

1837  
2017  
ΧΡΟΝΙΑ






ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ

Δρ. Χαρά Ντρίνια  
Καθηγήτρια Παλαιοοικολογίας - Ιζηματολογίας

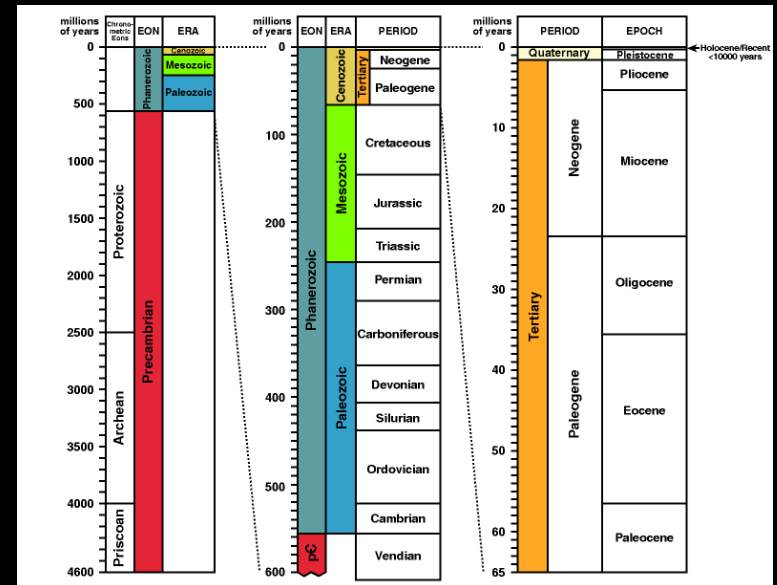
Όταν λέμε «Προκάμβριο», για ποια χρονική περίοδο μιλάμε;

GEOLOGIC TIME SCALE			
ERA	PERIOD	EPOCH	SUCCESION OF LIFE
CENOZOIC recent life	QUATERNARY 0-1 Million Years Rise of Man	Recent Pleistocene	
	TERTIARY 62 Million Years Rise of Mammals	Pliocene Miocene Oligocene Eocene	
MESOZOIC middle life	CRETACEOUS 72 Million Years Modern seed bearing plants, Dinosaurs		
	JURASSIC 46 Million Years First birds		
	TRIASSIC 49 Million Years Cycads, first dinosaurs		
PALEOZOIC ancient life	PERMIAN 50 Million Years First reptiles		
	PENNSYLVANIAN 30 Million Years First insects		
	MISSISSIPPIAN 25 Million Years Many corals		
	DEVONIAN 80 Million Years First seed plants, cartilage fish		
	SILURIAN 20 Million Years Earliest land animals		
	ORDOVICIAN 75 Million Years Early bony fish		
	CAMBRIAN 500 Million Years Invertebrate animals, Brachiopods, Trilobites		
PRECAMBRIAN Very few fossils present (bacteria-like plants?)			

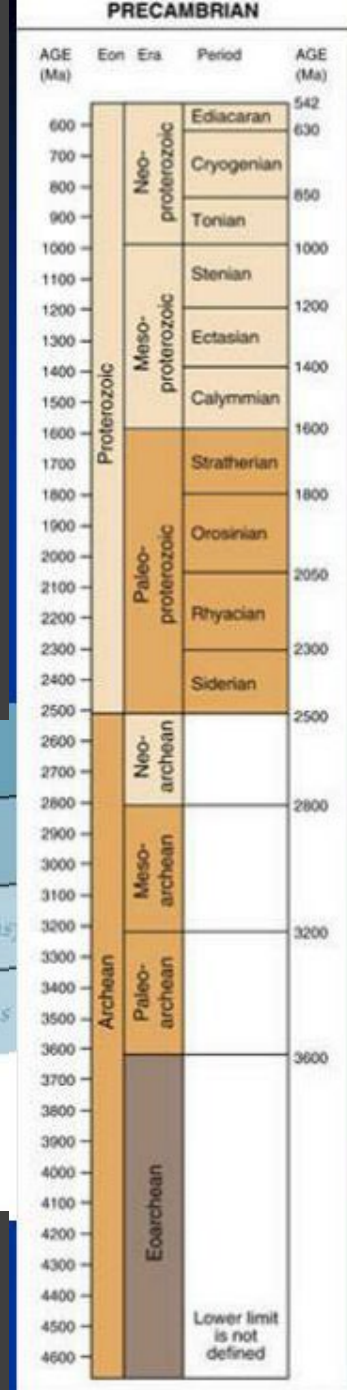
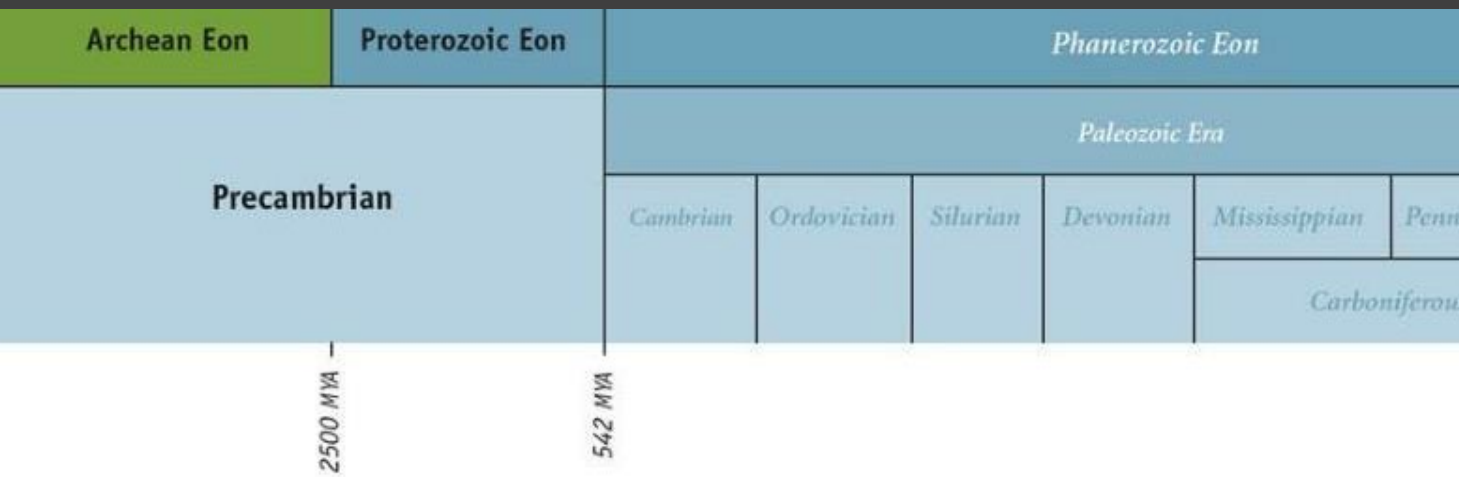
**Το Προκάμβριο**  
εκτείνεται από τον σχηματισμό της Γης, πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, έως την εξέλιξη των άφθονων μακροσκοπικών οργανισμών που φέρουν σκληρό κέλυφος, περίπου 500 εκατομμύρια χρόνια πριν.

# Ο γεωλογικός χρόνος διακρίνεται στο:

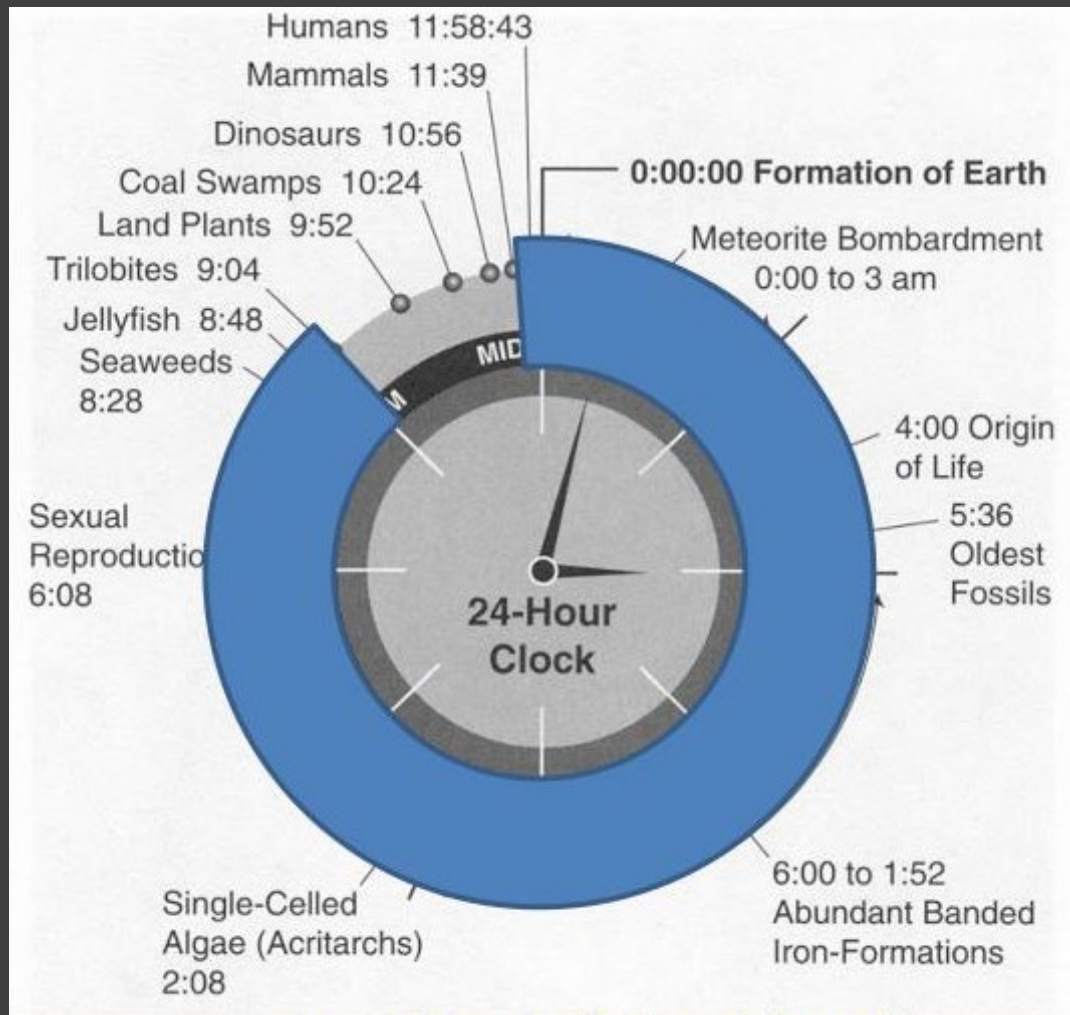
- Προκάμβριο : 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια ως 540 εκατομμύρια χρόνια. Έχουμε τον σχηματισμό της γης, τα πρώτα ιζηματογενή πετρώματα, αναερόβια βακτήρια και μικροσκοπικά φύκη.
- Παλαιοζωικό : 540 ως 250 εκατομμύρια έτη. Ζώα οστρακοφόρα, πρώτοι ιχθείς, χερσαία φυτά, αμφίβια, έντομα, ερπετά, πτέριδες, κωνοφόρα.
- Μεσοζωικό : 250 ως 63 εκατομ. έτη. Επικράτηση αλλά και εξαφάνιση των δεινοσαύρων, πρώτα θηλαστικά, φυτά με άνθη.
- Καινοζωικό : 65 εκατομ. έτη ως σήμερα. Επικράτηση των θηλαστικών και ιδιαίτερα του ανθρώπου (2.500.000 homo- 198.000 έτη *homo sapiens*).



# Γεωλογική κλιμακα

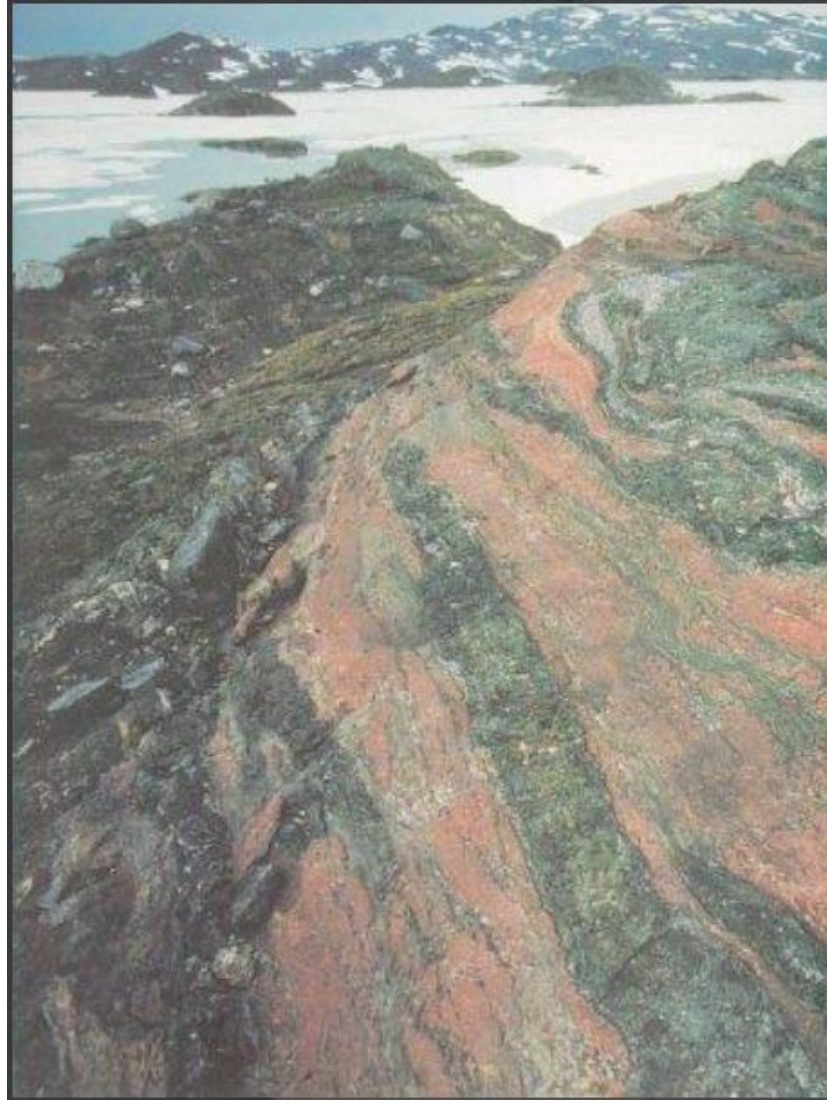


# Αν αναπαραστήσουμε την ιστορία της Γης σε ένα ρολόι 24 ωρών



# Προκάμβριο

- Γνωρίζουμε ελάχιστα για το Κατώτερο Προκάμβριο. Τα περισσότερα πετρώματα από αυτήν την εποχή έχουν διαβρωθεί, υποβυθιστεί ή μεταμορφωθεί σε μεγάλο βαθμό.
- Η σχετική χρονολόγηση των πετρωμάτων του Προκαμβρίου είναι δύσκολη επειδή τα πετρώματα σπάνια περιέχουν απολιθώματα. Ωστόσο, βασικά γεωλογικά γεγονότα συνέβησαν.
- 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



# Προκάμβριο....

- Σήμερα, αν δούμε τη Γη από το διάστημα, θα βρούμε πολύ λίγα πετρώματα του Προκαμβρίου, εκτεθειμένα.
- Σύμφωνα με τον Νόμο της Υπέρθεσης, τα περισσότερα πετρώματα του Προκάμβριου είναι θαμμένα κάτω από πιο πρόσφατα πετρώματα.
- Αλλά μπορούμε ακόμα να βρούμε πετρώματα του Προκάμβριου εκτεθειμένα όπου τα νεότερα στρώματα πετρωμάτων διαβρώνονται εκτενώς.
- Παραδείγματα περιλαμβάνουν το Grand Canyon και ορισμένες οροσειρές.



