



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Ζωολογία Ι

## Ενότητα 3: Βιολογική Εξέλιξη

Αναστάσιος Λεγάκις, Αναπλ. Καθηγητής  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Βιολογίας

# Περιεχόμενο Ενότητας

- Οι αρχές της δαρβινικής εξελικτικής θεωρίας
- Η δαρβινική θεωρία της εξέλιξης: τα αποδεικτικά στοιχεία
- Αναθεωρήσεις της θεωρίας του Δαρβίνου
- Μικροεξέλιξη: Γενετική ποικιλομορφία και αλλαγή μέσα στα είδη
- Μακροεξέλιξη: Τα μεγάλα εξελικτικά γεγονότα



# Βιολογική Εξέλιξη 1/3

**Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών είναι η συνεχής αλλαγή.**



# Βιολογική Εξέλιξη 2/3

- **Αλλαγές σε μικρή κλίμακα**  
π.χ. στο διάστημα μερικών γενιών
- **Αλλαγές σε μεσαία κλίμακα**  
π.χ. στο διάστημα μερικών χιλιάδων ετών
- **Αλλαγές σε μεγάλη κλίμακα**  
π.χ. στο διάστημα μερικών εκατομμυρίων ετών



# Βιολογική Εξέλιξη 3/3

Η μη αναστρέψιμη ιστορική αλλαγή ονομάζεται βιολογική εξέλιξη.



# Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης

- Το κυρίαρχο δόγμα της Βιολογίας



# Προδαρβινικές εξελικτικές ιδέες

**Ο κόσμος είναι μια σταθερή οντότητα**

**Αριστοτέλης κ.ά.:** Τα απολιθώματα είναι παλαιότερες μορφές ζωής που έχουν εξαφανιστεί.



# Κληρονόμηση επίκτητων χαρακτήρων

Οι οργανισμοί, προσπαθώντας να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος, αποκτούν τροποποιήσεις τις οποίες μεταδίδουν κληρονομικά στους απογόνους τους.





# Ομοιομορφισμός 1/2

## Sir Charles Lyell (1797-1875)

- Οι νόμοι της φυσικής και της χημείας έχουν παραμείνει αναλλοίωτοι καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας της Γης.
- Τα γεωλογικά γεγονότα του παρελθόντος έχουν συμβεί με φυσικές διαδικασίες που μπορούμε να παρατηρήσουμε και σήμερα.



# Ομοιομορφισμός 2/2

- Η ηλικία της Γης θα πρέπει να ανάγεται σε εκατομμύρια χρόνια.
- Οι γεωλογικές αλλαγές που συμβαίνουν μέσα στο χρόνο είναι βαθμιαίες.
- Οι γεωλογικές αλλαγές δεν έχουν κάποια ενδογενή τάση να κατευθύνονται προς συγκεκριμένη κατεύθυνση.

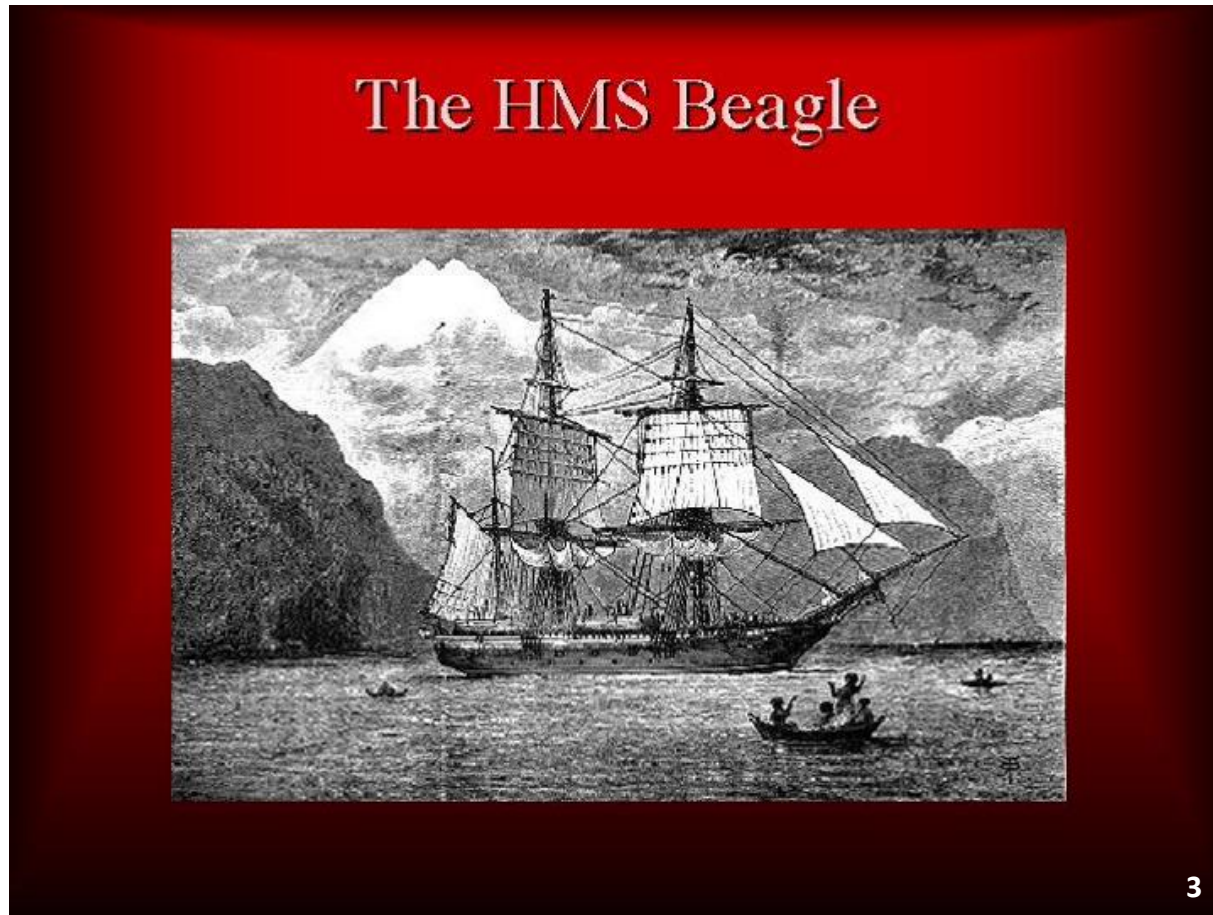


# Δαρβινική θεωρία εξέλιξης 1/6

**Κάρολος Ροβέρτος  
Δαρβίνος  
(1809-1882)**



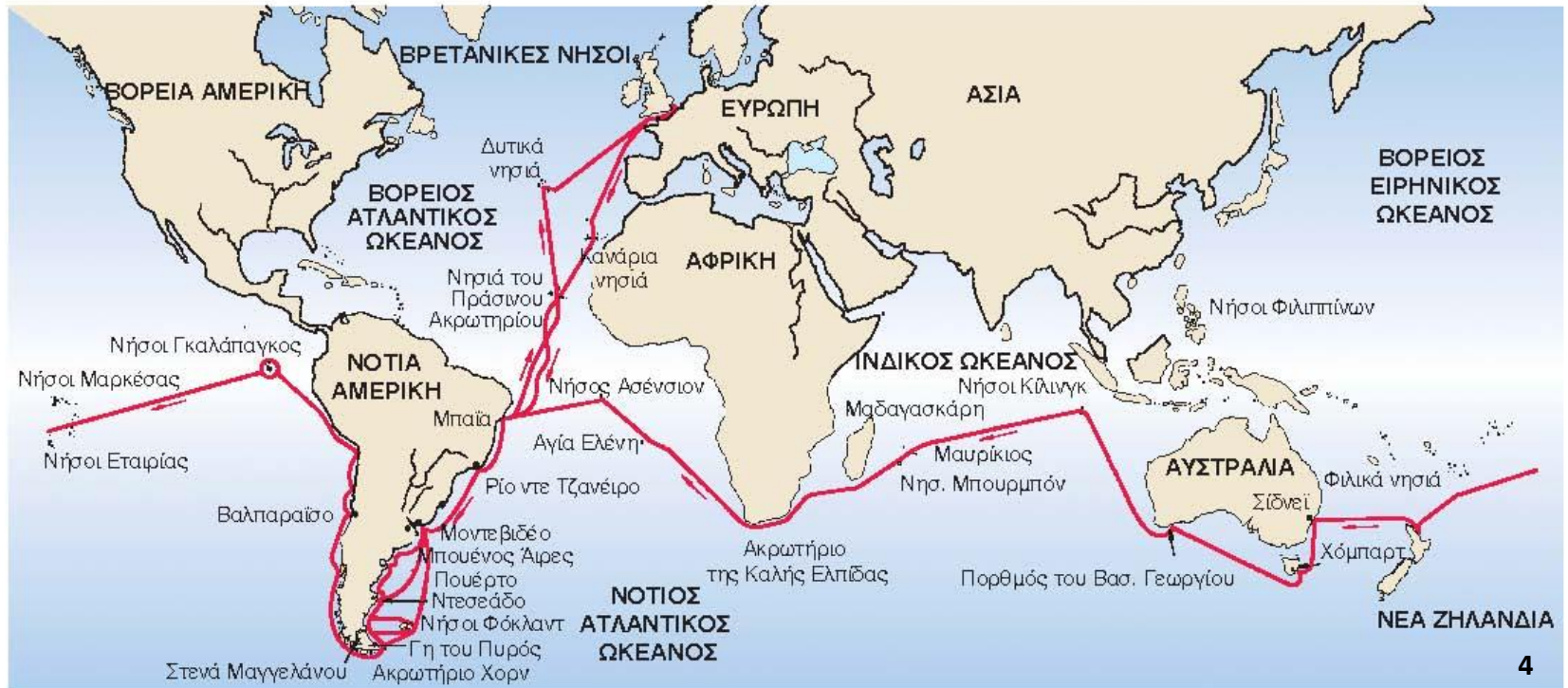
# Δαρβινική θεωρία εξέλιξης 2/6



Το ταξίδι του Beagle 1831-1836



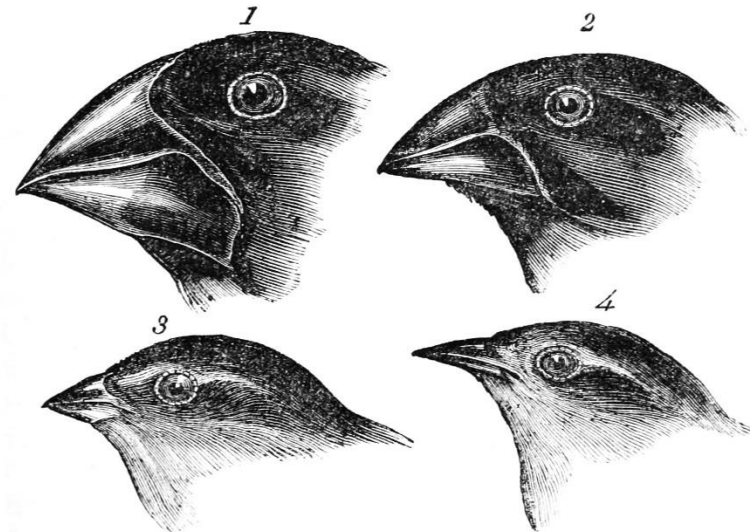
# Δαρβινική θεωρία εξέλιξης 3/6







# Δαρβινική θεωρία εξέλιξης 5/6



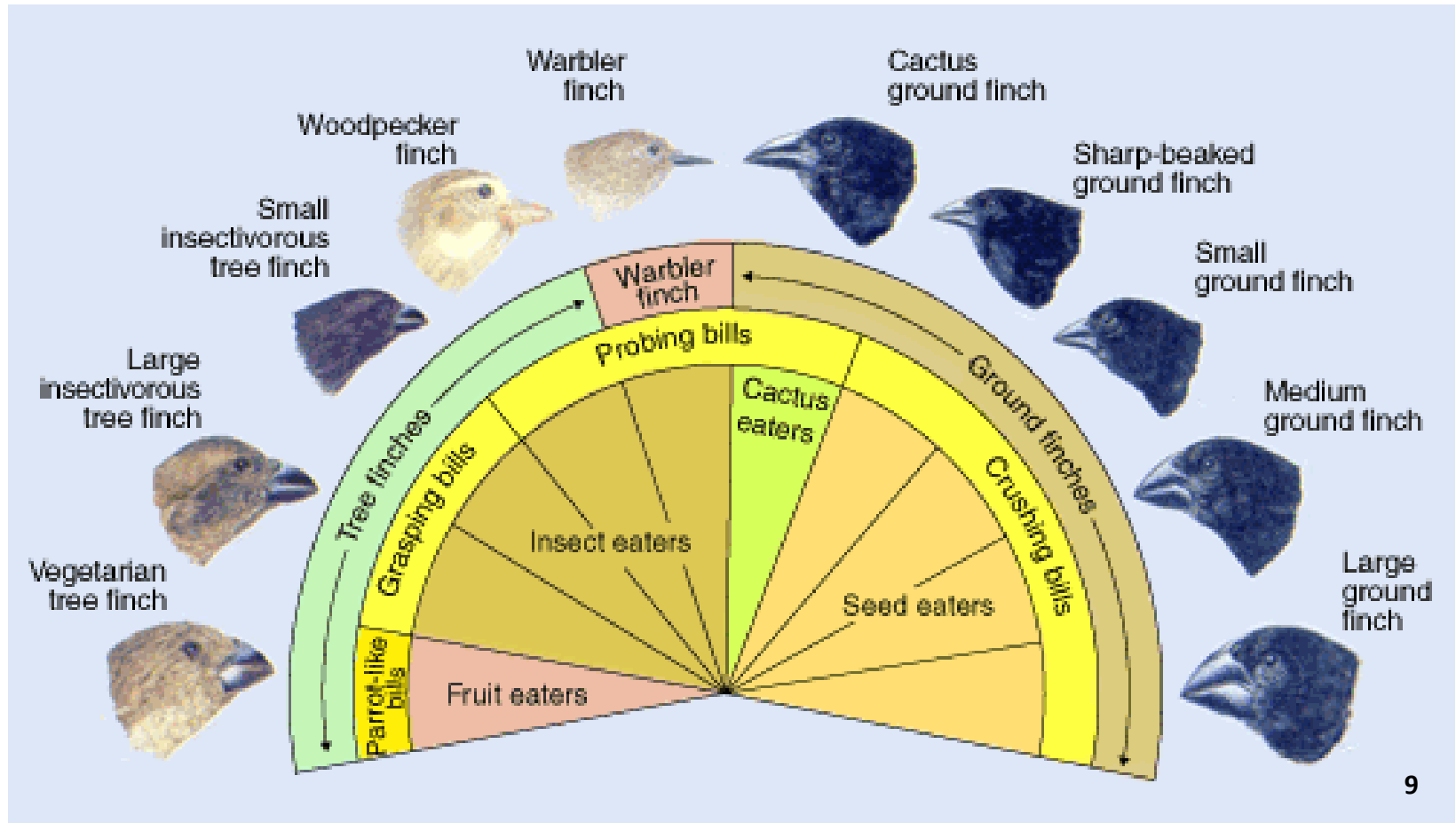
1. *Geospiza magnirostris*.  
3. *Geospiza parvula*.

2. *Geospiza fortis*.  
4. *Certhidea olivacea*.

8

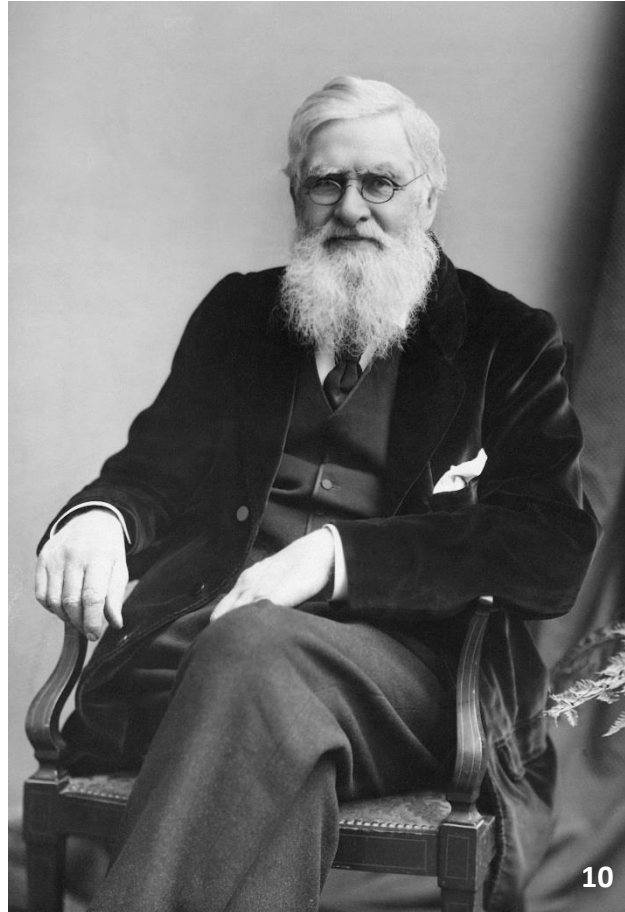


# Δαρβινική θεωρία εξέλιξης 6/6





# Alfred Russel Wallace 1823-1913



# Ιστορικοί Σταθμοί

- **Ιούλιος 1858:** Παρουσίαση άρθρων Δαρβίνου και Wallace στη Λινναία Εταιρεία.
- **Νοέμβριος 1859:** Έκδοση του: *Περί της Προελεύσεως των Ειδών μέσω της Φυσικής Επιλογής ή η Διατήρηση των Ευνοημένων Φυλών στον Αγώνα για τη Ζωή.*



# Πέντε θεωρίες του Δαρβίνου για την εξέλιξη

**Οι πέντε θεωρίες του Δαρβίνου για την εξέλιξη των ειδών:**

- Συνεχής αλλαγή
- Κοινή καταγωγή
- Πολλαπλασιασμός των ειδών
- Βαθμιαία μεταβολή
- Φυσική επιλογή



# Συνεχής Αλλαγή

Ο ζωντανός κόσμος δεν είναι ούτε σταθερός, ούτε έχει κάποια άενη περιοδικότητα, αλλά αλλάζει διαρκώς.



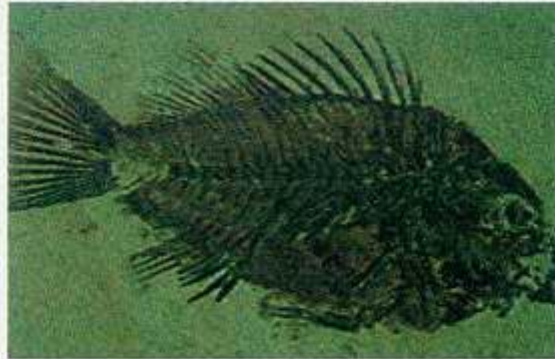
# Απολιθώματα 1/2

Ζώα με σκληρά μέρη: καλή απολίθωση.

Ζώα με μαλακά μέρη: σπάνια καλή απολίθωση.



