



# Εξελικτικός χρόνος Απολιθώματα

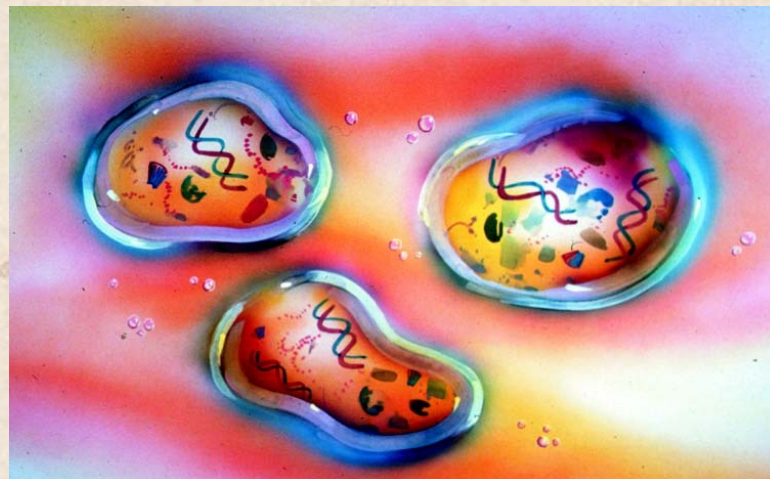
Π. Παφίλης

# Η ζωή μέσα στον χρόνο

- Δεν νοείται περιγραφή της εξελικτικής πορείας των οργανισμών χωρίς αναφορά στον χρόνο
- Η σύνθεση των εποίκων του πλανήτη μεταβάλλεται μέσα στον χρόνο
- Το 99% των κατά καιρούς κατοίκων που πέρασαν από τον πλανήτη έχει εξαφανιστεί...



- Η ηλικία του πλανήτη υπολογίζεται στα περίπου 4,7 δισ.χ. ενώ οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί εικάζεται ότι εμφανίστηκαν πριν από 3,84 δισ.χ.
- Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια της χημικής εξέλιξης ήταν σαφώς μικρότερη από αυτήν της οργανισμικής.
- Εάν μάλιστα λάβουμε υπόψη τις ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες λόγω έντονων γεωλογικών φαινομένων που ακολούθησαν την δημιουργία του πλανήτη, ο χρόνος της χημικής εξέλιξης περιορίζεται ακόμη περαιτέρω.



# Χρόνος και γεγονότα

Ο εξελικτικός χρόνος συνήθως αφορά γεγονότα ειδογένεσης\* (δηλαδή, δημιουργίας νέων ειδών) ή γεγονότα δημιουργίας γενετικής ποικιλομορφίας μεταξύ των ατόμων ενός πληθυσμού.

Τα πρώτα συμβαίνουν πολύ σπανιότερα από ότι τα δεύτερα, και η εμφάνιση νέων ειδών αναφέρεται με μια λέξη ως **μακροεξέλιξη**, ενώ η δημιουργία γενετικής ποικιλομορφίας, ως **μικροεξέλιξη**.



# Χρόνος και γεγονότα

Τα γεγονότα που προβάλλονται στον εξελικτικό χρόνο, μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες:

(α) Γενετικά (μικρο- και μακροεξελικτικά) γεγονότα

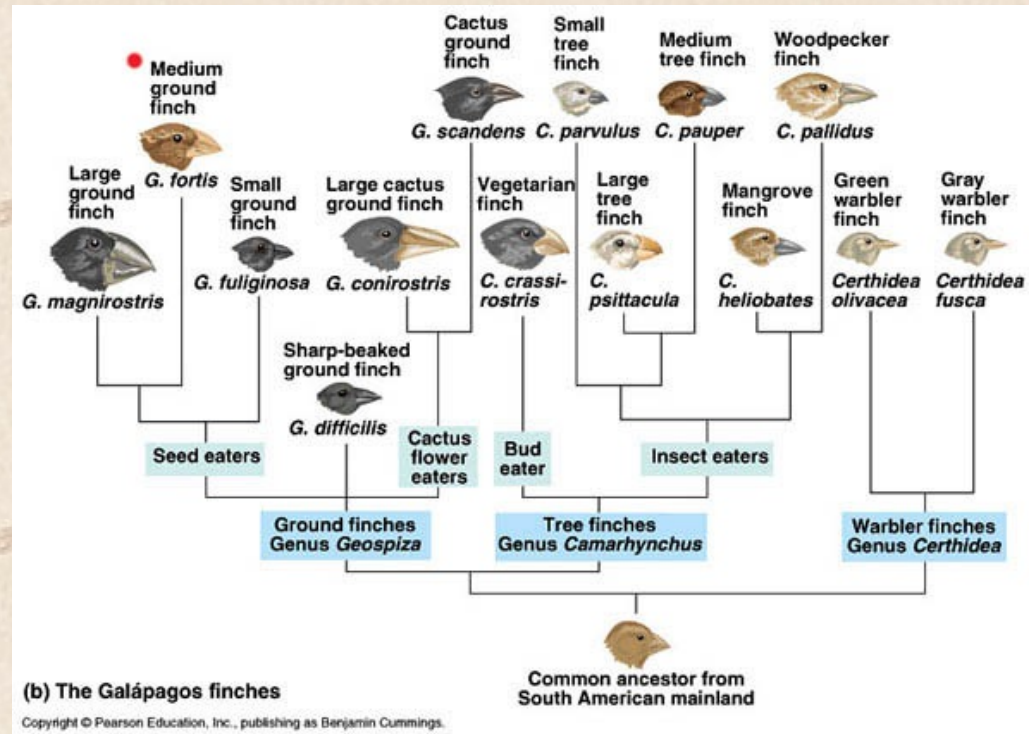
(β) Γεγονότα που προκλήθηκαν από την εμφάνιση ή από την εξαφάνιση οργανισμών

(γ) Φυσικά φαινόμενα, όπως αλλαγές γεωγραφικών και κλιματολογικών συνθηκών, που ναι μεν τα αίτιά τους βρίσκονται έξω από το χώρο της βιολογίας, αλλά επηρεάζουν ή προκαλούν μικρο- ή/και μακροεξελικτικά γεγονότα.

# Γενετικά γεγονότα

Η δημιουργία νέων ειδών στηρίζεται και τροφοδοτείται από τη γενετική ποικιλότητα.

Μέσα σε όχι απαραίτητα μεγάλα χρονικά διαστήματα ένα μόλις είδος μπορεί να δώσει πολλά νέα.





# Γεγονότα που προκλήθηκαν από την εμφάνιση ή από την εξαφάνιση οργανισμών

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με οξυγόνο και η αλλαγή του χαρακτήρα της από αναγωγική σε οξειδωτική, οφείλεται στην εμφάνιση και δράση των φωτοσυνθετικών οργανισμών.





- Η αλληλεπίδραση των ειδών αποτελεί κινητήρια δύναμη της εξέλιξης.
- Η εισαγωγή ανταγωνιστών μπορεί να επάγει ταχύτατα μορφολογικές αλλαγές μεγάλης κλίμακας.



EVOLUTIONARY BIOLOGY

## Rapid evolution of a native species following invasion by a congener

Y. E. Stuart,<sup>1\*</sup>†‡ T. S. Campbell,<sup>2\*</sup> P. A. Hohenlohe,<sup>3</sup> R. G. Reynolds,<sup>1,4</sup>  
L. J. Revell,<sup>4</sup> J. B. Losos<sup>1</sup>

Science, Oct 2014



# Φυσικά φαινόμενα

Η αλλαγή της  
θερμοκρασίας ήταν η  
αιτία για πολλές  
εξαφανίσεις ειδών...



# Υπολογισμός του χρόνου

Τα απολιθώματα βρίσκονται στους βράχους, και συνήθως οι γεωλόγοι προσπαθούν να υπολογίσουν την ηλικία του απολιθώματος από αυτή του περιέχοντα βράχου.

Αρχικά δεν μπορούσαν να αποδοθούν με ακρίβεια ούτε η διάρκεια αλλά ούτε και η εμφάνιση ενός εξελικτικού γεγονότος.





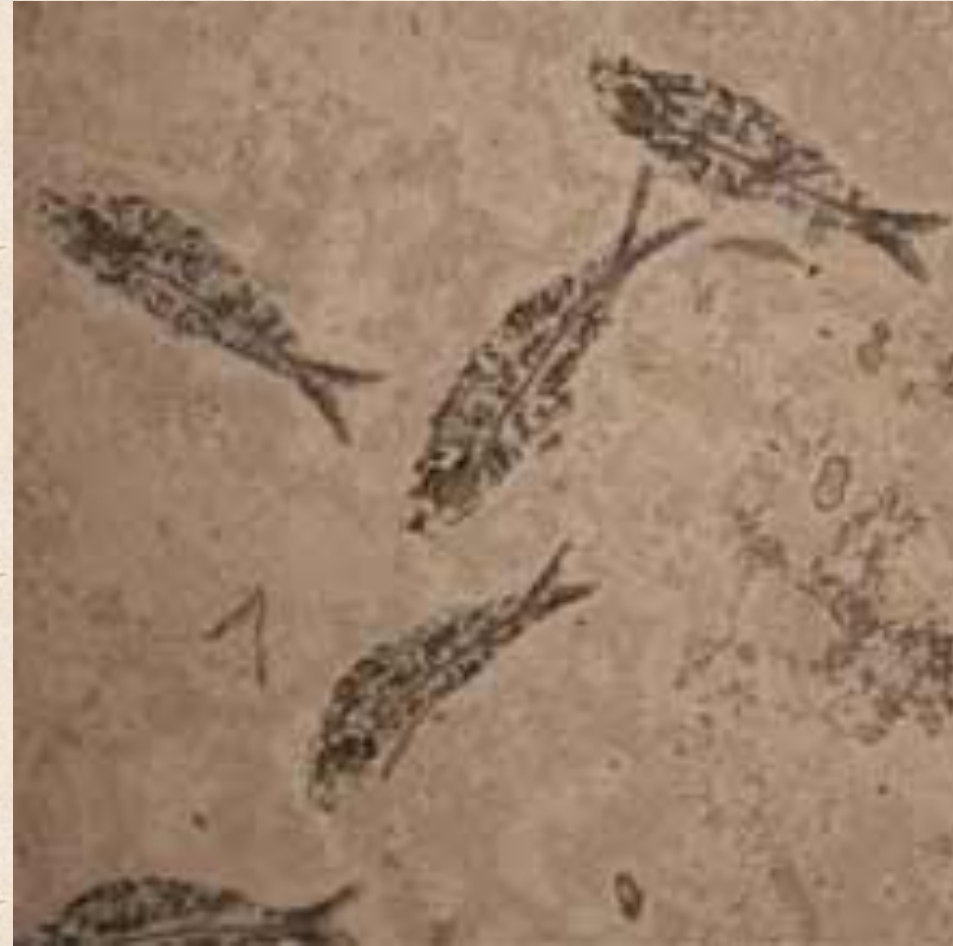
# Σχετική χρονολόγηση

Οι γεωλόγοι βασίστηκαν στη μελέτη των διαστρωματώσεων στηριζόμενοι σε 5 βασικές παραδοχές:

1. Η αρχή της εναπόθεσης: Τα νεότερα στρώματα επικάθονται πάνω στα παλαιότερα
2. Η αρχή της αρχικής οριζοντίωσης: Η εναπόθεση της λάβας και των διαφόρων ιζηματογενών πετρωμάτων ήταν αρχικά οριζόντια, και επομένως κάθε μεταβολή της οριζόντιας διεύθυνσης θα πρέπει να συνέβη μετά την εναπόθεση.
3. Η αρχή της σχέσης (των συστατικών) των εγκαρσίων τομών: Η διείσδυση πετρωμάτων σε αρμούς ή σε κενά άλλων πετρωμάτων, πραγματοποιήθηκε μετά τον σχηματισμό των πετρωμάτων που τα εγκλείουν.

