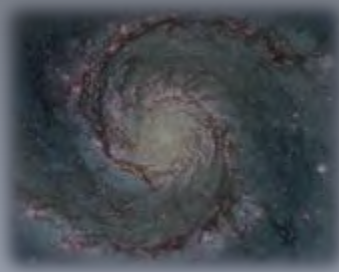
1995 Stuart Kaufmann, Αμερικανός μαθηματικός βιολόγος : “Οι νόμοι της Πολυπλοκότητας αυτόματα γεννούν την τάξη που παρατηρούμε στον κόσμο. Η Ζωή είναι μία φυσική ιδιότητα πολύπλοκων συστημάτων. Όταν ο αριθμός των διαφορετικών μορίων και δομών (χημικών και γεωλογικών) σε ένα σύστημα περάσουν ένα συγκεκριμένο κατώφλι, ένα αυτοσυντηρούμενο δίκτυο αντιδράσεων σχηματίζεται ξαφνικά. Το συνολικό σύστημα είναι ζωντανό και τα μέρη του απλά είναι οι χημικές ενώσεις”.

2001 Eric Chaisson, Αμερικανός αστροφυσικός : “Όλα τα οργανωμένα συστήματα έχουν κοινά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν την ανάδυσή τους, ανάπτυξη και εξέλιξή τους”.





*Είναι ένας πολύπλοκος
κόσμος....ή όχι;*



Πως μπορεί να προέλθει τάξη από
το Χάος;



Αναδύουσες Ιδιότητες και Πολυπλοκότητα



Ομοιοδυναμική (Θερμοδυναμική)

Αύξηση εντροπίας συστήματος

Μορφοδυναμική (Αυτό-οργάνωση)

Εμφάνιση εσωτερικών περιορισμών-μακροσκοπικών δομών μέσω τοπικών αλληλεπιδράσεων του συστήματος

Τελεοδυναμική (Εξέλιξη)

Διατήρηση εσωτερικών περιορισμών-μακροσκοπικών δομών μέσω συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων μορφοδυναμικών δομών

Η αυτοοργάνωση δεν είναι μοναδικό φαινόμενο στην βιολογία, και μάλιστα μπορούν να βρεθούν σε μια ευρεία ποικιλία συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των πολύπλοκων σχημάτων ροής των πολλών διαφορετικών ρευστών όπως ανεμοστρόβιλοι, κυκλικά χημικά φαινόμενα καθώς και η αυτοοργάνωση λιπιδικών μορίων σε διπλοστοιβάδες, μικύλλια, και λιποσώματα.

Θερμοδυναμική

Το 1874, μόλις 27 χρόνια μετά τη δημοσίευση της 'Καταγωγής των Ειδών' από το Δαρβίνο, ο Boltzmann συνειδητοποίησε ότι η πάλη για επιβίωση δεν ήταν πάλη για πρώτες ύλες ή πάλι για ενέργεια...αλλά πάλη για εντροπία και δη, χαμηλή εντροπία!

Ο Prigogine συνειδητοποίησε ότι η πιθανότητα παραγωγής λειτουργικών βιομακρομορίων (πολυμερών) τυχαία είναι 'εξαιρετικά μικρή...ακόμα και σε τάξεις χρόνου δισεκατομμυρίων ετών.'