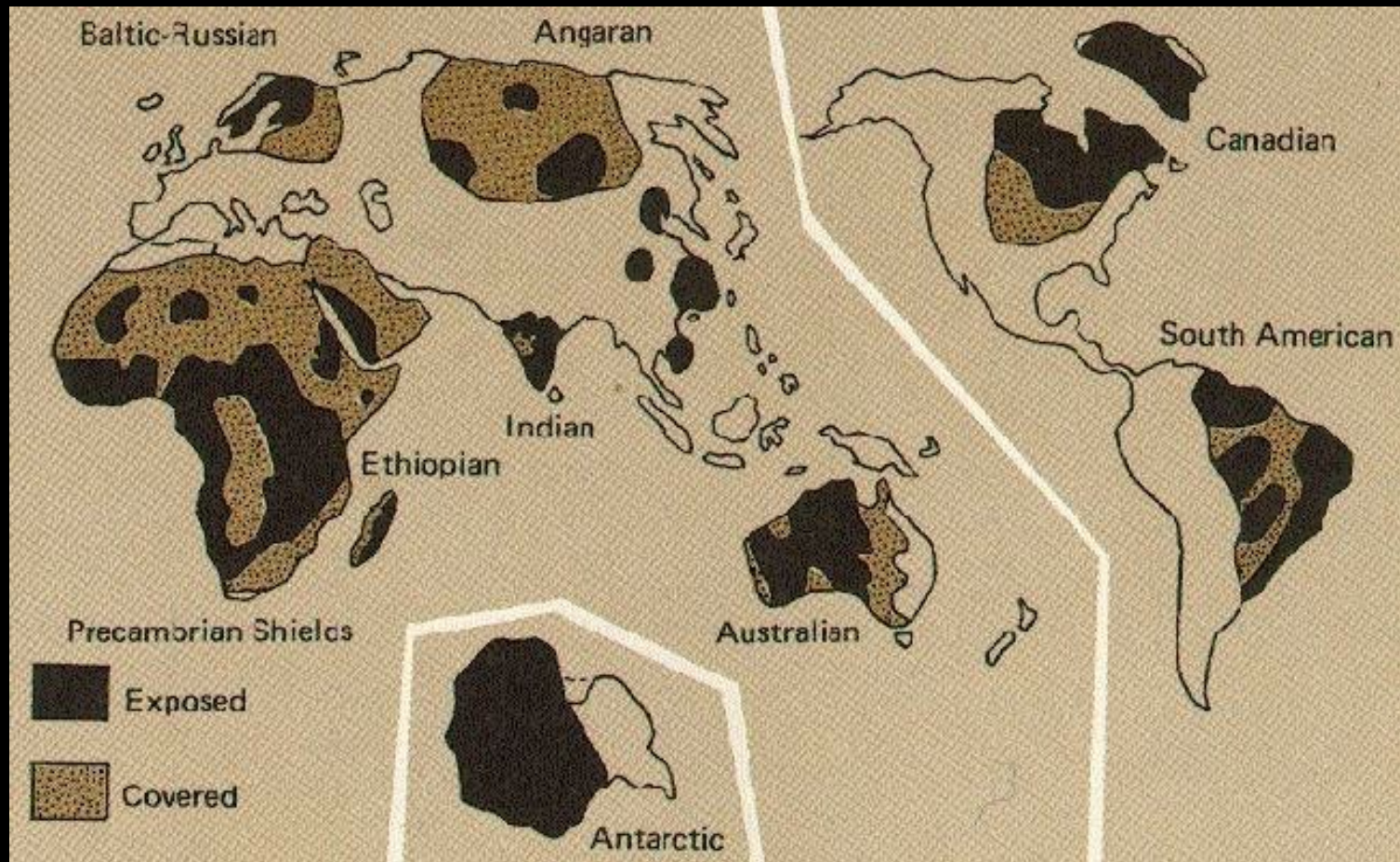
# Προκάμβριο....

- Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες περιοχές πυρήνα προκάμβριων πετρωμάτων που αποτελούν την επιφάνεια ορισμένων ηπείρων.
- Αυτές οι περιοχές ονομάζονται ασπίδες επειδή μοιάζουν κατά προσέγγιση με την ασπίδα ενός πολεμιστή.
- Η Καναδική Ασπίδα αποτελεί τον πυρήνα της ηπείρου της Βόρειας Αμερικής.
- Οι περισσότερες ασπίδες αποτελούνται από παραμορφωμένα/ μεταμορφωμένα πετρώματα.
- Πολλά από αυτά που γνωρίζουμε για τα προκαμβρια πετρώματα προέρχονται από μεταλλεύματα που εξορύσσονται από ασπίδες

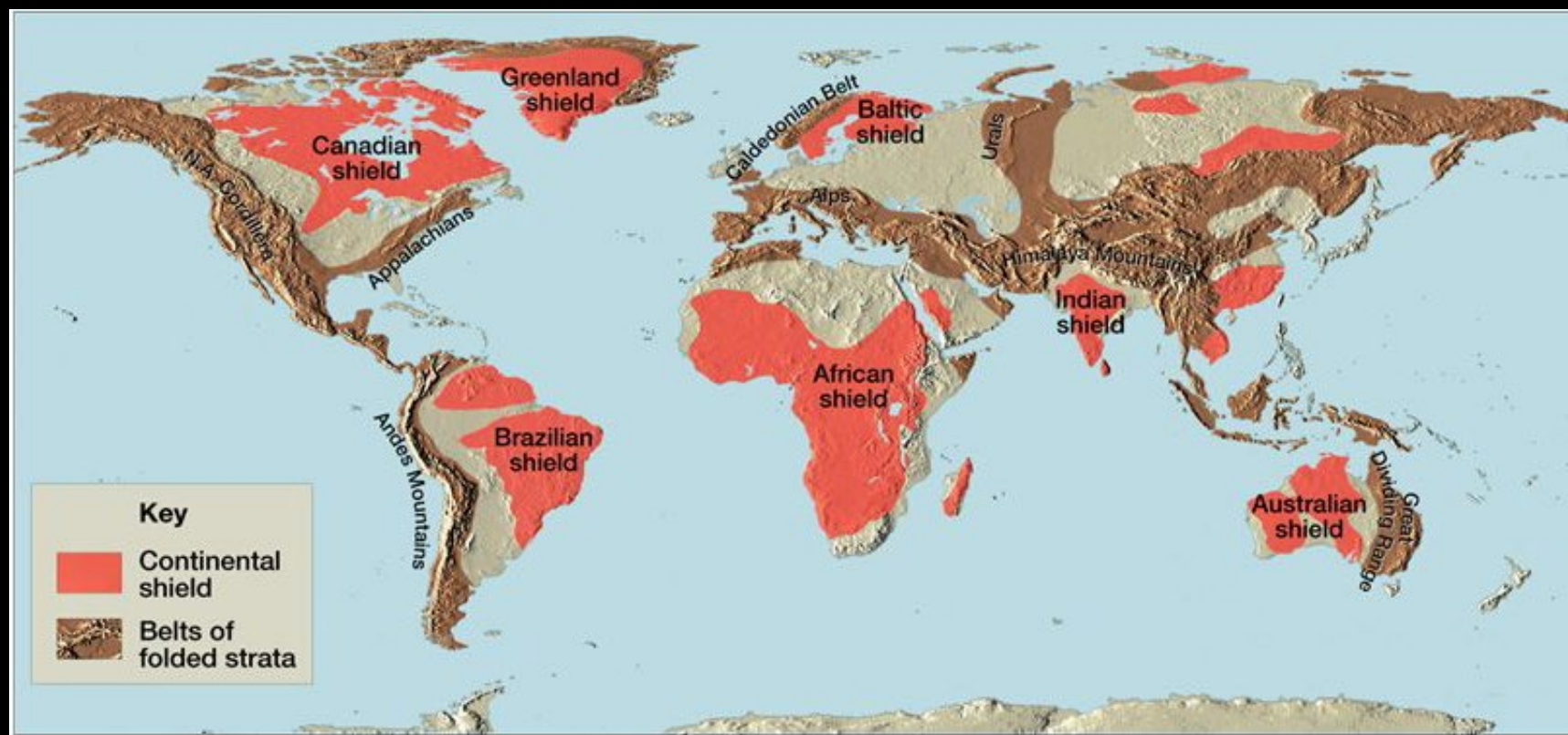




# Παγκόσμια κατανομή Ασπίδων



# Υπολείμματα πετρωμάτων του Προκαμβρίου



# Τι συνέβη κατά το Προκάμβριο;;;

- Σχηματισμός της Γης
- Ανάπτυξη της ζωής
- Οι πρώτες τεκτονικές πλάκες εμφανίστηκαν και άρχισαν να κινούνται
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα εξελίχθηκαν
- Η ατμόσφαιρα εμπλουτίστηκε σε οξυγόνο
- και, λίγο πριν από το τέλος του Προκάμβριου, αναπτύχθηκαν πολύπλοκοι πολυκύτταροι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων ζώων

# Το Προκάμβριο απαρτίζεται από:

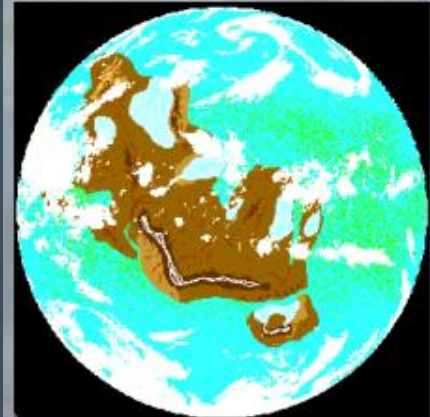
**Καταρχαιοζωικός ή Κοσμικός:** 4,6 δισεκατομ. έτη μέχρι περίπου 3,8 δισεκατομ. έτη – δημιουργία Γης-Σελήνης. Δεν υπάρχουν πετρώματα. *From liquid to solid*

## ➤ Αρχαιοζωικός ή Αρχαϊκός:

- ✓ 3,8 – 2,5 δισεκατομ. έτη
- ✓ ξεκίνησε με πολύ υψηλές θερμοκρασίες
- ✓ πολύ ηφαιστειακή δραστηριότητα
- ✓ υπήρχαν μόνο πρωτόπειροι (όχι μεγάλες ήπειροι που έχουμε σήμερα)
- ✓ Η ατμόσφαιρα πιστεύεται ότι δεν είχε ελεύθερο οξυγόνο
- ✓ θερμοκρασίες που εκτιμάται ότι ήταν κοντά στα σύγχρονα επίπεδα
- ✓ Νερό σε υγρή μορφή
- ✓ ζωή: Στρωματόλιθοι και βακτηριακά απολιθώματα

## ➤ Προτεροζωικός

- ✓ 2,5 δισεκατομ. έτη – 542 εκατομ. έτη
- ✓ εκτείνεται σε τρεις εποχές: Παλαιοπρωτεροζωϊκός, Μεσοπρωτεροζωϊκός, Νεοπρωτεροζωϊκός
- ✓ περίοδος πριν από την πρώτη άφθονη σύνθετη ζωή στη Γη
- ✓ παρουσίαζε τεράστια και ταχεία ηπειρωτική προσαύξηση
- ✓ μεγάλη αύξηση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου
- ✓ ζωή: φυτοφάγοι ευκαρυώτες (φύκη)
- ✓ πρώτος παγετώνας



# Το μοντέλο της μεγάλης έκρηξης



- Σύμφωνα με το μοντέλο της μεγάλης έκρηξης, το σύμπαν προήλθε από μια πρωτόγονη φλεγόμενη σφαίρα που επεκτείνεται και ψύχεται εδώ και 10 έως 20 δισεκατομμύρια χρόνια.

# Ηλιακό σύστημα



Ηλιακό σύστημα που δείχνει το περιορισμένο εύρος των συνθηκών, οι οποίες είναι κατάλληλες για τη ζωή

Ο ήλιος και οι πλανήτες σχηματίστηκαν πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια από ένα σφαιρικό σύννεφο κοσμικής σκόνης και αερίων.

Το σύννεφο κατέρρευσε υπό την επήρεια της ίδιας του της βαρύτητας, σχηματίζοντας έναν περιστρεφόμενο δίσκο.

# Ηλιακό σύστημα

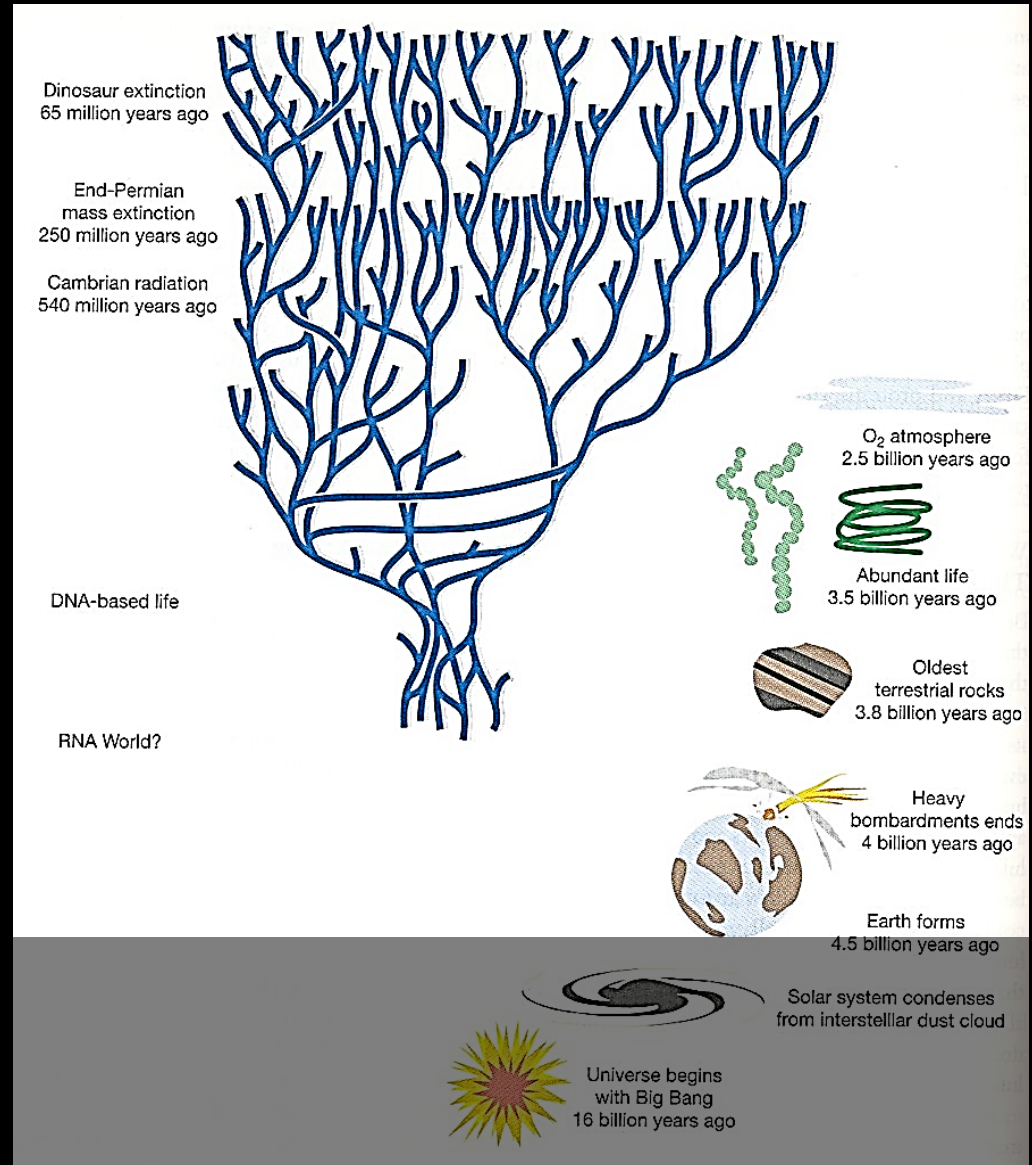
---

Καθώς η ύλη στο κέντρο του δίσκου συμπυκνώθηκε σχηματίζοντας τον **ήλιο**, εκλύθηκε **βαρυτική ενέργεια** με τη μορφή ακτινοβολίας.