4. Η αρχή των εγκλείστων: πετρώματα που έχουν εγκλειστεί μέσα σε άλλα, σχηματίστηκαν πριν από εκείνα που αποτελούν τον φορέα τους.

5. Η αρχή της διαδοχής της πανίδας: Τα αρχαιότερα απολιθώματα είναι μορφολογικά απλούστερα, ενώ τα πιο πρόσφατα μοιάζουν περισσότερο με τους σύγχρονους ζωντανούς οργανισμούς.





# Ο σύγχρονος τρόπος χρονολόγησης

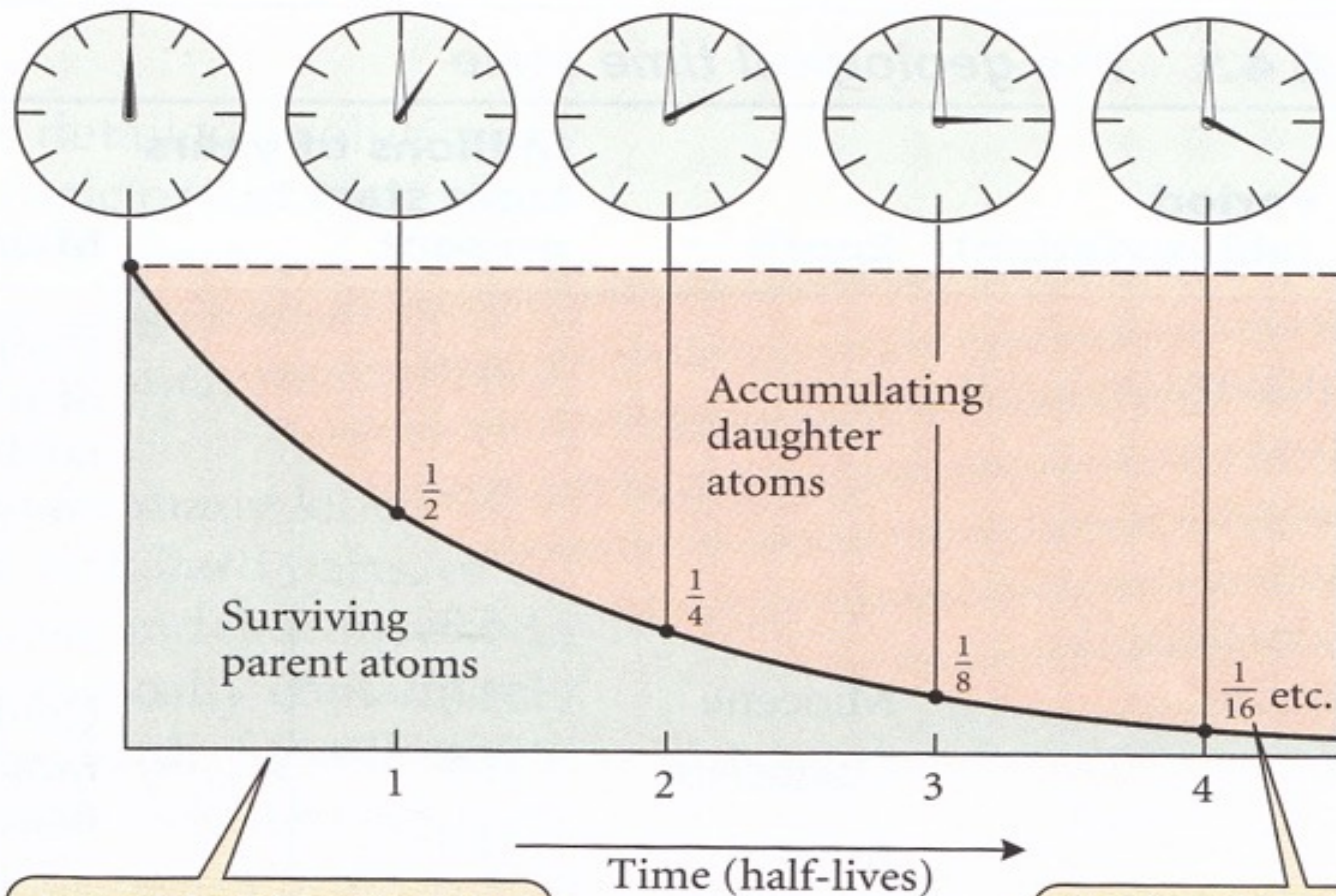
Ο πλέον ακριβής τρόπος προσδιορισμού της ηλικίας απολιθωμάτων είναι η ραδιοχρονολόγηση.

Η μέθοδος πρακτικά ανάγεται στην εκτίμηση του αριθμού των ημιζωών που μεσολάβησαν κατά τη μεταστοιχείωση ενός ραδιενεργού στοιχείου.

Η ακρίβεια της χρονολόγησης εξαρτάται από το εάν ο χρόνος ζωής του στοιχείου που χρησιμοποιείται είναι μικρός ή μεγάλος.

Ο κύριος περιορισμός της μεθόδου είναι ότι προϋποθέτει μηδενική πρόσμιξη με θυγατρικές μορφές μεταστοιχείωσης κατά τη φάση της απολίθωσης.

Θα πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο ραδιενεργό στοιχείο και να υπάρχει υψηλή επαναληψιμότητα μετρήσεων.



In each half-life,  $\frac{1}{2}$  of the parent atoms decay into daughter atoms.

The fraction of parent atoms remaining in the sample reveals how many half-lives have elapsed.



Η κλίμακα του γεωλογικού χρόνου διαιρείται σε Αιώνες (Eons), Εποχές αιώνων (Era), Περιόδους (Periods) και Εποχές περιόδων (Epochs), όπως και σε μικρότερες υποδιαιρέσεις, ειδικές για κάθε Εποχή περιόδου (π.χ. Μπουρντιγγάλιο).

Αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο διαμορφώθηκε είναι η μη συγγραμμικότητά της με τον πραγματικό χρόνο

GEOLOGIC TIME SCALE						
Time Units of the Geologic Time Scale				Development of Plants and Animals		
Eon	Era	Period	Epoch			
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.01	Earliest <i>Homo sapiens</i>	
			Pleistocene	1.6		
		Tertiary	Pliocene	5.3	Earliest hominids	
			Miocene	23.8		
			Oligocene	33.7	"Age of Mammals"	
			Eocene	55		
			Palaeocene	65		
	Mesozoic	Cretaceous	145	"Age of Reptiles"	Extinction of dinosaurs and many other species First flowering plants First birds Dinosaurs dominant First mammals	
		Jurassic	208			
		Triassic	248			
	Palaeozoic	Carboniferous	Permian	286	"Age of Amphibians"	Extinction of trilobites and many other marine animals  First reptiles Large coal swamps Amphibians abundant
			Pennsylvanian	320		
			Mississippian	360		
		Devonian	410	"Age of Fishes"	First amphibians First insect fossils Fishes dominant	
		Silurian	438	"Age of Invertebrates"	First land plants First fishes Trilobites dominant	
Ordovician		505				
Cambrian		545				
Vendian		650	"Soft-bodied faunas"	First organisms with shells Abundant Ediacaran faunas		
Proterozoic	Archean	Collectively called Precambrian			First multicelled organisms	
Hadean		comprises about 87% of the geological time scale				
		Origin of the earth				
					2500	
					3800	
					4600 Ma	

# Απολιθώματα

- Απολίθωμα είναι το ίχνος ενός οργανισμού που υπήρξε κάποτε στη γη.
- Τα περισσότερα απολιθώματα προκύπτουν από τα σκληρά μέρη των οργανισμών – όστρακα, οστά, ξύλα - όπου το οργανικό υλικό έχει αντικατασταθεί από ανόργανο.
- Τα απολιθώματα μπορεί να είναι και ίχνη που άφησαν ζώα (αχνάρια, βιοδηλωτικά ίχνη)
- Απολιθώματα θεωρούνται και οι εγκλεισμένοι οργανισμοί



# Σημασία των απολιθωμάτων

- Το αρχείο των απολιθωμάτων αποτελεί το αποδεικτικό υλικό που τεκμηριώνει τα διάφορα σενάρια (φυλογενετικά, εξελικτικά, βιογεωγραφικά).
- Η παρουσία των απολιθωμάτων και η χρονολόγησή τους αποτελούν αδιάσιστα στοιχεία.

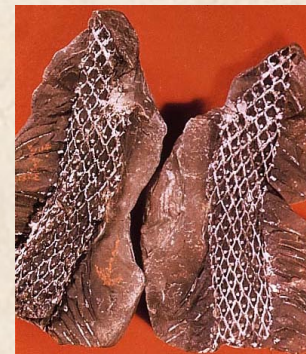




# Είδη απολιθωμάτων



Απολιθώματα πίεσης

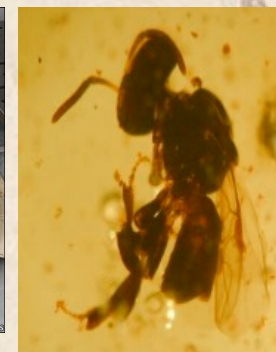


Απολιθώματα εκμαγείων ή  
καλουπιών

Απολιθώματα διαμεταλλοποίησης



Απολιθώματα αναλλοίωτων υπολειμάτων





# Δημιουργία απολιθωμάτων

- Πρόκειται για μια σπάνια διαδικασία.
- Θα πρέπει να ικανοποιούνται μια σειρά από όρους (γεωλογικούς, φυσικούς, χημικούς) προκειμένου να προκύψει τελικά ένα απολίθωμα.
- Ακόμα και εάν ένας οργανισμός απολιθωθεί αυτό δεν σημαίνει αυτομάτως ότι η ποιότητα του απολιθώματος θα είναι ικανοποιητική ή ότι θα καταφέρουμε να το βρούμε.
- Διάφορα τεκτονικά φαινόμενα μπορεί να καταστρέψουν τα απολιθώματα.
- Πολλά απολιθώματα μικρών οργανισμών έχουν ήδη πεταχτεί από μη ειδήμονες.

