

Εισαγωγή: η εξελικτική σκέψη

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ & ΕΞΕΛΙΞΗ



Διαλύοντας μύθους

- Πολλά από αυτά που πιστεύουν οι άνθρωποι για την εξέλιξη είναι λάθος και δημιουργούν σύγχυση και αναίτιες συζητήσεις
- Ας δούμε λοιπόν τι **ΔΕΝ** ισχύει για την εξέλιξη



MYTHBUSTERS
THE EXPLOSIVE EXHIBITION

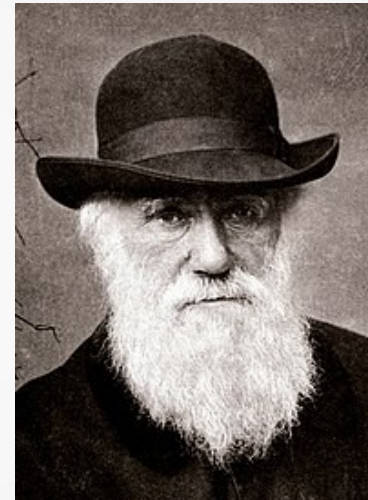
Η εξέλιξη δεν είναι θεωρία

- Είναι διαδικασία αλλαγής του έμβιου κόσμου
- Είναι φυσική δύναμη
- Δεν είναι εναλλακτική άποψη απέναντι σε δόγματα
- Δεν είναι θέμα πίστης
- Είναι η βάση της Βιολογίας



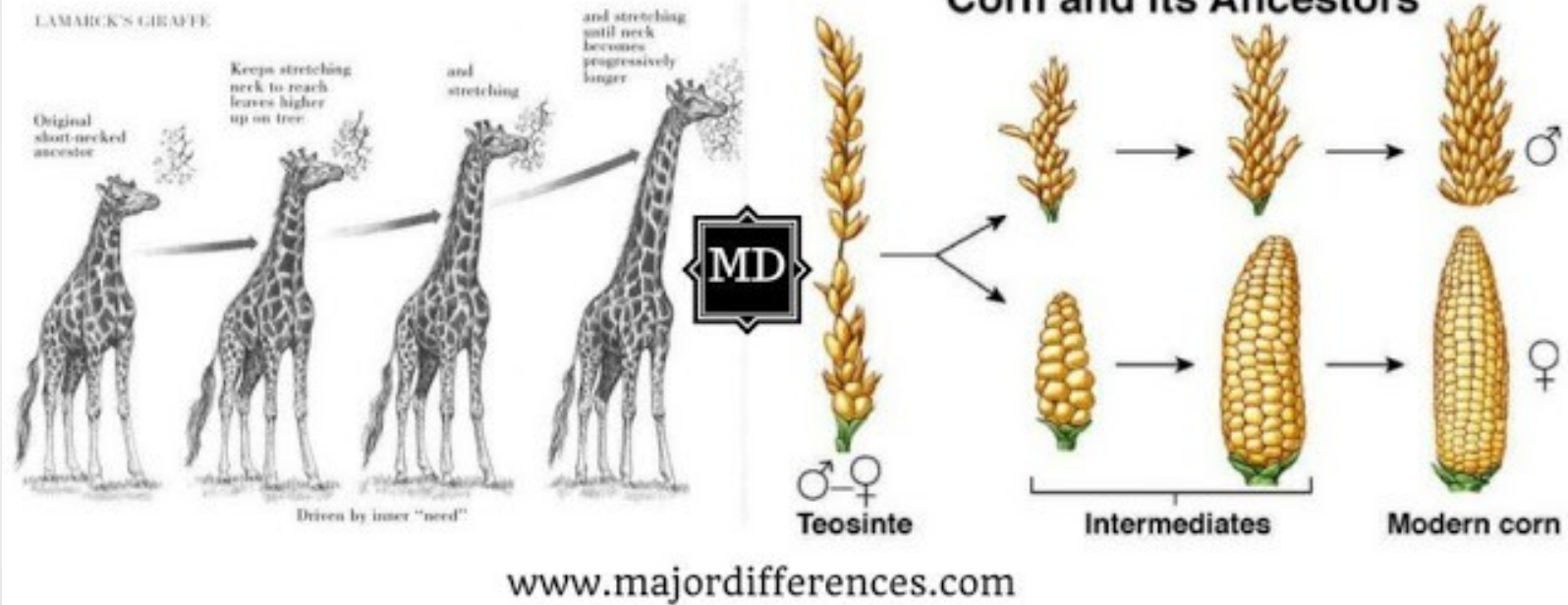
Ο Δαρβίνος **δεν** ήταν ο πρώτος που μίλησε για εξέλιξη

- Η έννοια μιας δυναμικής διαδικασίας μεταβολής της φύσης διατυπώθηκε από αρχαίους φιλοσόφους
- Τον 19ο αιώνα η επιστημονική κοινότητα ήταν έτοιμη να δεχτεί μια δυναμική θεωρία για τη ζωή
- Ο Δαρβίνος περιέγραψε για πρώτη φορά τον μηχανισμό της προσαρμογής: τη φυσική επιλογή!



Η επιλογή **δεν** ήταν άγνωστη στον άνθρωπο

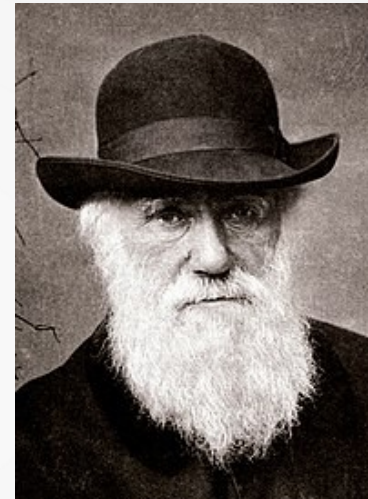
Natural Selection vs Artificial Selection



- Η τεχνητή επιλογή υπάρχει εδώ και περίπου 12.000 χρόνια
- Το κύριο μέσο για την αγροτική επανάσταση

Ο Δαρβίνος **δεν** είχε δίκιο (σε όλα)

- Αν και ο Δαρβίνος περιέγραψε πρώτος με τον σωστό τρόπο τη δράση της φυσικής επιλογής, είχε τεράστια κενά στον τομέα της γενετικής
- Δεν ήξερε πώς κληρονομούνται τα χαρακτηριστικά
- Δεν ήξερε πώς δημιουργείται η ποικιλομορφία στους οργανισμούς
- Δεν είχε διαβάσει **Mendel**



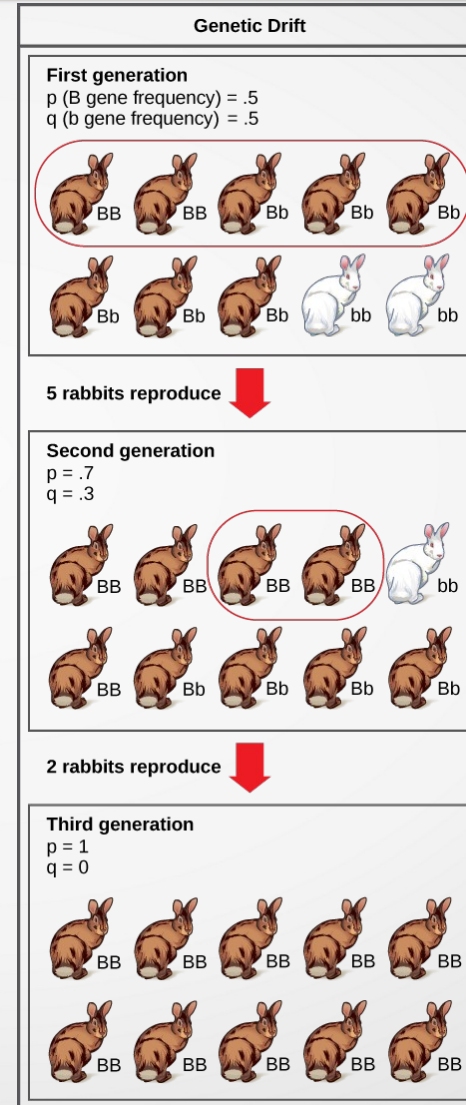
Δεν καταγόμαστε από τον πίθηκο



- Ο άνθρωπος και ο πίθηκος έχουν κοινό πρόγονο (όπως και όλα τα είδη)

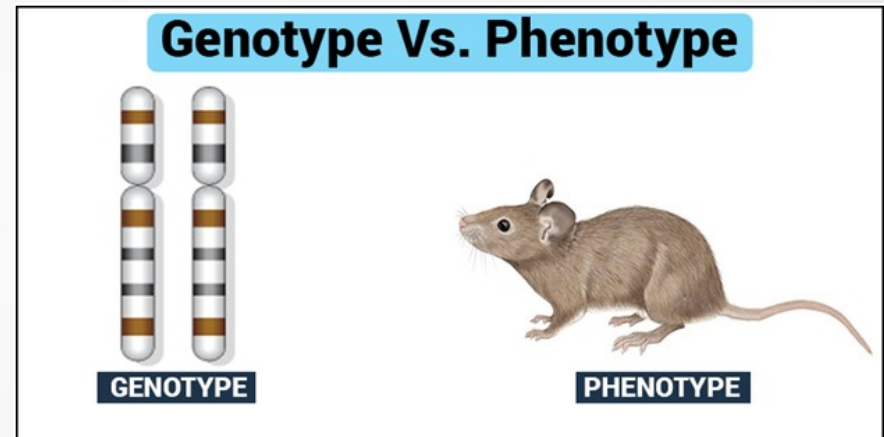
Η φυσική επιλογή δεν είναι η μόνη εξελικτική δύναμη

- Μετάλλαξη
- Αναπαραγωγικό σύστημα
- Γενετική εκτροπή
- Μετανάστευση
- Φυσική επιλογή: η μόνη δύναμη που οδηγεί σε προσαρμογή



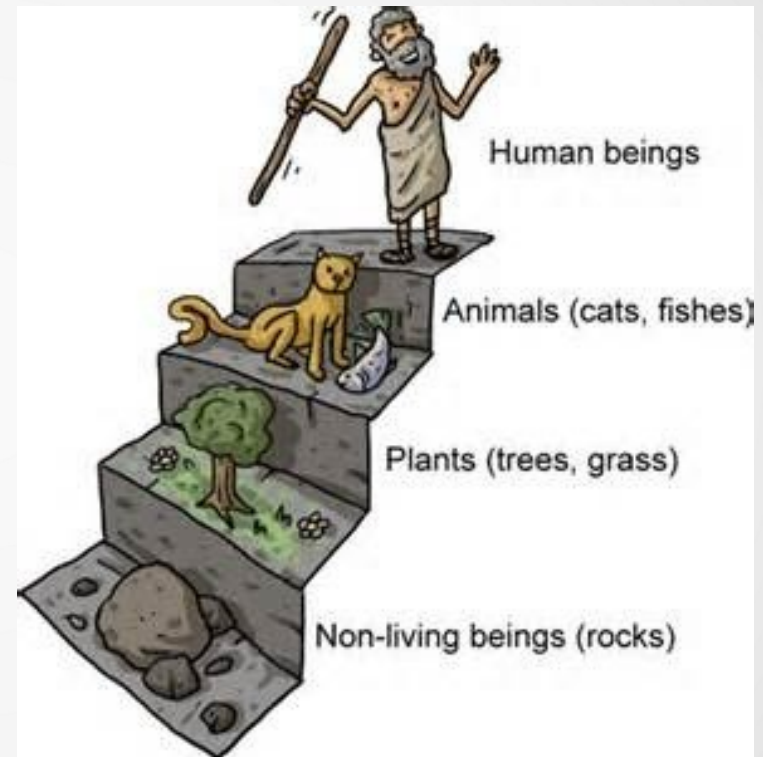
Δεν εξηγούνται όλα τα χαρακτηριστικά από τη φυσική επιλογή

- Πολλά χαρακτηριστικά είναι αποτέλεσμα περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραγόντων
- $P=G+E$
- Υπάρχει μια τάση στην κοινωνία να αποδίδει γενετική αξία σε συμπεριφορές (π.χ. το γονίδιο της ευφυΐας)
- Βιολογικός προκαθορισμός (biological determinism)



Η εξέλιξη **δεν** έχει σκοπό

- Ο άνθρωπος δεν είναι το τελικό σκαλοπάτι της εξέλιξης
- Η εξέλιξη κινείται από τις 5 δυνάμεις που αναφέρθηκαν
- Η φυσική επιλογή οδηγεί σε προσαρμογή, που ακολουθεί τις εναλλαγές του περιβάλλοντος



Οι ανθρώπινες φυλές δεν έχουν γενετική βάση

- Οι άνθρωποι πληθυσμοί διαφοροποιούνται ελάχιστα
- Η ποικιλότητα μέσα στους πληθυσμούς είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι η διαφοροποίηση ανάμεσα σε αυτούς
- *RC Lewontin 1972: The Apportionment of Human Diversity. Evolutionary Biology*



Richard Lewontin

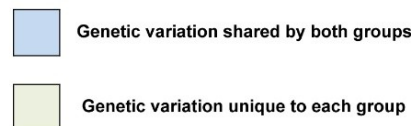
Comparison of genetic variation between two native populations from different continents

Population one

CAAG	ATAA	TAAA	TTAA	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGCC
GGGC	AAAA	GCGG	TTAT	CCGG	CCGC	GGCC	GGAG	CCTC	GCCG
AACA	CAAC	GAAG	TAGG	TTTC	TCCT	ATCG	AAGC	TGGC	GGTT
AAGT	TTTA	GTCA	ATGC	TATT	ACAA	CAGT	ACTG	CTTC	GGGT
ACCA	TACG	CCAC	CAAA	TTCC	CGAA	CCCC	TCTT	TCAG	GGGA
CCAG	CTTT	GTGG	GTAC	AGGG	GGTA	TTGG	GTCC	CTTG	GTTG
TGGT	ACCG	CATT	AGCC	TAGA	CAAT	AAAC	AACC	TTTT	TTCT
TGTT	GGGG	CCAT	TTGT	AAAT	TTTG	CACC	GAGG	ACTA	AGGA
GGAA	GCGC	AGAA	TAAT	TTCG	CCTG	GAAA	TTAG	AATG	CCAA
CGGG	AAGA	CCCA	GACT	GATC	CGGC	AATT	GGTG	AATA	AGTT

