



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Εξέλιξη του Έμβριου κόσμου- Παλαιοντολογία Ενότητα 4: Πρώτη Ζωή

Δρ. Ηλιόπουλος Γεώργιος
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας

Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να δοθεί η απάντηση στο βασικό ερώτημα για την προέλευση της ζωής στη γη και την εμφάνιση των πρώτων μορφών οργανισμών στον πλανήτη. Με τον τρόπο αυτό ξεκινάει ένα ταξίδι στην μακρά ιστορία της εξέλιξης των διαφόρων οργανισμών στον πλανήτη.



Περιεχόμενα ενότητας

Τι είναι ζωή-Τα απαραίτητα-Παράγοντες που κάνουν τη Γη κατάλληλη για ζωή-Βασική δομή της ζωής στην Γη-Απαραίτητα στοιχεία και συστατικά-DNA & RNA-Σχηματισμός πρωτεϊνών-Η κότα έκανε το αυγό ή το αυγό την κότα?-Προέλευση αμινοξέων- Πείραμα Miller-Urey-Εξωγήινη προέλευση- Εναντιομέρεια-Ένωση αμινοξέων για σχηματισμό πρωτεϊνών- Πρωτεϊνοειδή-Μικροσφαίρες- Που σχηματίστηκε η πρώτη ζωή-Καπνίστρες- Αποδείξεις για την δημιουργία της ζωής σε υποθαλάσσια υδροθερμικά πεδία- Οργανισμοί σε «καπνίστρες»-Η εξέλιξη της πρώτης ζωής- Παρενέργειες της συσσώρευσης οξυγόνου στην ατμόσφαιρα- Προκαρυωτικοί-Ευκαρυωτικοί-Οι παλαιότερες ενδείξεις ζωής-Τα παλαιότερα μικροαπολιθώματα- Οι παλαιότερες ενδείξεις ισοτόπων- Στρωματόλιθοι- Άλλες ενδείξεις- Οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί- Ενδοσυμβίωση.



Η Ζωή στον πλανήτη Γη



Τι είναι ζωή?

- *«ένα αυτοσυντηρούμενο χημικό σύστημα το οποίο είναι ικανό να υφίσταται Δαρβίνια εξέλιξη»*
- (και αυτό από όσο γνωρίζουμε μέχρι τώρα ισχύει μόνο για την ζωή πάνω στην γη)



Τα απαραίτητα

- Οργανικά μόρια για βιολογικές δομές και διεργασίες
- Μία πηγή ενέργειας (ήλιος ή γεωθερμική ενέργεια)
- Νερό σε υγρή μορφή ως το μέσο για την μεταφορά ενέργειας και πληροφορίας



Παράγοντες που κάνουν την Γη κατάλληλη για ζωή

- Η απόσταση από τον ήλιο προκαλεί θερμοκρασίες στο εύρος όπου το νερό παραμένει σε υγρή μορφή.
- Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή για δις έτη.
- Η περιστροφή επιτρέπει σε όλες τις πλευρές της γης να έχουν φως και θερμότητα.
- Η ατμόσφαιρα απορροφά και διατηρεί την θερμότητα από τον ήλιο και αντανακλά τμήμα των επικίνδυνων ακτινοβολιών στο διάστημα.
- Το μαγνητικό πεδίο προστατεύει την ζωή από επικίνδυνα σωματίδια υψηλής ενέργειας και την ακτινοβολία του ηλιακού ανέμου.



Βασική δομή της ζωής στην Γη

- Όλες οι μορφές ζωής βασίζονται στην ίδια ομάδα μοριακών μονάδων και χημικών αντιδράσεων
 - Όλη η ζωή πάνω στη γη βασίζεται στον άνθρακα
 - Τέσσερις τύποι οργανικών μορίων χρησιμοποιούνται κυρίως για τις βιολογικές δομές και διεργασίες
1. Πρωτεΐνες
 2. Νουκλεϊκά οξέα
 3. Υδατάνθρακες
 4. Λιπίδια



Η ζωή απαιτεί τα εξής στοιχεία:

- Άνθρακα
- Υδρογόνο
- Οξυγόνο
- Άζωτο
- Φώσφορο
- Θείο

Όλα αυτά αφθονούν στο ηλιακό σύστημα.



Τα τέσσερα απαραίτητα συστατικά της ζωής

- 1. Πρωτεΐνες** – Αλυσίδες αμινοξέων. Οι πρωτεΐνες είναι τα δομικά υλικά των οργανισμών, και οι καταλύτες των χημικών αντιδράσεων.
- 2. Νουκλεϊκά οξέα** – Τα στοιχεία που μεταφέρουν πληροφορίες και δημιουργούν «αντίγραφα».
 1. DNA
 2. RNA
- 3. Οργανικές ενώσεις φωσφόρου** – Χρησιμοποιούνται για να μετατρέπουν το φως ή το χημικό καύσιμο σε ενέργεια που χρειάζονται για τις δραστηριότητες των κυττάρων
- 4. Κυτταρικές μεμβράνες** για να εσωκλείουν όλα αυτά τα στοιχεία μέσα σε ένα κύτταρο και να τα απομονώνουν από το εξωτερικό περιβάλλον, δημιουργώντας ένα ελεγχόμενο ημιδιαπερατό σύστημα.



DNA

- Δύο μακριές ελλειπτικές αλυσίδες
- Κάθε αλυσίδα αποτελείται από εναλλαγές σακχαριτών, μορίων φωσφορικών οξέων και τέσσερις τύπους βάσεων.

Αδενίνη

Θυμίνη

Γουανίνη

Κυτοσίνη

- Νουκλεοτίδιο = βάση + σακχαρίτης + φωσφορικό οξύ
- Μοναδικό ζευγάρωμα βάσεων των νουκλεοτιδίων

Αδενίνη - Θυμίνη

Γουανίνη - Κυτοσίνη



RNA

- Μία μονή, μακριά αλυσίδα
- Κάθε αλυσίδα αποτελείται από εναλλαγές σακχαριτών, μορίων φωσφορικών οξέων και τέσσερις τύπους βάσεων.