# Απολιθώματα 2/2



A



B



C

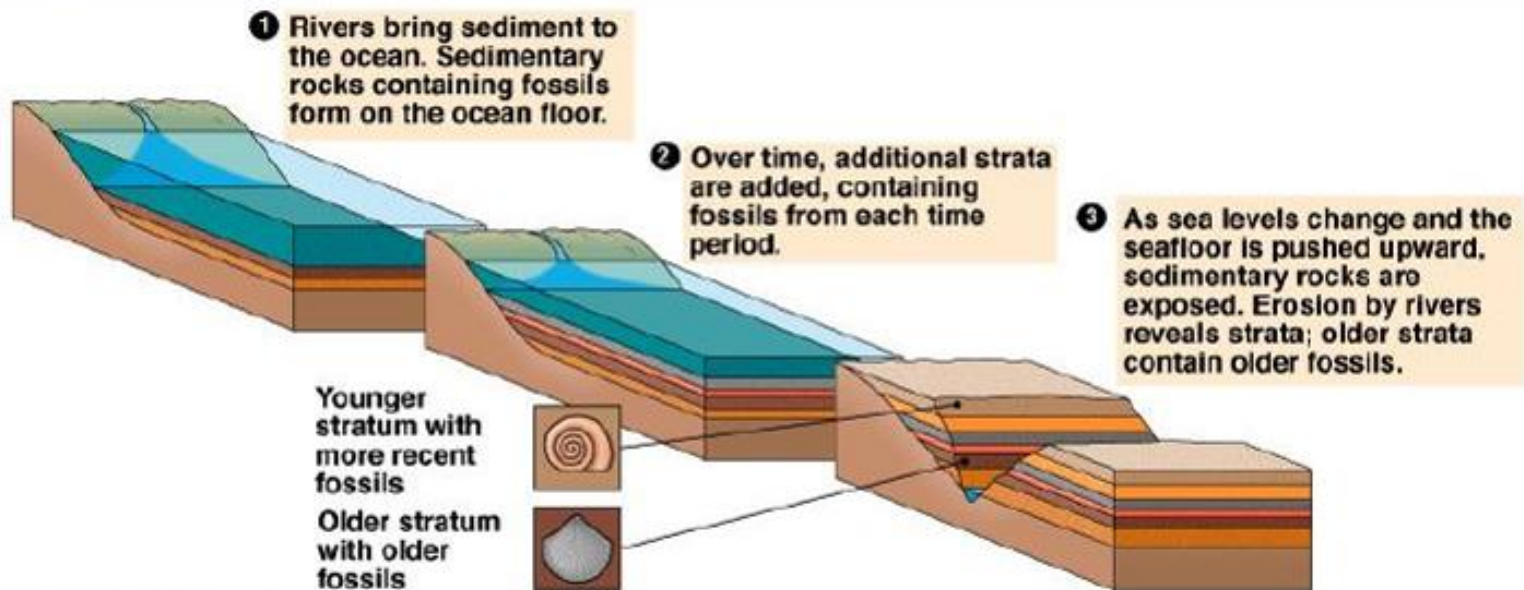


D

11



# Σχηματισμός ιζηματογενών πετρωμάτων



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

12



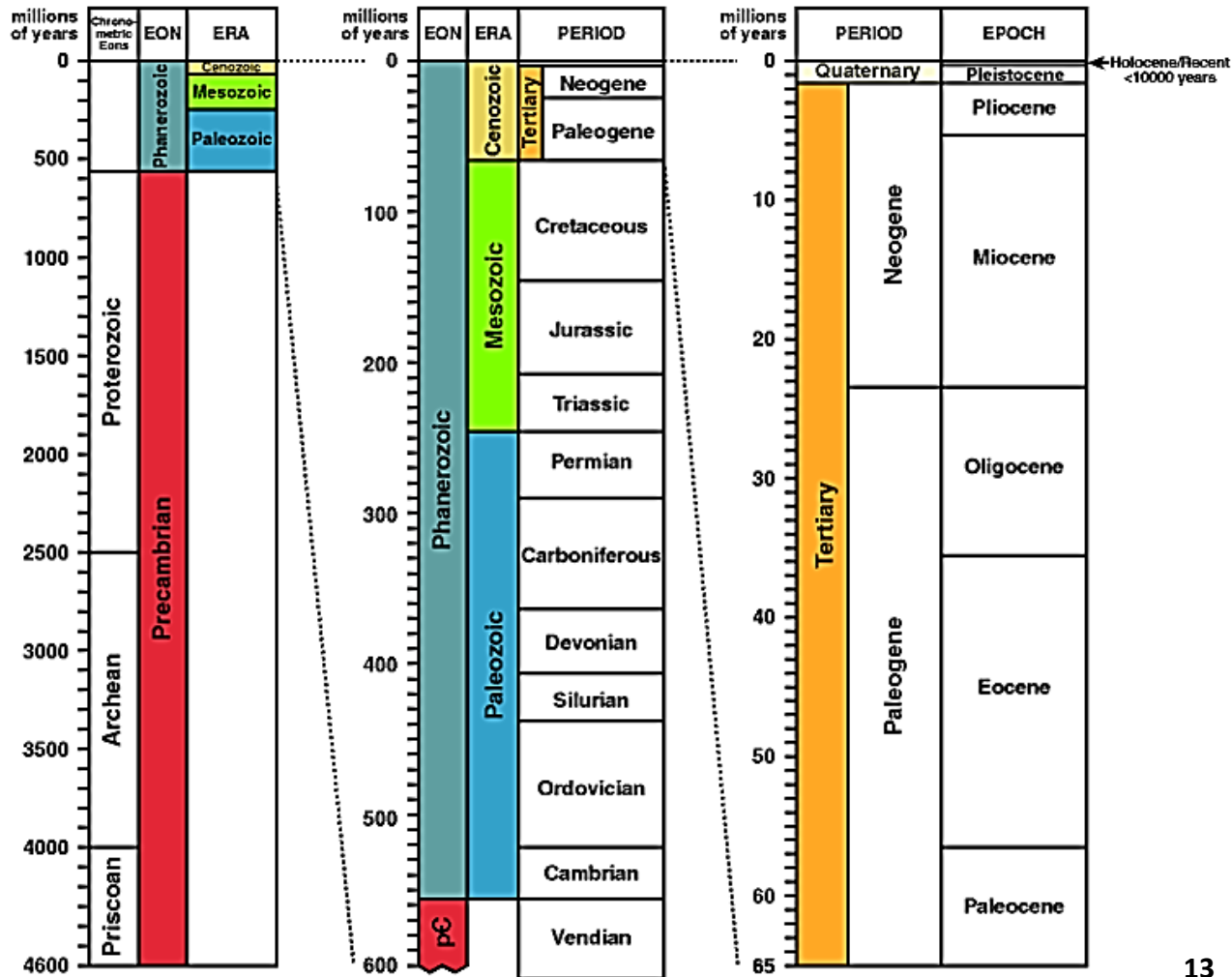
# Γεωλογικός χρόνος 1/2

- Μακροαιώνες
- Αιώνες
- Περίοδοι
- Εποχές





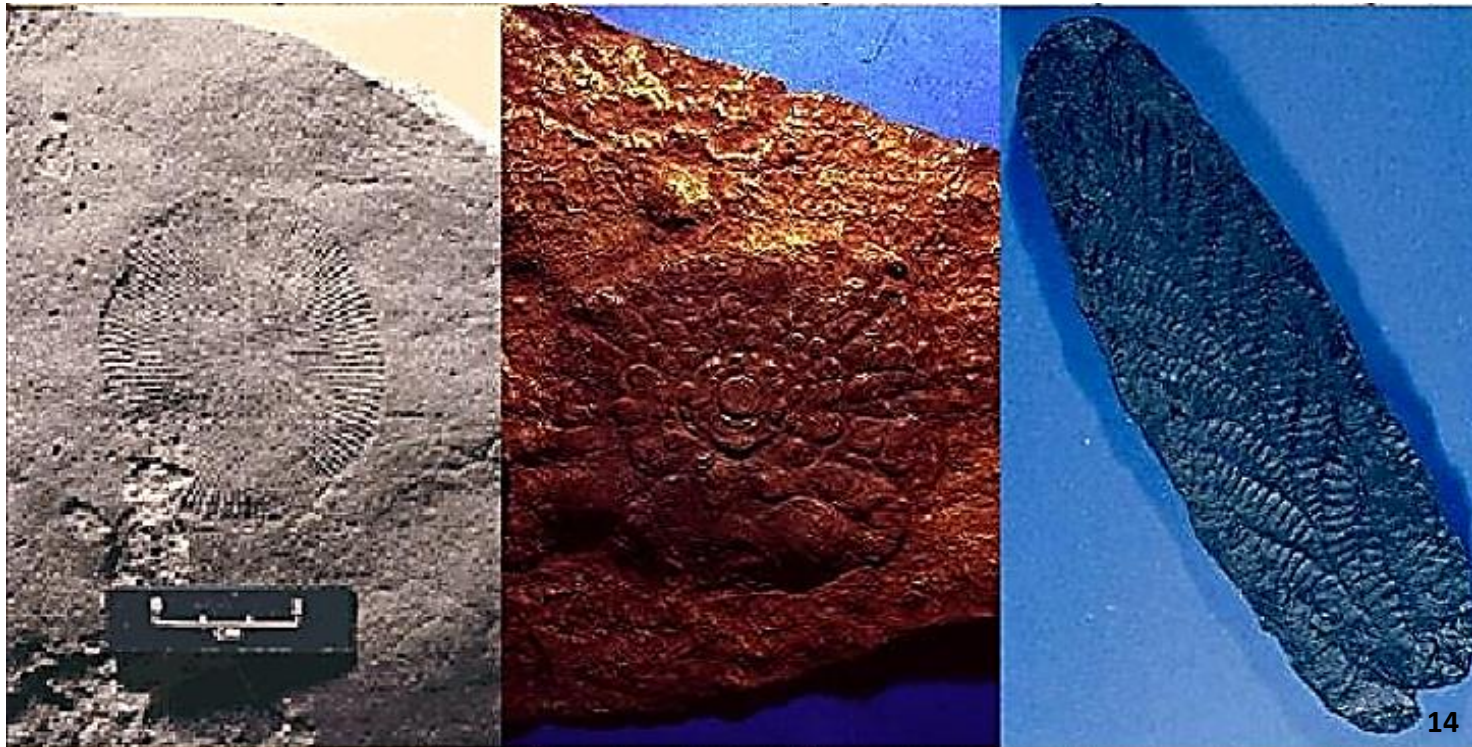
# Γεωλογικός χρόνος 2/2



13



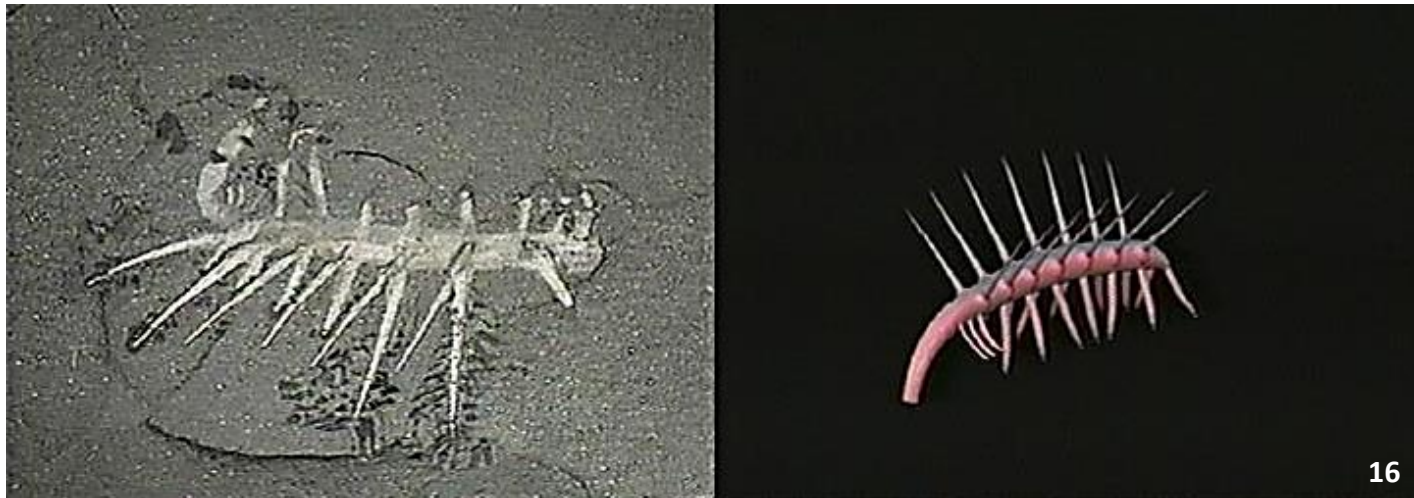
# Πανίδα της Ediacara (600-540 εκατ. χρόνια πριν)



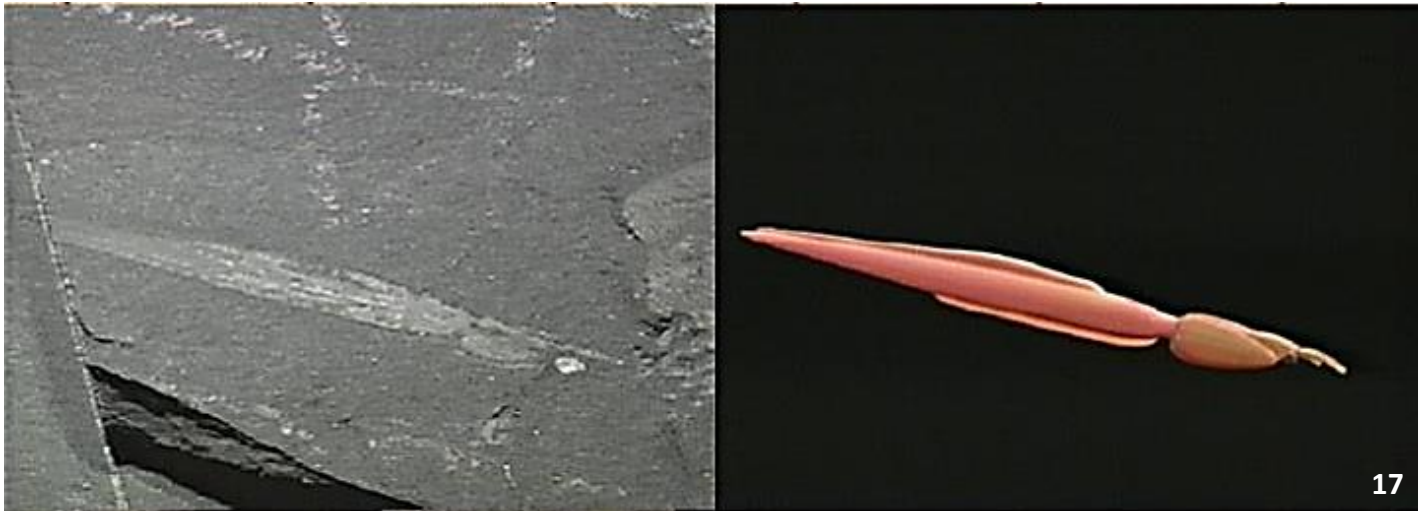




# Πανίδα του Burgess Shale 1/3 (540 εκατ. χρόνια πριν)

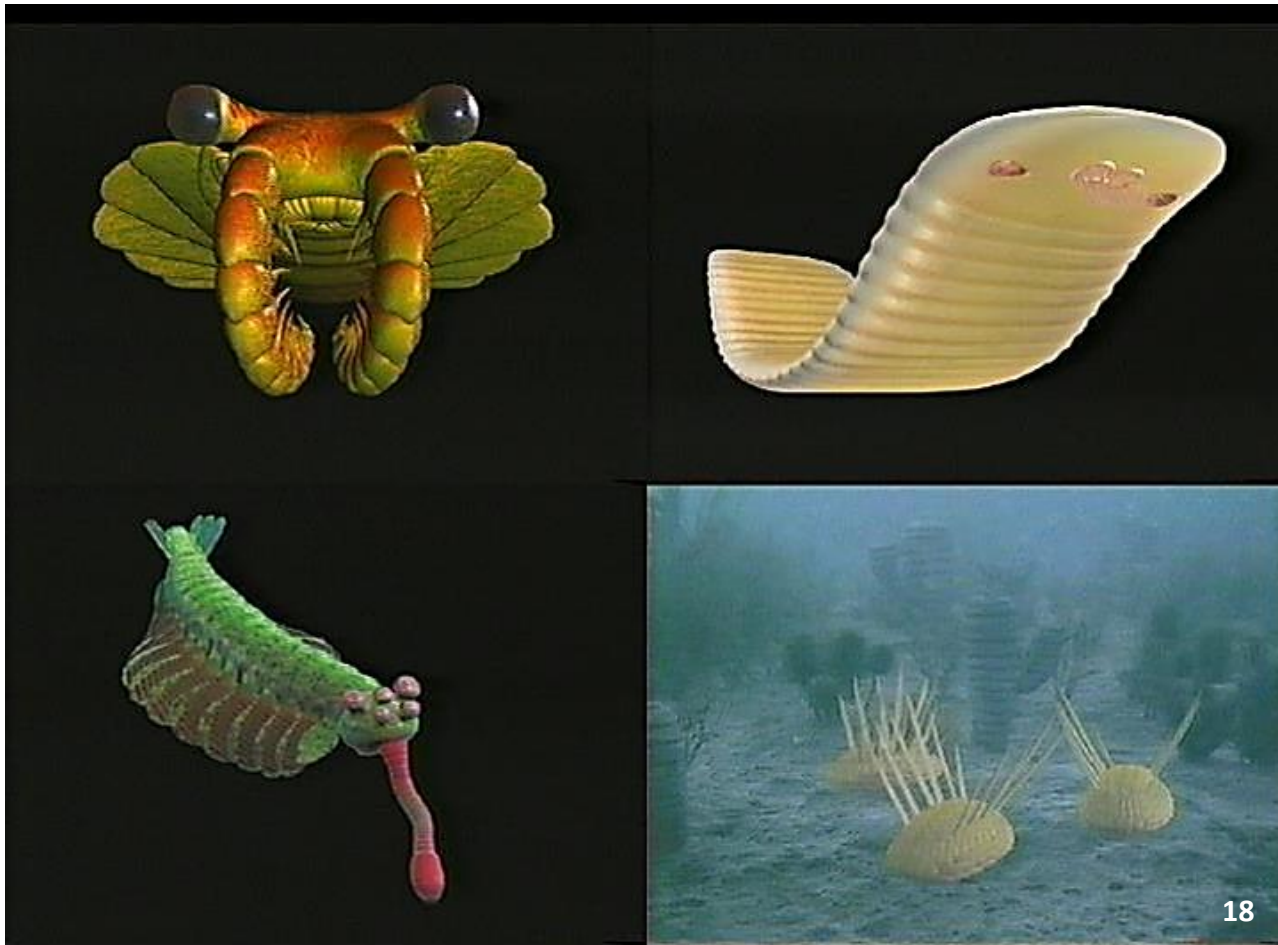


# Πανίδα του Burgess Shale 2/3 (540 εκατ. χρόνια πριν)



# Πανίδα του Burgess Shale 3/3

(540 εκατ. χρόνια πριν)



# Αρχαίες θάλασσες κατά την Κάμβρια εξάπλωση



# Αρχείο απολιθωμάτων

Εξελικτική αλλαγή σε πολύ μεγάλη χρονική κλίμακα.

Κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, τα είδη δημιουργούνται και εξαφανίζονται επανειλημμένως.

Τα είδη των ζώων συνήθως επιβιώνουν για περίπου 1 έως 10 εκατομμύρια χρόνια, αν και η διάρκεια αυτή είναι εξαιρετικά ποικίλη.





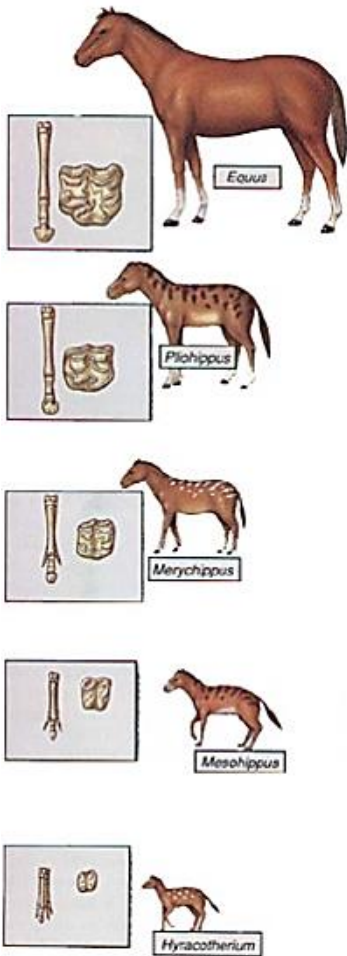
# Τάσεις στην αλλαγή των ειδών

Αλλαγές στα τυπικά χαρακτηριστικά ή πρότυπα της ποικιλότητας μιας ομάδας οργανισμών, οι οποίες έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση.

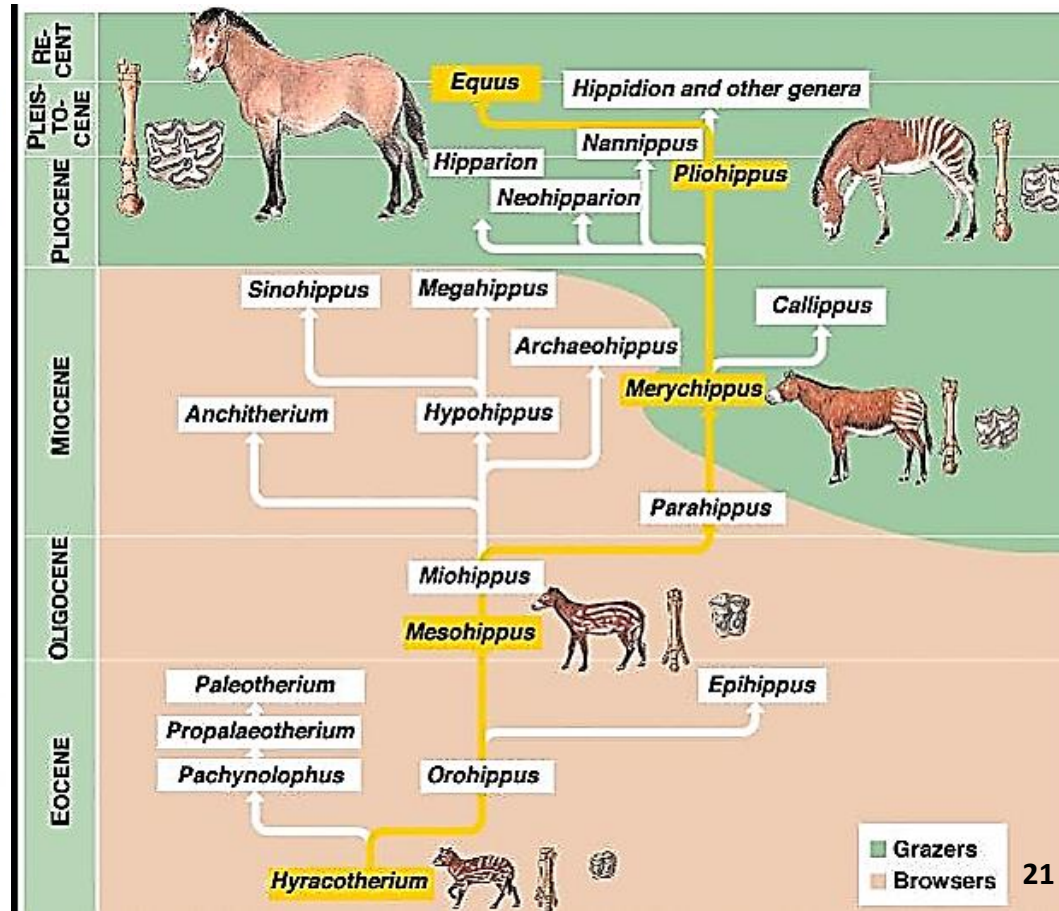
Οι τάσεις των απολιθωμάτων δείχνουν καθαρά την αρχή της συνεχούς αλλαγής που διατύπωσε ο Δαρβίνος.



# Η εξέλιξη του αλόγου



20



# Κοινή καταγωγή

Ο Δαρβίνος πρότεινε ότι όλα τα φυτά και τα ζώα κατάγονται από μια προγονική μορφή η οποία δέχθηκε για πρώτη φορά την ανάσα της ζωής.





# Αρχή της ομολογίας

- Η βασική πηγή πληροφοριών για την κοινή προέλευση των οργανισμών προέρχεται από τη χρήση της αρχής της ομολογίας.
- «Το ίδιο όργανο σε διαφορετικούς οργανισμούς που μπορεί να έχει κάθε είδους μορφή και λειτουργία».



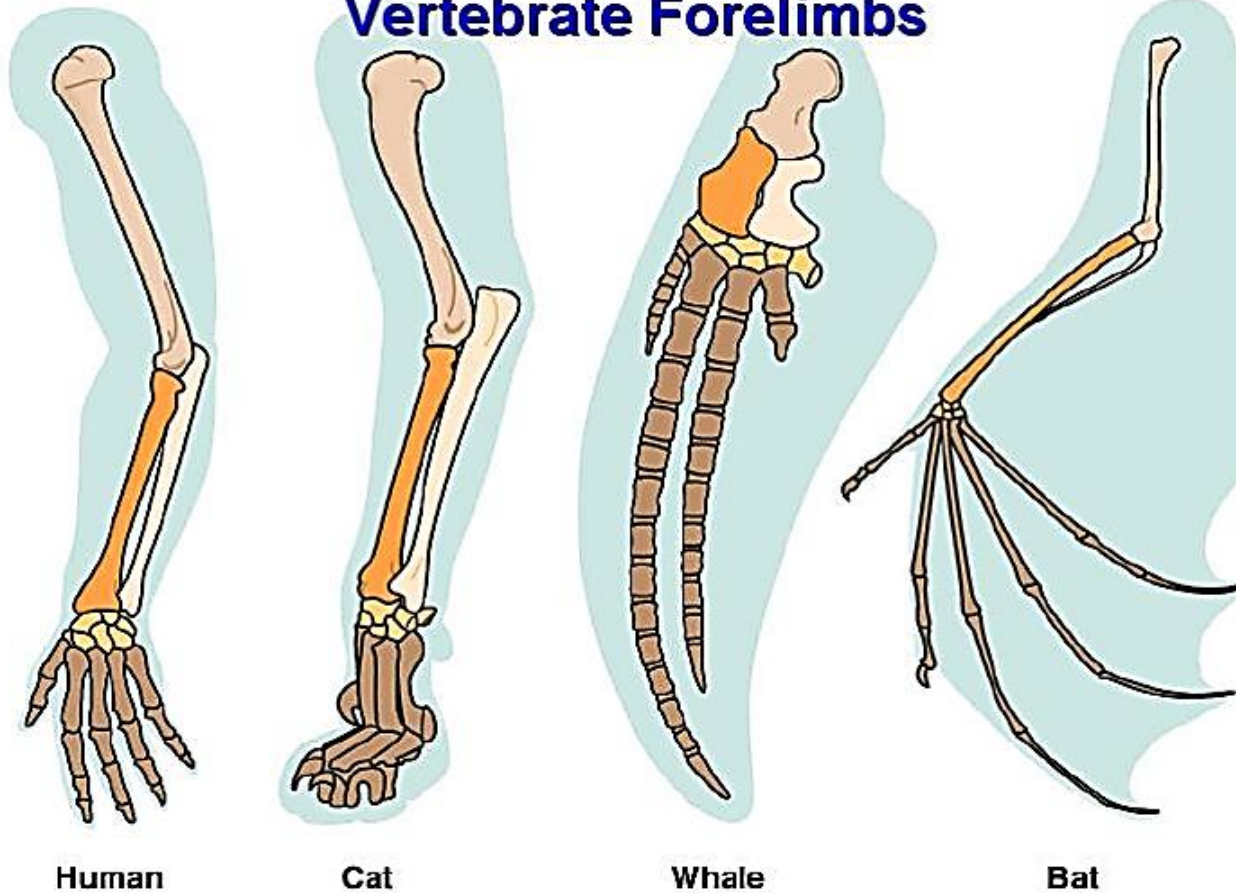
# Ομόλογες δομές

- Οι δομές που ονομάζουμε ομόλογες αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικά που κληρονομήθηκαν, με κάποιες τροποποιήσεις, από ένα αντίστοιχο χαρακτηριστικό κάποιου κοινού προγόνου.