Δεν ψάχνουμε πάντοτε για  
δεινοσαύρους!!!













REPORT

## A four-legged snake from the Early Cretaceous of Gondwana

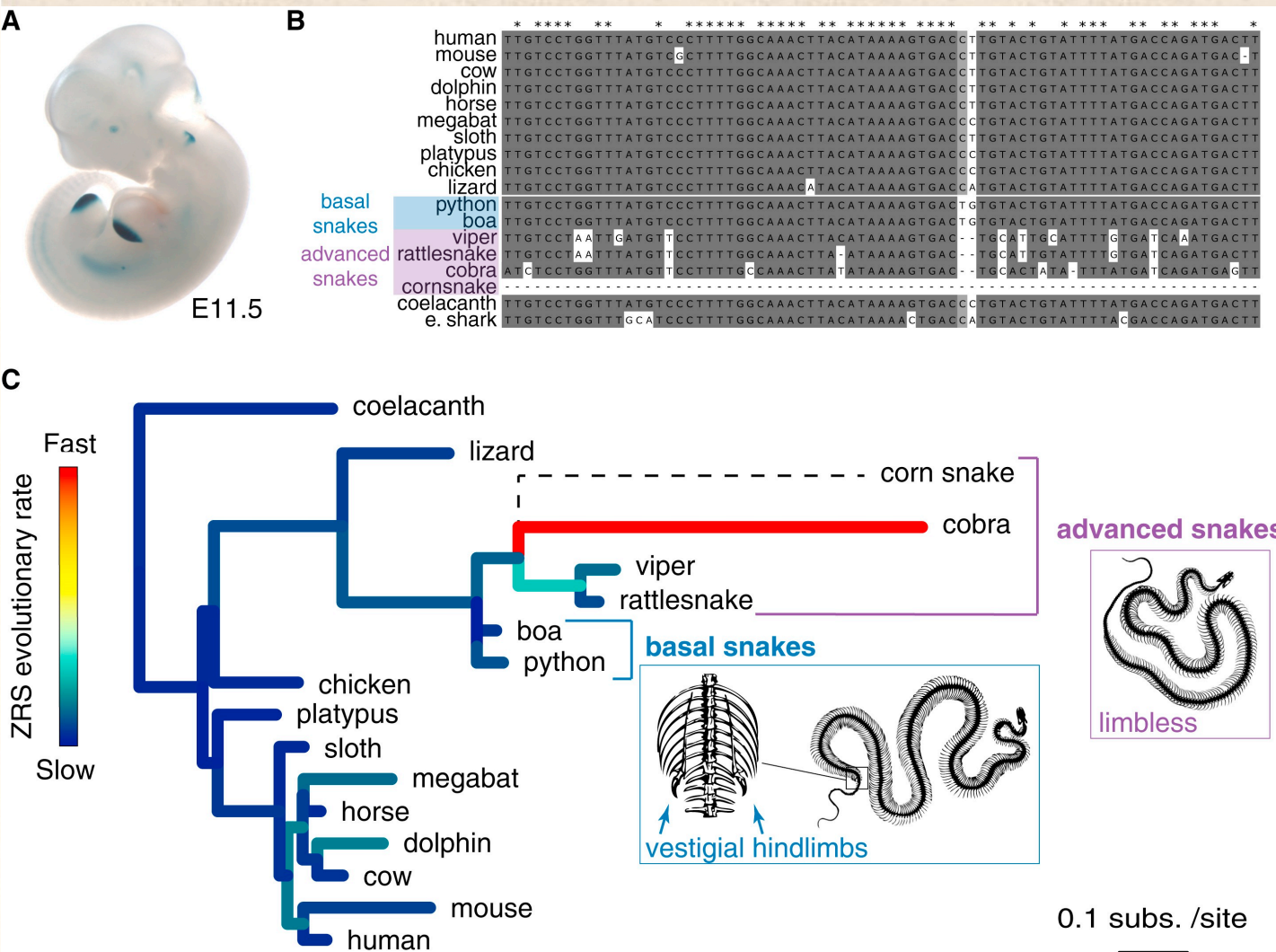
David M. Martill<sup>1</sup>, Helmut Tischlinger<sup>2</sup>, Nicholas R. Longrich<sup>3</sup>



Οι ενδιάμεσοι κρίκοι αρκετές φορές ανακαλύπτονται!



# Progressive Loss of Function in a Limb Enhancer during Snake Evolution





Πιστεύεται ότι οι εξελικτικές σχέσεις των οργανισμών μπορούν να διαβαστούν απευθείας από τις απολιθωματικές καταγραφές.

Για τις μορφές εκείνες που δεν απολιθώνονται εύκολα υπάρχει πολύ περιορισμένο αρχείο απολιθωμάτων.

Ένας χαρακτήρας μπορεί να απαντηθεί σε απολιθώματα μιας εξαφανισμένης γενεαλογικής γραμμής ενώ η συγγενής γραμμή, που τελικά οδήγησε σε αρτίγονα είδη, διατηρεί τους προγονικούς χαρακτήρες.

Π.χ. τα πτηνά εμφανίστηκαν στην Ιουρασική ενώ τα φίδια στην Κρητιδική περίοδο, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι οι χαρακτήρες των πτηνών είναι πιο πρωτόγονοι από εκείνους των φιδιών, ούτε βέβαια ότι οι τα φίδια είναι απόγονοι των πτηνών.



# Στρωματολίτες ή στρωματολίθοι

Πρόκειται για μια ειδική κατηγορία απολιθωμάτων που προσελκύει το ενδιαφέρον τόσο από πλευράς ειδών οργανισμών που περιλαμβάνει, όσο και από την πλευρά των γεωχημικών αντιδράσεων στις οποίες αποδίδεται η δημιουργία τους.

Η διαδικασία δημιουργίας στρωματολιτών ισχύει και στις μέρες μας, σε παράκτιες κυρίως περιοχές.



Οι συνθήκες δημιουργίας τους συνήθως περιλαμβάνουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων καθώς και διαβροχή τους από πετρέλαιο.



# Σχηματισμός στρωματολιτών

Πρόκειται για στρώσεις δομών επισώρευσης που σχηματίζονται σε ρηχά νερά με παγίδευση, δέσμευση και συγκόλληση ιζηματοδών κόκκων από βιοφιλμ μικροοργανισμών.

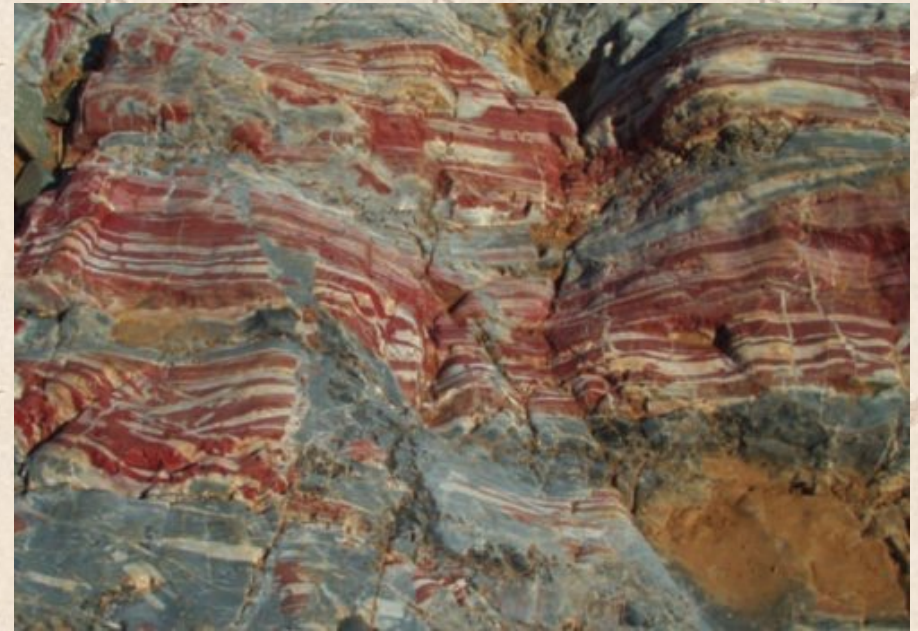




Οι στρωματολίτες λειτουργούν συμπληρωματικά των τυπικών απολιθωμάτων καθώς περιλαμβάνουν και μορφές που δύσκολα απολιθώνονται (π.χ. προκαρυωτικούς οργανισμούς)

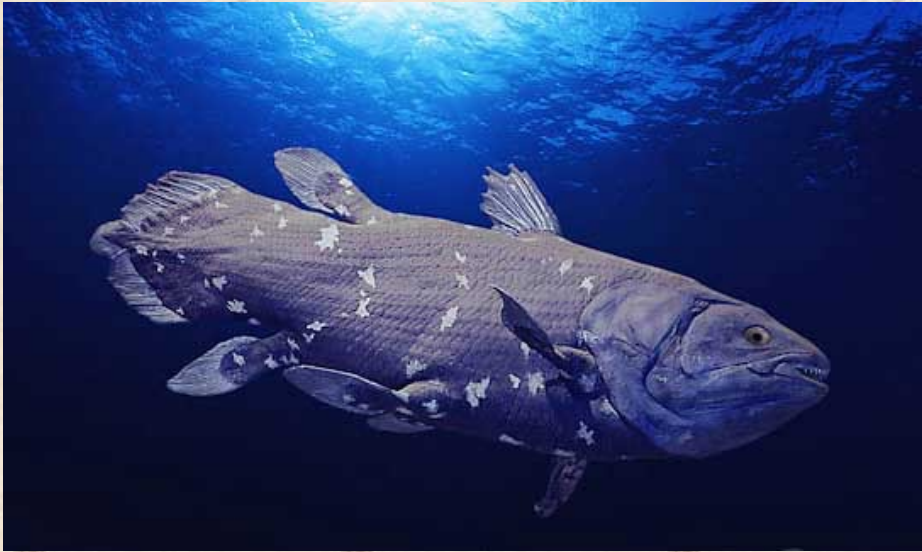
Τα αρχαιότερα ευρήματα αναφέρονται σε προκαρυωτικούς οργανισμούς με ηλικία περί τα 3,6 δισ.χ.