Population two

CAAG	ATAA	TAAA	TTAA	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC
GGGC	AAAA	GCGA	TTAT	CCGG	CCGC	GGCC	GGAG	CCTC	GCCG
AACA	CAAC	GAAG	TAGG	TTTC	TCCT	AGCG	AAGC	TGGG	GGTT
AAGG	TTTA	TAAC	ATGC	TATT	ACAA	CAGT	ACTG	CTTC	GGGT
ACCA	TACG	CCAC	CAAA	TTCC	GGCA	CCCC	TCTT	TCAG	GGGA
CCCG	CTTT	GTGG	GTAC	AGGG	GGTA	ATTG	GTCC	CTTG	GTTG
TGGT	ACCG	CATT	AGCC	TACA	CAAT	AAAC	AACC	TTTT	TTCT
TGTT	GGGG	CCAT	TTGT	AAAT	TTTG	CACC	GAGG	GCTA	AGGA
GGAA	GATA	AGAA	TAAT	TTCG	CCTT	GAAA	TTAG	AATG	CCAA
CGGG	AAGA	CCCA	GACT	GATC	CGGC	AATT	GGTG	ATTA	AGTT

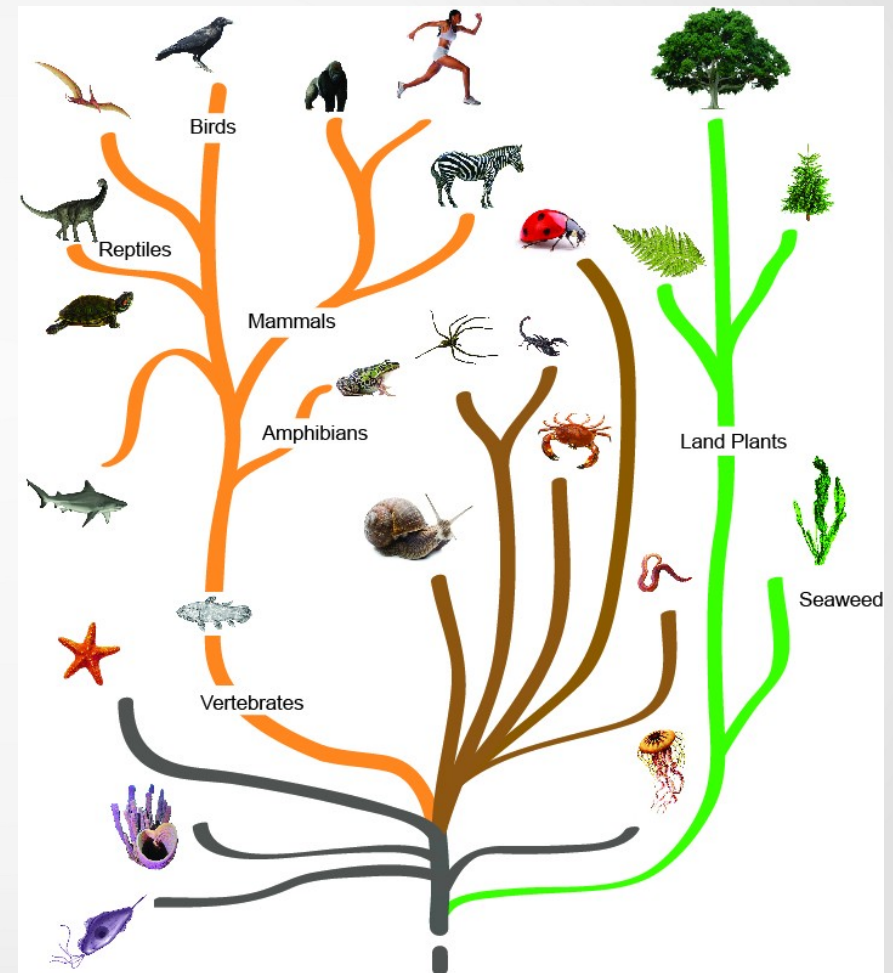


85 percent of genetic variation is shared by both groups

15 percent of genetic variation is unique to each group

Τι είναι τελικά η εξέλιξη;

- Εξέλιξη: η αλλαγή στις συχνότητες των **αλληλομόρφων** των γονιδίων από γενιά σε γενιά που σταδιακά οδηγεί στη δημιουργία νέων ειδών (ειδογένεση) και στην εξαφάνιση των παλαιότερων
- Η ζωή στον πλανήτη υπολογίζεται να ξεκίνησε πριν από 4 δις χρόνια
- Last universal common ancestor (LUCA)



Ερωτήματα της Βιολογίας

- Πώς προέκυψε η ζωή;
- Πού οφείλεται η τόσο μεγάλη ποικιλία μορφών ζωής;
- Γιατί οι οργανισμοί φαίνεται να είναι τόσο καλά προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους;
- Ποιο είναι το μέλλον της ζωής στη γη (ή αλλού);
- *«Τίποτα δεν έχει νόημα στη Βιολογία παρά μόνο κάτω από το φως της εξέλιξης»*
 - Theodosius Dobzhansky



Η ποικιλότητα και η καταγωγή των ζωντανών οργανισμών

Evolution: life on Earth is one big extended family



In 1858, Charles Darwin and Alfred Russel Wallace independently proposed a theory of biological evolution to explain the diversity of life on Earth. Since then the fossil record and DNA

studies have added, and continue to add, overwhelming support for this view of life's history. Evolution today is one of the best documented and widely accepted principles of modern science.

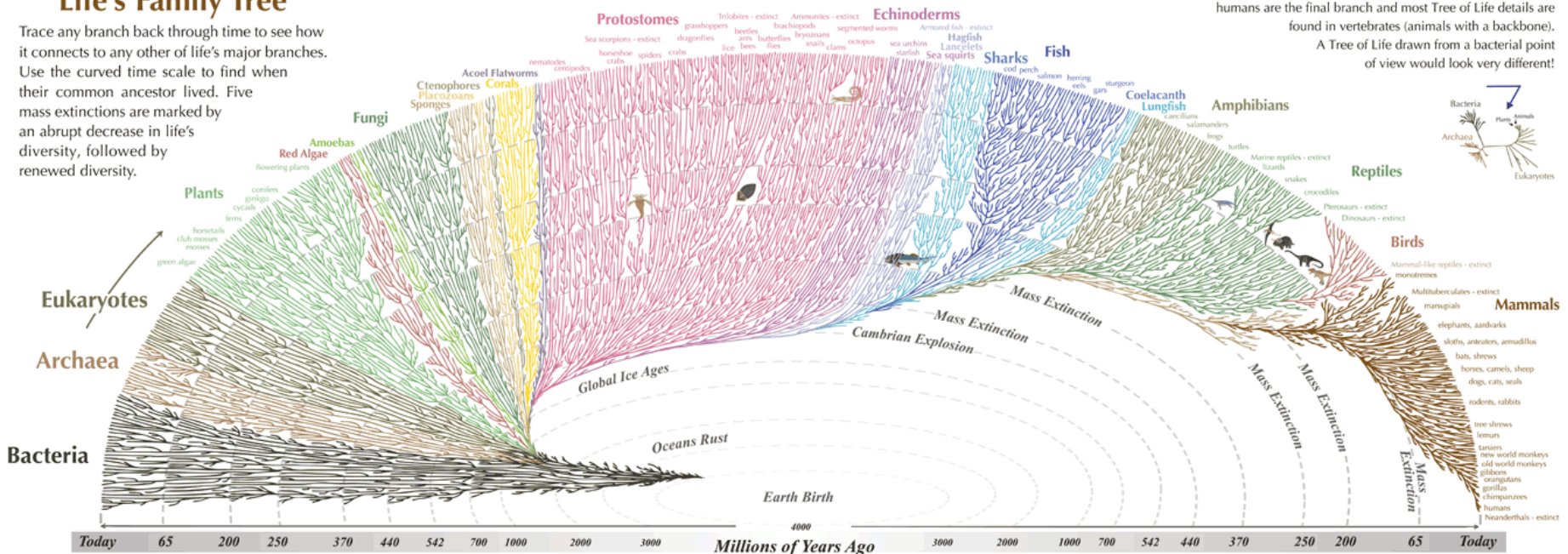
Life on Earth has changed dramatically through time. The theory of evolution proposes that through the process of natural selection and other natural events stretching over millions of

generations, living things diversify, branching from one species into many. This means that all living things are related to one another through common ancestry with earlier, different

life forms. In other words, if you follow your family tree far enough back in time, you will find a common ancestor not only with every other living thing, but with every thing that ever lived.

Life's Family Tree

Trace any branch back through time to see how it connects to any other of life's major branches. Use the curved time scale to find when their common ancestor lived. Five mass extinctions are marked by an abrupt decrease in life's diversity, followed by renewed diversity.



All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct

Η νέα σύνθεση

- Ο συνδυασμός της γενετικής και της δαρβινικής προσέγγισης οδήγησε στη νέα δαρβινική σύνθεση (1918-1930)
- Η γενετική πληθυσμών μαζί με την οικολογία, τη συστηματική, τη μοριακή βιολογία και τη βιοπληροφορική μας δίνει τη σημερινή ερμηνεία της εξέλιξης
- Οι πρώτοι εξελικτικοί βιολόγοι ήταν μαθηματικοί, που περιέγραψαν τις δυνάμεις της εξέλιξης μέσα από μαθηματικά μοντέλα



R. A. Fisher,



Sewall Wright,



and J. B. S. Haldane



Watson & Crick

Γενετική ποικιλότητα

Οι περισσότεροι οργανισμοί διαφέρουν μεταξύ τους στη γενετική πληροφορία

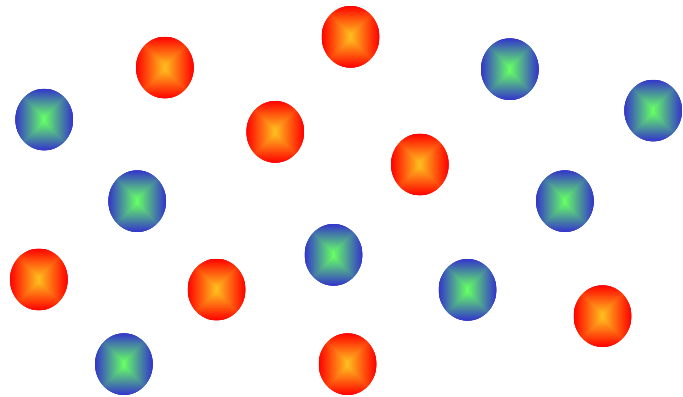
- Ακόμα και αν ανήκουν στο ίδιο είδος

Πρώτη ύλη της εξέλιξης

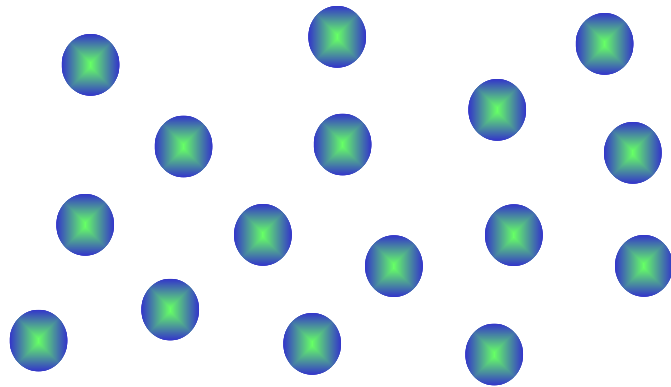
- Προσαρμογή σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα
- Προσαρμοστικότητα στο μέλλον

Πρώτη ύλη όλων των παραγωγικών διαδικασιών του ανθρώπου και της οικονομίας του

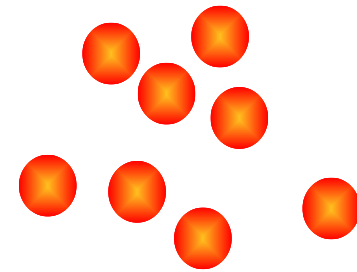




ποικιλότητα



ομοιομορφία



Επιβίωση

Εξαφάνιση!!