# Σπονδυλόζωα: πρόσθια άκρα

## Vertebrate Forelimbs



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

23





# Εξελικτικές διαδικασίες

- Σε όλη την ιστορία των μορφών της ζωής, οι εξελικτικές διαδικασίες δημιουργούν νέα χαρακτηριστικά που στη συνέχεια κληρονομούνται από τις επόμενες γενιές.
- Κάθε φορά που εμφανίζεται ένα νέο χαρακτηριστικό σε μια εξελικτική γραμμή, βλέπουμε την απαρχή μιας νέας ομολογίας. Αυτή η ομολογία μεταβιβάζεται σε όλες τις επόμενες εξελικτικές γραμμές εκτός κι' αν κάποια στιγμή χαθεί.



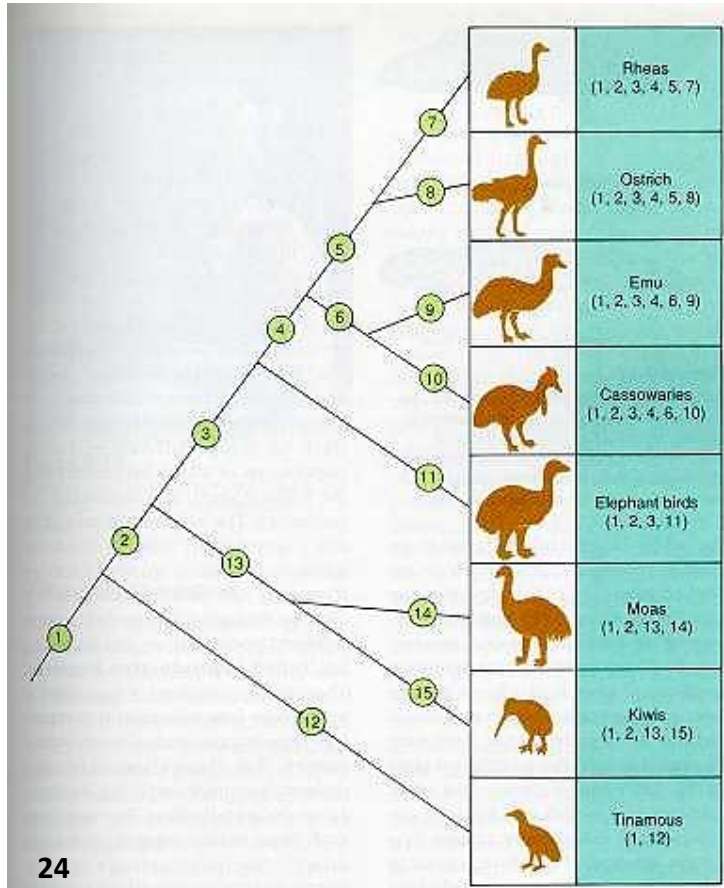


# Φυλογενετικό πρότυπο 1/2

- Το πρότυπο που σχηματίζεται από τον επιμερισμό των ομολογιών μεταξύ των ειδών, μας προσφέρει ενδείξεις για κοινή καταγωγή και μας επιτρέπει να ανασυστήσουμε τη διακλαδισμένη εξελικτική ιστορία της ζωής.



# Φυλογενετικό πρότυπο 2/2



- Το φυλογενετικό πρότυπο που καθορίζεται από 12 ομόλογες δομές των άπτερων πουλιών.
- Οι ομόλογες δομές αριθμούνται από το 1 ως το 12 και εμφανίζονται τόσο στον κλάδο του δέντρου όπου πρωτοεμφανίστηκαν όσο και στα πουλιά τις έχουν.

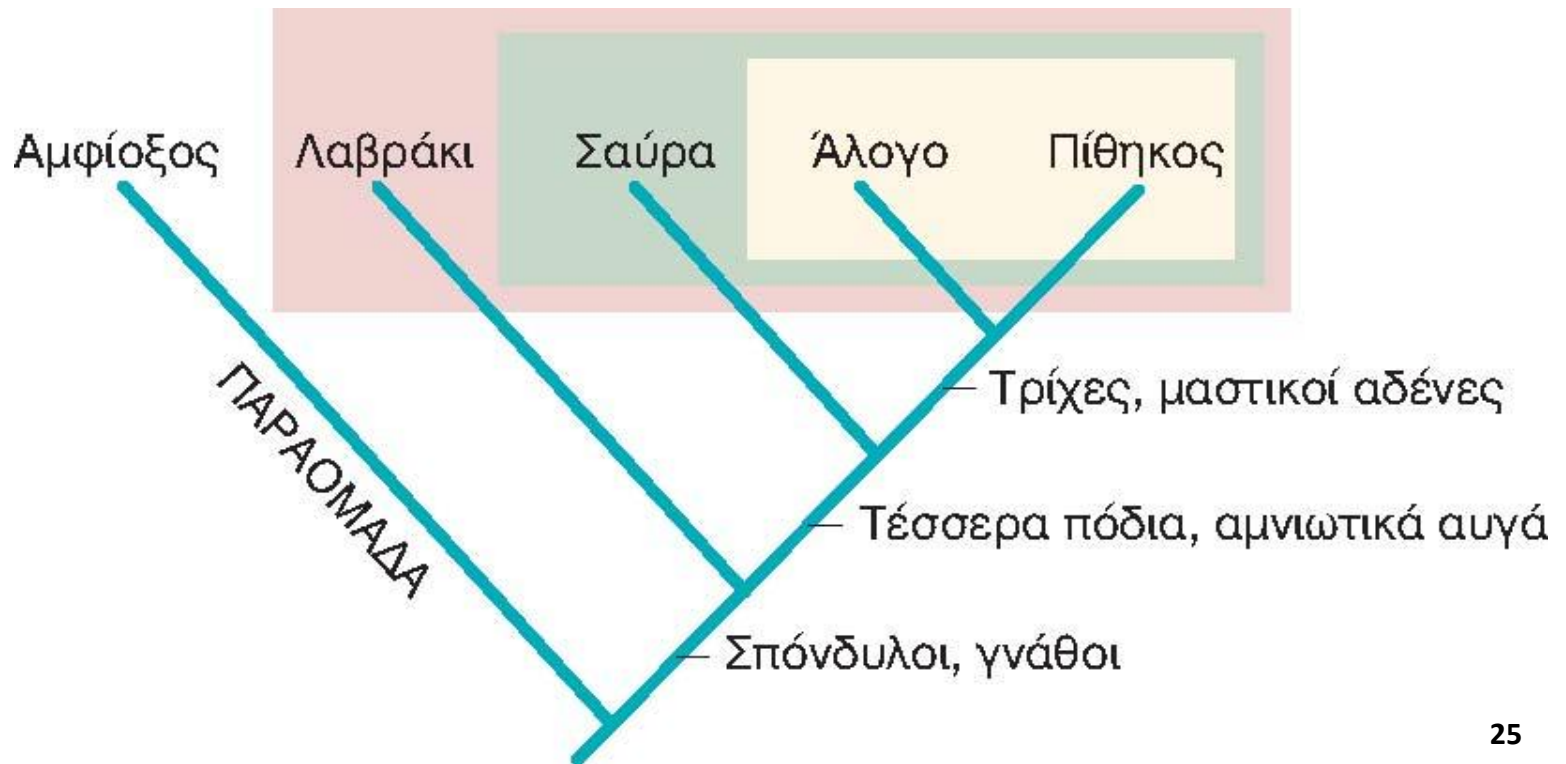


# Εγκιβωτισμένη ιεραρχία 1/3

- Μικρές ομάδες που βρίσκονται μέσα σε μεγαλύτερες ομάδες.
- Αποτελεί τη βάση της συστηματικής ταξινόμησης των οργανισμών.



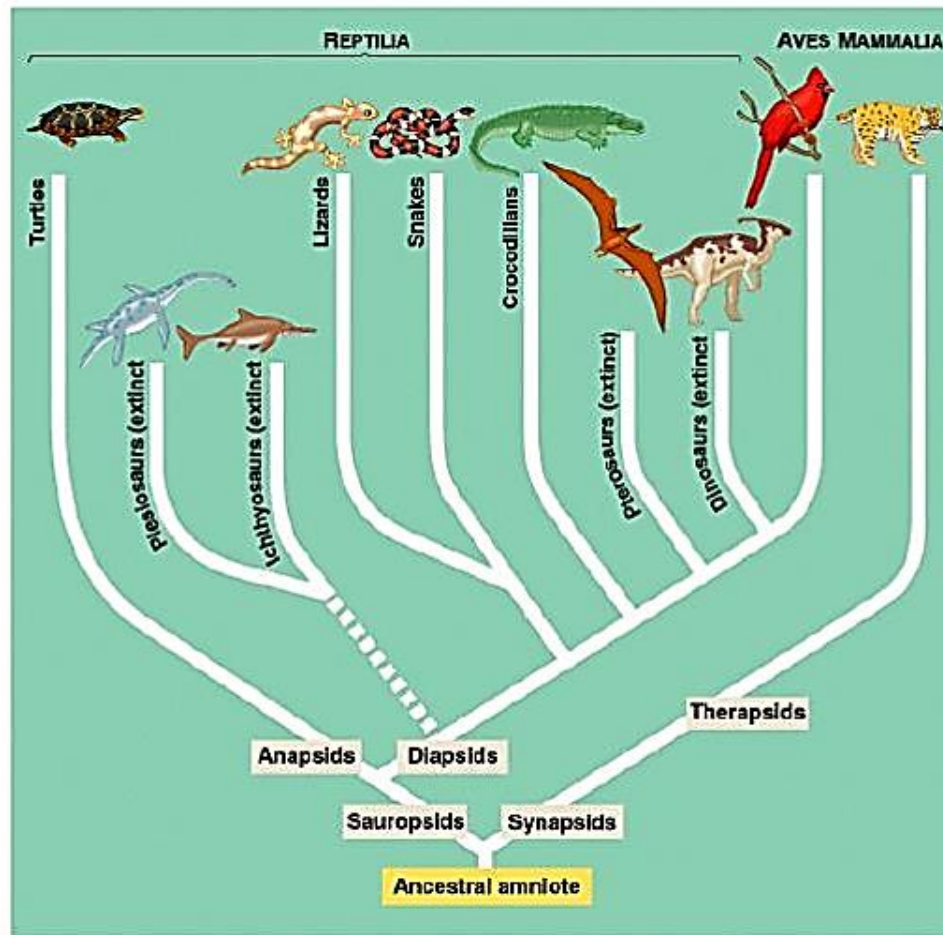
# Εγκιβωτισμένη ιεραρχία 2/3



25



# Εγκιβωτισμένη ιεραρχία 3/3

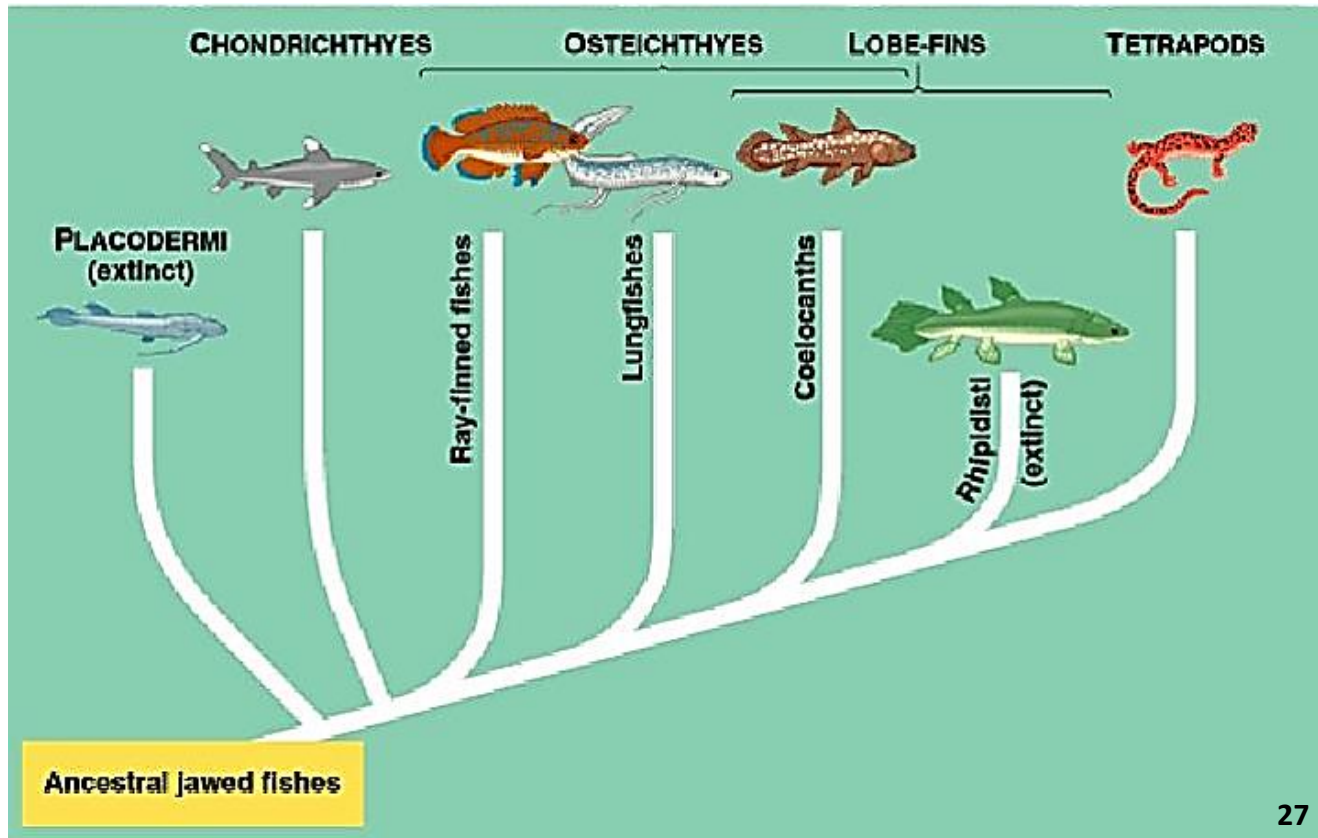


© 1999 Addison Wesley Longman, Inc.

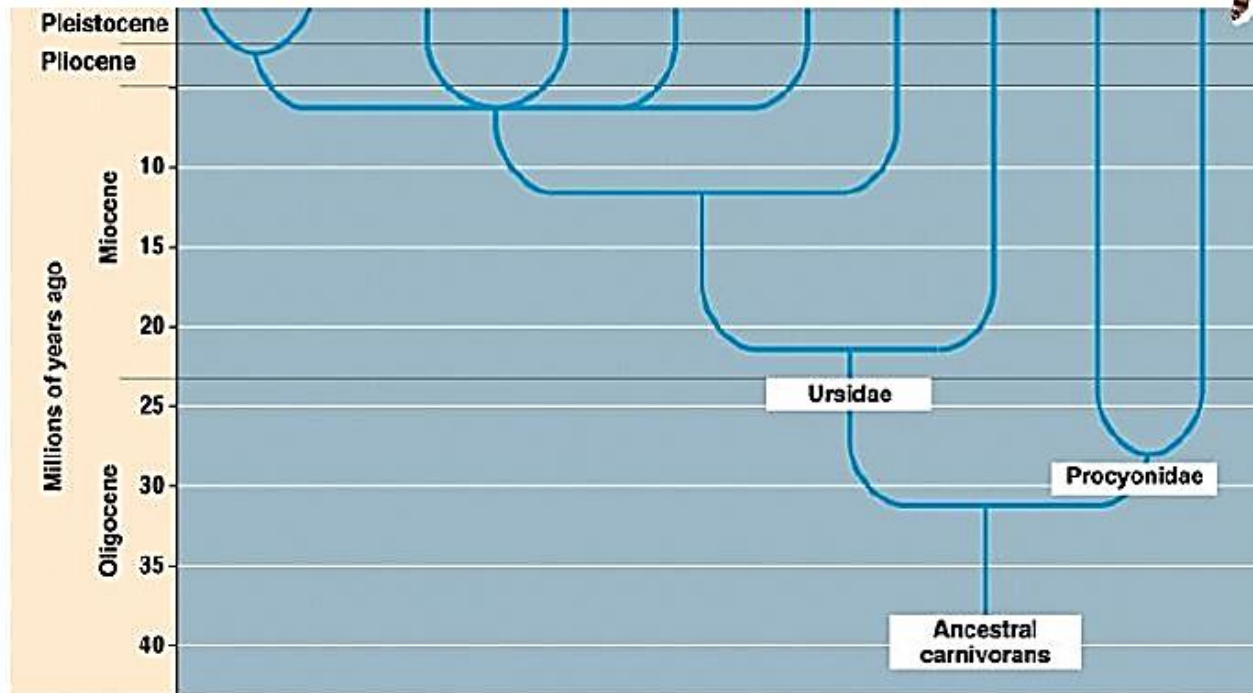
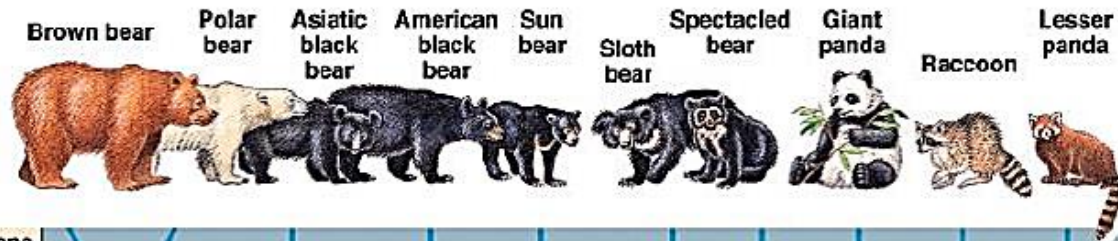
26



# Εξέλιξη των τετραπόδων



# Εξέλιξη των αρκτιδών και των προκυονιδών



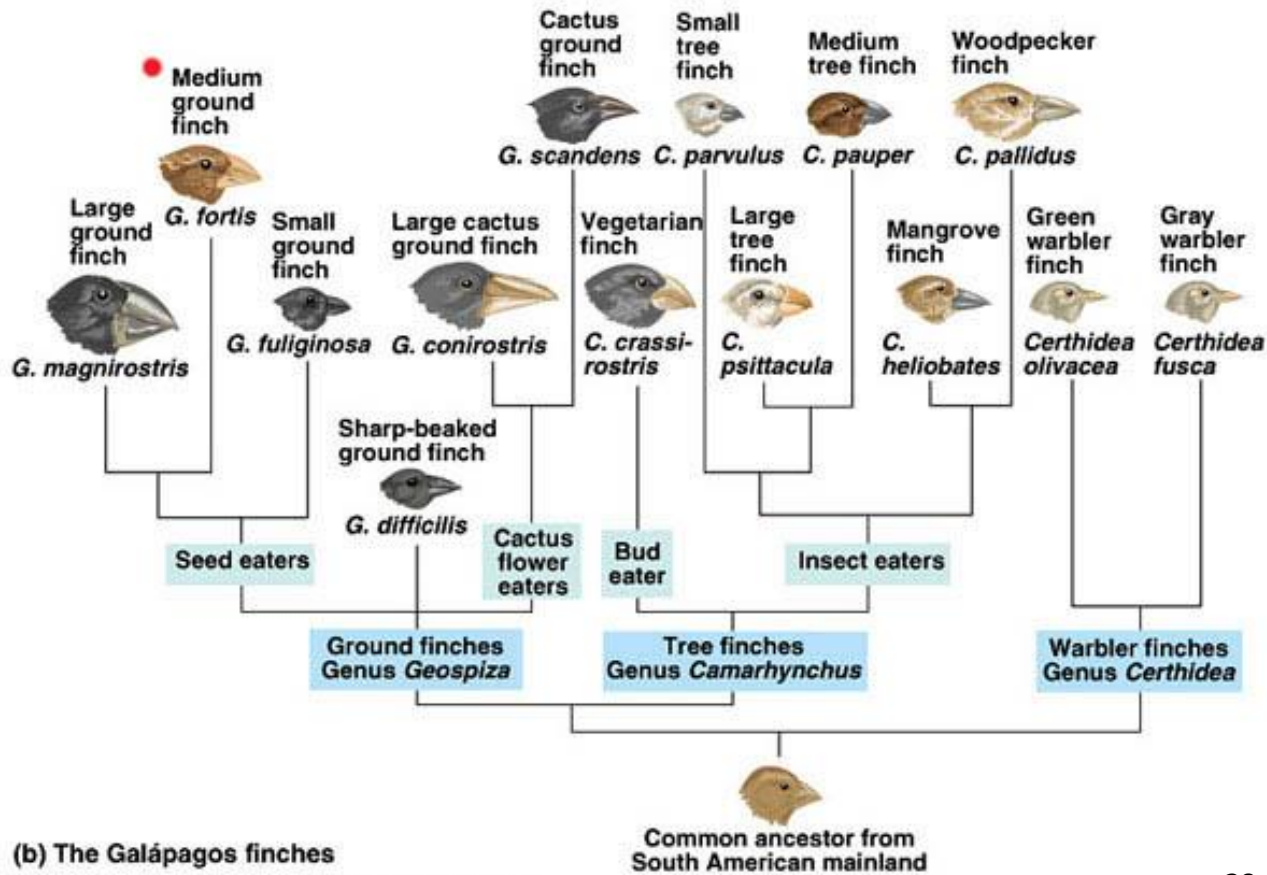
©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