Μέσω των στρωματολιτών αποδίδεται εν μέρει η μετάβαση από τους προκαρυωτικούς στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.





Ζωντανά  
απολιθώματα



*Latimeria chalumnae*

Τα είδη-Λάζαροι



*Petaurus gracilis*



- Περιστέρι φασιανός (*Otidiphaps nobilis*) στην Παπούα-Νέα Γουινέα
- Δεν πετάει και τρέφεται με σπόρους
- Τελευταία φορά καταγράφηκε το 1882



Ξαναπαρατηρήθηκε το 2022 χάρη σε φωτοπαγίδες





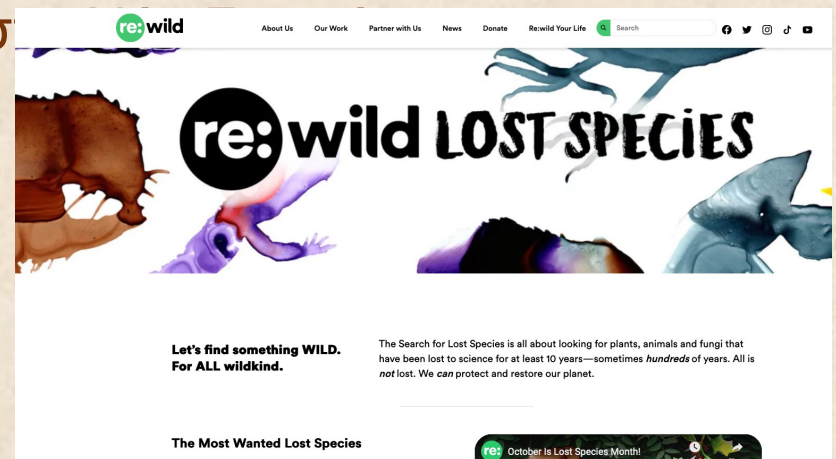
# Zaglossus attenboroughi



Περιγράφηκε το 1998 έπειτα από αναθεώρηση της συστηματικής του γένους βάσει του μοναδικού δείγματος που υπάρχει στο Μουσείο Naturalis



Εντοπίστηκε το Νοέμβριο του 2023 μέσω φωτοπαγίδων σε αποστολή του Παν. της Οξφόρδης



re:wild LOST SPECIES

Let's find something WILD. For ALL wildkind.

The Search for Lost Species is all about looking for plants, animals and fungi that have been lost to science for at least 10 years—sometimes *hundreds* of years. All is not lost. We can protect and restore our planet.

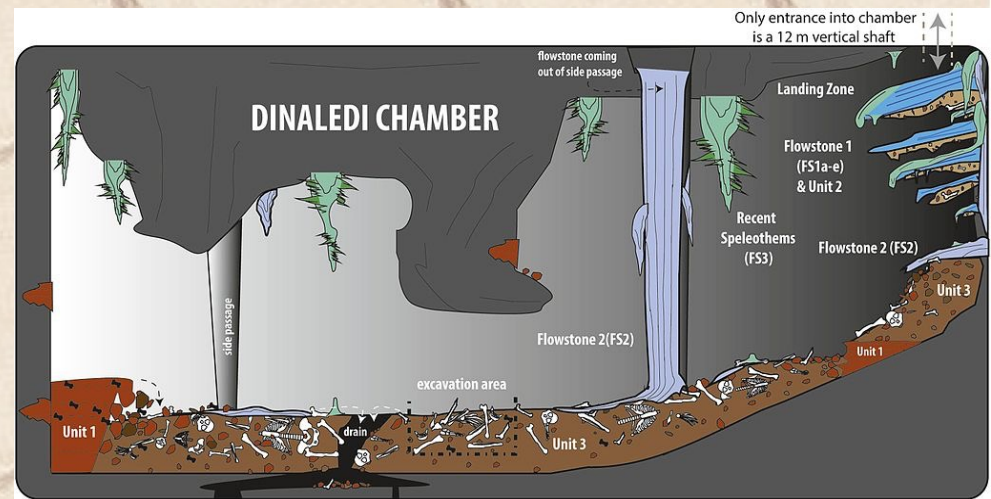
The Most Wanted Lost Species

October is Lost Species Month!













# *Homo naledi* (335,000–236,000 )



Stratigraphic position of flowstones and sedimentary units (not to scale- sketch only)

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | Unit 1: laminated maroon mudstone.                         |  | FS 1: Series of older flowstones restricted to the 'landing zone'.                                      |
|  | Unit 2: older mud clast breccias.                          |  | FS 2: Series of younger flowstones on chamber floor and walls. Directly covers hominin bones in places. |
|  | Unit 3: cave floor sediments; youngest mud clast breccias. |  | FS 3: Recent speleothems.   |
|  | Hominin fossils.   |  | Micro-mammal fossils.   |



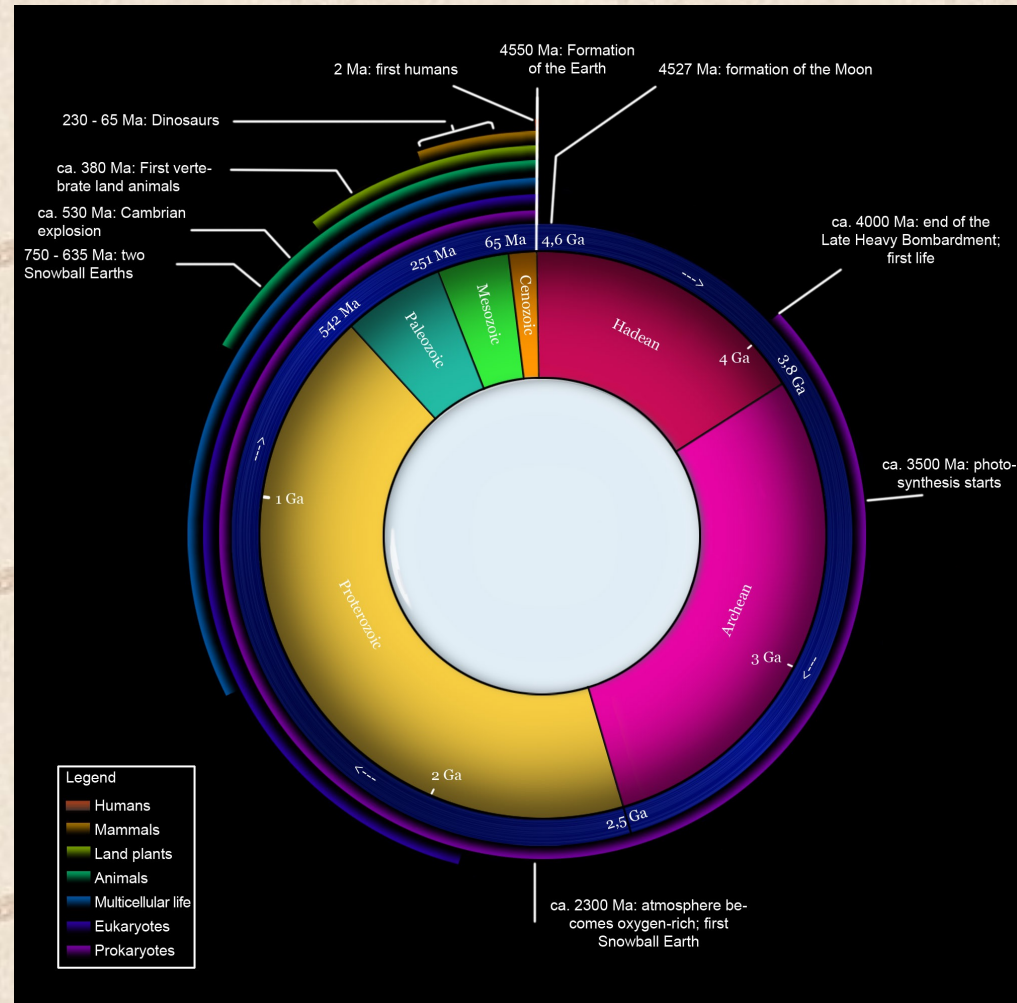
# Οι άνθρωποι από το σπήλαιο Denisova



# Η επιφάνεια της γης αλλάζει

Η Γη, από τότε που πρωτοδημιουργήθηκε, υφίσταται συνεχείς γεωγραφικές και κλιματολογικές μεταβολές.

Δεν είναι τυχαίο ότι στη μελέτη της εξέλιξης είχαν και έχουν σημαντική συμβολή οι γεωλογικές προσεγγίσεις.





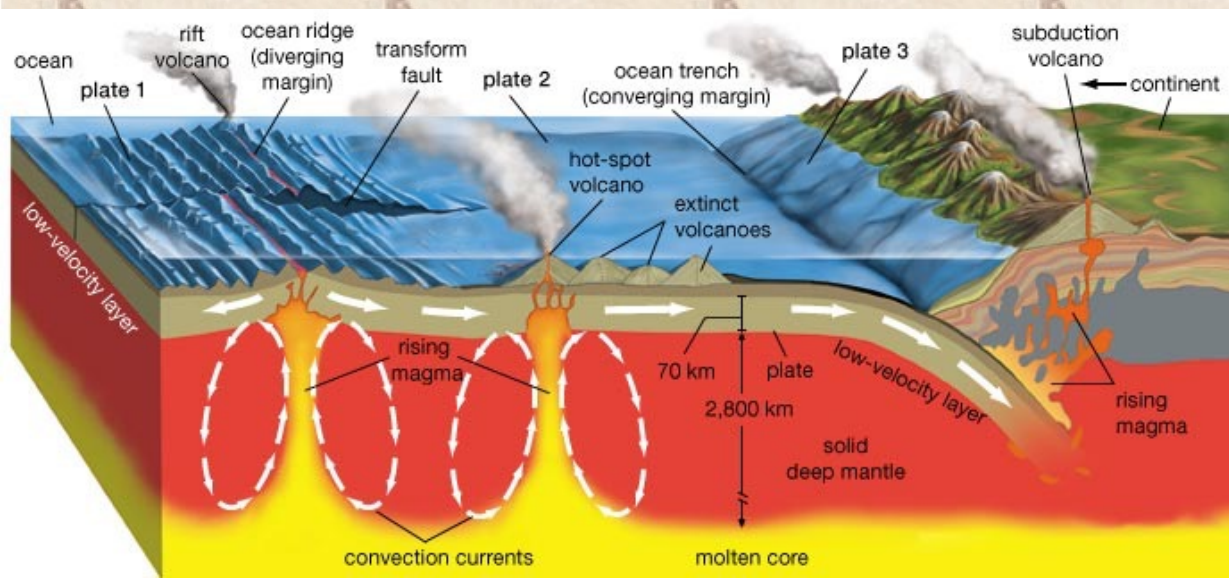
# Τεκτονικές πλάκες

Η μεταβολή της διάταξης των κυρίων γήινων μαζών υπήρξε αποτέλεσμα της τεκτονικής των πλακών.

