

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

ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΛΟΓΕΝΕΣΗ

ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΝΕ ΤΑ ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ

ΚΛΑΔΙΣΤΙΚΗ - ΚΛΑΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΦΑΙΝΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

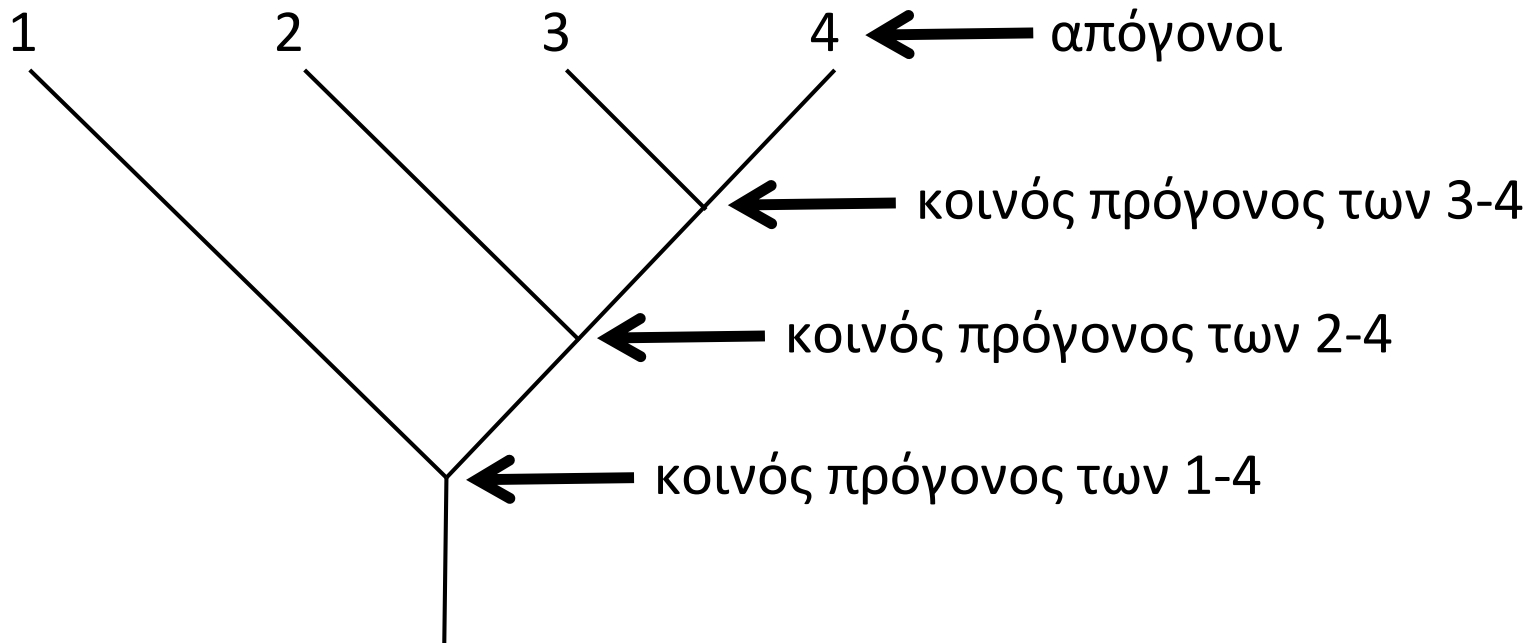
Δρ Σωκράτης Ρουσιάκης

Επίκουρος Καθηγητής

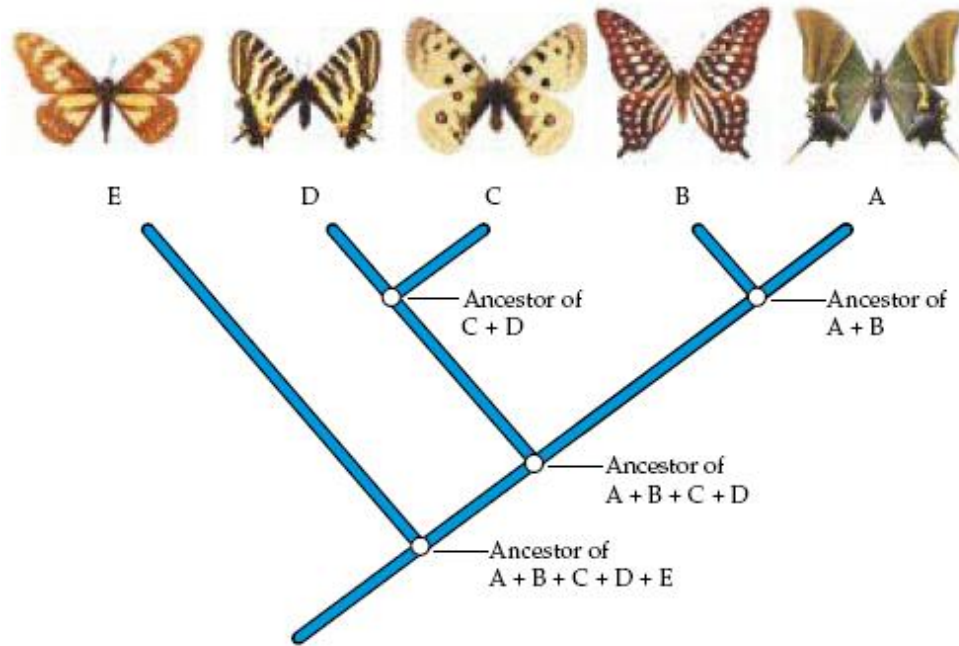
ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΛΟΓΕΝΕΣΗ (PHYLOGENY)

ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΝΕ ΤΑ ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΔΕΝΔΡΑ

Φυλογένεση είναι η υπόθεση για τη γενεαλογία μιας ομάδας ειδών ή άλλων τάξεων. Απεικονίζεται με τη μορφή εξελικτικών δέντρων που δείχνουν τις σχέσεις συγγένειας (προγόνου-απογόνου). Κάθε διακλάδωση (κάθε κόμβος δηλαδή) απεικονίζει ένα συμβάν κλαδογένεσης (ειδογένεσης). Ο κόμβος αυτός απεικονίζει και τον κοινό πρόγονο.



ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΝΕ ΤΑ ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΔΕΝΔΡΑ



Πώς διαβάζουμε ένα εξελικτικό δέντρο; Τι πληροφορίες μας παρέχει;

Ένα εξελικτικό δέντρο απεικονίζει εξελικτικές σχέσεις.