---

Η **ουσία** που απέμεινε **ψύχθηκε** και πιθανώς **σχημάτισε τους πλανήτες** συμπεριλαμβανομένης και της Γης.

# Ηλιακό σύστημα και δημιουργία της ζωής





# Ο σχηματισμός της Γης

- Οι επιστήμονες υποθέτουν ότι η Γη σχηματίστηκε καθώς η βαρύτητα συγκέντρωσε σκόνη, πετρώματα και πάγο στο διάστημα
- Καθώς η Γη μεγάλωνε, η βαρύτητα της αυξανόταν, έλκοντας περισσότερα από αυτά τα υλικά.
- Η υψηλής ταχύτητας πρόσκρουση των πετρωμάτων από το διάστημα προκάλεσε την τήξη του πλανήτη
- Η ραδιενεργή αποσύνθεση παράγαγε επίσης πολύ περισσότερη θερμότητα από ό,τι σήμερα.





# Ο σχηματισμός της Γης

- Η τήξη επέτρεψε στα πιο πυκνά υλικά, όπως ο σίδηρος και το νικέλιο, να βυθιστούν προς το κέντρο της Γης.
- Λιγότερο πυκνά υλικά, όπως πυριτικά, επέπλεαν, σχηματίζοντας στρώματα που έγιναν ο μανδύας και η κρούστα.
- Κατά τη διάρκεια πολλών εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών, ο φλοιός και ο μανδύας ψύχθηκαν και σκληρύνθηκαν, σχηματίζοντας πετρώματα.

# Ο σχηματισμός της γήινης ατμόσφαιρας.

21%

- Οξυγόνο

78%

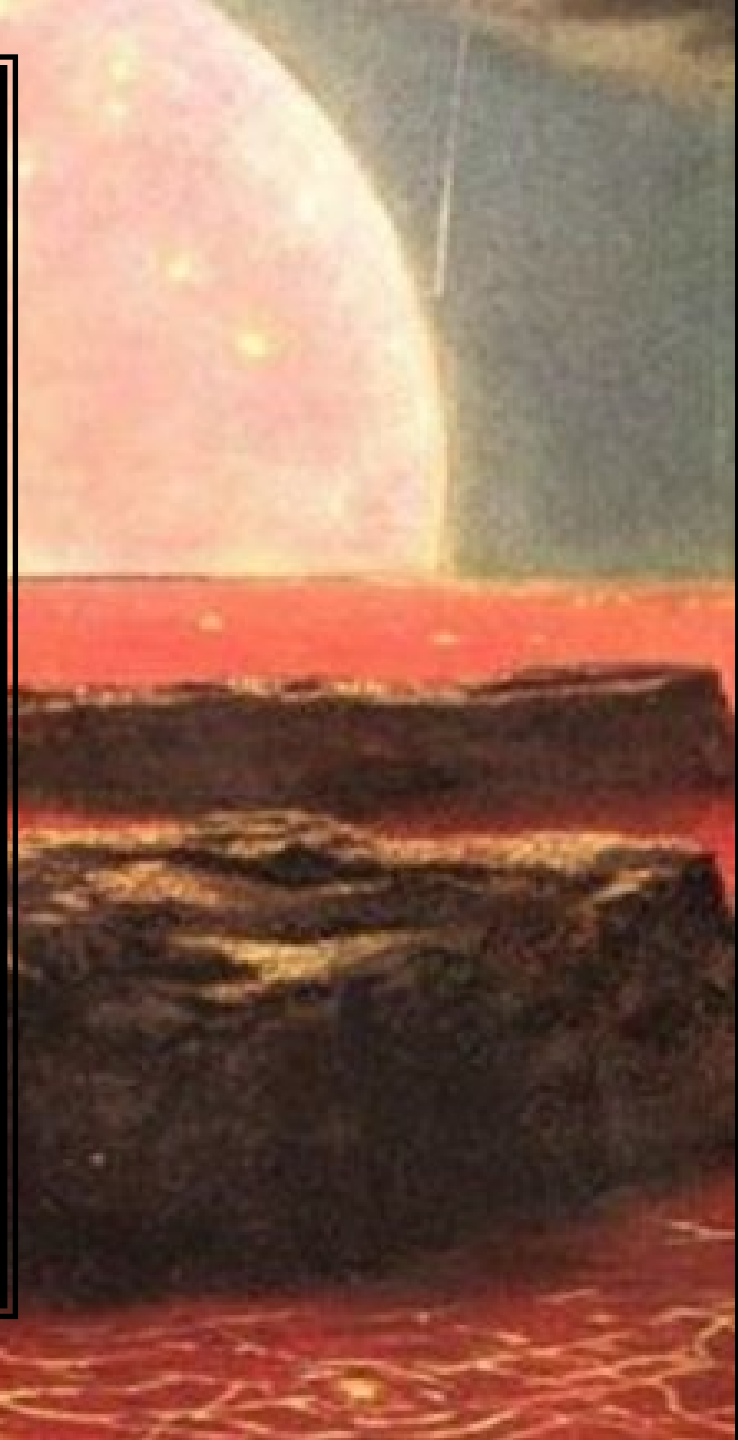
- Άζωτο

ίχνη

- Διοξείδιο του άνθρακα
- Αργό

# Η ατμόσφαιρα εξελίσσεται....

- Η ατμόσφαιρα των πλανητών μας πριν από αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια ήταν πολύ διαφορετική.
- Η αρχική ατμόσφαιρα της Γης αποτελούνταν από αέρια παρόμοια με αυτά που απελευθερώθηκαν σε μια ηφαιστειακή έκρηξη: υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και αρκετά αέρια σε ίχνη, αλλά όχι οξυγόνο.
- Η αραιότερη πρωτόγονη ατμόσφαιρα δηλητηριωδών αερίων, με υψηλές θερμοκρασίες, βομβαρδισμό μετεωριτών, με όξινη βροχή, μόνο συνθήκες για την ανάπτυξη ζωής δεν ευνοούσαν.
- Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι καθώς ο φλοιός της γης ψύχθηκε, σταδιακά απελευθερώθηκαν αέρια που προέκυψαν από το λιώσιμο πετρωμάτων.



# Χημική εξέλιξη

Η πρωτόγονη  
ατμόσφαιρα:  
*αναγωγική*

---

Νερό

---

Διοξείδιο άνθρακα

---

Μοριακό υδρογόνο

---

Μεθάνιο

---

Αμμωνία

---

Ίχνη μοριακού οξυγόνου

---

# Χημική εξέλιξη

Όταν ένα τέτοιο μίγμα αερίων εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία δημιουργούνται πολλές οργανικές ενώσεις:

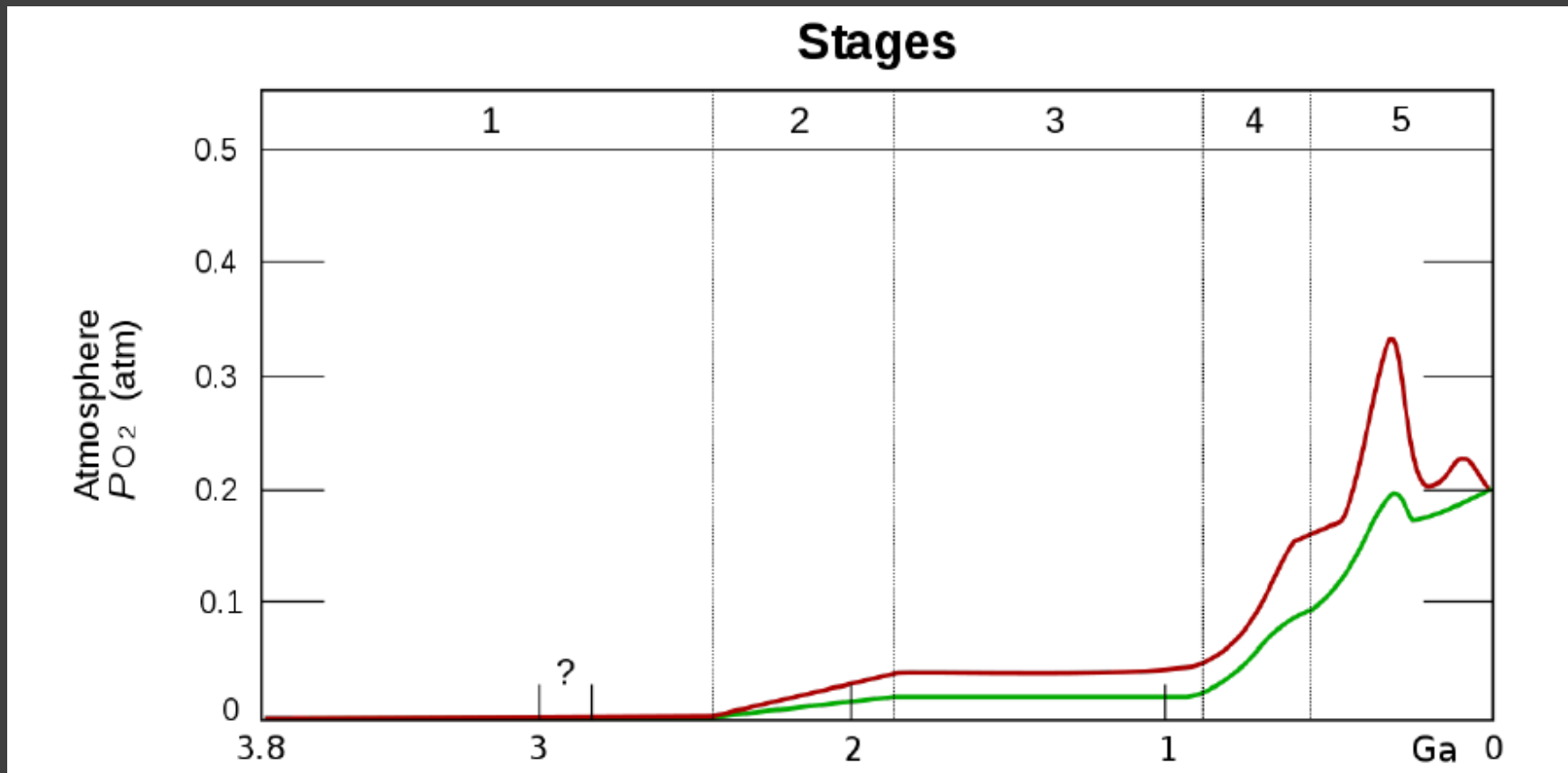
- Υδατάνθρακες
- Λίπη
- Πρωτεΐνες
- Νουκλεϊκά οξέα



# Η ατμόσφαιρα εξελίσσεται....

- Μερικές από τις πρώτες μορφές ζωής της Γης άλλαξαν ριζικά τη σύνθεση της ατμόσφαιρας της χρησιμοποιώντας διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνοντας οξυγόνο.
- Πρωτόγονα φυτά εξελίχθηκαν, άρχισαν να φωτοσυνθέτουν και απελευθερώνουν οξυγόνο
- Σιγά-σιγά αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε οξυγόνο της ατμόσφαιρας.
- Το οξυγόνο άρχισε να συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα πριν από περίπου 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια.
- Το αρχείο των πετρωμάτων του Προκαμβρίου υποδηλώνει ότι μεγάλο μέρος αυτού του οξυγόνου αντιδρά με σίδηρο για να σχηματίσει οξειδία σιδήρου, σκουριά.
- Μεγάλα κοιτάσματα πλούσια σε σίδηρο ιζηματογενών πετρωμάτων του Προκάμβριου, που ονομάζονται σχηματισμοί με ζωνώσεις σιδήρου (banded iron formations), παρέχουν στοιχεία αυτής της διαδικασίας

Η χρονολόγηση της συσσώρευσης οξυγόνου στην ατμόσφαιρα δείχνει ότι το πρώτο ελεύθερο οξυγόνο παρήχθη από τους προκαρυωτικούς και αργότερα από τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς στον ωκεανό. Αυτοί οι οργανισμοί δια μέσου της φωτοσύνθεσης παρήγαγαν το οξυγόνο σαν παραπροϊόν.





Η εξέλιξη της  
φωτοσύνθεσης  
και του  
οξειδωτικού  
μεταβολισμού

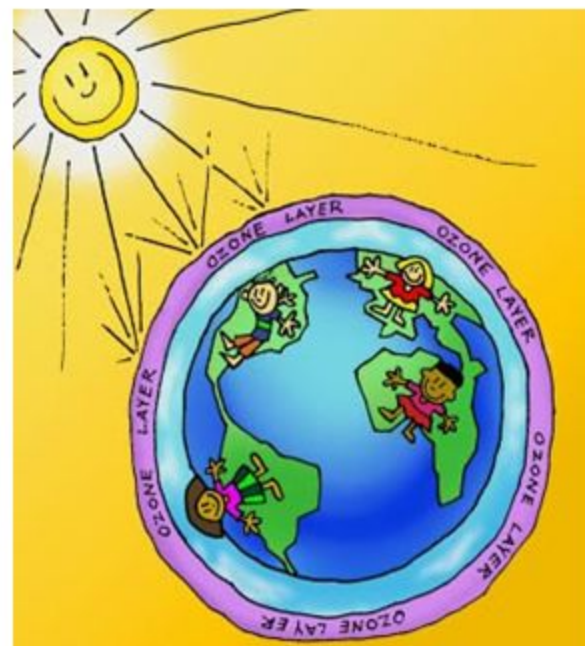
Παραγωγή οξυγόνου.

Συσώρευση στην ατμόσφαιρα,  
1%: δημιουργία όζοντος που  
περιορίζει τις υπεριώδεις  
ακτινοβολίες.

Ατμόσφαιρα: από αναγωγική σε  
οξειδωτική.

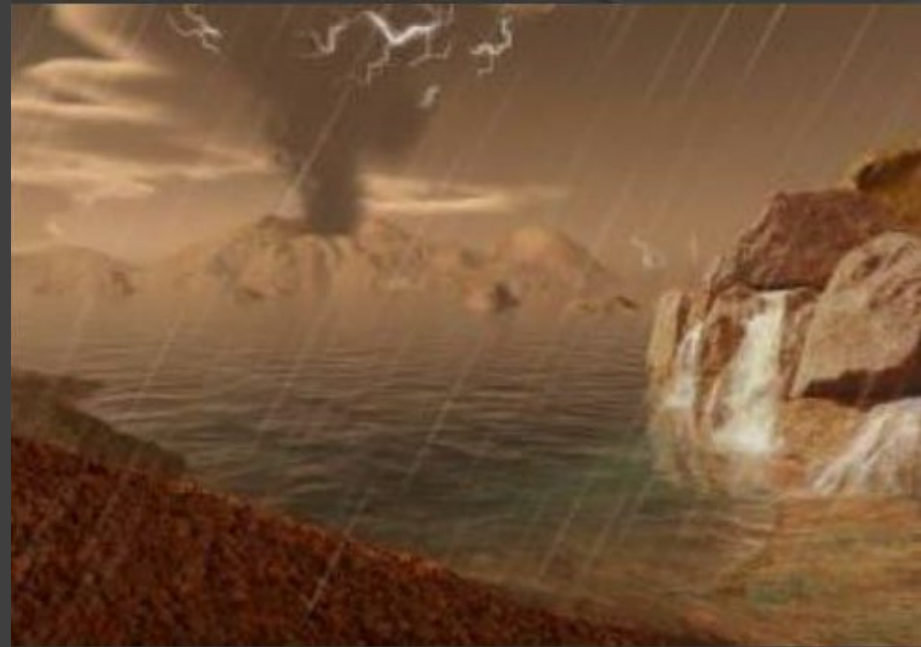
## Το Όζον (O<sub>3</sub>)

- Παράλληλα με την εμφάνιση του πυρήνα, στο τέλος του Προκαμβρίου, είχε συμπληρωθεί βαθμιαία η ατμόσφαιρα με αρκετό οξυγόνο, για να σχηματισθεί το όζον (O<sub>3</sub>) και η οζονόσφαιρα, που σαν ασπίδα προστάτευσε τη ζωή από την καταστρεπτική υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου.