Αδενίνη
Ουρακίλη
Γουανίνη
Κυτοσίνη

- Τρεις βάσεις= κωδικόνιο
- Συνολικός αριθμός κωδικονίων 64

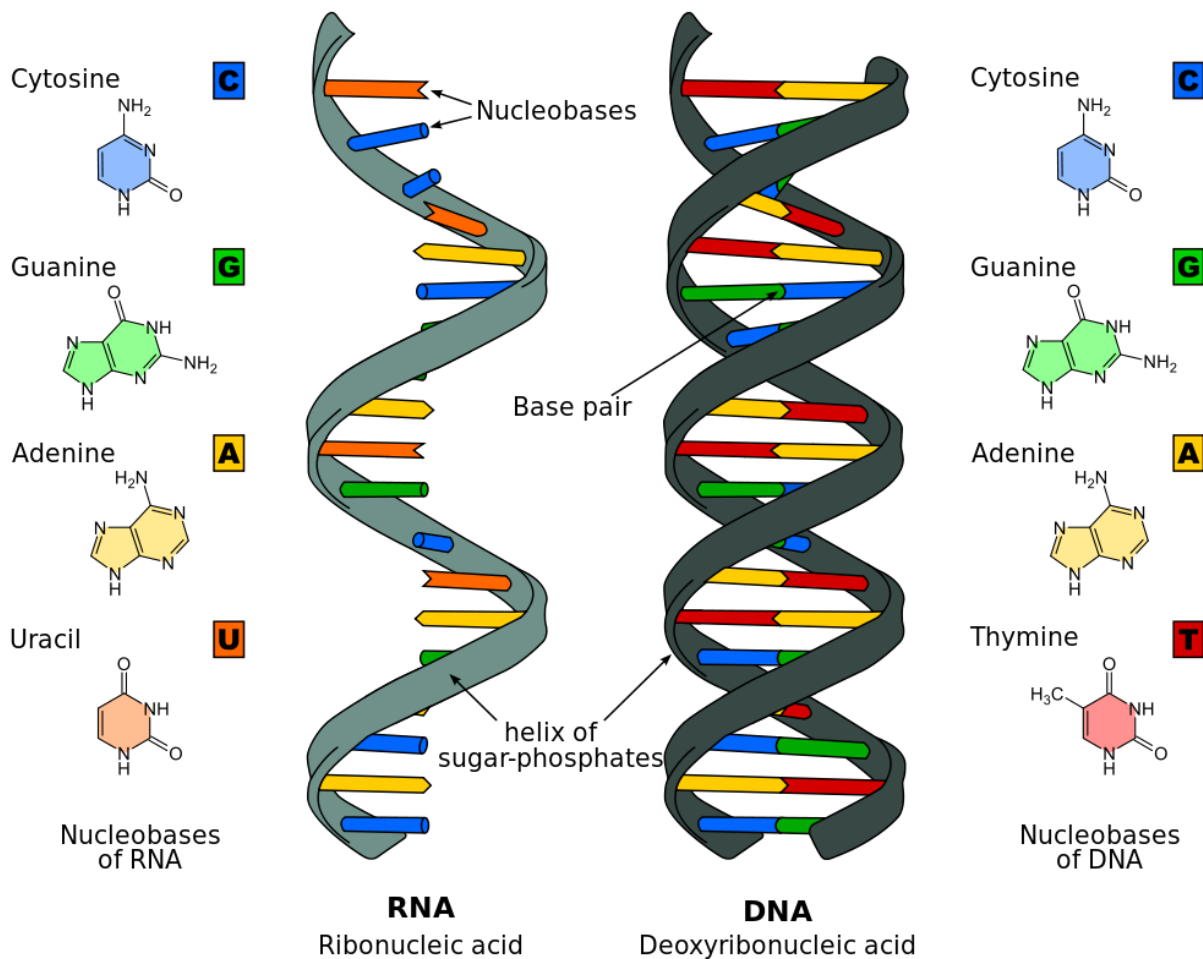


Διαφορές DNA & RNA 1

- a. Ουρακίλη αντί θυμίνης
- b. Διαφορετικού τύπου σακχαρίτης (D-ριβόζη αντί 2-δεοξυ-D-ριβόζη)
- c. Μονή αντί για διπλή αλυσίδα



Διαφορές DNA & RNA 2



Εικ.1: Σύγκριση μεταξύ μονής έλικας (RNA) και διπλής έλικας (DNA) και των αντίστοιχων βάσεων.



Σχηματισμός των πρωτεϊνών

- Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα.
- Η σύνθεση των πρωτεϊνών ελέγχεται από το DNA, μέσω της μεσολάβησης του RNA.
- Ο πολλαπλός ρόλος των μορίων του RNA υποδεικνύει ότι το RNA είχε κεντρική θέση στην γένεση της ζωής πάνω στην γη.
- DNA πολύ εξειδικευμένο ως καταχώρηση της γενετικής πληροφορίας κάθε οργανισμού και συγκεκριμένων δομών στο κύτταρο



Η κότα έκανε το αυγό ή το αυγό την κότα; (1)

Τι σχηματίστηκε πρώτα, το RNA ή το DNA;

- Το DNA είναι ένα επακόλουθο μόριο
 - Όλοι οι οργανισμοί πάνω στην γη χρησιμοποιούν RNA και DNA
 - Είναι η κοινή συνισταμένη όλης της ζωής πάνω στην γη



Η κότα έκανε το αυγό ή το αυγό την κότα; (2)

- Οι πρώτοι οργανισμοί αναπτύχθηκαν σε ένα περιβάλλον με ατμόσφαιρα που είχε ελάχιστο ελεύθερο οξυγόνο. (Orogin, 1924)
- Άρα, οι πρώτοι οργανισμοί θα πρέπει να ήταν αναερόβιοι.
- Τα οργανικά μόρια δεν θα μπορούσαν να συγκροτηθούν σε μεγαλύτερες δομές σε ένα καλά οξυγονωμένο περιβάλλον. Το οξυγόνο θα διασπούσε (οξειδώνει) το οργανικά μόρια.
- Λόγω έλλειψης οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, δεν υπήρχε επίσης και καθόλου όζον (στρώμα όζοντος) για να προστατεύσει την επιφάνεια της γης από την επικίνδυνη και βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία.



Προέλευση των αμινοξέων

α. Γήινη προέλευση

1. Από αστραπές
2. Από υπεριώδη ακτινοβολία

Η ενέργεια από τις αστραπές και την υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να ανασυντάξει τα άτομα σε μείγματα νερού, αμμωνίας και υδρογονάνθρακες και σχηματίζει αμινοξέα.