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε ένα εξελικτικό δέντρο 5 ειδών (A, B, C, D, E) πεταλούδων της Αγγλίας. Ακολουθώντας κάθε κλάδο προς τα πίσω (κάτω) μέχρι εκεί όπου τέμνει έναν άλλο κλάδο, αυτό το σημείο τομής αντιπροσωπεύει τον κοινό πρόγονο από τον οποίο κατάγονται οι κλάδοι.

Πηγαίνοντας προς τα πίσω για κάθε κλάδο στην πράξη πηγαίνουμε πίσω στο χρόνο. Σύμφωνα με το σχήμα που παραθέτουμε, τα είδη A και B είναι μεταξύ τους περισσότερο συγγενικά απ' ό, τι σε σχέση με τα άλλα είδη. Το σημείο τομής των κλάδων των ειδών A και B αντιστοιχεί στον κοινό πρόγονο των ειδών αυτών. Δηλαδή, από αυτόν τον πρόγονο προέκυψαν δύο διακριτές εξελικτικές γραμμές μία του είδους A και μία του είδους B. Πηγαίνοντας πιο πίσω, συγγενικότερα των A+B είναι τα είδη C+D μια και τα A, B, C, D έχουν κοινό πρόγονο. Μακρινός συγγενής όλων είναι το E.

Τι μας λέει το προηγούμενο φυλογενετικό δένδρο;

Η ρωμαϊκή αρίθμηση δεξιά υποδηλώνει χιλιάδες γενεών, δηλαδή χρόνο.

Οι αποστάσεις στον οριζόντιο άξονα αντιπροσωπεύουν το βαθμό απόκλισης (π.χ. στη μορφή του σώματος).

Ο Δαρβίνος δεν δίνει πληροφορίες για τα συμβάντα διακλάδωσης για το διάστημα X έως XIV.

Τα αρτίγονα είδη (χρόνος XIV) μπορούν να ανιχνευτούν πίσω στον χρόνο, στους προγόνους A, F και I. Όλες οι άλλες γενεαλογικές γραμμές έχουν εξαφανιστεί.