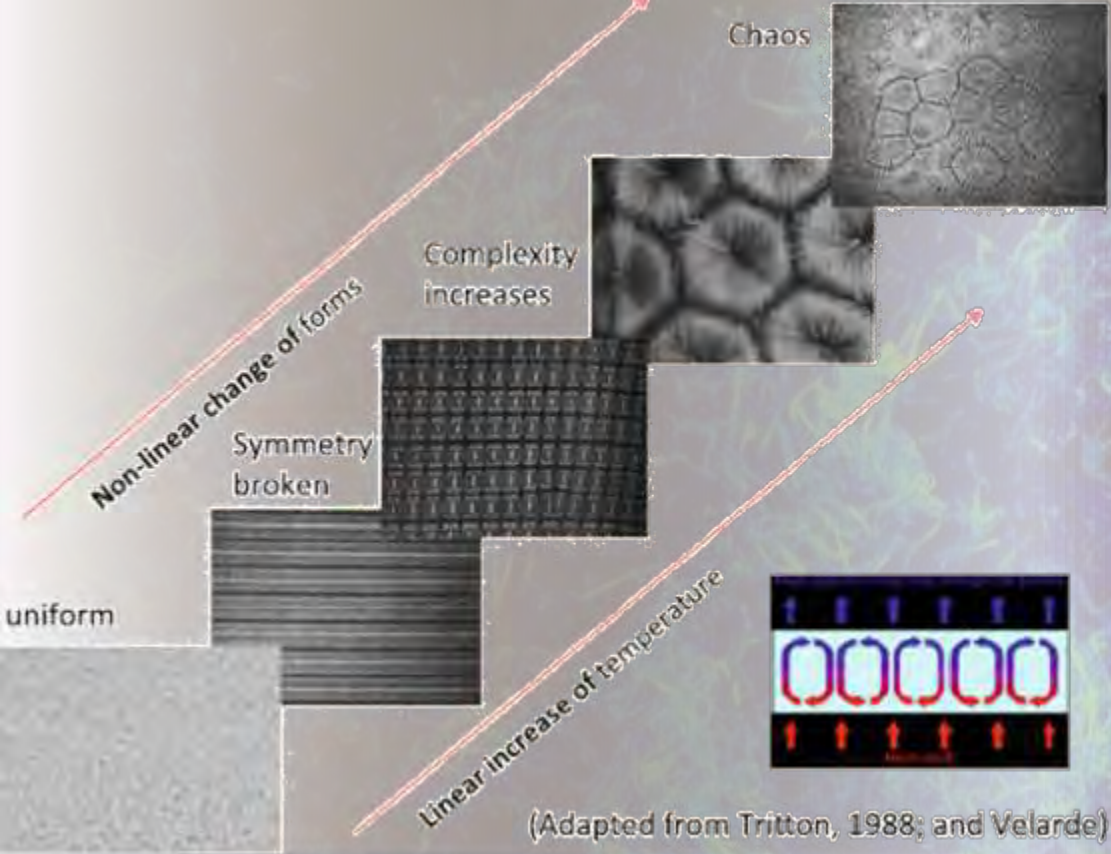
Ο Prigogine το 1967 κατέδειξε ότι μη αντιστρεπτές φυσικές καταστάσεις χαμηλής εντροπίας, γνωστές ως δομές διασκόρπισης ενέργειας, δύναται να αναδυθούν αυτόματα στη φύση και μέσω σύζευξης με πολλαπλές επιπρόσθετες διεργασίες συνολικά δεν παραβιάζουν το Δεύτερο Νόμο της θερμοδυναμικής και αυξάνουν την εντροπία του Σύμπαντος. Παρατήρησε ότι αυτές οι δομές παρουσιάζουν αυτο-οργανωτικές τάσεις πχ. σπειροειδείς δομές στο νεροχύτη, στους τυφώνες, στους γαλαξίες.

Το 1977 στη δημοσίευση '*Self Organization in Nonequilibrium Systems*' κατατάσσει τους ζώντες οργανισμούς ως ανοικτά, συστήματα μη-ισορροπίας ικανά να διασκορπούν (εισαγωγή υψηλής αξίας ενέργειας, εξαγωγή χαμηλής αξίας ενέργειας) μεγάλες ποσότητες μάζας και ενέργειας.



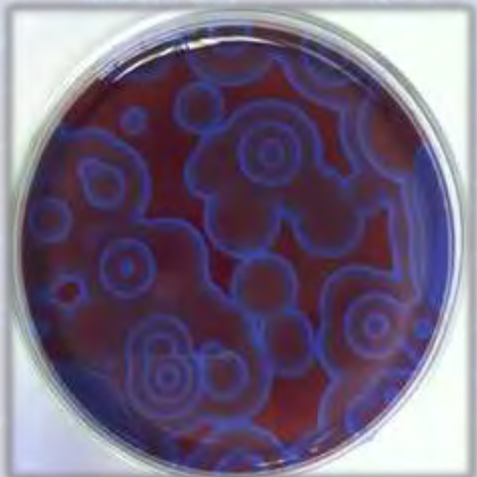
"Διότι σίγουρα τα άτομα δεν συνεδρίασαν, αναθέτοντας τάξη στο καθένα, αναταράσσοντας τα οξυδερκή μυαλά τους με ερωτήσεις για το πώς και το πού και ποιος πάει πού. Αλλά ανακατεμένα και αναμειγμένα με πολλούς τρόπους, στη διάρκεια αέναου χρόνου συγκρούονται μεταξύ τους, συμπαρασυρόμενα, με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και κινήσεις. Εν τέλει, εμπίπτουν σε μία τέτοια διάταξη ώστε να δημιουργήσουν το Σύμπαν....."

- Titus Lucretius Carus, *De Rerum Natura* (95-55 π.Χ.)



*Το Όλον είναι μεγαλύτερο από
το άθροισμα των μελών του*

Το Φαινόμενο της Ζωής είναι σίγουρα ένα αναδυόμενο φαινόμενο που προκύπτει αυτόματα ως συνέπεια των νόμων της Στατιστικής Φυσικής Μη Ισορροπίας (Δυναμικό Χαοτικό Σύστημα).