3. Ηφαιστειακή δραστηριότητα

β. Εξωγήινη προέλευση



Το πείραμα των Miller-Urey

Σε πειράματα προσομοίωσης στην δεκαετία του 1950 οι **Miller και Urey** κατάφεραν να σχηματίσουν αμινοξέα από αέρια που ήταν παρόντα στην πρώτη ατμόσφαιρα:

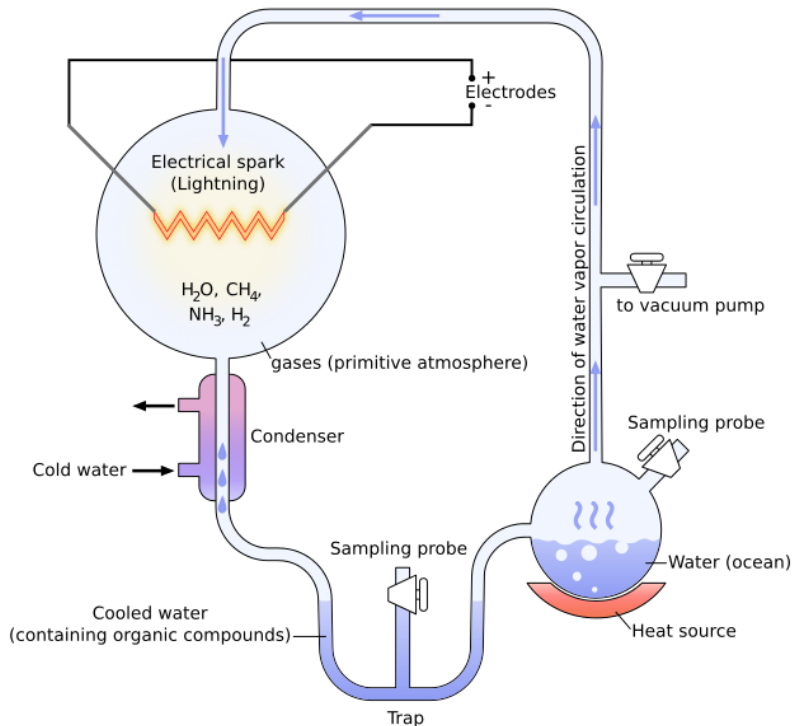
- H_2 ,
- CH_4 ,
- NH_3
- H_2O (σε υδρατμούς),

μαζί με ηλεκτρικούς σπινθήρες (προσομοίωση αστραπή).



Το πείραμα των Miller-Urey (1)

Εικ.2: Το πείραμα



Σε πειράματα προσομοίωσης στην δεκαετία του 1950 οι **Miller και Urey** κατάφεραν να σχηματίσουν αμινοξέα από αέρια που ήταν παρόντα στην πρώτη ατμόσφαιρα:

- H₂,
- CH₄,
- NH₃
- H₂O (σε υδρατμούς),

μαζί με ηλεκτρικούς σπινθήρες (προσομοίωση αστραπή).



Το πείραμα των Miller-Urey (2)

Αυτή είναι η πρώτη φορά που συντέθηκαν αμινοξέα στο εργαστήριο. Δημιουργήθηκε ένα υγρό που περιείχε έναν αριθμό αμινοξέων και άλλων πολύπλοκων οργανικών ενώσεων που συναντάμε στους ζώντες οργανισμούς. Μία κύρια συνθήκη ήταν η **έλλειψη ελεύθερου οξυγόνου**.



Προβλήματα

Τα επόμενα χρόνια όμως διαπιστώθηκαν προβλήματα:

- a. Μοντέλα και γεωχημικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι το CO_2 ήταν το κυρίαρχο αέριο στην πρώτη ατμόσφαιρα
- b. Το μεθάνιο και η αμμωνία ήταν λιγότερα στην αρχική ατμόσφαιρα, άρα και το H λιγότερο.
- c. Το μείγμα αερίων στο πείραμα αρκετά διαφορετικό από την αρχική ατμόσφαιρα.



Εξωγήινη προέλευση

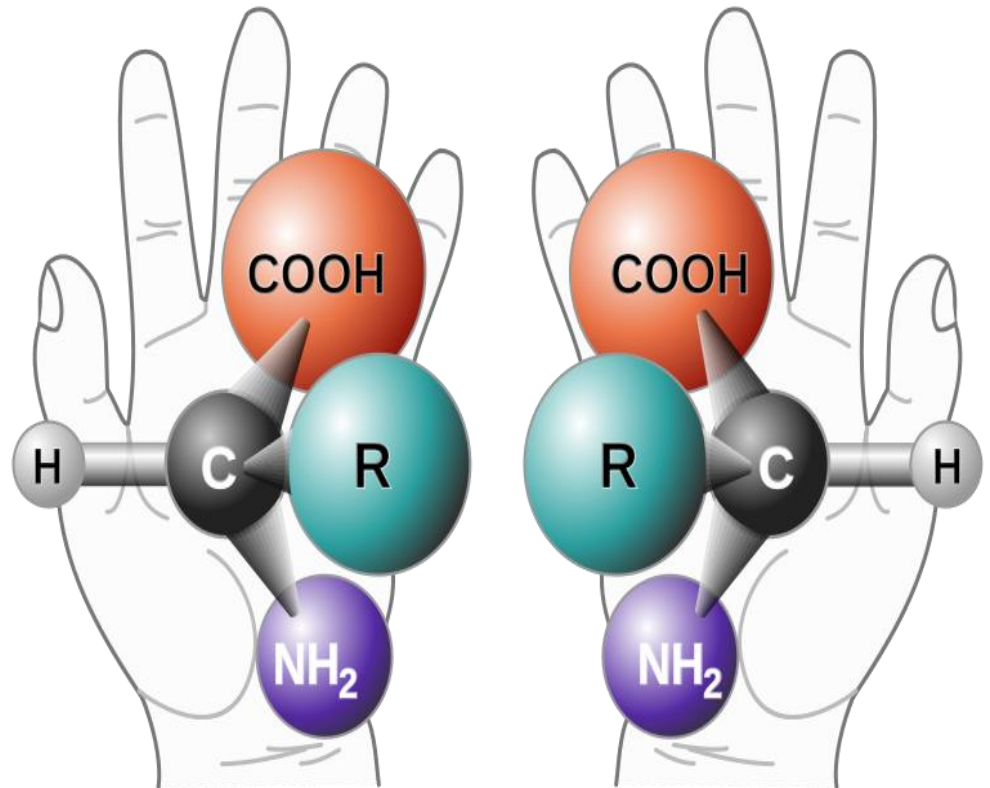
- Κομήτες, μετεωρίτες (ανθρακούχοι χονδρίτες), και αστρική σκόνη περιέχουν οργανικά μόρια και αμινοξέα.
- Π.χ. Ο μετεωρίτης του Murchison. Έπεσε το 1969 στο Murchison της Αυστραλίας. Ανθρακούχος χονδρίτης (ενώσεις του άνθρακα 0.5-5%, νερό 12%). Μέχρι σήμερα 92 διαφορετικά αμινοξέα έχουν αναγνωριστεί, από τα οποία μόνο τα 19 βρίσκονται στην γη.
- Πολύ ανάλογη σύσταση έχουν και οι κομήτες
- Προέλευση των κομητών: το νέφος Oort
 - Θεωρία της Πανσπερμίας



Εναντιομέρεια 1

• Τα αμινοξέα όπως και άλλα οργανικά μόρια, έχουν δύο εναντιομερή, δεξιά και αριστερά.

• Η εναντιομέρεια στα βιολογικά μόρια παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργικότητά τους.



