



# Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών

Ενότητα 3: Οι απαρχές του Έμβριου Κόσμου

Δημήτριος Κωστόπουλος  
Αναπληρωτής Καθηγητής Γεωλογίας, Α.Π.Θ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





# Οι απαρχές του έμβριου κόσμου



Εικόνα 12. *Yunnanozoon lividum*

Απ' τη δημιουργία της Γης στους πρώτους  
Σπονδυλωτούς



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Περιεχόμενα ενότητας

- Οι απαρχές του Έμβιου Κόσμου.
- Γεωλογικός χρόνος και δημιουργία της Γης.
- Προκάμβριο.
- Προέλευση της ζωής.
- Ευκαρυωτικοί οργανισμοί (φυτά- ζώα).
- Η έκρηξη του Καμβρίου
- Προς τους σπονδυλωτούς οργανισμούς.

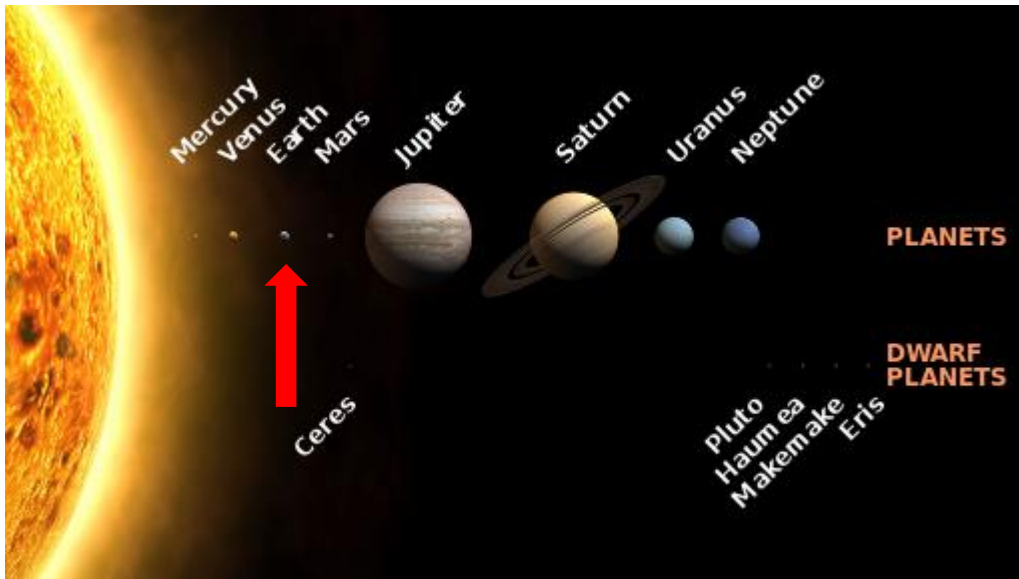


# Σκοποί ενότητας

- Η διάκριση ανάμεσα σε επιστημονικές και μη θεωρήσεις για τη δημιουργία της Ζωής
- Η αναγνώριση των βασικών υποθέσεων και μηχανισμών για τη δημιουργία της Γης και της Ζωής
- Η διερεύνηση των παραγόντων και προσαρμοστικών μηχανισμών που οδηγούν στην εμφάνιση των χορδωτών οργανισμών
- Η αναγνώριση του αντίστοιχου αρχείου των απολιθωμάτων



# Η ηλικία της Γης



4.56 By με βάση  
ραδιοχρονολογήσεις σε  
4.560.000.000

Εικόνα 1. Η Γη στο ηλιακό σύστημα





# Πρώτα στερεά

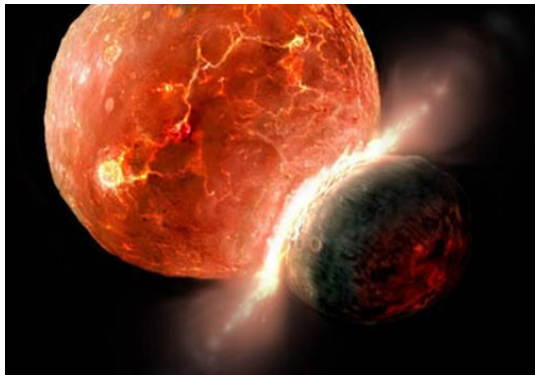


**Εικόνα 2.** Κρύσταλλοι ζirkονίου στο Jack Hills



**Εικόνα 3.** Γεωγραφικός προσδιορισμός του Jack Hills

Κρύσταλλοι Ζirkονίου:  
4,404 Δις



**Εικόνα 4.** Σεληνιακά Δείγματα:  
4,527Δις



**Εικόνα 5.** CaAl εγκλείσματα μετεωριτών

Αντιπροσωπεύουν τα  
πρώτα στερεά των  
πρωτο-πλανητοειδών  
4,567-4,571 Δις





# 4.570.000.000= 1 έτος (365 ημέρες)

January							February							March						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
	1	2	3	4	5	6				1	2	3				1	2	3		
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24
28	29	30	31	25	26	27	28	25	26	27	28	29	30	31						

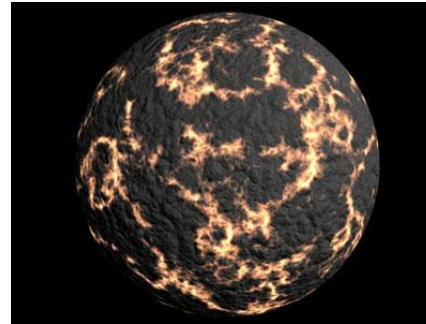
April							May							June						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5						1	2		
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
29	30	27	28	29	30	31	24	25	26	27	28	29	30							

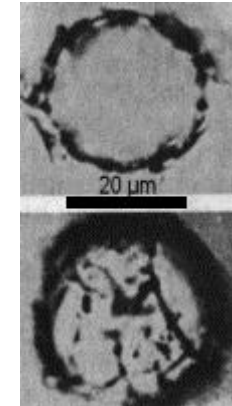
July							August							September						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4							1
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
29	30	31	26	27	28	29	30	31	23	24	25	26	27	28	29	30				

October							November							December						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
	1	2	3	4	5	6					1	2	3							1
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22
28	29	30	31	25	26	27	28	29	30	23	24	25	26	27	28	29	30	31		



Εικόνα 6. Πρώιμη Γη



Εικόνα 7. Eobacterium isolatum και Archaeophaeroides barbertonensis



Εικόνα 8. Tyrannosaurus rex

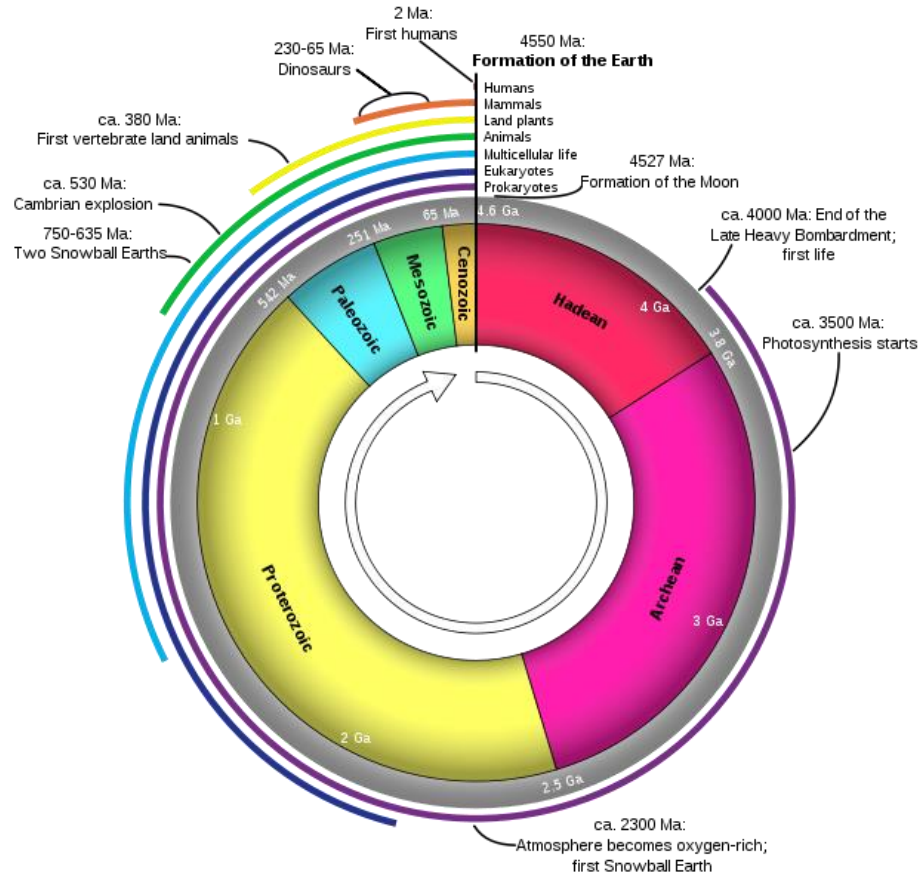


Εικόνα 9. Εμφάνιση εντόμων





# Προκάμβριο



7/8 της ηλικίας της Γης  
(ως 18 Νοεμβρίου)



Εικόνα 11. «Γεωλογικό ρολόι»

# Αλλαγές στη Γη...

... σημαίνει αλλαγές στη Ζωή.

**Προκάμβριο:** Παράδειγμα της ταυτόχρονης εξέλιξης της Γης και της Ζωής

**Πέτρωμα**= κλειδί στην κατανόηση της Εξέλιξης της Ζωής



# Ορισμός

**ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ:** «πριν από το Κάμβριο»  
(*Precambrian*)

Δηλώνεται γενικά το χρονικό διάστημα πριν από τον Φανεροζωϊκό αιώνα, δηλαδή >541 εκ. έ. (κ.α.570)

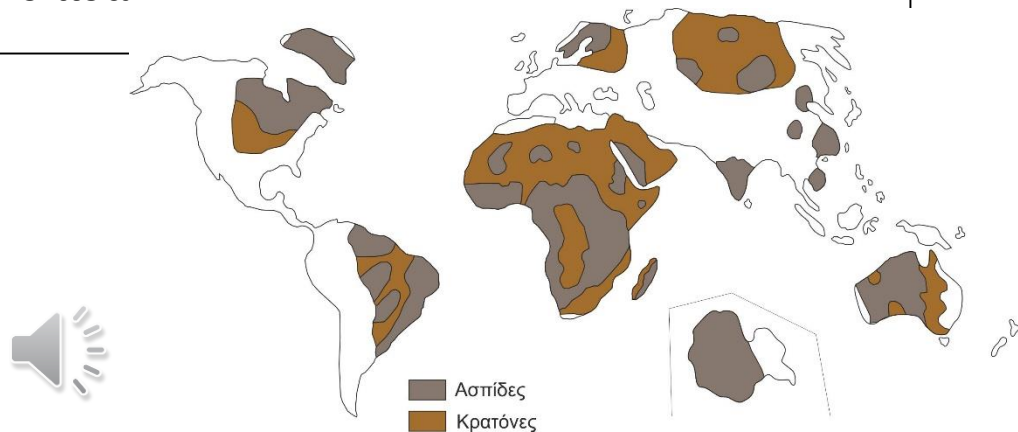
Ξεκινά με τη δημιουργία της Γης και τελειώνει με την εμφάνιση των πρώτων σύνθετων πανίδων με απολιθώματα σκελετικών μερών.



# Οι δυσκολίες μελέτης του Προκάμβριου

- Πετρώματα ελάχιστα εκτεθειμένα στην επιφάνεια και συνήθως διαβρωμένα ή μεταμορφωμένα.
- Απολιθώματα σπάνια, μικροσκοπικά και ευαίσθητα στις μεταβολές των πετρωμάτων.

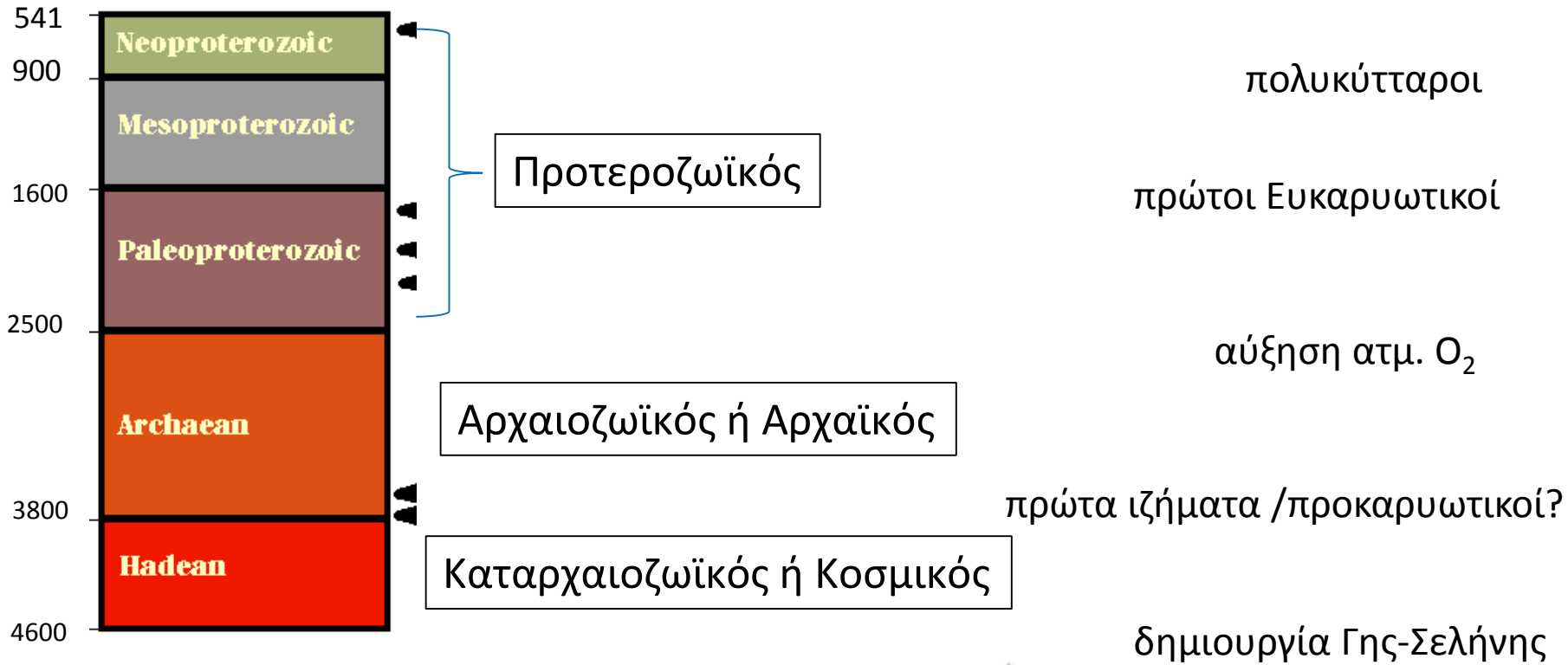
Οι περισσότερες πληροφορίες προέρχονται από μεγάλα τεμάχια ηπείρων του Προκάμβριου, τα οποία δεν παραμορφώθηκαν/ μεταμορφώθηκαν= κρατόνες (cratons). Όταν οι κρατόνες εμφανίζονται στην επιφάνεια ονομάζονται ασπίδες (shields), π.χ. Καναδική Ασπίδα.