Γενετική ποικιλότητα

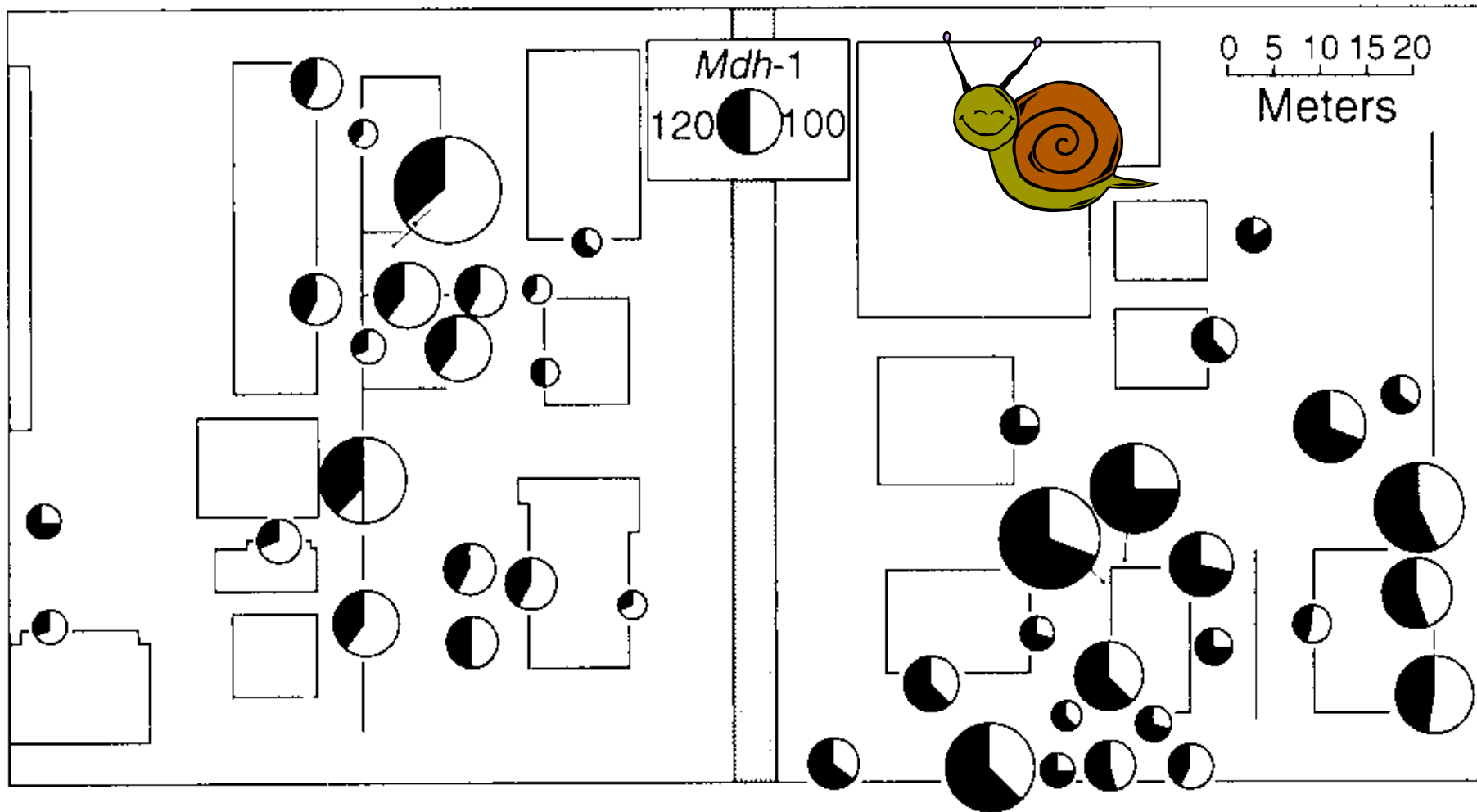
Οι γενετικές διαφορές ανάμεσα στους οργανισμούς έχουν τη μορφή διαφορετικών **αλληλομόρφων** για τα ίδια γονίδια

- Τα αλληλόμορφα συνδυάζονται ανά δύο σε κάθε γονίδιο και σχηματίζουν το **γενότυπο** (ή γονότυπο)
- Τα αλληλόμορφα προέρχονται από μεταλλάξεις



Τρία κορίτσια από τη φυλή Χοπί, με το μεσαίο κορίτσι να έχει αλφισμό, μια αυτοσωμική υποτελής διαταραχή που είναι συχνή στους Ινδιάνους Χοπί της Αριζόνα (φωτογραφία από το 1900)

Πηγή: iGenetics 2009



Μεταβολή της γενετικής ποικιλότητας στο χώρο

Διαφορές μεταξύ δύο πληθυσμών σαλιγκαριών σε δύο γειτονικά αστικά τετράγωνα, στην ενζυμική ζώνη MDH-1, όπου ο δρόμος πιθανόν να αποτελεί σημείο αλλαγής της γενετικής ποικιλότητας στο χώρο

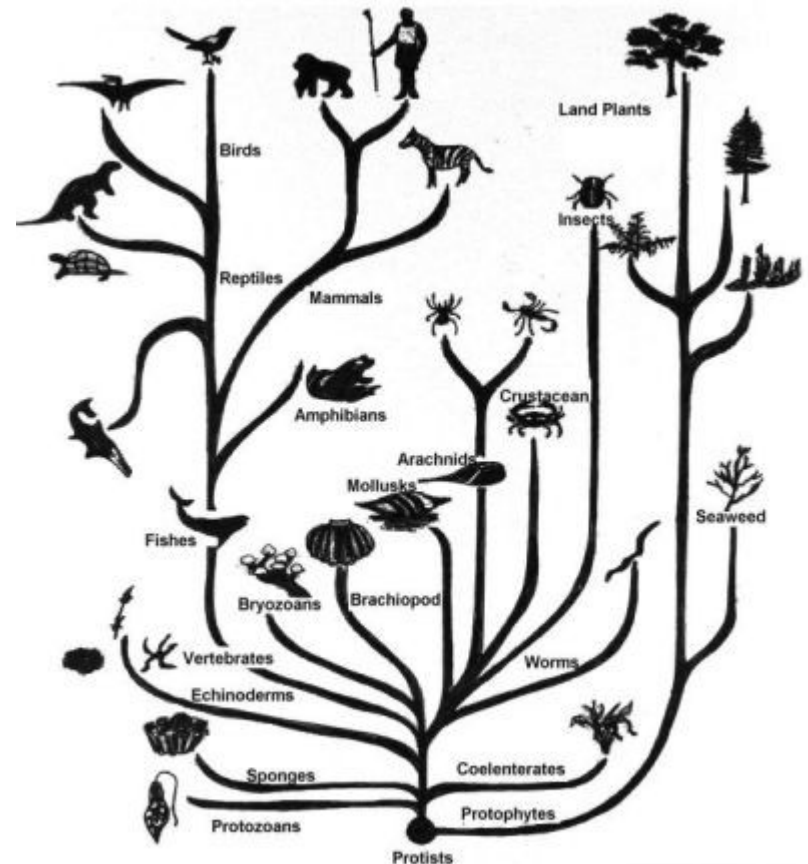
Μεταβολή της γενετικής ποικιλότητας στο χρόνο

Οι μεταβολές της γενετικής ποικιλότητας στο χρόνο οδηγούν στην **εξέλιξη** των οργανισμών

Η εξέλιξη των ειδών είναι η διαδικασία που οδήγησε στη σημερινή ποικιλομορφία της ζωής

- Όλα τα είδη έχουν κοινό πρόγονο

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την εξελικτική διαδικασία, πρέπει να περιγράψουμε την έννοια του **πληθυσμού**



Πληθυσμός

Ένα σύνολο ομοειδών αλληλοαναπαραγόμενων οργανισμών

- Ένα είδος
 - Όχι πάντα
- Μία γεωγραφική περιοχή
 - Όχι πάντα
- Δυνατότητα αναπαραγωγής

Ο πληθυσμός έχει στο σύνολό του μία **γονιδιακή δεξαμενή** (gene pool) με συγκεκριμένη γενετική δομή

Ένας πληθυσμός μπορεί να αποτελείται και από υποπληθυσμούς

Αναπαραγωγή

Η αναπαραγωγή είναι ο κύριος παράγοντας συγκρότησης ενός πληθυσμού

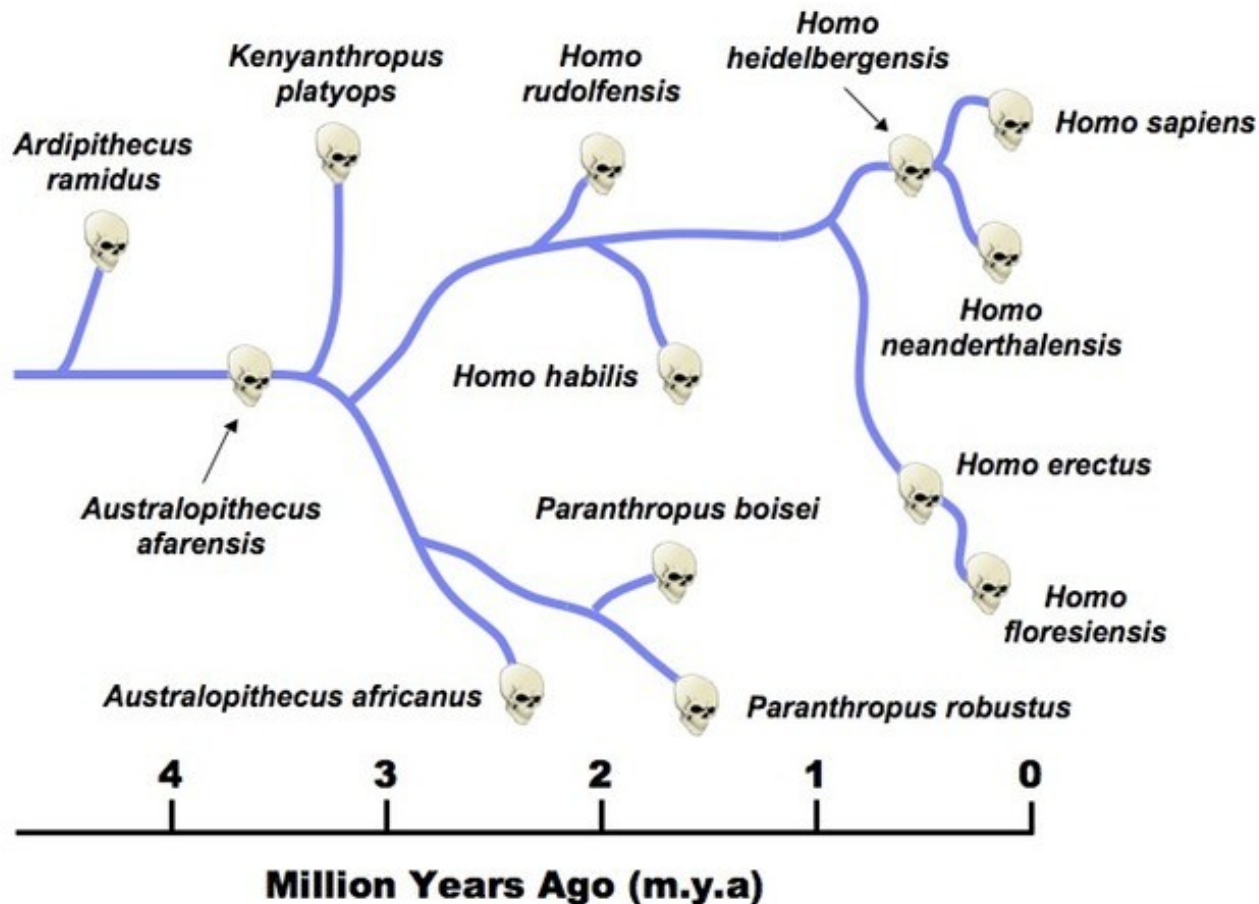
- Συνδέει γενετικά τις γενιές μεταξύ τους

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό πληθυσμών στους ανθρώπους και αυξάνουν την πιθανότητα γάμων

- Γεωγραφική εγγύτητα
- Κοινή γλώσσα
- Κοινή εθνικότητα, κουλτούρα, θρησκεία, έθιμα

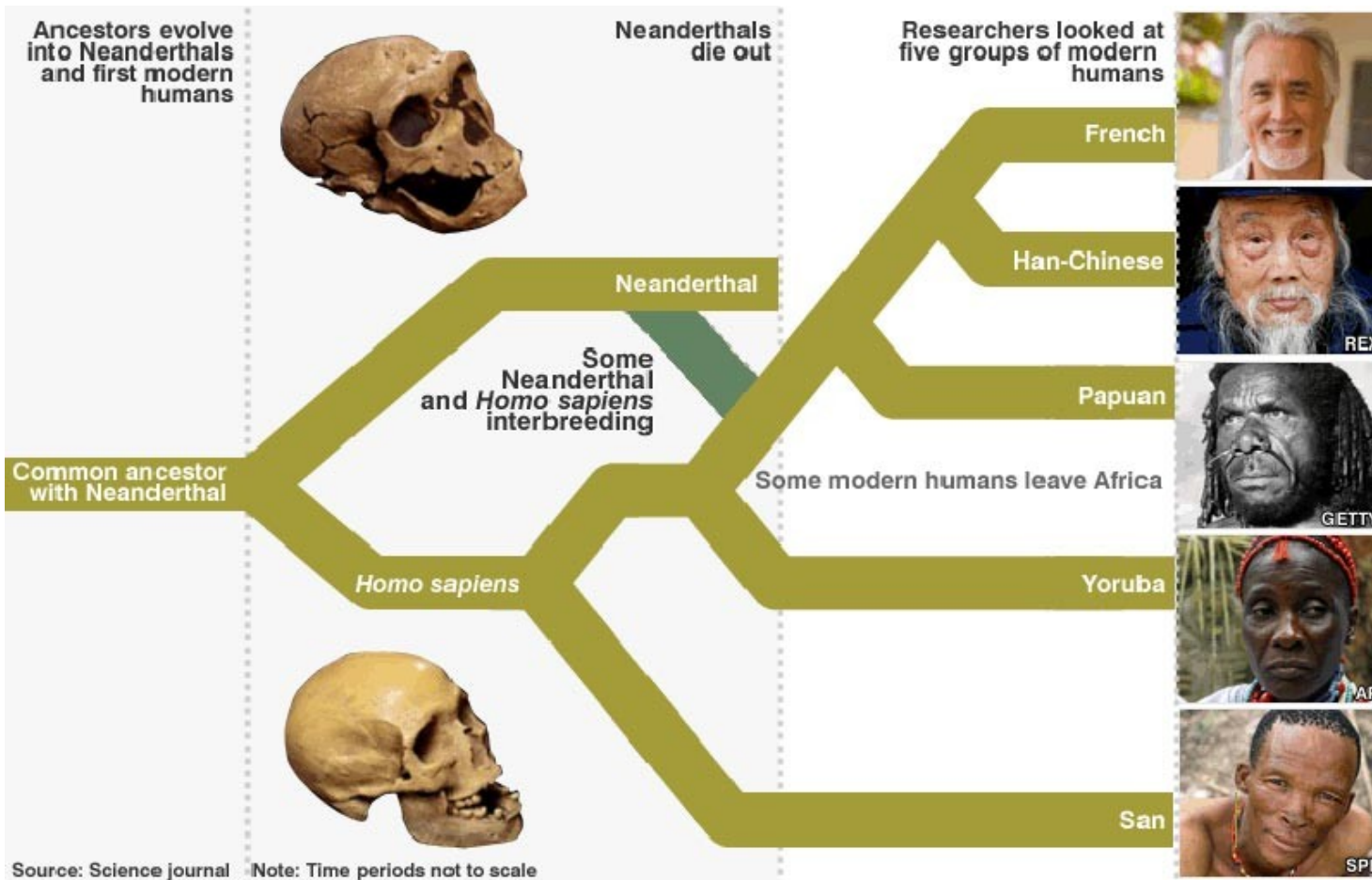


Πως προέκυψαν οι ανθρώπινοι πληθυσμοί;