Εικ.3: Δύο εναντιομερή ενός αμινοξέος



Εναντιομέρεια 2

- Οι πρωτεΐνες δημιουργούνται από αριστερά εναντιομερή αμινοξέων.
- Τα RNA-DNA χρησιμοποιούν μόνο δεξιά εναντιομερή σακχαριτών.
- Οι οργανισμοί δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν δεξιά εναντιομερή αμινοξέων και αριστερά εναντιομερή σακχαριτών.
- Τα μη βιολογικά αμινοξέα (μετεωρίτες, πειράματα Miller-Urey) χρησιμοποιούν περίπου ίσο μείγμα αριστερών και δεξιών εναντιομερών.
- Πολυμερή όπως οι πρωτεΐνες δεν δείχνουν προτίμηση σε κάποια συγκεκριμένη εναντιομέρεια.
- Έτσι, πως μπόρεσε μία συγκεκριμένη εναντιομέρεια να επιλέχθηκε από την προβιολογική χημεία;



Ένωση αμινοξέων για σχηματισμό πρωτεϊνών

Τα αμινοξέα είναι μονομερή που πρέπει να ενωθούν μαζί για να σχηματίσουν τις πολυμερείς πρωτεΐνες.

Για αυτό χρειάζεται:

- Ενέργεια
- Απομάκρυνση νερού



Μέρη ένωσης αμινοξέων για σχηματισμό πρωτεϊνών

Που μπορεί να γίνει;

- **Στην επιφάνεια αργιλικών σωματιδίων**, που έχουν φορτισμένες επιφάνειες, και στις οποίες πολωμένα μόρια μπορούν να προσαρμοστούν. Μεταλλικά ιόντα σε αργίλους μπορούσαν να συγκεντρώνουν οργανικά μόρια με ορισμένη τάξη, προκαλώντας την στοίχιση τους και την ένωση τους σε αλυσίδες παρόμοιες με των πρωτεϊνών.
- **Στην επιφάνεια σιδηροπυρίτη**, ο οποίος έχει μία θετικά φορτισμένη επιφάνεια στην οποία απλές οργανικές ενώσεις μπορούν να ενωθούν. Ο σχηματισμός σιδηροπυρίτη παράγει ενέργεια που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην ένωση αμινοξέων σε πρωτεΐνες.



Τρόπος ένωσης αμινοξέων για σχηματισμό πρωτεϊνών

Πως μπορεί να γίνει;

1. Με θέρμανση (ηφαιστειακή δραστηριότητα)
2. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες με την παρουσία φωσφορικού οξέως
3. Εξάτμιση
4. Πάγωμα
5. Απομάκρυνση νερού σε αντιδράσεις αφυδάτωσης



Πρωτεϊνοειδή

- Αλυσίδες σαν τις πρωτεΐνες που παράχθηκαν στο εργαστήριο από τον Fox από ένα μείγμα αμινοξέων. Θεωρούνται από πολλούς οι μεταβατικές δομές που οδήγησαν στον σχηματισμό πρωτεϊνών δις χρόνια πριν.
- Παρόμοια πρωτεϊνοειδή βρίσκονται σήμερα στην φύση γύρω από τα ηφαίστεια της Χαβάης.



Μικροσφαίρες-Κοινά χαρακτηριστικά με ζωντανά κύτταρα

Θερμά υδάτινα διαλύματα πρωτεϊνοειδών θα κρυώσουν για να σχηματίσουν μικροσφαίρες, μικροσκοπικές σφαίρες (φυσαλίδες) που έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τα ζωντανά κύτταρα:

- Εξωτερικό τοίχωμα σαν «διαφάνεια» (από λιπίδια)
- Ικανό για ωσμωτική σμίκρυνση και μεγέθυνση
- Χωρισμός σε δύο θυγατρικές μικροσφαίρες
- Συγκέντρωση σε γραμμές για σχηματίσουν ελάσματα όπως κάποια βακτήρια
- Κίνηση των εσωτερικών κομματιών όπως στα ζωντανά



Που σχηματίστηκε η πρώτη ζωή;

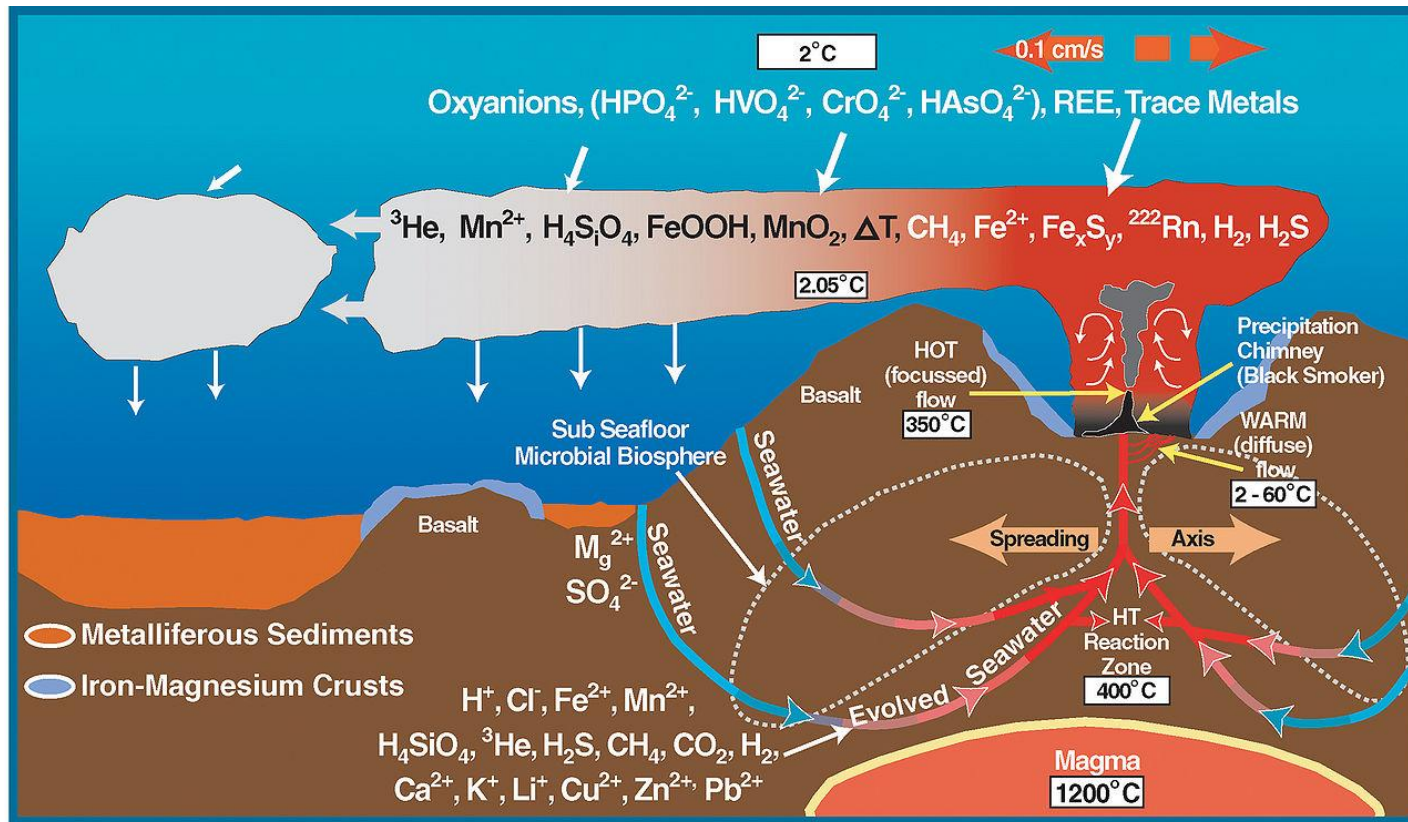
Η πρώτη ζωή απέφυγε την υπεριώδη ακτινοβολία ζώντας:

- Βαθειά κάτω από το νερό
- Κάτω από την επιφάνεια των πετρωμάτων

Η ζωή το πιο πιθανό ξεκίνησε στη θάλασσα, ίσως σε περιοχές όπου σχετίζονταν με υποθαλάσσια υδροθερμικά πεδία και «καπνίστρες».



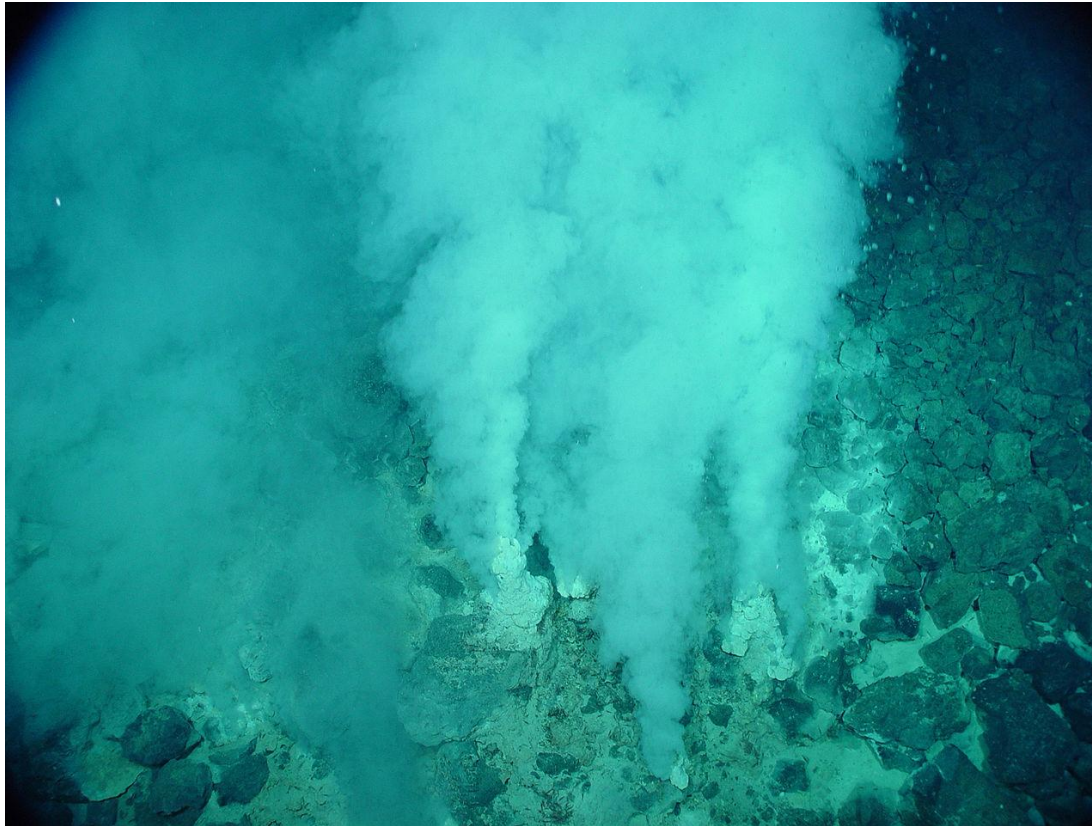
Τρόπος σχηματισμού «καπνίστρων»



Εικ.4: Διάγραμμα βιογεωχημικού κύκλου σε «φλέβες» μάγματος βαθιάς θάλασσας.



«Καπνίστρες»



Εικ.5: «Καπνίστρα» (Champagne vent),
θερμοκρασίες $>100^{\circ}\text{C}$.



Αποδείξεις για δημιουργία της ζωής σε θαλάσσια υδροθερμικά πεδία 1

1. Η θάλασσα περιέχει άλατα που χρειάζονται για υγεία και ανάπτυξη.
2. Το νερό είναι ο παγκόσμιος διαλύτης, ικανό να διαλύει οργανικές ενώσεις, δημιουργώντας ένα πλούσιο «ζωμό» ή πρωταρχική «σούπα».
3. Τα ωκεάνια ρεύματα ανακατεύουν αυτές τις ενώσεις, κάνοντας δυνατές τις συγκρούσεις μεταξύ μορίων, και τον συνδυασμό τους σε μεγαλύτερα οργανικά μόρια.



Αποδείξεις για δημιουργία της ζωής σε θαλάσσια υδροθερμικά πεδία 2

4. Τα μικρόβια στα υδροθερμικά πεδία είναι υπερθερμόφιλα και αναπτύσσονται στο θαλασσινό νερό σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες του σημείου βρασμού (100°C).
5. Αυτά τα μικρόβια παίρνουν ενέργεια από χημειοσύνθεση, χωρίς φως, αντί για φωτοσύνθεση.
6. Τα υπερθερμόφιλα είναι Αρχαιοβακτήρια, με διαφορετικό DNA από τα βακτήρια.