Αντίδραση Belousov-Zhabotinsky

Χημική Βάση της Μορφογένεσης



Alan Mathison Turing





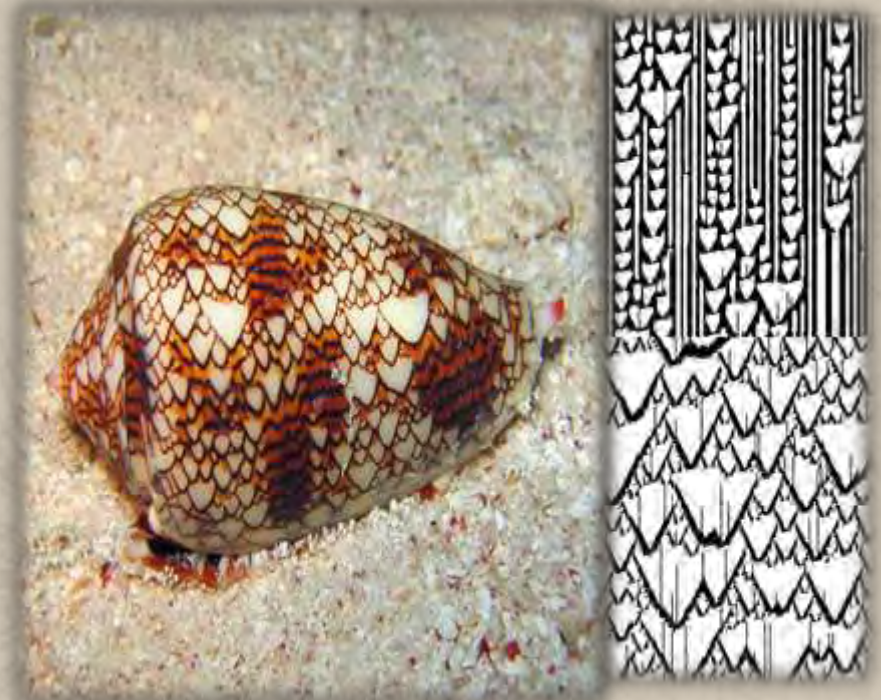
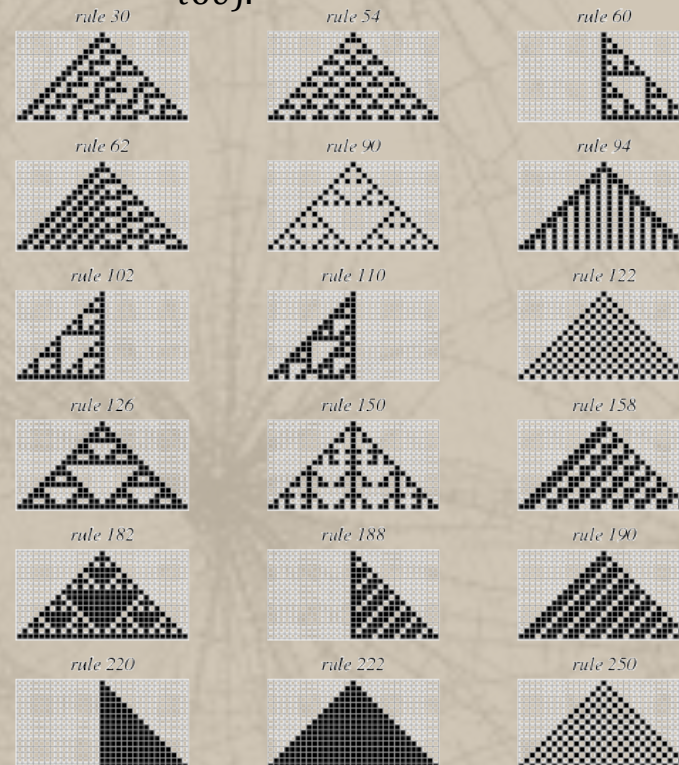
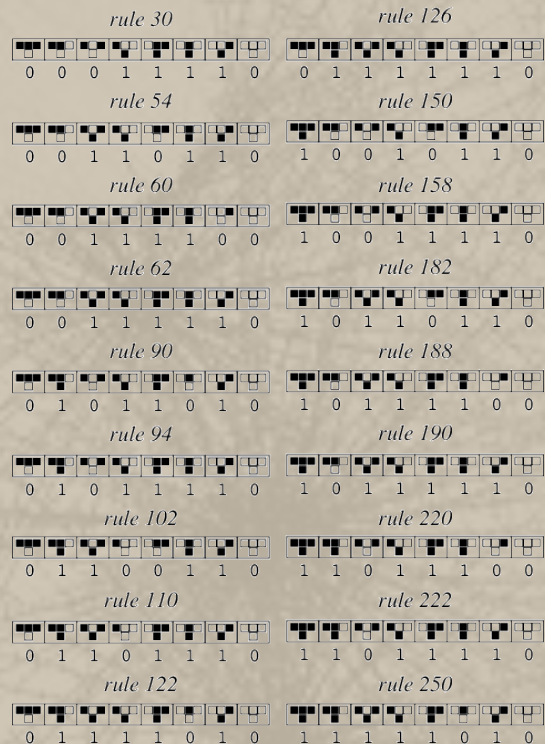
John von Neumann