**Εικόνα 13.** Ασπίδες & Κρατόνες του Προκάμβριου



# Υποδιαίρεση του Προκάμβριου



Εικόνα 14. Προκάμβριο

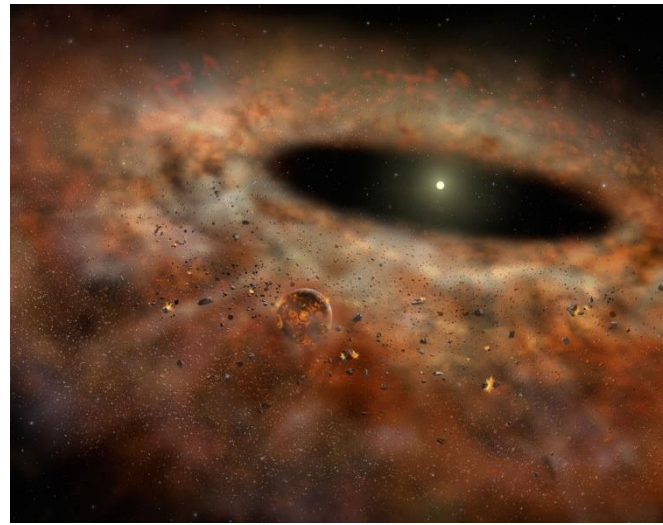




# Έκρηξη Υπερκαινοφανούς (supernova) Αστέρων –δημιουργία Πρωτοπλανητικού Δίσκου



*Εικόνα 15. Δημιουργία Πρωτοπλανητικού Δίσκου στον Αστερισμό του Ωρίωνα*



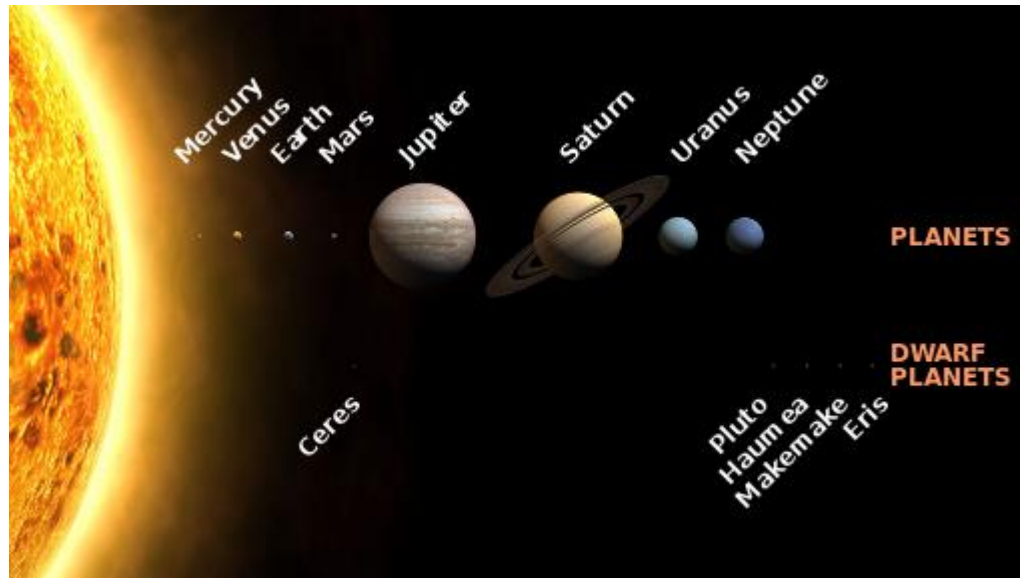
*Εικόνα 17. Φαινόμενο της Επαύξεσης των Πλανητών*

*Εικόνα 16. Πρωτοπλανητικός δίσκος*



# Ηλιακό Σύστημα

- Ως Ηλιακό Σύστημα θεωρούμε τον Ήλιο και όλα τα αντικείμενα που συγκρατούνται σε τροχιά γύρω του χάρη στη βαρύτητα .
- Σχηματίστηκαν όλα πριν 4,6 δις έτη σε ένα γιγάντιο μοριακό νέφος.



*Εικόνα 18. Το ηλιακό σύστημα*

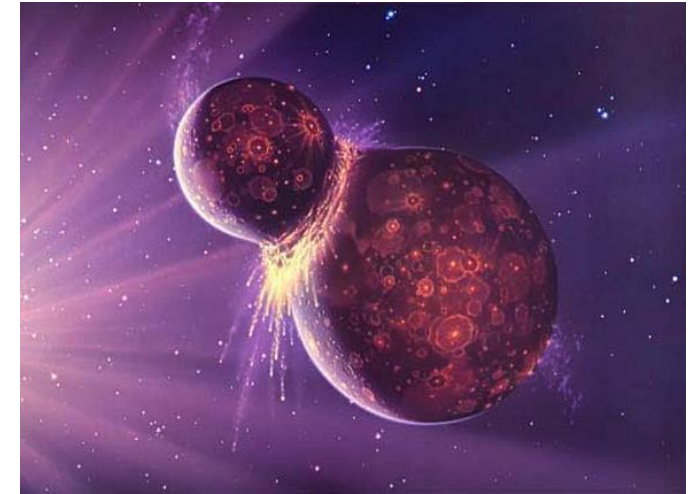


# Καταρχαιοζωϊκός (Hadean) μεγαίων (4.6-3.8 By)

*from liquid to solid...*

Δεν πρόκειται για μια «αυστηρά» γεωλογική περίοδο, καθώς δεν υπάρχουν πετρώματα.

- Δημιουργία Σελήνης.
- Σταδιακή ψύξη της Γης και διαστρωμάτωση σε Πυρήνα, Μανδύα και Φλοιό-πρωτόηπειροι.
- Βομβαρδισμός αστεροειδών-3.9Ga.
- Έναρξη ηφαιστειακής δράσης.
- Πρώτη ατμόσφαιρα (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, μεθάνιο, αμμωνία).
- Έκλυση υδρατμών/κοσμικό νερό, δημιουργία ωκεανών.



**Εικόνα 19.** Δημιουργία της Σελήνης

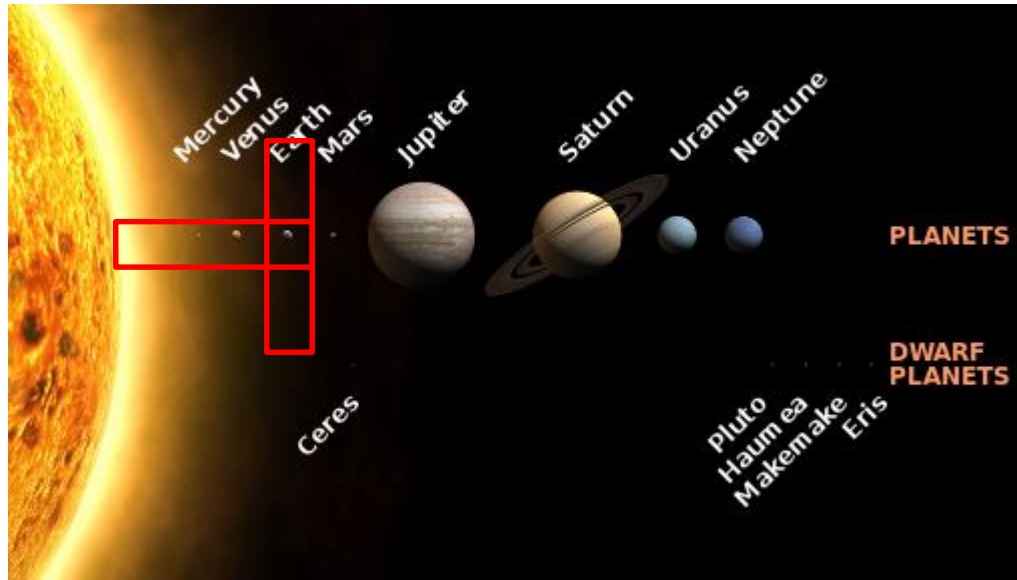


# Η αρχέγονη «σούπα»

- Μετεωριτικό νερό
- Υδρατμοί από εσωτερικό
- Απουσία Οξυγόνου
- Υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων ορυκτών, αλάτων, σουλφιδίων, νιτρικών
- Ηλεκτρικές κενώσεις/υπεριώδης
- Επίδραση CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, μεθάνιο, αμμωνία, σουλφίδια ατμόσφαιρας



# Γιατί Ζωή μόνο στη Γη



Εικόνα 20



# Οι θεωρίες για τη δημιουργία της Ζωής (1/2)

## Πώς;

- Υπερφυσική: δεν αποτελεί αντικείμενο επιστημονικής σκέψης: θεογονίες/κοσμογονίες
- Εξωγήινη: 1969 μετεωρίτης της Allende-Mexico που περιείχε αμινοξέα/ 1996 Μετεωρίτης από Άρη με πιθανά απολιθώματα (;) – Πανσπερμία
- Οργανοχημική: 1922 Oparin, 1950 Miller & Urey (Χημική εξέλιξη) ΑΒΙΟΓΕΝΕΣΗ



# Οι θεωρίες για τη δημιουργία της Ζωής (2/2)

## Πού;

- Ωκεανό- μεσοωκεάνιες τάφρους-Υδροθερμικές Πηγές
- Ψυχρές ηφαιστειακές λαγούνες





# Συνταγολόγιο

«Σπιτικοί σχεδόν οργανισμοί»

Υλικά:

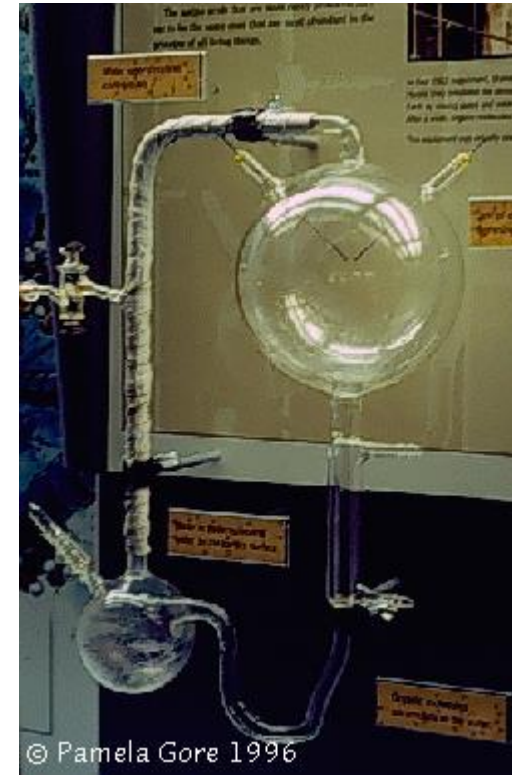
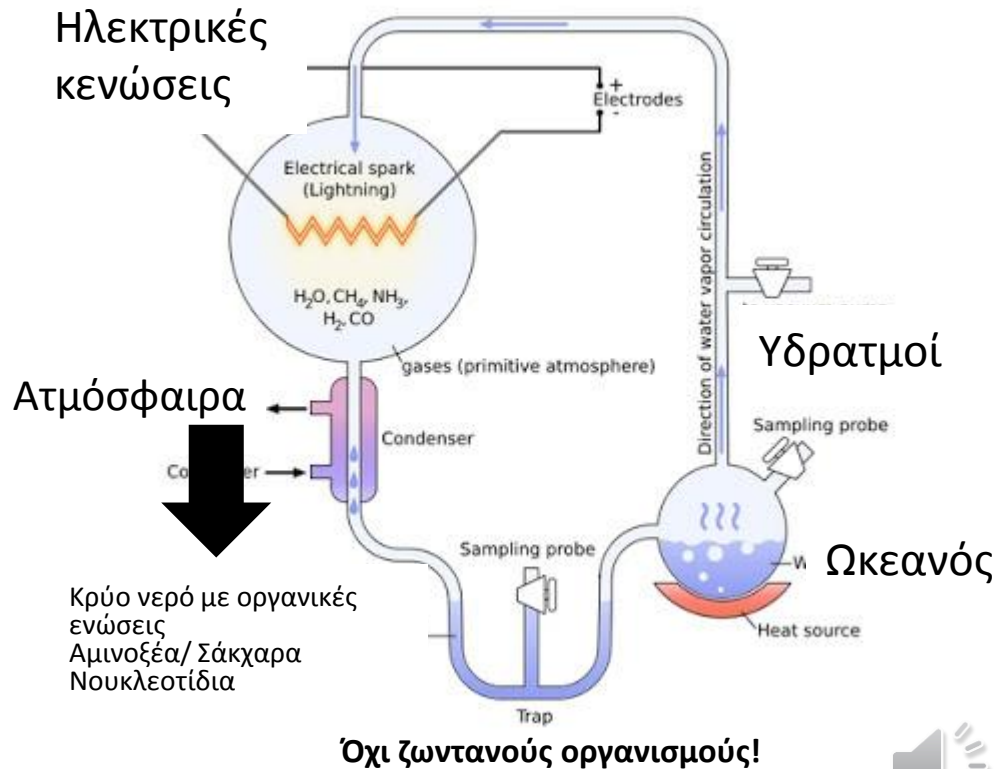
- ✓ Νερό πλούσιο σε άλατα, χλωρίδια, σουλφίδια (βλ. βάση για αρχέγονη σούπα)
- ✓ «αέρα» πλούσιο σε αμμωνία, μεθάνιο, Η και υδρατμούς
- ✓ Ηλιακή- κοσμική ακτινοβολία & Φως
- ✓ Θερμότητα & Ηλεκτρισμός (κενώσεις)



Ψήνετε επαναλαμβανόμενα κατά προτίμηση σε μία συσκευή Miller & Urey!



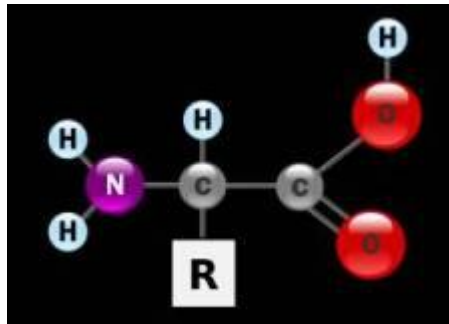
# Το πείραμα των Miller & Urey (1953)



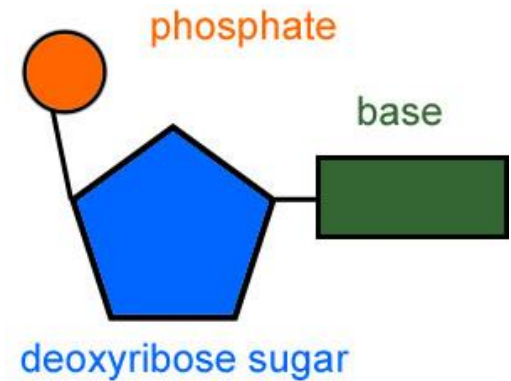
Εικόνα 22. Συσκευή Miller & Urey

Εικόνα 21. Το πείραμα Miller & Urey

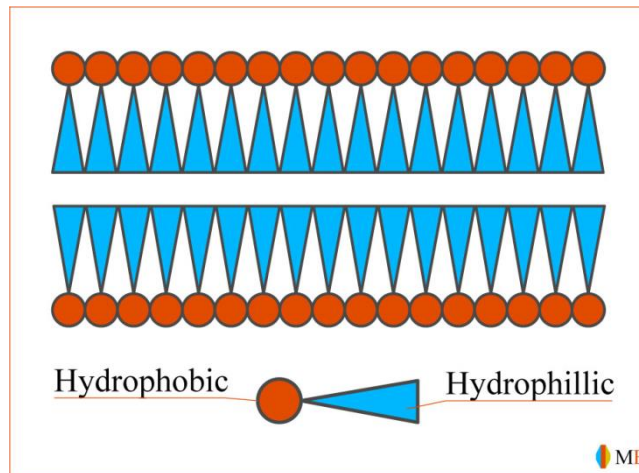
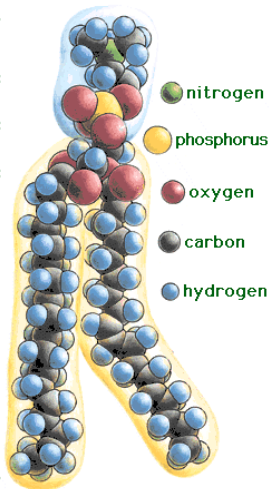
# Αμινοξέα, Νουκλεϊκά Οξέα, Λιπίδια