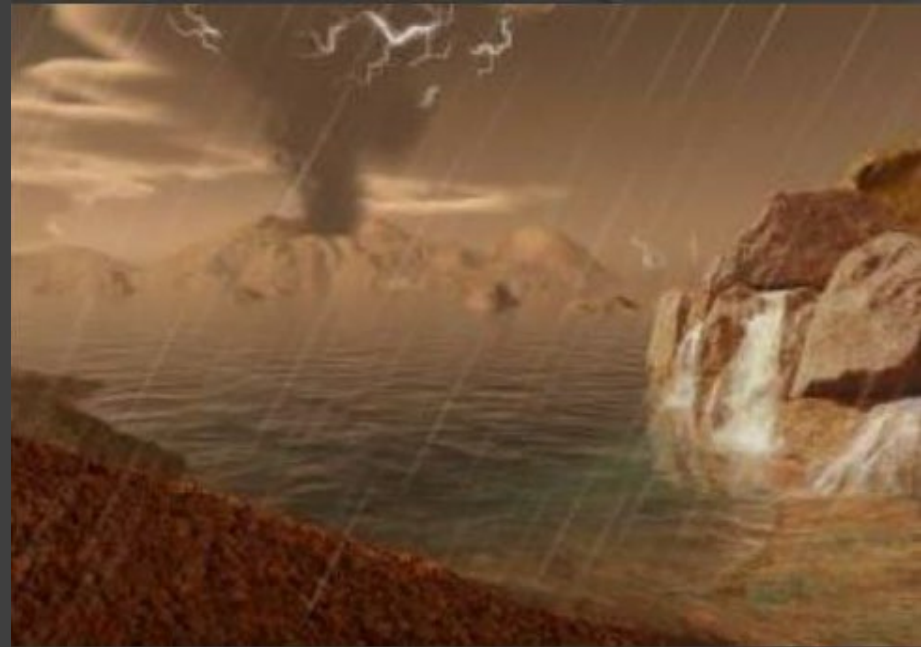
# Οι ωκεανοί σχηματίζονται....

- Οι ωκεανοί της Γης σχηματίστηκαν καθώς ο πλανήτης συνέχιζε να ψύχεται.
- Οι υδρατμοί συμπυκνώθηκαν για να σχηματίσουν σύννεφα και άρχισαν οι μεγάλες βροχές.
- Στην αρχή, το νερό της βροχής εξατμιζόταν στον ζεστό αέρα πριν φτάσει στο έδαφος ή έβραζε ή εξατμίστηκε γρήγορα όταν έφτανε στο έδαφος.
- Αυτή η εξάτμιση επιτάχυνε την ψύξη της επιφάνειας της Γης.



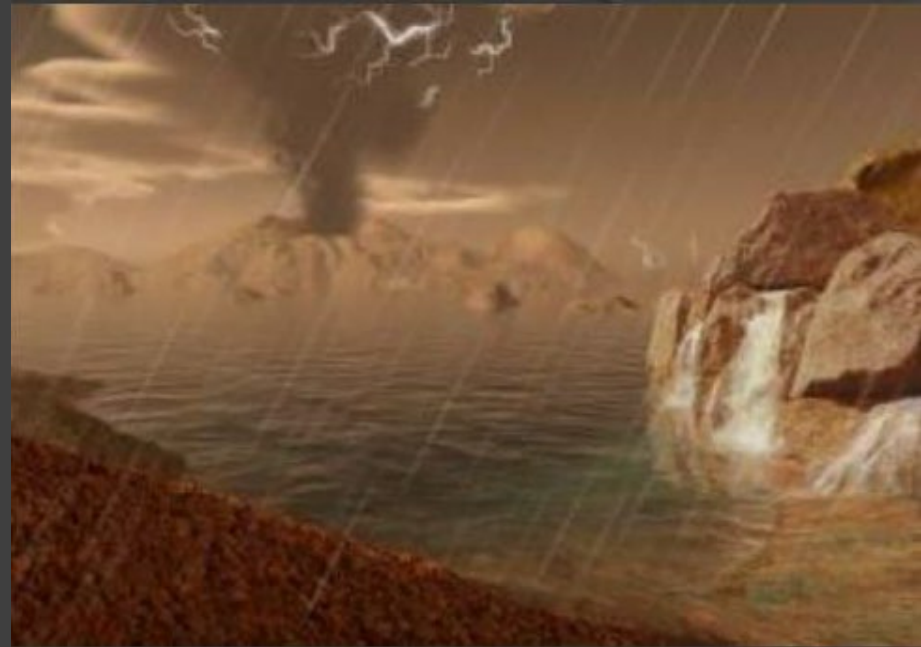
# Οι ωκεανοί σηματίζονται....

- Οι καταρακτώδεις βροχές συνεχίστηκαν και σιγά σιγά γέμισαν χαμηλές περιοχές, σχηματίζοντας τους ωκεανούς.
- Αυτό μείωσε όχι μόνο τους υδρατμούς στον αέρα αλλά και την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο διαλύθηκε στο νερό.
- Παρέμεινε ατμόσφαιρα πλούσια σε άζωτο



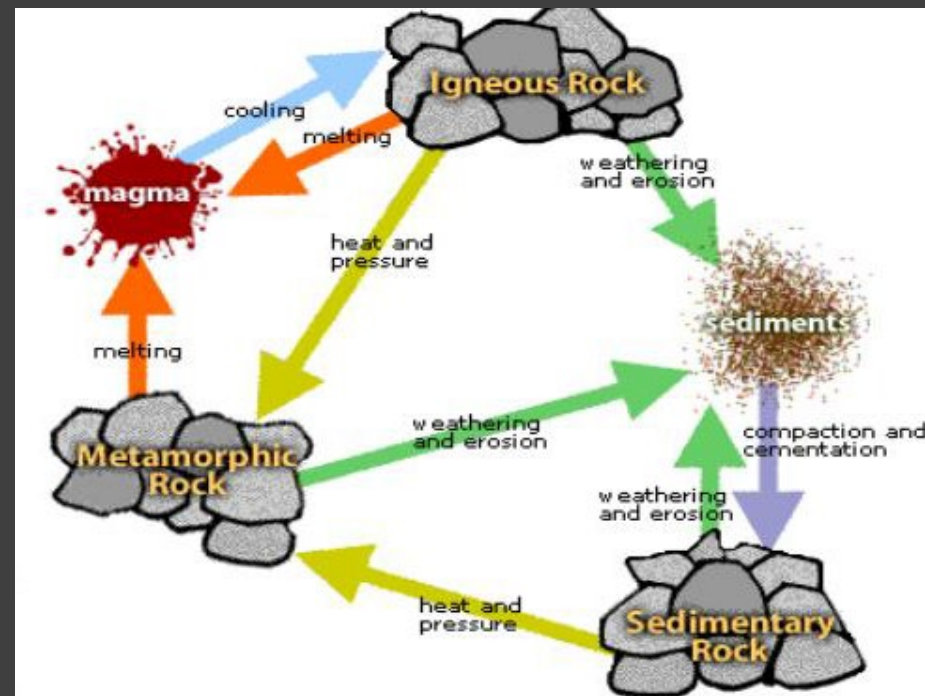
# Οι ήπειροι αναπτύσσονται....

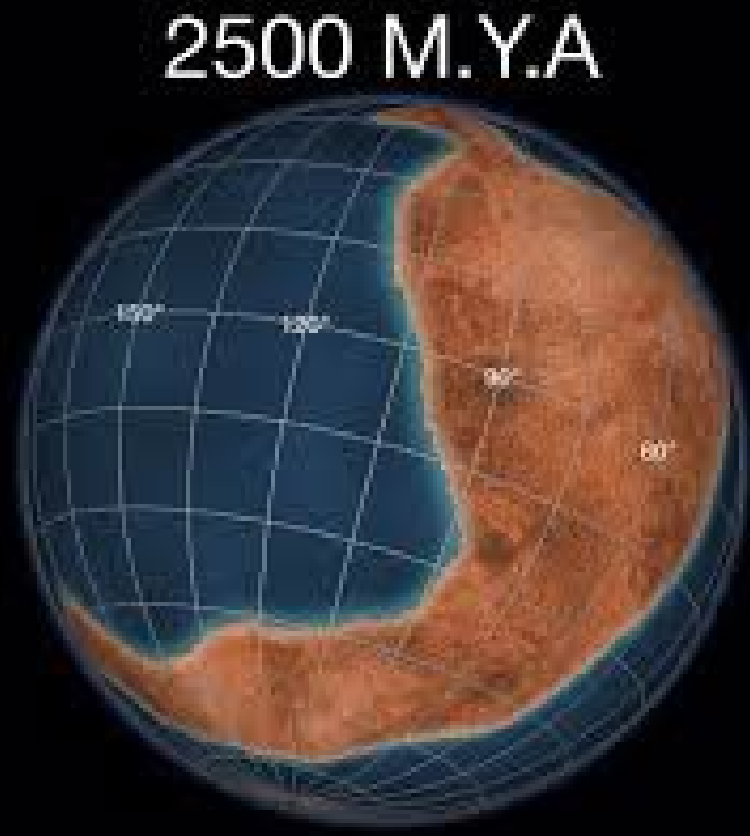
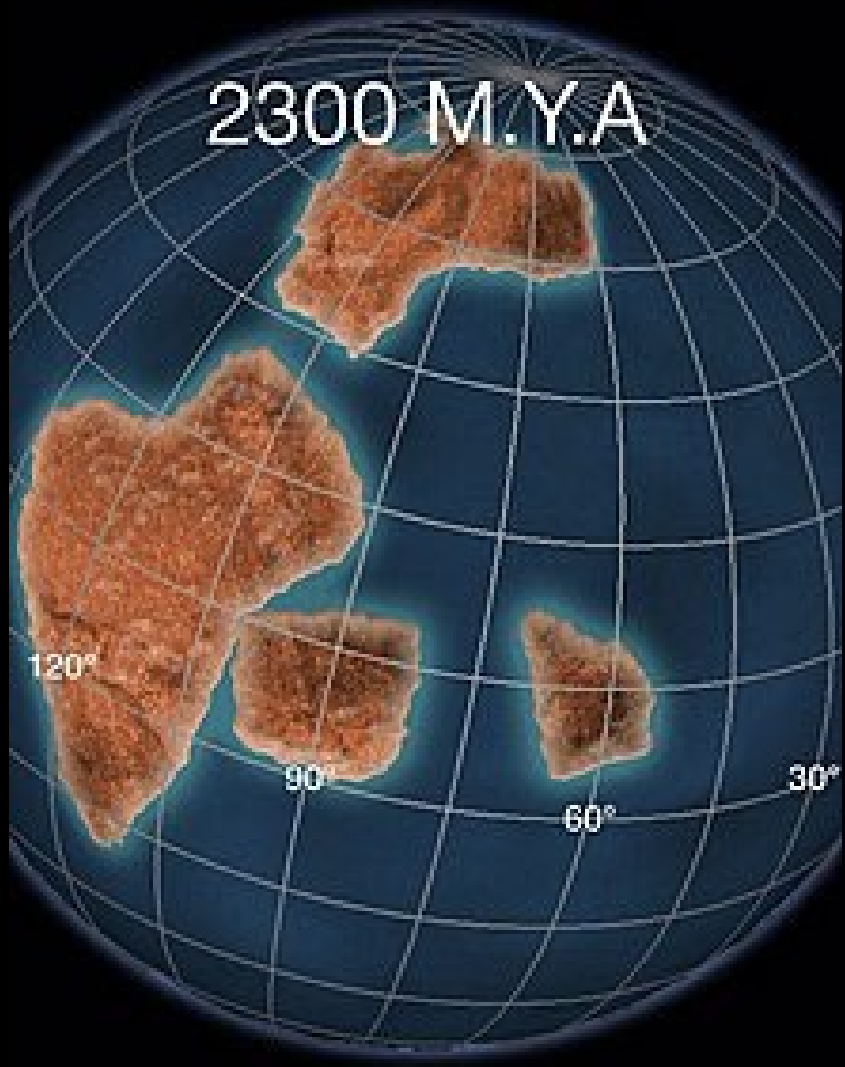
- Οι μικρές ήπειροι άρχισαν να σχηματίζονται περίπου 500 εκατομμύρια χρόνια μετά το σχηματισμό της Γης.
- Όπως και στη Γη σήμερα, η μεταφορά του μανδύα οδήγησε τις διαδικασίες της τεκτονικής πλακών.
- Τεκτονικές δυνάμεις προκάλεσαν την ανάπτυξη των πρώιμων ηπείρων κατά συσσώρευση και τη διάσπαση λόγω ρήξης.



# Οι ήπειροι αναπτύσσονται....

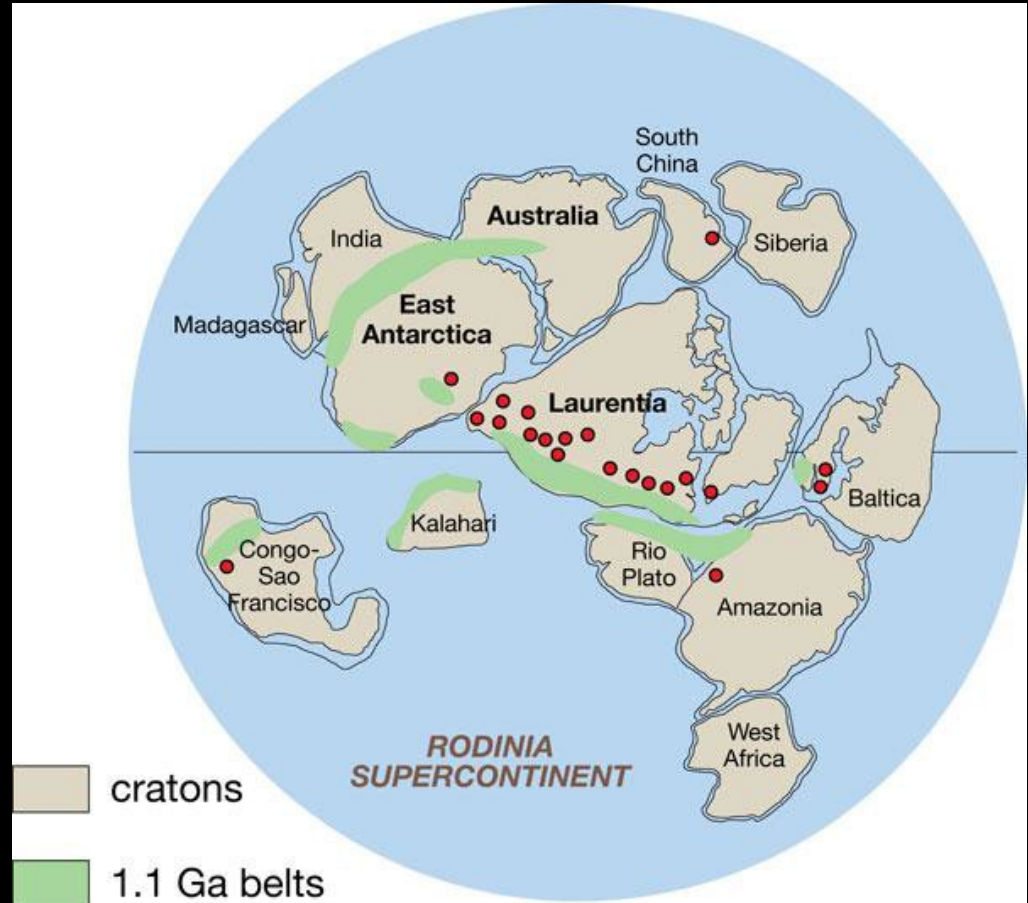
- Ταυτόχρονα ξεκίνησε ο κύκλος των πετρωμάτων.
- Οι πρώιμες ήπειροι αποτελούνταν από γρανιτικά πυριγενή πετρώματα που ήταν λιγότερο πυκνά από το ηφαιστειακό πέτρωμα του ωκεάνιου φλοιού.
- Αποσάθρωση και διάβρωση οδήγησαν στο σχηματισμό ιζηματογενών πετρωμάτων.
- Τεκτονικές δυνάμεις και ηφαιστειακή δραστηριότητα στον φλοιό βοήθησαν στο σχηματισμό μεταμορφωμένων πετρωμάτων.