Η καταγωγή του ανθρώπινου είδους *Homo sapiens*

Πως προέκυψαν οι ανθρώπινοι πληθυσμοί;



Η πιθανή καταγωγή των ανθρώπινων πληθυσμών

Ανθρώπινες μεταναστεύσεις

Η σημερινή διασπορά των ανθρώπινων φυλών είναι ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα πολλών παραγόντων

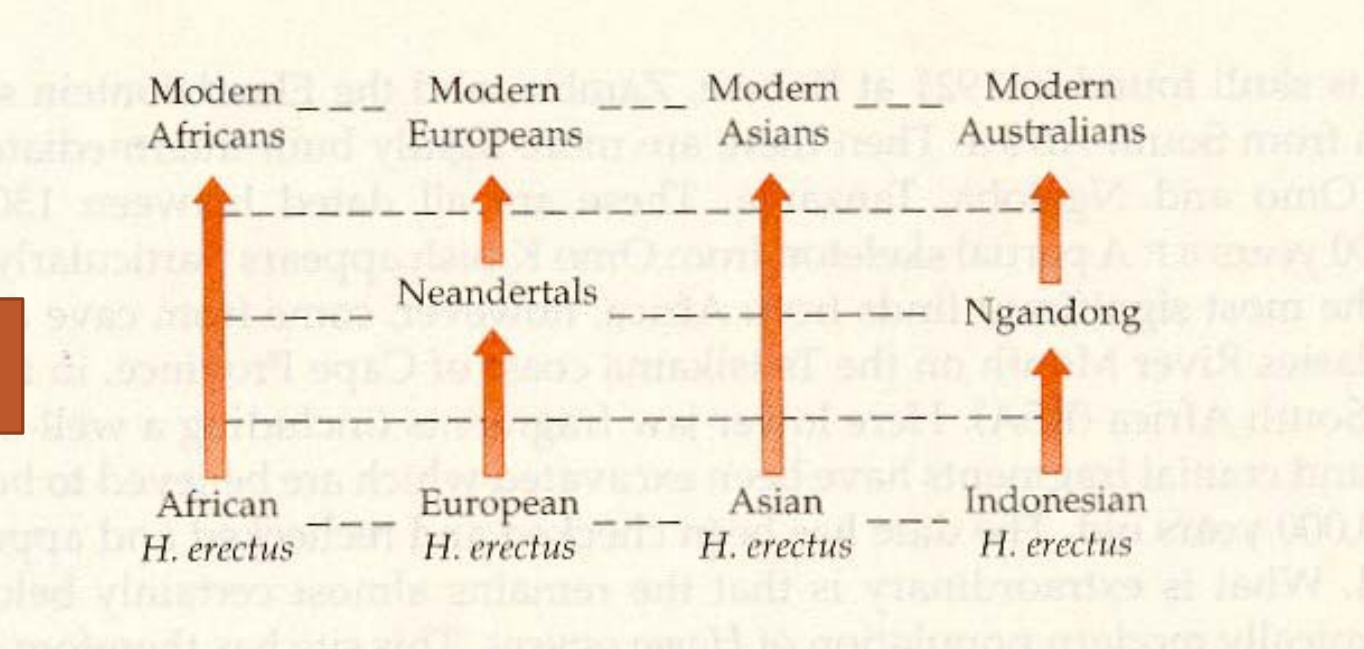
- Σημαντική η επίδραση της μετανάστευσης

Δύο σενάρια μετανάστευσης:

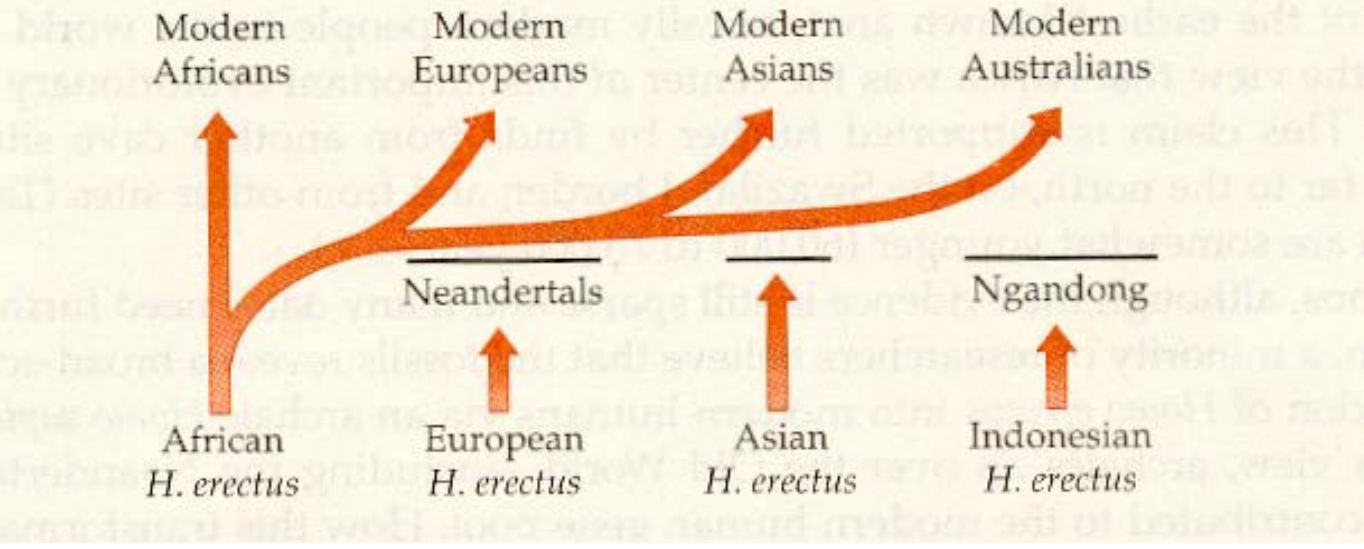
- Out of Africa
 - Ο *Homo sapiens* μετανάστευσε από την Αφρική, οπότε όλες οι σημερινές φυλές έχουν κοινό πρόγονο
- Multiregional Hypothesis
 - Οι σημερινές φυλές προέρχονται από ξεχωριστή εξέλιξη φυλών του *Homo erectus* που είχε μεταναστεύσει παλαιότερα από την Αφρική
- Το πρώτο σενάριο θεωρείται σήμερα πιο αποδεκτό και πιθανό
 - Υπάρχουν πολλά αμφιλεγόμενα σημεία



Multiregional hypothesis



Out of Africa



Campbell –Loy, Humankind Emerging, 7th ed., p. 465.



P.B. deMenocal and C. Stringer/Nature 2016

Το σενάριο “out of Africa”

Λέγεται και σενάριο «αντικατάστασης», όπου ο σύγχρονος άνθρωπος μεταναστεύει σε κύματα έξω από την Αφρική και αντικαθιστά τους απογόνους του *Homo erectus* που συναντά



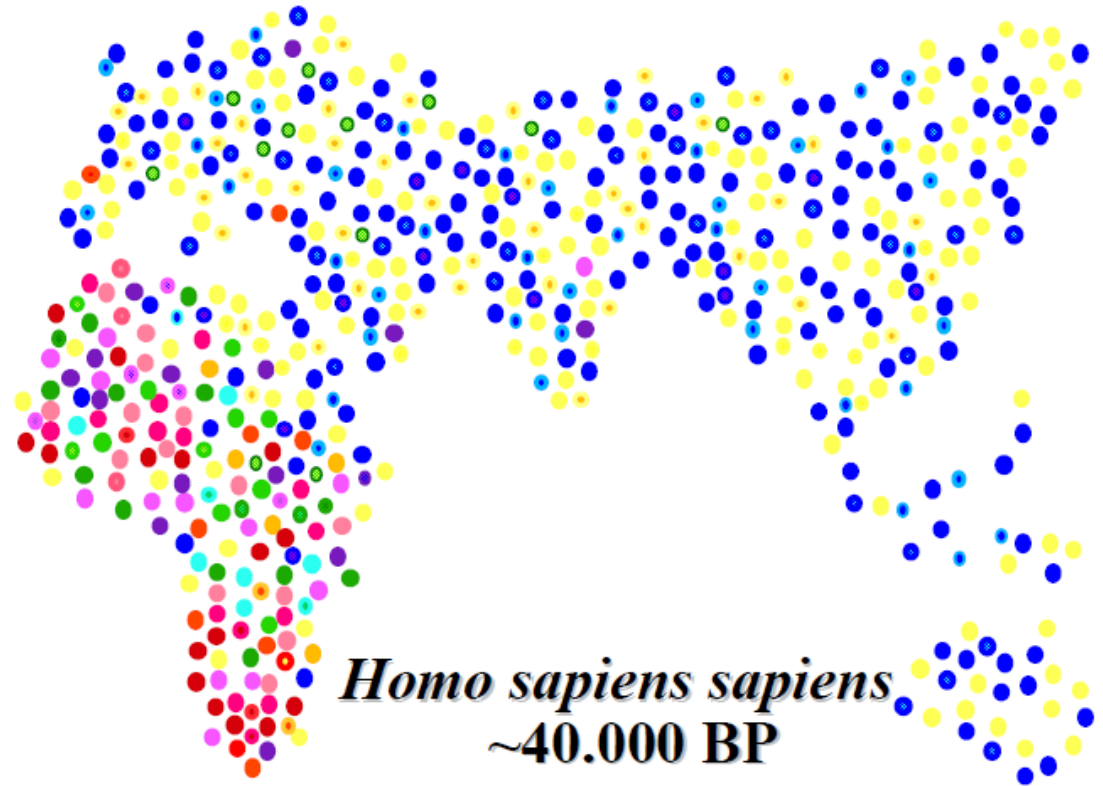
Το σενάριο “out of Africa”

Λέγεται και σενάριο «αντικατάστασης», όπου ο σύγχρονος άνθρωπος μεταναστεύει σε κύματα έξω από την Αφρική και αντικαθιστά τους απογόνους του *Homo erectus* που συναντά

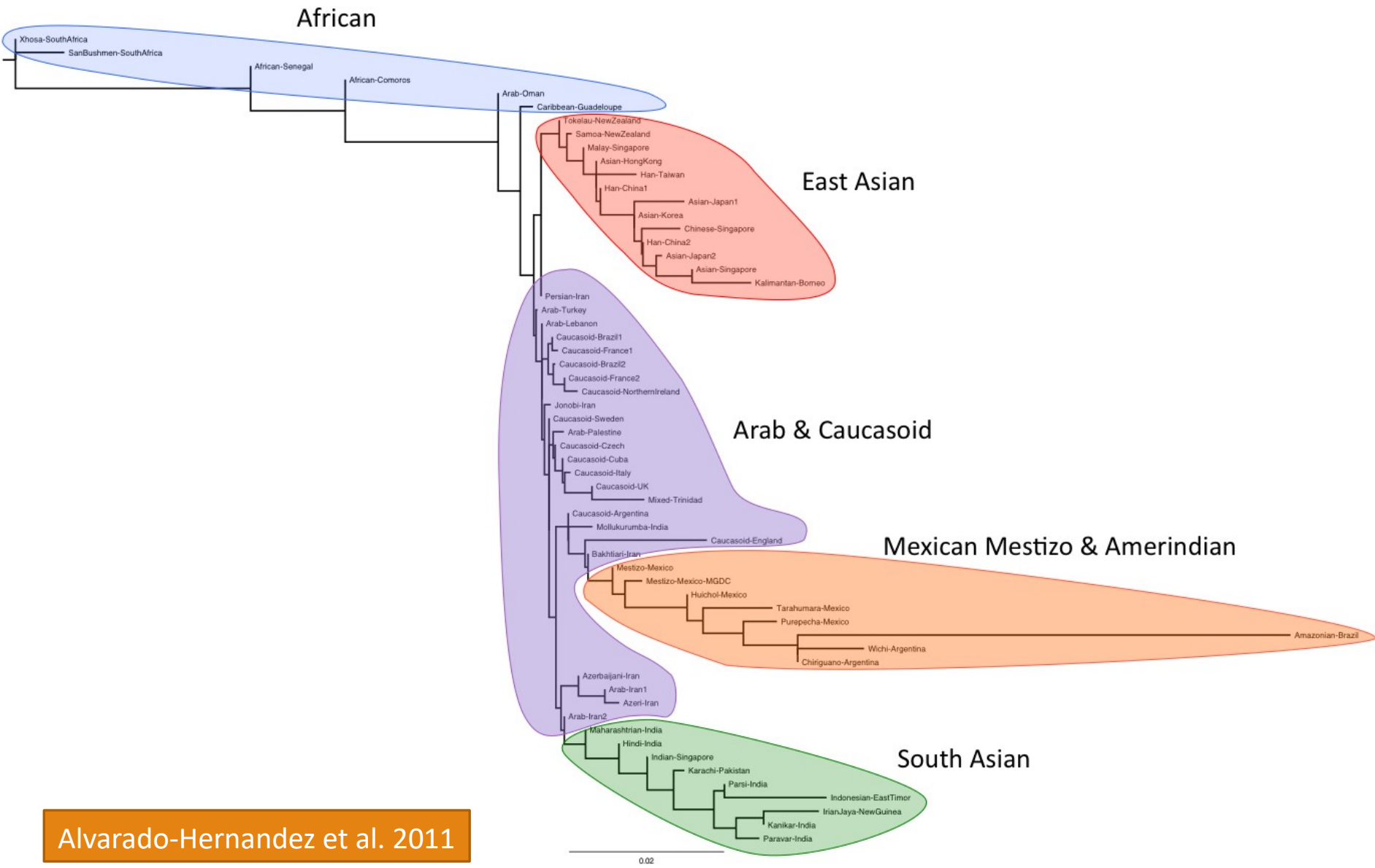
Γενετική ποικιλότητα και μετανάστευση

Η μετανάστευση αφήνει έντονο γενετικό αποτύπωμα στους πληθυσμούς, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της προέλευσής τους

Η γενετική ποικιλότητα των μη αφρικανικών πληθυσμών είναι μικρότερη, καθώς οι πληθυσμοί αυτοί προέρχονται από δείγμα αφρικανικών πληθυσμών



<http://info.med.yale.edu/genetics/kkidd/point.htm>



Alvarado-Hernandez et al. 2011

Human population phylogram. Six activating KIR gene frequencies were used to estimate genetic distances for 60 different human populations. Five different and clearly distinctive clades are seen: African (light blue), East Asian (red), Arab and Caucasoid core (purple), South Asian (green) and the American amerindian and Mexican mestizo clade (orange). Genetic distance is greater between South African Xhosa and Brazilian Amazonians.