Ο Δαρβίνος αναγνώρισε ότι ο ρυθμός εξέλιξης ποικίλλει πολύ και αυτό το δείχνει με τις διαφορετικές κλίσεις με τις οποίες έχει αποτυπώσει τις διάφορες γενεαλογικές γραμμές. Για παράδειγμα, η γενεαλογική γραμμή του F έχει επιβιώσει μέχρι σήμερα σχεδόν χωρίς να έχει υποστεί καμία αλλαγή. Παρομοίως το Z10 έχει μεγαλύτερη κλίση από το M10, κάτι που υποδηλώνει ότι έχει υποστεί εξελικτικά μεγαλύτερη αλλαγή.

ΚΛΑΔΙΣΤΙΚΗ - ΟΡΙΣΜΟΙ

Οι ταξινομοί συμφωνούν ότι η ταξινόμηση των οργανισμών πρέπει να αντανακλά την εξελικτική ιστορία. Στη σύγχρονη κλαδιστική ταξινομική κάθε τάξον (π.χ. ομοταξία, τάξη, γένος, κλπ.) έχει νόημα εφόσον όλα τα μέλη του προέρχονται από τον ίδιο πρόγονο. Τα μέλη αυτά αποτελούν τον κλάδο.

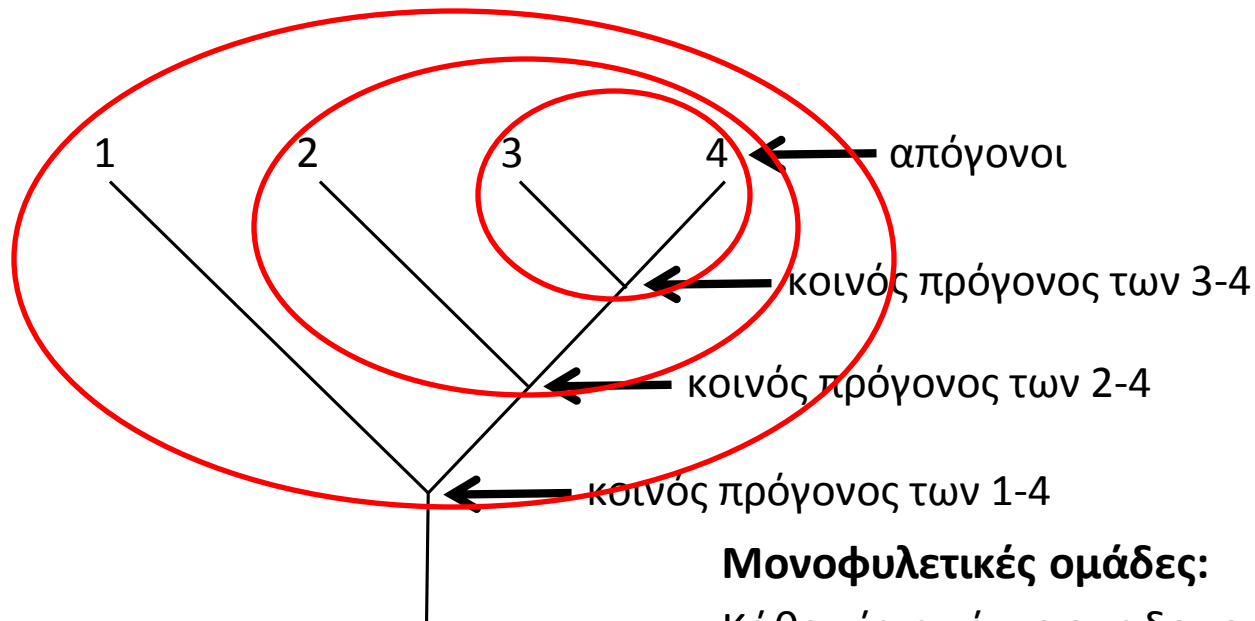
Κλάδος και μονοφυλετική ομάδα (clade, monophyletic group): Ένας κλάδος είναι ολόκληρο το κομμάτι της φυλογένεσης που περιλαμβάνει τα απογονικά είδη και τον κοινό πρόγονό τους. Η κλαδιστική αναγνωρίζει μόνο μονοφυλετικές ομάδες.

