

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ-ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ**

# **ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ**

**ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ**

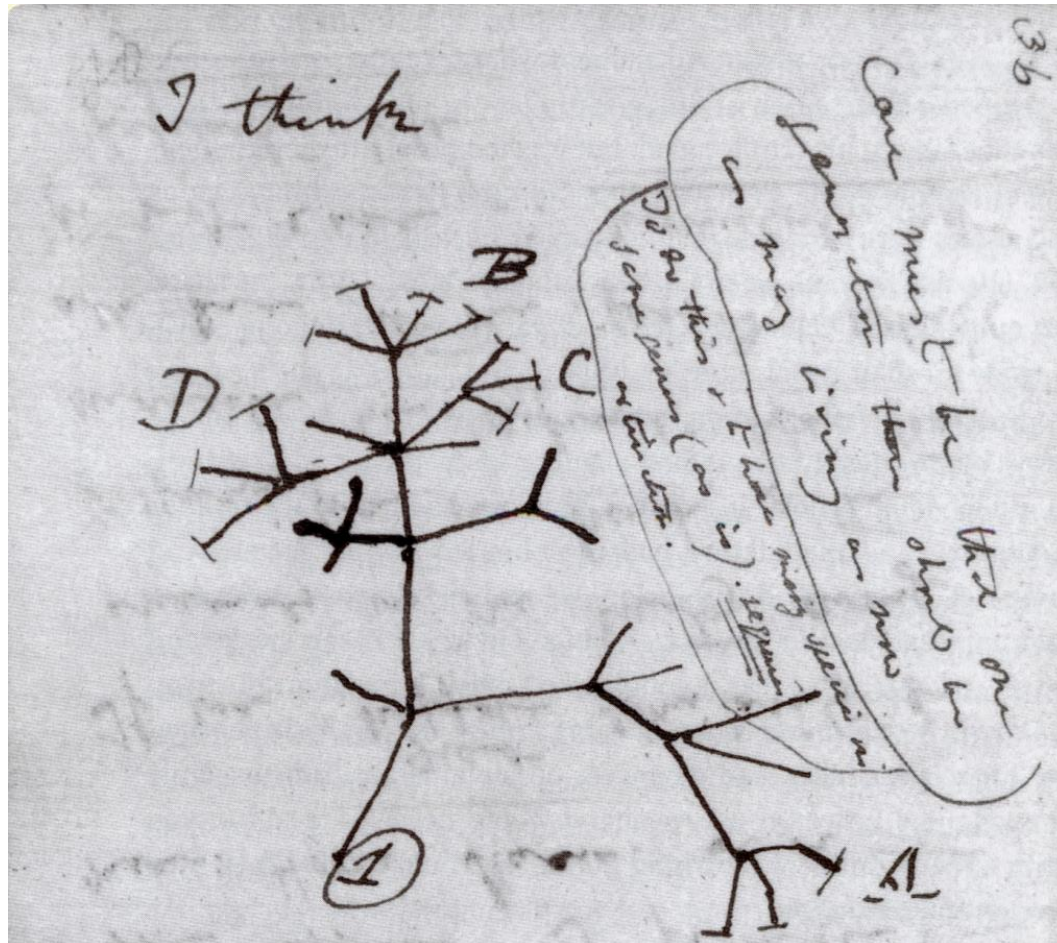
**ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

**ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ**

**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ**

**Δρ Σωκράτης Ρουσιάκης**

**Επίκουρος Καθηγητής**



*“all the organic beings which have ever lived on this earth have descended from some primordial form.”*

Charles Darwin

# ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ (EVOLUTION)

Η λέξη «εξέλιξη» είναι αρχαιοελληνική (εξέλιξις) και σημαίνει αλλαγή, μεταβολή, πορεία. Στην καθημερινή γλώσσα η λέξη «εξέλιξη» συνήθως σχετίζεται με θετικές αλλαγές ή μεταβολές, δηλαδή με πρόοδο. Ενδεικτικά, στην καθημερινή γλώσσα μιλάμε για εξέλιξη (πρόοδο) στον τομέα της τεχνολογίας και της ιατρικής επιστήμης.

Εντούτοις, το εννοιολογικό περιεχόμενο της «εξέλιξης» στις βιολογικές επιστήμες είναι αρκετά διαφορετικό.

Στις επιστήμες της ζωής, όταν μιλάμε για εξέλιξη υπονοούμε τη **βιολογική ή οργανική εξέλιξη**. Σαφής ορισμός δεν υπάρχει διότι η εξέλιξη ακολουθεί διάφορους μηχανισμούς. Ανάλογα με το μηχανισμό που κάθε ερευνητής θεωρεί σημαντικότερο για τη διαδικασία της εξέλιξης προτείνει και διαφορετικό ορισμό.

Ορίζοντάς την ευρέως μπορούμε να πούμε ότι **εξέλιξη ή ορθότερα οργανική εξέλιξη είναι η αλλαγή, η μεταβολή, μέσω τροποποίησης.**

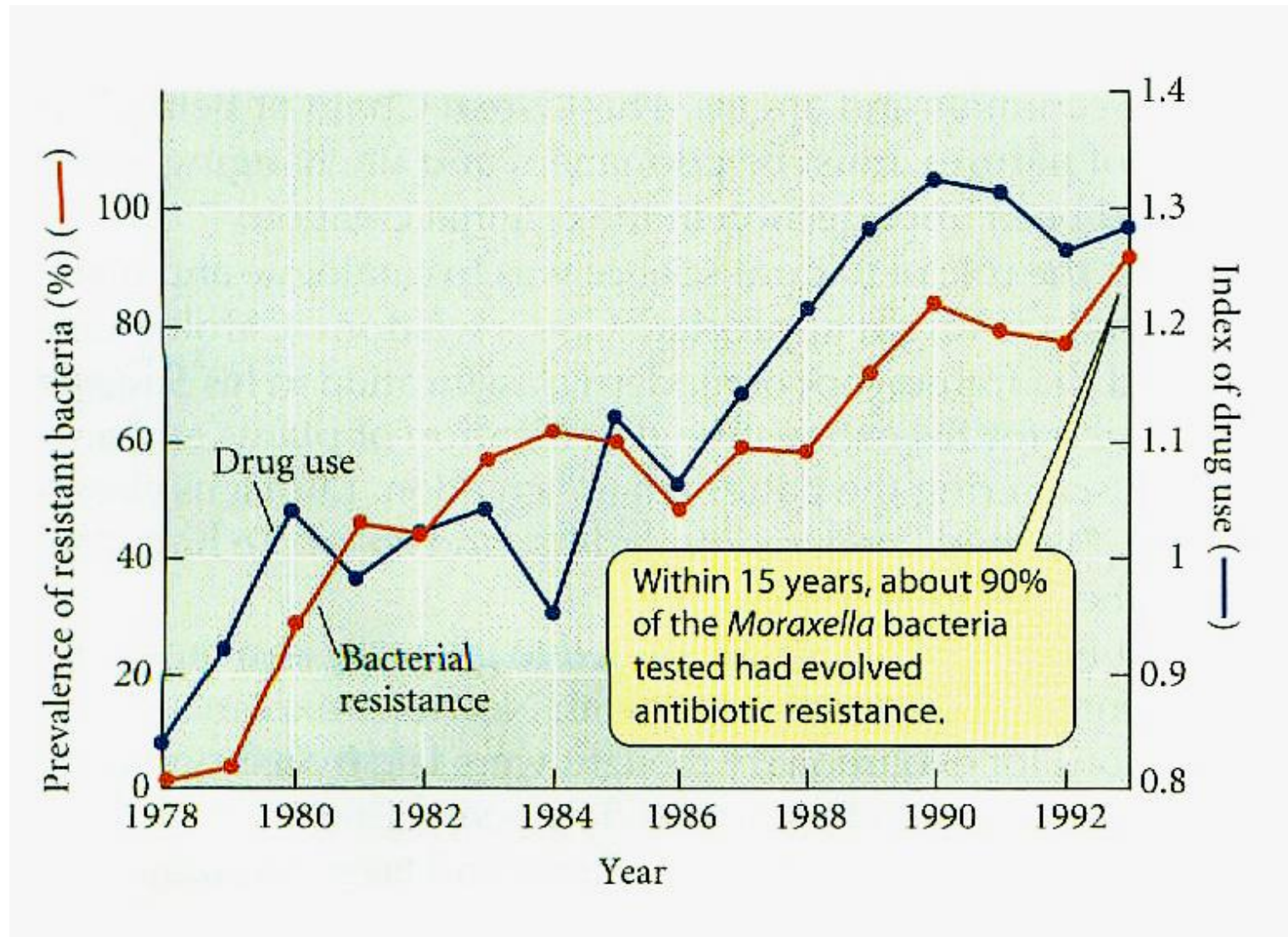
Είναι η αλλαγή στα γενετικά χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού οργανισμών με την πάροδο του χρόνου. **Οι αλλαγές στους πληθυσμούς που θεωρούνται εξελικτικές είναι αυτές που είναι κληρονομήσιμες, δηλαδή αυτές που περνάνε από τη μία γενεά στην άλλη.**

# Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

Ο απλός άνθρωπος που δεν έχει κάποια ειδικότερη εκπαίδευση δεν μπορεί να συλλάβει εύκολα την έννοια της οργανικής εξέλιξης. Εντούτοις, πολλά θέματα της καθημερινής μας ζωής είναι αποτέλεσμα της οργανικής εξέλιξης και των μηχανισμών της.

Δεν υπάρχει πιο σαφές παράδειγμα για την οργανική εξέλιξη (και ειδικότερα για έναν από τους μηχανισμούς της, την εξέλιξη μέσω φυσικής επιλογής) από την αντίσταση που έχουν εξελίξει ορισμένα βακτήρια στα αντιβιοτικά.