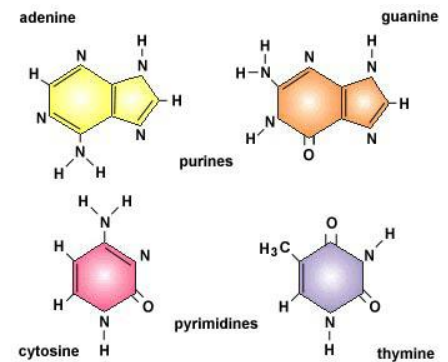
Εικόνα 23. Πρωτεΐνες



© scienceaid.co.uk



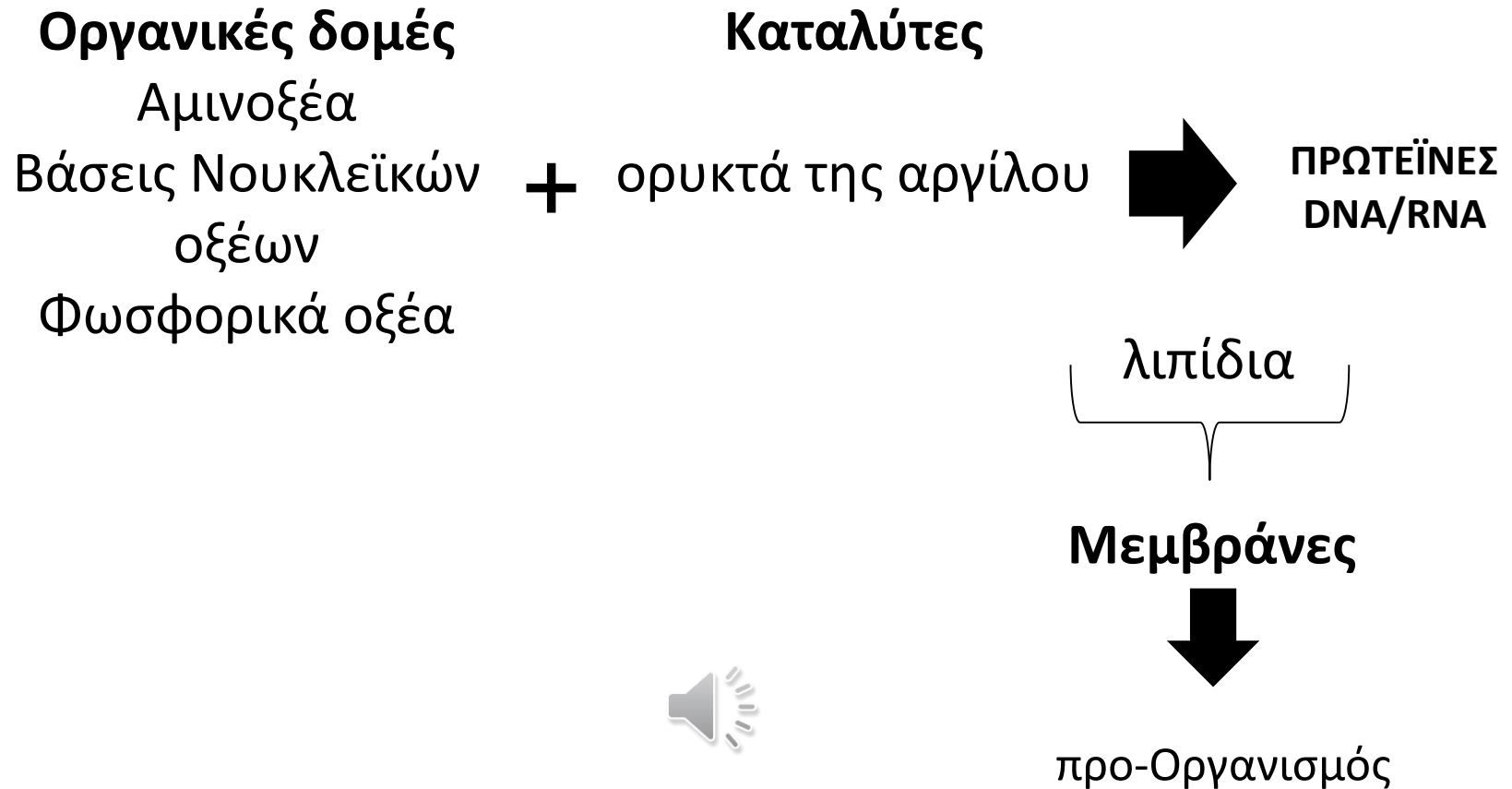
Εικόνες 24-25. Μembrάνες



Εικόνες 26-27. RNA- DNA



# Η Εξίσωση της Ζωής



# Προαπαιτούμενα οργανισμού

1. Να έχει ένα όριο με το περιβάλλον (μεμβράνη).
2. Να περιέχει οδηγίες για τη δομή και τη λειτουργία του.
3. Να αναπαράγεται.
4. Να αντιδρά με το περιβάλλον (συμπεριφορά).
5. Να παράγει ενέργεια για τη διατήρησή του (μεταβολισμός).



***RNA world: RNA ένζυμο + RNA γονίδιο + μεμβράνη  
Λιπιδίων = πρωτοκύτταρο , χημοαυτότροφο, ανα-  
παραγόμενο, αναπτυσσόμενο => φυσική επιλογή***



# Αρχαιοζωϊκός Αιών (Archaean) (3.8-2.5 Ga)

## Παλαιότερο ίζημα:

Ishua SuperGroup, Γροιλανδία, 3.8 Ga

Arctic Canada, 3.96 Ga

## Παλαιότερα απολιθώματα:

3.5 Ga Warrawoona Series-North Pole, NW

Αυστραλία

3.2-3.4 Ga Fig Tree Fm, N. Αφρική

3.2-3.7 Ga Onverwacht series, N. Αφρική

## Archaea, Κυανοβακτήρια

μονοκύτταροι-προκαρυωτικοί

## Στρωματόλιθοι

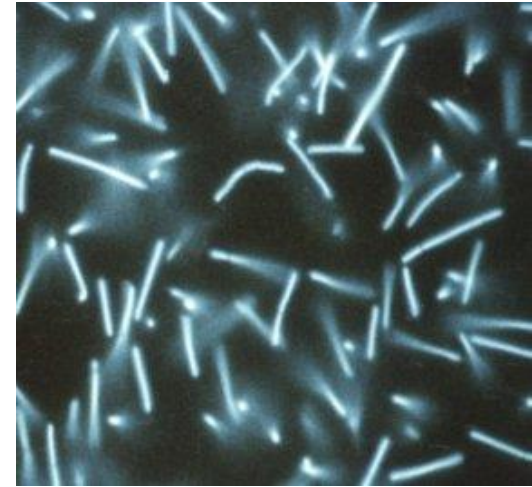


# Φωτοσυνθετικά – Φωτότροφα/Ετερότροφα

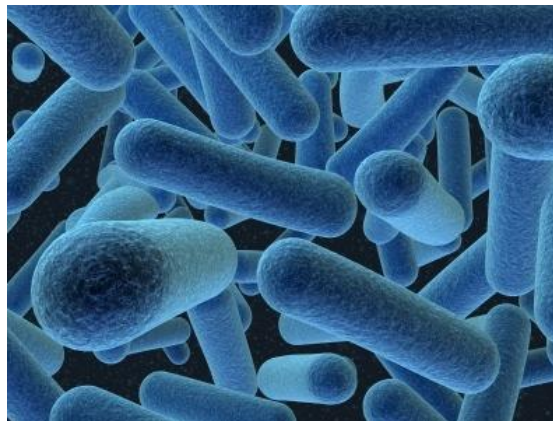


**Cyanobacteria** 40  $\mu\text{m}$

*Εικόνα 28. Cyanobacteria*



*Εικόνα 29. Archaea*

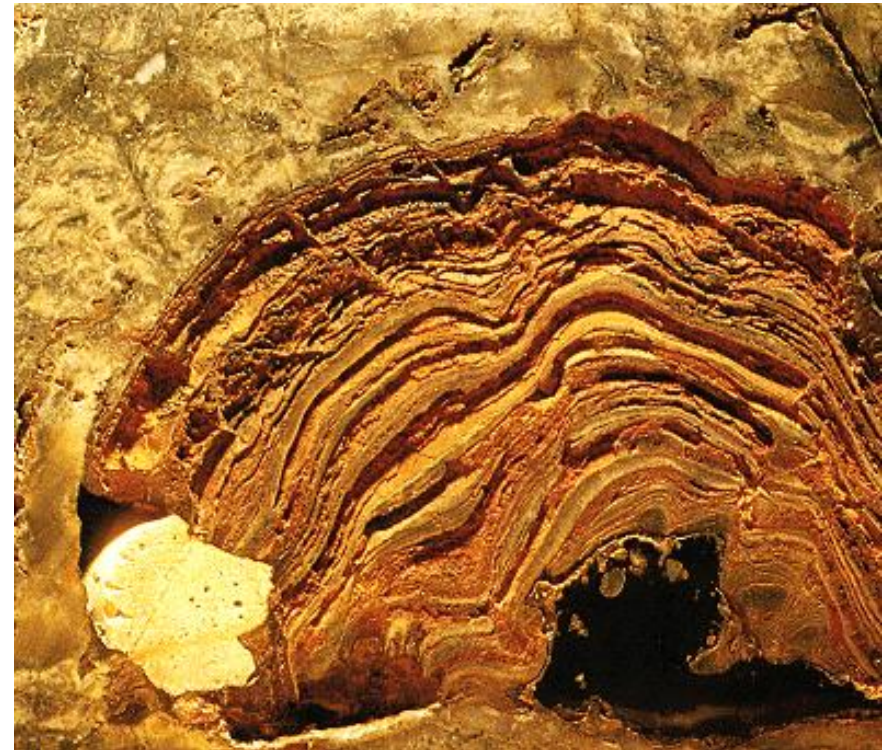
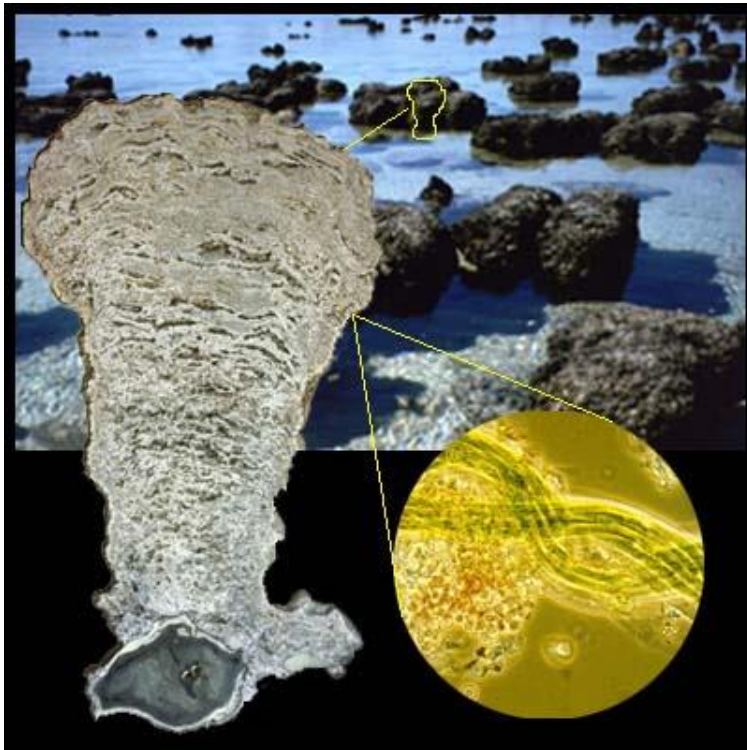


*Εικόνα 30. Βακτήρια*



# Στρωματόλιθοι

Παγκόσμια εξάπλωση από 3,5-1,2Ga

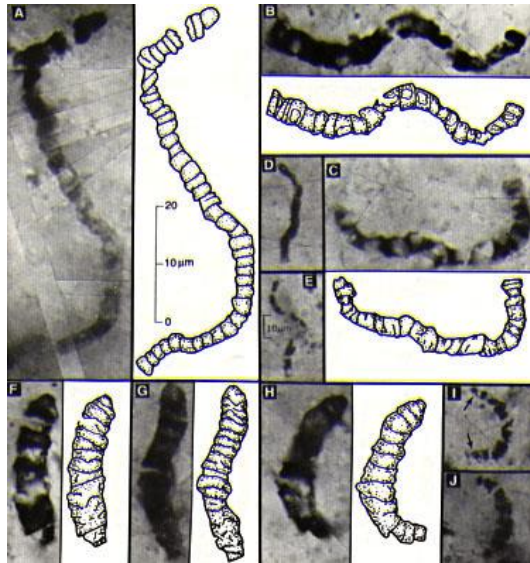


**Εικόνα 31.** Στρωματόλιθοι

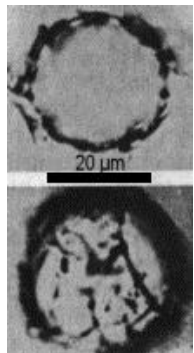
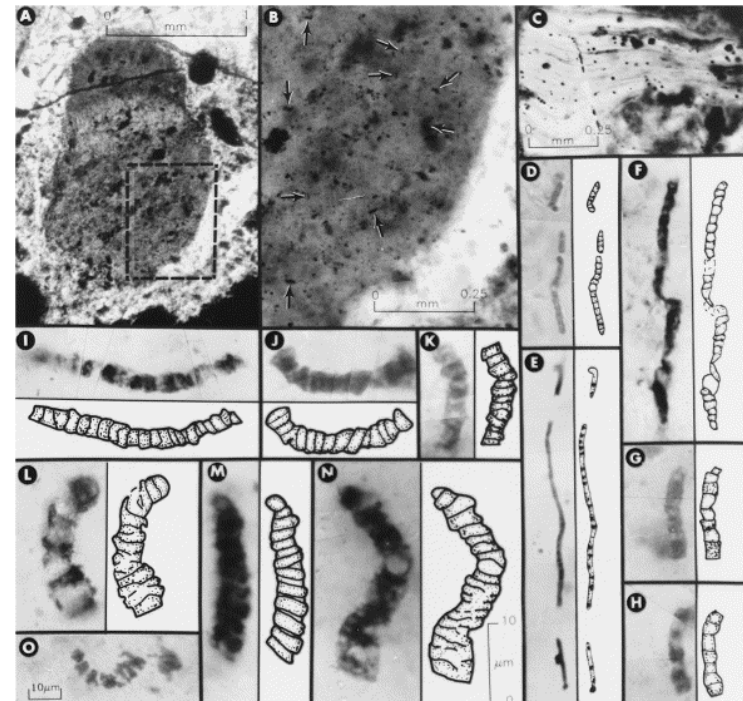
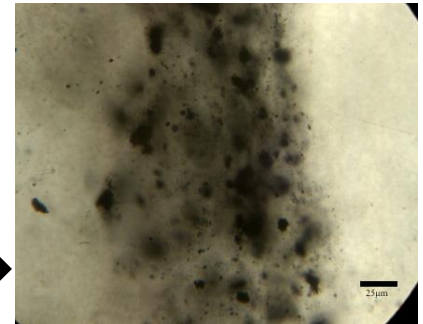
**Εικόνα 32.** Στρωματόλιθος



# Τα πρώτα απολιθώματα



Εικόνες 33-34-35. Apex Chert, Αυστραλία,  
Κυανοβακτήρια *Archaeotrichion*  
*Eoleptonema Primaevifilum*



Εικόνες 36-37. *Eobacterium* Fig-Tree 3,2 δις



# Προτεροζωϊκός Αιών (2.5-0.57 By) (1/2)

- Πρώτα ερυθροστρώματα 2.3-banded iron deposits 2.5-1.8-τελευταίες αποθέσεις ουρανινίτη σε παλαιοεδάφη 2.3.
- Δημιουργία του στρώματος Όζοντος στην ατμόσφαιρα.