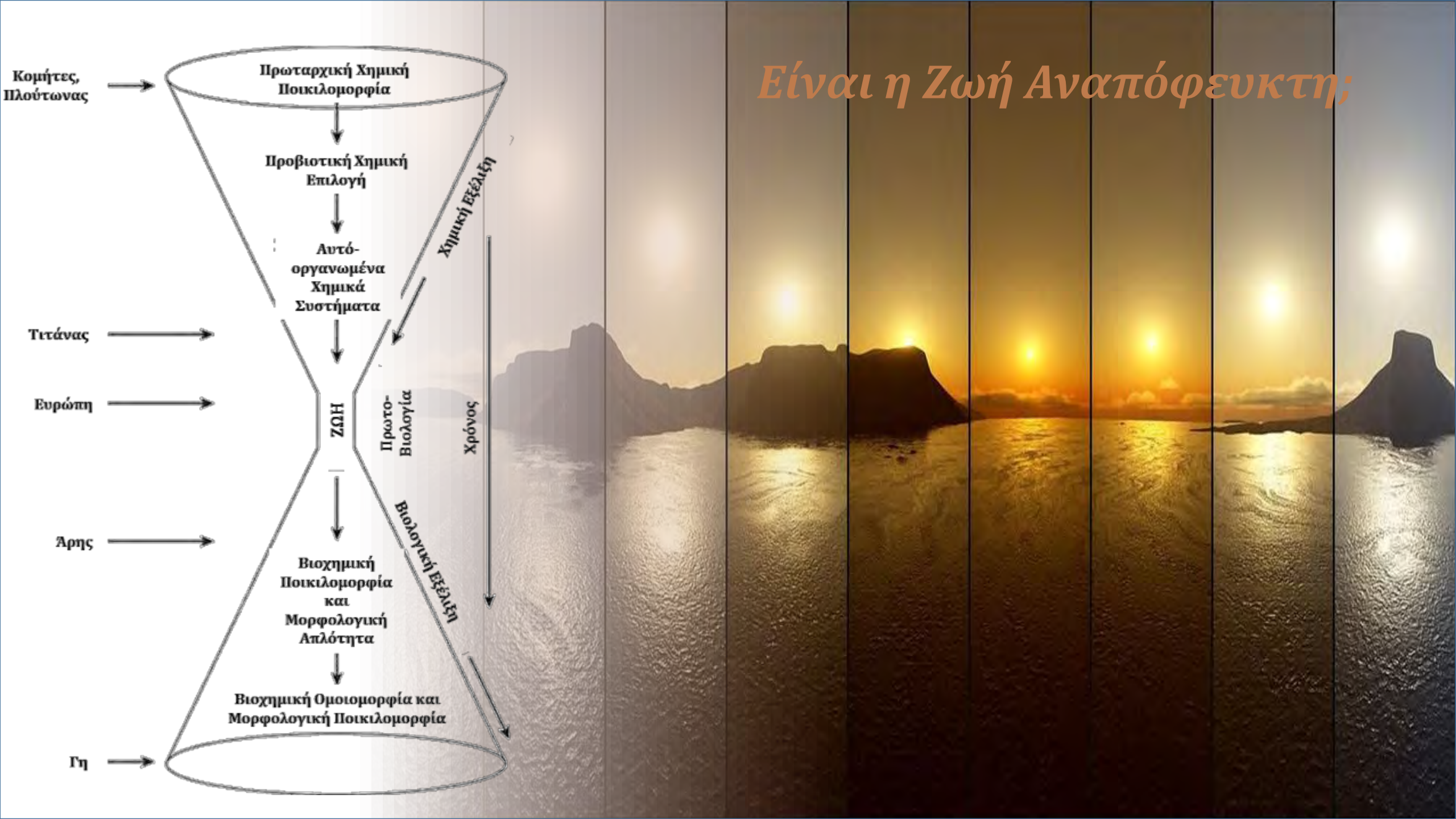


Stanislaw Ulam

Κυτταρικά Αυτόματα

- Υπολογιστικά μοντέλα συστημάτων με αναδυόμενη πολυπλοκότητα και συναντώνται στη φυσική, βιολογία κα. Επινόηθηκαν κατά τη δεκαετία του 1940 από τον μαθηματικό John Von Neumann σε συνεργασία με τον μαθηματικό Stanislaw Ulam, με σκοπό την τυπική περιγραφή των λειτουργιών του βιολογικού κυττάρου.
- “Κοινωνία” ατόμων (ψηφιακών και όχι μόνο), που κινούνται καθώς περνά ο χρόνος σε ένα πλέγμα, συνήθως δισδιάστατα, με βάση προκαθορισμένους απλούς κανόνες και βάσει αυτών κινούνται, ζευγαρώνουν, γεννούν και πεθαίνουν, ή ακόμα τρέφονται.
- Προσομοίωση της συμπεριφοράς ζωντανών βιολογικών οργανισμών, πχ. αυτοοργάνωσης μιας κοινωνίας ανεξαρτήτων μελών, η εξέλιξή της, η δημιουργία εικόνας τάξης από μια τυχαία κατάσταση αταξίας, ακόμα και η μαθηματική τυχαιότητα σε μια κοινότητα (χαοτική συμπεριφορά των ατόμων του).