**Kenorland**

- Κατά τον Προτεροζωικό Αιώνα (2.5-0.57 By ) εμφανίζονται σταθερές ήπειροι που συγκλίνουν- **Ροδίνια ορογένεση**
- Περιτριγυριζόταν από έναν ωκεανό την **Μιροβία**
- Αρχίζει να ανοίγει και να χωρίζει και να σχηματίζει στα 750 εκατομ. έτη, την **Πανθάλασσα** (πρωτοειρηνικός).





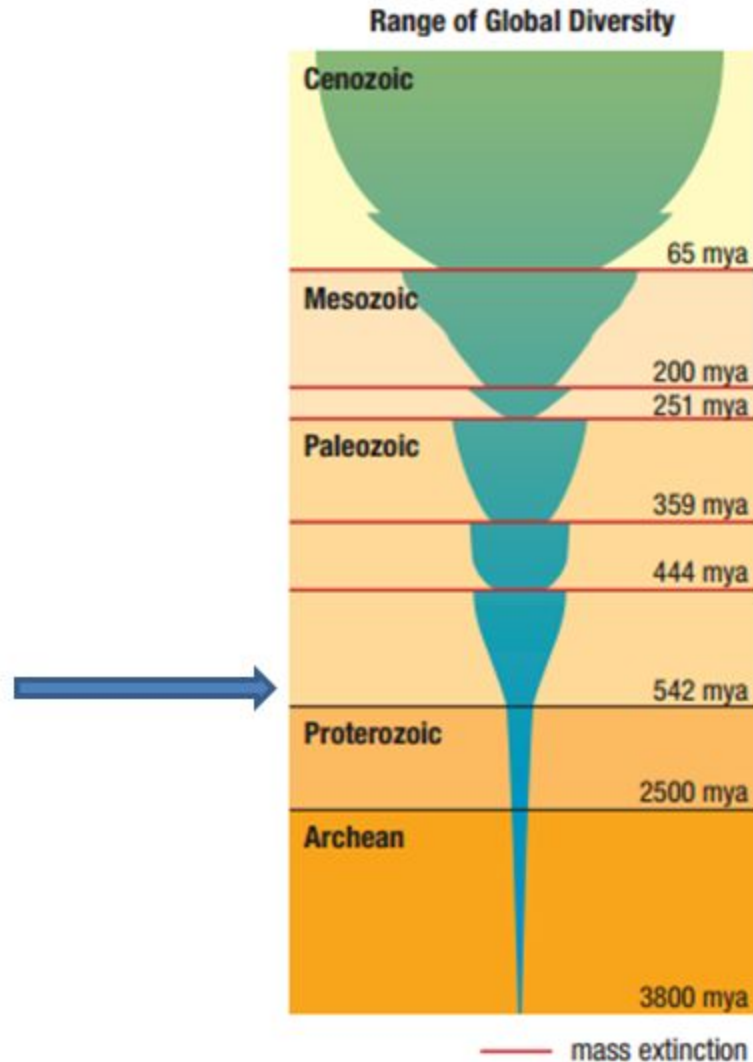
- Το παλαιότερο ηφαιστειογενές πέτρωμα είναι ηλικίας 3.76 δισεκατομμυρίων ετών.
- Μετεωρίτες (πρωτογενή σώματα του ηλιακού συστήματος) που προσέκρουσαν στη Γη έχουν ηλικία 4.55 δισεκατομμυρίων ετών.
- Τα παλαιότερα πετρώματα στη Γη βρέθηκαν στη Γροιλανδία και η ηλικία τους είναι 3.7-3.8 δισεκατομμύρια έτη.
- Τα παλαιότατα χρονολογημένα υγρά είναι κρύσταλλοι ζirkονίου. Βρέθηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα της Αυστραλίας και έχουν ηλικία 4.0 – 4.2 δις έτη.

## Η Ζωή στο Προκάμβριο

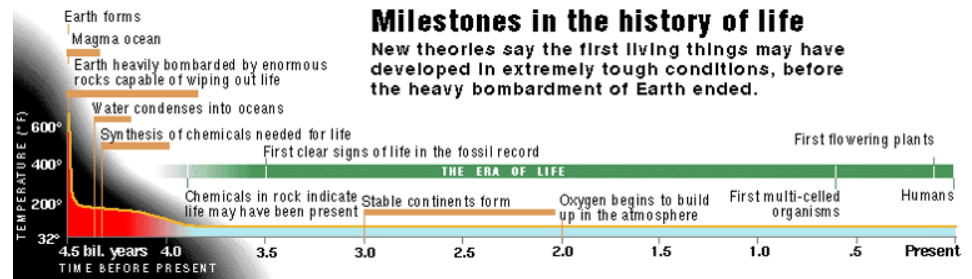
- Η **Προκάμβρια** περίοδος καλύπτει τη γεωλογική περίοδο μέχρι την αρχή του Καμβρίου, περίπου **570-600 εκατομμύρια πριν από σήμερα**.
- Στην **αρχή του Καμβρίου**, τα περισσότερα **φύλα των ασπονδύλων ζώων** έκαναν την εμφάνισή τους μέσα σε ένα διάστημα λίγων εκατομμυρίων χρόνων.
- Αυτή η μεγάλη αύξηση ονομάζεται **«έκρηξη του Καμβρίου»** επειδή πριν από αυτή την εποχή τα απολιθώματα είναι σπάνια και δεν περιλαμβάνουν τίποτα πιο πολύπλοκο από μονοκύτταρα βακτήρια.

# Κάμβρια έκρηξη

- Κάμβρια έκρηξη: η χρονική περίοδος κατά την οποία συνέβη η εξέλιξη των πιο μεγάλων ζωικών φύλων, διάρκειας 40 εκατομμύρια χρόνια
- Μια από τις σημαντικότερες περιόδους εξέλιξης της ιστορίας της Γης



# Η Ιστορία της ζωής



Πού δημιουργήθηκε η πρώτη μορφή ζωής;

- Κατά τον Αναξίμανδρο τον Μιλήσιο (5ος αιώνας π. Χ.) η ζωή δημιουργήθηκε στο νερό.
- *«... Ωκεανόν όσπερ γέννεσις πάντεσσι τέτυκται....»*, τα πάντα γεννήθηκαν στον ωκεανό. (Όμηρος)

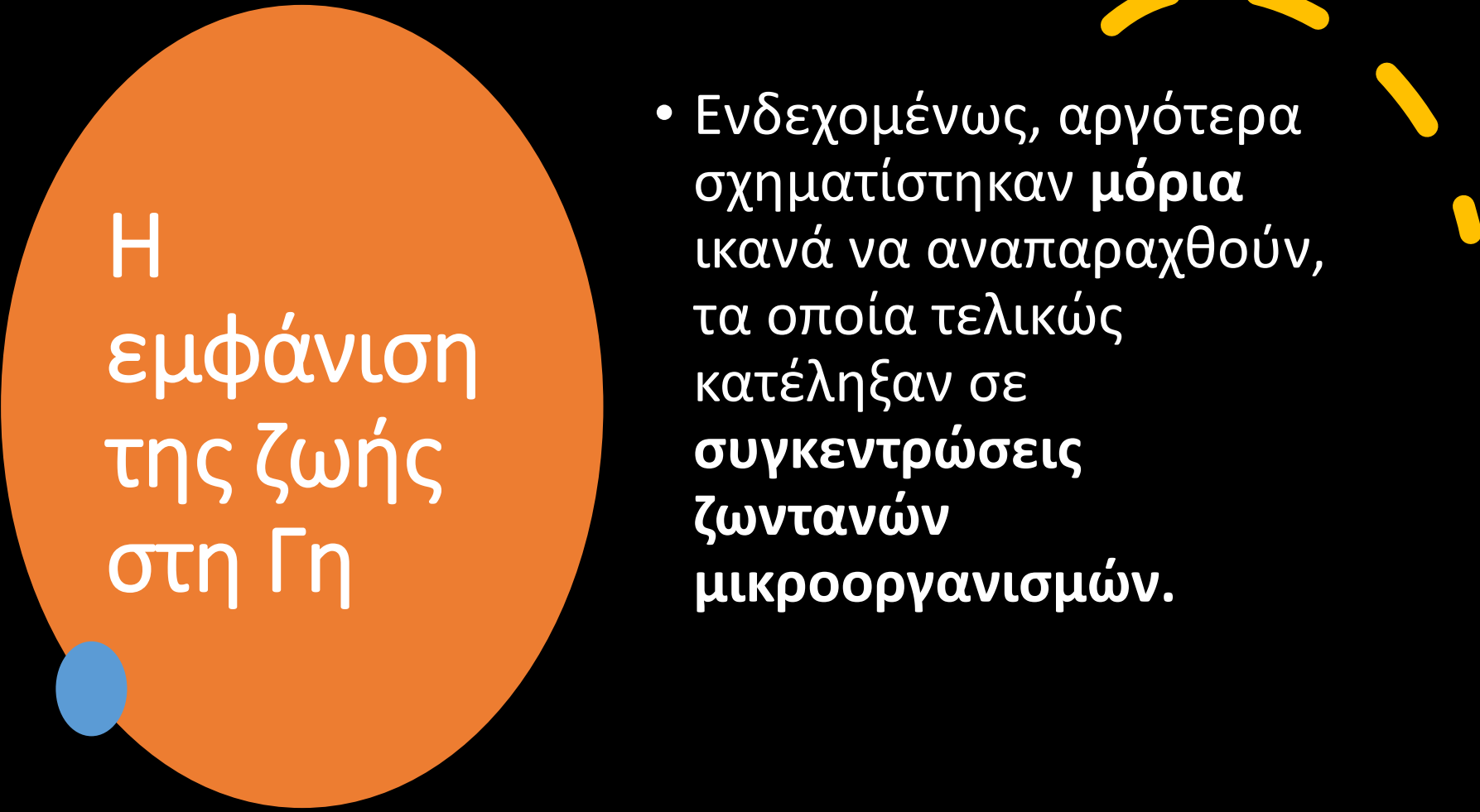
# Η προέλευση της Ζωής στη Γη

- Η ζωή αναπτύχθηκε σε πιο σύνθετες μορφές μέσα από σταδιακή εξέλιξη, στη διάρκεια αρκετών χιλιάδων γενεών
- Η ζωή ξεκίνησε στη θάλασσα ως μονοκύτταρος οργανισμός
- Οι αρχέγονοι πολυκύτταροι οργανισμοί δεν είχαν σκληρές δομές, ώστε να αφήσουν απολιθώματα
- Τα αρχαιότερα απολιθώματα χρονολογούνται ~ 4 δισ χρόνια πριν



# Η εμφάνιση της ζωής στη Γη

- **Oparin και Haldane: οι απλούστερες μορφές ζωής εμφανίστηκαν σταδιακά μέσω της προοδευτικής συνένωσης μικρών ανόργανων μορίων σε πιο πολύπλοκα οργανικά μόρια.**

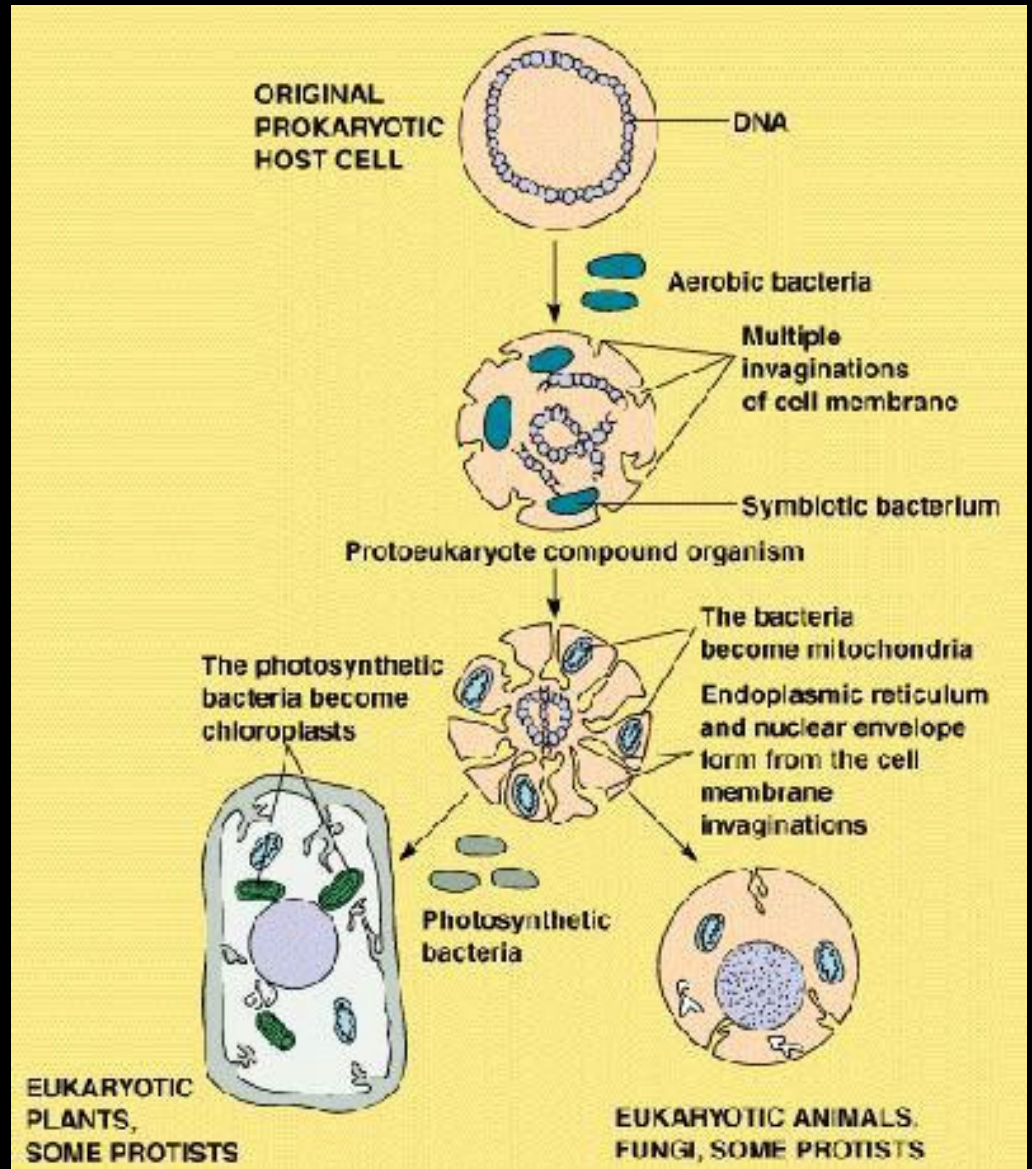


# Η εμφάνιση της ζωής στη Γη

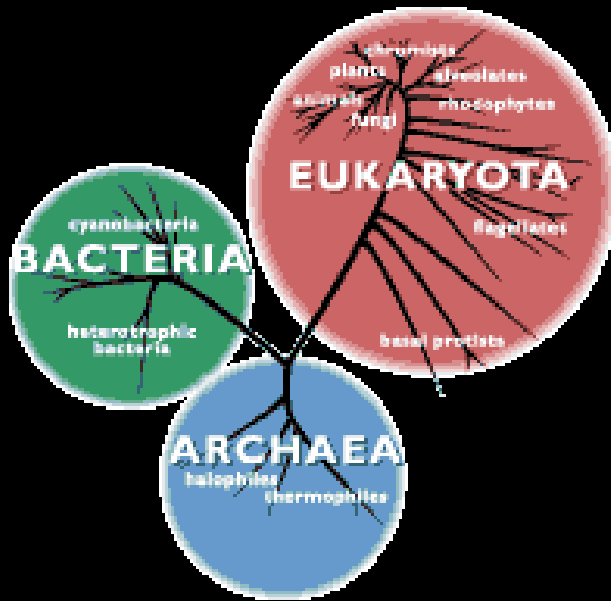
- Ενδεχομένως, αργότερα σχηματίστηκαν **μόρια** ικανά να αναπαραχθούν, τα οποία τελικώς κατέληξαν σε **συγκεντρώσεις ζωντανών μικροοργανισμών.**