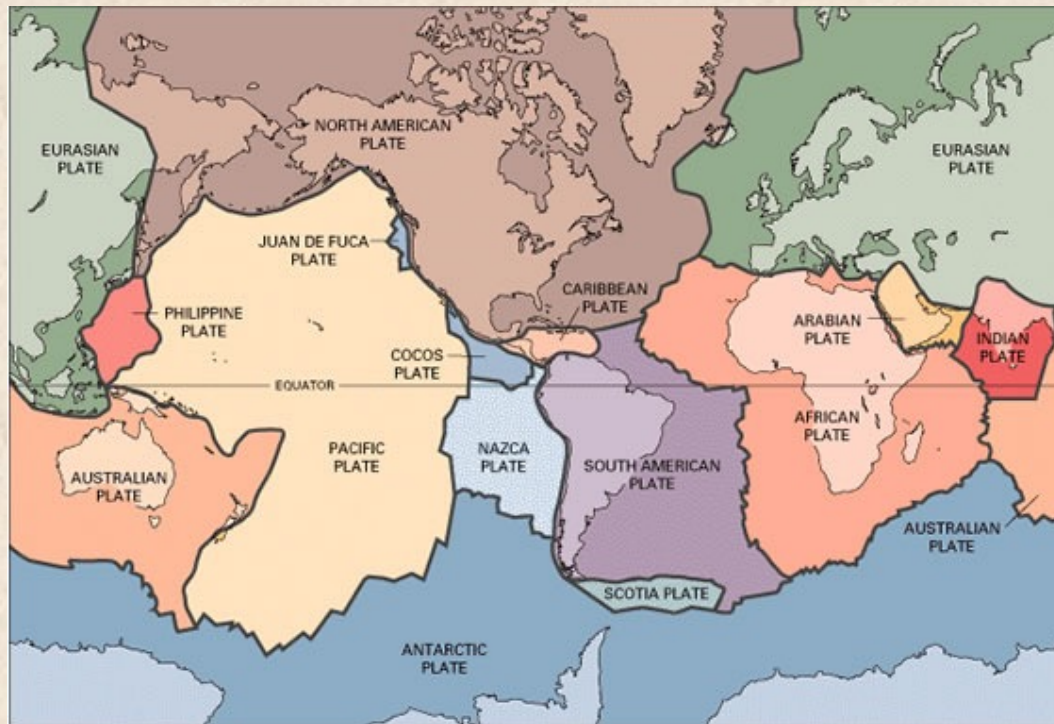
Ο φλοιός της Γης αποτελείται από πλάκες πάχους γύρω στα 100 km οι οποίες μετακινούνται με διάφορους τρόπους (πλευρικά η μία προς την άλλη, βύθιση της μίας κάτω από την άλλη κ.α.).

Η μετακίνηση των πλακών προκαλεί μετακίνηση των ηπείρων και σημαντική μεταβολή του επιπέδου των θαλασσών, με επακόλουθο τις έντονες κλιματολογικές αλλαγές, αλλά και τις αλλαγές της γεωγραφικής κατανομής των οργανισμών.



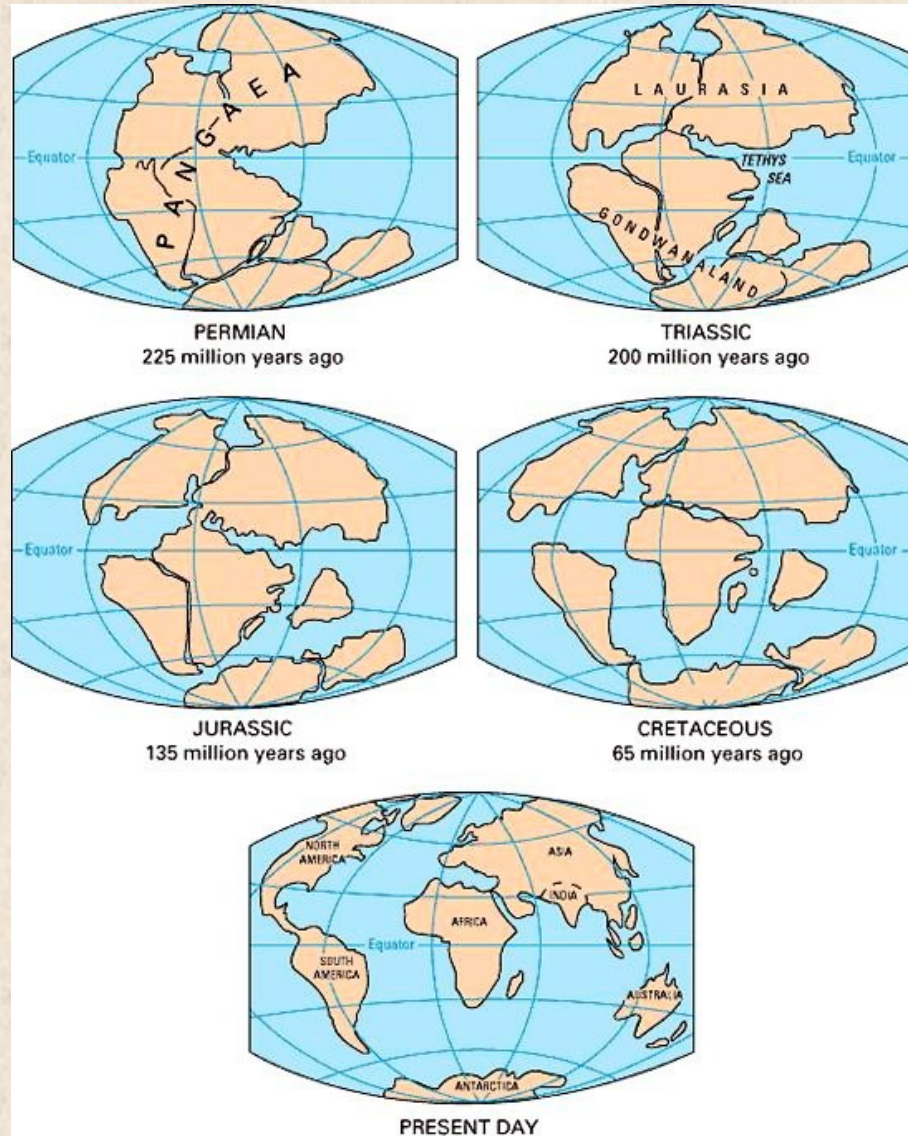


**Alfred Wegener (1880-1930)**





# Ο μεταβαλλόμενος χάρτης της Γης





# Η εξελικτική ιστορία στην Ελλάδα

**Αριστοτέλης**

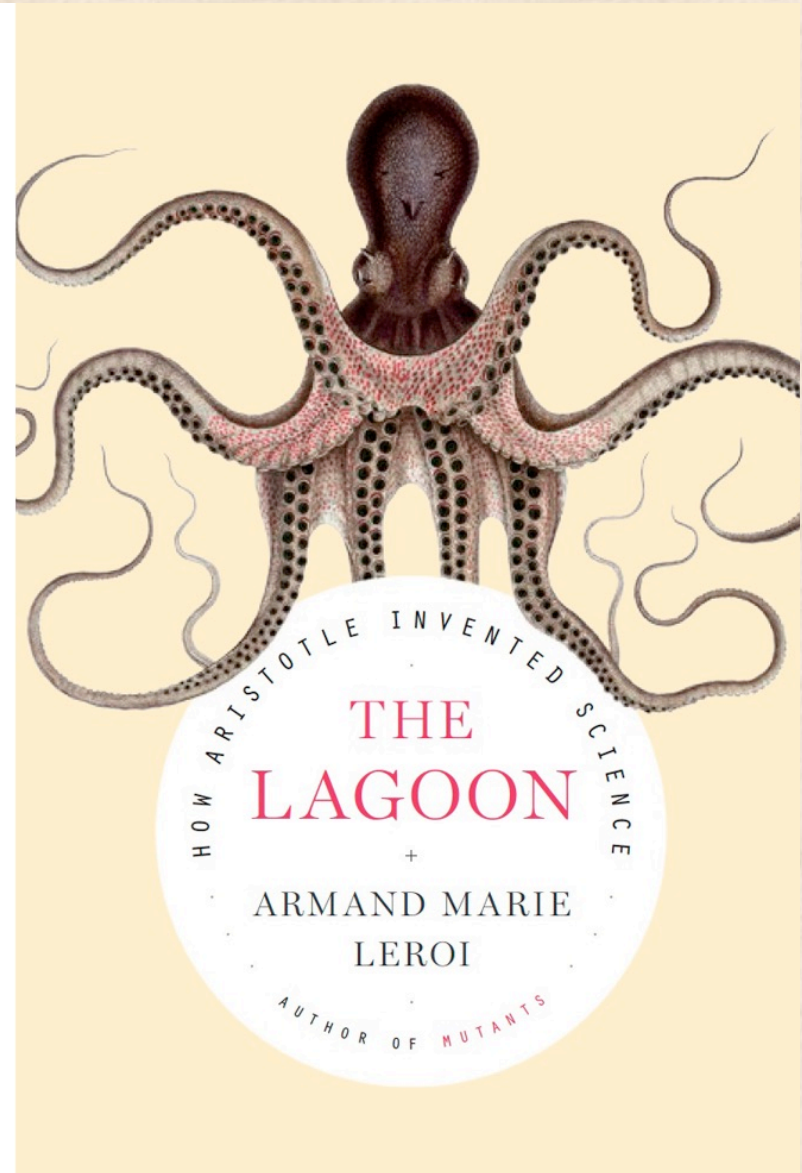
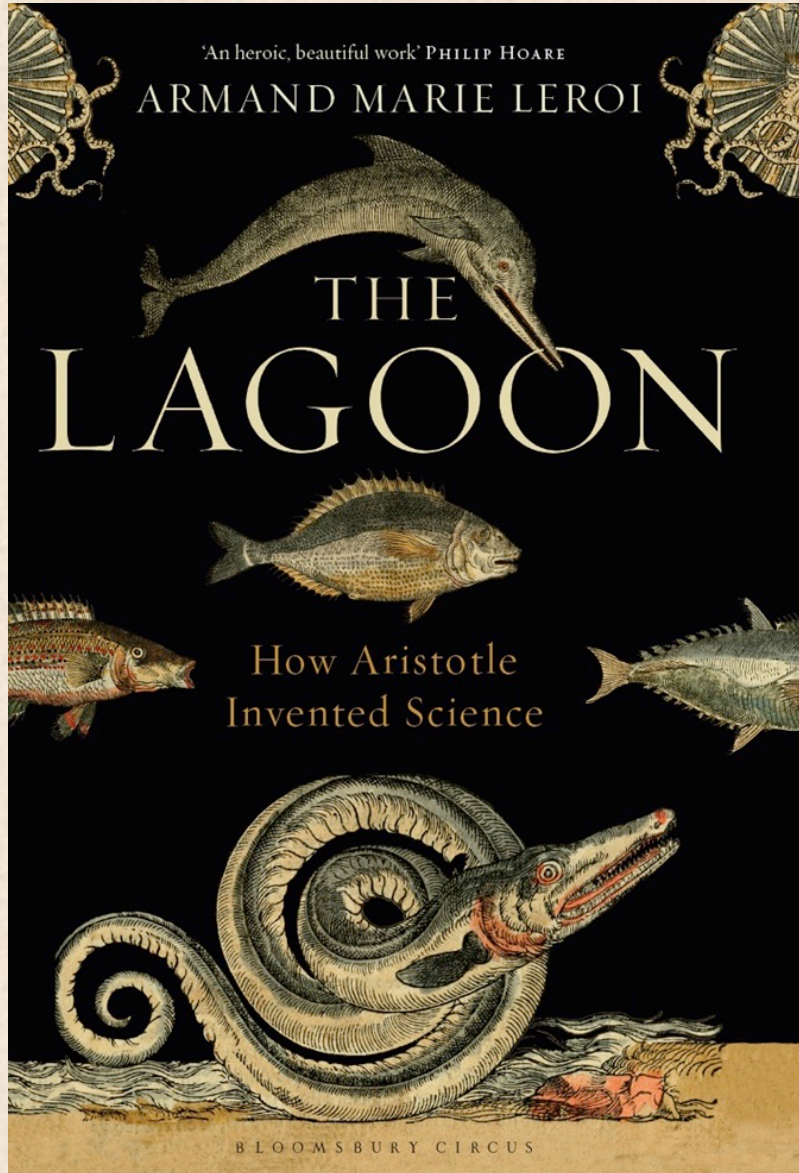