Κομήτες,
Πλούτωνας

Πρωταρχική Χημική
Ποικιλομορφία

Προβιοτική Χημική
Επιλογή

Αυτό-
οργανωμένα
Χημικά
Συστήματα

ΖΩΗ

Τιτάνας

Ευρώπη

Αρης

Γη

Βιοχημική
Ποικιλομορφία
και
Μορφολογική
Απλότητα

Βιοχημική Ομοιομορφία και
Μορφολογική Ποικιλομορφία

Χημική Εξέλιξη

Πρωτο-
Βιολογία

Βιολογική Εξέλιξη

Χρόνος

Είναι η Ζωή Αναπόφευκτη;

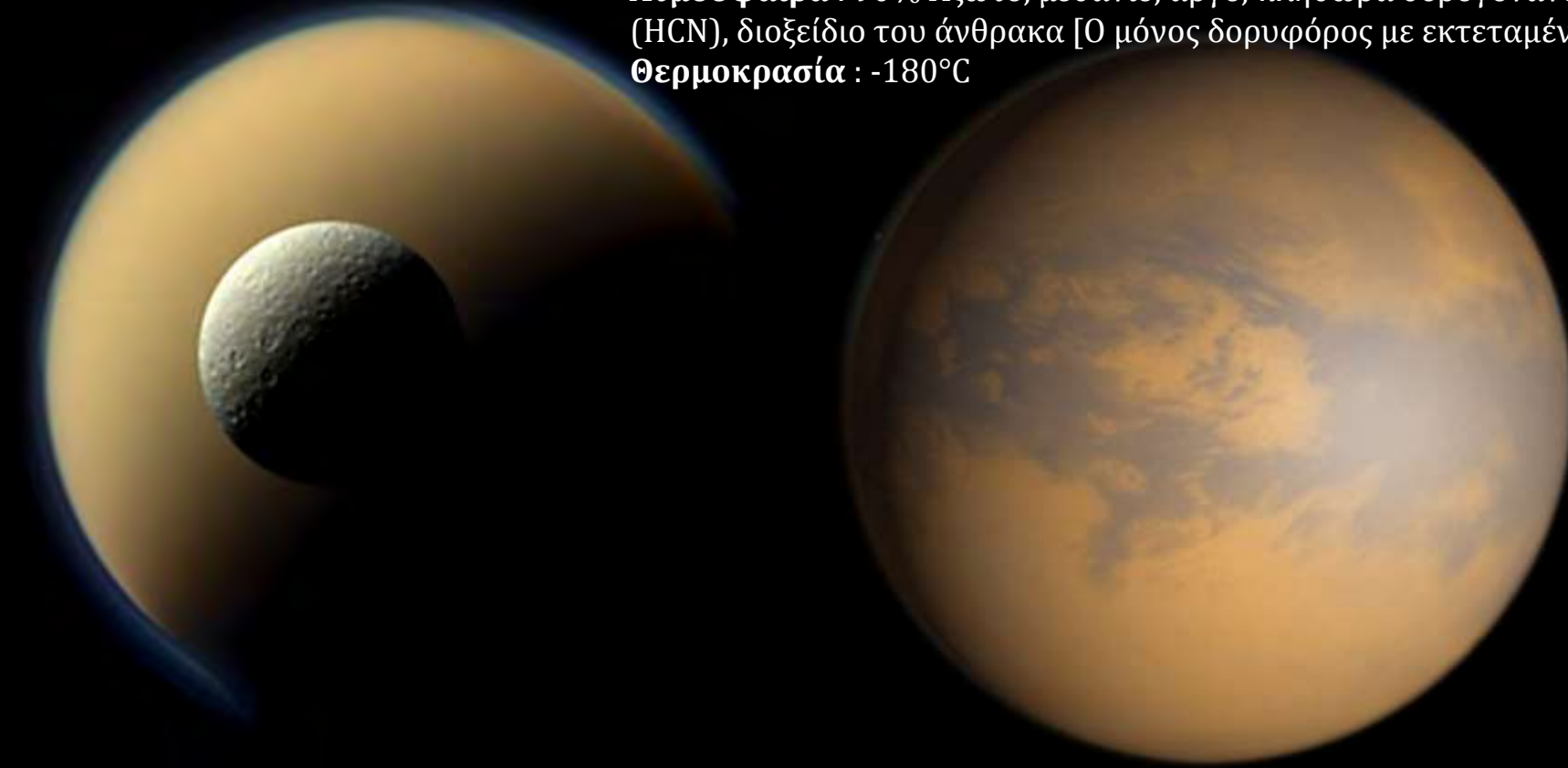
Τιτάνας : Δορυφόρος του Κρόνου

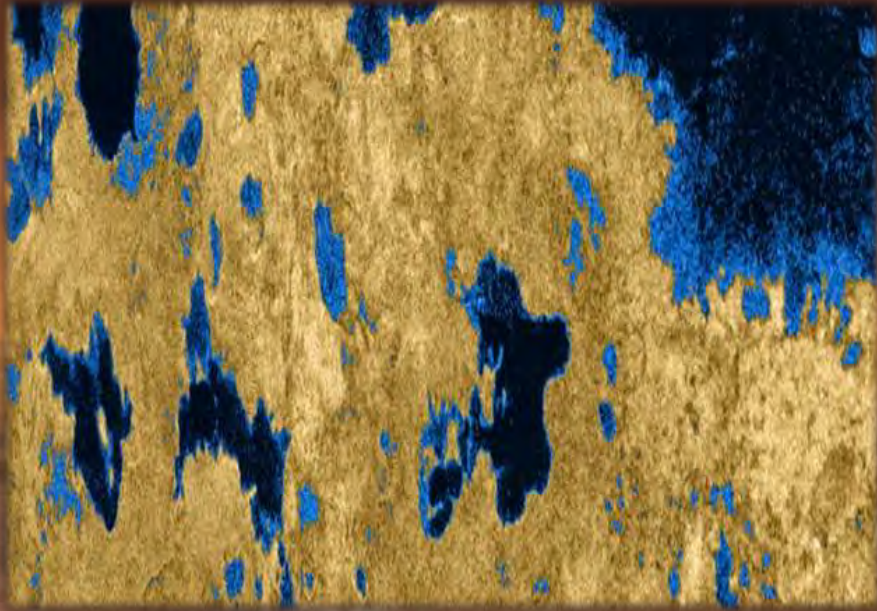
Διάμετρος : 5150 Km

Πυκνότητα : 1.8 g/cm³ (πάγος, πέτρα, σίδηρος)

Ατμόσφαιρα : 90% Άζωτο, μεθάνιο, αργό, πληθώρα υδρογονανθράκων (C₂H₆, C₃H₈, C₂H₂ κ.α.), νιτρωδών ενώσεων (HCN), διοξείδιο του άνθρακα [Ο μόνος δορυφόρος με εκτεταμένη ατμόσφαιρα]

Θερμοκρασία : -180°C





Γνώριμη Χημεία, Μη Γνώριμα Συστατικά

Γη : Κύκλος H_2O-CO_2
Τιτάνας : Κύκλος CH_4-H_2

Βίντεο καθόδου του διαστημοπλοίου
Huygens στον Τιτάνα



3:42 UT