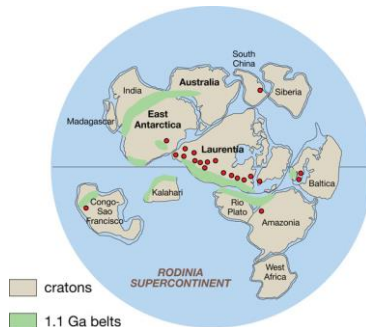
Εικόνα 38. Ερυθροστρώματα



Εικόνα 39. Ουρανινίτης



Εικόνα 40. Διαστρωμένος σίδηρος



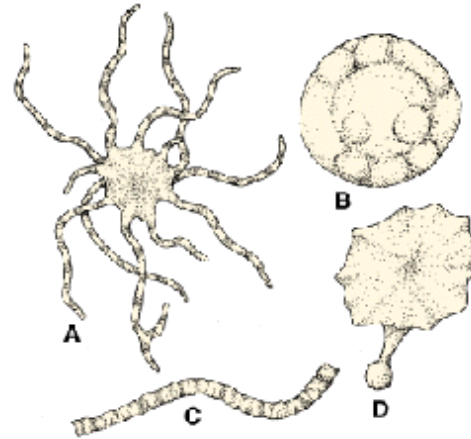
Εικόνα 41. Προτεροζωϊκός αιώνας- Ροδίνια Ορογένεση



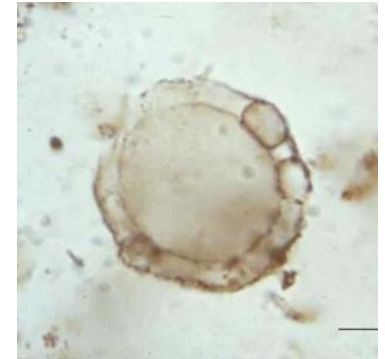
# Προτεροζωϊκός Αιών (2.5-0.57 By) (2/2)



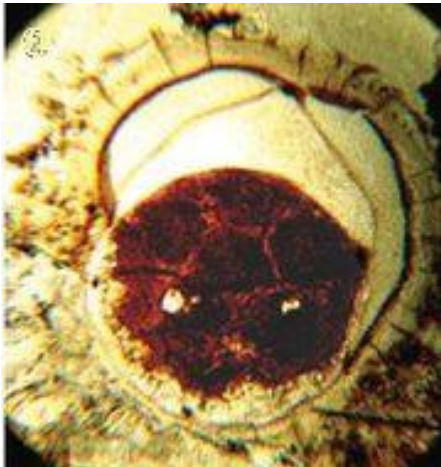
**Εικόνα 42.** *Grypania spiralis*, Πρώτο μεγααπολίθωμα, Σπειροειδές «φύκος», 2.1 By Michigan



**Εικόνα 43.** 1.9 By Gunflint, A. *Eoastrion* Βακτήριο, B. *Eosphaera*  
C. *Animikieia*, φύκος, D. *Kakabekia*



**Εικόνα 44.** *Eoastrion*

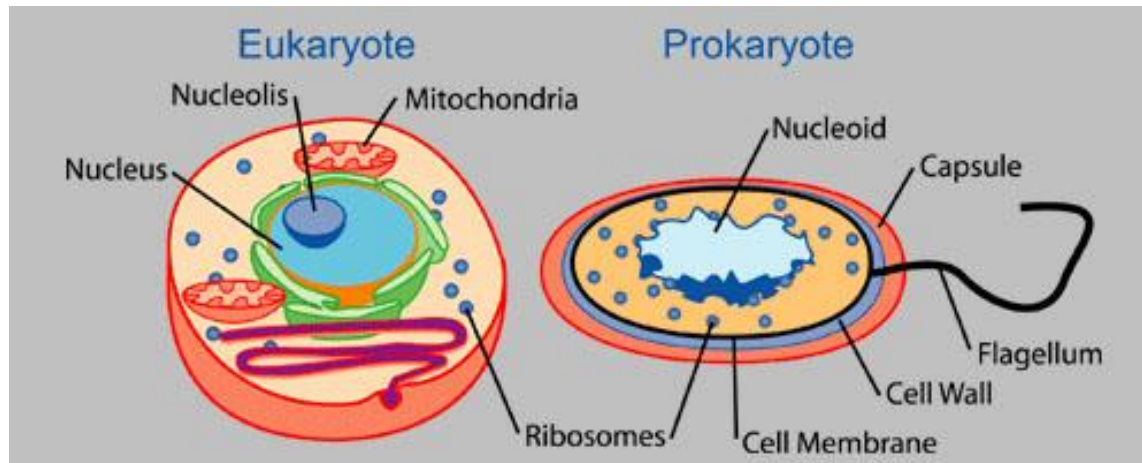


**Εικόνα 45.** 2,1 Πρώτα *Acritarchs* (1.8-0.8 By)  
Κάθε μικρή, μη όξινη οργανική δομή-αυγά μεταζώων  
-κύστες διαφόρων χλωρόφυτων



# ~1.5 Ga Ευκαρυώτες-Πρώτιστα

Μονοκύτταροι οργανισμοί (αμοιβάδες, δεινομαστιγωτά, διάτομα, ραδιολάρια, χλωροφύκη) που φέρουν δομημένο πυρήνα, οργανωμένο DNA σε χρωμόσωμα και οργανίδια (μιτοχόνδρια-χλωροπλάστες).



*Εικόνα 46. Ευκαρυωτικό vs προκαρυωτικού κυττάρου*



# Συμβίωση



**Εικόνα 47.** *Egyptian Plover bird*

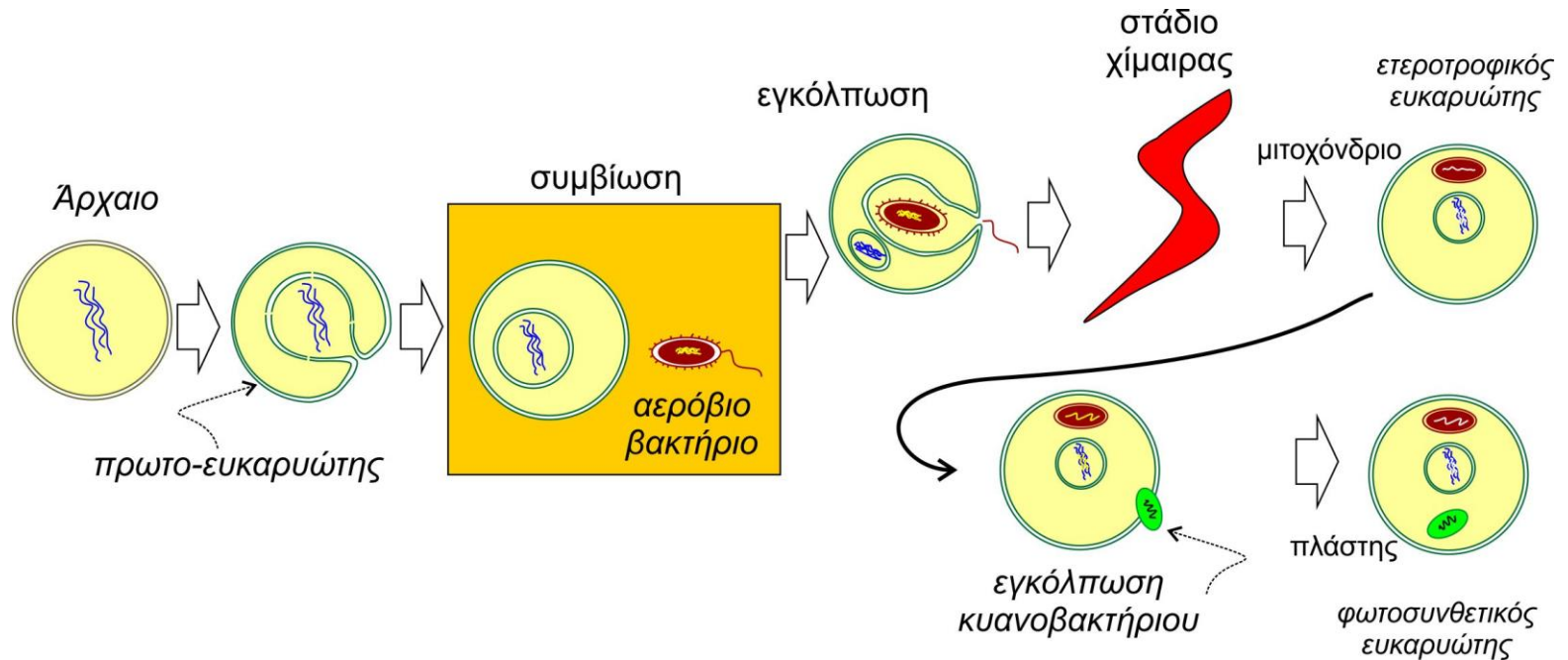


**Εικόνα 48.** *Remora fish*





# Ενδοσυμβιωτική Θεωρία (1/2)

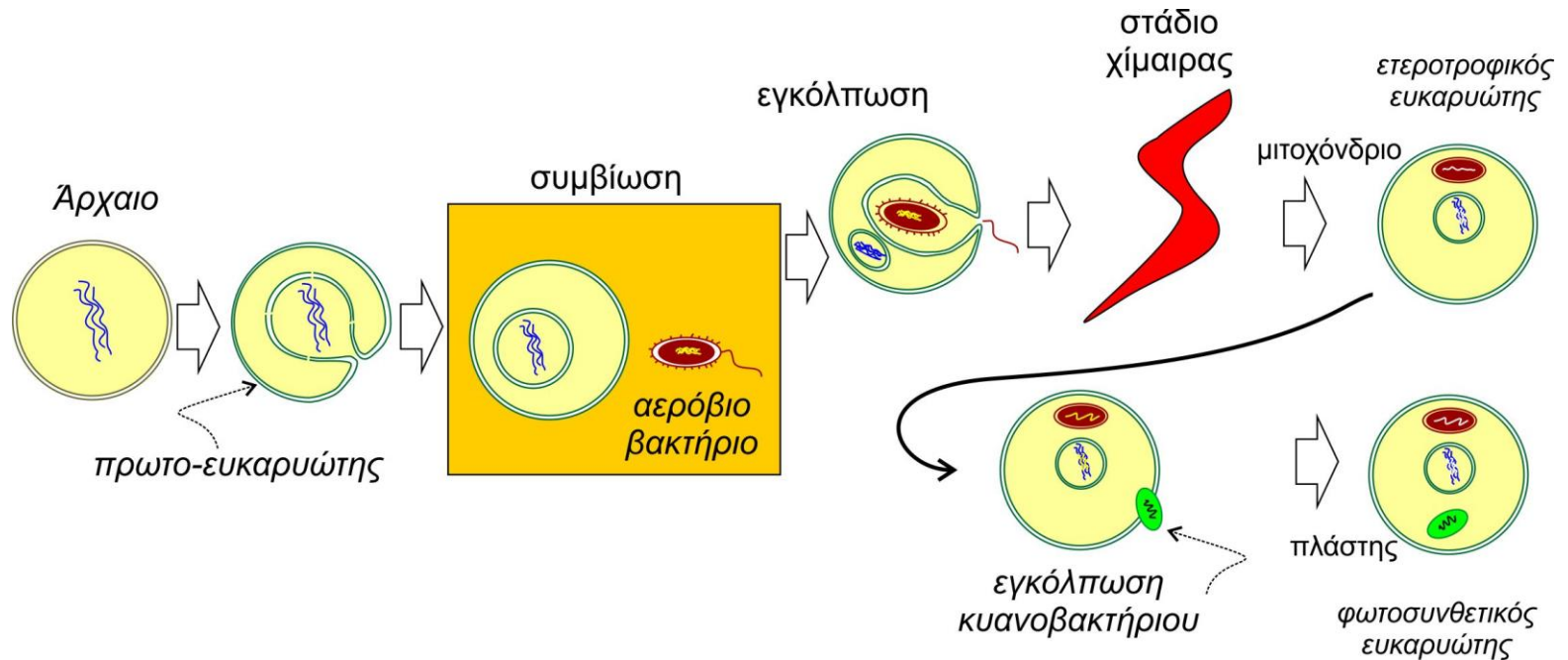


Εικόνα 49: Ενδοσυμβιωτική Θεωρία





# Ενδοσυμβιωτική Θεωρία (2/2)



**Εικόνα 49:** Ενδοσυμβιωτική Θεωρία



# Αποδείξεις (1/2)

1. Σε έναν ευκαρυώτη το DNA των μιτοχόνδριων και των (χλωρο-)πλαστών δεν είναι το ίδιο με εκείνο του πυρήνα.
2. Τα μιτοχόνδρια και οι πλάστες διαχωρίζονται από το υπόλοιπο κύτταρο με 2 μεμβράνες: μία που παράγει το κύτταρο και μία που παράγει αυτόνομα το ίδιο το οργανίδιο.
3. Τα μιτοχόνδρια και οι πλάστες παράγουν πρωτεΐνες με τρόπο παρόμοιο με εκείνο των προκαρυωτών διάφορο από αυτούς του κυτοπλάσματος.

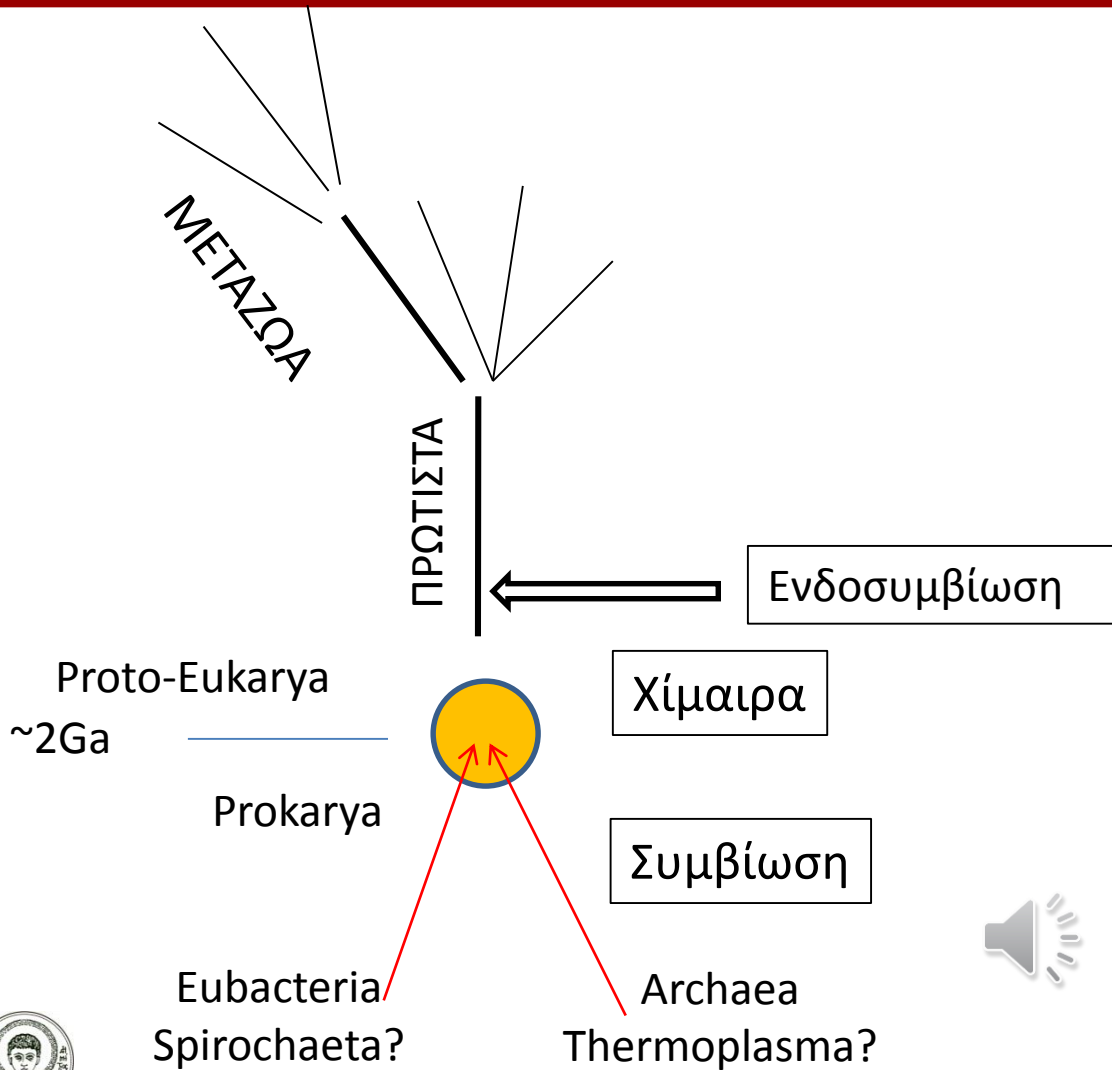


# Αποδείξεις (2/2)

4. Όπως τα βακτήρια, τα μιτοχόνδρια και οι πλάστες είναι επιδεκτικά στα αντιβιοτικά, ενώ το κυτόπλασμα όχι.
5. Τα μιτοχόνδρια και οι πλάστες μπορούν να πολλαπλασιαστούν μόνο με διαίρεση- δεν μπορούν να δημιουργηθούν από το ευκαρυωτικό κύτταρο.
6. Γενετικά δεδομένα δείχνουν ότι όλοι οι χλωροπλάστες στα κύτταρα των φυτών έχουν DNA παρόμοιο μεταξύ τους αλλά και με εκείνο των κυανοβακτηρίων. Επίσης, όλα τα μιτοχόνδρια των ζωϊκών οργανισμών φέρουν πολύ παρόμοιο μεταξύ τους DNA, ενώ το πυρηνικό DNA περιέχει ένα εντυπωσιακά υψηλό ποσοστό DNA άρχαιων.