Τη δεκαετία του 1940 και πιο πριν, πολλοί άνθρωποι ασθενούσαν λόγω βακτηριακής μόλυνσης από διάφορες ασθένειες, όπως πνευμονία, μηνιγγίτιδα, τυφοειδή πυρετό κ.ά. Οι άνθρωποι αυτοί δεν είχαν πολλές ελπίδες ίασης. Αργότερα, η ανακάλυψη διαφόρων αντιβιοτικών οδήγησε στην δυνατότητα ίασης παρόμοιων ασθενειών (τουλάχιστον στις ανεπτυγμένες χώρες). Εντούτοις, παλαιότερες ασθένειες εμφανίζονται ξανά. Συχνά μάλιστα δεν μπορούμε να τις ιάσουμε με τα γνωστά αντιβιοτικά, γιατί τα ίδια γνωστά βακτήρια επανήλθαν αλλά με καινούργιο «πρόσωπο». Αυτό συνέβη διότι μέσω συγκεκριμένων μηχανισμών τα παλαιά βακτήρια εξέλιξαν μεγάλη ανθεκτικότητα στα γνωστά αντιβιοτικά.



Εξέλιξη της ανθεκτικότητας στα φάρμακα. Η αύξηση στην κατανάλωση αντιβιοτικών σε μια κοινότητα της Φινλανδίας μεταξύ 1978 και 1993 οδήγησε στη σημαντική αύξηση της ανθεκτικότητας στο βακτήριο *Moraxella catarrhalis*. (Κατά Futuyama 2005)



## ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΔΑΡΒΙΝΟ (17<sup>ος</sup> και 18<sup>ος</sup> αιώνας)

### Η συμβολή των πρώτων ταξινομών

Η ανάπτυξη συστημάτων κατάταξης των οργανισμών από τους **Ray** (1627-1705) και **Linnaeus** (1707-1778) συνέβαλε σημαντικά στη γνώση μας για τους οργανισμούς και τις συγγενειές τους. Εντούτοις, τα πρώιμα συστήματα κατάταξης των οργανισμών είχαν ως αποστολή την καταγραφή της σοφίας του Δημιουργού. Η «Φυσική Θεολογία» όπως π.χ. εκφράζεται στο βιβλίο του Ray «Η σοφία του Θεού όπως αποκαλύπτεται στο έργο της Δημιουργίας» (1691) πρέσβευε ότι η προσαρμογή των οργανισμών στο περιβάλλον τους αποτελεί απόδειξη της αγάπης του Δημιουργού προς τα δημιουργήματά του. Το έργο του Linnaeus (*Systema Naturae* 1735, *Species Plantarum* 1753) ήταν επίσης γραμμένο «*ad majorem Dei gloriam*» (για τη μέγαλυνση της δόξας του Θεού). (από Futuyama 1990)



**Carolus Linnaeus (1707-1778)**

# ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΔΑΡΒΙΝΟ

## **BUFFON (1707-1788)**

Ο Γάλλος ζωολόγος Buffon δεν διατύπωσε κάποιον μηχανισμό για την εξέλιξη αλλά επηρέασε μεταγενέστερους ερευνητές. Αναγνώρισε την ποικιλότητα μεταξύ των ειδών και την πιθανότητα βαθμιαίας αλλαγής τους, αλλά κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα δεν συμβιβάζονται με κάτι τέτοιο υποστηρίζοντας τελικά την αμεταβλητότητα των ειδών.



**George Buffon(1707-1788)**

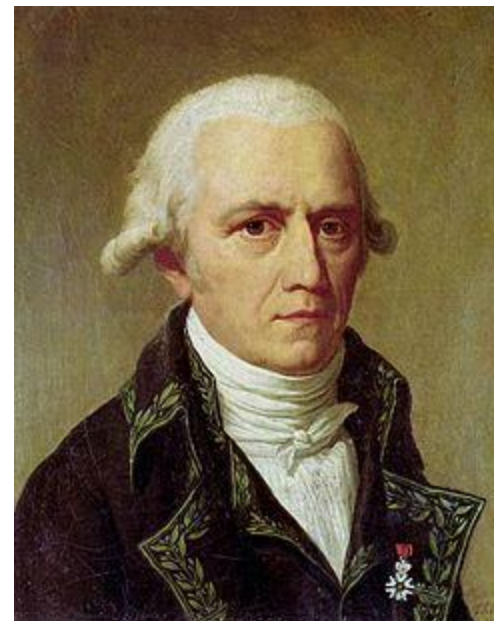
## ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΔΑΡΒΙΝΟ

### LAMARCK (1744-1829)

Ο Γάλλος βιολόγος Jean-Baptiste de Lamarck ήταν ο πρώτος σύγχρονος φυσιολόγος που απέρριψε την επικρατούσα τότε ιδέα περί σταθερότητας των ειδών και με επιστημονικά επιχειρήματα πρότεινε εξελικτικούς μηχανισμούς. Η θεωρία του παρουσιάστηκε ολοκληρωμένη στο έργο του «Philosophie Zoologique» (1809). Περιλαμβάνει την αποδοχή της αυτόματης γένεσης από άψυχο υλικό, την αποδοχή της κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών και την άποψη ότι υπάρχει μια συνεχής πρόοδος από απλούστερους προς πιο περίπλοκους οργανισμούς. Ο Lamarck πίστευε ότι απλές μορφές ζωής γεννιούνται αυτομάτως από άψυχο υλικό και εξελίσσονται σε πιο περίπλοκες μέσω τάσεων που έχει εμψύσει στις μορφές της ύλης ο Υπέρτατος Δημιουργός, δηλαδή ότι υπάρχει μια εγγενής τάση («εσωτερική δύναμη») για ανοδική πορεία. Πίστευε ότι η χρήση ή αχρηστία ενός οργάνου αλλάζει τη μορφολογία του ατόμου και ότι οι αλλαγές αυτές κληροδοτούνται στις επόμενες γενεές.

Οι απόψεις αυτές σήμερα δεν γίνονται αποδεκτές. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί ο μεγάλος λαιμός στις καμηλοπαρδάλεις. Σύμφωνα με τη θεωρία του Lamarck οι καμηλοπαρδάλεις αρχικά είχαν κοντό λαιμό ο οποίος όμως μεγάλωσε από την προσπάθειά τους να φτάσουν το φύλλωμα ψηλά στα δέντρα.

Η σημερινή κριτική απορρίπτει τη θεωρία του Lamarck έχοντας αποδείξει ότι τα επίκτητα χαρακτηριστικά δεν είναι κληρονομήσιμα παρά μόνο αν πρόκειται για μεταλλαγές σε γενετικά κύτταρα (π.χ. μέσω έκθεσης σε ραδιενέργεια).



**Jean-Baptiste Lamarck  
(1744-1829)**



## ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΔΑΡΒΙΝΟ

### GEORGE CUVIER (1769-1832)

Ο Cuvier θεωρείται ο ιδρυτής της παλαιοντολογίας και της συγκριτικής ανατομίας, και ο σημαντικότερος ίσως βιολόγος και παλαιοντολόγος του 19<sup>ου</sup> αιώνα. **Δεν πίστευε στην εξέλιξη.** Θεωρούσε ότι **τα είδη παραμένουν αναλλοίωτα στο χρόνο**, ότι είναι τόσο καλά προσαρμοσμένα στο περιβάλλον τους ώστε η παραμικρή αλλαγή θα οδηγούσε στην εξαφάνισή τους.



**George Cuvier (1769-1832)**

Ο Cuvier μέσα από το έργο του τεκμηρίωσε ότι κάποιοι οργανισμοί στην ιστορία της ζωής εξαφανίζονται. Έδειξε ότι τα απολιθώματα διαφέρουν ολοένα και περισσότερο από τους σύγχρονους οργανισμούς όσο αρχαιότερα είναι τα στρώματα όπου τα βρίσκουμε. Επίσης διαπίστωσε ξαφνικές αλλαγές στα είδη των οργανισμών που βρίσκονται σε ένα στρώμα σε σχέση με τους οργανισμούς του ακόλουθου στρώματος. Για να εξηγήσει αυτές τις διαπιστώσεις ο Cuvier πρότεινε τη θεωρία του **καταστροφισμού**.

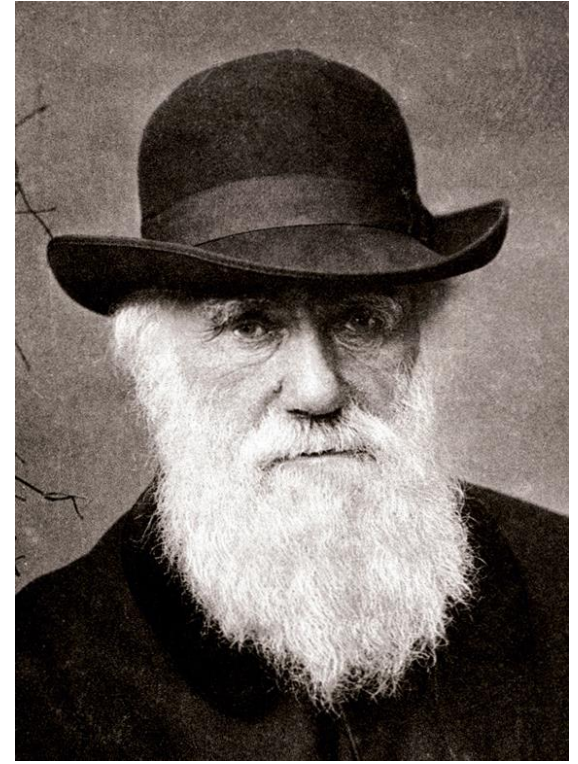
Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία ξαφνικές γεωλογικές αλλαγές (καταστροφές) οδήγησαν στην εξαφάνιση μεγάλων ομάδων οργανισμών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές στο παρελθόν.