# Ενδοσυμβίωση

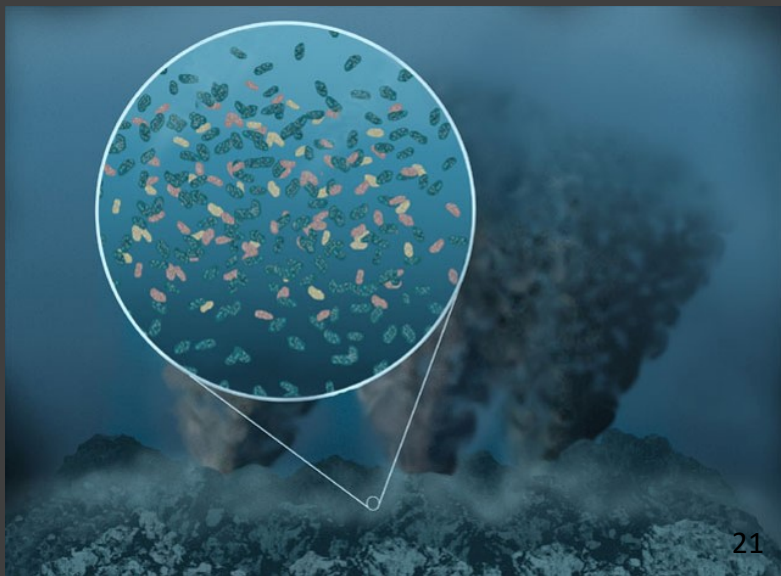


# Απολιθώματα



- Οι ενδείξεις από τα απολιθώματα αποκαλύπτουν ότι η ζωή υπάρχει εδώ και 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια - στον Αρχαιοζωικό Αιώνα και επομένως θα πρέπει να ξεκίνησε πριν από περίπου 4 δισεκατομμύρια χρόνια.
- Παλιότερο 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

# Πρωτοκύτταρα



Τα πρωτόγονα χημικά συστήματα που περιγράψαμε προηγουμένως δεν έχουν αυτή τη βασική ιδιότητα.

- Οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί ήταν **πρωτοκύτταρα**, δηλαδή αυτόνομες μονάδες, περικλεισμένες σε μεμβράνες, με μια πολύπλοκη λειτουργική οργάνωση που τους επέτρεπε τη **βασική λειτουργία της αυτοαναπαραγωγής**.

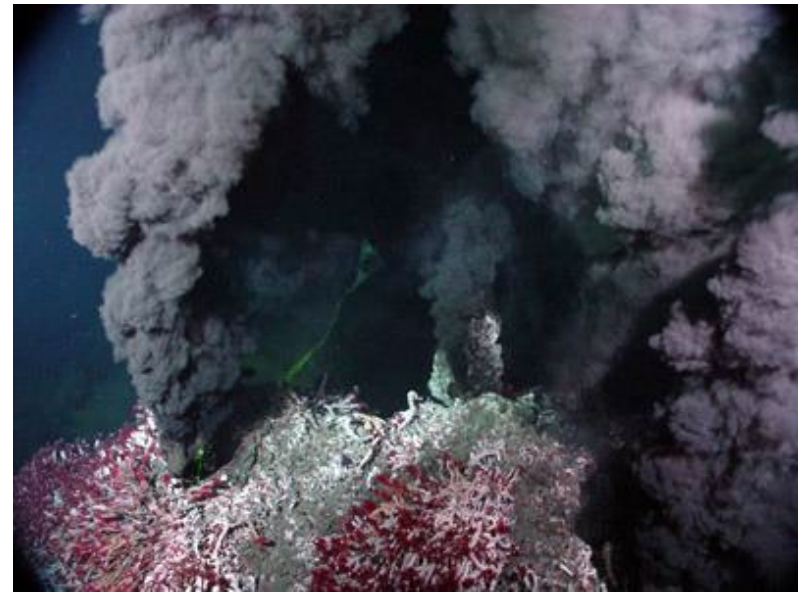
## 3.8 δισεκατομμύρια έτη

- Εμφανίζονται τα πρώτα βακτήρια.
- Οι πρώτες μορφές ζωής εμφανίζονται σε θάλασσες μικρού βάθους, κοντά σε θερμές οπές, που αποτελούσαν πηγές θερμότητας και ορυκτών.



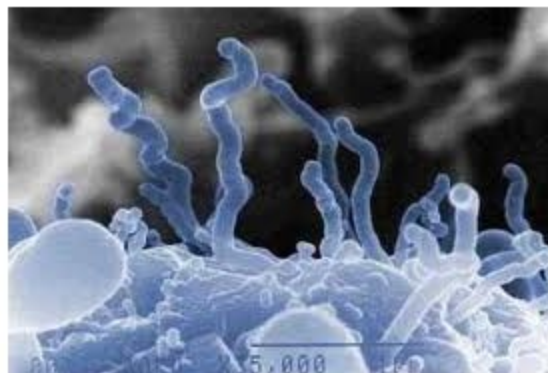
- Υπάρχει παρόμοιο περιβάλλον σε βάθος 3-5 χιλιομέτρων στις μεσοωκεάνιες ράχες που ευνοεί την ανάπτυξη θερμόφιλων βακτηρίων.

Ωκεανό- μεσσοκεάνιες τάφρους-Υδροθερμικές Πηγές  
Ψυχρές ηφαιστειακές λαγούνες



## Ένα βήμα πριν τη φωτοσύνθεση....

- Ηωβακτήριο (*Eobacterium isolatum*), το πρώτο βακτήριο της αυγής, δηλαδή της αρχής της ζωής, (ηώς=αυγή)
- Αρχαιοσφαιροειδές (*Archaeosphaeroides barbertonensis*)
- Ένα είδος κυανοφύκους ηλικίας 3,5 δισεκατομμυρίων χρόνων



## Στα βήματα της φωτοσύνθεσης...

- Οι πρώτοι γνωστοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί: Φύκη (*Gunflintia*, *Entosphaeroides* κ.ά.)
- Χώρος: λίμνη Superior στα σύνορα ΗΠΑ και Καναδά - πετρώματα του σχηματισμού Gunflint.



- Μεγάλης σπουδαιότητας γεγονός είναι ότι τα φωτοσυνθετικά κυανοφύκη της εποχής εκείνης, δηλαδή στο μέσο Προκάμβριο, τροφοδοτούσαν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο, μεγάλο άλμα στην εξέλιξη της ζωής και της ατμόσφαιρας.

# Η εξέλιξη του μεταβολισμού

Αυτότροφοι οργανισμοί.

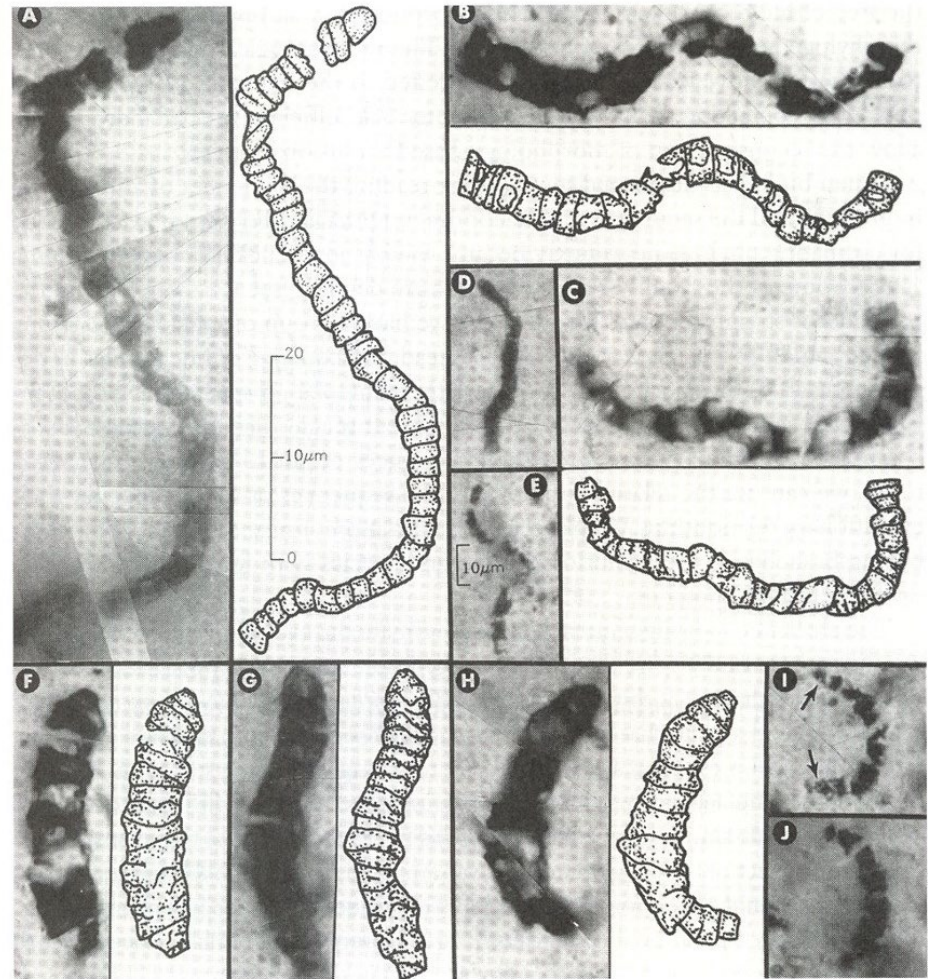
Πρωτογενείς ετερότροφοι.

Αναερόβιοι, παρόμοιοι με το βακτήριο Clostridium.

Ενζυματικές δραστηριότητες για τη μετατροπή οργανικών μορίων σε πιο πολύπλοκα όπως είναι οι υδατάνθρακες.

# Τα παλαιότερα απολιθώματα: Βακτηριόμορφοι οργανισμοί

- Οι πρώτοι βακτηριόμορφοι οργανισμοί πολλαπλασιάστηκαν δίνοντας μια μεγάλη ποικιλία μορφών, ορισμένες από τις οποίες ήταν ικανές για φωτοσύνθεση.
- Από αυτές προήλθαν πριν από 3 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια τα κυανοβακτήρια που είχαν την ικανότητα να παράγουν οξυγόνο.



# Στρωματόλιθοι



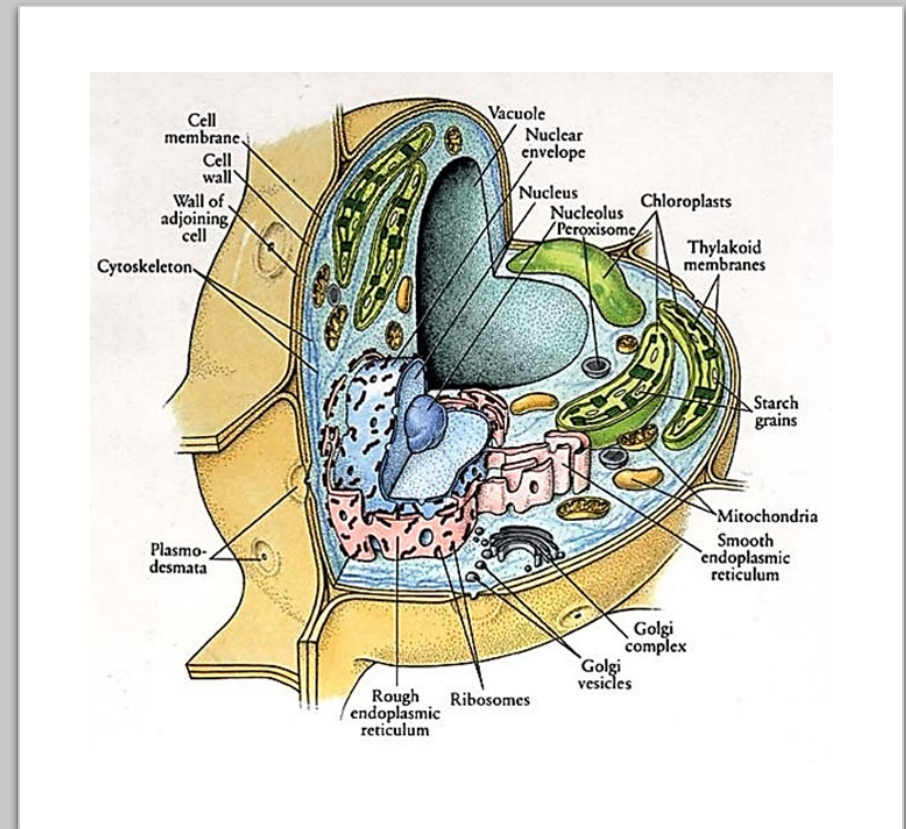
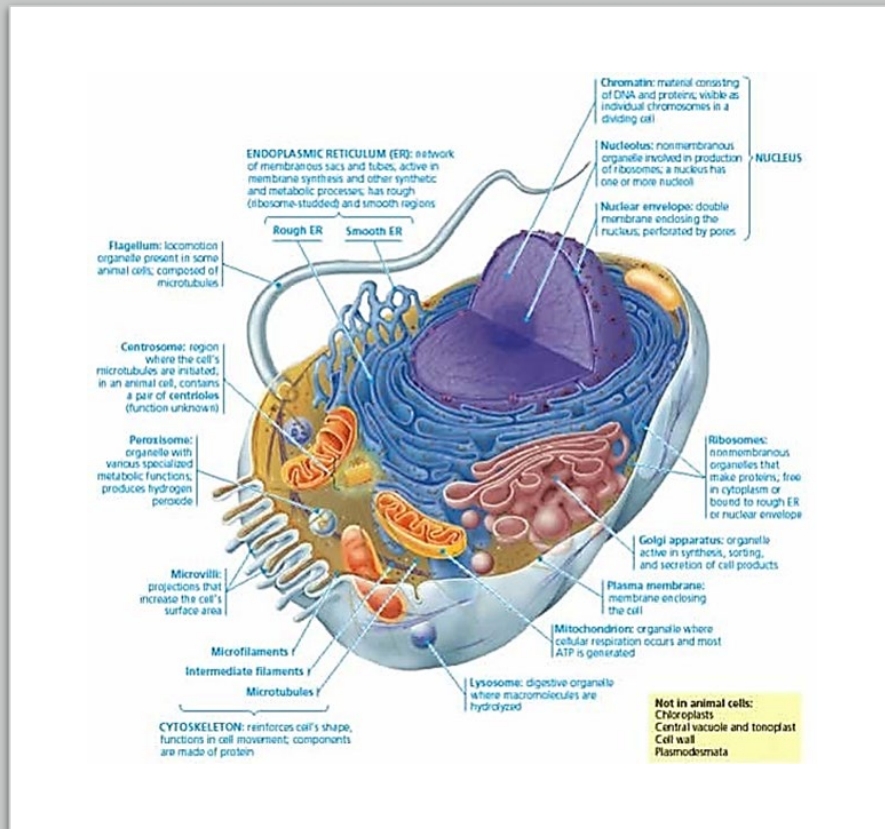
Πρωτόγονα κυανοβακτήρια

- Οι Στρωματόλιθοι είναι οι πρώτοι απολιθωμένοι οργανισμοί
- Παγκόσμια εξάπλωση από 3,5-1,2Ga.