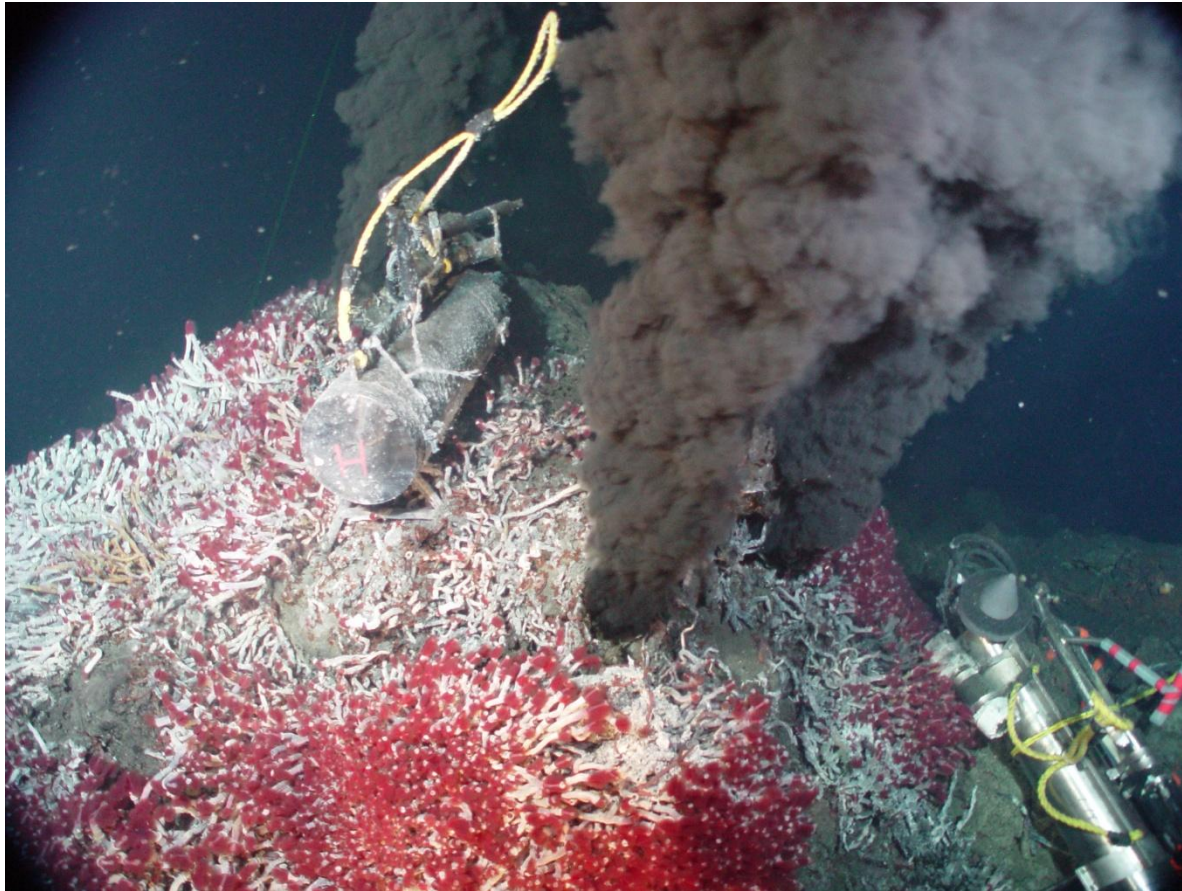
Οργανισμοί σε «καπνίστρες»1



Εικ.6:Μερικές «καπνίστρες» καλύπτονται από πλήθος οργανισμών. Εδώ καβούρια και πολύχαιτοι.



Οργανισμοί σε καπνίστρες» 2



Εικ.7:Μερικές «καπνίστρες» καλύπτονται από πλήθος οργανισμών.Εδώ πολύχαιτοι σκώληκες.



Η εξέλιξη της πρώτης ζωής

- Τα πρώτα κύτταρα έπρεπε να δημιουργηθούν και να υπάρξουν σε ανοξικές συνθήκες (με απουσία ελεύθερου οξυγόνου)
Πιθανότατα ήταν αναερόβια βακτήρια ή αρχαιοβακτήρια.
- Μερικοί από τους πρώτους οργανισμούς έγιναν φωτοσυνθετικοί, πιθανόν λόγω έλλειψης πρώτων υλών για ενέργεια. Έτσι χρησιμοποιώντας την ενέργεια από τον ήλιο κατασκεύασαν τις δικές τους πρώτες ύλες για ενέργεια (**Αυτότροφοι**).
Η φωτοσύνθεση ήταν ένα πλεονέκτημα που έδωσε η προσαρμογή αυτή.
- Το Οξυγόνο ήταν ένα «απόβλητο» (παραπροϊόν) της φωτοσύνθεσης.



«Παρενέργειες» της συσσώρευσης οξυγόνου στην ατμόσφαιρα

1. **Σχηματισμός στρώματος του Όζοντος** που απορροφά την βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία, και προστατεύει τις πρωτόγονες και ευπαθείς μορφές ζωής.
2. **Τέλος στον σχηματισμό στρωμάτων σιδήρου**
3. Οξείδωση του σιδήρου και σχηματισμός των πρώτων κόκκινων στρωμάτων.
4. **Ανάπτυξη αερόβιου μεταβολισμού**. Χρησιμοποιεί το οξυγόνο για να μετατρέψει την τροφή σε ενέργεια.
5. Ανάπτυξη των ευκαρυωτικών κυττάρων , που μπορούσαν να αντέξουν το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα.

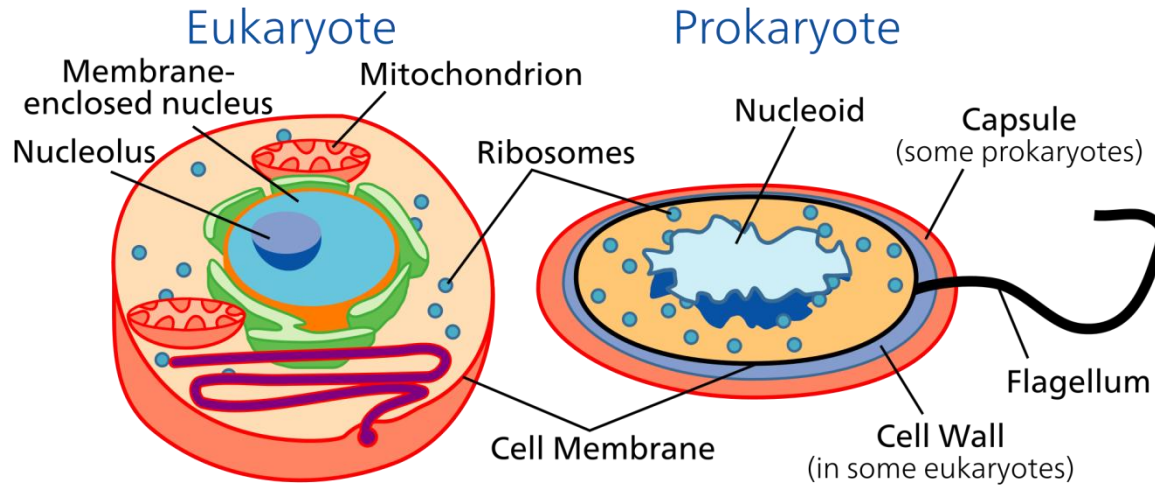


Προκαρυωτικοί-Ευκαρυωτικοί

- **Οι Προκαρυωτικοί** αναπαράγονται ασεξουαλικά με απλή διχοτόμηση του κυττάρου. Αυτό μειώνει την γενετική ποικιλότητα. Έχουν μικρές εξελικτικές αλλαγές για περισσότερα από 2 δις έτη.
- **Οι Ευκαρυωτικοί** αναπαράγονται σεξουαλικά μέσω της ένωσης και έτσι έχουμε συνδυασμό χρωμοσωμάτων από κάθε γονέα που οδηγεί σε γενετική αναδιοργάνωση και αυξημένη ποικιλότητα. Πολλοί καινούργιοι συνδυασμοί. Οδήγησε σε μία δραματική αύξηση στον ρυθμό της εξέλιξης.