Παραφυλετική ομάδα (paraphyletic group): Είναι μια ομαδοποίηση διαφόρων τάξων όπου δεν περιλαμβάνονται όλοι οι απόγονοι ενός κοινού προγόνου. Οι παραφυλετικές ομάδες δεν αναγνωρίζονται στην κλαδιστική.

Πολυφυλετική ομάδα (polyphyletic group): Είναι μια ομαδοποίηση τάξων που έχουν διαφορετικούς προγόνους. Τέτοιες ομαδοποιήσεις γίνονται συχνά όταν δεν αναγνωρίζεται το φαινόμενο της εξελικτικής σύγκλισης όταν δηλαδή δεν αναγνωρίζονται τυχόν ανάλογοι χαρακτήρες.

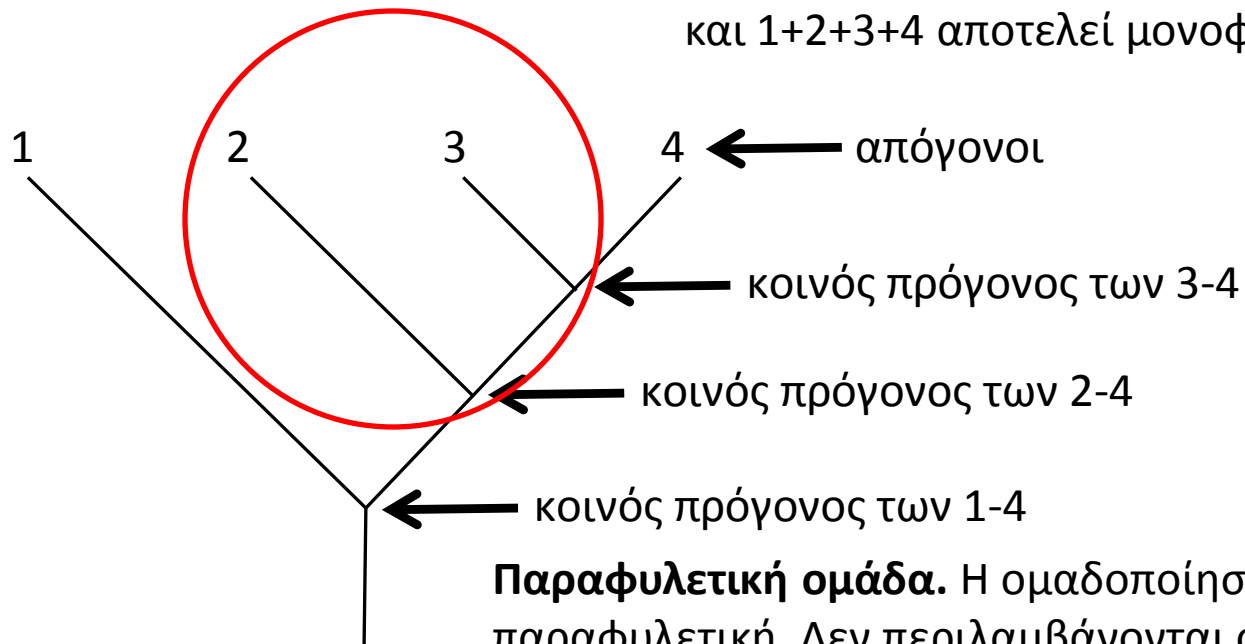
Αδελφές ομάδες (sister groups): Είναι δύο ή περισσότερες μονοφυλετικές ομάδες που έχουν πρόσφατο κοινό πρόγονο.

Παρομάδα (outgroup): Είναι ένα τάξον που απέκλινε από μια ομάδα άλλων τάξων πριν αυτά διαχωριστούν. Χρησιμοποιείται στην κλαδιστική για την αξιολόγηση των χαρακτήρων.