Ηλιακή UV ακτινοβολία και κοσμικές ακτίνες X και ενεργητικά ηλεκτρόνια από τη μαγνητόσφαιρα του Κρόνου διασπούν τα μόρια αζώτου και μεθανίου στην ανώτερη ατμόσφαιρα (1400 Km). Τα διασπασμένα μόρια επαναντιδρούν συνθέτοντας πολύπλοκους υδρογονάνθρακες (υδροκυάνιο, ακετυλένιο κα) και οργανικά αρωματικά μόρια τα οποία καθιζάνουν στην επιφάνεια του πλανήτη. Στην επιφάνεια τα οργανικά μόρια είναι προστατευμένα από την βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία και τις κοσμικές ακτίνες εξαιτίας της φωτοανακλαστικής αιθάλης που καλύπτει τον Τιτάνα καθώς και της χαμηλής θερμοκρασίας.

Ήδη, το 1922, ο Oparin, πρότεινε την ύπαρξη πρώιμων ατμοσφαιρικών συνθηκών στην επιφάνεια της Γης που ευνοούσαν τη σύνθεση πολύπλοκων οργανικών μορίων. Παρόμοια στρώμα αιθάλης δύναται να υπήρχε και στην Γη πριν από δισεκατομμύρια χρόνια, προϊόν της απαέρωσης του πλανήτη και της σύστασης της ατμόσφαιράς του από μεθάνιο και αμμωνία.