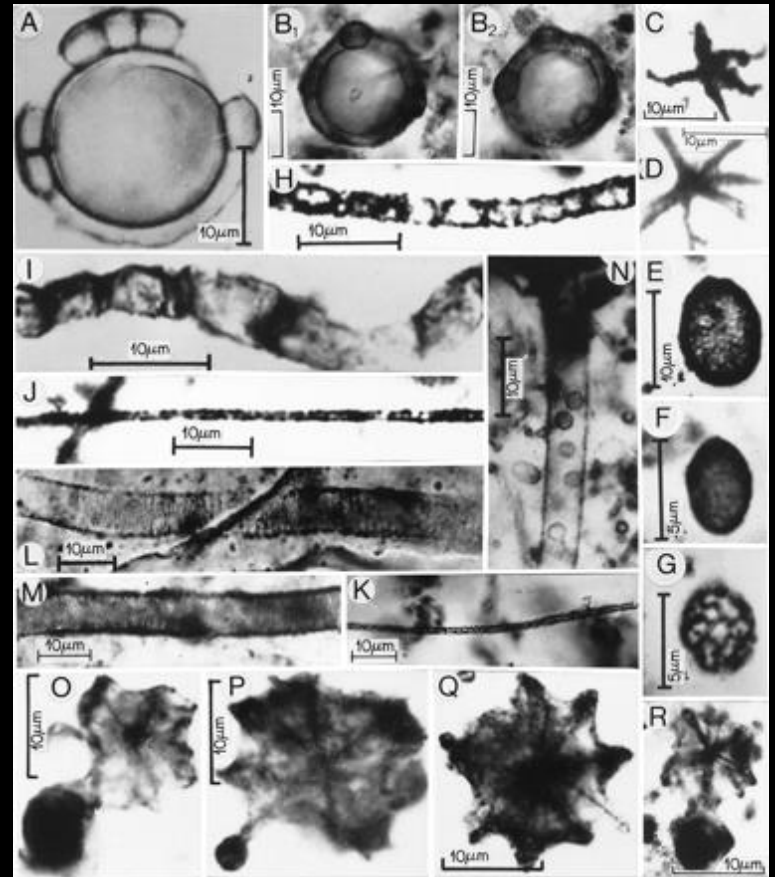


# Η εμφάνιση των ευκαρυωτικών οργανισμών

- Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν κύτταρα με πυρήνες που περικλείονται σε μεμβράνη και που περιέχουν χρωμοσώματα που αποτελούνται από χρωματίνη.
- Η προέλευση των Ευκαρυωτικών οργανισμών γύρω στα **2.7 δις έτη**, βασίζεται σε μοριακά απολιθώματα. Σε μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους στη Νοτιοδυτική Αυστραλία.

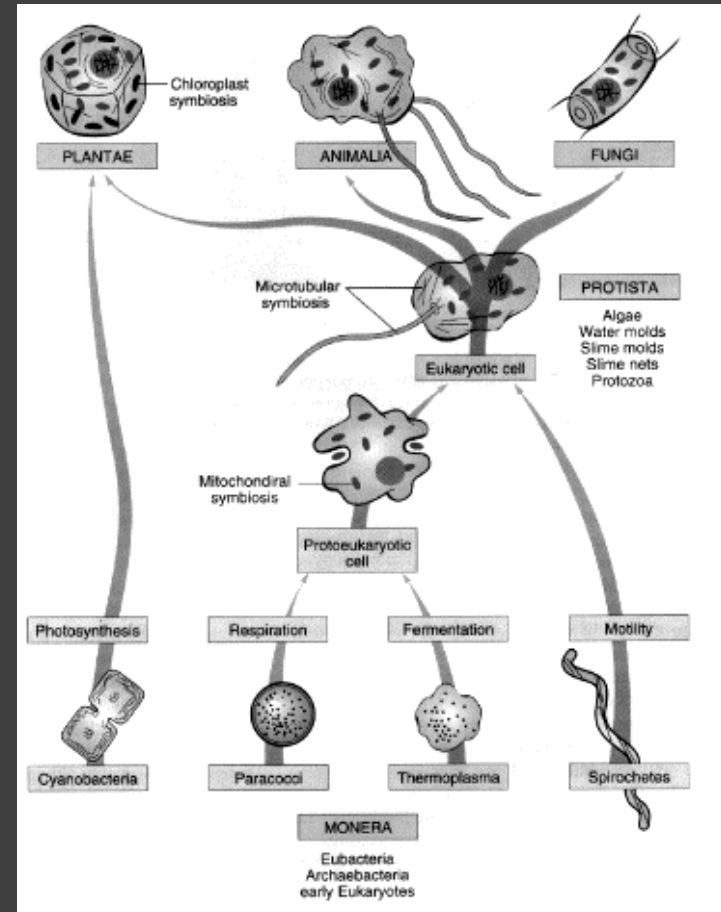


- Μερικοί από τους πρώτους ευκαρυωτικούς οργανισμούς ήταν μονοκύτταροι φυτοπλανκτονικοί (ακρίταρχα), πρώτιστα και φύκη.
- Το αρχείο των απολιθωμάτων υποδεικνύει ότι η φωτοσυνθετική γραμμή σχημάτισε τον Πρωτεροζωϊκό κορμό του ευκαρυωτικού δέντρου.



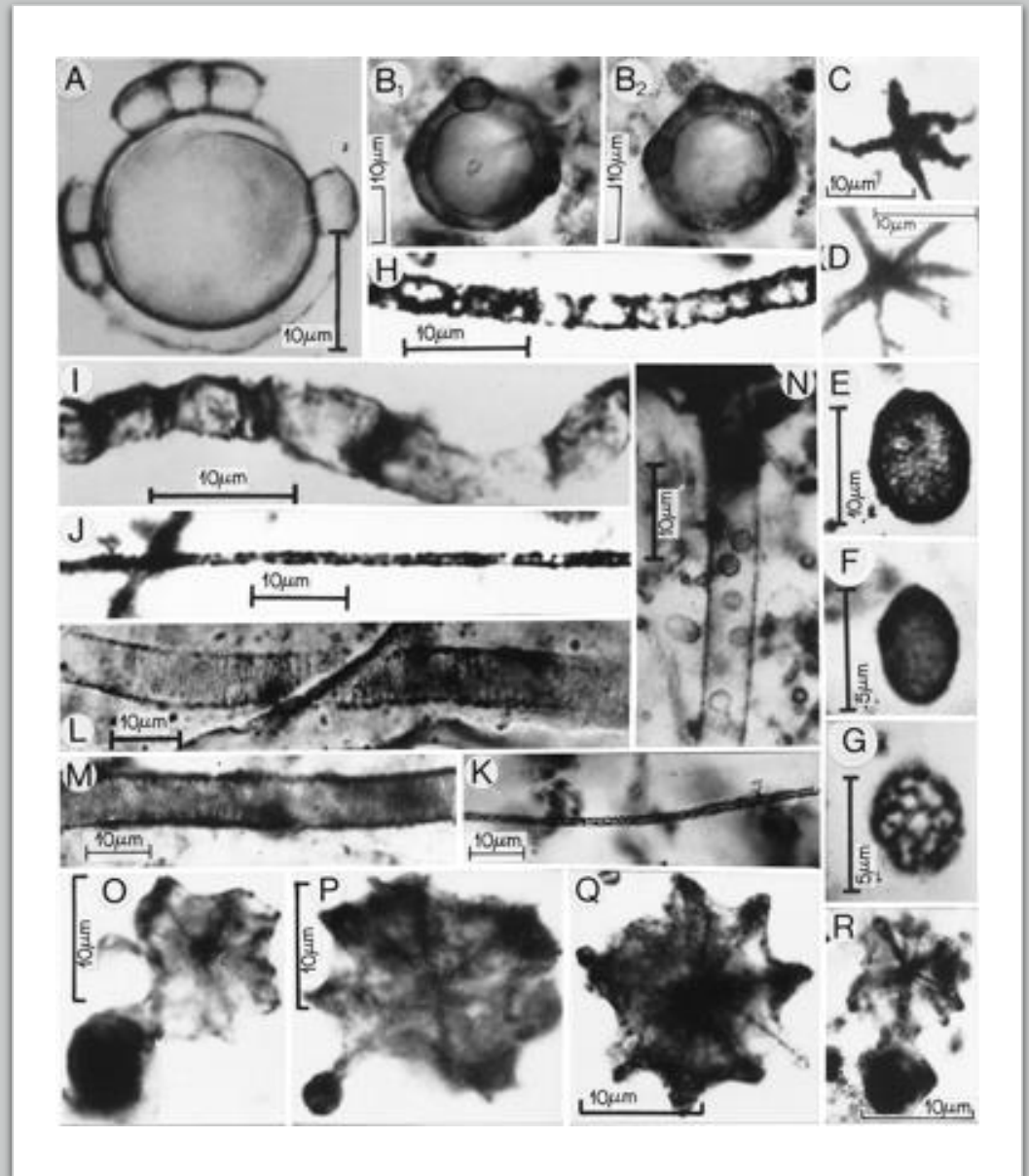
# Ευκαρυωτικοί Οργανισμοί

- Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί δεν προήλθαν από έναν προκαρυωτικό οργανισμό, αλλά είναι αποτέλεσμα συμβίωσης δύο ή περισσότερων προκαρυωτικών.



# Ακρίταρχα

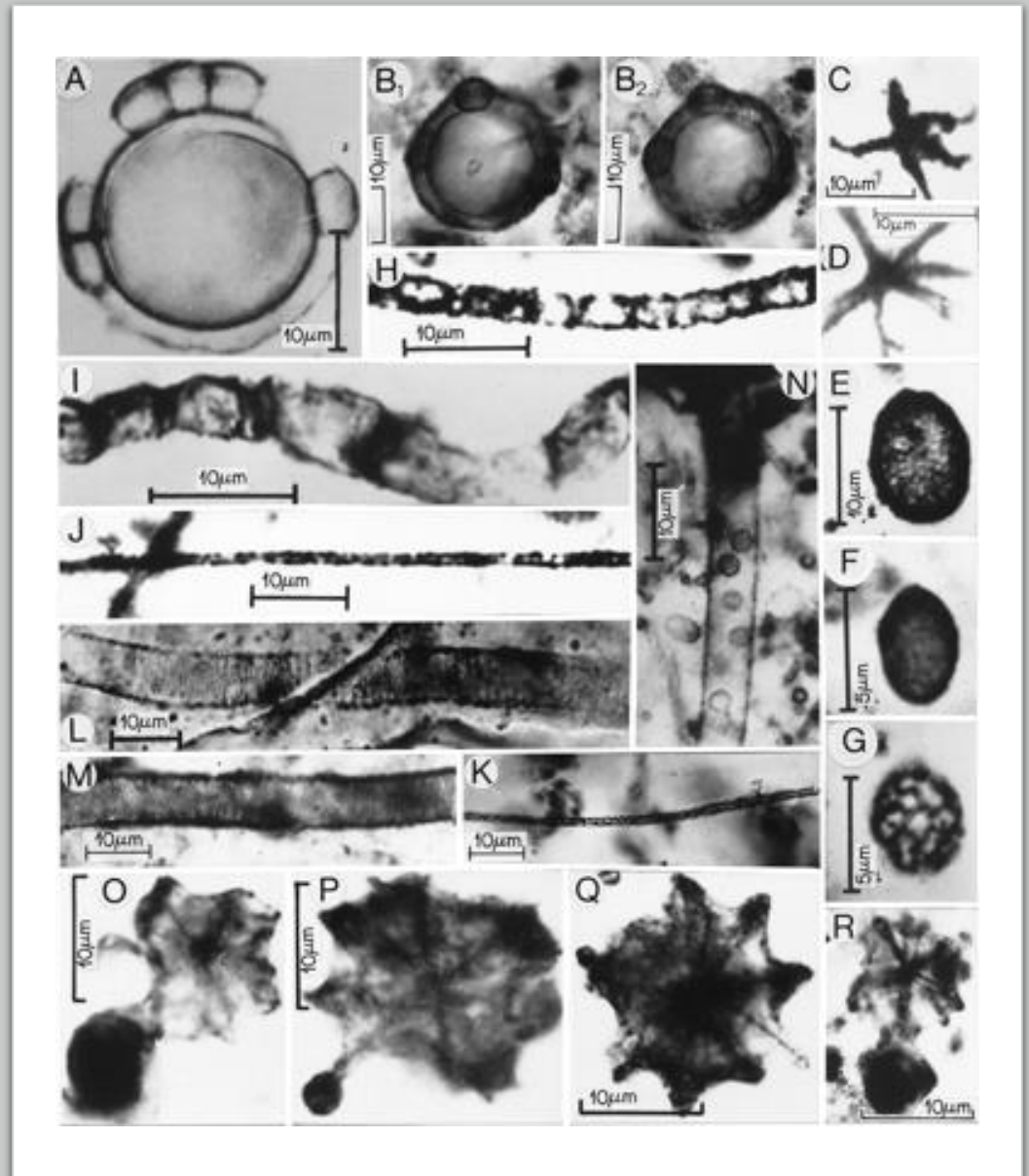
- Ευκαρυωτικοί οργανισμοί
- Μονοκύτταρα, σφαιρικά μικροαπολιθώματα
- Παχύ οργανικό κάλυμμα
- Πιθανότατα ήταν φυτοπλανκτόν
- Εμφανίστηκαν για πρώτη φορά πριν 1.6 δις έτη (όριο Παλαιοπροτεροζωικού – Μεσοπροτεροζωικού)
- Μερικά μοιάζουν με τις κύστες ή τα στάδια ανάπτυξης των σύγχρονων φυκών που ονομάζονται δεινομαστιγοφόρα.



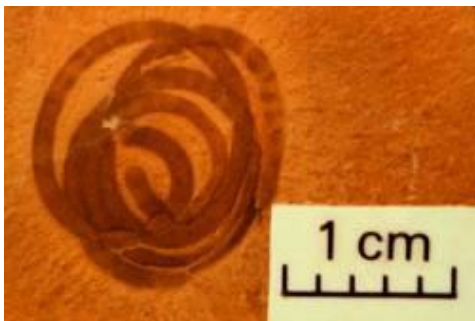


# Ακρίταρχα

- Μέγιστη ποικιλομορφία και αφθονία στα 850 εκ. έτη
- Υποχώρησαν κατά την διάρκεια των Βαράνγκιων παγετώνων
- Λίγα παρέμειναν μετά τα 675 εκ.έτη
- Εξαφανίστηκαν στο τέλος του Σιλούριου
- Χρήσιμα για το συσχετισμό Προτεροζωικών στρωμάτων



# Τα πρώτα Μετάζωα - *Grypania*

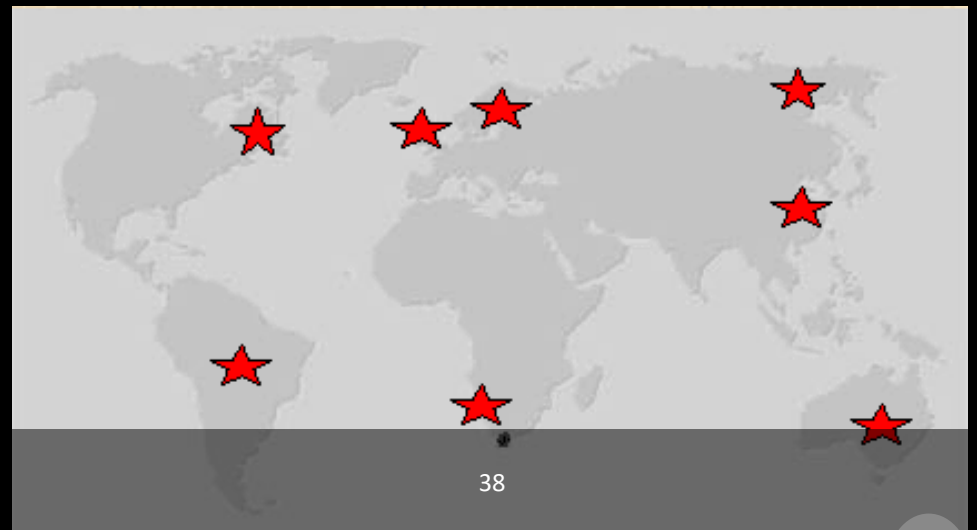


- Υπάρχουν λίγα στοιχεία για πολυκύτταρους οργανισμούς
- Πιθανότατα ο πρώτος πολυκύτταρος οργανισμός ήταν η *Grypania* που έμοιαζε με κορδέλα και βρέθηκε σε ανθρακικά πετρώματα ηλικίας 2.1 δις ετών από το Michigan
- Παρόμοια δείγματα σε Κίνα, Ινδία, Καναδά.
- Οι κορδέλες της *Grypania*, έχουν πλάτος 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 πολυκύτταρο ευκαρυωτικό φύκος.