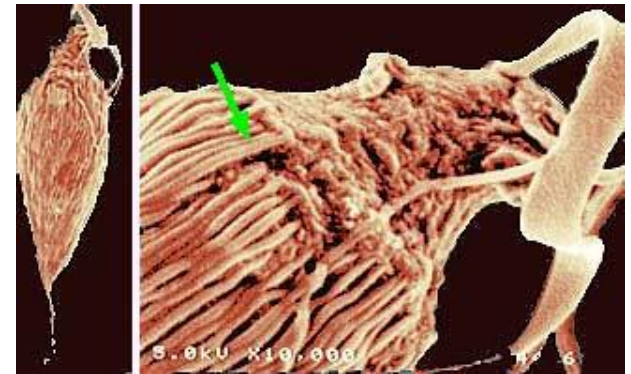


# Η εμφάνιση των Eukarya



Αύξηση  
Συσσωμάτωση  
Καταμερισμός  
Πολυκυτταρικότητα

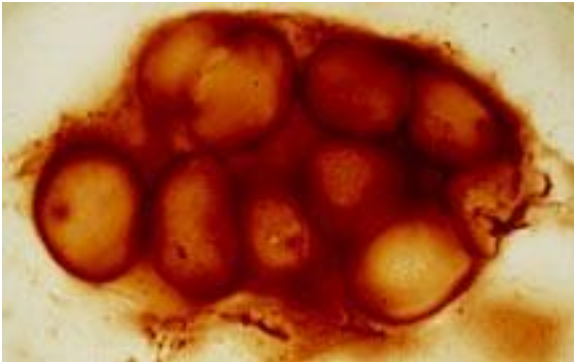
Proteobacteria → μιτοχόνδρια  
Cyanobacteria → χλωροπλάστες



Εικόνα 50. Eubacteria



# Bitter Springs Fm, Αυστραλία



**Εικόνα 51.** *Mioxoccooides minor*, αποικία *chroococcalean*, κυανοβακτήρια



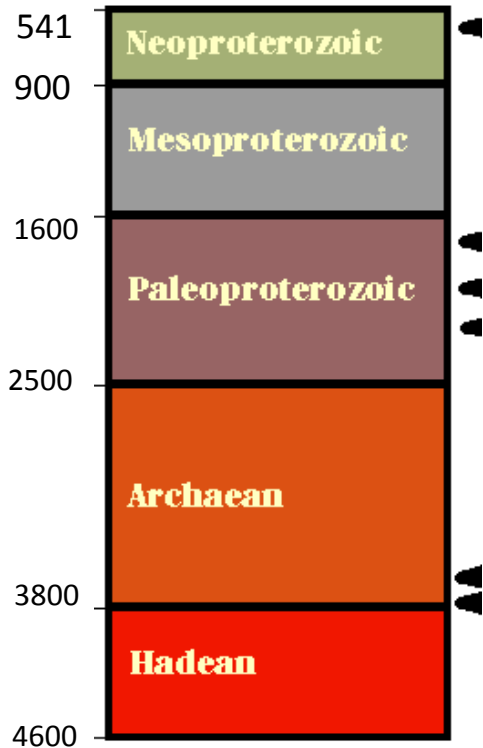
**Εικόνα 52.** *Palaeolyngbya*, νηματοειδές φύκος



**Εικόνα 53.** 0.9 Ga, κυανοβακτήρια



# Η Υπόθεση της Χιονόμπαλας



Εικόνα 54. Χρονολόγιο

✓ 750-620 Ma,  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+50^{\circ}\text{C}$ , 3 παγετώδη επεισόδια

✓ Slushball Earth model γύρω από Ισημερινο  $+10^{\circ}\text{C}$



# Ediacaran Period 635-541 Ma

- Στο τέλος του Προτεροζωϊκού εμφανίζονται τα πρώτα πολυκύτταρα πρῶτιστα και Metazoa με χαρακτηριστικές πολύπλοκες και πολυποίκιλες πανίδες (ιχνοαπολιθώματα) που συνιστούν την αρχή της ορατής ζωής (πανίδες της Ediacara)
- Στο τέλος του Προκάμβριου οι πανίδες της Ediacara φθίνουν σημαντικά (?)





# Ediacara Hills, Αυστραλία

30 γένη, 67% Cnidaria, 26% Anellidae, 5% Arthropoda



**Εικόνα 55.** *Spriggina*  
πρώτο αρθρόποδο?



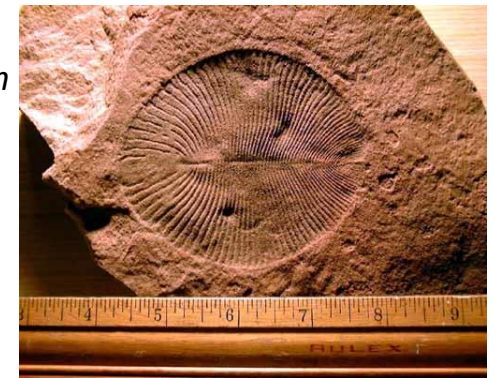
**Εικόνα 56.** *Kimberella*  
Πρώτο μαλάκιο?



**Εικόνα 57.** *Parvancorina*  
Πρώτος τριλοβίτης?



**Εικόνα 58.** *Tribrachidium*  
Εχινόδερμο?



**Εικόνα 59.** *Dickinsonia*  
Σπόγγος?



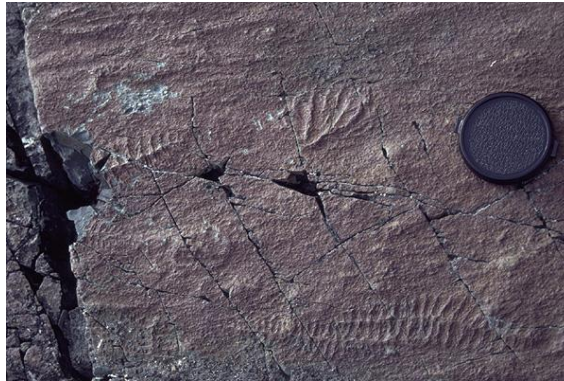


# Mistaken Point-Newfoundland

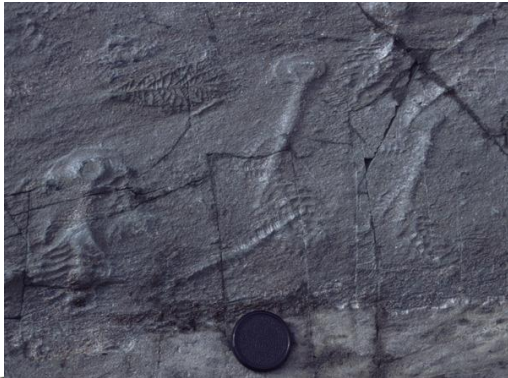


**Εικόνα 60.** *Charnia*

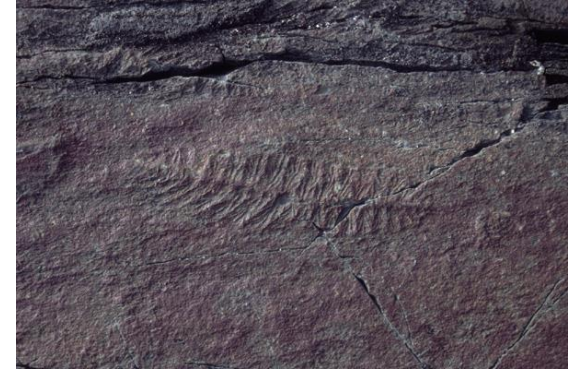
0.565 Ga  
Φυλλόμορφα  
Περιβάλλον βαθιάς θάλασσας



**Εικόνα 61.** *Bradgatia*



**Εικόνα 62.** *Charniodiscus*



**Εικόνα 63.** "spindles"

**Εικόνα 64.** "spindles"



# Ediacaran fauna



**Εικόνα 65.** Ediacaran fauna



**Εικόνα 66.** Ediacaran fauna

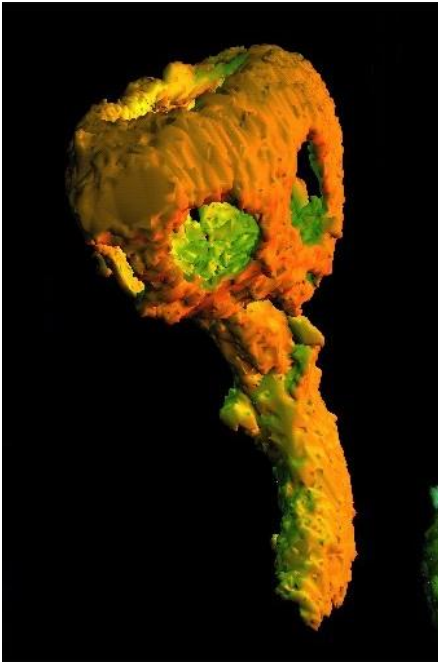


**Εικόνα 67.** Κατανομή Πανίδων της Εντιακάρα



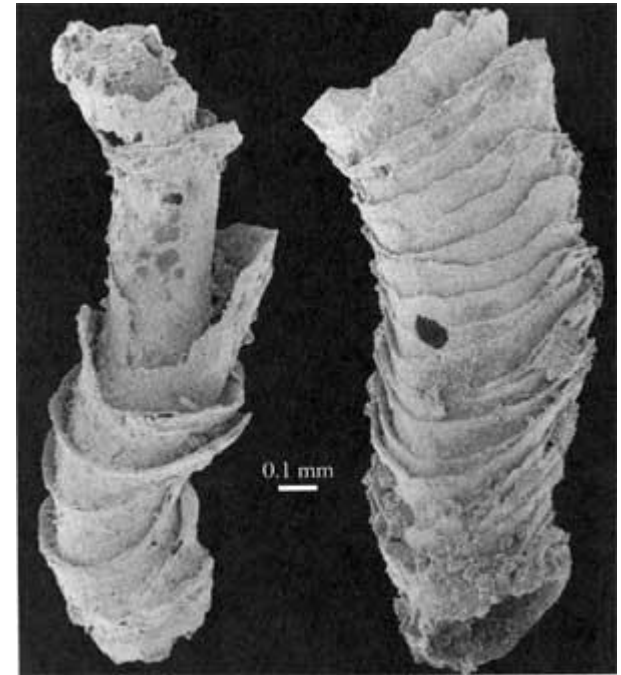


# Πρώτα σκελετικά απολιθώματα



Namibia, Nama Group  
549-542 Ma

**Εικόνα 68.** *Namacalathus*  
30mm



**Εικόνα 69.** *Cloudina*



# Η έκρηξη του Καμβρίου (541-490)

- Παρότι πολυκύτταροι οργανισμοί εμφανίζονται ήδη από το τέλος του Προκάμβριου, στις αρχές του Καμβρίου και μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα ~10 εκ. έ. (540-530) εμφανίζονται «ξαφνικά» σχεδόν όλες οι συνομοταξίες οργανισμών που υπάρχουν και σήμερα (35) και πολλές άλλες που έχουν εξαφανιστεί.
- Μεταξύ των Ομοταξιών που εμφανίζονται είναι τα BILATERIA και μεταξύ αυτών τα πρώτα Χορδωτά (Chordata) απ' τα οποία προέρχονται οι σπονδυλωτοί οργανισμοί.



# Έκρηξη Καμβρίου

ΥΨΗΛΑ ΕΠΙΠΕΔΑ  
ΟΞΥΓΩΝΩΣΗΣ

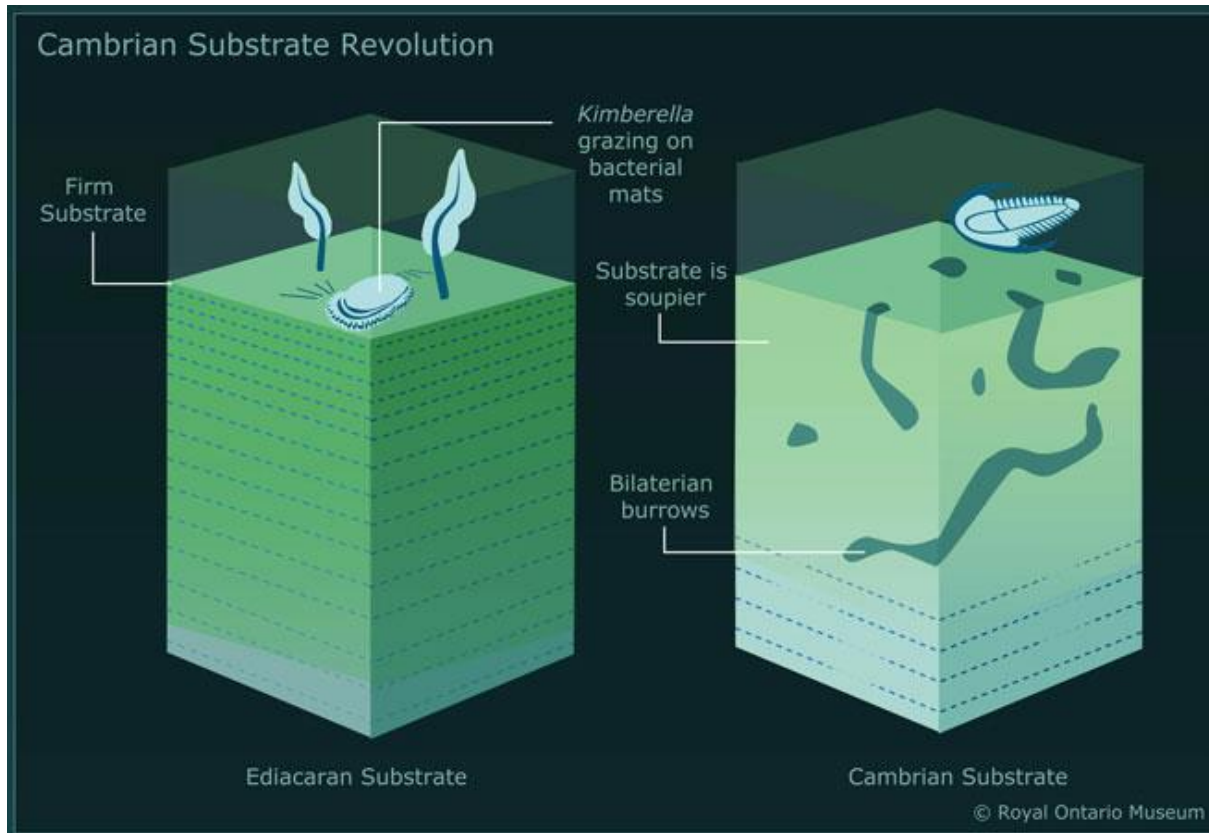
ΔΙΑΔΟΣΗ &  
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ  
ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Μεγάλο Μέγεθος – Νέοι τρόποι κίνησης-διαβίωσης-άμυνας

ΕΜΦΑΝΙΣΗ  
ΘΗΡΕΥΤΩΝ



# Θαλάσσιος πυθμένας



Εικόνα 70.