Ευρώπη/Εγκέλαδος : Δορυφόροι του Δία

Ευρώπη

Εγκέλαδος

Διάμετρος

3120 Km

504 Km

Πυκνότητα

3,01 gr/cm³

1,60 gr/cm³

Ατμόσφαιρα

Ίχνη υδρατμών, O₂, O

Υδρατμοί, ίχνη αζώτου, διοξειδίου του
άνθρακα και μεθανίου

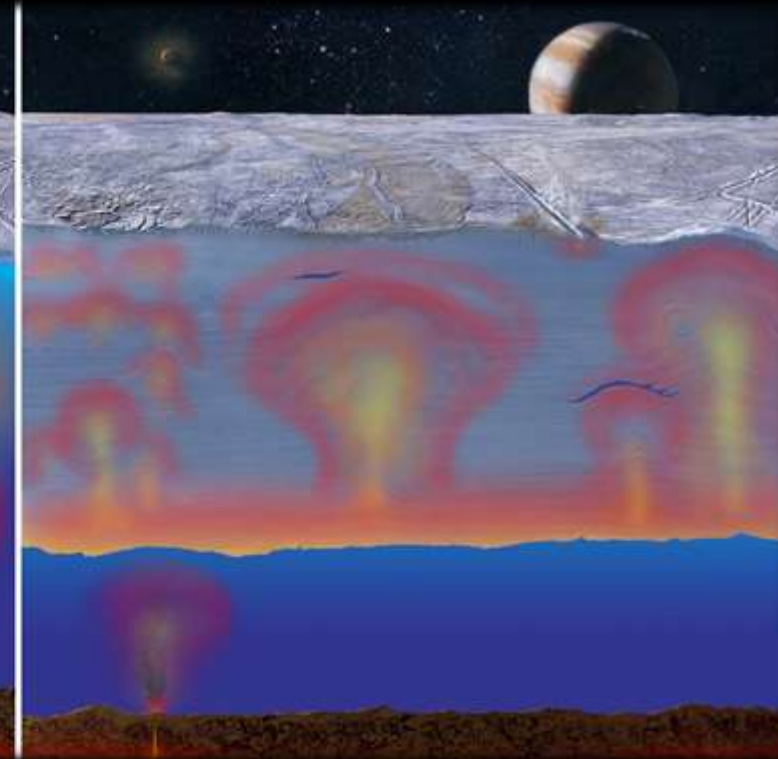
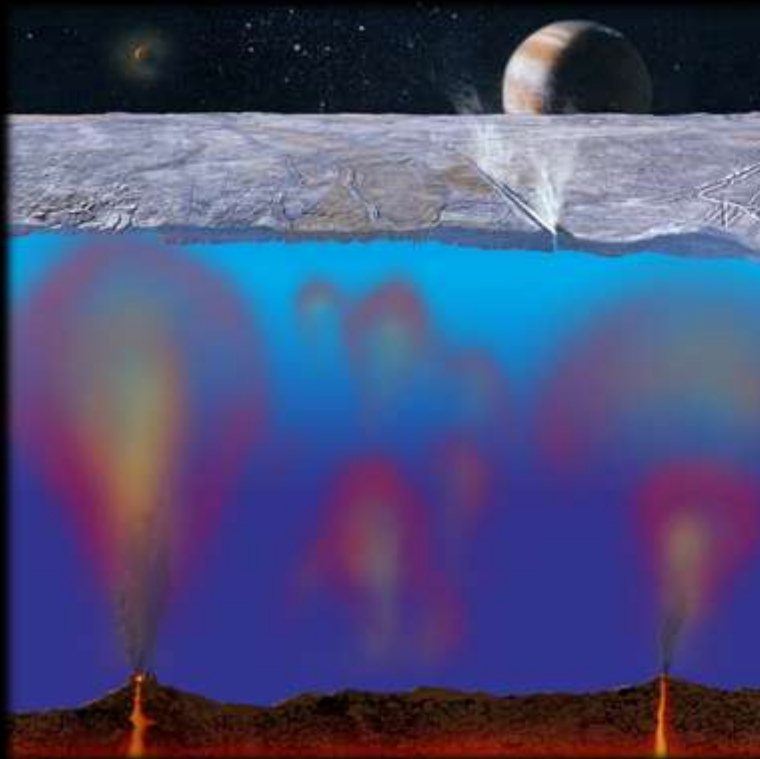
Θερμοκρασία