Τύποι κυττάρων



Εικ.8: Σύγκριση μεταξύ προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων



Οι παλαιότερες ενδείξεις ζωής

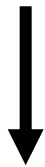
Εμφανίζονται σε **ιζηματογενή πετρώματα του Αρχαϊκού αιώνα.**

- Μικροσκοπικά κύτταρα μικροσκοπικών ευκαρυωτικών οργανισμών.
- Χημικά απολιθώματα
- Στρωματόλιθοι
- Στρωματίδια με φύκη
- Μοριακά απολιθώματα



Τα παλαιότερα μικροαπολιθώματα

- 3.460-3.465 my
- Warrawoona Group, Pilbara Supergroup Δ. Αυστραλία
- Μικροσκοπικά προκαρυωτικά κύτταρα εκπληκτικά προηγμένα.
- Παρόμοια με τα κυανοβακτήρια που ζουν σήμερα, και παράγουν Οξυγόνο.
- Σε στρώμα πυριτόλιθου
- Άρα αν έχουμε κυανοβακτήρια



Η φωτοσύνθεση είχε κιόλας αρχίσει



Οι παλαιότερες ενδείξεις ισοτόπων

- 3860 εκ. έτη
- Γροιλανδία
- Δύο ισότοπα του άνθρακα ^{12}C και ^{13}C
- ^{12}C σχετικά πιο πλούσιος από ^{13}C στα πετρώματα αυτά
- Αυτός ο εμπλουτισμός παρατηρείται κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης
- Άρα, όχι μόνο ζωή αλλά και φωτοσύνθεση



Στρωματόλιθοι-Ορισμός

- Μία οργανο-ιζηματογενής «κατασκευή» φτιαγμένη από φωτοσυνθετικά κυανοβακτήρια ή κυανο-πρασινο-φύκη
- Οι στρωματόλιθοι σχηματίζονται λόγω της δραστηριότητας κυανοβακτηριδίων στην παλιρροιακή ζώνη. Τα κολλώδη ελάσματα φυκών των κυανοβακτηριδίων παγιδεύουν ασβεστιτικά ιζήματα κατά την διάρκεια της υψηλής παλίρροιας.



Παραδείγματα στρωματολίθων



Εικ.9: Στρωματολίθοι του Καμβρίου
(Hoyt limestone, Νέα Υόρκη)



Εικ.10: Σύγχρονοι στρωματολίθοι
(Shark bay, Australia)



Οι παλαιότεροι στρωματολίθοι

- **Πιο πολλοί σε Προτεροζωικά από ότι σε Αρχαϊκά πετρώματα.**
 - Τα παλαιότερα είναι 3.5 b.y. old, Warrawoona Group, Αυστραλία
 - 3 b.y. Pongola Group Νότια Αφρική
 - 2.8 b.y. Bulawayan Group Αυστραλία



Περιβάλλον διαβίωσης

- Οι στρωματόλιθοι είναι σπάνιοι σήμερα γιατί οι οργανισμοί που τους φτιάχνουν τρώγονται από γαστερόποδα ή άλλα ασπόνδυλα.
- Επιβιώνουν μόνο σε περιβάλλοντα με μεγάλη αλατότητα τα οποία είναι ακατάλληλα για τα περισσότερα φυτοφάγα ασπόνδυλα.
- Η μείωση των στρωματόλιθων σχετίζεται με την σταδιακή εμφάνιση νέων ομάδων ασπόνδυλων στον Ανώτερο Προτεροζωικό και τον Κατώτερο Παλαιοζωικό.



Άλλες ενδείξεις

- **Ελασματοειδή φύκη**
Προκαρυωτικοί οργανισμοί διατηρημένοι σε στρωματόλιθους.
Στο North Pole, Δυτική Αυστραλία.
3.4-3.5 δις έτη.
- **Σφαιροειδής βακτηριακές δομές**
Σε πετρώματα της Νοτίου Αφρικής (πυριτόλιθοι, σχιστόλιθοι, σιδηρόλιθοι, ψαμμίτες).
Προκαρυωτικά κύτταρα με πιθανή διαίρεση κυττάρων.
3.0 - 3.1 δις έτη.
- **Μοριακά απολιθώματα**
Διατηρημένα οργανικά μόρια που μόνο τα ευκαρυωτικά κύτταρα τα παράγουν. Έμμεσες ενδείξεις ευκαρυωτικών οργανισμών.



Οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί

- Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί εξαπλώθηκαν περίπου την ίδια εποχή που τα στρώματα σιδήρου εξαφανίστηκαν και τα κόκκινα στρώματα εμφανίστηκαν.
- Η προέλευση των ευκαρυωτικών οργανισμών γύρω στα 2.7 δις έτη, βασίζεται σε μοριακά απολιθώματα, σε μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους (Νοτιοδυτική Αυστραλία).
- Μερικοί από τους πρώτους ευκαρυωτικούς οργανισμούς ήταν μονοκύτταροι φυτοπλανκτονικοί (ακρίταρχα), πρώτιστα και φύκη.
- Το αρχείο των απολιθωμάτων υποδεικνύει ότι η φωτοσυνθετική γραμμή σχημάτισε τον Πρωτεροζωϊκό κορμό του ευκαρυωτικού δέντρου.



Grypania

- Υπάρχουν λίγα στοιχεία για πολυκύτταρους οργανισμούς
- Πιθανότατα ο πρώτος πολυκύτταρος οργανισμός ήταν η *Grypania* που έμοιαζε με κορδέλα και βρέθηκε σε ανθρακικά πετρώματα ηλικίας 2.1 δις ετών από το Michigan
- Παρόμοια δείγματα σε Κίνα, Ινδία, Καναδά.
- Οι κορδέλες της *Grypania*, έχουν πλάτος 2 mm, μήκος 5-15 cm διατηρημένες σε χαλαρές περιστροφές με διάμετρο 0,5- 2,5 cm.
- Κυτταρικές δομές δεν διατηρήθηκαν.
- Λόγω του μεγέθους, σχήματος, και διατήρησης πιθανότατα πρόκειται για πολυκύτταρο ευκαρυωτικό φύκος.



Grypania spiralis



Εικ.11: Κορδέλες *Grypania spiralis* (UP, Michigan, USA)



Πολυκύτταροι οργανισμοί, 2,1by, Γκαμπόν



Εικ.12: Πρώτη μορφή
πολυκύτταρου οργανισμού



Εικ.13: Μήκους 12cm πολυκύτταρος
οργανισμός (πρώτη μορφή).