28





# Οι σπίνοι του Δαρβίνου



(b) The Galápagos finches

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

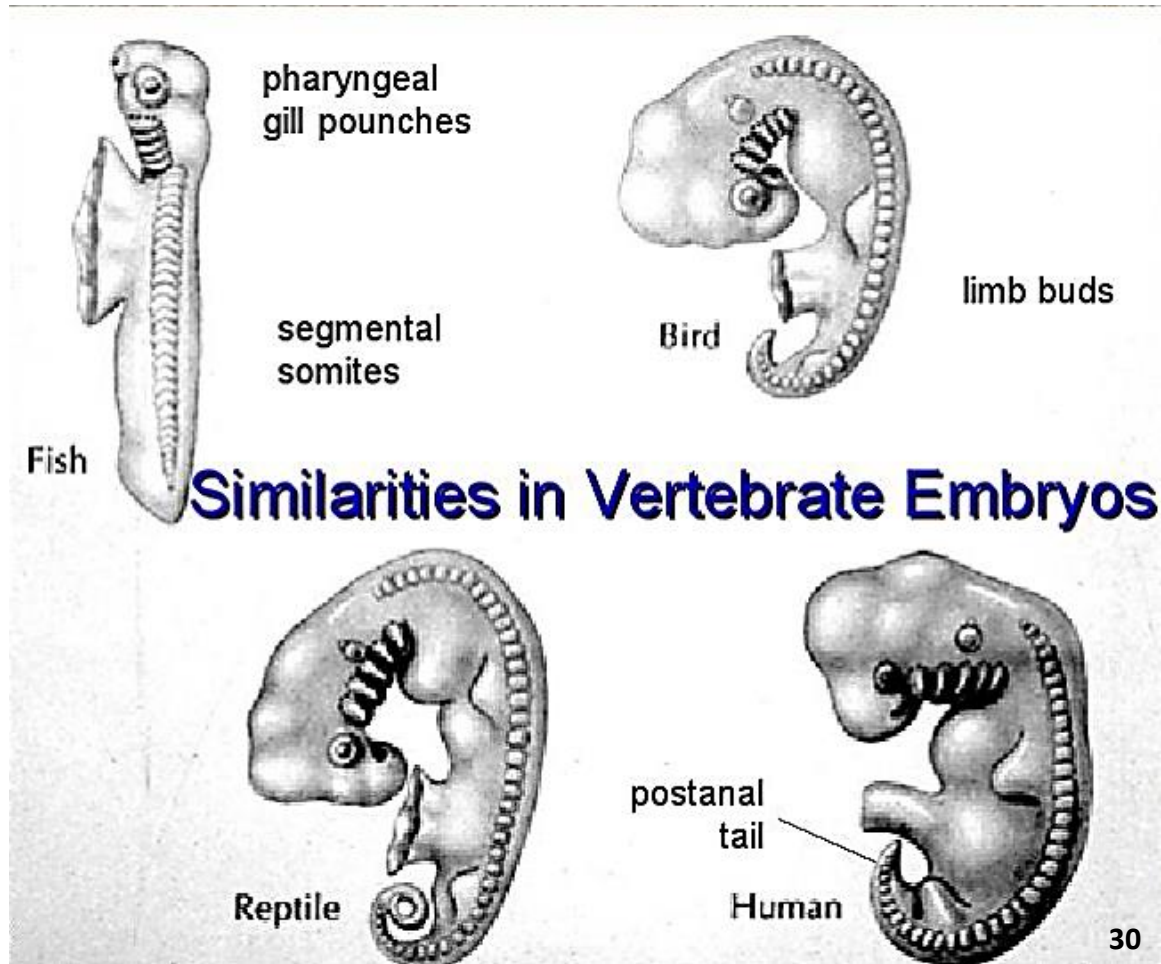


# Ανακεφαλαίωση ή βιογενετικός νόμος

Η οντογένεση (η ανάπτυξη του ατόμου) ανακεφαλαιώνει (επαναλαμβάνει) τη φυλογένεση (την εξελικτική καταγωγή).



# Ομοιότητες σε έμβρυα Σπονδυλοζώων



# Οντογένεση 1/4

- Η οντογένεση όντως μπορεί να ανακεφαλαιώνει τη φυλογένεση.
- Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η οντογένεση μπορεί να γίνει συντομότερη κατά τη διάρκεια της εξέλιξης με την αφαίρεση των τελευταίων σταδίων οντογένεσης ενός προγόνου.
- Αποτέλεσμα, η **παιδομόρφωση**.

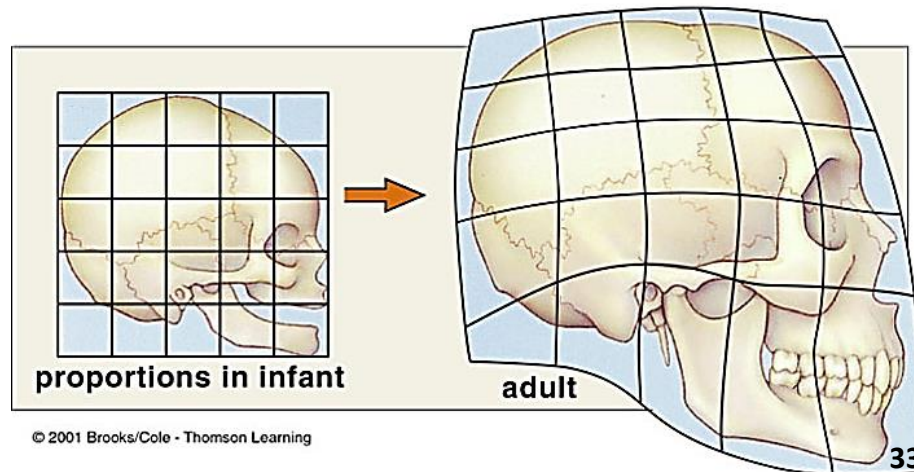
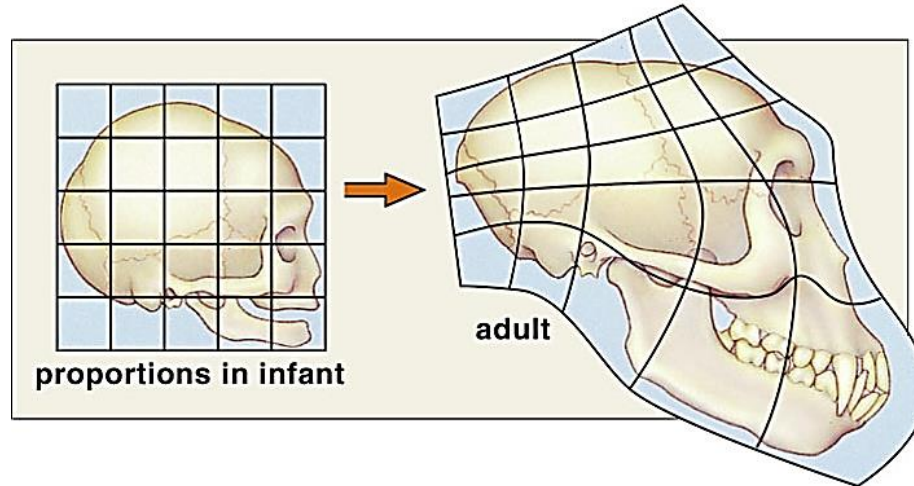


# Οντογένεση 2/4





# Οντογένεση 3/4



© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

33



# Οντογένεση 4/4

- Επειδή η επιμήκυνση ή η συντόμευση της οντογένεσης μπορεί να τροποποιήσει διαφορετικά τμήματα του σώματος ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, συχνά βλέπουμε ένα μωσαϊκό διαφορετικών ειδών αναπτυξιακής εξελικτικής αλλαγής σε μια μόνο εξελικτική γραμμή.





# Ο πολλαπλασιασμός των ειδών

Η ποικιλότητα που υπάρχει ανάμεσα σε γεωγραφικά απομονωμένους πληθυσμούς, προσφέρει το υλικό από το οποίο θα παραχθούν νέα είδη.



# Είδος 1/2

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την αναγνώριση ενός είδους περιλαμβάνουν

(1) την καταγωγή όλων των μελών από έναν κοινό προγονικό πληθυσμό.

(2) την αναπαραγωγική συμβατότητα (ικανότητα αναπαραγωγής μεταξύ των ατόμων) μέσα στα είδη και την αναπαραγωγική ασυμβατότητα μεταξύ διαφορετικών ειδών.



## Είδος 2/2

(3) τη διατήρηση μέσα στο είδος γονοτυπικής και φαινοτυπικής συνοχής (απουσία απότομων αλλαγών στις αλληλομορφικές συχνότητες μεταξύ πληθυσμών του ίδιου είδους και στα χαρακτηριστικά των οργανισμών).



# Αναπαραγωγικοί φραγμοί 1/2

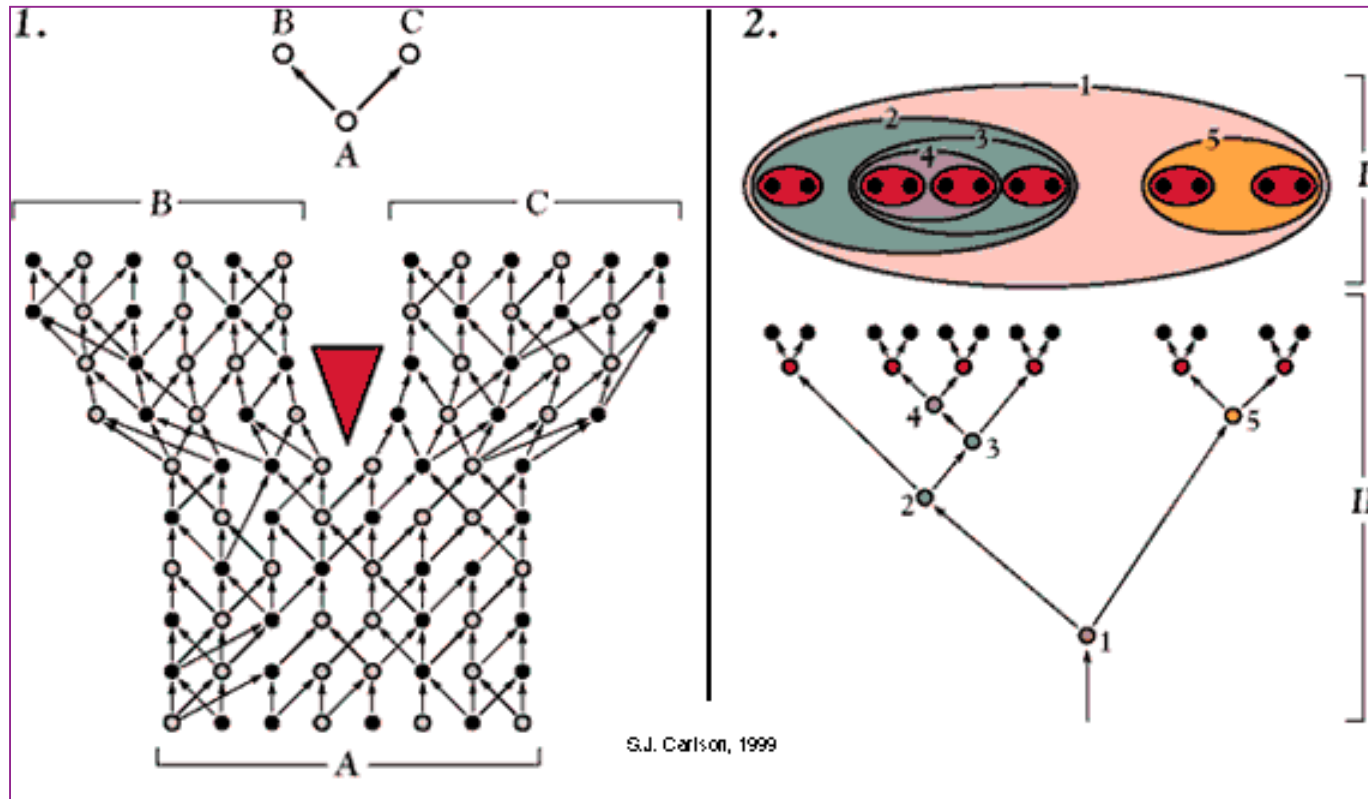
Σταδιακή απομάκρυνση πληθυσμών.

Παρουσία για μεγάλο χρονικό διάστημα

10.000-100.000 χρόνια.



# Αναπαραγωγικοί φραγμοί 2/2



**Figure 3. 1.** After the introduction of a barrier to reproduction (the inverted triangle in the center), individuals in ancestral species "A" diverge to form two descendant species, "B" and "C," that do not interbreed with one another. Rows in the diagram are successive generations from bottom to top; arrows indicate progeny from each individual in the previous generation. Open circles are females; filled circles are males. **2.** Two ways of representing monophyletic groups: I, as interested clusters in a Venn diagram; II, as a branching diagram called a cladogram. Redrawn from Hennig, 1966.

34

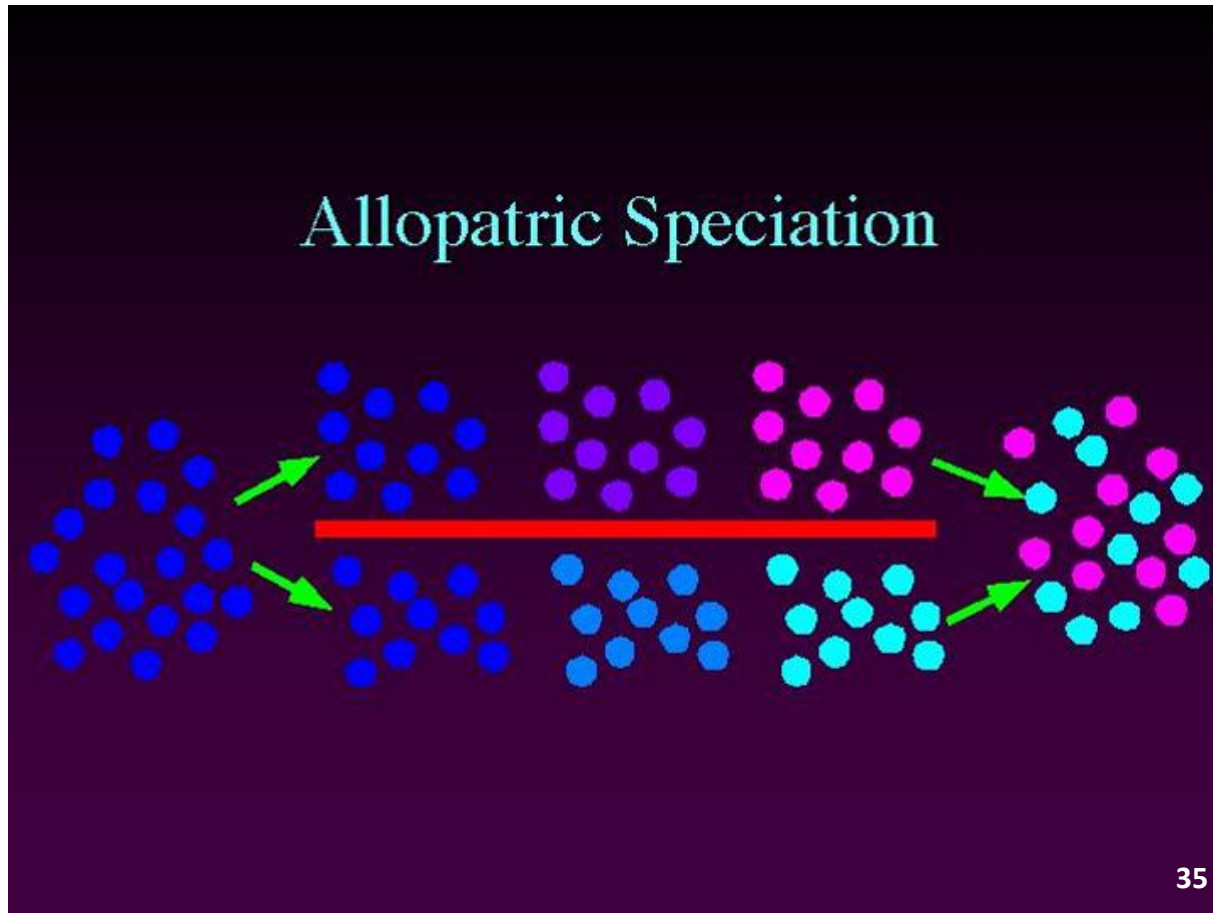


# Αλλοπάτρια ειδογένεση 1/2

Η ειδογένεση που προέρχεται από τη δημιουργία αναπαραγωγικών φραγμών μεταξύ γεωγραφικά διαχωρισμένων πληθυσμών.