Προέλευση και επίδραση της εξελικτικής σκέψης

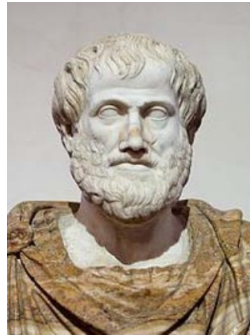
- Η θεωρία της βιολογικής εξέλιξης διατυπώθηκε από τους Δαρβίνο και Wallace το 1859
- Προϊόν δύο επαναστατικών ιδεών που ήλθαν σε πλήρη αντίθεση με τις μέχρι τότε κυρίαρχες αντιλήψεις
 - α) κόσμος σε διαρκή εξέλιξη και όχι αμετάβλητος
 - β) ερμηνεία του κόσμου με βάση το μηχανισμό (υλιστική - μηχανισμική ερμηνεία) και όχι το σκοπό (τελεολογική - υπερφυσική ερμηνεία)
- Η ζωή δεν ακολουθεί ένα προδιαγεγραμμένο σχέδιο, ούτε βαδίζει προς ένα ανώτερο σκοπό, αλλά μπορεί να ερμηνευθεί με βάση μόνο τις φυσικές ιδιότητες της ύλης.
- Ενοποίησε όλους τους κλάδους της Βιολογίας και πρόσφερε ένα κοινό πλαίσιο ερμηνείας των βιολογικών φαινομένων από το μοριακό μέχρι το οικοσυστημικό επίπεδο.

Η εξέλιξη της εξελικτικής σκέψης

Αρχαία Ελλάδα:

6ο - 5ο π.Χ αι.: τα πρώτα σπέρματα εξελικτικής σκέψης (Εμπεδοκλής, Αναξίμανδρος)-
υλιστικές ερμηνείες για τη δημιουργία του κόσμου

- **Πλάτων:** «είδος» ή τύπος ή ιδέα: συνδυάζει την τελειότητα, την αιωνιότητα, την αμεταβλητότητα. Όλα τα υλικά αντικείμενα είναι ατελείς και φθαρτές απομιμήσεις του τέλειου προτύπου που υπάρχει στο νοητό κόσμο των ιδεών. (ποικιλομορφία= ατελείς μορφές).

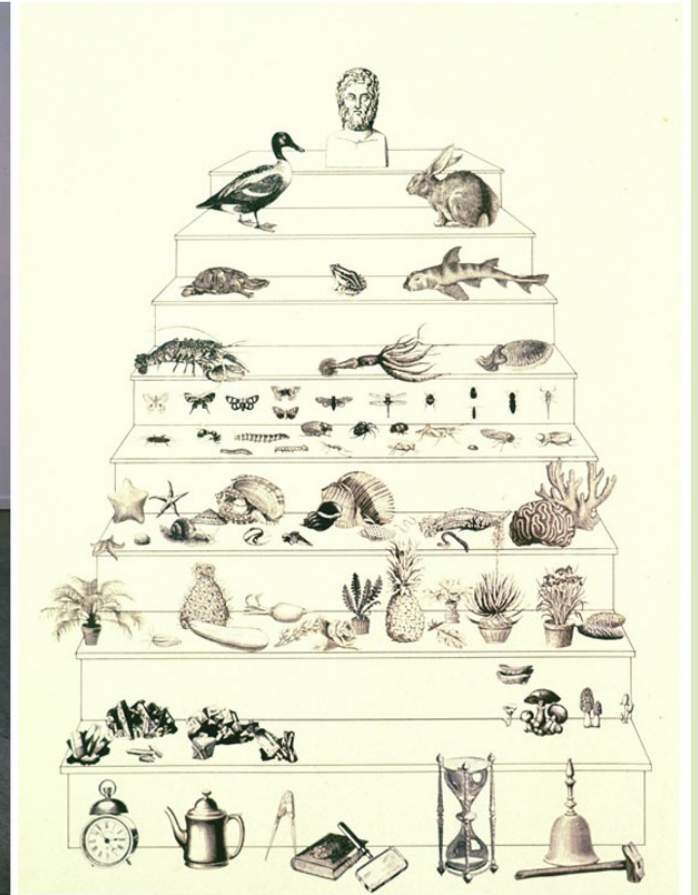


- **Αριστοτέλης:** μελετητής του φυσικού κόσμου. Η ιδέα της τελειότητας και του σκοπού (τελεολογία). Το φιλοσοφικό και επιστημονικό του σύστημα κυριάρχησε από το 13ο αι. μέχρι την Αναγέννηση
- Αμετάβλητος κόσμος
- Ενσωμάτωση φιλοσοφικών απόψεων Πλάτωνα -Αριστοτέλη στη Χριστιανική Θεολογία

Μεσαίωνας...

- Στη φύση υπάρχει τάξη και ιεραρχία:
Φυσική κλίμακα (Scala Naturae)
- Η φυσική ιεραρχία αντανακλάται και στις ανθρώπινες κοινωνίες.

Scala Naturae



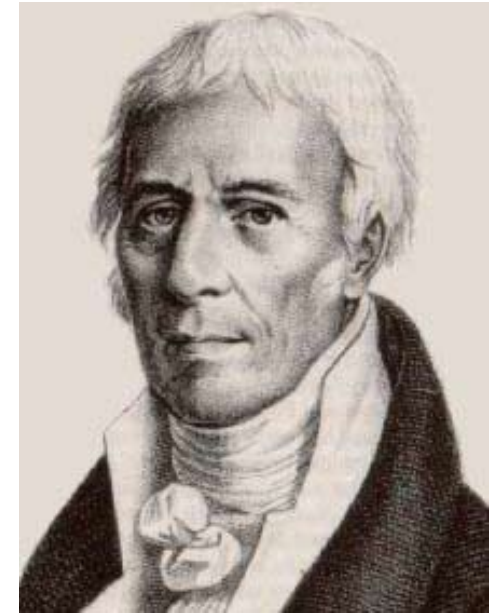
Η εξέλιξη της εξελικτικής σκέψης

Αναγέννηση-Διαφωτισμός

- Ανάπτυξη θετικών επιστημών (πείραμα-παρατήρηση)-εισαγωγή μηχανιστικών θεωριών για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου π.χ στη Φυσική (Νεύτων-Καρτέσιος)
- Απόψεις περί εξέλιξης του κόσμου στην Αστρονομία, Γεωλογία.
- Οι αντιλήψεις αυτές δεν επεκτείνονταν στους ζωντανούς οργανισμούς.
- Γεωλογία – Παλαιοντολογία: Η ηλικία της γης μεγαλύτερη απ' ότι πιστευόταν
 - Απολιθώματα διαφορετικών γεωλογικών στρωμάτων θεωρήθηκαν ως το αποτέλεσμα διαδοχικών καταστροφών (πολλαπλές δημιουργίες).

Τέλη 18^{ου} αιώνα: αρχίζει να συζητιέται η πιθανότητα παραγωγής νέων ειδών και κατά πόσο νέες μορφές ζωής μπορούν να προκύψουν αυτόματα από άψυχο υλικό.

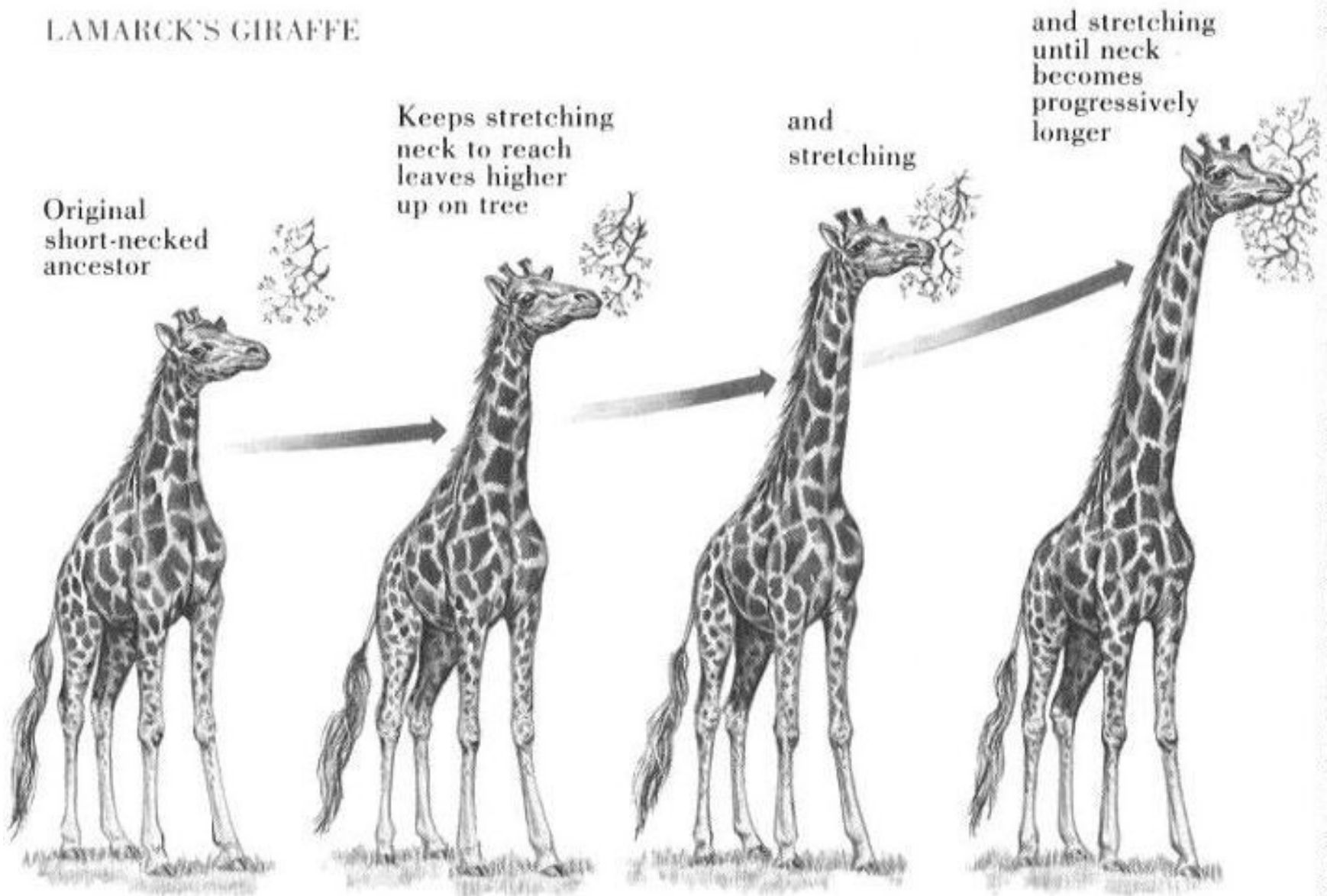
Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829)



- Ο πρώτος γνήσιος υποστηρικτής της εξέλιξης.
- Philosophie Zoologique (1809):
 - όλες οι μορφές ζωής μεταβάλλονται από ατελείς σε τέλειες
 - αρχή χρήσης – αχρησίας
 - κληρονομικότητα επίκτητων χαρακτήρων
- Ο Lamarck ήταν ο πρώτος που με επιστημονική επιχειρηματολογία υποστήριξε το γεγονός της εξέλιξης και διατύπωσε μια θεωρία για το μηχανισμό της.