# Burgess Shale Lagerstaette, Καναδάς, 505 εκ. έ.



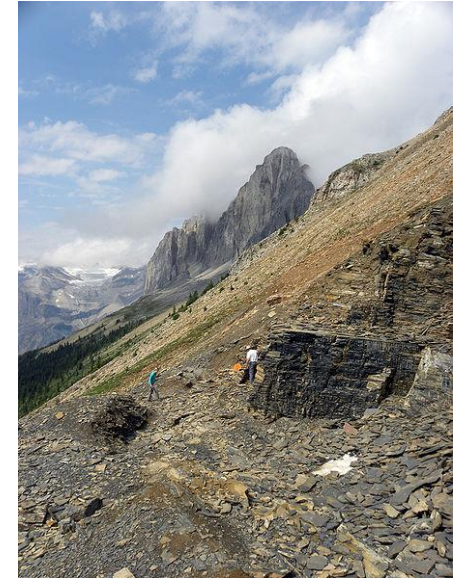
Εικόνα 71. Trilobite



Εικόνα 72. Burgess Shale's fossil



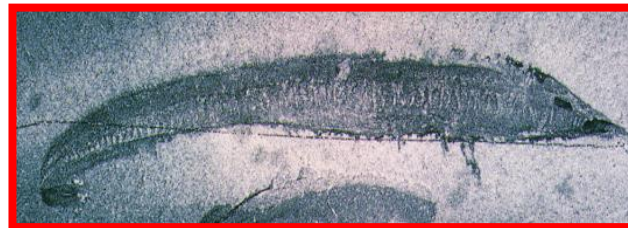
Εικόνα 73. Opabinia



Εικόνα 74. Whittington, Briggs en Conway Morris



Εικόνα 76. The first Anomalocaris



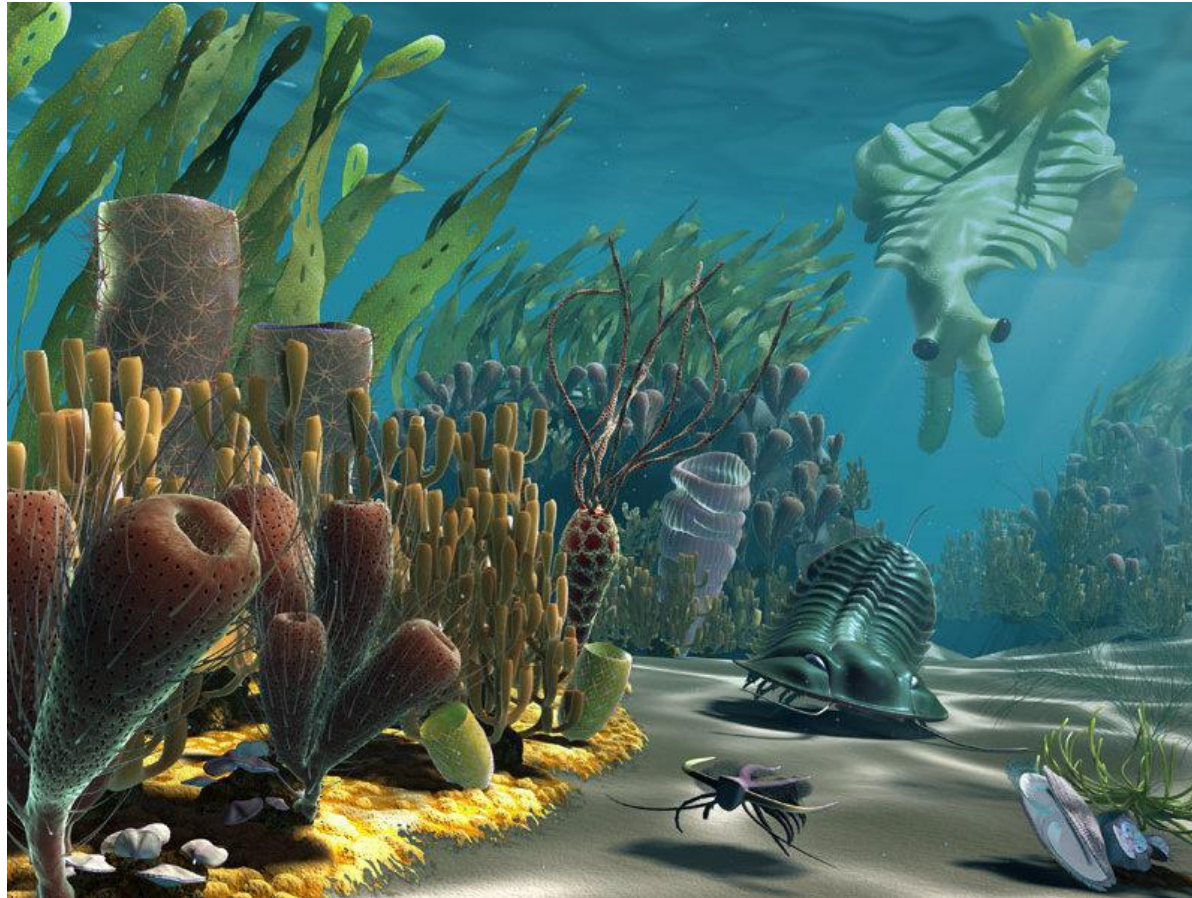
Εικόνα 75. Pikaia Gracilens



Εικόνα 77. Aysheaia



# Ο πυθμένας του Κ. Καμβρίου



*Εικόνα 78. Έκρηξη Καμβρίου- πυθμένας ωκεανού-αναπαράσταση*

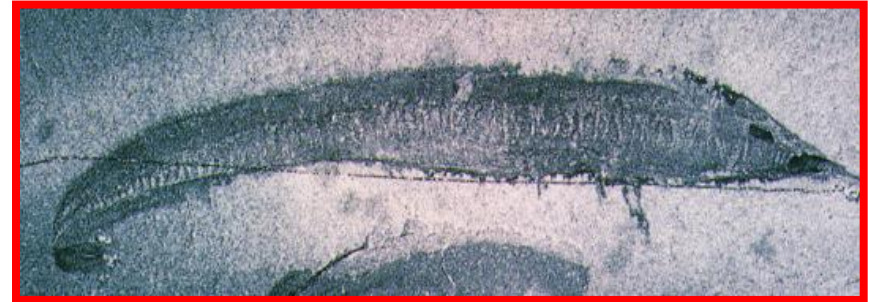




# Εμφάνιση των Χορδωτών (?)



**Εικόνα 79.** Ανώνυμο απολίθωμα  
Ediacara, Αυστραλία  
560 Ma



**Εικόνα 80.** Pikaia, Καναδάς, 505 Ma



**Εικόνα 81.** Haikouella Chenhjiang, Κίνα, 525 Ma

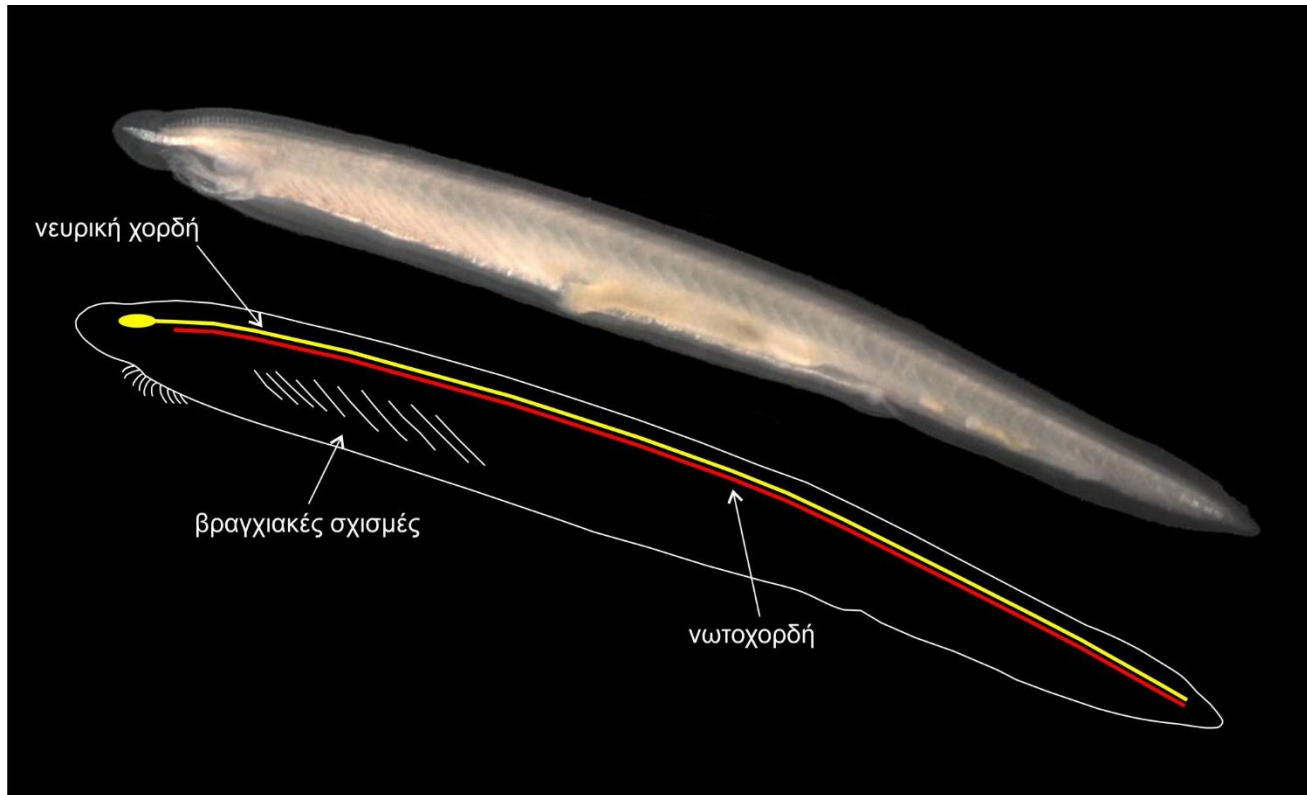




**Πώς από έναν ασπόνδυλο κόσμο  
θα μεταβούμε σε έναν  
σπονδυλωτό;**



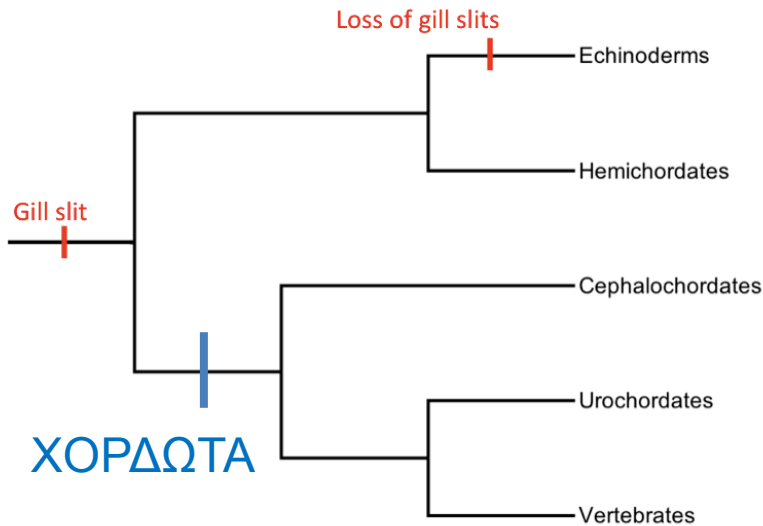
# Χορδωτά



**Εικόνα 82.** Βασική Δομή Χορδωτού οργανισμού



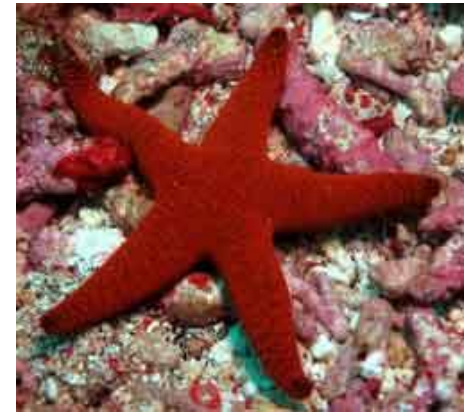
# Φυλογένεση Δευτεροστόμιων



Εικόνα 86. Φυλογένεση Δευτερόστομων



Εικόνα 83. Ημιχορδωτά



Εικόνα 84. Εχινόδερμα



Εικόνα 85. Χιτωνοφόρα





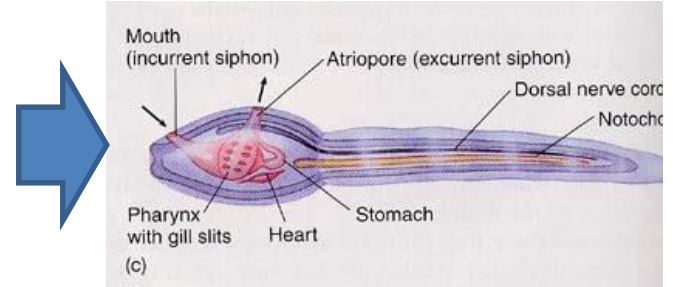
# Οντογένεση Χιτωνοφόρου



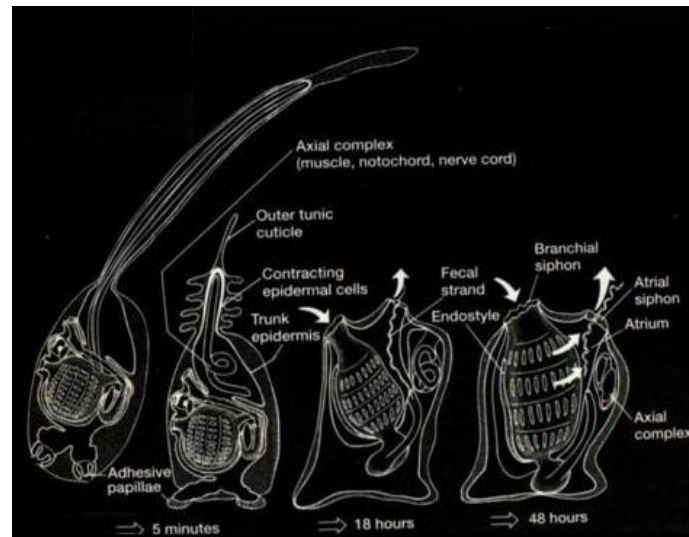
Εικόνα 87. Ενήλικο



Εικόνα 89. Λάρβα



Εικόνα 90. Tunicate Larvae



Εικόνα 88. Οντογένεση



# ΝΕΟΤΕΙΝΙΑ



*Εικόνα 91. Axelotl*



*Εικόνα 92. Tiger salamander*



*Εικόνα 93. Νεαρός Χιμπατζής*

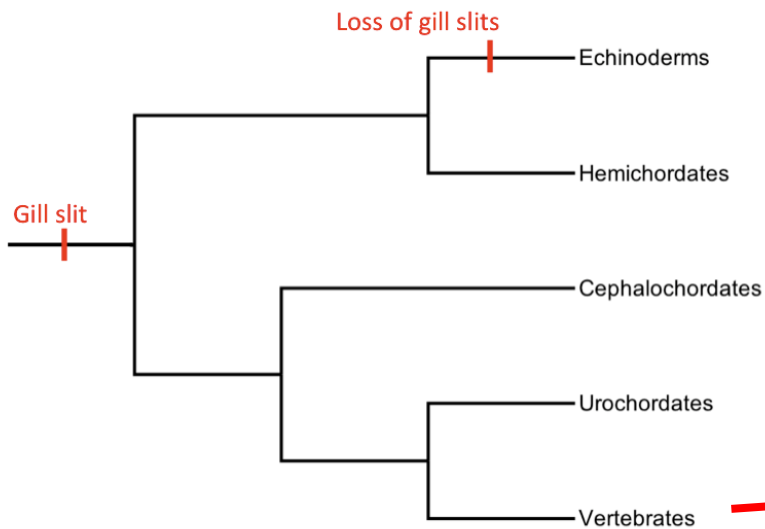


*Εικόνα 94.*



# Chordata

- Όλα τα CHORDATA χαρακτηρίζονται (σε κάποιο στάδιο της ζωής τους) από 1. Νωτοχορδή, 2. Νευρική Χορδή, 3. Φαρυγγικές Σχισμές.
- Τα Cephalochordata διατηρούν σε όλη τη ζωή τους τη νωτοχορδή και φέρουν ουρά και μύες οργανωμένους σε ομάδες (μυομερή).
- Τα Craniata φέρουν διακριτό κεφάλι και στα περισσότερα η νωτοχορδή αντικαθίσταται από τη σπονδυλική στήλη.