-171°C

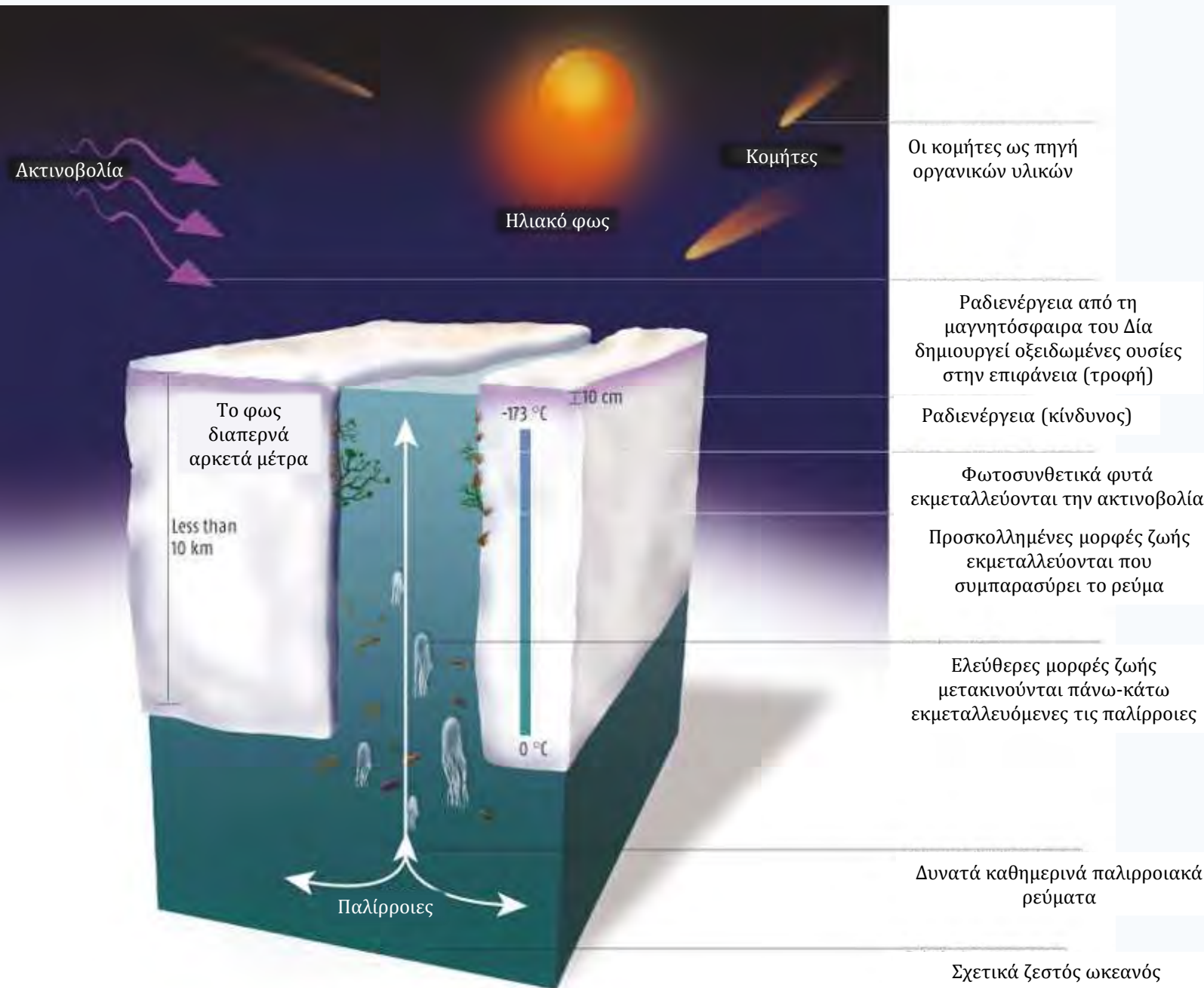
-200°C

Ευρώπη

Εγκέλαδος



Φωτιά και Πάγος : Ακραίοι Κόσμοι

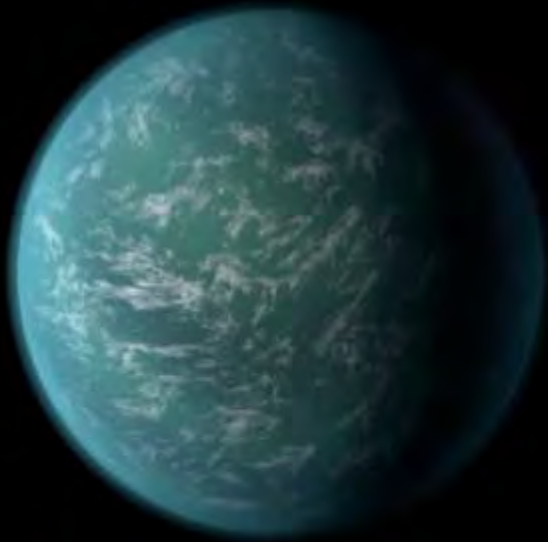


- Πιθανή ύπαρξη υπόγειου **παγκόσμιου ωκεανού** (ίσως 150 km σε βάθος) που αποτελεί το μέσο για την ανάπτυξη ζωής.
- Ισχυρή ακτινοβολία από τη μαγνητόσφαιρα του Δία ιονίζει οξυγονούχα μόρια στην επιφάνεια και παράγει **οξυγόνο** το οποίο ίσως παροχετεύεται κάπως στο εσωτερικό του ωκεανού.
- Πιθανή παρουσία υποθαλάσσιων **ηφαιστειακών φρεατίων** που παρέχουν θρεπτικά συστατικά για οργανισμούς.
- **Θερμότητα** από παγκόσμιες παλιρροιακές εντάσεις και ηφαιστειακή δραστηριότητα.
- Σχισμές στη επιφάνεια είναι ένδειξη έκθεσης της εξωτερικής επιφάνειας στο υδάτινο εσωτερικό περιβάλλον. Υποβοηθούμενη από τις τεράστιες παλίρροιες (ως και 500m) ευνοείται η **ανάμιξη οργανικών ουσιών** της επιφάνειας (κατάλοιπα κομητών, οξυγόνο, ενώσεις θείου, κατάλοιπα φωτοχημικών διεργασιών) με οργανικές ουσίες του υδάτινου περιβάλλοντος (οργανικές ουσίες υδροθερμικών φρεατίων).

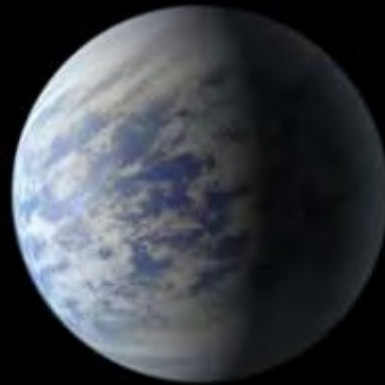
*Kepler Space
Telescope*



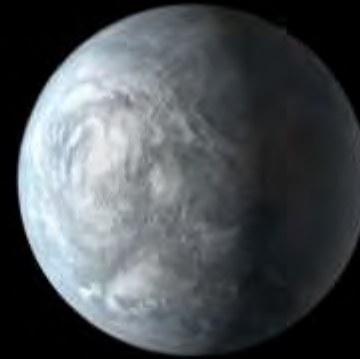
Εξωπλανήτες



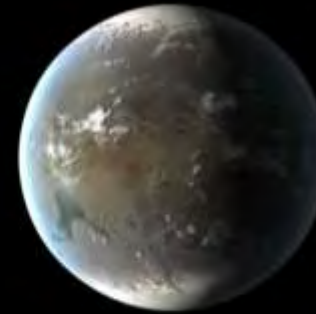
Kepler-22b



Kepler-69c



Kepler-62e



Kepler-62f



Γη



*“Δύο πιθανότητες υπάρχουν : Είτε
είμαστε μόνοι στο Σύμπαν, είτε όχι.
Και οι δύο είναι εξίσου τρομακτικές.”
Arthur C. Clark*