Η εξέλιξη κατά Lamarck

LAMARCK'S GIRAFFE



Original short-necked ancestor

Keeps stretching neck to reach leaves higher up on tree

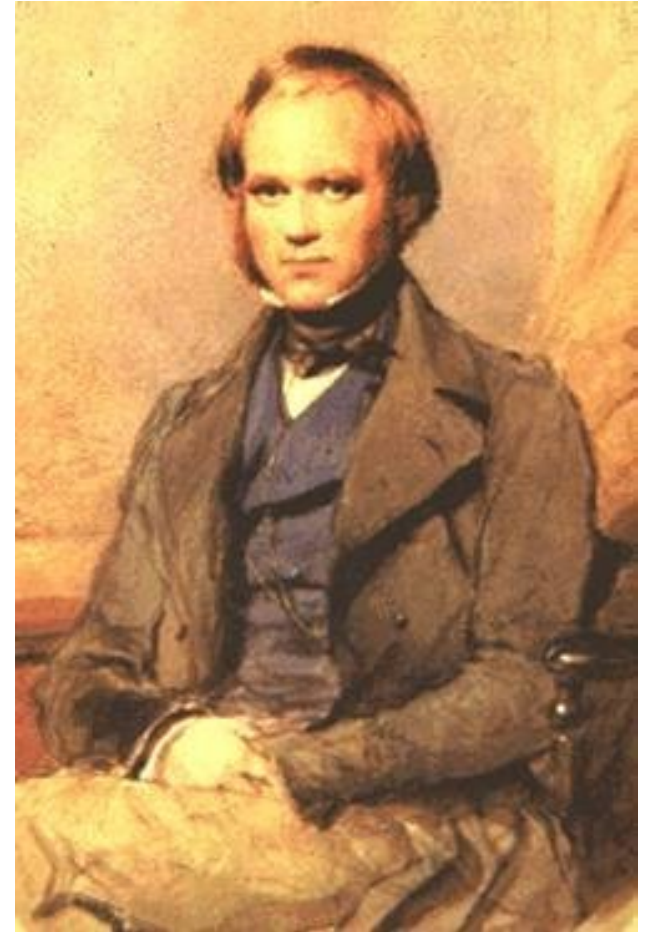
and stretching

and stretching until neck becomes progressively longer

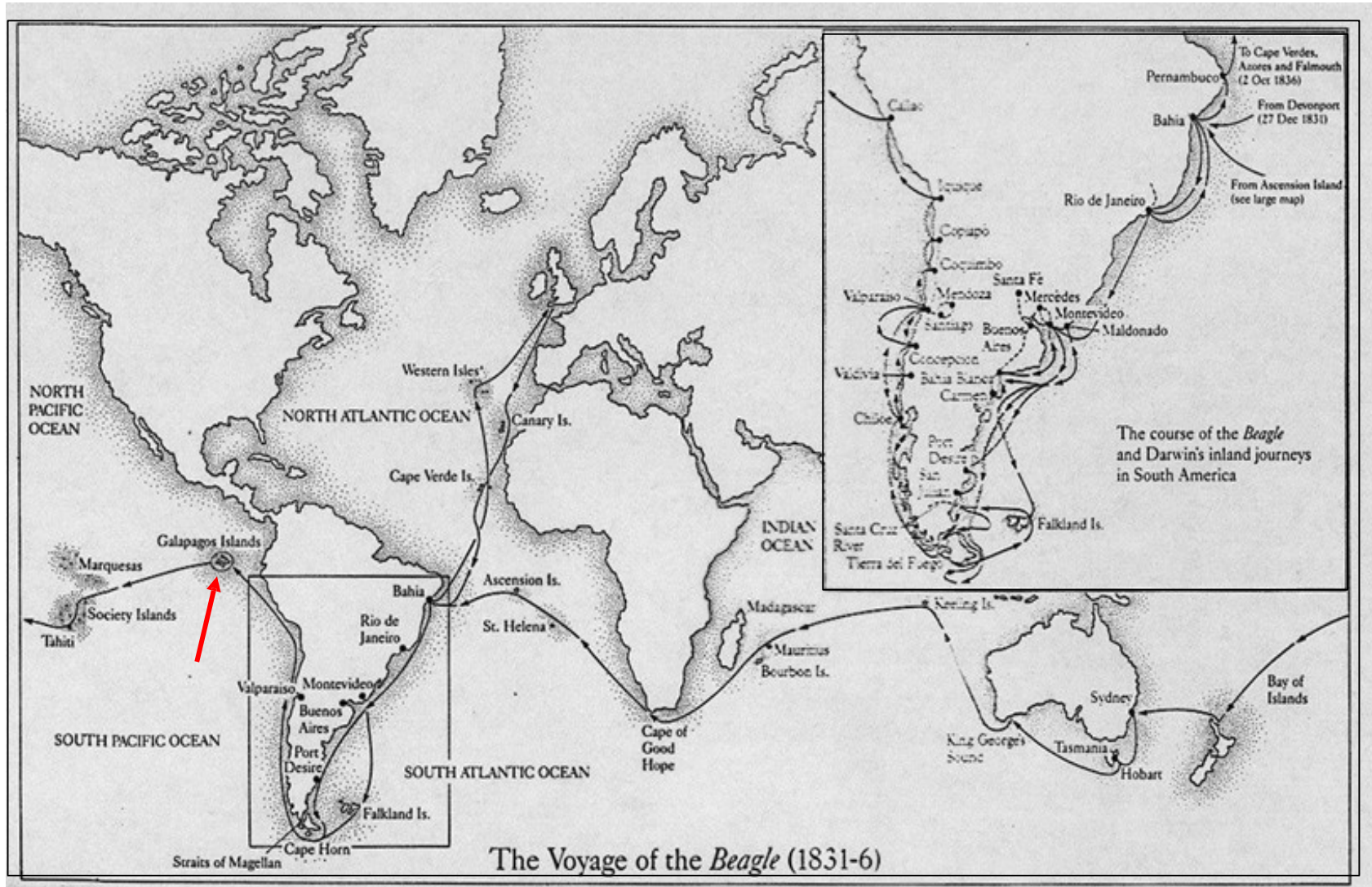
Driven by inner "need"

Κάρολος Δαρβίνος (1809-1882)

- Γεννήθηκε τη χρονιά που ο Lamarck δημοσιεύει το βιβλίο του.
- Από μαθητής ενδιαφερόταν για τη μελέτη του φυσικού κόσμου.
- Σπουδές στην Ιατρική, τις οποίες εγκαταλείπει, και μετά στη Θεολογία.
- Το 1831 συμμετέχει ως άμισθος φυσιολόγος σε υπερπόντια αποστολή για λογαριασμό του Βρετανικού Ναυτικού.



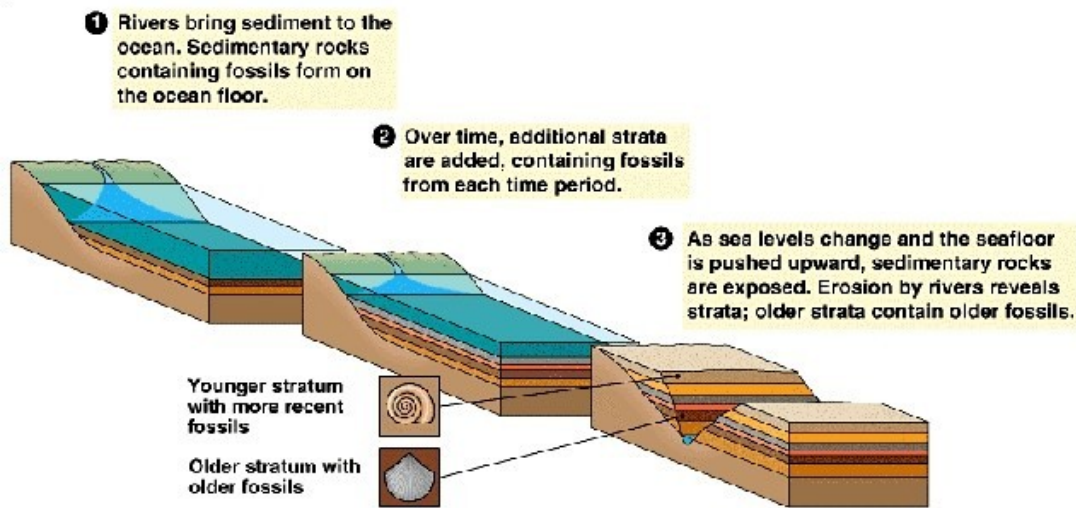
Το ταξίδι με το Beagle (1831-1836)



Στοιχεία υπέρ της Εξέλιξης πριν το Δαρβίνο

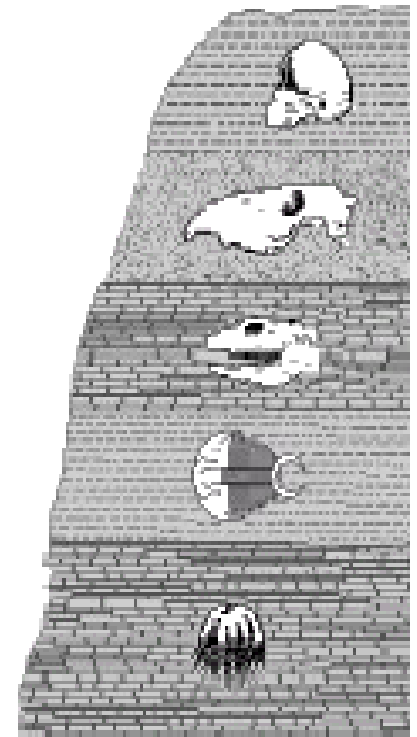
➤ Παλαιοντολογία: Η αλληλουχία διαφόρων τύπων απολιθωμάτων

Figure 22.2 Formation of sedimentary rock and deposition of fossils from different time periods



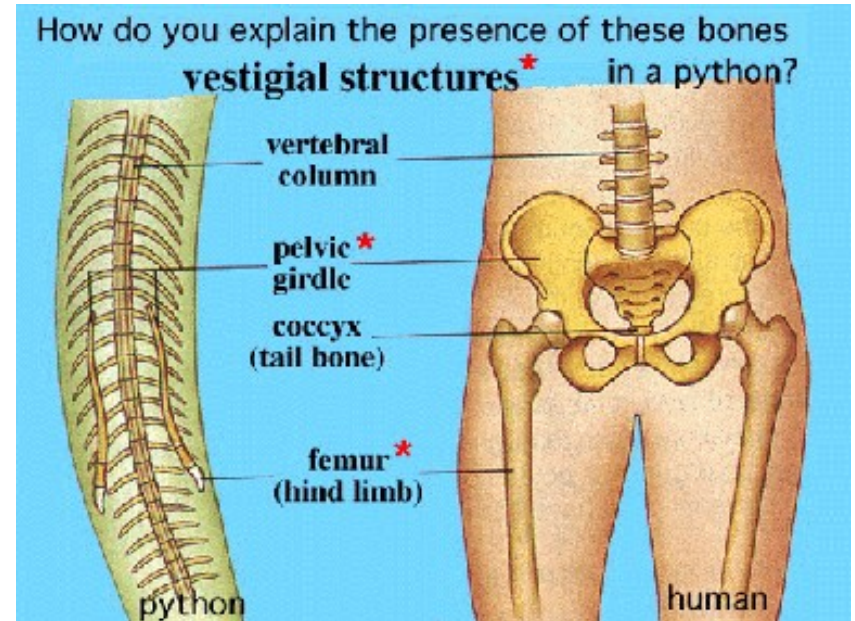
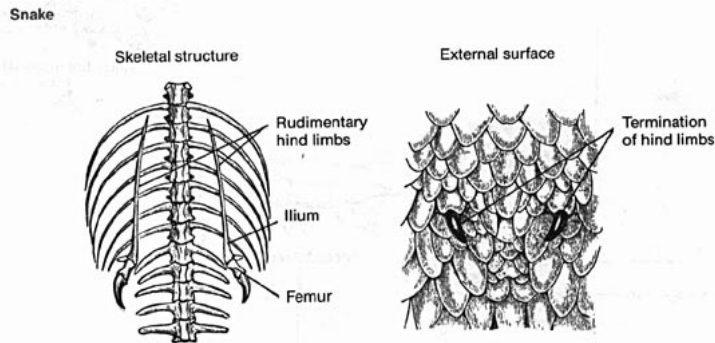
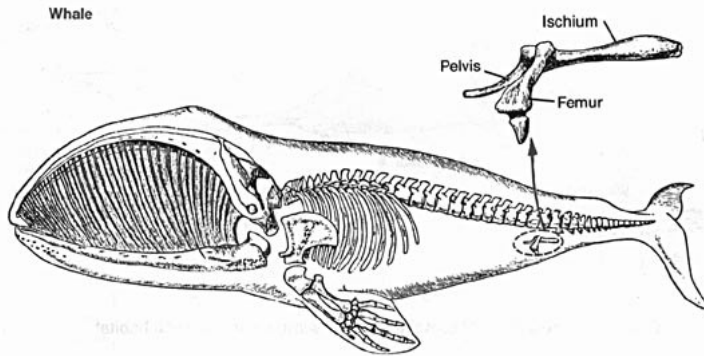
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

||



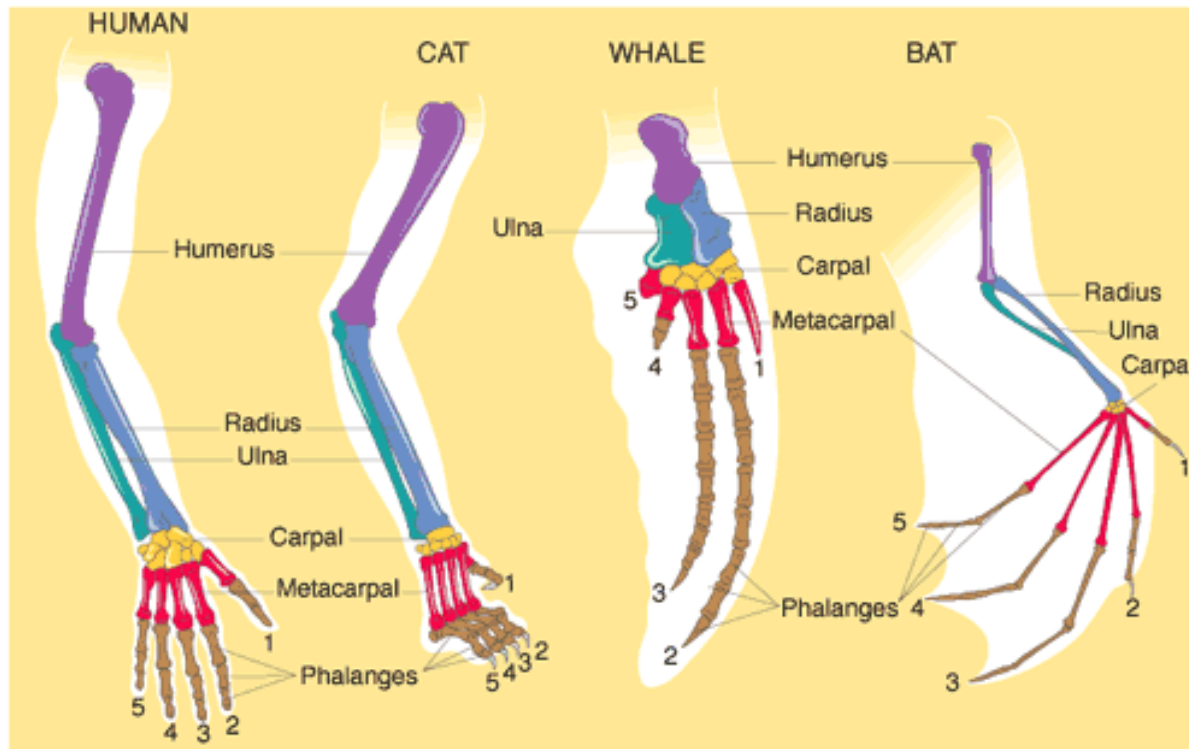
Στοιχεία υπέρ της Εξέλιξης πριν το Δαρβίνο

Ανατομία: Υπολειμματικά όργανα (π.χ σκωληκοειδής απόφυση, κόκυγγας στον άνθρωπο, οστά πίσω άκρων σε φάλαινες και φίδια)