Εικόνα 95. Σχέσεις Χορδωτών



Εικόνα 96. Branchiostoma

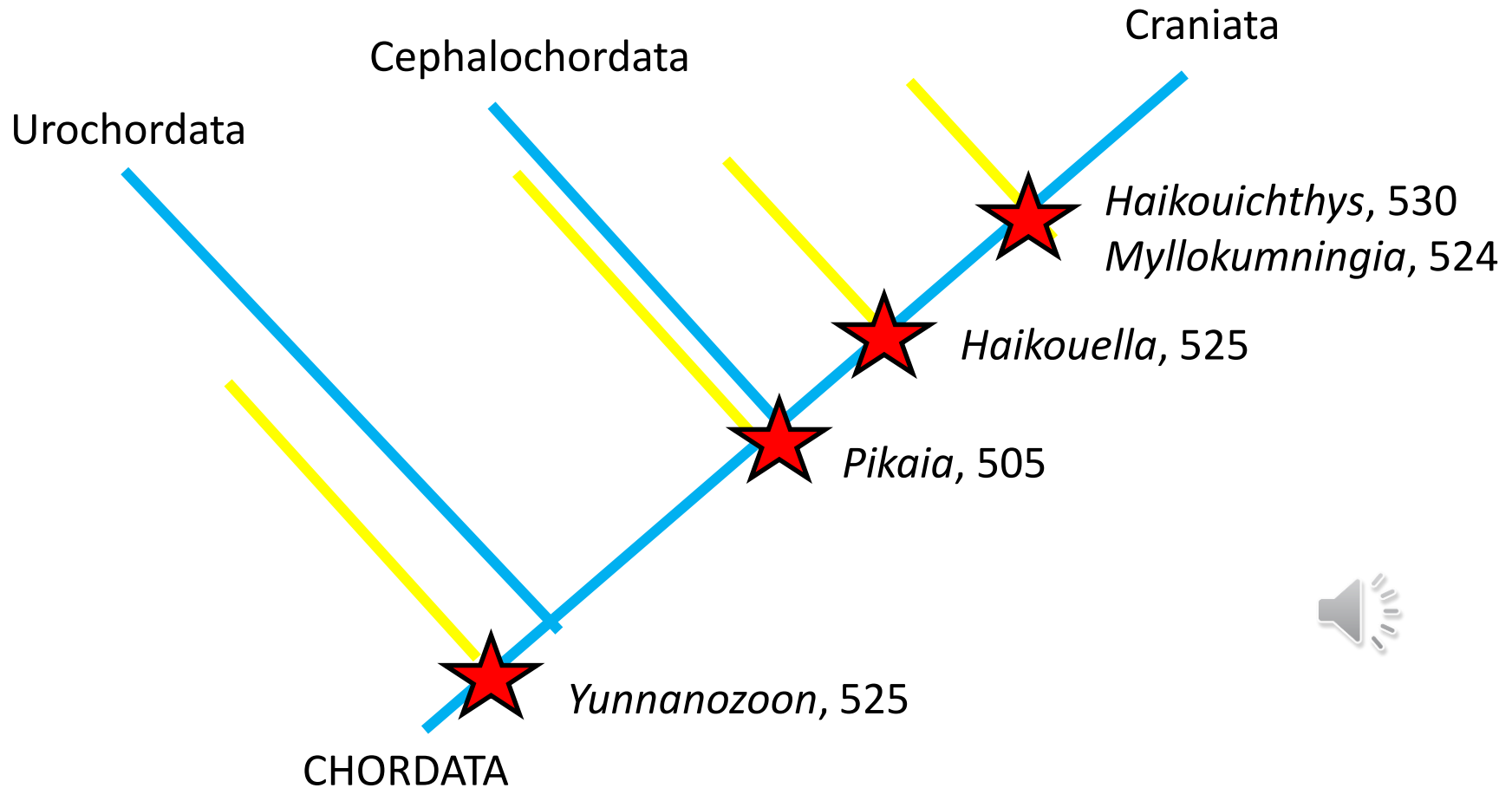


Εικόνα 97. Λάμπρινα





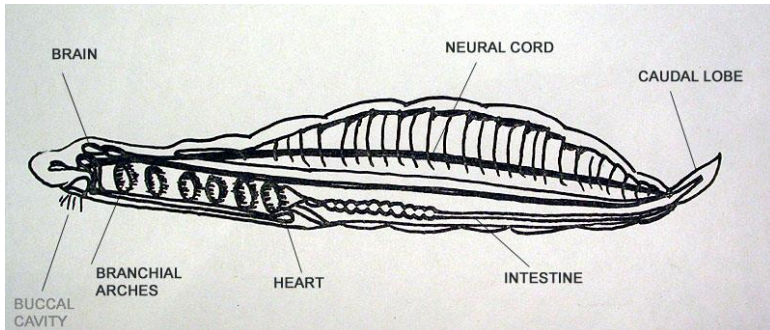
# Πρώτοι εκπρόσωποι Χορδωτών



# Haikouella

## Chenhjiang, Κίνα

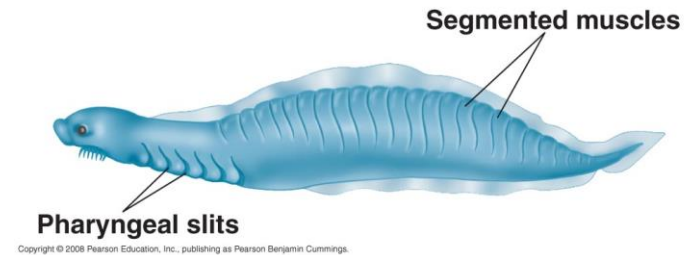
2-4 cm, ίχνη καρδιάς, αρτηριών εγκέφαλος, μάτια, φαρυγγικά δόντια, μυομερή  
300 δείγματα, πιθανό πρωτόγονο Craniata



Εικόνα 98. Ανατομία Haikouella



Εικόνα 99. Haikouella



Εικόνα 100. Εμφάνιση Haikouella

# Προσαρμογές

Η νωτοχορδή θα πρέπει αρχικά να χρησίμευε στη *Haikouella*, το *Yunnanozoon* και την *Pikaia* ως εργαλείο πλεύσης. Η υδροδυναμική επιβάλλει ότι η ικανότητα πλεύσης ενισχύεται με την επιμήκυνση του σώματος. Η οικολογική αυτή πίεση θα πρέπει να λειτούργησε επιλεκτικά ανάμεσα στις διάφορες μορφές των πρώτων χορδωτών. Όμως, το αξιόπλοο ενός μεγαλύτερου ζώου στο νερό δεν μπορεί σαφώς να επιτευχθεί μόνο με τη νωτοχορδή. Συνεπώς, θα πρέπει να ενισχυθεί μυϊκά και άρα σκελετικά, δίνοντας γένεση στην ανάπτυξη χόνδρινων ή ορυκτοποιημένων σκελετών.

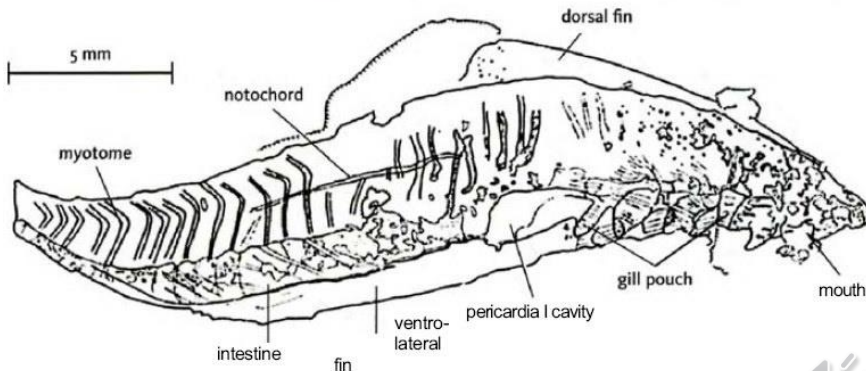


# Haikouichthys

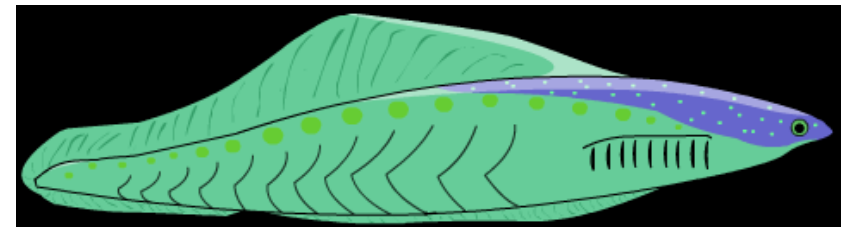
Διακριτό κεφάλι, εγκέφαλος, πτερύγια, πρωτόγονα βράγχια, γονάδες, χόνδρινες σκελετικές δομές...



Εικόνα 102. *Haikouichthys*



Εικόνα 101. *Haikouichthys ercaicunensis*

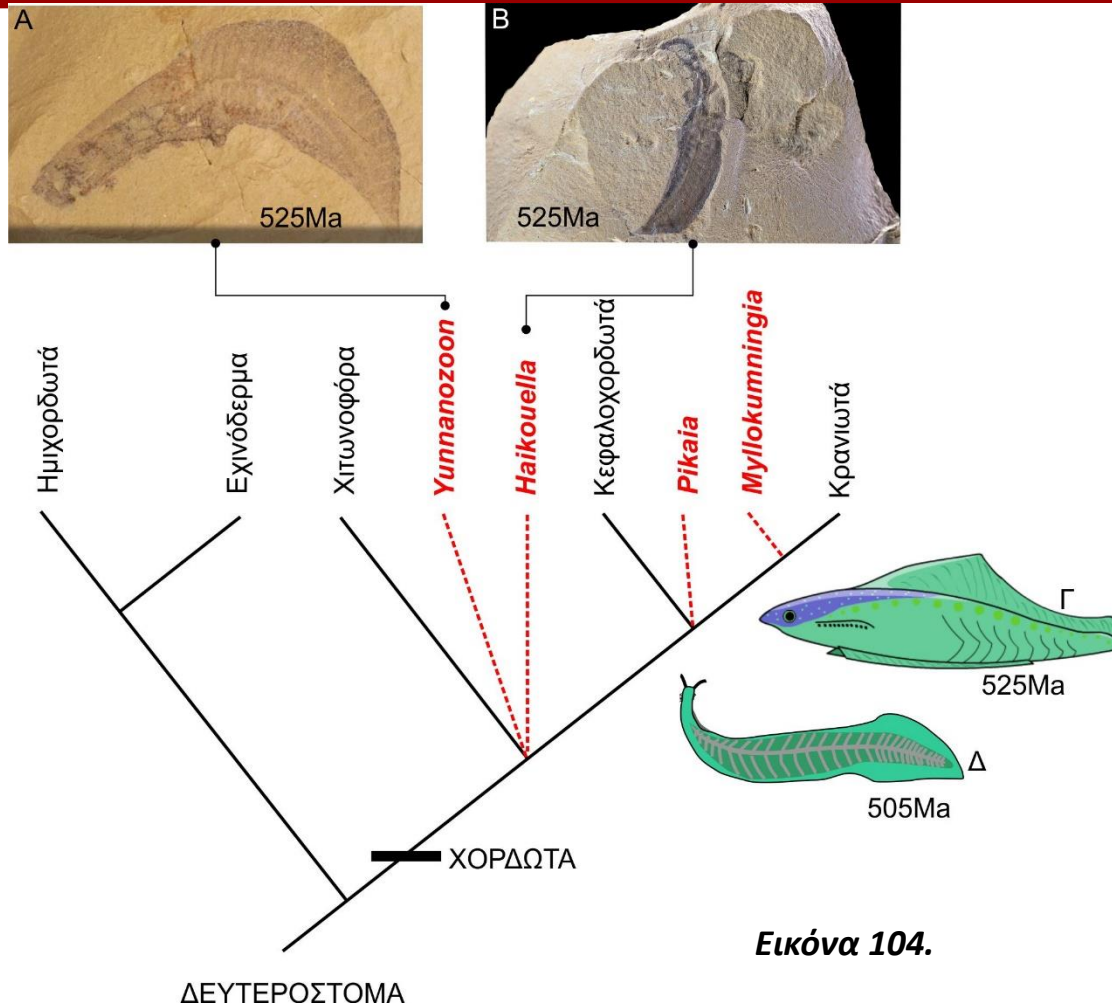


Εικόνα 103. *Haikouichthys*, αναπαράσταση





# Φυλογένεση πρώτων Χορδωτών



Εικόνα 104.



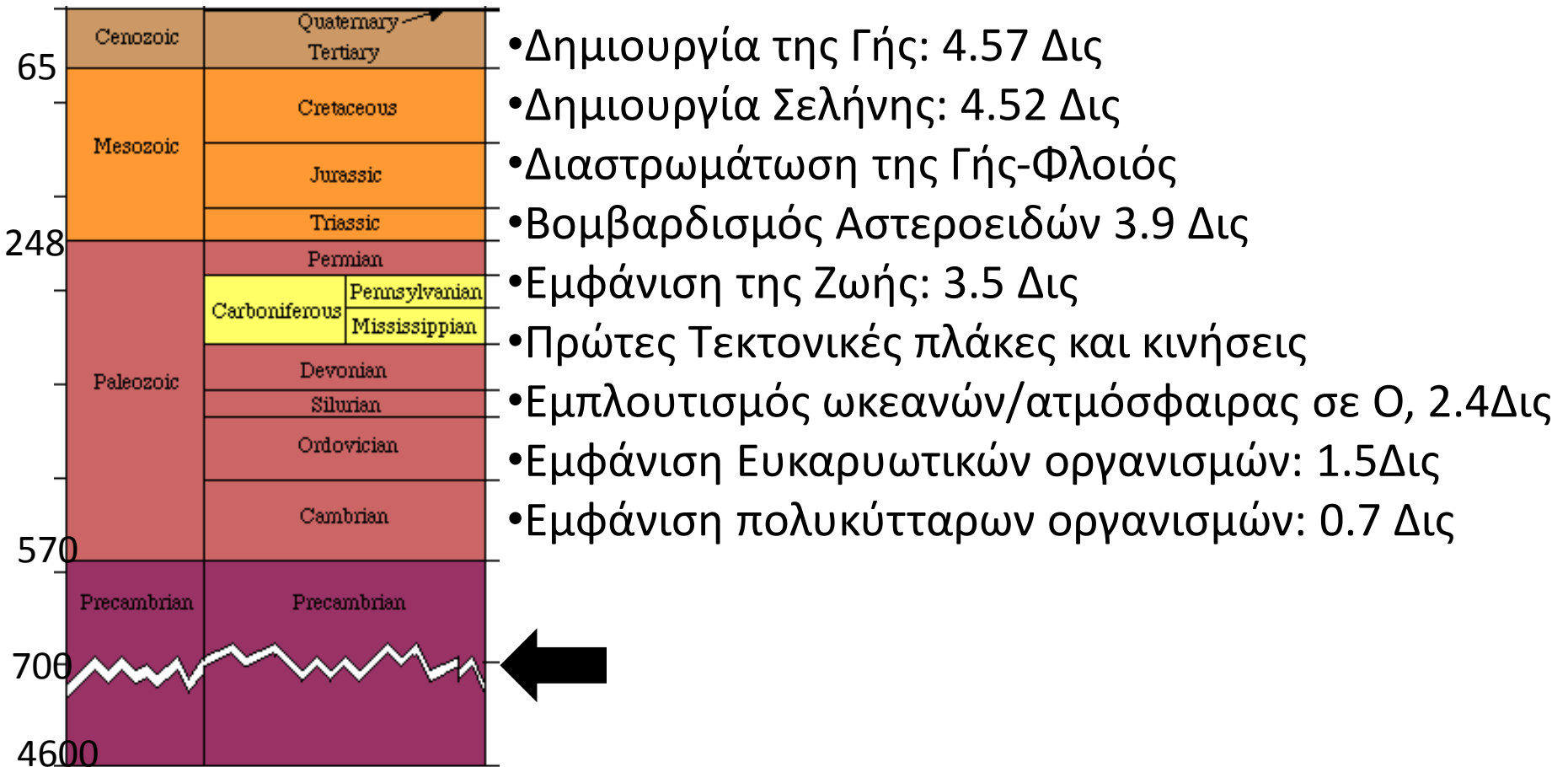
# Σύνοψη

- Ο Προκάμβριος Μεγαίων συνιστά το 90% της γήινης ιστορίας, από 4.6 – 0.52 By
- ✓        Αρχαιοζωικό (κυρίως Αρχαιοβακτήρια, Ευβακτήρια)  
2.5-1.8 By
- ✓        Προτεροζωικό 1.8-0.52 By
  - 1.5-0.9: Εμφάνιση Ευκαρυωτικών – Πρώτιστα (Συμβίωση)
  - 0.7-0.54: Πανίδα της Ediacara
- Η έκρηξη του Καμβρίου (542-490) θα δώσει μεταξύ άλλων τα πρώτα Χορδωτά (Pikaia), και ήδη από το Κ. Κάμβριο τα πρώτα Craniata (Haikouichthys)





# Χρονολογική Τοποθέτηση & Διάρθρωση



Εικόνα 104. ???