Ο Cuvier πολέμησε τον Lamarck με αποτέλεσμα να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη της εξελικτικής σκέψης. Οι εξηγήσεις του Cuvier δεν γίνονται αποδεκτές σήμερα, αλλά με το έργο του ο Cuvier συνέβαλε στο να γίνουν αποδεκτά τα φαινόμενα των γεωλογικών αλλαγών και των εξαφανίσεων των οργανισμών.

# Ο ΔΑΡΒΙΝΟΣ

## Charles Robert Darwin (1809-1882)

Θεωρείται ο φυσιοδίφης που πρώτος διατύπωσε με πειστικότητα κάποια θεωρία για την εξέλιξη. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε το ταξίδι του με το Beagle (από 27 Δεκεμβρίου 1831 έως 2 Οκτωβρίου 1836). Το έργο του για την εξέλιξη «The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favored Races in the Struggle of Life» (γνωστό ως «Η προέλευση των ειδών») δημοσιεύτηκε πρώτη φορά το 1859. Η πρώτη έκδοση εξαντλήθηκε την πρώτη μέρα της δημοσίευσης της. Στο έργο αυτό ο Δαρβίνος **δεν απορρίπτει την κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών** του Λαμάρκ αλλά θεωρεί ότι τον κυρίαρχο ρόλο στην εξέλιξη έχουν άλλοι μηχανισμοί.



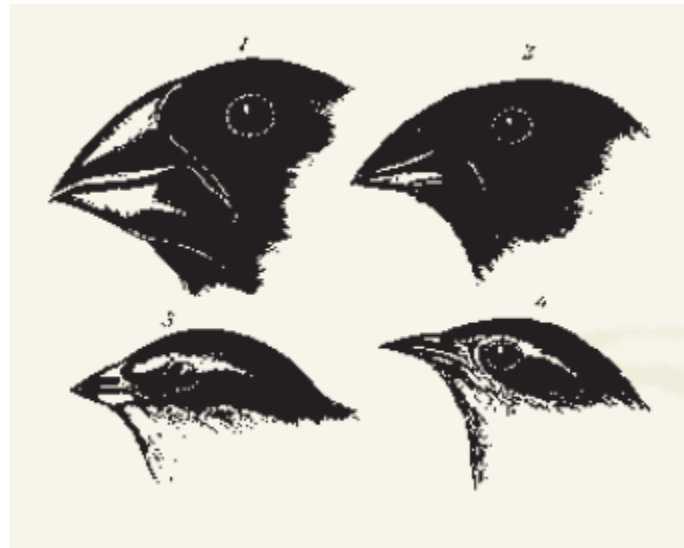
**Στο έργο του Δαρβίνου εμπεριέχονται δύο βασικές θέσεις:**

- 1) Όλα τα είδη προήρθαν, μέσω τροποποιήσεων, από κοινά προγονικά είδη
- 2) Οι τροποποιήσεις αυτές οφείλονται στη φυσική επιλογή που δρα πάνω στις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των ατόμων ενός είδους

# ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΜΕΣΩ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ («DESCENT WITH MODIFICATION»)

Ο Δαρβίνος χρησιμοποίησε τη φράση «καταγωγή μέσω τροποποίησης» για να περιγράψει τη διαδικασία της εξέλιξης.

Είδε τα ζώα των Γκαλάπαγκος ως απόδειξη αυτής της διαδικασίας.



Στα Γκαλάπαγκος ο Δαρβίνος παρατήρησε ότι υπάρχουν αρκετά είδη σπίνων. Κάθε είδος έχει ιδιαίτερη μορφή ράμφους προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένη τροφή. Ο Δαρβίνος υποπτεύθηκε ότι τα είδη αυτά (περίπου 13) προέρχονται από λίγα μόνο προγονικά είδη. Αυτά τα προγονικά είδη πρέπει να έφτασαν από αλλού, αφού είχαν ήδη σχηματιστεί τα νησιά.

Όταν ο Δαρβίνος επισκέφτηκε τα Γκαλάπαγκος εντυπωσιάστηκε από τους μοναδικούς οργανισμούς που υπήρχαν, όπως αυτές οι γιγαντιαίες χελώνες *Geochelone elephantosus*.

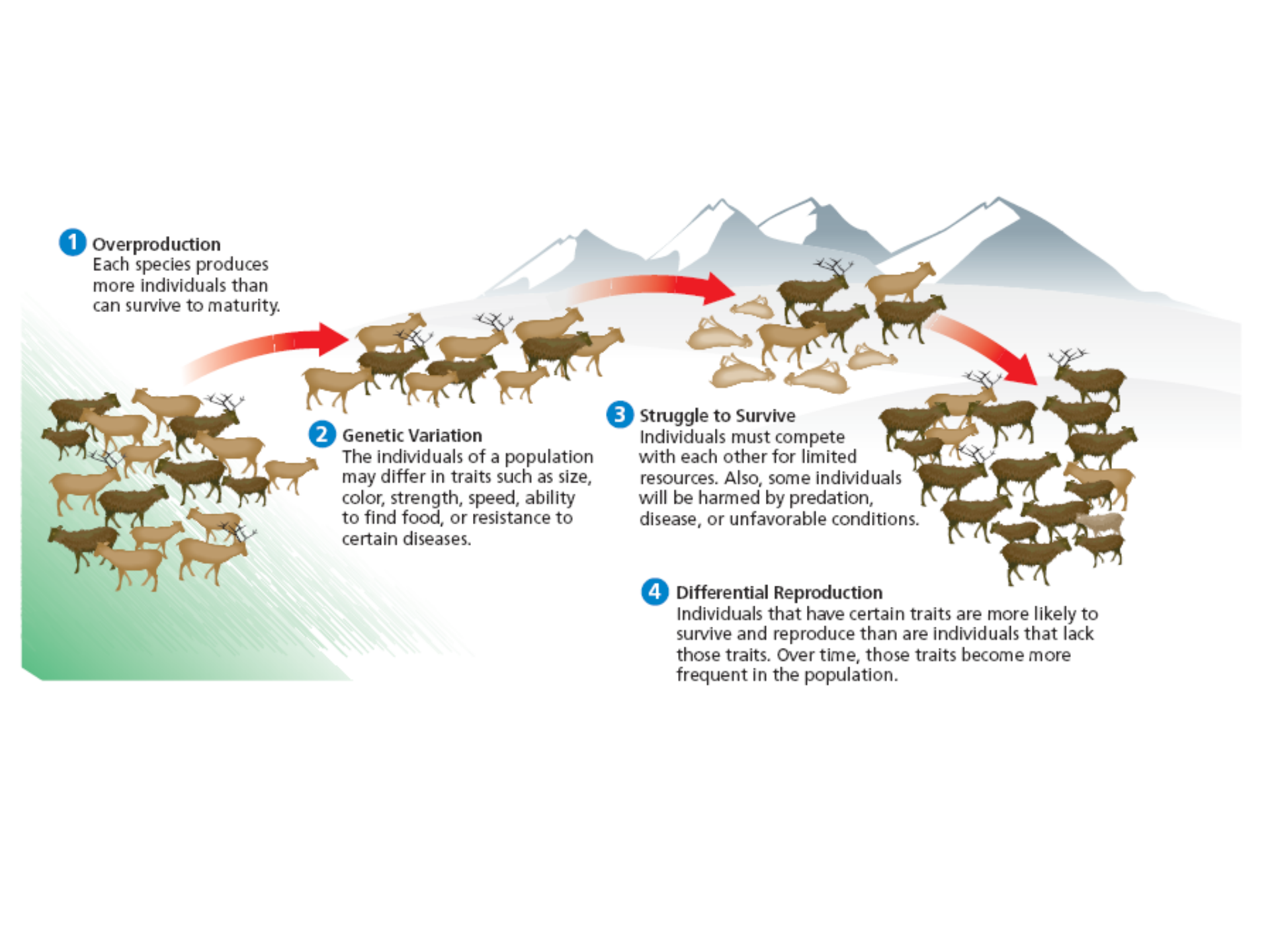




# ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ («NATURAL SELECTION»)

Ο Δαρβίνος πρότεινε τη φυσική επιλογή ως μηχανισμό για την καταγωγή με τροποποίηση. Η αιτιολόγησή του είχε τέσσερεις παραμέτρους.

- 1) Υπεργεννητικότητα.** Παράγονται περισσότεροι απόγονοι από αυτούς που τελικά επιβιώνουν (ο θηλυκός μπακαλιάρος γεννάει περίπου 85 εκατομμύρια αυγά κάθε φορά). Ο Δαρβίνος διαπίστωσε ότι το περιβάλλον περιορίζει τους πληθυσμούς των οργανισμών.
- 2) Ποικιλότητα.** Σε κάθε πληθυσμό τα άτομα έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Κάποιοι από αυτούς τους χαρακτήρες κληρονομούνται. Ευκαιριακά, εμφανίζονται και νέοι χαρακτήρες σε έναν πληθυσμό.
- 3) Αγώνας για επιβίωση .** Τα άτομα ανταγωνίζονται το ένα το άλλο. Κάποιοι από τους χαρακτήρες αυξάνουν τις πιθανότητες ενός ατόμου να επιβιώσει και αναπαραχθεί, άλλοι τις μειώνουν. Ένας χαρακτήρας που κάνει ένα άτομο επιτυχές σε συγκεκριμένο περιβάλλον αποτελεί προσαρμογή.
- 4) Διαφορική αναπαραγωγή.** Ο Δαρβίνος συμπέρανε ότι οργανισμοί με τις καλύτερες προσαρμογές έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επιβιώσουν και αναπαραχθούν. Με το χρόνο οι προσαρμογές αυτές θα έχουν μεγαλύτερη συχνότητα στον πληθυσμό. Έτσι οι πληθυσμοί θα αρχίσουν να διαφοροποιούνται ακόμη και αν προέρχονται από τον ίδιο πρόγονο.