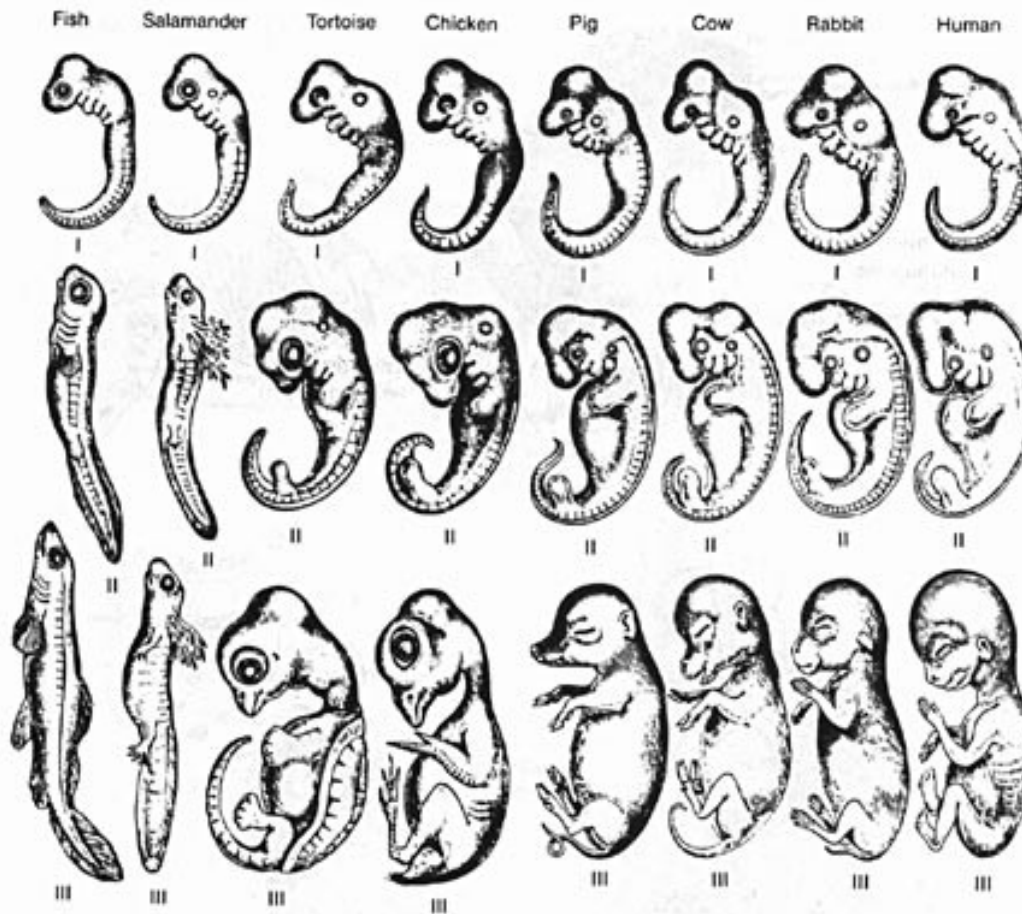
Στοιχεία υπέρ της Εξέλιξης πριν το Δαρβίνο

➤ Συγκριτική ανατομία



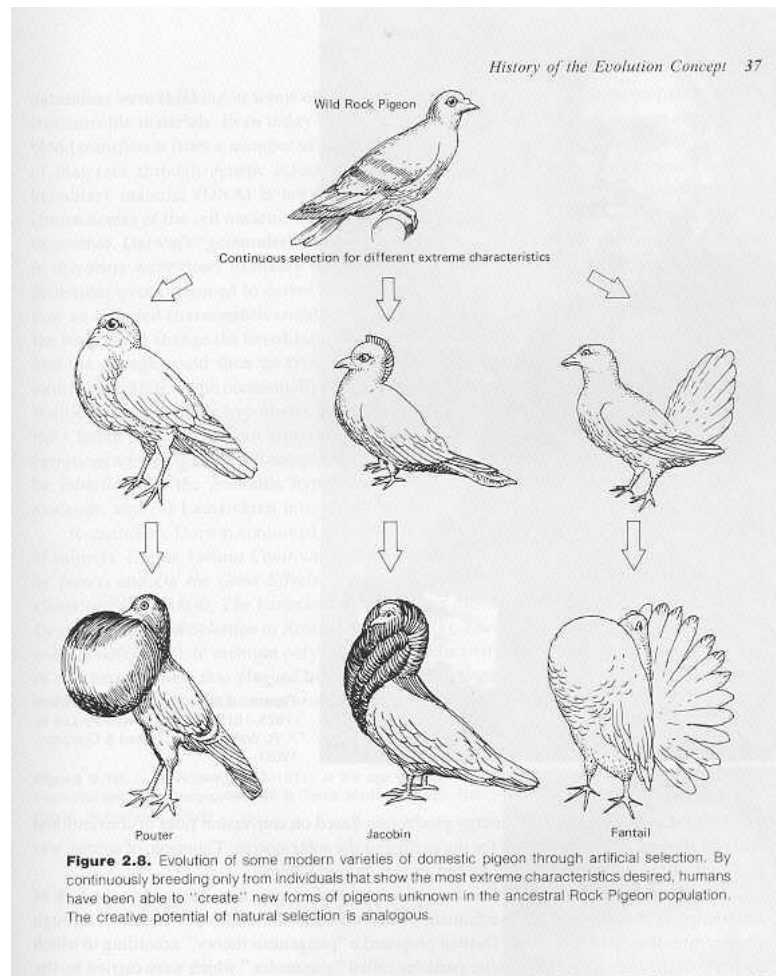
Στοιχεία υπέρ της Εξέλιξης πριν το Δαρβίνο

➤ Εμβρυολογία



Στοιχεία υπέρ της Εξέλιξης πριν το Δαρβίνο

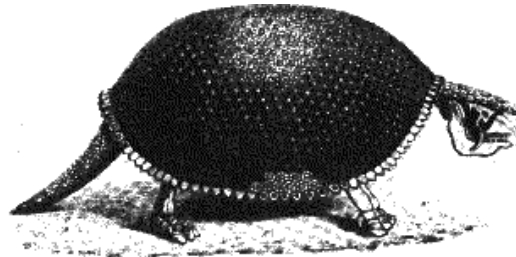
➤ Τεχνητή επιλογή σε ζώα και φυτά



Πως οδηγήθηκε ο Δαρβίνος στη σύλληψη της θεωρίας του

I. Η διαδοχή των τύπων

Απολιθωμένο Αρμαντίλλο
(γένος *Glyptodon*)



σύγχρονο Αρμαντίλλο



- Ομοιότητα μεταξύ εξαφανισμένων και σύγχρονων ειδών στη Ν. Αμερική

Πως οδηγήθηκε ο Δαρβίνος στη σύλληψη της θεωρίας του

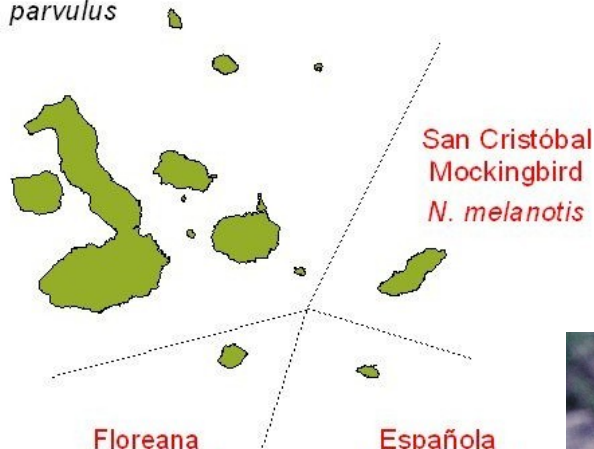


Mimus gilvus
Venezuela



Galápagos
Mockingbird
N. parvulus

Nesomimus spp.



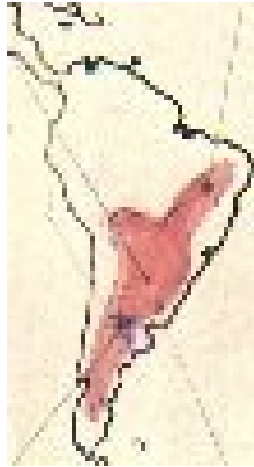
San Cristóbal
Mockingbird
N. melanotis

Floreana
Mockingbird
N. trifasciatus

Española
Mockingbird
N. macdonaldi



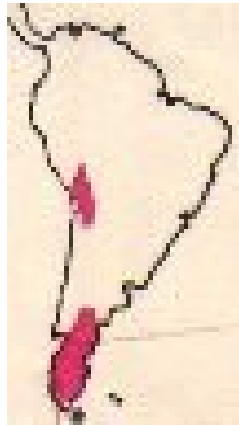
Πως οδηγήθηκε ο Δαρβίνος στη σύλληψη της θεωρίας του



Rhea americana

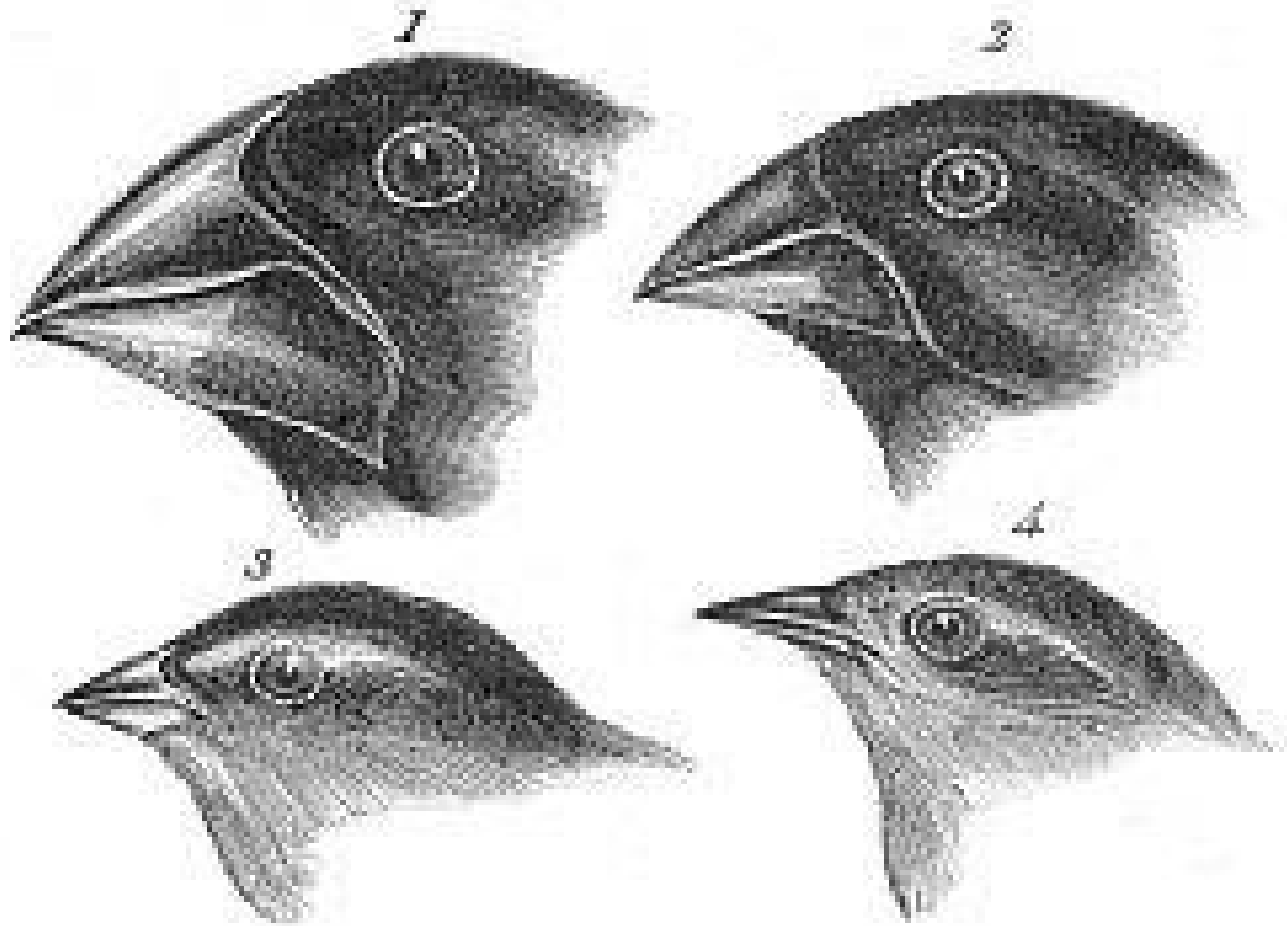


Rhea pennata



**Ορισμένοι τύποι
στρουθοκαμήλων
αντικαθίστανται από
παρόμοιους αλλά
διαφοροποιημένους
τύπους σε γειτονικές
περιοχές**

Πως οδηγήθηκε ο Δαρβίνος στη σύλληψη της θεωρίας του



1. *Geospiza magnirostris*

3. *Geospiza parvula*

2. *Geospiza fortis*

4. *Certhidea olivacea*

Finches from Galapagos Archipelago

Πως οδηγήθηκε ο Δαρβίνος στη σύλληψη της θεωρίας του

Ανάγνωση άλλων εργασιών:

- Lyell (γεωλόγος): «Principles of Geology» (1830-1833). Η επιφάνεια της γης διαμορφώθηκε βαθμιαία από τη δράση της βροχής, των ανέμων, σεισμών, ηφαιστειακών εκρήξεων και άλλων φυσικών δυνάμεων που δρουν μέχρι σήμερα. Η ηλικία της γης είναι πολύ μεγάλη.
- T. Malthus (οικονομολόγος): «Δοκίμιο επί της αρχής των πληθυσμών» (1798). Ανεξέλεγκτη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού οδηγεί αναπόφευκτα σε λιμό.