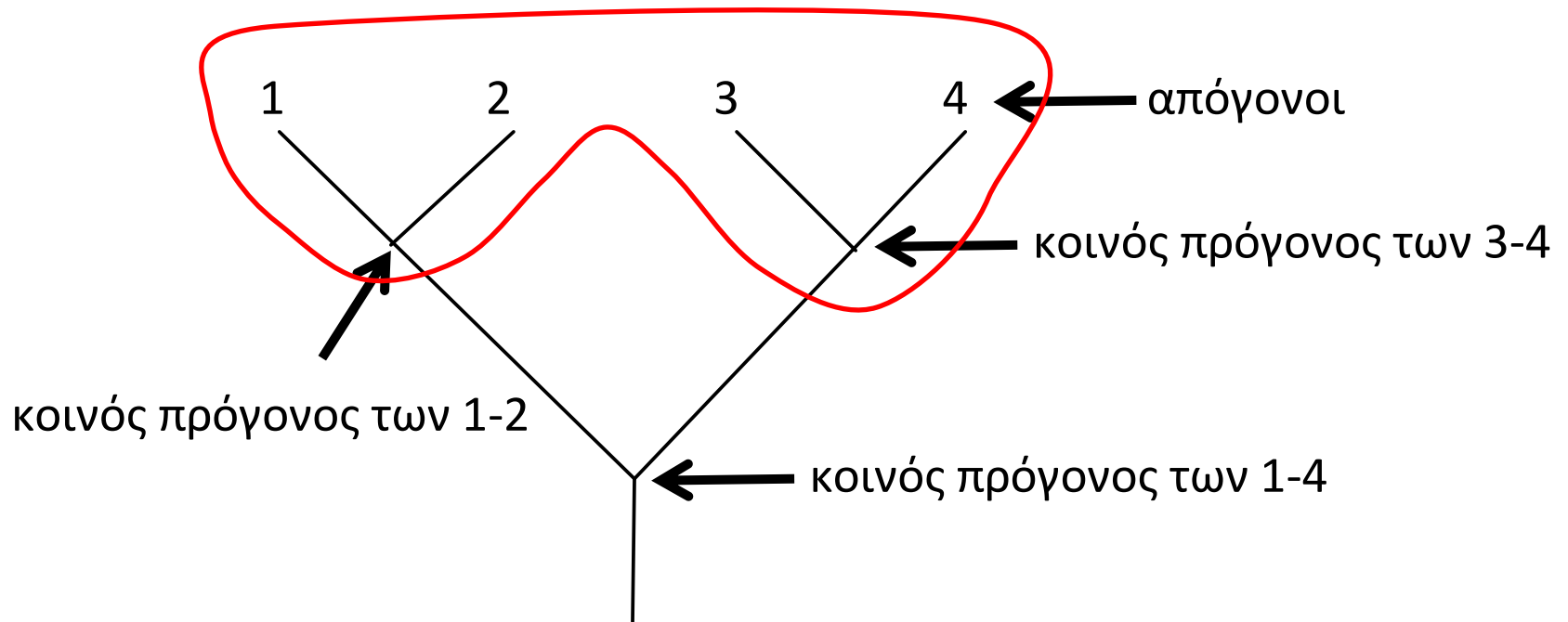


Μονοφυλετικές ομάδες:

Κάθε μία από τις ομαδοποιήσεις 3+4, 2+3+4 και 1+2+3+4 αποτελεί μονοφυλετική ομάδα.