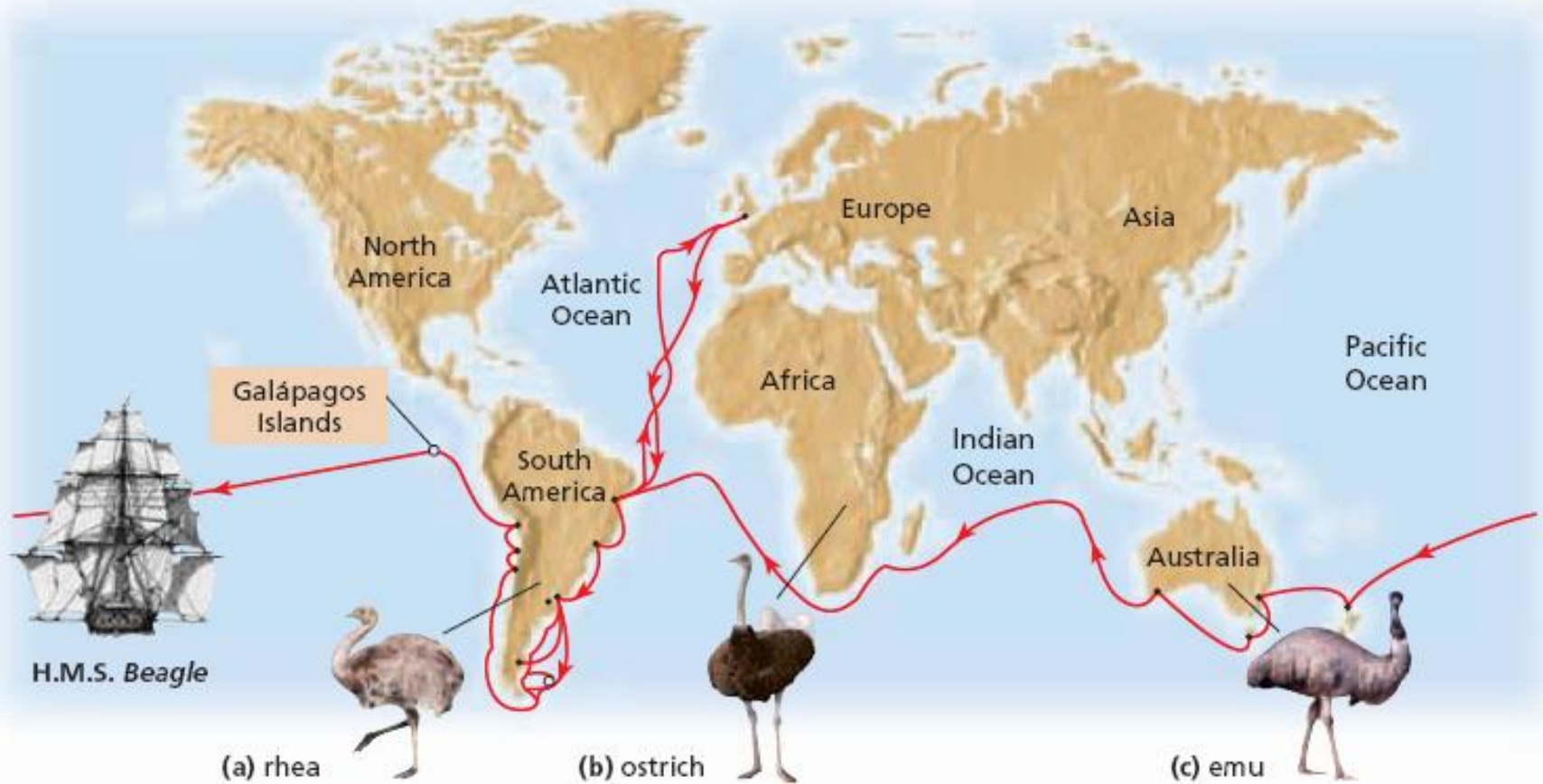
**1 Overproduction**  
Each species produces more individuals than can survive to maturity.

The diagram illustrates the process of natural selection in a mountainous landscape. It is divided into four stages connected by red arrows. Stage 1 shows a large herd of deer of various colors and sizes. Stage 2 shows the same herd with some individuals having different traits, such as larger antlers or different colors. Stage 3 shows some individuals lying on the ground, indicating they have died due to competition or environmental factors. Stage 4 shows a smaller herd where the traits of the survivors are more pronounced and common.

**2 Genetic Variation**  
The individuals of a population may differ in traits such as size, color, strength, speed, ability to find food, or resistance to certain diseases.

**3 Struggle to Survive**  
Individuals must compete with each other for limited resources. Also, some individuals will be harmed by predation, disease, or unfavorable conditions.

**4 Differential Reproduction**  
Individuals that have certain traits are more likely to survive and reproduce than are individuals that lack those traits. Over time, those traits become more frequent in the population.



Στο ταξίδι του με το Beagle ο Δαρβίνος παρατήρησε ότι παρόμοιοι οργανισμοί υπάρχουν σε διαφορετικές περιοχές και προσπάθησε να αιτιολογήσει παρόμοιες γεωγραφικές κατανομές.

# Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΔΑΡΒΙΝΟΥ

Αυτό που αποκαλούμε θεωρία του Δαρβίνου για την εξέλιξη (συνήθως ως **δαρβινική θεωρία**) στην πράξη περιλαμβάνει 5 διαφορετικές θεωρίες.

**1. Η εξέλιξη αυτή καθαυτή.** Εξέλιξη είναι η αλλαγή των χαρακτηριστικών των φυλογενετικών γραμμών με την πάροδο του χρόνου. Η ιδέα αυτή δεν διατυπώθηκε πρώτη φορά από τον Δαρβίνο, αλλά ο Δαρβίνος ήταν ο πρώτος που την υποστήριξε πειστικά με συντριπτικό αριθμό δεδομένων και παρατηρήσεων. Σήμερα η εξέλιξη δεν είναι θεωρία αλλά γεγονός. Οι μηχανισμοί όμως της εξέλιξης αποτελούν αντικείμενο έρευνας και αποσαφηνίζονται συνεχώς.

**2. Η εξέλιξη μέσω κοινής καταγωγής.** Η έννοια της κοινής καταγωγής είναι ένας πολύ διαφορετικός τρόπος να δει κανείς την εξέλιξη συγκριτικά με το εξελικτικό σχήμα που είχε προταθεί νωρίτερα από τον Lamarck. Ο Δαρβίνος ήταν ο πρώτος που διατύπωσε ότι όλα τα είδη προέρχονται από κοινούς προγόνους μέσω συνεχών διακλαδώσεων και πως όλη η ζωή μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μεγάλο φυλογενετικό δέντρο. Εντάσσοντας τον άνθρωπο στο δέντρο της κοινής καταγωγής, ο Δαρβίνος του αφαίρεσε την προνομιούχο θέση στη φύση που του αποδιδόταν στη Βίβλο και σχεδόν σε όλα τα γραπτά των φιλοσόφων.

**3. Η βαθμιαία, σταδιακή αλλαγή.** Ο Δαρβίνος επέμενε ότι η εξέλιξη είναι εξ ολοκλήρου βαθμιαία χωρίς να παρατηρούνται άλματα, μέσω ενδιάμεσων μορφών. Η αντίθετη άποψη πρεσβεύει ότι η εξέλιξη γίνεται με άλματα χωρίς ενδιάμεσες μορφές.

**4. Η πληθυσμιακή αλλαγή.** Θέση που διατύπωσε ο Δαρβίνος, σύμφωνα με την οποία η εξέλιξη γίνεται μέσω αλλαγών στις αναλογίες των ατόμων ενός πληθυσμού που έχουν διαφορετικά κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά από τα άλλα μέλη του πληθυσμού. Είναι θέση που διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον Δαρβίνο και που είναι σε αντίθεση τόσο με την θεωρία για ξαφνική ανάδυση νέων ειδών όσο και με η θεωρία του Lamarck.

**5. Η φυσική επιλογή.** Η θεωρία της φυσικής επιλογής ήταν η πλέον επαναστατική έννοια που εισήγαγε ο Δαρβίνος, ενώ ανεξάρτητα είχε διαπιστωθεί και από τον Wallace. Σύμφωνα με αυτήν, οι αλλαγές στις αναλογίες διαφόρων τύπων ατόμων σε έναν πληθυσμό οφείλονται στη διαφορετική ικανότητα τους να επιβιώσουν και αναπαραχθούν. Τέτοιες αλλαγές έχουν ως αποτέλεσμα την εξέλιξη προσαρμογών, χαρακτηριστικών δηλαδή που προσδίδουν στους οργανισμούς μεγαλύτερη αρμοστικότητα στο περιβάλλον τους. Η θεωρία της φυσικής επιλογής προσέφερε μια αιτιακή ερμηνεία για τον φυσικό κόσμο και εξάλειψε κάθε ανάγκη τελεολογικής ερμηνείας.



# ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ

**Προέρχονται από ποικίλα επιστημονικά πεδία**

Το αρχείο των απολιθωμάτων

Την βιογεωγραφική κατανομή των οργανισμών

Τη μορφολογία και εμβρυολογία

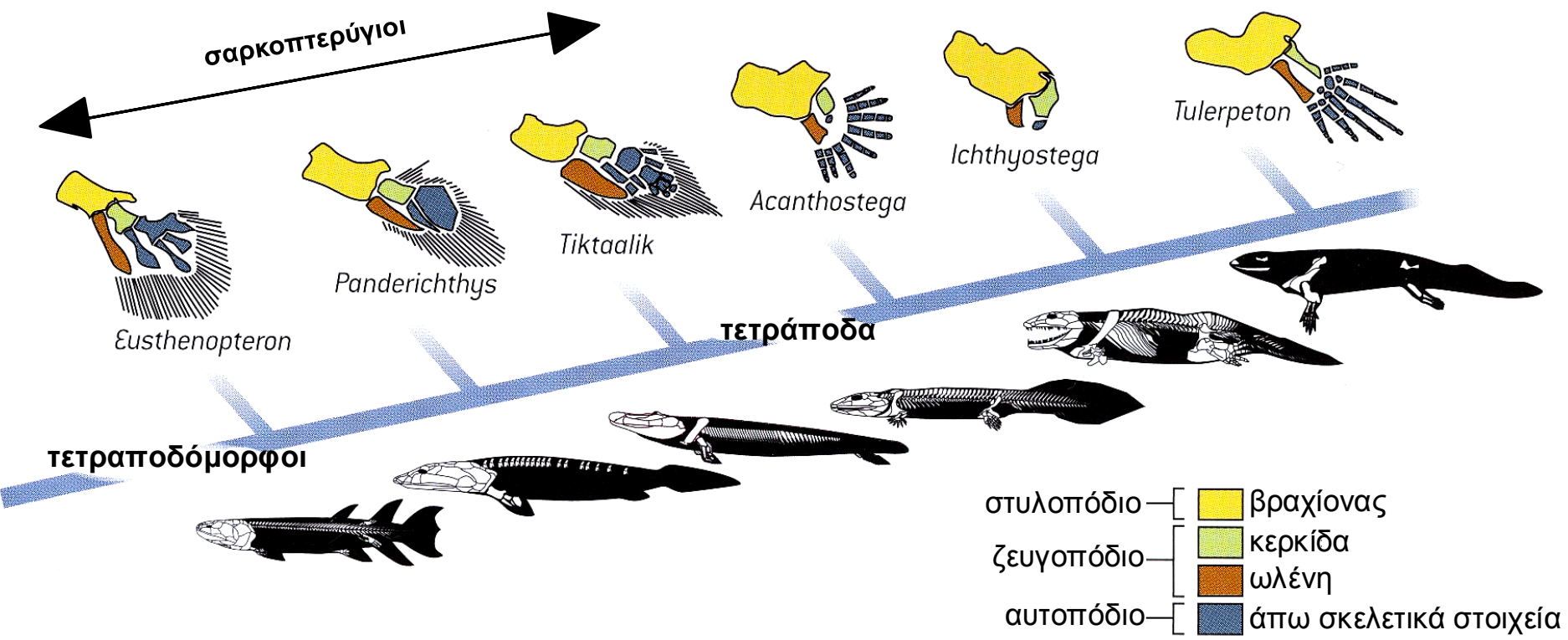
Μοριακά δεδομένα

# ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΤΩΝ ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΩΝ

Το αρχείο των απολιθωμάτων παρέχει τις πλέον πειστικές αποδείξεις για την εξέλιξη. Ιδιαίτερη σημασία έχουν τα μεταβατικά είδη που έχουν χαρακτήρες ενδιάμεσους μεταξύ του υποθετικού προγόνου και των μεταγενέστερων απογονικών ειδών.



- 1** *Pakicetus* (pak-uh-SEE-tuhs)  
Scientists think that whales evolved from land-dwelling mammals. One of these ancestors may have belonged to the genus *Pakicetus*, which lived about 50 million years ago. The fossil skeleton of a pakicetid is shown here.
- 2** *Ambulocetus* (am-byoo-loh-SEE-tuhs)  
This genus of mammal lived in coastal waters about 49 million years ago. It could swim by kicking its legs and using its tail for balance. It could also waddle on land with its short legs.
- 3** *Dorudon* (DOH-roo-don)  
This genus of mammal lived in the oceans about 40 million years ago. It resembled a giant dolphin and propelled itself with a massive tail. It had forelimbs that were flippers and tiny hind limbs that could not have been used for walking or swimming.
- 4** Modern toothed whales  
Modern whales have forelimbs that are flippers. They also have tiny, nonfunctioning hip bones at the rear of their bodies.



**Αλλαγές στη δομή του θωρακικού πτερυγίου μεταξύ σαρκοπτερυγίων και αρχέγονων τετραπόδων.  
 (Κατά Steyer 2009)**

# ΒΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Βιογεωγραφία είναι η μελέτη της γεωγραφικής κατανομής των ειδών. Στα ταξίδια τους ο Δαρβίνος και ο Wallace εντόπισαν αποδείξεις για την εξέλιξη στην κατανομή των οργανισμών. Παρατήρησαν ότι ζώα που φαίνονταν συγγενικά ήταν προσαρμοσμένα σε διαφορετικά περιβάλλοντα σε γειτονικές περιοχές. Παρατήρησαν όμως και πως ζώα που φαίνονταν μη συγγενικά είχαν παρόμοιες προσαρμογές σε παρόμοια περιβάλλοντα απομακρυσμένων περιοχών. Το μοντέλο της καταγωγής μέσω τροποποιήσεων παρέχει τις εξηγήσεις για αυτούς τους τύπους γεωγραφικής κατανομής.

Στην Αυστραλία για παράδειγμα υπάρχουν ζώα που δεν παρατηρούνται πουθενά αλλού. Κυριαρχούν τα μαρσιποφόρα. Πολλά από αυτά τα μαρσιποφόρα μοιάζουν και έχουν παρόμοιες προσαρμογές με πλακουντοφόρα θηλαστικά με τα οποία δεν έχουν συγγένεια. Η εξέλιξή τους οφείλεται στην απομόνωση τους στην Αυστραλία.



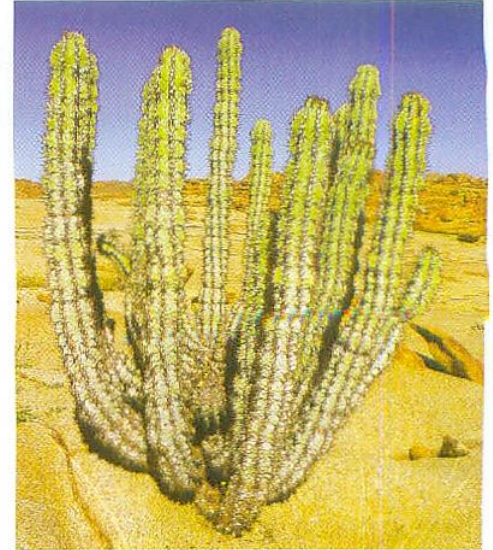
(A)



(B)



(C)



Τρεις κάκτοι τριών διαφορετικών και συγγενικά απόμακρων οικογενειών. Α) της Β. Αμερικής, Β) της Ν. Αφρικής και Ινδίας, και Γ) της Β. Αφρικής.

# ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑ

Η καταγωγή μέσω τροποποίησης εξηγεί επίσης πολλά δεδομένα της ανατομίας και εμβρυολογίας.

Όλα τα τετράποδα για παράδειγμα έχουν την ίδια βασική σκελετική ανατομία στα άκρα τους. Εντούτοις τα άκρα τους μπορεί να είναι πολύ διαφορετικά. Αυτό οφείλεται στο ότι κάποιος πρόγονος κληροδότησε αυτή τη βασική σκελετική αρχιτεκτονική στους απογόνους του.

Τέτοιες δομές, που οφείλονται σε κοινή καταγωγή, ονομάζονται **ομόλογες**. Αντιθέτως, δομές που μπορεί να επιτελούν παρόμοια λειτουργία αλλά δεν προέρχονται από κοινή καταγωγή ονομάζονται **ανάλογες**.

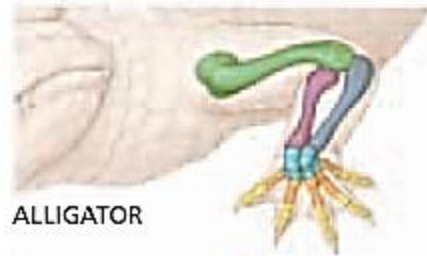


HUMAN

- Humerus
- Radius
- Ulna
- Carpals
- Metacarpals
- Phalanges



PENGUIN



ALLIGATOR



BAT

## ΜΟΡΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οργανισμοί που έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο από οργανισμούς που μοιράζονται λίγα χαρακτηριστικά. Ο Δαρβίνος το προέβλεψε αυτό από στοιχεία ανατομίας, αλλά τώρα υποστηρίζεται και από τη μοριακή βιολογία.

Σε όλα τα είδη, το DNA και το RNA αποτελούν τη βάση της κληρονομικότητας. Επιπλέον, το DNA επιδρά στις αλληλουχίες αμινοξέων που σχηματίζουν τις πρωτεΐνες. Οι βιολόγοι μπορούν να συγκρίνουν το DNA, το RNA, τις πρωτεΐνες και άλλα βιολογικά μόρια από διάφορους οργανισμούς. Όσο μεγαλύτερες είναι οι ομοιότητες μεταξύ των βιολογικών μορίων σε κάποια είδη, τόσο πιο πολύ σχετίζονται αυτά τα είδη μέσω κάποιου κοινού προγόνου.

# ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΝΕΟΔΑΡΒΙΝΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

(ή ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ή ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ)

1. Οι φυσικοί πληθυσμοί εμπεριέχουν μεγάλη γενετική ποικιλότητα που προκύπτει μέσω των τυχαίων διαδικασιών της μεταλλαγής και του ανασυνδυασμού, δηλαδή η ποικιλότητα δεν γεννιέται επειδή χρειάζεται.
2. Οι αλλαγές, που από γενιά σε γενιά λαμβάνουν χώρα μέσα στους πληθυσμούς, οφείλονται στις αλλαγές της συχνότητας των γονιδίων που περιέχουν οι πληθυσμοί και οι αλλαγές αυτές οφείλονται με τη σειρά τους, στην τυχαία παρέκκλιση, στην ανταλλαγή γονιδίων μεταξύ πληθυσμών και κυρίως στη φυσική επιλογή.
3. Το προσαρμοστικό πλεονέκτημα των περισσότερων αλληλομόρφων είναι πολύ μικρό, με αποτέλεσμα οι φαινοτυπικές αλλαγές που προκαλούν να είναι μικρές και βαθμιαίες (με λίγες εξαιρέσεις).
4. Η διαφοροποίηση των μορφών της ζωής επιτυγχάνεται μέσω της ειδογένεσης, ενός μηχανισμού που συνήθως προϋποθέτει τη βαθμιαία αναπαραγωγική απομόνωση των πληθυσμών.
5. Οι ίδιες αυτές διαδικασίες αν συνεχισθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα θα προκαλέσουν αλλαγές τέτοιου μεγέθους που να αιτιολογούν τη δημιουργία νέων κατηγοριών κατάταξης (όπως τα γένη, τις οικογένειες, κ.λ.π.).

Πηγή: Futuyama (1986)



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Δεν υπάρχει κάτι πιο εντυπωσιακό στον έμβιο κόσμο από την ποικιλία των όντων αλλά και τη μοναδικότητα των ατόμων που τον συνιστούν. Δεν υπάρχουν δύο όντα που να είναι ίδια μεταξύ τους (τουλάχιστον σε σεξουαλικά αναπαραγόμενους οργανισμούς).

Σκοπός της **Συστηματικής Ταξινόμησης** είναι η κατανόηση του έμβιου κόσμου και η ιεραρχική ομαδοποίηση των έμβιων όντων (ή των οργανισμών του παρελθόντος) σε κατηγορίες και η ονοματοδοσία τους, έτσι ώστε αυτή η ιεραρχική κατηγοριοποίηση να αντανακλά τις φυλογενετικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών.

Η Συστηματική Ταξινόμηση έχει πολλές εφαρμογές γιατί ο σωστός προσδιορισμός των έμβιων όντων και η ορθή τους συστηματική κατηγοριοποίηση επηρεάζει ποικίλες εφαρμογές όπως για παράδειγμα αυτές που αφορούν στην αγροτική οικονομία, τη φαρμακολογία, τη δημόσια υγεία, την οικολογία, τη διάσωση ειδών σε κίνδυνο, κ.ά.. Επιπλέον, ο ορθός ταξινομικός προσδιορισμός των οργανισμών του παρελθόντος (απολιθωμάτων) σχετίζεται με την ερμηνεία της χρονικής και χωρικής κατανομής των οργανισμών συμβάλλοντας στη Βιοστρωματογραφία, την Παλαιοβιογεωγραφία και την κατανόηση της εξέλιξης.

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η έννοια της συστηματικής, δηλαδή της κατηγοριοποίησης, σχετίζεται με τον τρόπο που σκέφτεται ο άνθρωπος γιατί έτσι διευκολύνεται η επικοινωνία.

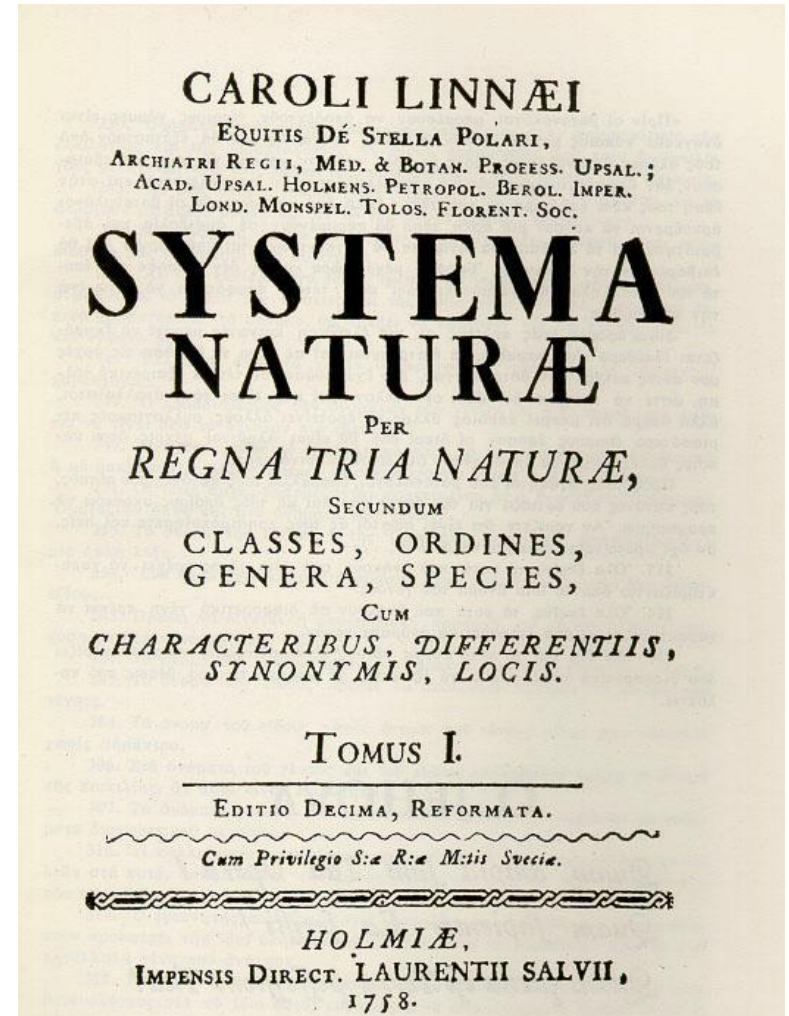
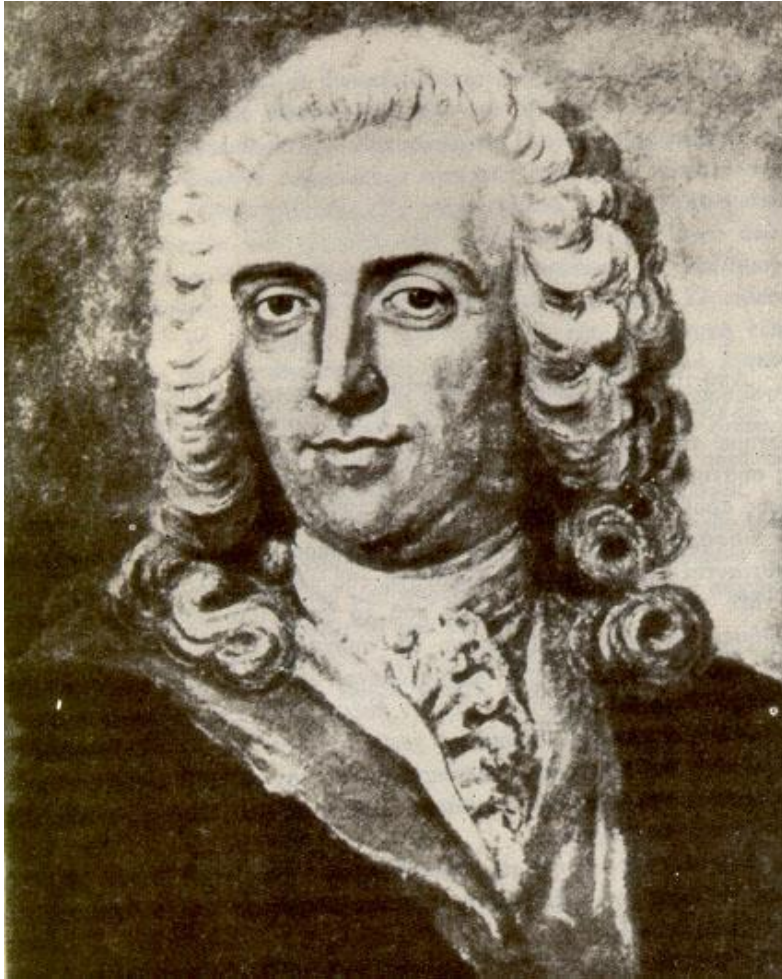
Πρωτόγονοι λαοί για παράδειγμα κατηγοριοποιούν τα διάφορα ζώα και φυτά του περιβάλλοντός τους ανάλογα με τις χρήσεις που έχουν. Έτσι τα κατηγοριοποιούν σε βρώσιμα, σε δηλητηριώδη, σε κατάλληλα για κατασκευή ενδυμάτων, κ.ά.

Οι απαρχές της βιολογικής ταξινόμησης εντοπίζονται στον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.). Ο Αριστοτέλης αφιέρωσε πολλά χρόνια στη μελέτη της ζωολογίας. Δεν μελέτησε μόνο τη μορφολογία των οργανισμών αλλά και την εμβρυολογία, την ηθολογία και την οικολογία τους.