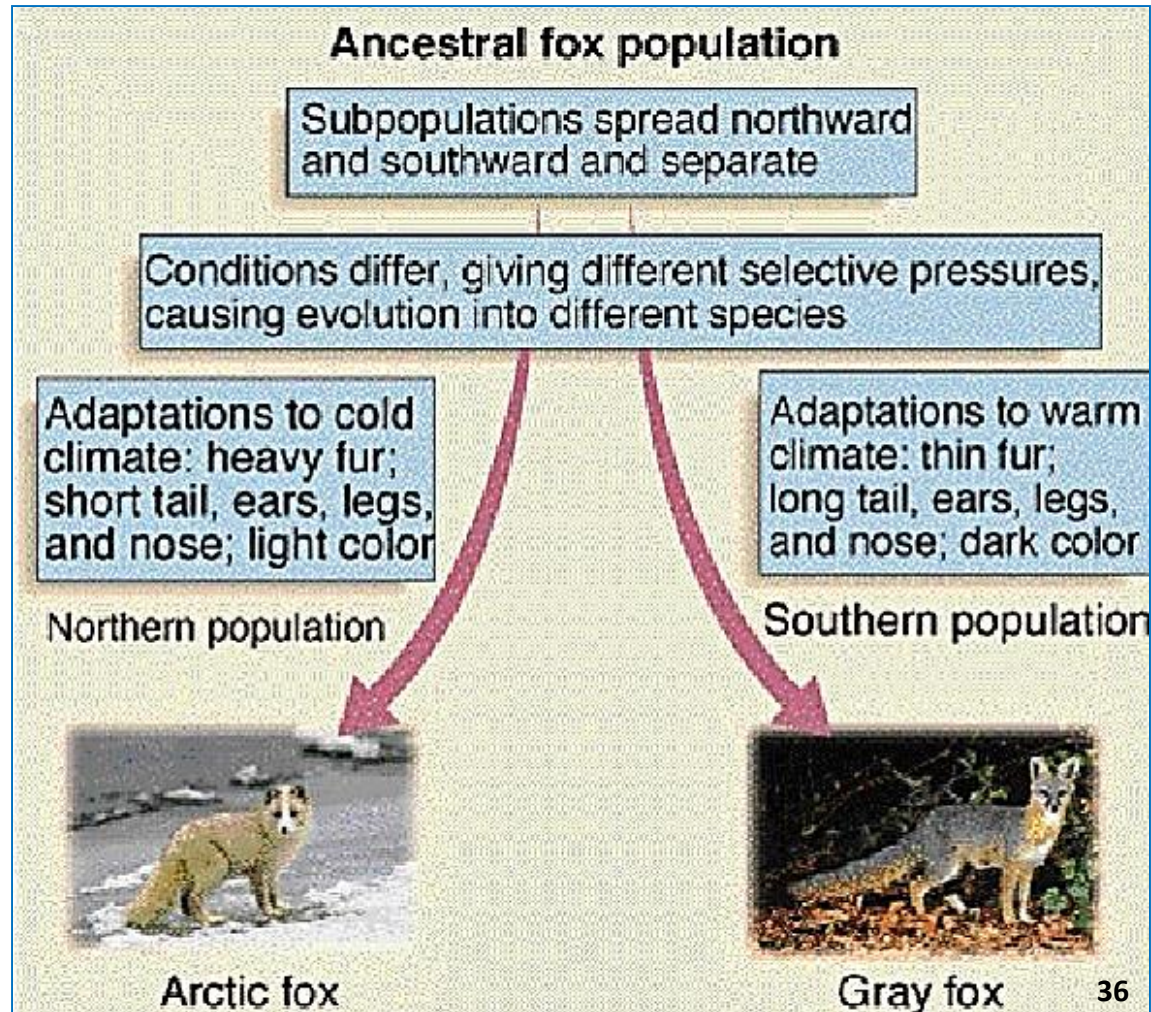


# Αλλοπάτρια ειδογένεση 2/2





# Προγονικός πληθυσμός αλεπούς



# Βικαριανική ειδογένεση 1/2

Διαχωρισμός πληθυσμών

Πολλά είδη διασπώνται ταυτόχρονα

Παρόμοια γενετική δομή

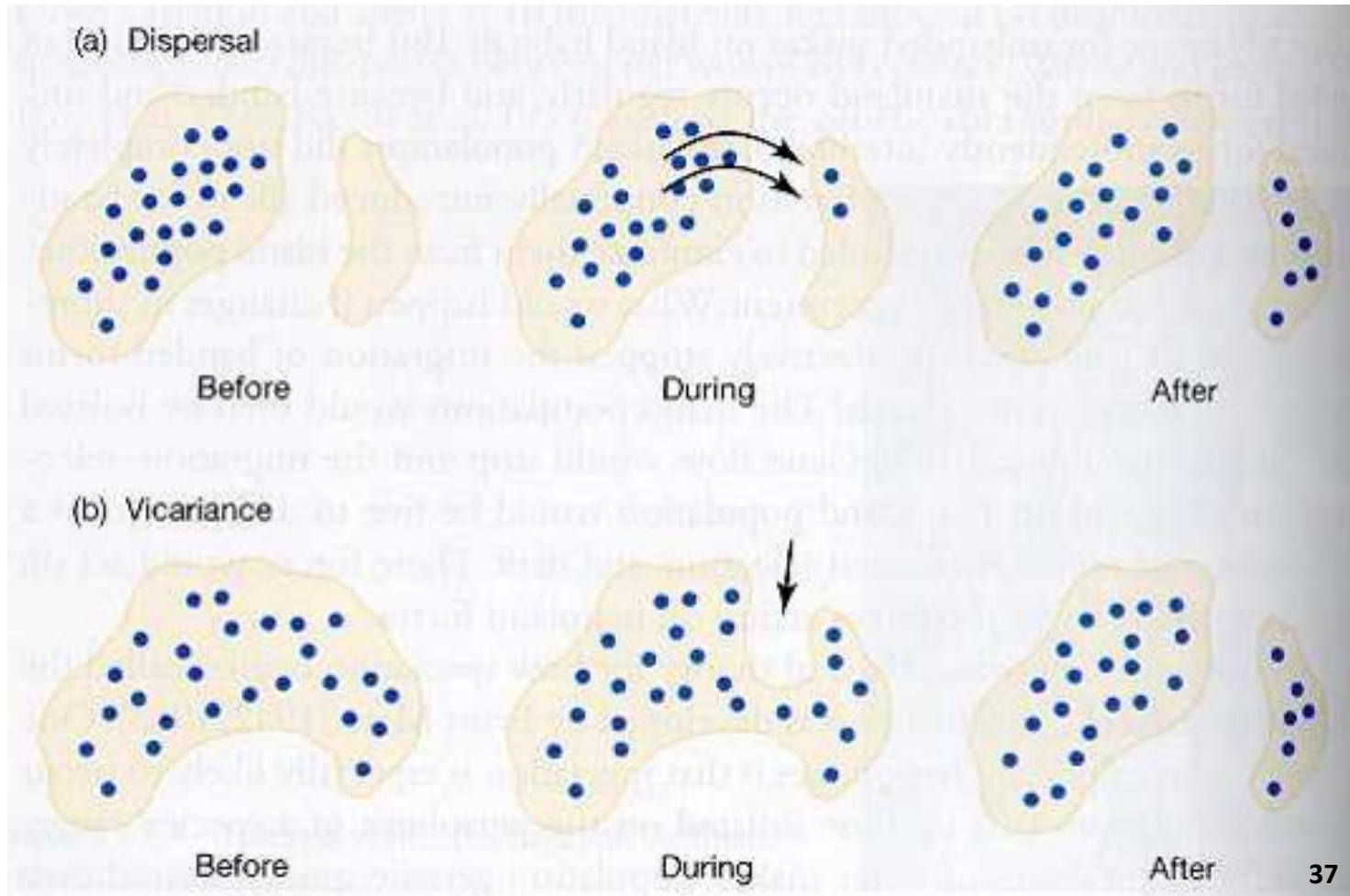
## Ιδρυτικά συμβάντα

Μετακίνηση και απομόνωση πληθυσμών

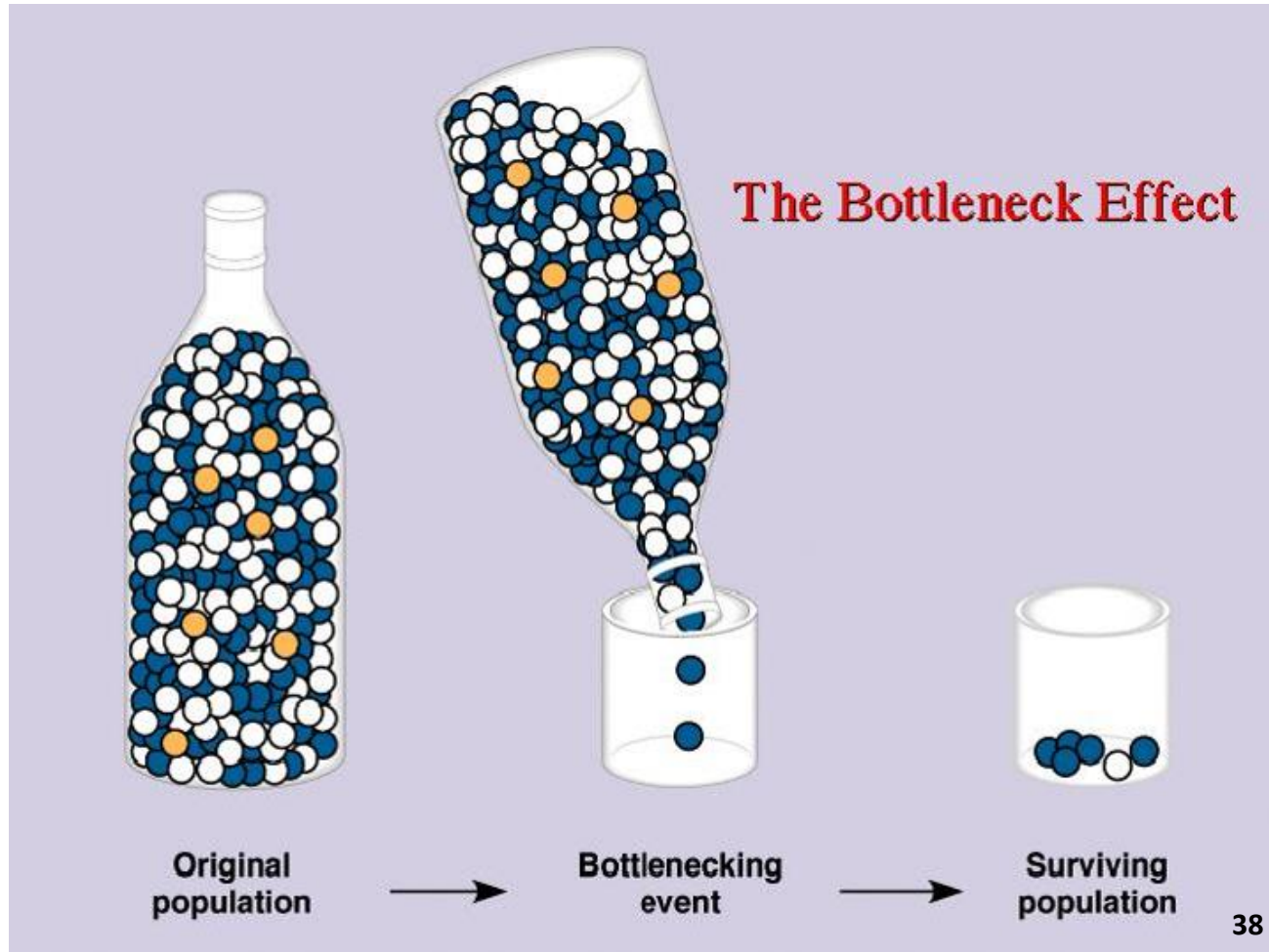
Διαφοροποίηση γενετικής δομής



# Βικαριανική ειδογένεση 2/2



# Το φαινόμενο της στενωπού





# Κατηγορίες φραγμών 1/2

## **Προσυζευκτικοί φραγμοί**

Δίδυμα είδη

Διαφορετικοί φαινότυποι

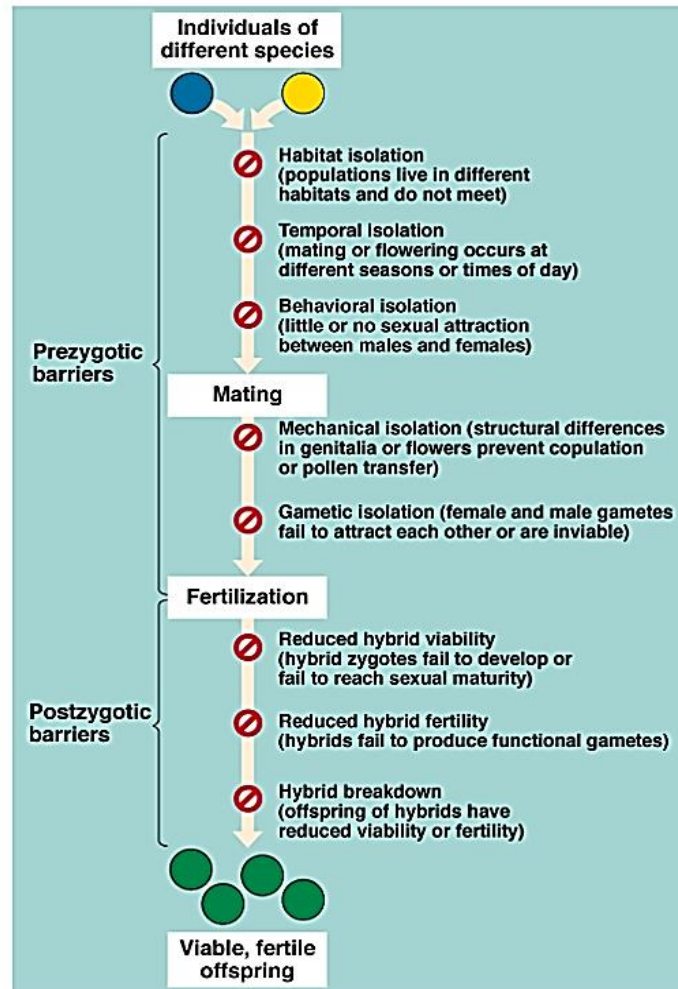
Διαφορετική συμπεριφορά

## **Μετασυζευκτικοί φραγμοί**

Δυσχέρειες στην αύξηση, ανάπτυξη, επιβίωση ή αναπαραγωγή υβριδίων



# Κατηγορίες φραγμών 2/2



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

39



# Ειδογένεση

## **Συμπάτρια ειδογένεση**

Εξειδίκευση ατόμων του ίδιου είδους στην ίδια περιοχή.

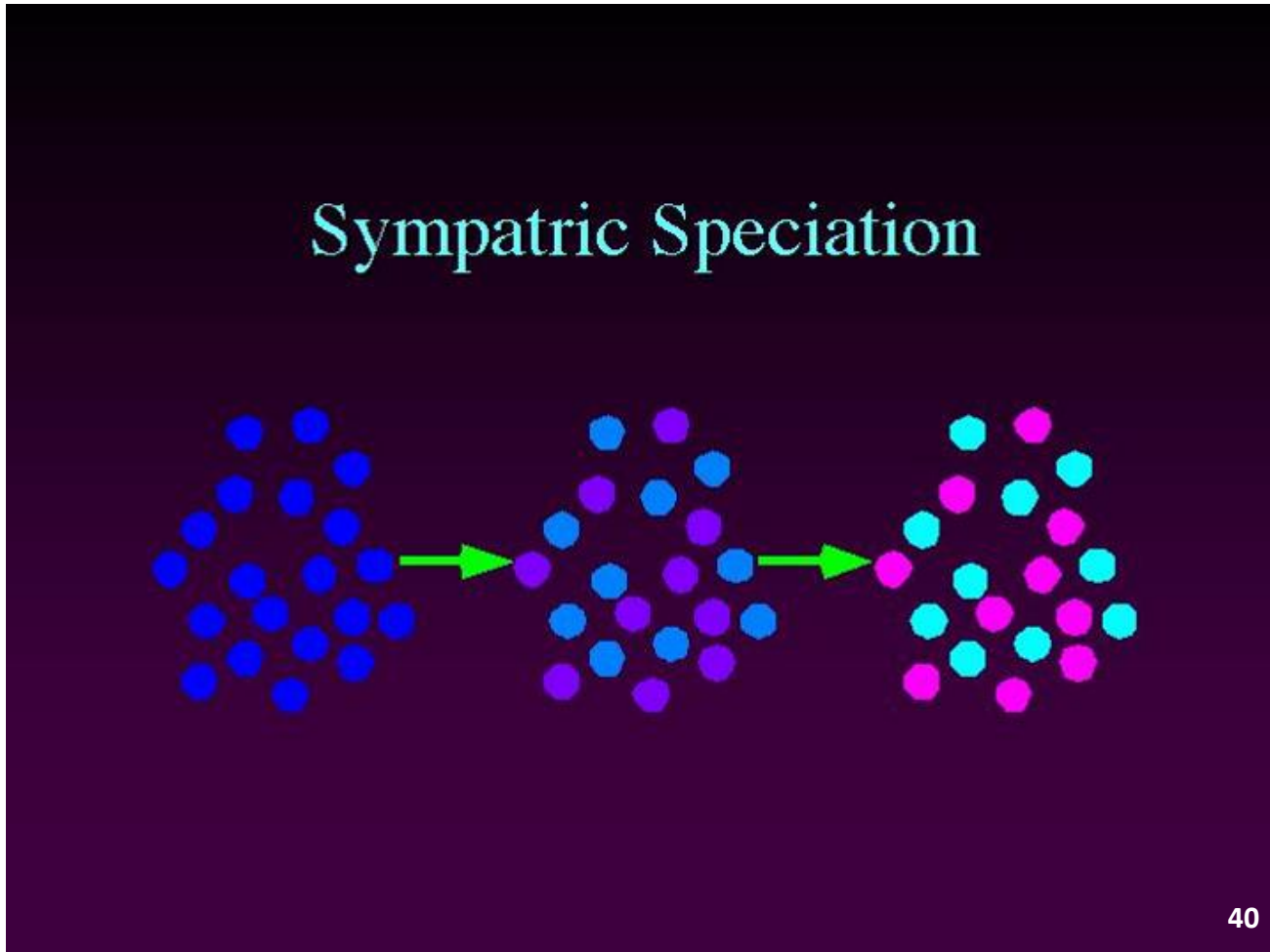
## **Παραπάτρια ειδογένεση**

Διαφοροποίηση ατόμων σε γειτονικούς πληθυσμούς του ίδιου είδους.





# Συμπάτρια ειδογένεση



# Παραπάτρια ειδογένεση

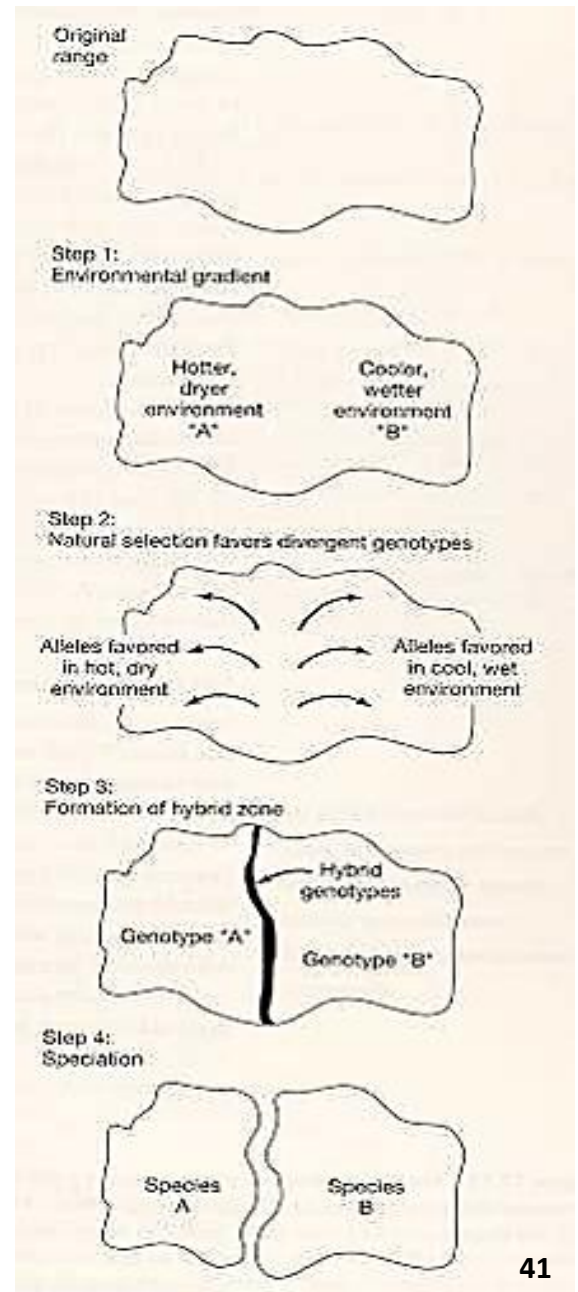
## Αρχική κατανομή

Περιβαλλοντική διαβάθμιση:  
αριστερά, υψηλή θερμοκρασία,  
ξηρότερο περιβάλλον, δεξιά,  
χαμηλή θερμοκρασία, υγρό  
περιβάλλον

Η φυσική επιλογή ευνοεί τη  
διαφοροποίηση των γονοτύπων

Δημιουργία ζώνης υβριδισμού

Ειδογένεση



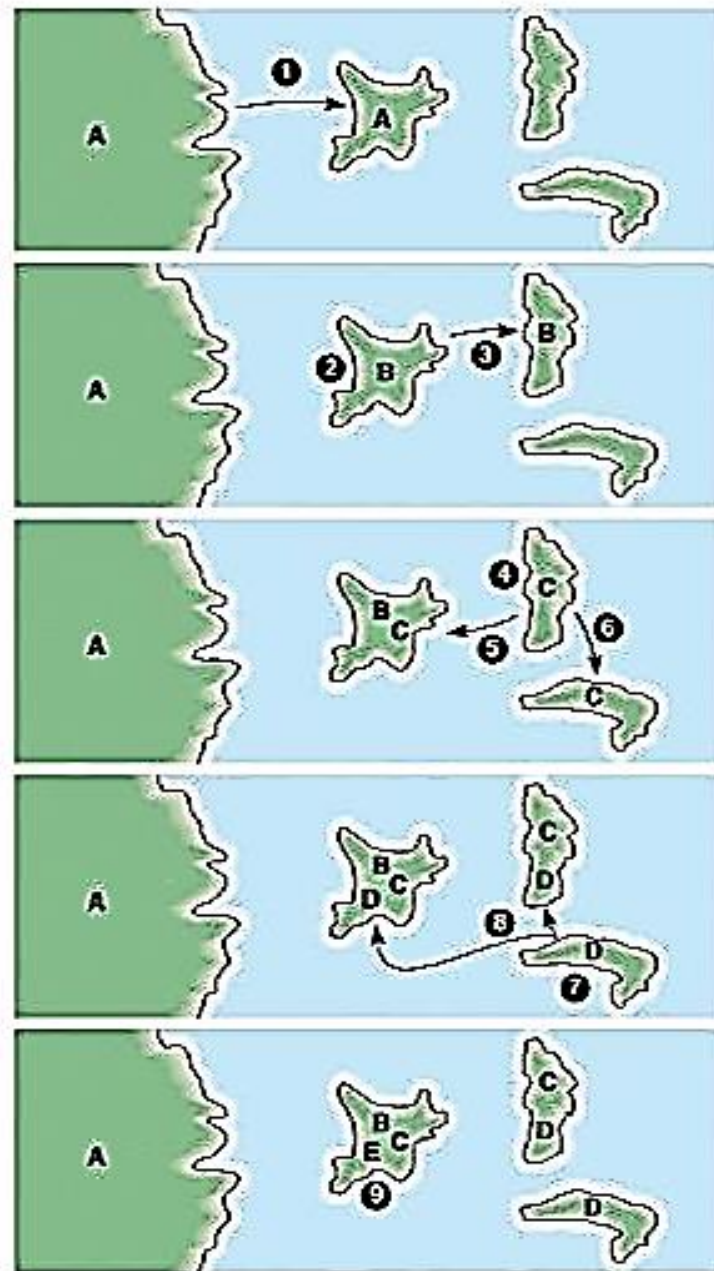
# Προσαρμοστική διαφοροποίηση 1/2

Η παραγωγή οικολογικώς διαφορετικών ειδών από ένα κοινό προγονικό απόθεμα.



# Προσαρμοστική διαφοροποίηση 2/2

Η διαδικασία της προσαρμοστικής  
διαφοροποίησης

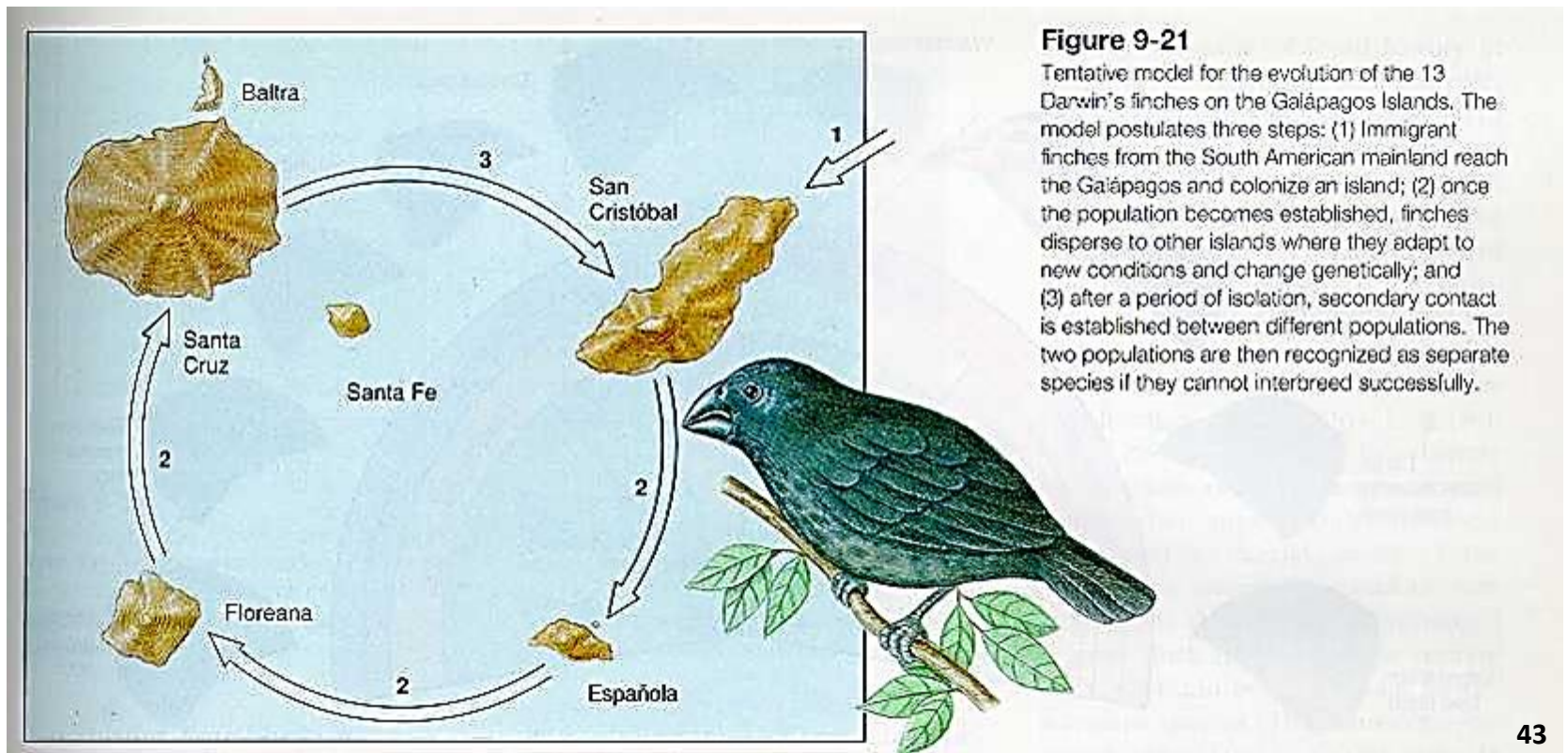


© 2002 Addison Wesley Longman, Inc.

42



# Μοντέλο εξέλιξης των σπίνων του Δαρβίνου



43

Μοντέλο της εξέλιξης των 13 σπίνων του Δαρβίνου σε τρία στάδια: 1, αποικισμός από τη Ν. Αμερική, 2, διασπορά στα νησιά, 3, δευτερογενής επαφή μεταξύ πληθυσμών.



# Βαθμιαία μεταβολή

Η συσσώρευση ποσοτικών αλλαγών οδηγεί σε ποιοτική αλλαγή.