# Χαρακτηριστικές πανίδες μεταζώων – Η πανίδα Ediacara



Οι πρώτοι ζωικοί οργανισμοί, 600 εκατομ. χρόνια πριν.



# Η πανίδα Ediacara - χαρακτηριστικά

- Μέγεθος οργανισμών από 1cm έως 1m
- Καλή διατήρηση των εκμαγείων λόγω απουσίας πτωματοφάγων και έλλειψης βιοαναμόχλευσης.
- Η πλειοψηφία πρωτόγονα κνιδάρια (μέδουσες, υδρόζωα), σκώληκες, αρθρόποδα και άλλα προβληματικά.
- Νέες μορφές και διαφορετικές από κάθε γνωστό ζώο.
- Πολλά είδη συσχετίζονται με σημερινά κνιδάρια όπως τα υδρόζωα (*Charnia*, *Charniodiscus*), και άλλα προβληματικά (το αινιγματικό *Tribrachidium*)
- Πρόσφατα ευρήματα δείχνουν την ύπαρξη ζώων που έμοιαζαν με τα αρθρόποδα (*Parvancorina*).

*Dickinsonia*,  
Αυστραλία



*Spriggina*,  
σκώληκας,  
Αυστραλία





*Charnia*

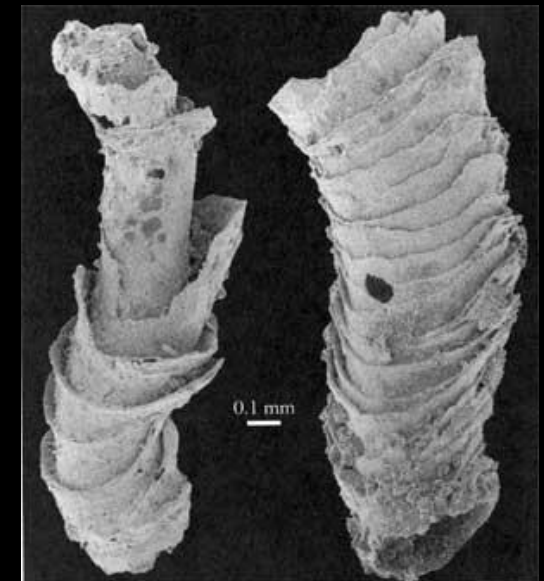
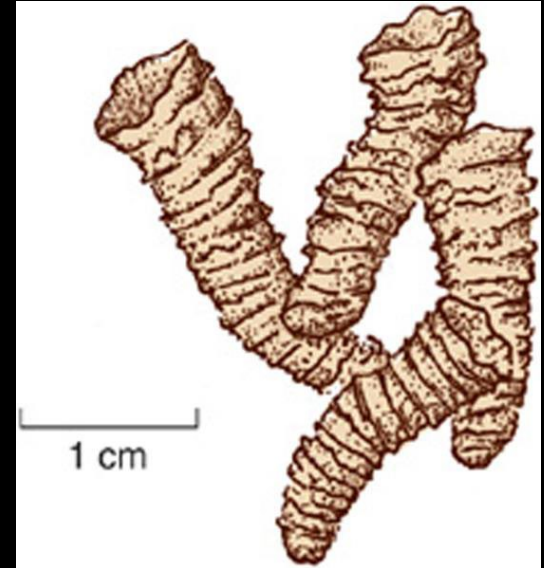
*Cyclomedusa*,  
μέδουσα,  
Αυστραλία





*Cloudina*: το πρώτο απολίθωμα με σκληρά, ανθρακικά μέρη

- Τα πρώτα απολιθώματα με σκληρά μέρη ή κελύφη εμφανίζονται στον Ανώτερο Νεοπροτεροζωικό.



# Οι πανίδες Εντιακάρα

- Εξαφανίζονται στο τέλος του Προτεροζωικού μεγαιώνα, πριν από 541 Ma, λόγω:
  - μία μαζική εξαφάνιση, η οποία πιθανώς υποστηρίζεται από τις αρνητικές τιμές  $\delta^{13}\text{C}$  αλλά και τις αυξημένες αποθέσεις μαύρων σχιστόλιθων, ενδεικτικών **ανοξίας**.
  - το αποτέλεσμα μίας βιοτικής αντικατάστασης, μέσω της οποίας οι επερχόμενοι κάμβριοι οργανισμοί οδήγησαν σε δραματική μείωση αυτούς της Εντιακάρα.
  - Η εξαφάνιση των μορφών της Εντιακάρα είναι πλασματική και οφείλεται στην έκλειψη των συγκεκριμένων, πολύ ιδιαίτερων, συνθηκών απολίθωσης αυτής της περιόδου.
  - Οι Laflame et al. (2013) προτείνουν ένα οικομηχανικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο η εξαφάνιση οφείλεται στην **εμφάνιση της θήρευσης** και τις μεγάλες αλλαγές των οικοσυστημάτων λόγω των ειδικών τρόπων διατροφής των σπόγγων (μέσω φιλτραρίσματος) και των αμφίπλευρων οργανισμών (μέσω βόσκησης και τρώσης), σε συνδυασμό με την εμφάνιση μικτών αεριζόμενων θαλάσσιων πυθμένων.

# Τέλος Προκάμβριου

Προς το τέλος του  
Προκάμβριου  
υπάρχει ζωή μόνο  
στη θάλασσα.

Η ζωή στη  
θάλασσα  
συνεχίζεται μέχρι  
τις μέρες μας.

# Το κλίμα στο Προκάμβριο

- Κατά την περίοδο του Προκαμβρίου τα στοιχεία είναι ελάχιστα, διότι δεν υπάρχουν ζώντες οργανισμοί πάνω στη Γη.
- Γνωρίζουμε μόνο ότι το Κ. Προκάμβριο ήταν θερμό με εποχιακές βροχές. Η πληροφορία αυτή σχετίζεται με τους ασβεστόλιθους και δολομίτες της Σιβηρίας, Β. Αμερικής και Αυστραλίας.
- Τα σκασίματα των ερυθροστρωμάτων αυτής της περιόδου δείχνουν τις εποχιακές βροχοπτώσεις.
- Στο Α. Προκάμβριο επικράτησε παγετώδες κλίμα σε παγκόσμια κλίμακα. Το συμπέρασμα αυτό σχετίζεται με την εκτεταμένη παρουσία των τιλλιτών (παγετώδη ιζήματα), με μεγάλο πάχος, σε πολλές περιοχές της Γης.
- Οι πρώτες παγετώδεις περιόδους:
  - Στον Παλαιοπροτεροζωικό, περίπου μεταξύ 2.45-2.22 δις έτη, η Χουρόνια (Huronian).
  - Στον Νεοπροτεροζωικό, 850-600 εκ. έτη, η Βαράνγκια (Varangian)

Η ΧΙΟΝΟΜΠΑΛΑ  
ΓΗ  
Snowball Earth vs.  
Slushball Earth





## **Χιονόμπαλα Γη**

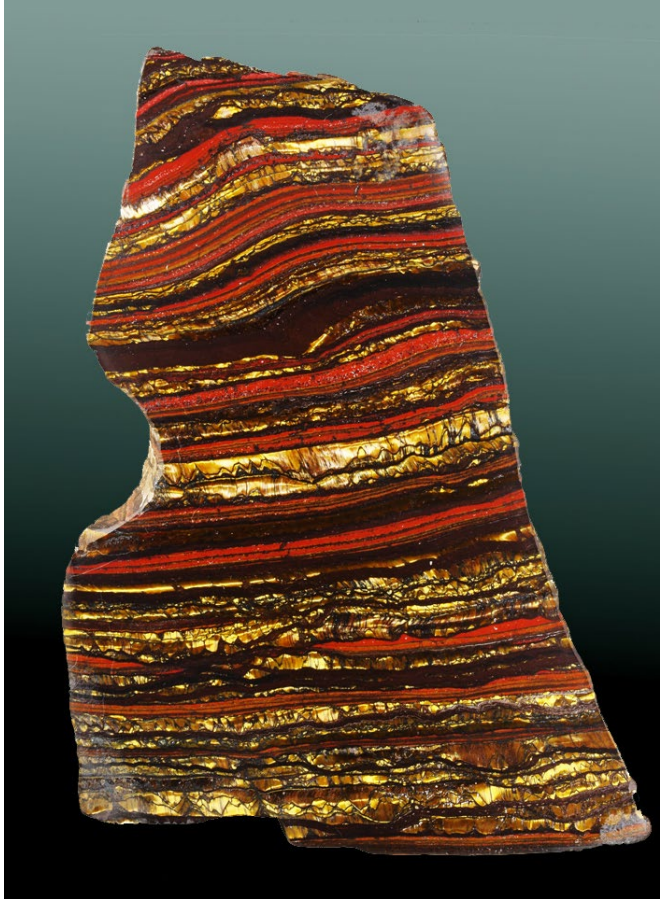
# Great Oxygenation Event (GOE) ή “Μεγάλο Οξειδωτικό Γεγονός”



γεωλογικός αιώνας	περίοδος	εποχή	εκατομ. έτη πριν	
Κοσμικός			4600	
Αζωικός	Κιβατίσιος		3600	
	Λαυρέντιος			
Προτεροζωικός	Χουρώνσιος		2700	
	Κεβινάβσιος			
Παλαιοζωικός	Προ-Κάμβριος			
	Κάμβριος		600	
	Ορδοβίσιος		500	
	Σιλούριος		430	
	Δεβόνιος		400	
	Λιθανθρακοφόρος	Μισσισιπίσιος		350
		Πενσυλβάνσιος		330
Πέρμιος		275		
Μεσοζωικός	Τριάσιος		225	
	Ιουράσιος		180	
Καινοζωικός	Τριτογενής	Κρητιδική	135	
		Παλαιόκαινος	66	
		Ηώκαινος	59	
		Ολιγόκαινος	38	
		Μειόκαινος	25	
	Τεταρτογενής	Πλειόκαινος	12	
		Ολόκαινος	0.6	
		0.01		







**Banded iron formation**

# Huronian glaciation



Ήταν ο  
παγετώνας  
Huronian το  
μόνο  
επεισόδιο  
Snowball που  
επηρέασε τον  
πλανήτη μας;

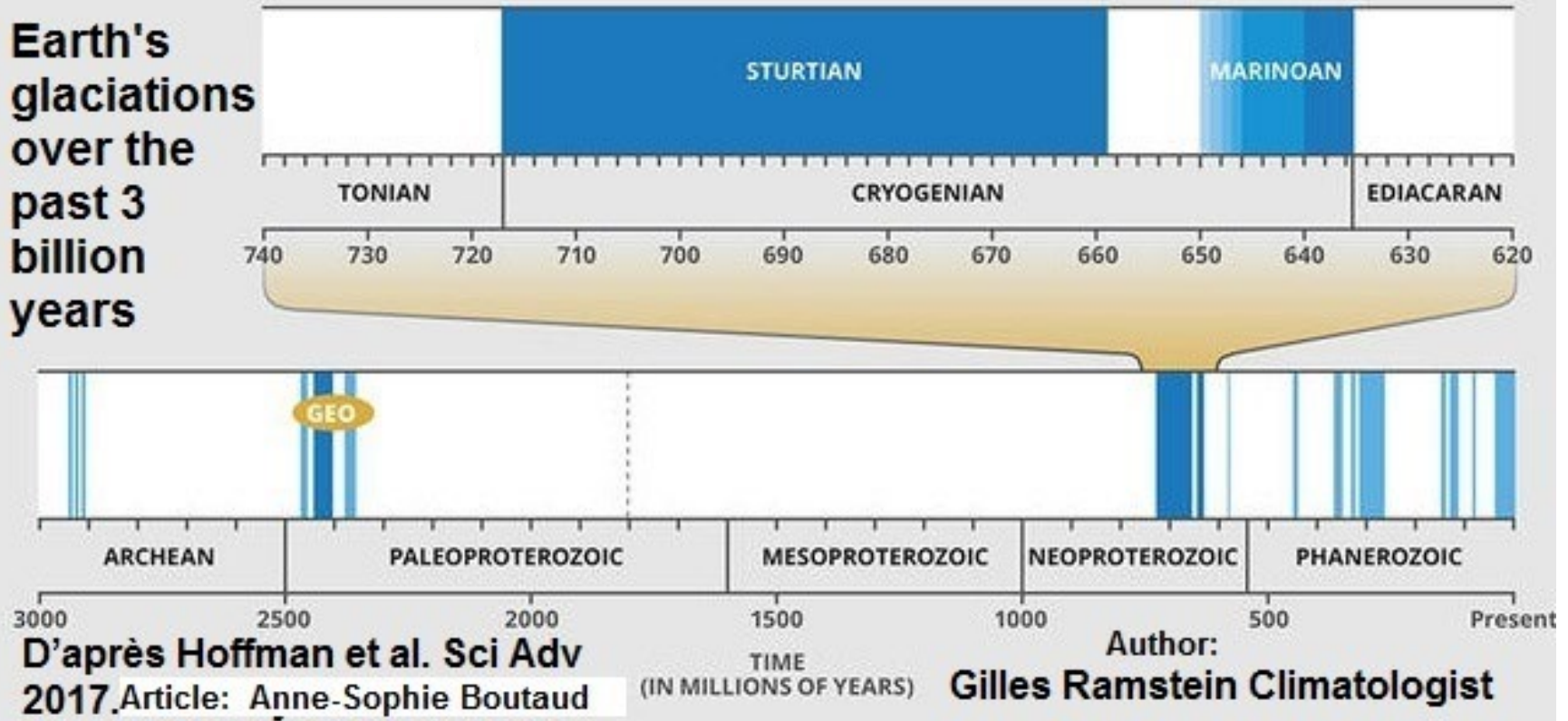
- **Όχι.** Τα τελευταία δισεκατομμύρια χρόνια, η Γη γνώρισε δύο ακόμη παγκόσμιες παγετώνες: τον Στουρτιανό παγετώνα, ο οποίος ξεκίνησε πριν από 720 εκατομμύρια χρόνια και, μετά από ένα σύντομο μεσοπαγετωνικό επεισόδιο, τον Μαρινοϊκό παγετώνα, ο οποίος τελείωσε πριν από 635 εκατομμύρια χρόνια

# The Earth during the Sturtian glaciation

720 million years ago, the Rodinia supercontinent began to break up, paving the way for the global glaciation (Sturtian) that was to follow. The areas surrounded show, (very) approximately, the plates that eventually led to today's continents.



## Earth's glaciations over the past 3 billion years



**Παγετώδεις Περίοδοι** . Με βαθύ μπλε χρώμα οι περίοδοι όπου ο πλανήτης ήταν καλυμμένος σχεδόν εξ' ολοκλήρου με πάγο "Χιονόμπαλα Γη-Snowball Earth" ενώ με γαλάζιο όταν οι παγετώνες κάλυπταν τμήματα επιφανειών της γης.