**Θεόφραστος**



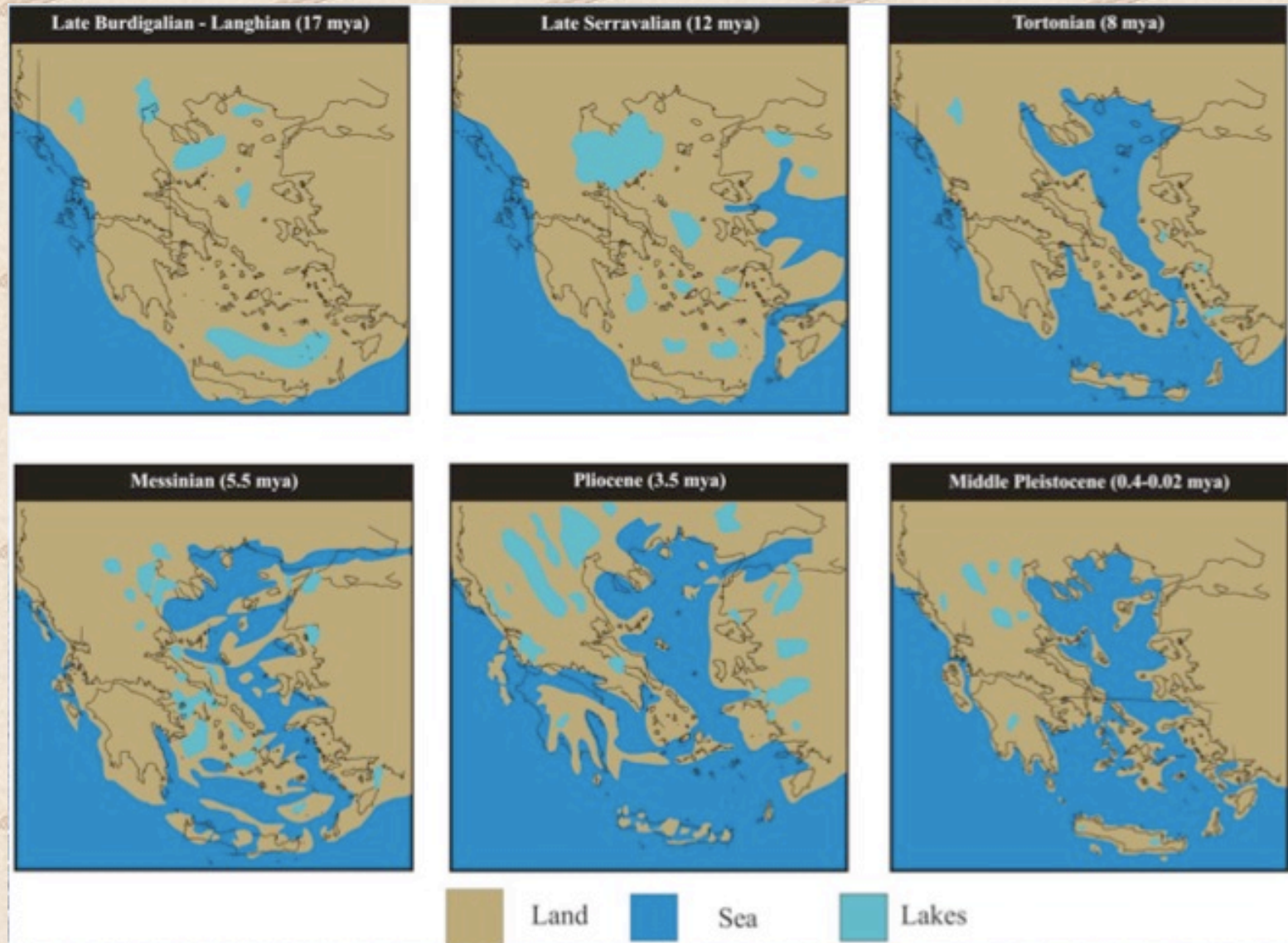


# Η κληρονομιά του Αριστοτέλη...





# Παλαιογεωγραφία του ελλαδικού χώρου





# Η πικερμική πανίδα

Περιελάμβανε δεινοθήρια (γιγαντιαία ζώα με ύψος 4 μέτρων), μαστόδοντες (προγονικές μορφές των ελεφάντων), ρινόκερους, μαχαιρόδοντες, λιοντάρια, καμηλοπαρδάλεις, ύαινες, πίθηκους, αντιλόπες, σκύλους, ελάφια, χοίρους, πουλιά, χελώνες.

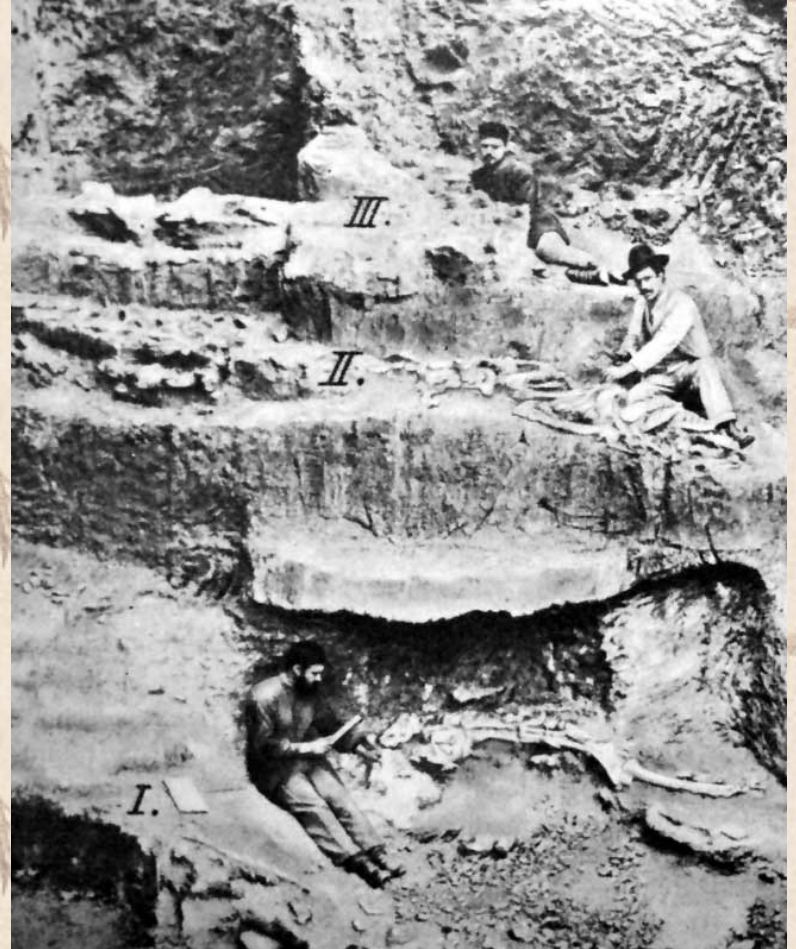
Ο Abel, από τους πρώτους ανασκαφείς, υποστήριξε ότι μεγάλη φωτιά που ξέσπασε στην Πεντέλη προκάλεσε πανικό στα ζώα που τρέχοντας να σωθούν έπεσαν στην απότομη χαράδρα του Πικερμίου (έτσι εξηγούνται τα πολλά κατάγματα στα οστά των ζώων που εντοπίστηκαν).



Η θέση των απολιθωμάτων  
ανακαλύφθηκε τελείως  
τυχαία (1839) από οστό  
που βρισκόταν στην  
επιφάνεια ρέματος.