Μηχανισμός της εξέλιξης η φυσική επιλογή τα συγγράμματα του Δαρβίνου

- 1844: γράφει ένα δοκίμιο για τη φυσική επιλογή, δεν το δημοσιεύει.
- 1856: αρχίζει να δουλεύει πάνω στο βιβλίο «Natural Selection», δεν το ολοκλήρωσε ποτέ.
- 1858: λαμβάνει ένα χειρόγραφο από τον Wallace, στο οποίο αναπτυσσόταν η ιδέα της Φυσικής Επιλογής.
- 1 Ιουλίου 1958: Παρουσιάζονται μαζί τα δοκίμιά τους περί Φυσικής Επιλογής στη Λινναία Εταιρεία του Λονδίνου.
- 1859: Δημοσιεύει μια «περίληψη» του βιβλίου που έγραφε με τίτλο: «Η προέλευση των ειδών μέσω Φυσικής Επιλογής» (The origin of species by Means of Natural Selection)

Τα βασικά σημεία της Θεωρίας του Δαρβίνου

Ποικιλομορφία στους φυσικούς πληθυσμούς,

- εμφανίζεται τυχαία και μεταβιβάζεται στους απογόνους

Οι πληθυσμοί τείνουν να **αυξάνουν** με γεωμετρικό ρυθμό

Το μέγεθος των πληθυσμών παραμένει σταθερό λόγω περιορισμένων φυσικών πόρων: **ανταγωνισμός**

- Παράγονται περισσότεροι απόγονοι από όσους μπορούν να επιζήσουν

Διαμάχη για επιβίωση

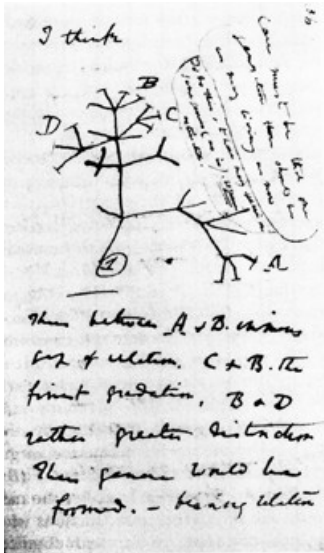
- άτομα που διαθέτουν πλεονεκτικά χαρακτηριστικά για το συγκεκριμένο περιβάλλον στο οποίο ζουν θα επιζήσουν

Τα πλεονεκτικά χαρακτηριστικά **μεταβιβάζονται** στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα λιγότερο πλεονεκτικά

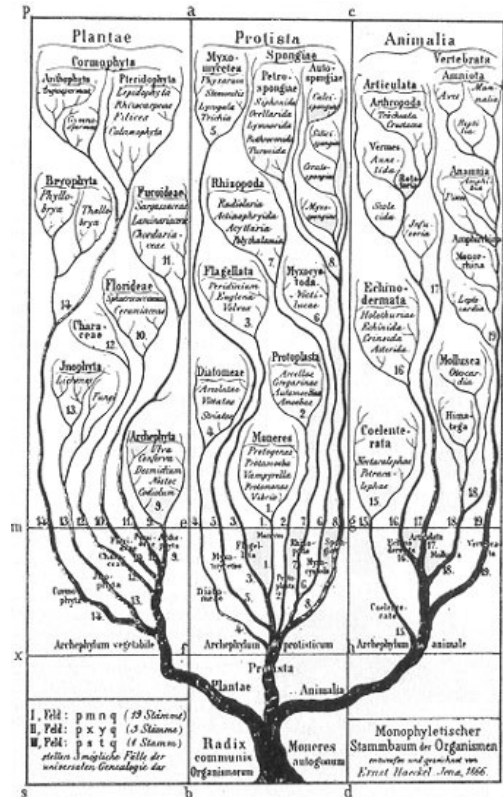
- Φυσική επιλογή

Με την πάροδο του χρόνου η συσσώρευση όλο και περισσότερων πλεονεκτικών χαρακτήρων σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους

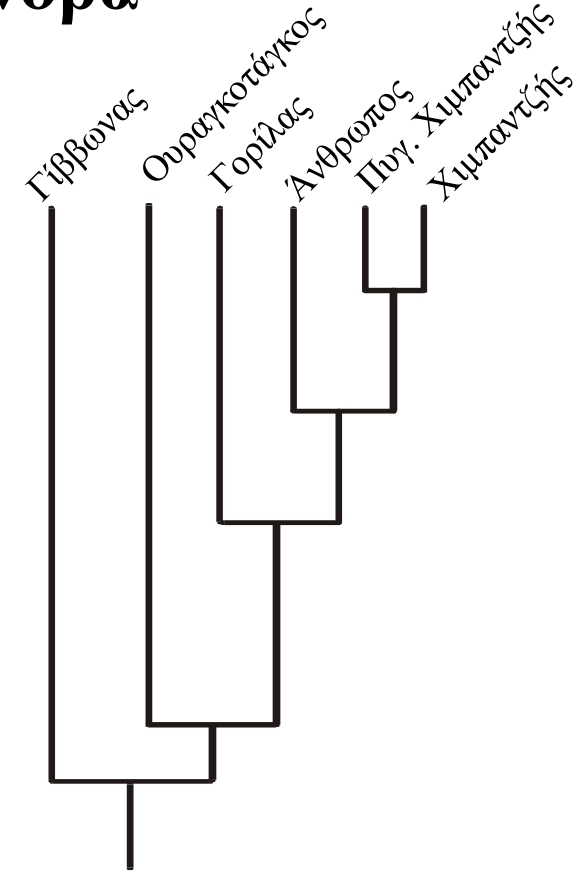
Η αναπαράσταση της εξελικτικής ιστορίας των ειδών με φυλογενετικά δένδρα



Το πρώτο σκαρίφημα δένδρου δια χειρός Δαρβίνου



Το πρώτο φυλογενετικό δένδρο (Haeckel 1866)



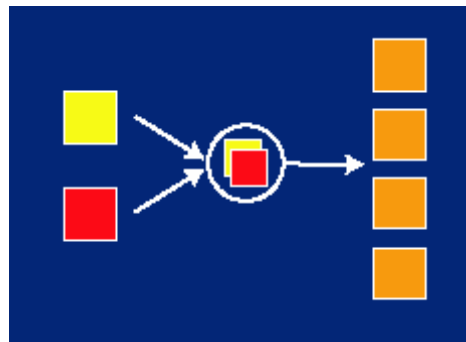
Ένα σύγχρονο δένδρο της εξελικτικής ιστορίας των πρωτευόντων

Μετά τη δημοσίευση της «Προέλευσης των Ειδών»

- Η ιδέα της εξέλιξης έγινε ευρέως αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα αλλά όχι η φυσική επιλογή.
- Βασική αδυναμία της Θεωρίας του Δαρβίνου: δεν μπορούσε να ερμηνεύσει την εμφάνιση νέων χαρακτήρων και τους μηχανισμούς της κληρονομικότητας.
- Ο Δαρβίνος δεν γνώριζε τους νόμους του Mendel (1866), που παρέμειναν στην αφάνεια για 40 χρόνια.

Κληρονομικότητα στην εποχή του Δαρβίνου

- Στα 1800 ήταν γενικά παραδεκτό ότι τα χαρακτηριστικά των παιδιών προέρχονταν από την ανάμειξη των χαρακτηριστικών της μητέρας και του πατέρα (blending inheritance)
- William Jenkin: τα πλεονεκτικά χαρακτηριστικά δεν μπορούν να συντηρηθούν μέσω της αναμιγνύουσας κληρονομικότητας – η φυσική επιλογή δεν ισχύει



Gregor Mendel (1822-1884)

**Σωματιδιακή θεωρία της
κληρονομικότητας**



**Οι σημερινοί «νόμοι της
κληρονομικότητας»**



Βασικά συμπεράσματα του Mendel

Ο Mendel συμπέρανε ότι τα χαρακτηριστικά ελέγχονται από διακριτούς παράγοντες κληρονομικότητας (Elemente)

- Οι παράγοντες αυτοί εμφανίζονται στους οργανισμούς **ανά ζεύγη**
- Όταν σε ένα άτομο εμφανίζονται δύο ανόμοιοι παράγοντες κληρονομικότητας για το ίδιο χαρακτηριστικό, τότε ο ένας είναι **επικρατής** ως προς τον άλλο που είναι **υπολειπόμενος**

Κατά το σχηματισμό των γαμετών, οι παράγοντες κληρονομικότητας (γονίδια) από κάθε ζευγάρι διαχωρίζονται τυχαία

- κάθε γαμέτης μεταφέρει το ένα ή το άλλο μέλος του ζεύγους (αλληλόμορφο) με **ίση πιθανότητα** (1/2)

Κατά το σχηματισμό των γαμετών, ο διαχωρισμός των αλληλομόρφων ενός γονιδίου είναι **ανεξάρτητος** από το διαχωρισμό των αλληλομόρφων ενός άλλου γονιδίου

Μετά τα πειράματα του Mendel

Το 1866 δημοσίευσε τα αποτελέσματά του (*Versuche über Pflanzenhybriden*)

Προσπάθησε να επαναλάβει τα πειράματα σε άλλο φυτό αλλά απέτυχε

Πέθανε το 1882

Η εργασία του παρέμεινε στην αφάνεια μέχρι το 1900, όταν τρεις ανεξάρτητοι ερευνητές «ξανα-ανακαλύψαν» τα αποτελέσματά του

Ο Δαρβίνος έλαβε αλλά δεν διάβασε ποτέ την εργασία του Mendel



Η «ανακάλυψη» των νόμων του Mendel

- Το 1900 «ανακαλύπτονται» οι νόμοι του Mendel, αντί να ενισχύσουν τη θεωρία της φυσικής επιλογής, παρολίγο να την αφανίσουν.
- Νεομεντελιστές:
 - μελετούσαν την κληρονομικότητα διακριτών χαρακτηριστικών που περιγράφονταν πλήρως από τους νόμους του Mendel.
 - Αγνοούσαν την ύπαρξη χαρακτηριστικών που ελέγχονται από πολλά γονίδια
 - Θεωρούσαν ότι η δημιουργία νέων ειδών είναι αποτέλεσμα λίγων μεταλλαγών άρα η φυσική επιλογή είναι άχρηστη.
 - Υποστήριζαν την εξέλιξη σε λίγα βήματα

Η Νέα Σύνθεση



R. A. Fisher,



Sewall Wright,



and J. B. S. Haldane

Συμφιλίωση της Μενδελιανής γενετικής με την φυσική επιλογή – Θεμελίωση της Γενετικής Πληθυσμών (1918-1930)

Η Σύγχρονη Σύνθεση (Νεοδαρβινισμός): Σύζευξη δαρβινισμού και γενετικής

- Συνδύασε στοιχεία γενετικής, οικολογίας, συστηματικής και παλαιοντολογίας.

Λόγοι που οδήγησαν στη Σύγχρονη Σύνθεση:

- Διάψευση κληρονομικότητας επίκτητων χαρακτήρων
- Συνεχείς χαρακτήρες καθορίζονται από πολυάριθμα γονίδια σύμφωνα με νόμους Mendel.
- Μεταλλάξεις έχουν μικρή επίδραση στο φαινότυπο.
- Διαφορές μεταξύ γεωγραφικών φυλών ενός είδους έχουν γενετική προέλευση και κάποιες έχουν και προσαρμοστική αξία
- Υπάρχουν μεγάλα ποσά λανθάνουσας ποικιλομορφίας στους πληθυσμούς
- Είδη όχι μορφολογικά πρότυπα αλλά ποικιλόμορφοι πληθυσμοί αναπαραγωγικά απομονωμένοι μεταξύ τους

Θεωρία Γενετικής πληθυσμών:

- Αρχίζει το 1908 από τους Hardy και Weinberg
- Αναπτύσσεται από Fisher, Haldane, Wright, Dobzhansky, Mayr.
 - Fisher, Haldane: μαθηματική θεωρία αλλαγής συχνοτήτων των αλληλομόρφων λόγω Φυσικής Επιλογής
 - Wright: πλήρης γενετική θεωρία που περιλαμβάνει φυσική επιλογή, ομομιξία, γονιδιακή ροή, τυχαία γενετική παρέκκλιση

Κύρια σημεία Νέας Σύνθεσης

- Φυσικοί πληθυσμοί εμπεριέχουν μεγάλη γενετική ποικιλομορφία που γεννιέται μέσω τυχαίων μεταλλάξεων και ανασυνδυασμού
- Αλλαγές συχνότητας αλληλομόρφων από γενιά σε γενιά λόγω τυχαίας γενετικής παρέκκλισης, γονιδιακής ροής μεταξύ πληθυσμών και φυσικής επιλογής
- Φαινοτυπικές αλλαγές μικρές και βαθμιαίες λόγω του ότι το προσαρμοστικό πλεονέκτημα των περισσότερων αλληλομόρφων είναι μικρό
- Δημιουργία νέων ειδών (ειδογένεση) μέσω βαθμιαίας αναπαραγωγικής απομόνωσης των πληθυσμών
- Οι ίδιες εξελικτικές διαδικασίες για μακρύ χρονικό διάστημα οδηγούν σε νέα γένη, οικογένειες

Η γενετική πληθυσμών σήμερα...

- **Ιατρικές και παραγωγικές εφαρμογές:**
 - Χαρτογράφηση γονιδίων για διάφορα νοσήματα με μελέτες συσχέτισης
 - Χαρτογράφηση γονιδίων σε φυτά και ζώα που συνδέονται με την αγροτική παραγωγή
 - Κατανόηση της γενετικής βάσης της ποσοτικής ποικιλότητας
- **Στατιστική ανάλυση:**
 - Μέθοδοι για την ανίχνευση φυσικής επιλογής
 - Κατανόηση του τρόπου εξέλιξης της αλληλουχίας του DNA
 - Σχεδιασμός πειραμάτων γενετικής πληθυσμών
- **Θεωρητικά ερωτήματα:**
 - Διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας
 - Αλληλεπίδραση αλληλομόρφων
 - Αναπαραγωγική απομόνωση και ειδογένεση
- **Περιβαλλοντικά ερωτήματα (conservation biology / conservation genetics):**
 - Διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας και επιβίωση κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες
 - Επίδραση ανθρώπου σε πληθυσμούς ζώων και φυτών - απειλές
 - Αναπαραγωγικό σύστημα και μέγεθος πληθυσμού