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/8)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 1: Planets, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planets2013.jpg>
- Εικόνα 2: Ancient crystals, Earth Observatory Copyright, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Zircon/>
- Εικόνα 3: Ancient crystals, Earth Observatory Copyright, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Zircon/>
- Εικόνα 4: Столкновение планет, Copyright, <http://www.science-techno.ru/nt/article/stolknovenie-planet>
- Εικόνα 5: Ca–Al-rich inclusion, Revolv Copyright, <http://www.revolv.com/main/images/cache/93/bd/d7/93bdd7670b72fb51820be149c050562e.jpg>
- Εικόνα 6: Stromatolites, Copyright, <http://genesis-science.blogspot.gr/2012/05/stromatolites.html>
- Εικόνα 7: Les plus anciennes traces de vie, Copyright, <http://www.lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/Disciplines/SVT/Terminales/ciavatti/evolution/histoire/origine/ancvie.htm>
- Εικόνα 8: T-Rex cast, CC BY SA, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:T\\_Rex\\_cast.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:T_Rex_cast.jpg)
- Εικόνα 9: Insects, Copyright, <http://www.kidport.com/reflib/science/animals/Insects.htm>
- Εικόνα 10: Geological time, Copyright, <http://www.talkorigins.org/faqs/timescale.html>
- Εικόνα 11: Geological clock, Copyright, <http://rationaldiscoveryblog.com/post/23345688152/earths-geological-clock>
- Εικόνα 12: Yunnanozoans, Copyright, <http://www.geol.umd.edu/~tholtz/G331/lectures/331echin1.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/8)

- Εικόνα 13: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η εξέλιξη του Εμβριου Κόσμου: Χορδωτά (ΣΕΑΒ)
- Εικόνα 14: PreCambrian dates, Copyright, <https://geologyproject14.wordpress.com/evolutionary-trends/>
- Εικόνα 15: Supermassive black hole, Copyright, <http://io9.com/5938512/nasa-to-announce-mysterious-new-black-hole-discoveries-tomorrow>
- Εικόνα 16: Massive star birth, Copyright, <http://www.eso.org/public/news/eso1029/>
- Εικόνα 17: Planet forming disc, Copyright, <http://kencroswell.com/TYC824126521.html>
- Εικόνα 18 : όπως Εικόνα 1
- Εικόνα 19: Formación de la Luna, Copyright, <http://astroentrerios.com.ar/web/2010/12/>
- Εικόνα 20: όπως Εικόνα 1
- Εικόνα 21: Miller-Urey experiment (1953), Copyright, <http://americanliberalprogressiveidea.blogspot.gr/2009/09/new-hypothesis-on-origin-of-life.html>
- Εικόνα 22: Miller-Urey apparatus, Copyright, [http://onlinelibrary.wiley.com/higheredbcs/legacy/college/levin/0471697435/chap\\_tut/chaps/chapter08-08.html](http://onlinelibrary.wiley.com/higheredbcs/legacy/college/levin/0471697435/chap_tut/chaps/chapter08-08.html)
- Εικόνα 23: Biomoléculas: proteínas, Copyright, <http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=15006>
- Εικόνα 24: General structure of a phospholipid, Copyright, <http://www.madsci.org/posts/archives/2006-12/1164999854.Bc.r.html>
- Εικόνα 25: Cell membrane lipid, Copyright, <http://spsscience.blogspot.gr/2011/11/lovehate-relationship.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/8)

- Εικόνα 26: DNA Structure, Copyright, <https://karimedalla.wordpress.com/2012/11/01/3-3-7-1-dna-structure/>
- Εικόνα 27: Nucleotides, Copyright, <http://mrkremerscience.com/2013/09/>
- Εικόνα 28: Cyanobacteria, Copyright, <http://world.edu/biofuel-research-boosted-discovery-cyanobacteria-energy/>
- Εικόνα 29: Domain Archaea, Copyright, <https://www.pinterest.com/pin/485614772290789702/>
- Εικόνα 30: Microorganisms, Copyright, <http://www.uvcindex.com/microorganisms.html>
- Εικόνα 31: Stromatolites, Copyright, <http://stromatolites.blogspot.gr/>
- Εικόνα 32: Stromatolites fossils, Copyright, <https://www.pinterest.com/pin/62417144805778384/>
- Εικόνα 33: 3500 million year old Apex Chert, Copyright, [http://www.earthsciences.hku.hk/shmuseum/earth\\_evo\\_03\\_arc05\\_5.php](http://www.earthsciences.hku.hk/shmuseum/earth_evo_03_arc05_5.php)
- Εικόνες 34-35: Archæan Microfossil Record, Copyright, [https://www2.bc.edu/~strother/GE\\_146/labs/lab7/Archæan.html](https://www2.bc.edu/~strother/GE_146/labs/lab7/Archæan.html)
- Εικόνα 36: *Eobacterium isolatum*, Copyright, <http://www.lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/Disciplines/SVT/Terminales/ciavatti/evolution/histoire/origine/ancvie.htm>
- Εικόνα 37: The first cells, Copyright, [http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C5/C5\\_FirstCells.html](http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C5/C5_FirstCells.html)
- Εικόνα 38: Permian red beds in Clark County, Copyright, <http://www.kgs.ku.edu/Extension/redhills/redhills.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/8)

- Εικόνα 39: Promethium, Copyright, [http://75.82.149.74:10007/modules/wikipedia\\_for\\_schools/wp/p/Promethium.htm](http://75.82.149.74:10007/modules/wikipedia_for_schools/wp/p/Promethium.htm)
- Εικόνα 40: Jaspilite, Copyright, <http://www2.newark.ohio-state.edu/facultystaff/personal/jstjohn/Documents/Rocks-and-Fossils-in-the-Field/Jasper-Knob.htm>
- Εικόνα 41: Proterozoic era, Copyright, [http://www.fossilmuseum.net/Geological\\_History/PreambrianGeologicalHistory.htm](http://www.fossilmuseum.net/Geological_History/PreambrianGeologicalHistory.htm)
- Εικόνα 42: Grypania spiralis, Empire Mine near Ishpeming, cc by, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grypania\\_spiralis\\_Empire\\_Mine\\_near\\_Ishpeming\\_MI.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grypania_spiralis_Empire_Mine_near_Ishpeming_MI.jpg)
- Εικόνα 43: Gunflint Chert, Copyright, [http://onlinelibrary.wiley.com/higheredbcs/legacy/college/levin/0471697435/chap\\_tut/chaps/chapter09-06.html](http://onlinelibrary.wiley.com/higheredbcs/legacy/college/levin/0471697435/chap_tut/chaps/chapter09-06.html)
- Εικόνα 44: Eosphaera, Copyright, <http://aseterre.blogspot.gr/>
- Εικόνα 45: A supposed Ediacaran embryo contained within an acritarch from the Doushantuo formation, Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Acritarch#/media/File:Doushantuo\\_Embryo\\_Yineta12007.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Acritarch#/media/File:Doushantuo_Embryo_Yineta12007.jpg)
- Εικόνα 46: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celltypes.png>
- Εικόνα 47: Egyptian Plover bird, Copyright, [https://twitter.com/dirtybird\\_sf/status/580099868602949632](https://twitter.com/dirtybird_sf/status/580099868602949632)
- Εικόνα 48: Remora fish, Copyright, <http://kids.britannica.com/elementary/art-90440/Remora-fish-have-a-symbiotic-relationship-with-sharks-and-other>
- Εικόνα 49: Ενδοσυμβιωτική Θεωρία, Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά (ΣΕΑΒ)
- Εικόνα 50: Eubacteria, Copyright, <http://tolweb.org/images/Eubacteria/2>
- Εικόνα 51-52: Ancient Fossil Bacteria, Copyright, <http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanofr.html>
- Εικόνα 53: Copyright, <http://pages.geo.wvu.edu/~kammer/g230/PrecambrianFossilRecord.pdf>
- Εικόνα 54: PreCambrian dates, Copyright, <https://geologyproject14.wordpress.com/evolutionary-trends/>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/8)

- Εικόνα 55: Ediacara fauna, Copyright, <http://www.britannica.com/science/Ediacara-fauna>
- Εικόνα 56: Ediacara fauna, Copyright, <http://www.regentsearth.com/illustrated%20ESRT/Pages%208-9%20%28Geohistory%29/Fossil%20index.htm>
- Εικόνα 57: Tribrachidium, Copyright, <http://go2add.com/paleo/NewFrontier/vendiangallery.php>
- Εικόνα 58: Copyright, <http://www.datuopinion.com/kimberella>
- Εικόνα 59: Dickinsonia, Copyright, Copyright, <http://go2add.com/paleo/NewFrontier/vendiangallery.php>
- Εικόνα 60-64: Mistaken Point, Copyright, <http://www.ucmp.berkeley.edu/vendian/mistaken.html>
- Εικόνα 65-66: Ediacaran fauna, Copyright, <https://plus.google.com/102394255162549422447/posts>
- Εικόνα 67: Κατανομή Πανίδων Εντιακάρας (βασισμένη σε βιβλιογραφικά δεδομένα)
- Εικόνα 68: Sea sponge, Copyright, <http://www.thetimes.co.uk/tto/science/biology/article2690955.ece>





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/8)

- Εικόνα 69: Ediacaran Vendian, Copyright, <http://pinstake.com/ediacaran-2/>
- Εικόνα 70: Cambrian explosion, Copyright, <http://burgess-shale.rom.on.ca/en/science/origin/04-cambrian-explosion.php>
- Εικόνα 71: Trilobites, Copyright, <http://www.crystalinks.com/trilobite.html>
- Εικόνα 72: Burgess Shale's fossil, Copyright, <http://www.canada.com/topics/news/story.html?id=235d4299-5943-48bb-9aaf-aaffd5305b8d>
- Εικόνα 73: Opabinia, Copyright, <http://uahost.uantwerpen.be/funmorph/raoul/macroevolutie/Cambrium.pdf>
- Εικόνα 74: Whittington, Briggs en Conway Morris, Copyright, <http://uahost.uantwerpen.be/funmorph/raoul/macroevolutie/Cambrium.pdf>
- Εικόνα 75: Pikaia Gracilens, Copyright, <http://www.hao.ucar.edu/modeling/pikaia/pikaia.php>
- Εικόνα 76: The first Anomalocaris, Copyright, <http://www.inctr.org/network-magazine/current-edition/presidents-message/the-cell/>
- Εικόνα 77: Aysheaia, Copyright, <http://www.uky.edu/~tmute2/GEI-Web/GEI/GEI10/GEI%202010%20lectures/GEI%20lecture%202/GEI-Lectures-Web/lifeadvanced.htm.html>
- Εικόνα 78: Cambriano, Copyright, [http://www.geologia.templodeapolo.net/textos\\_ver.asp?Cod\\_textos=335&value=A%20explos%C3%A3o%20Cambriano&mit=Evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20Esp%C3%A9cies](http://www.geologia.templodeapolo.net/textos_ver.asp?Cod_textos=335&value=A%20explos%C3%A3o%20Cambriano&mit=Evolu%C3%A7%C3%A3o%20das%20Esp%C3%A9cies)
- Εικόνα 79: Our oldest ancestor?, Copyright, <http://www.abc.net.au/science/articles/2003/10/23/973390.htm>
- Εικόνα 80: Pikaia Gracilens, Copyright, <http://www.hao.ucar.edu/modeling/pikaia/pikaia.php>
- Εικόνα 81: An early fossil chordate, Copyright, <http://abacus.bates.edu/acad/depts/biobook/AnimE.htm>
- Εικόνα 82: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η εξέλιξη του Εμβριου Κόσμου: Χορδωτά (ΣΕΑΒ)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/8)

- Εικόνα 83: Hemichordata, Copyright, <http://meddic.jp/Hemichordata>
- Εικόνα 84: Echinodermata, Copyright, <http://www.faktailmiah.com/2010/09/01/echinodermata.html>
- Εικόνα 85: Tunicata , Copyright, [http://cordadosanimalia.blogspot.gr/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://cordadosanimalia.blogspot.gr/2010_05_01_archive.html)
- Εικόνα 86: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phylogeny\\_gill\\_slit.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phylogeny_gill_slit.png)
- Εικόνα 87: Filter feeder, Copyright, <http://www.dailykos.com/story/2007/01/05/287475/-Marine-Life-Series-Filter-Feeders-Part-II>
- Εικόνα 88: Protochordata, Copyright, <https://www.pinterest.com/vdhilinda/protochordata/>
- Εικόνα 89: Copyright <https://www.flickr.com/photos/121611938@N08/13444519494>
- Εικόνα 90: Tunicate Larvae, Copyright, <http://imgarcade.com/1/tunicate-larvae/>
- Εικόνα 91: Copyright, [http://visalyolcusuyuz.biz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1634:suda-yuerueyen-balklar&catid=42:ilimler-yorumlar&Itemid=15](http://visalyolcusuyuz.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=1634:suda-yuerueyen-balklar&catid=42:ilimler-yorumlar&Itemid=15)
- Εικόνα 92: Tiger salamander, Copyright, <http://www.animalspot.net/tiger-salamander.html>
- Εικόνα 93: Copyright, <http://www.gmilburn.ca/2009/03/30/chimpanzees-and-neoteny/>
- Εικόνα 94: Copyright, <http://www.mommysituation.com/2015/04/3-myths-about-starting-over.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/8)

- Εικόνα 95: όπως Εικόνα 86
- Εικόνα 96: Copyright, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Branchiostoma lanceolatum %28Pallas%2C 1774%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Branchiostoma_lanceolatum_%28Pallas%2C_1774%29.jpg)
- Εικόνα 97: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Lamprey#/media/File:Petromyzon marinus.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Lamprey#/media/File:Petromyzon_marinus.jpg)
- Εικόνα 98-99: Copyright, <http://www.teacher.aedocenter.com/my-teacher/GG-10.htm>
- Εικόνα 100: An early fossil chordate, Copyright, <http://abacus.bates.edu/acad/depts/biobook/AnimE.htm>
- Εικόνα 101: Copyright, <http://studopedia.org/3-113238.html>
- Εικόνα 102: Haikouichthys ercaicunensis, Copyright, <http://www.geol.umd.edu/~tholtz/G331/lectures/331chordata.html>
- Εικόνα 103: Copyright, <http://planete.gaia.free.fr/fossiles/evolution/plus.vieux.vertebre.htm>
- Εικόνα 104: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η εξέλιξη του Εμβριου Κόσμου: Χορδωτά (ΣΕΑΒ)



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Δημήτριος Κωστόπουλος «Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών. Οι απαρχές του Έμβιου Κόσμου». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS400/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



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

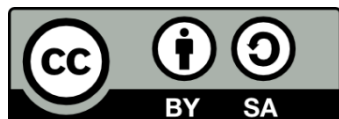
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>







# Τέλος ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