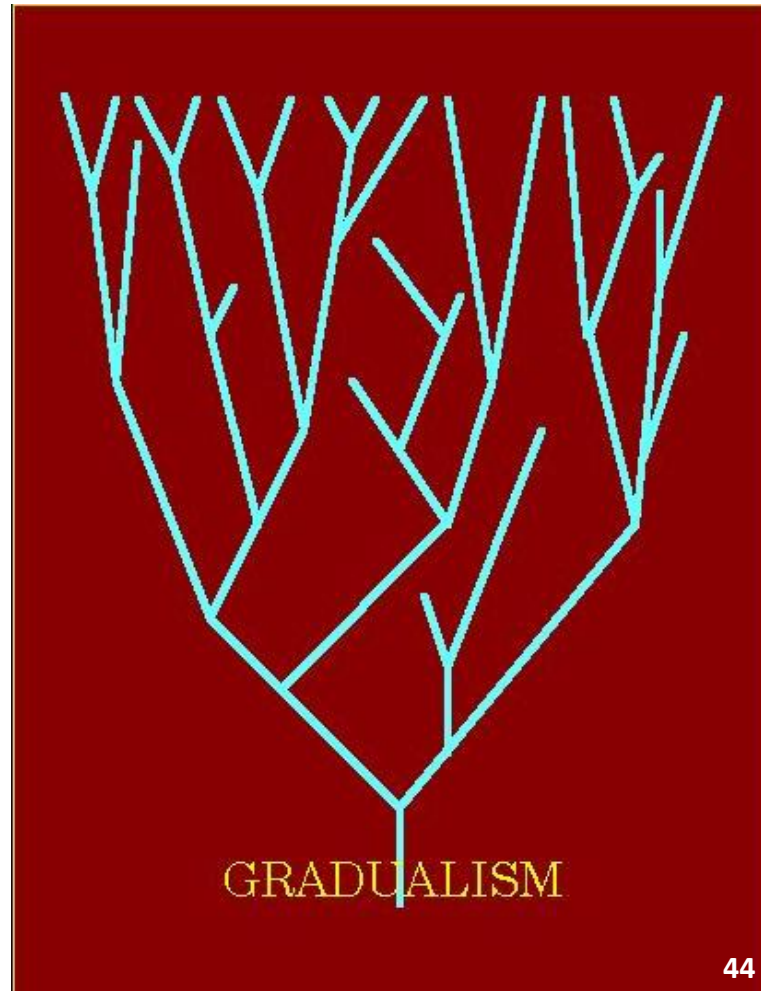
# Πληθυσμιακή βαθμιαία μεταβολή

Νέα χαρακτηριστικά εγκαθιδρύονται σε έναν πληθυσμό αυξάνοντας τη συχνότητά τους, ξεκινώντας αρχικά από ένα μικρό κλάσμα του πληθυσμού και καταλήγοντας να αποτελούν την πλειονότητα.





# Βαθμιαία μεταβολή



# Φαινοτυπική βαθμιαία μεταβολή

Νέα χαρακτηριστικά, ακόμη και αυτά που διαφέρουν ριζικά από τα προγονικά, παράγονται ακολουθώντας μια σειρά μικρών βαθμιαίων βημάτων.

**Αυτή η βαθμιαία μεταβολή αμφισβητείται.**

Όλες οι φαινοτυπικές αλλαγές δεν είναι μικρές και βαθμιαίες.



# Φυλετική βαθμιαία μεταβολή

Μεγάλες σειρές ενδιάμεσων μορφών στα απολιθώματα, που ενώνουν τους προγόνους με τους απογόνους

Συνηθισμένη αλλά όχι συχνά ορατή ή σπάνια ;



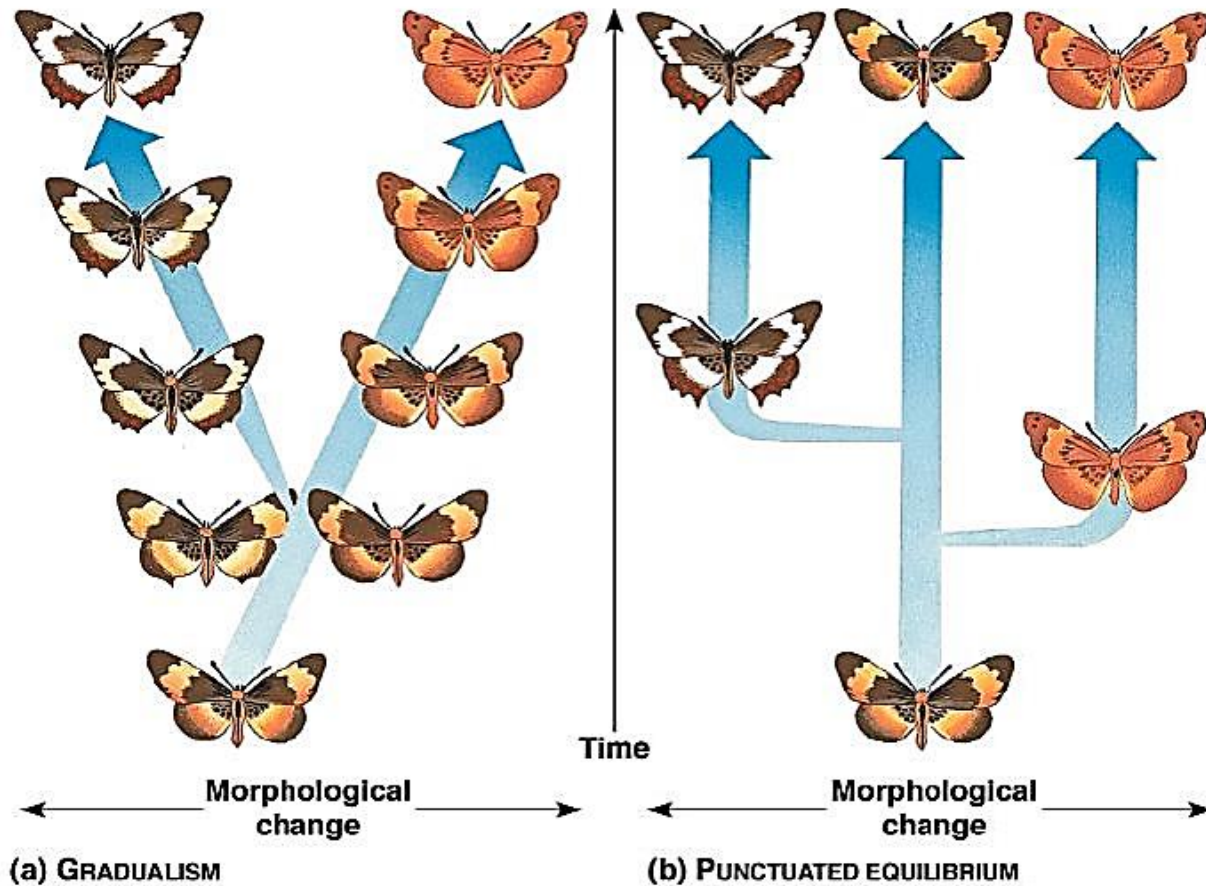
# Εστιγμένη ισορροπία

Ασυνεχείς εξελικτικές αλλαγές που παρατηρούνται στον εξελικτικό χρόνο.

Η φαινοτυπική εξέλιξη συγκεντρώνεται σε πολύ σύντομα συμβάντα διακλαδιζόμενης ειδογένεσης που ακολουθούνται από πολύ μεγαλύτερα διαλείμματα εξελικτικής στασιμότητας.



# Βαθμιαία μεταβολή – Εστιγμένη ισορροπία 1/2



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

45



# Βαθμιαία μεταβολή – Εστιγμένη ισορροπία 2/2

Ειδογένεση: 10.000 – 100.000 χρόνια.

Διάρκεια ζωής ειδών: 5-10 εκατομ. Χρόνια.

Αλλοπάτρια ειδογένεση με ιδρυτικά συμβάντα:  
Περίπτωση εστιγμένης ισορροπίας.



# Φυσική επιλογή

Το κεντρικό σημείο της δαρβινικής θεωρίας της εξέλιξης

5 παρατηρήσεις

3 συμπεράσματα





# Παρατήρηση 1

**Οι οργανισμοί έχουν μεγάλη αναπαραγωγική ικανότητα.**

Όλοι οι πληθυσμοί παράγουν μεγάλους αριθμούς γαμετών και επομένως δυνητικά μεγάλο αριθμό απογόνων σε κάθε γενιά. Το μέγεθος του πληθυσμού θα αύξανε εκθετικά με φοβερό ρυθμό, αν επιβίωναν και αναπαράγονταν όλα τα άτομα που παράγονται σε κάθε γενιά. Ο Δαρβίνος συμπέρανε ότι, ακόμη και σε ζώα που αναπαράγονται με αργό ρυθμό, όπως οι ελέφαντες, ένα μόνο ζευγάρι που αναπαράγεται από την ηλικία των 30 έως την ηλικία των 90 ετών και το οποίο θα είχε μόνο 6 απογόνους, θα παρήγαγε σε 750 χρόνια, 19 εκατομμύρια απογόνους.



# Παρατήρηση 2

**Οι φυσικοί πληθυσμοί συνήθως παραμένουν σταθεροί σε μέγεθος, εκτός από μικρές διακυμάνσεις.**

Οι φυσικοί πληθυσμοί κυμαίνονται σε μέγεθος από γενιά σε γενιά και μερικές φορές εξαφανίζονται, αλλά κανένας φυσικός πληθυσμός δεν εμφανίζει τη συνεχή εκθετική αύξηση που του επιτρέπει θεωρητικά η αναπαραγωγική του βιολογία.



# Παρατήρηση 3

**Οι φυσικοί πόροι είναι περιορισμένοι.**

Η εκθετική αύξηση ενός φυσικού πληθυσμού θα απαιτούσε απεριόριστους φυσικούς πόρους για την παροχή τροφής και ενδιαιτήματος για τον επεκτεινόμενο πληθυσμό, οι φυσικοί πόροι είναι όμως περιορισμένοι.



# Συμπέρασμα 1

**Υπάρχει συνεχής αγώνας για την επιβίωση ανάμεσα στα μέλη ενός πληθυσμού.**

Τα άτομα που επιβιώνουν αντιπροσωπεύουν ένα μόνο μέρος, συνήθως πολύ μικρό, του συνολικού αριθμού των ατόμων που παράγονται σε κάθε γενιά. Ο Δαρβίνος έγραψε στην «Προέλευση των Ειδών» ότι «είναι η αρχή του Malthus που εφαρμόζεται με εμφανή ισχύ σε ολόκληρα τα βασίλεια των ζώων και των φυτών». Ο αγώνας για τροφή, καταφύγιο και χώρο γίνεται πιο έντονος όταν έχουμε υπερπληθυσμό.



# Συμπέρασμα 2

**Υπάρχει διαφορετική ικανότητα επιβίωσης και διαφορετικός ρυθμός αναπαραγωγής ανάμεσα στα διαφοροποιημένα άτομα ενός πληθυσμού.**

Η επιβίωση στον αγώνα για την ύπαρξη δεν είναι τυχαία σε σχέση με την κληρονομήσιμη ποικιλομορφία που υπάρχει στον πληθυσμό. Ορισμένα χαρακτηριστικά δίνουν στα άτομα που τα έχουν κάποιο πλεονέκτημα στη χρήση του περιβάλλοντος για αποτελεσματική επιβίωση και αναπαραγωγή.



# Συμπέρασμα 3

**Κατά τη διάρκεια πολλών γενιών, η διαφορετική ικανότητα επιβίωσης και ο διαφορετικός ρυθμός αναπαραγωγής προκαλούν νέες προσαρμογές και νέα είδη.**

Ο διαφορετικός ρυθμός αναπαραγωγής των ατόμων που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταμορφώνει σταδιακά τα είδη και έχει ως αποτέλεσμα τη μακρόχρονη «βελτίωση» ορισμένων τύπων. Ο Δαρβίνος γνώριζε ότι ο κόσμος χρησιμοποιεί την κληρονομήσιμη ποικιλομορφία για να παράγει νέες χρήσιμες φυλές κατοικίδιων ζώων και ποικιλίες καλλιεργούμενων φυτών.



# Η δράση της φυσικής επιλογής

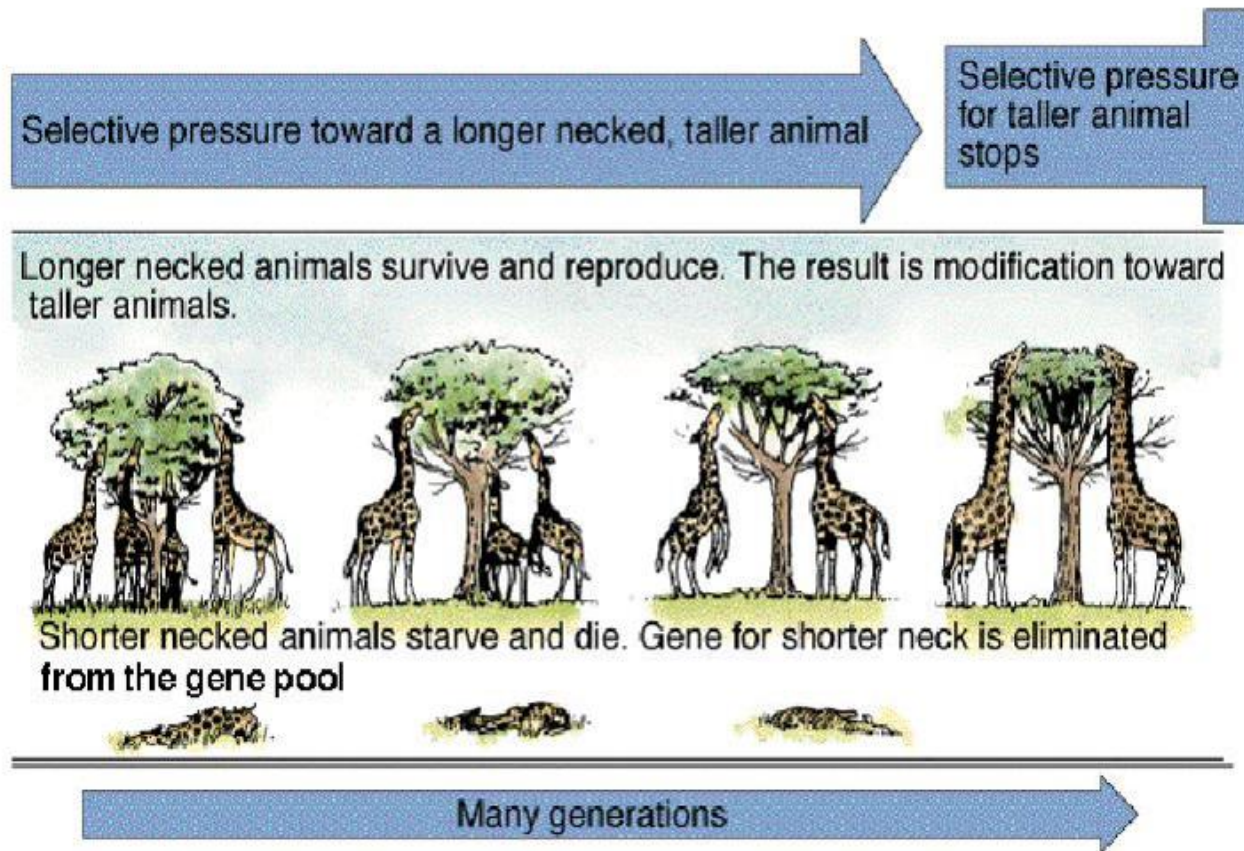
Η φυσική επιλογή που δρα επί εκατομμύρια χρόνια θα πρέπει να είναι ακόμη πιο αποτελεσματική στην παραγωγή νέων τύπων από την τεχνητή επιλογή που εφαρμόζεται σε μια ανθρώπινη γενιά.

Η φυσική επιλογή που δρα ανεξάρτητα σε γεωγραφικά απομονωμένους πληθυσμούς θα τους υποχρέωνε να διαφοροποιηθούν μεταξύ τους και έτσι να δημιουργήσουν αναπαραγωγικούς φραγμούς που οδηγούν σε ειδογένεση.





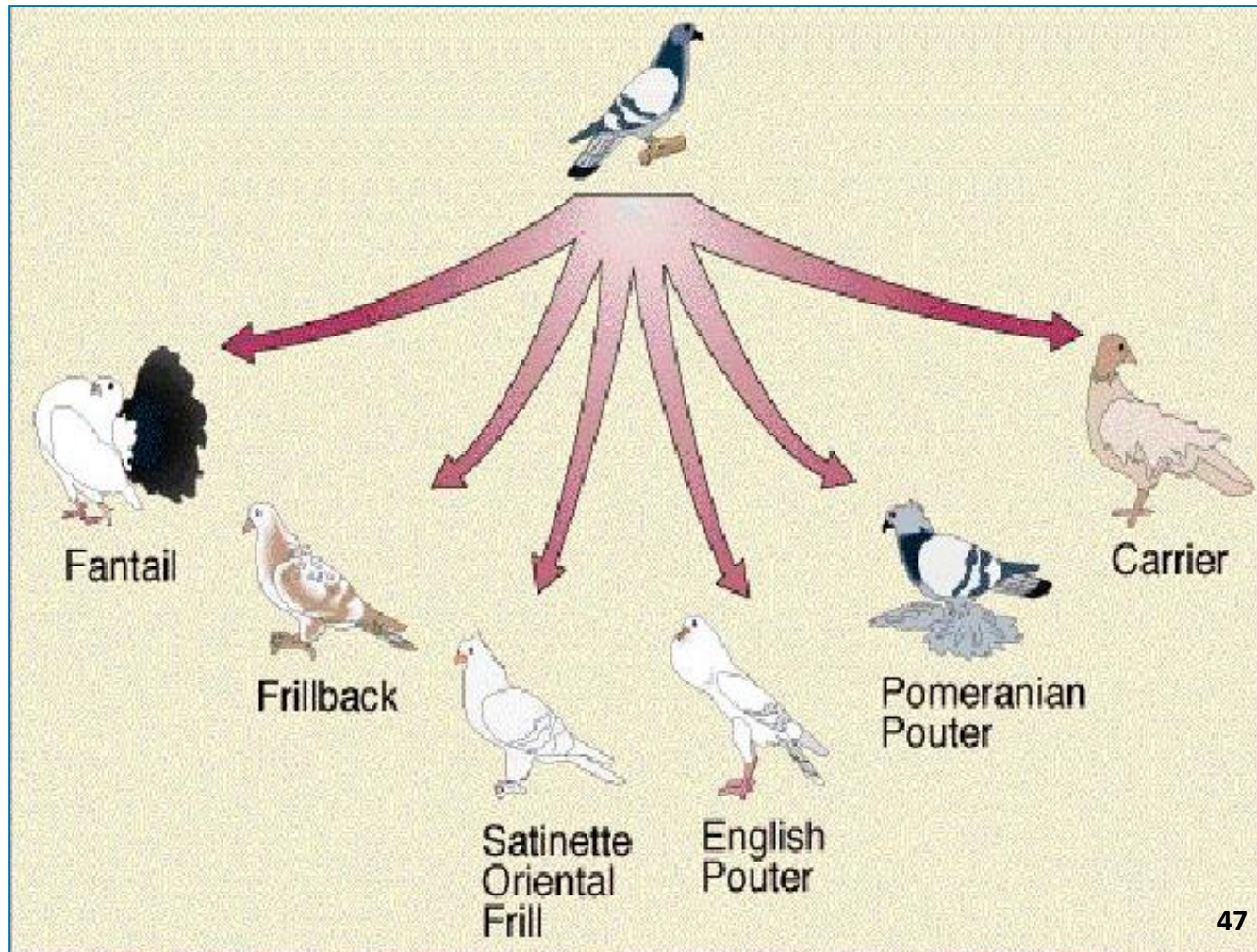
# Η δημιουργία του λαιμού της καμηλοπάρδαλης



46



# Η δημιουργία τεχνητών φυλών



# Φυσική επιλογή: διαδικασία σε δύο στάδια

- Η φυσική επιλογή θεωρείται ότι είναι μια διαδικασία σε δύο στάδια, με ένα τυχαίο και ένα μη τυχαίο συστατικό.
- **Τυχαίο συστατικό:** Η παραγωγή ποικιλομορφίας στους οργανισμούς. Η διαδικασία των μεταλλάξεων δεν προκαλεί πάντοτε ωφέλιμες αλλαγές στους οργανισμούς, μάλλον το αντίθετο συμβαίνει.
- **Μη τυχαίο συστατικό:** η επιβίωση των διαφορετικών χαρακτηριστικών.



# Διαλογή

Το φαινόμενο της διαφορικής επιβίωσης και αναπαραγωγής

Συμβαίνει επειδή ορισμένα χαρακτηριστικά προσφέρουν στους ιδιοκτήτες τους πλεονεκτήματα για την επιβίωση και την αναπαραγωγή σε σχέση με άλλα άτομα που δεν έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά.





# Ορθογένεση 1/2

Η εξελικτική αλλαγή καθορίζεται από κατευθυνόμενη, μη τυχαία ποικιλομορφία.

Η ποικιλομορφία έχει μια ορμή που αναγκάζει μια εξελικτική γραμμή να εξελιχθεί προς συγκεκριμένη κατεύθυνση που δεν είναι πάντοτε προσαρμοστική.



# Ορθογένεση 2/2



Η γιγαντιαία ιρλανδική άλκη που πιθανώς εξαφανίστηκε λόγω των τεράστιων κεράτων της.



# Νεοδαρβινισμός 1/3

Το πιο σοβαρό μειονέκτημα της θεωρίας του Δαρβίνου είναι η αδυναμία της να προσδιορίσει το μηχανισμό της κληρονομικότητας.

Τα χαρακτηριστικά των γονέων αναμιγνύονται στους απογόνους τους.

Η κληρονομικότητα μπορεί να τροποποιηθεί μέσω της χρήσης και μη χρήσης τμημάτων του σώματος και μέσω της άμεσης επίδρασης του περιβάλλοντος.





# Νεοδαρβινισμός 2/3

## **August Weismann**

Αναθεώρηση της θεωρίας του Δαρβίνου για την κληρονόμηση.

## **Georg Mendel**

Μεριστική κληρονομικότητα οργανιδίων.



# Νεοδαρβινισμός 3/3

## Συνθετική θεωρία

Σύνθεση στοιχείων από την πληθυσμιακή γενετική, την παλαιοντολογία, τη βιογεωγραφία, την εμβρυολογία, τη συστηματική και τη συμπεριφορά των ζώων μέσα σε ένα δαρβινικό πλαίσιο.



# Ορολογία 1/2

## Μικροεξέλιξη

Εξελικτικές αλλαγές των συχνοτήτων των διαφόρων αλληλομόρφων των γονιδίων μέσα στους πληθυσμούς.

## Μακροεξέλιξη

Εξέλιξη σε μεγάλη κλίμακα, περιλαμβάνοντας την προέλευση των νέων οργανισμικών δομών και σχεδίων, τις εξελικτικές τάσεις, την προσαρμοστική διαφοροποίηση, τις φυλογενετικές σχέσεις των ειδών και τις μαζικές εξαφανίσεις.



# Ορολογία 2/2

## **Πολυμορφισμός**

Η ύπαρξη διαφορετικών αλληλομόρφων ενός γονιδίου σε έναν πληθυσμό.