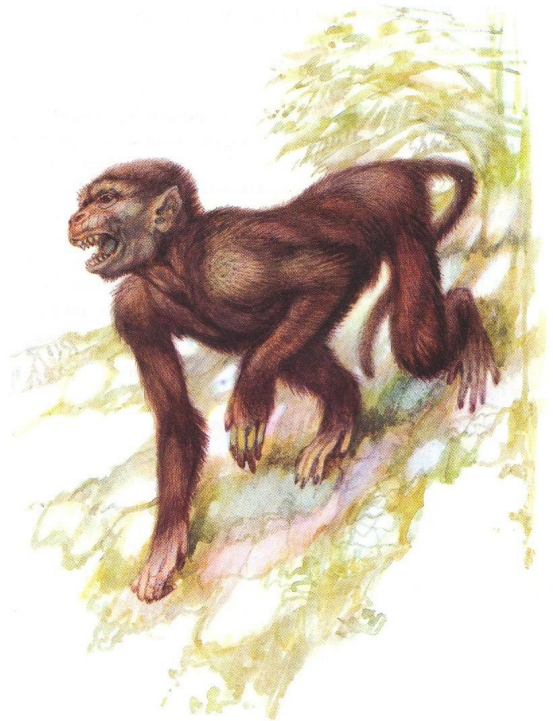
Τα μέλη της πανίδας  
ζούσαν στο κατώτερο  
Μειόκαινο (8 εκ. χρόνια).

Ανάλογες πανίδες έχουν  
βρεθεί και άλλες θέσεις  
στη Μεσόγειο (στην  
Ελλάδα στην Σάμο).

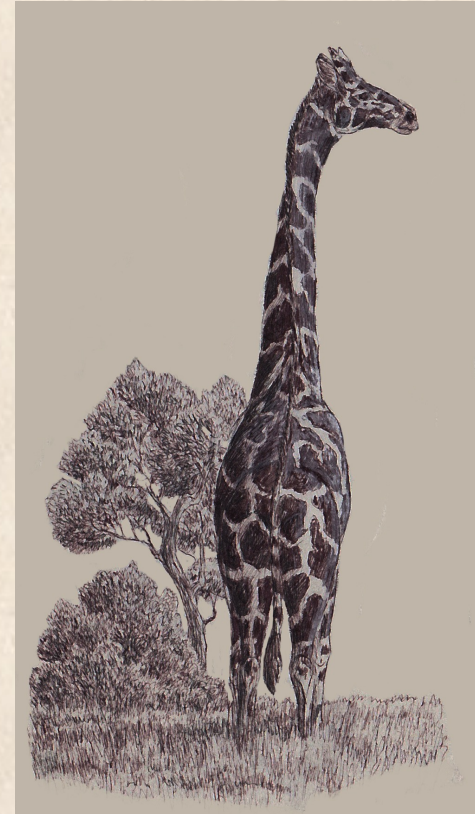




# Mesopithecus pentelicus

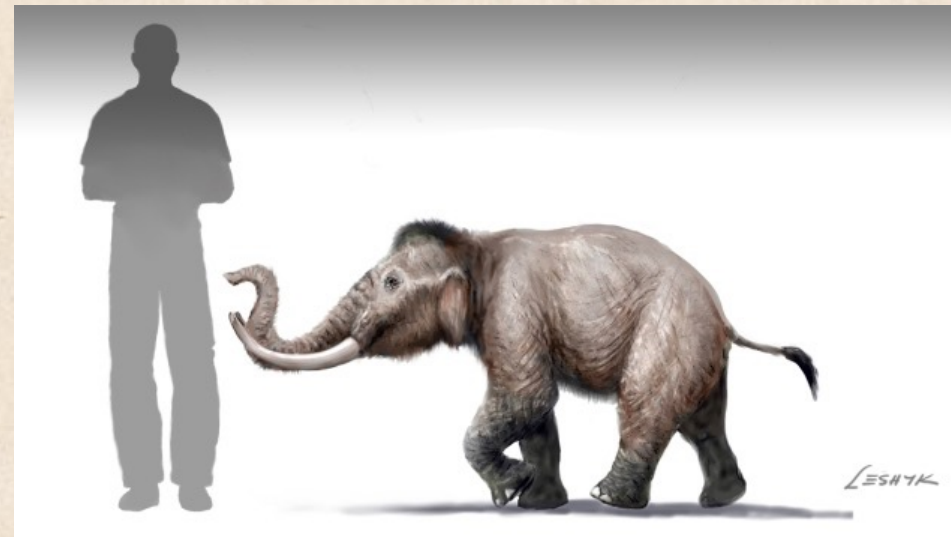


# Bohlinia attica





# Μαμούθ και νάνοι ελέφαντες



*Mammuthus creticus*



# Το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου

Είναι ένα από τα δύο μεγαλύτερα δάση στον κόσμο.

Ο σχηματισμός σχετίζεται με την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα που έλαβε χώρα στη Λέσβο κατά το τέλος της Ολιγόκαινου (πριν από 20 εκ.χ. περίπου).

Η χλωρίδα της περιοχής καλύφθηκε από λάβα, πυροκλαστικά υλικά και ηφ. στάχτη.





# Ο Μύθος της Δήλου

Σύμφωνα με το μύθο, η Δήλος ήταν ένα νησί που περιπλανιόταν στο Αιγαίο. Όταν η Λητώ ζήτησε καταφύγιο προκειμένου να αποφύγει την οργή της Ήρας και να γεννήσει, αυτό της δόθηκε με την προϋπόθεση το νησί να «ριζώσει». Πράγματι όταν γεννήθηκαν ο Απόλλωνας και η Άρτεμις το νησί σταθεροποιήθηκε (φανερώθηκε από τα κύματα, Δήλος) και οι υπόλοιπες Κυκλάδες σχημάτισαν έναν κύκλο γύρω της





# Πίθηκοι στο Αιγαίο (από Δ. Γιουλάτο)

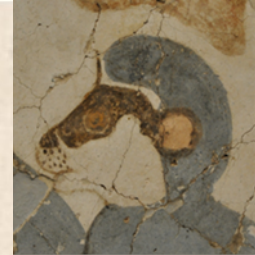


Φρέσκο (Κνωσσός)

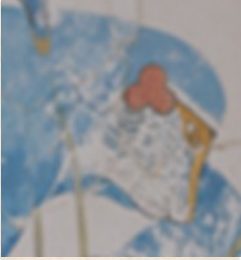




# Φρέσκο (Ακρωτήρι, Σαντορίνη)







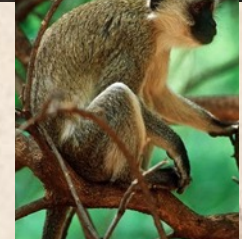
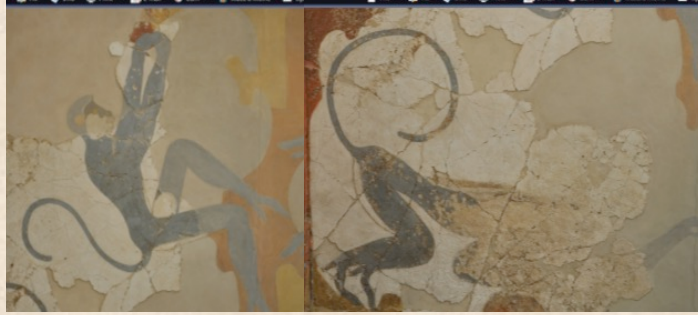
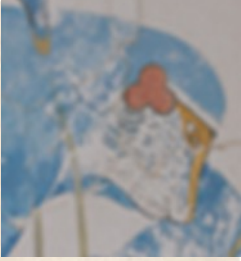
*Chlorocebus* spp. Καφέ/λευκή λωρίδα στο μέτωπο





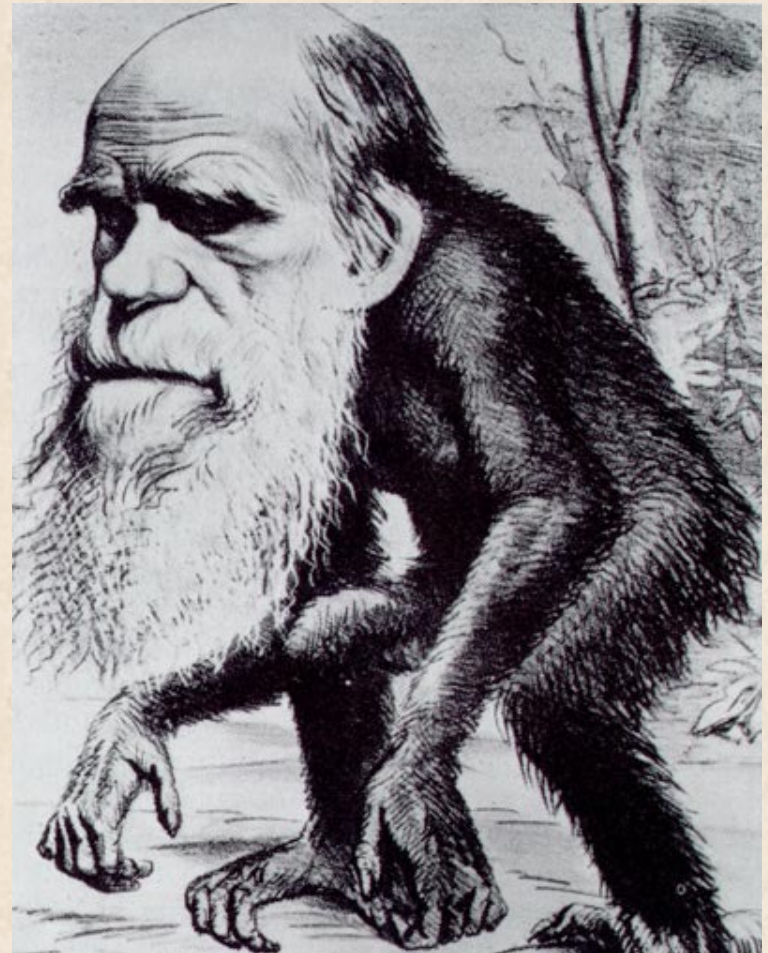
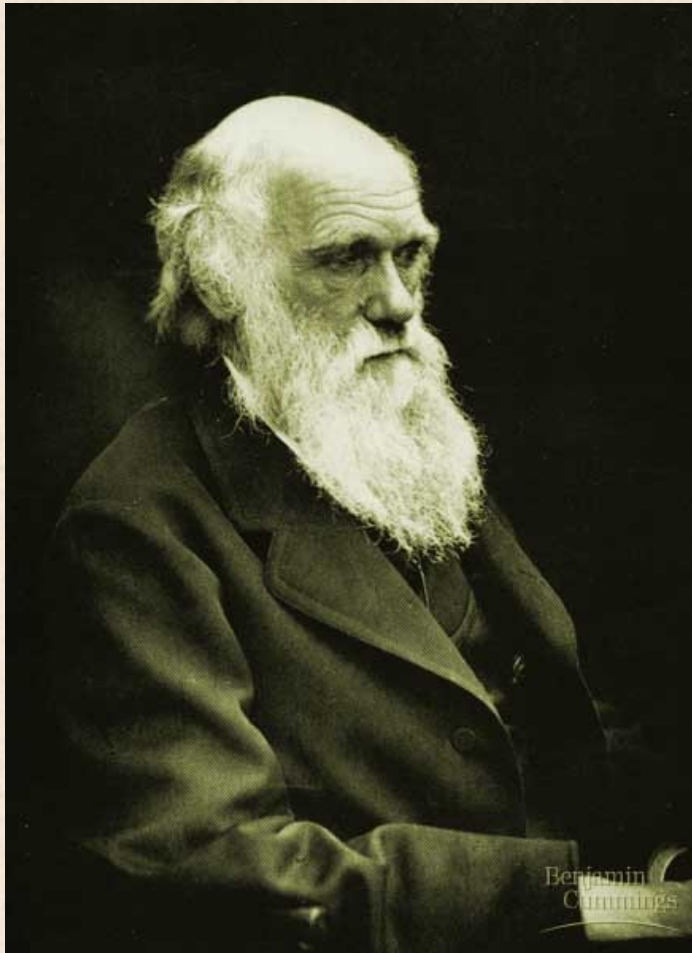
# *Chlorocebus* spp.