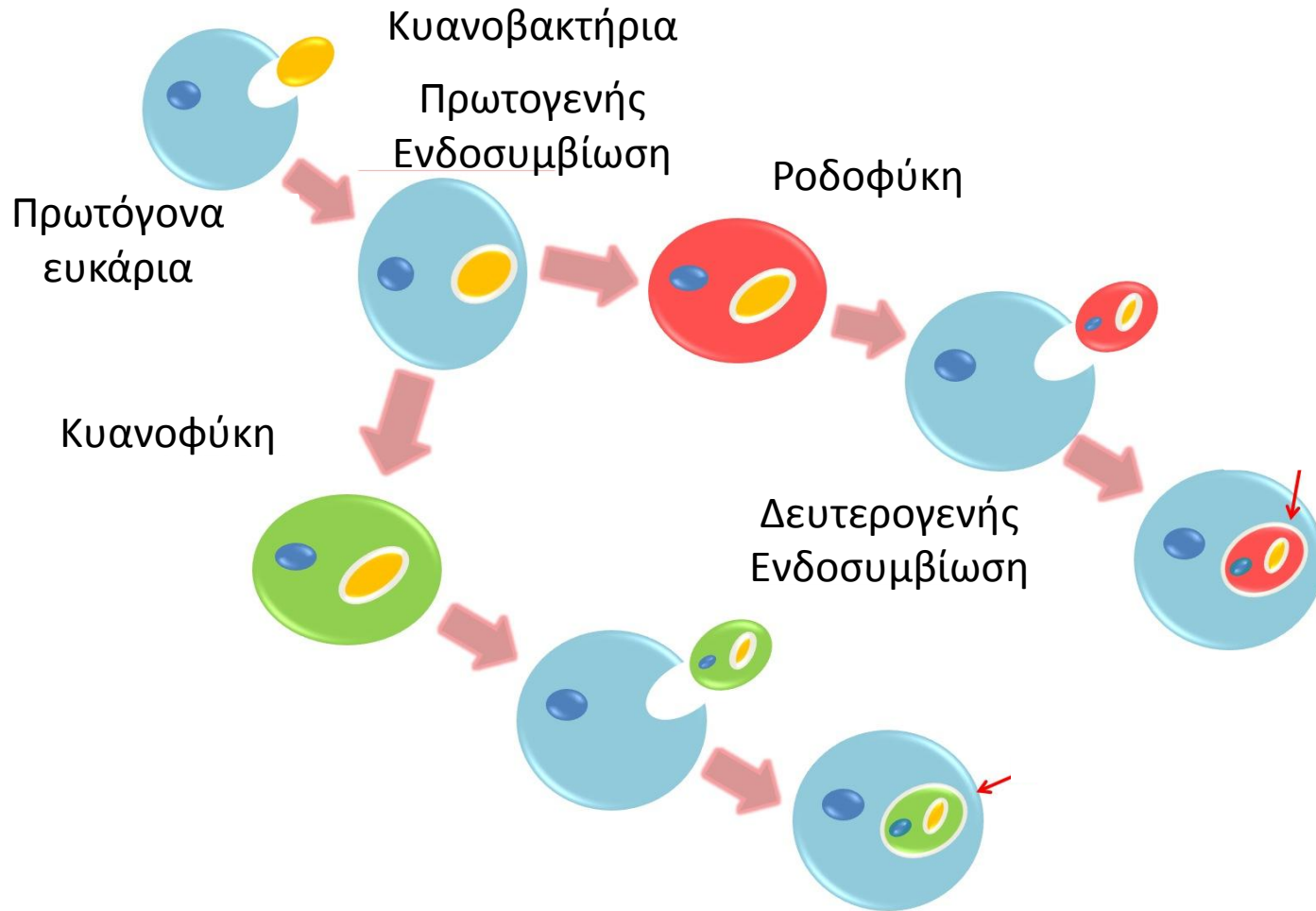


Ενδοσυμβίωση

- Δις έτη πριν, πολλά προκαρυωτικά κύτταρα βρέθηκαν να ζουν μαζί συμβιωτικά μέσα σε ένα κύτταρο για προστασία και προσαρμογή από ένα οξυγονωμένο περιβάλλον.
- Αυτά τα προκαρυωτικά κύτταρα έγιναν οργανίδια.
- Αποδεικτικό στοιχείο για αυτό αποτελεί και το γεγονός ότι τα μιτοχόνδρια έχουν το δικό τους DNA.
- Πχ. – ένα κύτταρο οικοδεσπότης (αναερόβιο με ζύμωση) + αεροβικό οργανίδιο (μιτοχόνδριο) + συν οργανίδιο σαν σπειροχαίτη (μαστίγιο για κίνηση).



Ενδοσυμβίωση σε φύκη



Εικ.14: Περιγραφή της προέλευσης της ενδοσυμβίωσης σε φωτοσυνθετικά ευκάρια.



Ευκαρυωτικοί οργανισμοί

Η εμφάνισή τους οδήγησε στη δραματική αύξηση του ρυθμού της εξέλιξης και ήταν τελικά υπεύθυνη για την εμφάνιση πολύπλοκων πολυκύτταρων οργανισμών.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Ηλιόπουλος Γεώργιος, 2015.. «Εξέλιξη του Έμβριου κόσμου-Παλαιοντολογία, Ενότητα 4: Πρώτη Ζωή». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO326/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 1: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difference_DNA_RNA-EN.svg?uselang=zh-hk

Εικόνα 2:

http://en.wikipedia.org/wiki/Miller%E2%80%93Urey_experiment#/media/File:Miller-Urey_experiment-en.svg

Εικόνα 3:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_\(chemistry\)#/media/File:Chirality_with_hands.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_(chemistry)#/media/File:Chirality_with_hands.svg)

Εικόνα 4:

http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrothermal_vent#/media/File:Deep_sea_vent_chemistry_diagram.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 5:

http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrothermal_vent#/media/File:Champagne_vent_white_smokers.jpg

Εικόνα 6:

http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrothermal_vent#/media/File:Dense_mass_of_anomuran_crab_Kiwa_around_deep-sea_hydrothermal_vent.jpg

Εικόνα 7: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sully_Vent.jpg

Εικόνα 8:

http://en.wikibooks.org/wiki/Structural_Biochemistry/Prokaryotes_and_Eukaryotes#/media/File:Celltypes.svg

Εικόνα 9:

http://en.wikipedia.org/wiki/Stromatolite#/media/File:Stromatolites_hoyt_mcr1.JPG



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 10:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Stromatolite#/media/File:Stromatolites in Sharkbay.jpg>

Εικόνα 11:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grypania spiralis, Empire Mine near Ishpeming MI.jpg>

Εικόνα 12:

http://en.wikipedia.org/wiki/Francevillian_biota#/media/File:Gabonionta I.jpg

Εικόνα 13:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Gabonionta II.jpg>

Εικόνα 14: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endosimbiosis.jpg>