## **Γονιδιακή δεξαμενή**

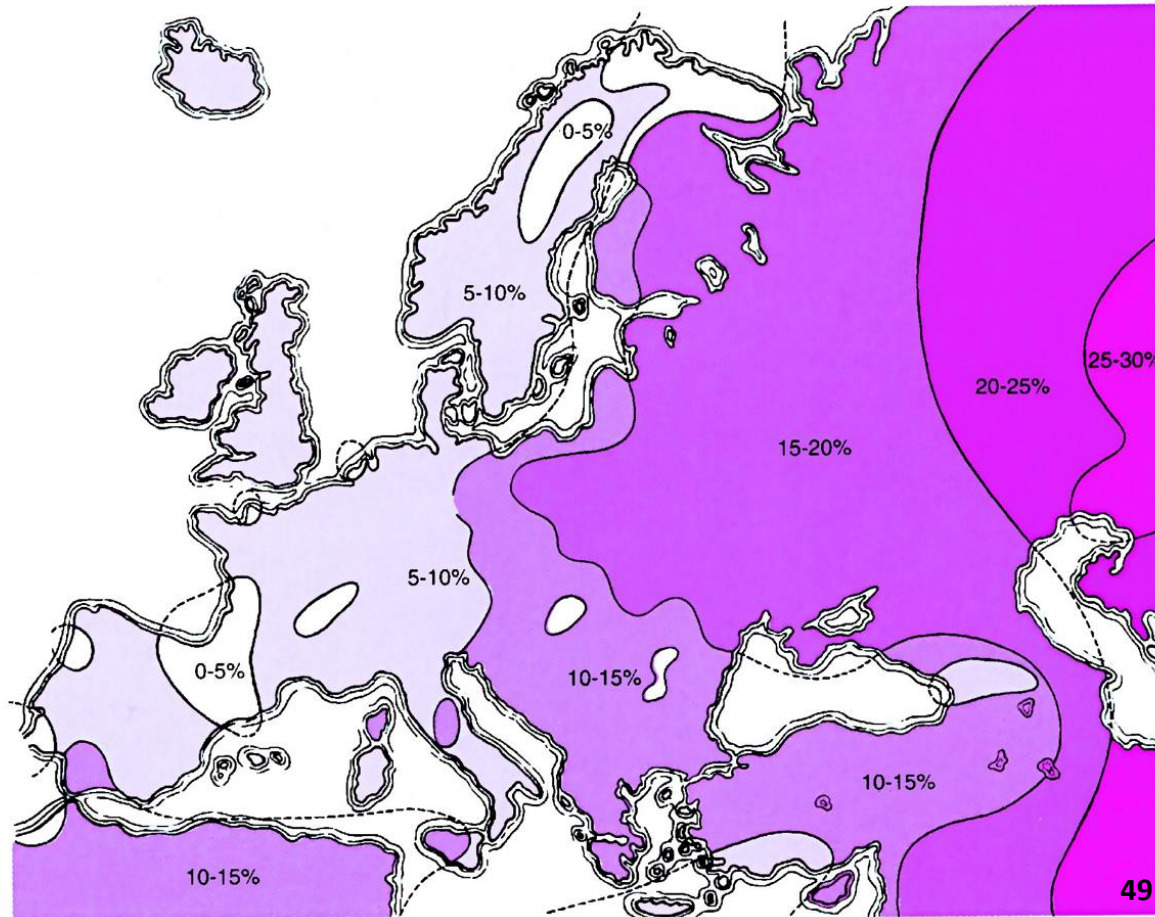
Όλα τα αλληλόμορφα όλων των γονιδίων που ανήκουν σε όλα τα άτομα ενός πληθυσμού.

## **Αλληλομορφική συχνότητα**

Η σχετική συχνότητα κάθε αλληλομόρφου σε έναν πληθυσμό.



# Η κατανομή των ομάδων αίματος στην Ευρώπη



# Ομάδες αίματος

$I^A$  ομάδα αίματος A

$I^B$  ομάδα αίματος B

$i$  ομάδα αίματος O

$I^A I^A$  και  $I^A i$  αίμα ομάδας A

$I^B I^B$  και  $I^B i$  αίμα ομάδας B

$I^A I^B$  αίμα ομάδας AB

$ii$  αίμα ομάδας O

Γαλλικός πληθυσμός

αλληλομορφικές συχνότητες:

$$I^A = 0,46, I^B = 0,14 \text{ και } i = 0,40$$

Ρωσικός πληθυσμός

αλληλομορφικές συχνότητες:

$$I^A = 0,38, I^B = 0,28 \text{ και } i = 0,34$$



# Ισορροπία Hardy –Weinberg 1/2

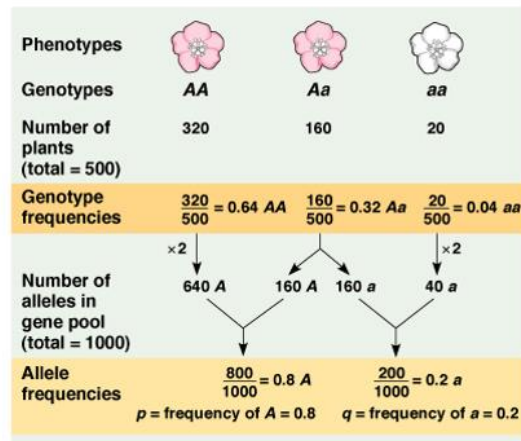
Η διαδικασία της κληρονομησης δεν παράγει από μόνη της εξελικτική αλλαγή.

Στους μεγάλους πληθυσμούς, όπου υπάρχουν δύο γονείς, οι αλληλομορφικές συχνότητες και οι γονοτυπικές αναλογίες φθάνουν σε ισορροπία σε μια γενιά και παραμένουν σταθερές από εκεί και πέρα, εκτός εάν διασαλευτούν από νέες μεταλλάξεις, τη φυσική επιλογή, τη μετανάστευση, μη τυχαίες διασταυρώσεις ή τη γενετική παρέκκλιση.

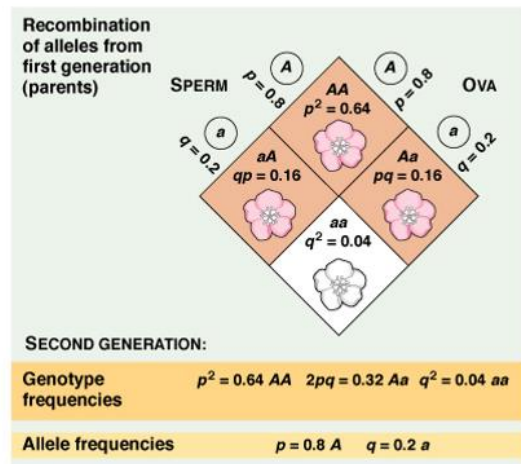




# Ισορροπία Hardy –Weinberg 2/2



(a) Genetic structure of parent population



(b) Genetic structure of second generation

©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



# Αλφισμός

1: 20.000 αλφικό (αα), Φορείς Αα ;

Συχνότητα αλληλομόρφων  $p$  και  $q = (p + q)^2$

$$p^2 = A/A, 2pq = A/a, \text{ και } q^2 = a/a$$

$$q^2 = 1/20.000$$

$$q = (1/20.000)^{1/2} = 1/141$$

$$p = 1 - q = 140/141$$

Η συχνότητα των φορέων έχει ως εξής:

$$A/a = 2pq = 2 \times 140/141 \times 1/141 = 1/70$$



# Συχνότητα αλληλομόρφων

Γονότυπος Αρ.ατόμων	Αντίγραφα του αλληλομ. $T$	Αντίγραφα του αλληλομ. $t$	
$T/T$	20	40	
$T/t$	40	40	40
$t/t$	40		80
Σύνολο	100	80	120

$p$  = συχνότητα του  $T = 0,4$

$q$  = συχνότητα του  $t = 0,6$

Επομένως  $p+q = 1$

## Ωάρια

Σπερματοζωάρια	$T = 0,4$	$t = 0,6$
$T = 0,4$	$T/T = 0,16$	$T/t = 0,24$
$t = 0,6$	$T/t = 0,24$	$t/t = 0,36$

Συχνότητα του  $T/T = 0,16$

Συχνότητα του  $T/t = 0,48$

Συχνότητα του  $t/t = 0,36$

$T(p) = 0,16 + 0,5(0,48) = 0,4$

$t(q) = 0,36 + 0,5(0,48) = 0,6$



# Πως διαταράσσεται η γενετική ισορροπία

Τυχαία γενετική παρέκκλιση

Μη τυχαίες διασταυρώσεις

Επαναλαμβανόμενες μεταλλάξεις

Μετανάστευση

Φυσική επιλογή

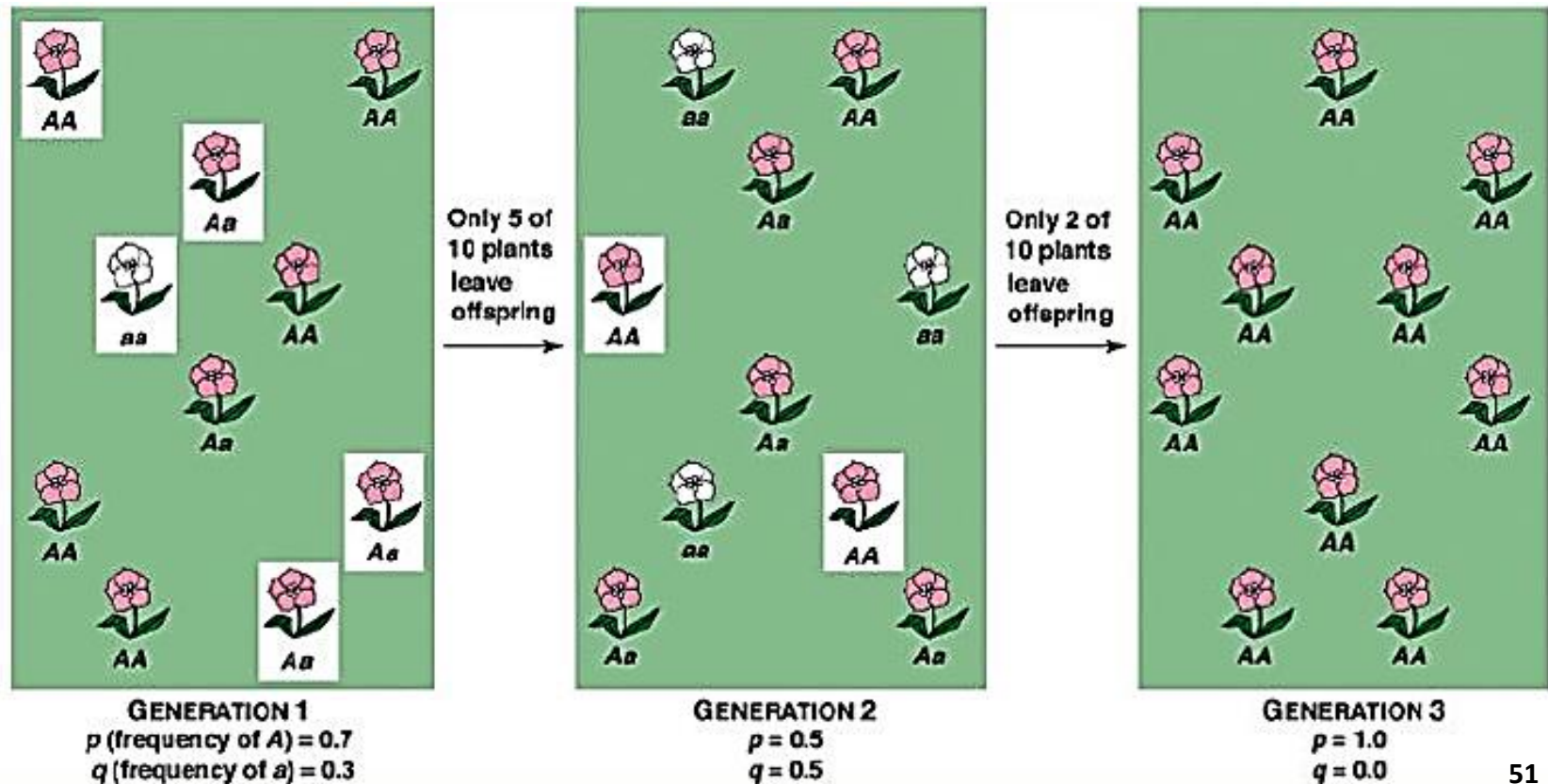


# Γενετική παρέκκλιση 1/2

Μικρός πληθυσμός, μικρή ποικιλομορφία, μεγάλη πιθανότητα κάποια αλληλόμορφα να μην περάσουν στους απογόνους.



# Γενετική παρέκκλιση 2/2



51



# Γενετική ποικιλομορφία

Αν το μέγεθος ενός πληθυσμού παραμείνει μικρό για πολλές γενιές, τότε η γενετική ποικιλομορφία του συρρικνώνεται. Αυτό έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην εξελικτική του επιτυχία, καθώς περιορίζονται οι εναλλακτικές γενετικές αντιδράσεις του απέναντι στις αλλαγές του περιβάλλοντος.





# Μη τυχαίες διασταυρώσεις

Θετική ομοιοτυπική σύζευξη.

Όταν τα άτομα διασταυρώνονται κατά προτίμηση με άτομα του ίδιου γονότυπου.

Αυξάνει τη συχνότητα των ομόζυγων γονοτύπων.

Μειώνει τη συχνότητα των ετερόζυγων γονοτύπων.

Δεν αλλάζει τη συχνότητα των αλληλομόρφων.



# Ενδογαμία

Διασταύρωση μεταξύ συγγενών.

Αυξάνει επίσης την ομοζυγωτία.

Επιδρά ταυτόχρονα σε όλα τα χαρακτηριστικά.

Αυξάνει την πιθανότητα να γίνουν ομόζυγα και να εκφραστούν σπάνια υπολειπόμενα αλληλόμορφα.



# Μετανάστευση

Δεν επιτρέπει την απόκλιση μεταξύ πληθυσμών.



# Φυσική επιλογή

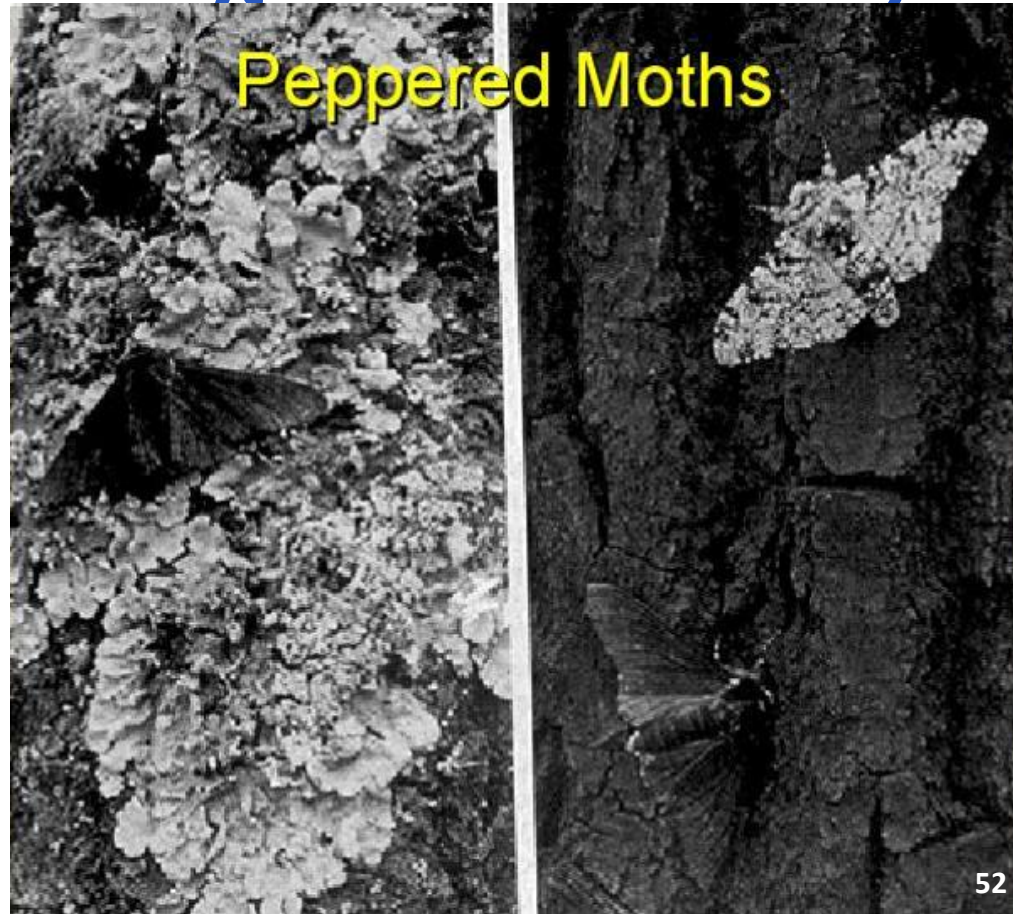
Δρα σε ολόκληρο το ζώο και όχι σε μεμονωμένα χαρακτηριστικά.

Σχετική αρμοστικότητα γονότυπου:

Ο γονότυπος προσφέρει πλεονεκτήματα για την επιβίωση και αναπαραγωγή του πληθυσμού.



# Μορφές της στικτής νυχτοπεταλούδας

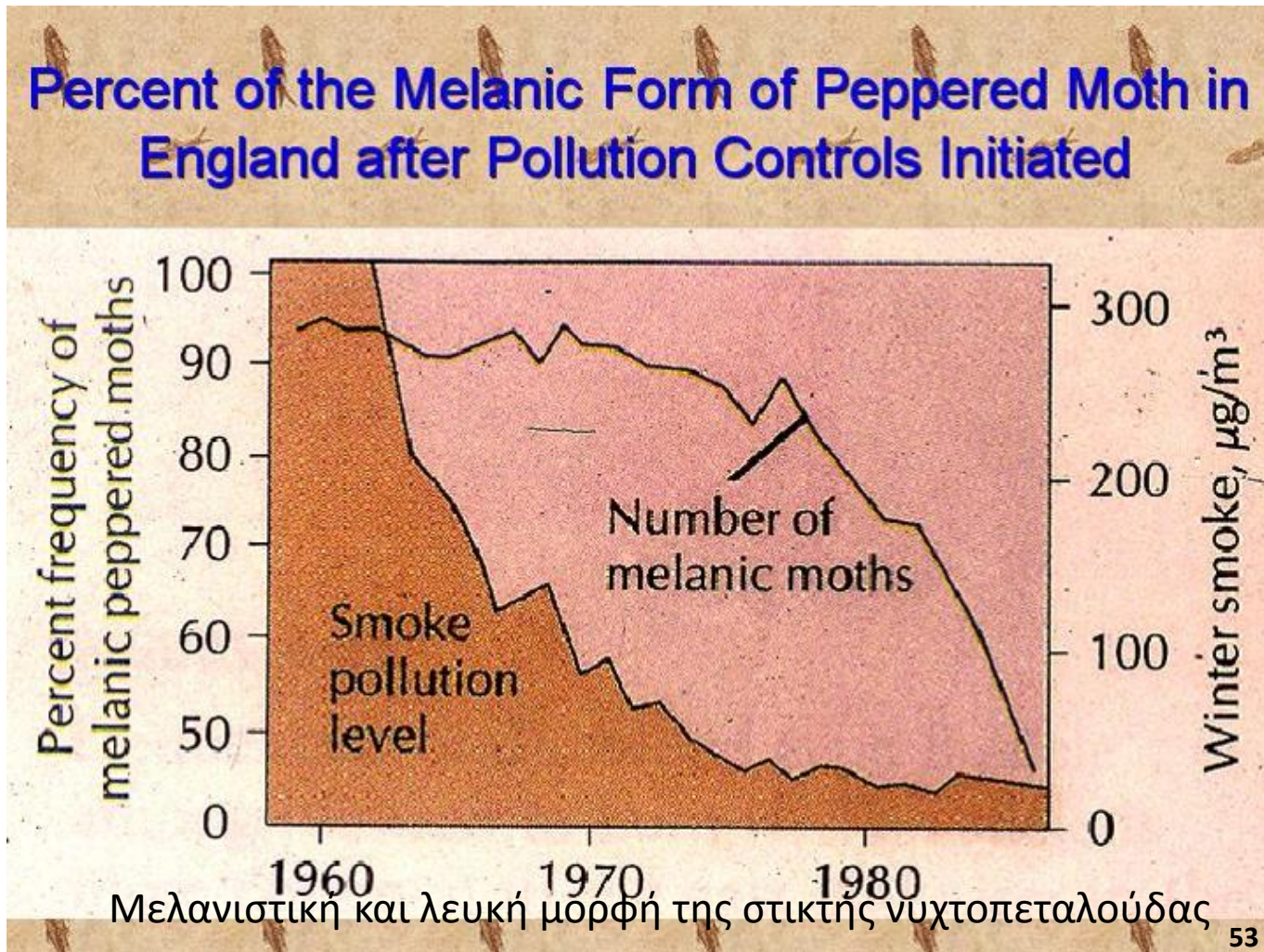


Μελανιστική και λευκή μορφή της στικτής νυχτοπεταλούδας





# Ποσοστό μελανικών μορφών



53



# Φυλετική επιλογή 1/3

Χαρακτηριστικά του ενός από τα δύο φύλα που βοηθούν στην επιλογή του συντρόφου.

Τα χαρακτηριστικά μπορεί να προκαλούν προβλήματα στην επιβίωση του ενός φύλου.





# Φυλετική επιλογή 2/3

## Sexual Selection



54



# Φυλετική επιλογή 3/3

Χαρακτηριστικά του ενός από τα δύο φύλα που βοηθούν στην επιλογή του συντρόφου.

Τα χαρακτηριστικά μπορεί να προκαλούν προβλήματα στην επιβίωση του ενός φύλου.



# Επιλογή - γενετική παρέκκλιση - μετανάστευση

**Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην επιλογή, τη  
γενετική παρέκκλιση και τη μετανάστευση**

Δημιουργούν μεγάλες ευκαιρίες για εξελικτική  
αλλαγή.



# Μέτρηση γενετικής ποικιλομορφίας

Πρωτεϊνικός πολυμορφισμός.

Πολυμορφισμός νουκλεϊκών οξέων.



# Ποσοτική ποικιλομορφία

Απουσία πρότυπου μεντελιανού διαχωρισμού στην κληρονομικότητα.

Ενδιάμεσα χαρακτηριστικά.

Συνδυασμός δράσης πολλών γονιδίων.

Συχνότερες χαρακτήρων με κωδωνοειδή καμπύλη συχνοτήτων.