Απεικονίζονται συγκεκριμένες στάσεις του γένους



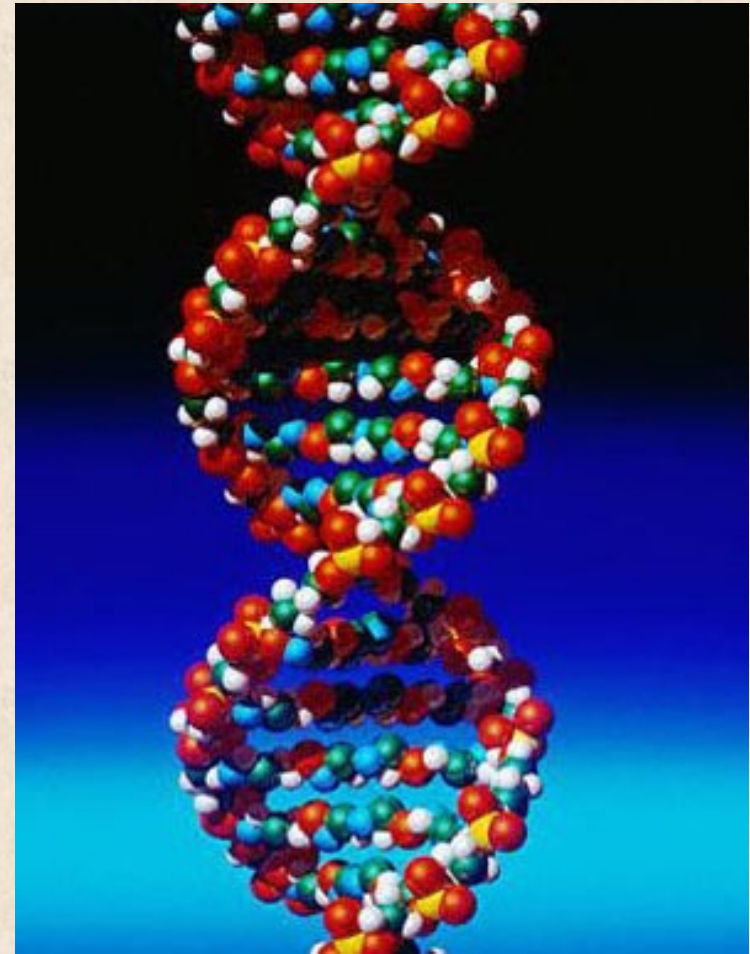
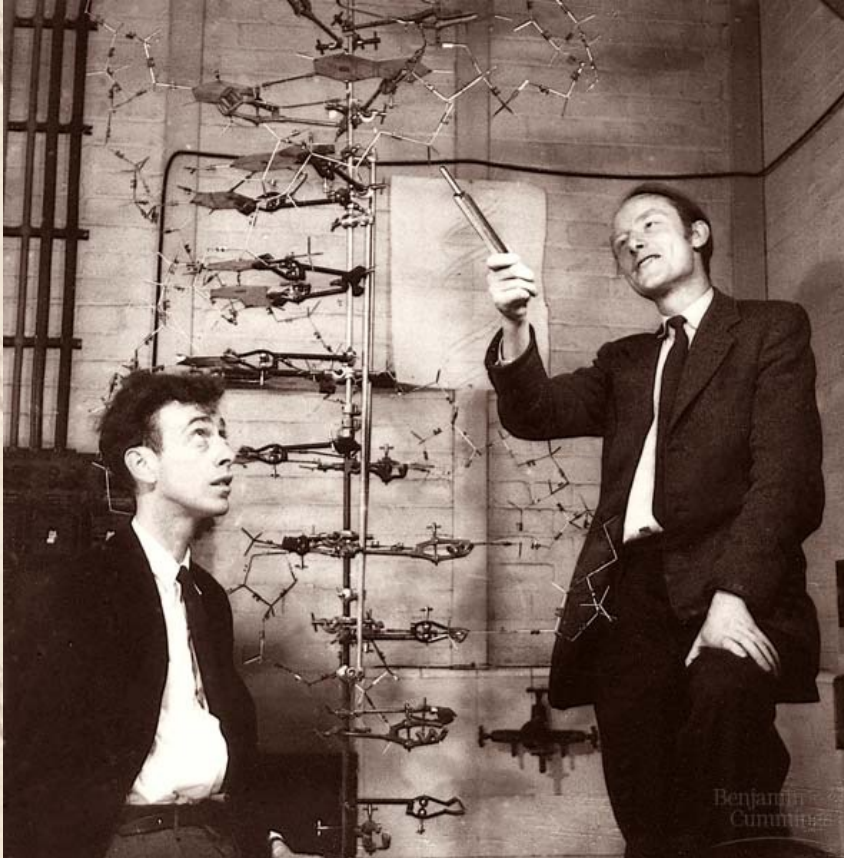


# Η διατύπωση της θεωρίας της εξέλιξης



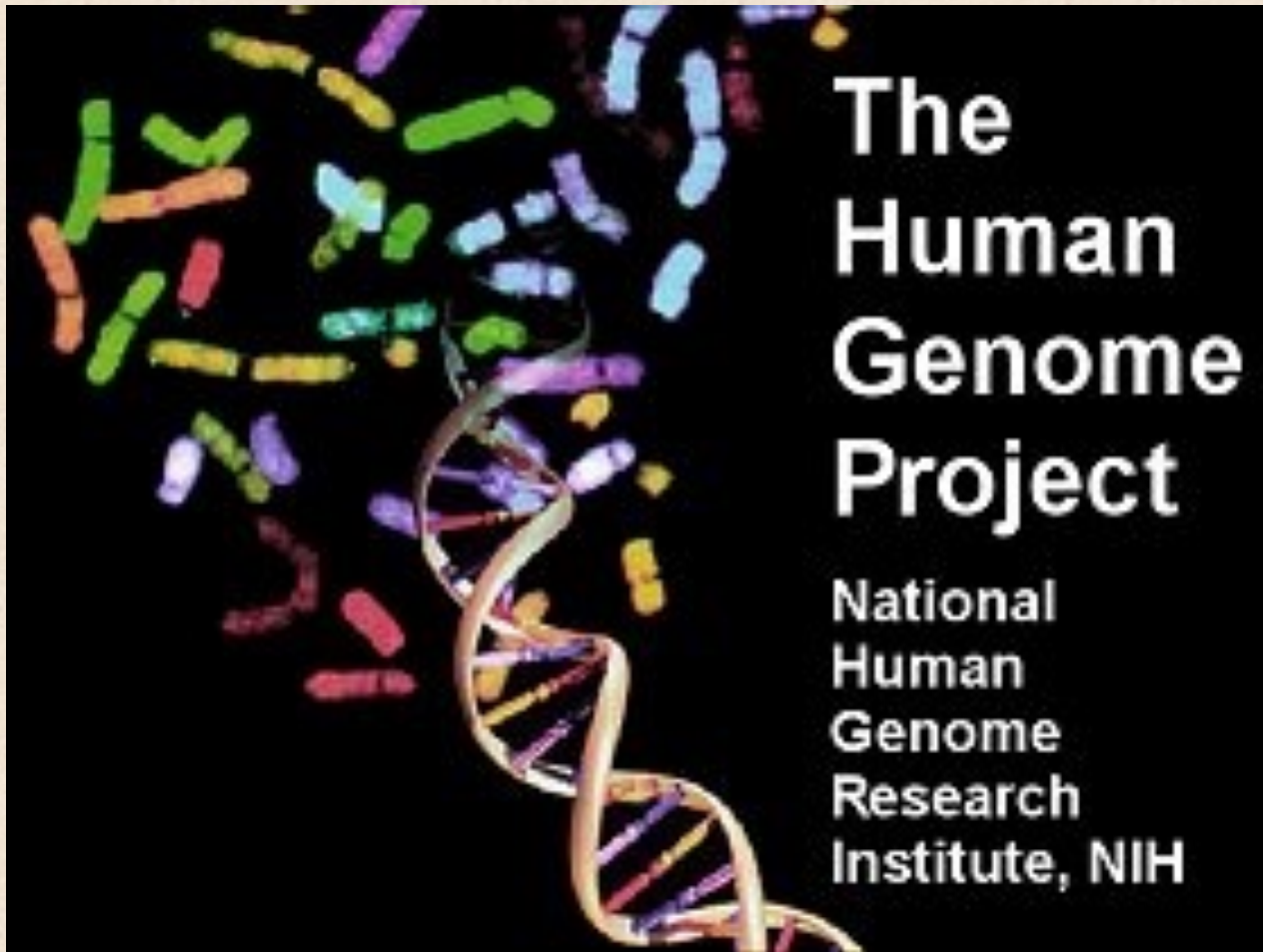


# Δομή του DNA





# Χαρτογράφηση του ανθρώπινου γονιδιώματος





# Εξελικτική φυσιολογία





# Ανθρωπολογία





# Εξελικτική οικολογία





# Βιολογία Διατήρησης







Μono Lake (CA), βακτήρια που χρησιμοποιούν αρσενικό για την κατασκευή DNA και πρωτεϊνών (2010)

Λίμνη Βόστοκ (υποπαγετώνια λίμνη στην Ανταρκτική), βακτήρια με DNA που δεν μοιάζει με κανενός άλλου οργανισμούς (2013).