Η σύγχρονη βιολογική ταξινόμηση βασίζεται στο έργο του Σουηδού φυσιολόγου Κάρολου Λινναίου (C. Linnaeus, 1707-1778) και στο πολύτομο έργο του «Systema Naturae».

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

*Nomina si nescis, perit et cognitio rerum\**



\*αν αγνοείς τα ονόματα, χάνεται και η γνώση των πραγμάτων

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ και ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

## Βασικές έννοιες

**Κατηγορία:** Μία συστηματική κατηγορία ορίζει βαθμίδα ή επίπεδο σε μια ιεραρχική συστηματική ταξινόμηση. Οι όροι **είδος**, **γένος**, **οικογένεια**, και **τάξη** για παράδειγμα καθορίζουν συστηματικές κατηγορίες. Μέλη μιας κατηγορίας είναι όλα τα **τάξα** στα οποία αποδίδεται συγκεκριμένο επίπεδο ταξινόμησης. Η κατηγορία **είδος** για παράδειγμα περιλαμβάνει όλα τα είδη είτε είναι ζώα είτε είναι φυτά.

**Τάξον (πληθ. τάξα. Λατ. taxon, taxa):** Τάξον είναι μια ομάδα οργανισμών (π.χ. ένας γεωγραφικός πληθυσμός, ένα γένος, μια οικογένεια, μια τάξη) που πιστεύεται ότι τα μέλη της σχετίζονται φυλογενετικά και θεωρείται επαρκώς διακριτή από άλλες παρεμφερείς ομάδες οργανισμών.

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

**Regnum ή Kingdom (Βασίλειο)**

**Phylum (Φύλο ή Συνομοταξία)**

Subphylum (Υποσυνομοταξία)

Superclassis ή Superclass (Υπερομοταξία)

**Classis ή Class (Ομοταξία)**

Subclassis ή Subclass (Υφομοταξία)

Superordo ή Superorder (Υπέρταξη)

**Ordo ή Order (Τάξη)**

Subordo ή Suborder (Υπόταξη)

Superfamilia ή Superfamily (Υπεροικογένεια) (**-oidea**)

**Familia ή Family (Οικογένεια) (-idae)**

Subfamilia ή Subfamily (Υποοικογένεια) (**-inae**)

**Genus (Γένος)**

Subgenus (Υπογένος)

**Species (Είδος)**

Subspecies (Υποείδος)

Ορισμένες από τις χρησιμοποιούμενες συστηματικές κατηγορίες. Αυτές με το μπλε είναι οι βασικότερες. Με κόκκινο επισημαίνονται οι καταλήξεις των αντίστοιχων κατηγοριών στην Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών.



# Ταξινόμηση του σύγχρονου ανθρώπου, *Homo sapiens* Linnaeus, 1758

**Regnum ή Kingdom (Βασίλειο) Animalia**

**Phylum (Φύλο ή Συνομοταξία) Chordata**

Subphylum (Υποσυνομοταξία)

Superclassis ή Superclass (Υπερομοταξία)

**Classis ή Class (Ομοταξία) Mammalia**

Subclassis ή Subclass (Υφομοταξία)

Superordo ή Superorder (Υπέρταξη)

**Ordo ή Order (Τάξη) Primates**

Subordo ή Suborder (Υπόταξη)

Superfamilia ή Superfamily (Υπερουκογένεια)

**Familia ή Family (Οικογένεια) Hominidae**

Subfamilia ή Subfamily (Υποοικογένεια) **Homininae**

**Genus (Γένος) Homo**

Subgenus (Υπογένος)

**Species (Είδος) sapiens**

Subspecies (Υποείδος)

## Ταξινομικές βαθμίδες φυτών ξηράς

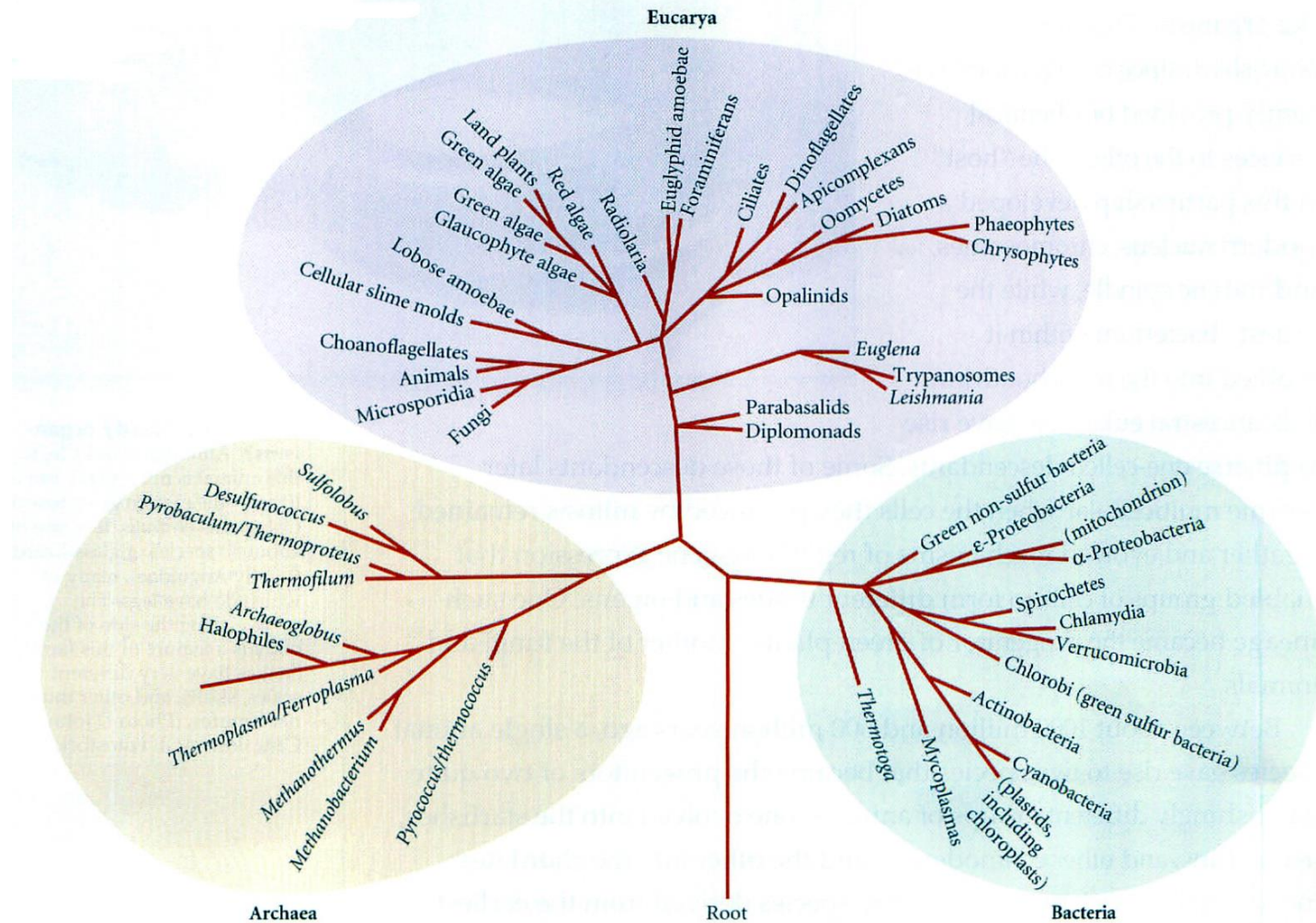
	κατάληξη	όνομα
<b>Kingdom</b>	(ποικίλει)	<b><u>Plantae</u></b>
<b>Phylum [Division]</b>	<b>-phyta</b>	<b><u>Magnoliophyta</u></b>
Subphylum [Subdivision]	-phytina	<u>Magnoliophytina</u>
<b>Class</b>	<b>-opsida</b>	<b><u>Asteropsida</u></b>
Subclass	-idae	<u>Asteridae</u>
<b>Order</b>	<b>-ales</b>	<b><u>Asterales</u></b>
Suborder	-ineae	<u>Asterineae</u>
<b>Family</b>	<b>-aceae</b>	<b><u>Asteraceae</u></b>
Subfamily	-oideae	<u>Asteroideae</u>
Tribe	-eae	<u>Heliantheae</u>
<u>Subtribe</u>	<u>-inae</u>	<u>Helianthinae</u>
<b>Genus</b>	(ποικίλει)	<b><u>Helianthus</u></b>
Subgenus	(ποικίλει)	<u>Helianthus</u>
Section	(ποικίλει)	<u>Helianthus</u>
Series	(ποικίλει)	<u>Helianthus</u>
<b>Species*</b>	(ποικίλει)	<b><u>Helianthus annuus</u></b>
Subspecies**	(ποικίλει)	<u>Helianthus annuus</u> ssp. <u>annuus</u>
Variety***	(ποικίλει)	<u>Helianthus annuus</u> var. <u>annuus</u>
Form****	(ποικίλει)	<u>Helianthus annuus</u> f. <u>annuus</u>

\* [συντομογραφία sp. (ενικός), spp. (πληθυντικός)]