# Είδη εξελικτικής αντίδρασης

Η επιλογή παράγει τρία είδη εξελικτικής αντίδρασης:

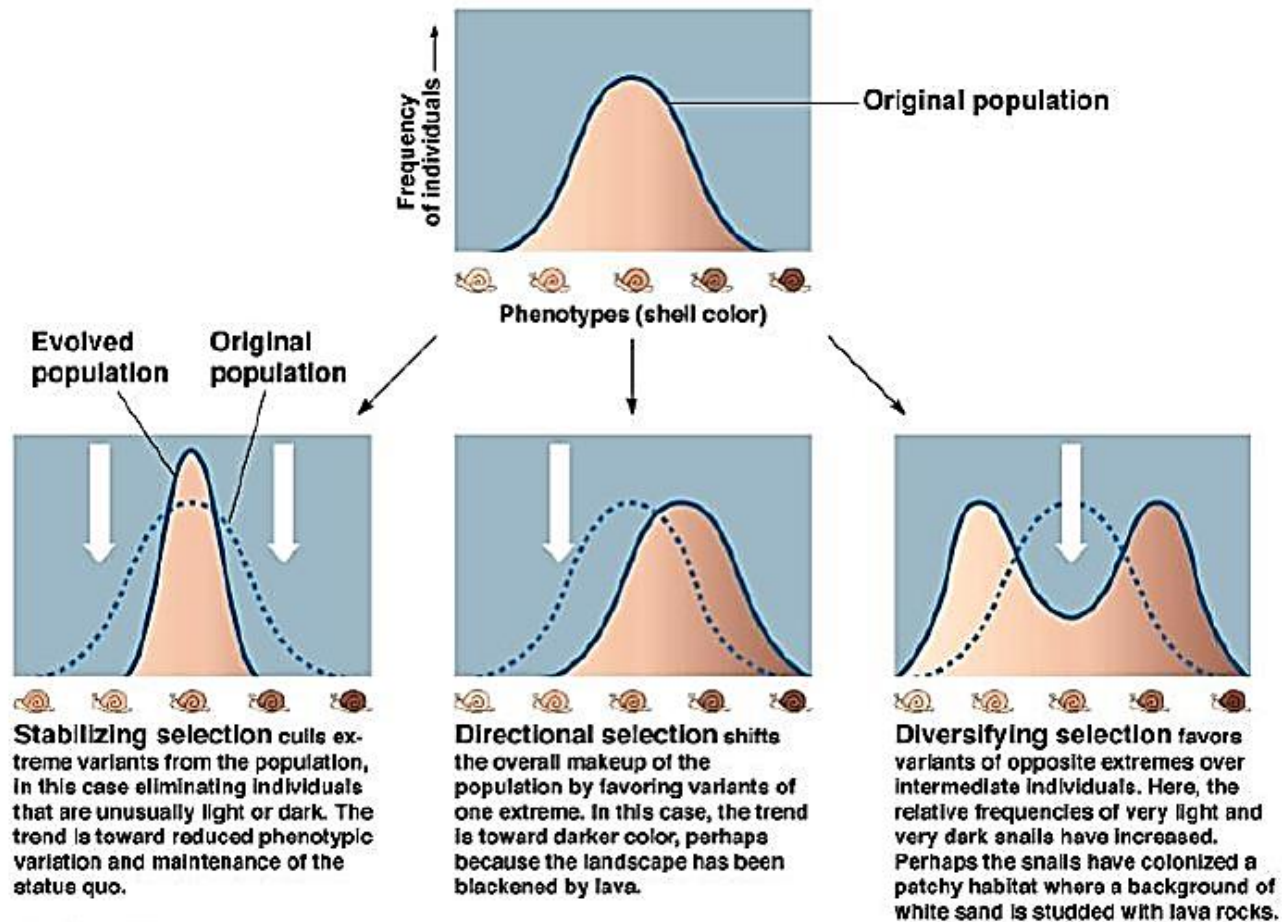
Σταθεροποιητική επιλογή

Κατευθυντήρια επιλογή

Διασπαστική επιλογή



# Σταθεροποιητική, κατευθύνουσα και διασπαστική επιλογή



©1999 Addison Wesley Longmen, Inc.





# Μακροεξέλιξη

Η εμφάνιση νέων προσαρμογών και νέων ειδών, καθώς και οι διαφορετικοί ρυθμοί ειδογένεσης και εξαφάνισης που παρατηρούνται στο αρχείο των απολιθωμάτων, δεν εξηγούνται μόνο με τις αλλαγές των αλληλομορφικών συχνοτήτων μέσα στους πληθυσμούς.



# Τρία εξελικτικά επίπεδα χρόνου

Κλίμακα του χρόνου των διαδικασιών της πληθυσμιακής γενετικής, από μερικές δεκάδες έως μερικές χιλιάδες χρόνια.

Μερικά εκατομμύρια χρόνια, κλίμακα κατά την οποία μπορεί να μετρηθούν και να συγκριθούν οι ρυθμοί ειδογένεσης και εξαφάνισης στις διάφορες ομάδες των οργανισμών.

Μερικές δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια και σημαδεύεται από την παρουσία περιοδικών μαζικών εξαφανίσεων.



# Επιλογή στο επίπεδο των ειδών

Η διαφορεική επιβίωση και ο πολλαπλασιασμός του αριθμού των ειδών κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου.

Βασίζεται στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των ειδών διαφόρων εξελικτικών γραμμών όπως: ιεροτελεστίες ζευγαρώματος, κοινωνική δομή, πρότυπα μετανάστευσης, γεωγραφική κατανομή.

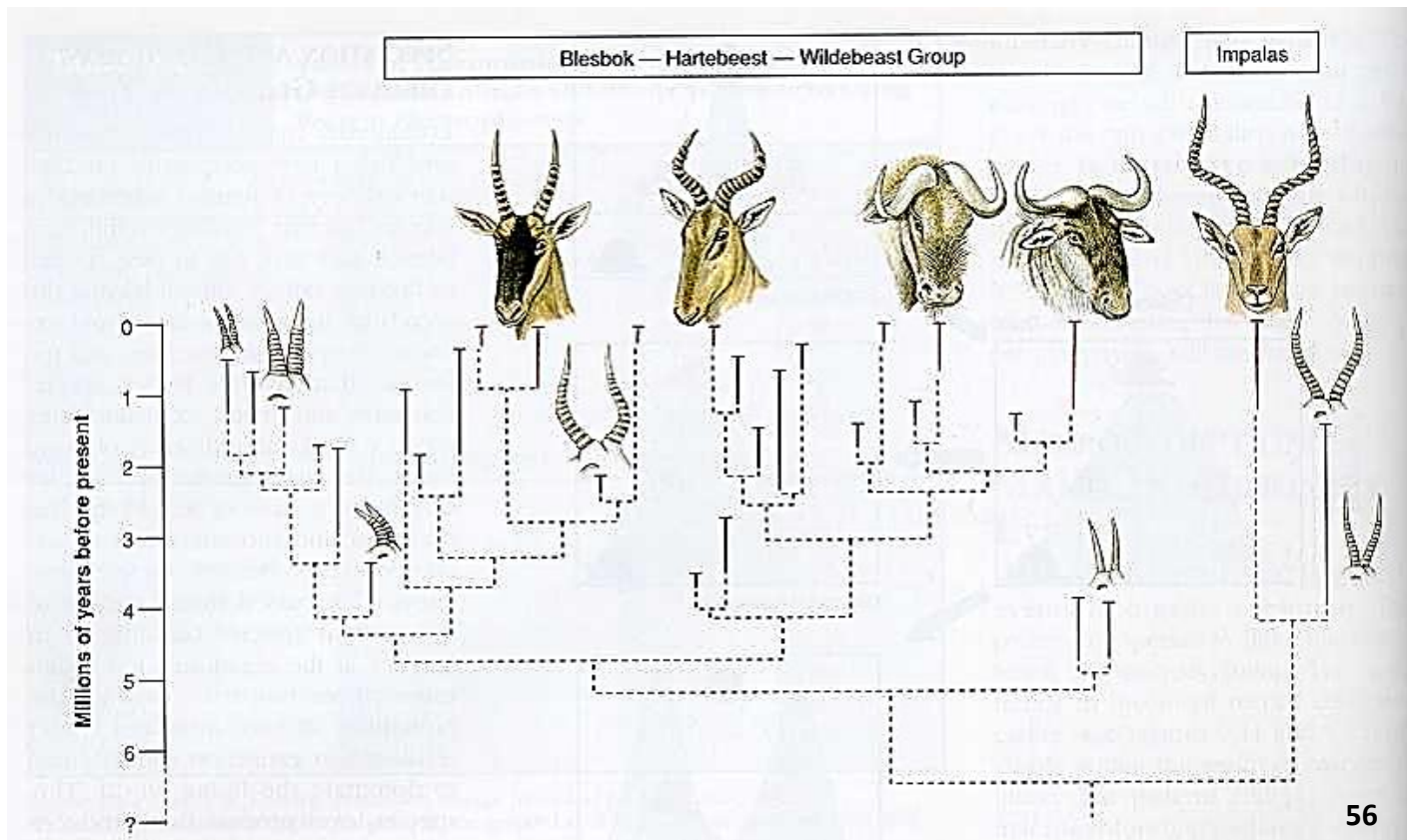


# Οργανισμική μακροεξέλιξη

Παρόμοια με την επιλογή στο επίπεδο των ειδών, εκτός του ότι η διαφορική ειδογένεση και εξαφάνιση ανάμεσα στις γραμμές προκαλείται από την ποικιλία των ιδιοτήτων στο επίπεδο του οργανισμού και όχι στο επίπεδο του είδους.



# Ποικιλότητα στις αφρικανικές αντιλόπες



Ποικιλότητα μεταξύ δύο ομάδων αφρικανικών αντιλόπων. Αριστερά, αντιλόπες με τροφική εξειδίκευση, δεξιά, αντιλόπες χωρίς εξειδίκευση



# Μαζικές εξαφανίσεις 1/2

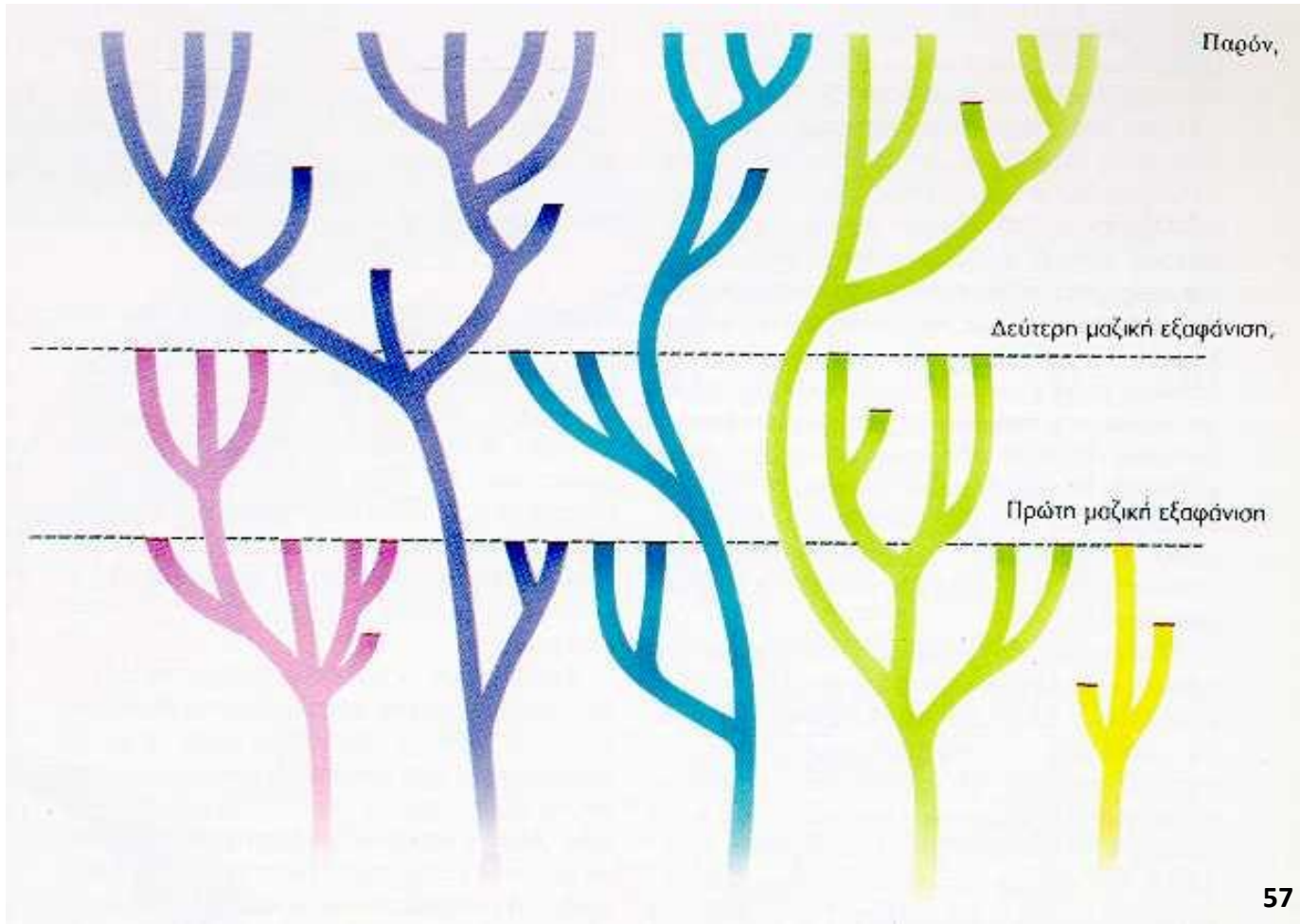
Εμφάνιση κάθε 26 εκατ. Χρόνια.

Εξαφάνιση του Περμίου: πριν από 225 εκατ. χρόνια.  
90% των θαλάσσιων ασπονδύλων.

Εξαφάνιση του Κρητιδικού: πριν από 65 εκατ.  
Χρόνια.



# Μαζικές εξαφανίσεις 2/2





# Αίτια μαζικών εξαφανίσεων

- Βιολογικά αίτια
- Βομβαρδισμός από μετεωρίτες
- Τεχνητό αποτέλεσμα στατιστικής και ταξινομικής ανάλυσης.
- Ιούλιος 1994, πτώση κομήτη Shoemaker-Levy 9 στο Δία.
- Ισχύς 10 εκατομ. βομβών υδρογόνου.
- Καταστροφική επιλογή ειδών.



# Τέλος Παρουσίασης

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Λεγάκις Αναστάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής. «Ζωολογία Ι. Ενότητα 3. Βιολογική Εξέλιξη». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL3/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



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

**Ως Μη Εμπορική ορίζεται η χρήση:**

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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





# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

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

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 1/10

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## Εικόνες

**Εικόνα 1.** Copyright ©xenesglosses.eu Copyright 2013, All Rights Reserved. Σύνδεσμος: <http://xenesglosses.eu/2014/11/dorean-ekpaideutika-programmata-2/>. Πηγή: <http://xenesglosses.eu>.

**Εικόνα 2.** Copyright John van Wyhe. Σύνδεσμος: <http://www.victorianweb.org/science/darwin/intro.html>. Πηγή: The Victorian Web <http://www.victorianweb.org/index.html>.

**Εικόνα 3.** HMS Beagle in the straits of Magellan. Wikipedia The Free Encyclopedia. Σύνδεσμος: [http://en.wikipedia.org/wiki/HMS\\_Beagle#mediaviewer/File:PSM\\_V57\\_D097\\_Hms\\_beagle\\_in\\_the\\_traits\\_of\\_magellan.png](http://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Beagle#mediaviewer/File:PSM_V57_D097_Hms_beagle_in_the_traits_of_magellan.png). Πηγή: <http://en.wikipedia.org>.

**Εικόνα 4.** Το πενταετές ταξίδι του HMS Beagle. Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. Ζωολογία, Ολοκληρωμένες Αρχές. Εκδόσεις Utopia.

**Εικόνα 5.** Copyright National Geographic Student Expeditions. Σύνδεσμος: <http://ngstudentexpeditions.com/expeditions/galapagos/map/>. Πηγή: <http://ngstudentexpeditions.com>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 2/10

## Εικόνες

**Εικόνα 6.** Galapagos Islands. Copyright GraphicMaps.com. Σύνδεσμος:  
<http://www.worldatlas.com/webimage/countrys/samerica/galap.htm>.  
Πηγή:<http://www.worldatlas.com>.

**Εικόνα 7.** Copyright Dr. Robert Rothman. Σύνδεσμος:  
<http://people.rit.edu/rhrsbi/GalapagosPages/DarwinFinch2.html>. Πηγή:  
<http://people.rit.edu/rhrsbi/GalapagosPages/DarwinFinch#anchor726315.html>.

**Εικόνα 8.** Darwin's Finches. Wikipedia The Free Encyclopedia. Σύνδεσμος:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Darwin's\\_finches](http://en.wikipedia.org/wiki/Darwin's_finches). Πηγή: <http://en.wikipedia.org>.

**Εικόνα 9.** Adaptive Radiation: Darwin's Finches. Copyright @2001 WGBH Educational Foundation and Clear Blue Sky Productions, Inc. All Rights Reserved. Σύνδεσμος:  
[http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/01/6/image\\_pop/l\\_016\\_02.html](http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/01/6/image_pop/l_016_02.html). Πηγή:  
<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/>.

**Εικόνα 10.** Alfred Russel Wallace. Wikipedia The Free Encyclopedia. Σύνδεσμος:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Alfred\\_Russel\\_Wallace](http://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_Russel_Wallace). Πηγή: <http://en.wikipedia.org>.

**Εικόνα 11.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 3/10

## Εικόνες

**Εικόνα 12.** The Geologic Time Table. Copyright Pearson Education Inc. publishing as Benjamin Cummins. Σύνδεσμος: <http://www.bio.utexas.edu/faculty/sjasper/Bio213/earthhist.html>. Πηγή: <http://www.bio.utexas.edu>.

**Εικόνα 13.** Time scale. Copyright © 2015 The Trustees of Indiana University, Copyright Complaints. Σύνδεσμος: <http://www.indiana.edu/~geol105b/1425chap6.htm>. Πηγή: <http://www.indiana.edu>.

**Εικόνα 14.** Ediacaran Fauna. (600-540 MYBP). Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld006.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 15.** Ediacaran Seas. Copyright Smithsonian. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld007.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/>.

**Εικόνα 16.** Burges Shale Fauna (540 MYBP). Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld008.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 17.** Burges Shale Fauna (540 MYBP). Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld009.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 4/10

## Εικόνες

**Εικόνα 18.** Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld010.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 19.** Ancient Seas at the During the Cambrian Radiation. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture13/sld012.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 20.** Equid Evolution Rectangular. Text material © 2005 by Steven M. Carr. Σύνδεσμος:  
[https://www.mun.ca/biology/scarr/Equid\\_evolution\\_rectangular.htm](https://www.mun.ca/biology/scarr/Equid_evolution_rectangular.htm). Πηγή: <https://www.mun.ca>.

**Εικόνα 21.** Equid Evolution Campbell. Copyright 1999 Addison Wesley Longman, Inc. Text material © 2005 by Steven M. Carr. Σύνδεσμος:  
[https://www.mun.ca/biology/scarr/Equid\\_evolution\\_Campbell.htm](https://www.mun.ca/biology/scarr/Equid_evolution_Campbell.htm). Πηγή: <https://www.mun.ca>.

**Εικόνα 22.** Φυλογενετικό δένδρο του Χέκελ 1866. Βικιπαιδεία. Η ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια. Σύνδεσμος: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%82>. Πηγή:  
<http://el.wikipedia.org>.

**Εικόνα 23.** Vertebrate Forelimbs. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture15/sld015.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 5/10

## Εικόνες

**Εικόνα 24.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.

**Εικόνα 25.** Copyright 2011. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία, Ολοκληρωμένες Αρχές. Εκδόσεις Utopia.

**Εικόνα 26.** Phylogena of the Amniota. Copyright 1999 Addison Wesley Longman, Inc. Text material © 2005 by Steven M. Carr. Σύνδεσμος: [http://www.mun.ca/biology/scarr/Phylogeny\\_of\\_Amniota.html](http://www.mun.ca/biology/scarr/Phylogeny_of_Amniota.html). Πηγή: <http://www.mun.ca/>.

**Εικόνα 27.** Phylogeny of Gnathostomata. Copyright ©1999 Campbell et al.; text © 2005 by Steven M. Carr . Σύνδεσμος: [http://www.mun.ca/biology/scarr/Phylogeny\\_of\\_Gnathostomata.html](http://www.mun.ca/biology/scarr/Phylogeny_of_Gnathostomata.html). Πηγή: <http://www.mun.ca>.

**Εικόνα 28.** Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld033.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 6/10

## Εικόνες

**Εικόνα 29.** The Galapagos finches. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld039.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 30.** Similarities in Vertebrate Embryos. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture15/sld029.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 31.** Copyright ©1999-2012 John P. Clare. All Rights Reserved. The use of any site content without written agreement with the copyright holder is prohibited by International Copyright Law./ Σύνδεσμος: <http://www.axolotl.org/>

**Εικόνα 32.** Copyright © 2014 itsnature.org - All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://www.itsnature.org/ground/amphibians-land/axolotl-2/>. Πηγή: <http://www.itsnature.org>.

**Εικόνα 33.** Copyright @ 2001 Brooks/Cole. Thomson Learning.

**Εικόνα 34.** Copyright Evolution: Investigating the Evidence, Paleontological Society Special Publication Volume 9, 1999. By permission of the Paleontological Society. Evolution and Systematics by Sandra J. Carlson. Σύνδεσμος: <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/events/carlson1.html>. Πηγή: <http://www.ucmp.berkeley.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 7/10

## Εικόνες

**Εικόνα 35.** Allopatric Speciation. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld028.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 36.** Ancestral fox population. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture11/sld037.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 37.** Copyright @ Prentice Hall. Πηγή: S. Freeman & J.C. Herron (2001). Evolutionary Analysis. Prentice Hall.

**Εικόνα 38.** The Bottleneck Effect. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld033.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 39.** Copyright 1999. Addison Wesley Longman, Inc.

**Εικόνα 40.** Sympatric Speciation. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld030.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 41.** Copyright @ Prentice Hall . S. Freeman & J.C. Herron (2001). Evolutionary Analysis. Prentice Hall.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 8/10

## Εικόνες

**Εικόνα 42.** Copyright 1999 Addison Wesley Longman, Inc. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld040.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 43.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.

**Εικόνα 44.** Gradualism. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld042.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 45.** Gradualism and Ponctuated Equilibrium. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld044.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 46.** Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lecture11/sld054.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 9/10

## Εικόνες

**Εικόνα 47.** Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture11/sld055.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 48.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.

**Εικόνα 49.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.

**Εικόνα 50.** Copyright @ 1999. Addison Wesley Longman Inc.

**Εικόνα 51.** Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld032.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 52.** Peppered Moths. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture15/sld006.htm>. Πηγή:  
<http://krupp.wcc.hawaii.edu>.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 10/10

## Εικόνες

**Εικόνα 53.** Percent of the Melanic Form of Peppered Moth in England after Pollution Controls Initiated. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture15/sld007.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 54.** Sexual Selection. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld026.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 55.** Copyright @ 1999. Addison Wesley Longman Inc. Copyright David Krupp's Homepage. Σύνδεσμος: <http://krupp.wcc.hawaii.edu/BIOL101/present/lcture12/sld027.htm>. Πηγή: <http://krupp.wcc.hawaii.edu>.

**Εικόνα 56.** Copyright 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc. /Hickman, Roberts, Keen, Larson, ÍAnson, Eisenhour, Intergrated Principles of Zoology, Fourteenth Edition Mac Grow Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-297004-3.

**Εικόνα 57.** Copyright © Εκδόσεις ΣΙΡΡΙΣ. Πηγή: P. Whitfield (1993). Η Εξέλιξη της Ζωής. Εκδόσεις ΣΙΡΡΙΣ.