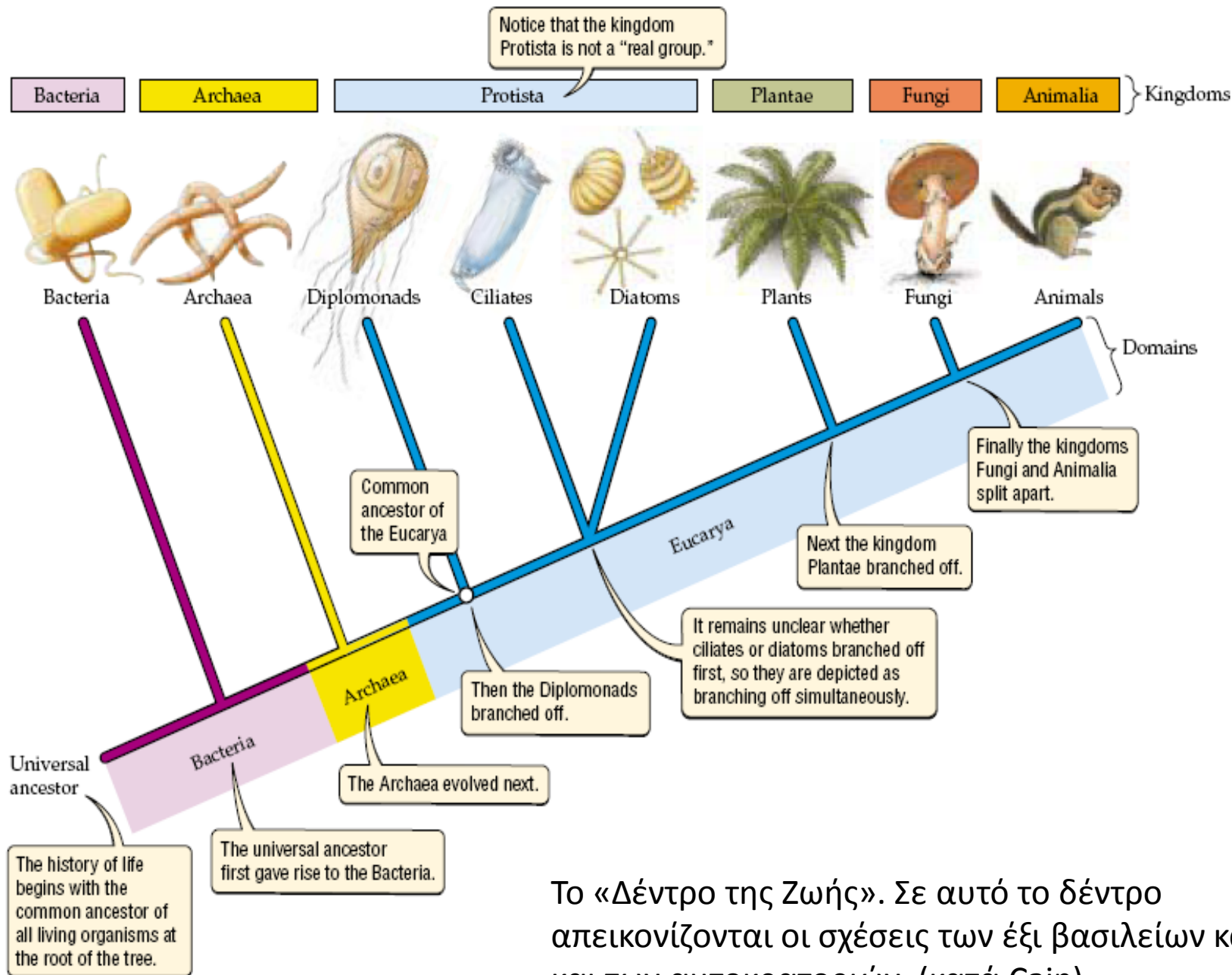
\*\* [συντομογραφία subspp. ή ssp. (ενικός), subspp. ή spp. (πληθυντικός)]

\*\*\* [συντομογραφία var. (ενικός), vars. (πληθυντικός)]

\*\*\*\* [συντομογραφία f.]



Το «Δέντρο της Ζωής». Σε αυτό το δέντρο η εκτίμηση των βαθμών συγγένειας μεταξύ ορισμένων μεγάλων κλάδων έχει βασιστεί κυρίως σε αλληλουχίες του DNA. Από τις τρεις αυτοκρατορίες, τα Archaea και τα Eucarya έχουν τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο. Έτσι τα Archaea και τα Eucarya είναι συγγενικότερα μεταξύ τους παρά με τα Bacteria. Η πλειονότητα των τάξεων είναι μονοκύτταροι οργανισμοί. [κατά Baldauf et al. (2004) από Futuyama (2005)]



Το «Δέντρο της Ζωής». Σε αυτό το δέντρο απεικονίζονται οι σχέσεις των έξι βασιλείων καθώς και των αυτοκρατοριών. (κατά Cain)

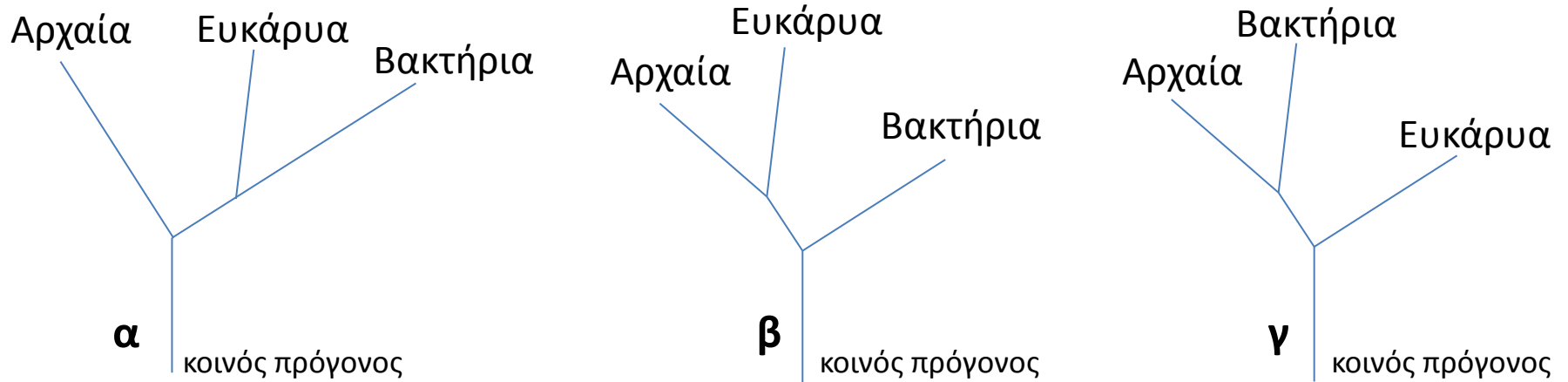
# Ερωτήματα

- 1) Παραθέστε ένα παράδειγμα οργανισμού στο οποίο η αύξηση στην επιβιωσιμότητα του έχει οδηγήσει στην εξαιρετικά μεγάλη (γεωμετρική) αύξηση του πληθυσμού του.
- 2) Ποια από τις παρακάτω διατυπώσεις ταιριάζει περισσότερο με την έννοια της οργανικής εξέλιξης;
  - α) Οργανική εξέλιξη σημαίνει αλλαγή στην εμφάνιση των οργανισμών.
  - β) Οργανική εξέλιξη σημαίνει καταγωγή με τροποποιήσεις και αφορά κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά.
- 3) Αναφέρατε ονομαστικά τις παραμέτρους που έλαβε υπόψη του ο Δαρβίνος για να αιτιολογήσει τον μηχανισμό της φυσικής επιλογής.
- 4) Ιεραρχήστε τις παρακάτω κατηγορίες της Λινναίας ταξινόμησης από την ευρύτερη (περιεκτικότερη) προς τη μικρότερη κατηγορία:
  - α) Οικογένεια
  - β) Είδος
  - γ) Γένος
  - δ) Τάξη
- 5) Ποιες είναι οι αυτοκρατορίες του «δένδρου της ζωής» και ποιες θεωρούνται συγγενικότερες μεταξύ τους;



# Ερωτήματα

6) Σύμφωνα με τη θεωρία για τις τρεις αυτοκρατορίες του «Δέντρου της Ζωής», ποια σχέση συγγένειας θεωρείται η επικρατέστερη από τα παρακάτω διαγράμματα; Στο σχήμα που θα επιλέξετε, ποια ομάδα οργανισμών είναι η αρχαιότερη;



7) Ποια ή ποιες από τις ακόλουθες διατυπώσεις εκφράζουν την έννοια της ομολογίας (των ομόλογων δομών);

α) Είναι δομές που φαινομενικά είναι παρόμοιες σε δύο ή περισσότερους οργανισμούς.

β) Είναι φαινομενικά παρόμοιες δομές που οφείλονται σε κοινή καταγωγή.

γ) Είναι δομές που οφείλονται σε κοινή καταγωγή. Μπορεί όμως φαινομενικά να είναι πολύ διαφορετικές μεταξύ τους.

# Ερωτήματα

- 8) Έστω ότι ερευνάτε ένα φυτοφάγο έντομο για 10 έτη και παρατηρείται ότι αυτό σταδιακά γίνεται ανθεκτικό στο χρησιμοποιούμενο εντομοκτόνο. Ποια από τις ακόλουθες προτάσεις εξηγεί καλύτερα το φαινόμενο με όρους φυσικής επιλογής;
- α) Το εντομοκτόνο προκαλεί μεταλλαγές στα έντομα και έτσι αυτά γίνονται ανθεκτικά στο εντομοκτόνο.
  - β) Μερικά έντομα συνήθισαν το εντομοκτόνο και μεταβίβασαν αυτή την ιδιότητα στους απογόνους τους.
  - γ) Όσα έντομα είχαν φυσική αντοχή στο εντομοκτόνο άφησαν περισσότερους απογόνους.