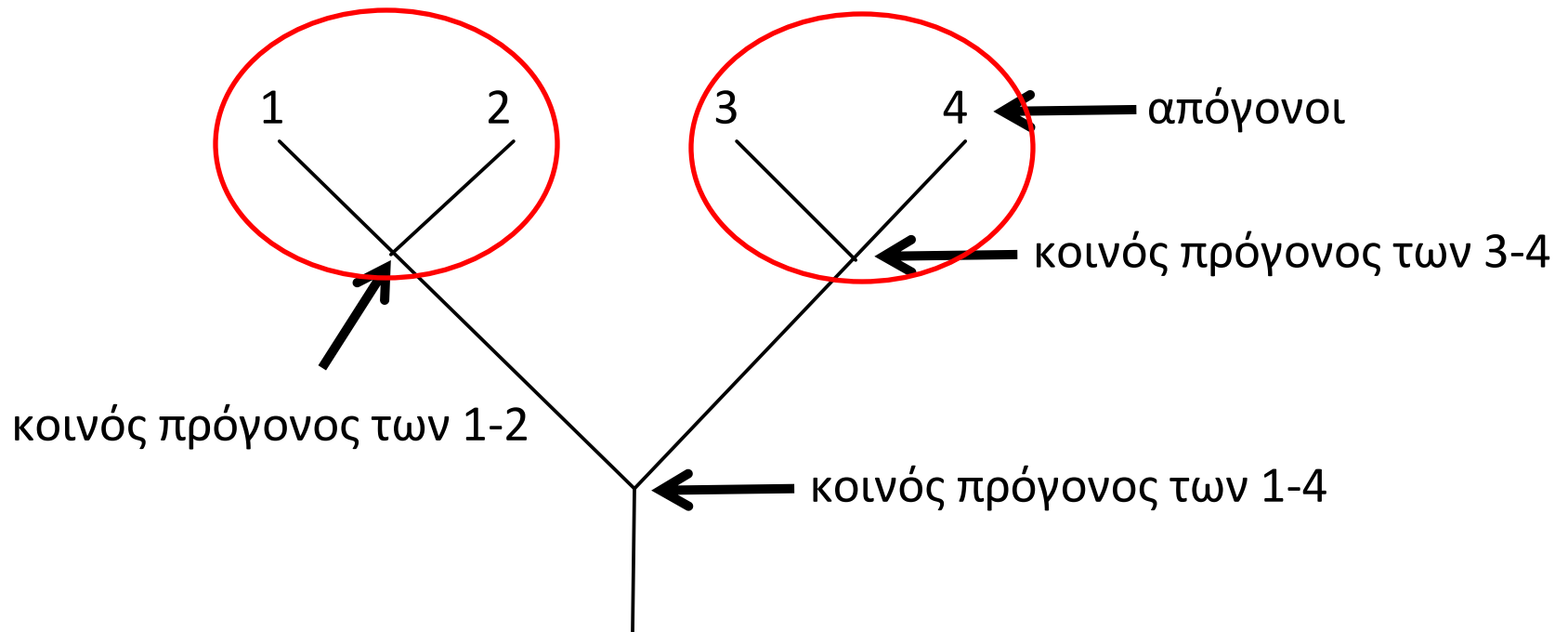


Παραφυλετική ομάδα. Η ομαδοποίηση 2+3 είναι παραφυλετική. Δεν περιλαμβάνονται όλοι οι απόγονοι του κοινού προγόνου (απουσιάζει το είδος 4).



Πολυφυλετική ομάδα. Περιλαμβάνει είδη με διαφορετικούς προγόνους.

Η ομαδοποίηση 1+2+3+4 εφόσον δεν περιλαμβάνει τον κοινό τους πρόγονο είναι πολυφυλετική.



Αδελφές ομάδες. Κάθε μία από τις ομαδοποιήσεις 1+2 και 3+4 είναι μονοφυλετική ομάδα. Η μονοφυλετική ομάδα 1+2 είναι αδελφή ομάδα της 3+4 επειδή στο πρόσφατο παρελθόν είχαν κοινό πρόγονο.

ΚΛΑΔΙΣΤΙΚΗ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η κλαδιστική ταξινόμηση έχει ορισμένες αρχές.

Δεν αναγνωρίζει παραφυλετικές και πολυφυλετικές ομάδες παρά μόνο μονοφυλετικές ομάδες.

Δεν αναγνωρίζει τις **βαθμίδες (grades)**. Βαθμίδα σχηματίζεται από μια ομάδα ειδών με παρόμοιο επίπεδο φαινοτυπικής οργάνωσης. Ίδια βαθμίδα δεν υποδηλώνει υποχρεωτικά και στενή συγγένεια δηλαδή ότι κάποια είδη αποτελούν έναν μονοφυλετικό κλάδο. Αντιθέτως, μέλη του ίδιου κλάδου μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικές βαθμίδες λόγω διαφορετικών εξελικτικών ρυθμών.

Βασίζεται στην αρχή της **φειδωλότητας (parsimony)**, σύμφωνα με την οποία από τα πιθανά δενδρογράμματα επιλέγουμε εκείνο που απαιτεί τον μικρότερο αριθμό εξελικτικών αλλαγών. Επειδή ακόμη και λίγα τάξα μπορεί να οδηγούν σε πολλά πιθανά φυλογενετικά δένδρα έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα που κάνουν χρήση υπολογιστικών αλγορίθμων για την εύρεση του πλέον φειδωλού δενδρογράμματος.

ΒΑΘΜΙΔΑ

ΒΑΘΜΙΔΑ

ΒΑΘΜΙΔΑ

Υποθετικό φυλογενετικό δένδρο που απεικονίζει τους διάφορους τύπους ταξινομικής ομαδοποίησης

χρόνος

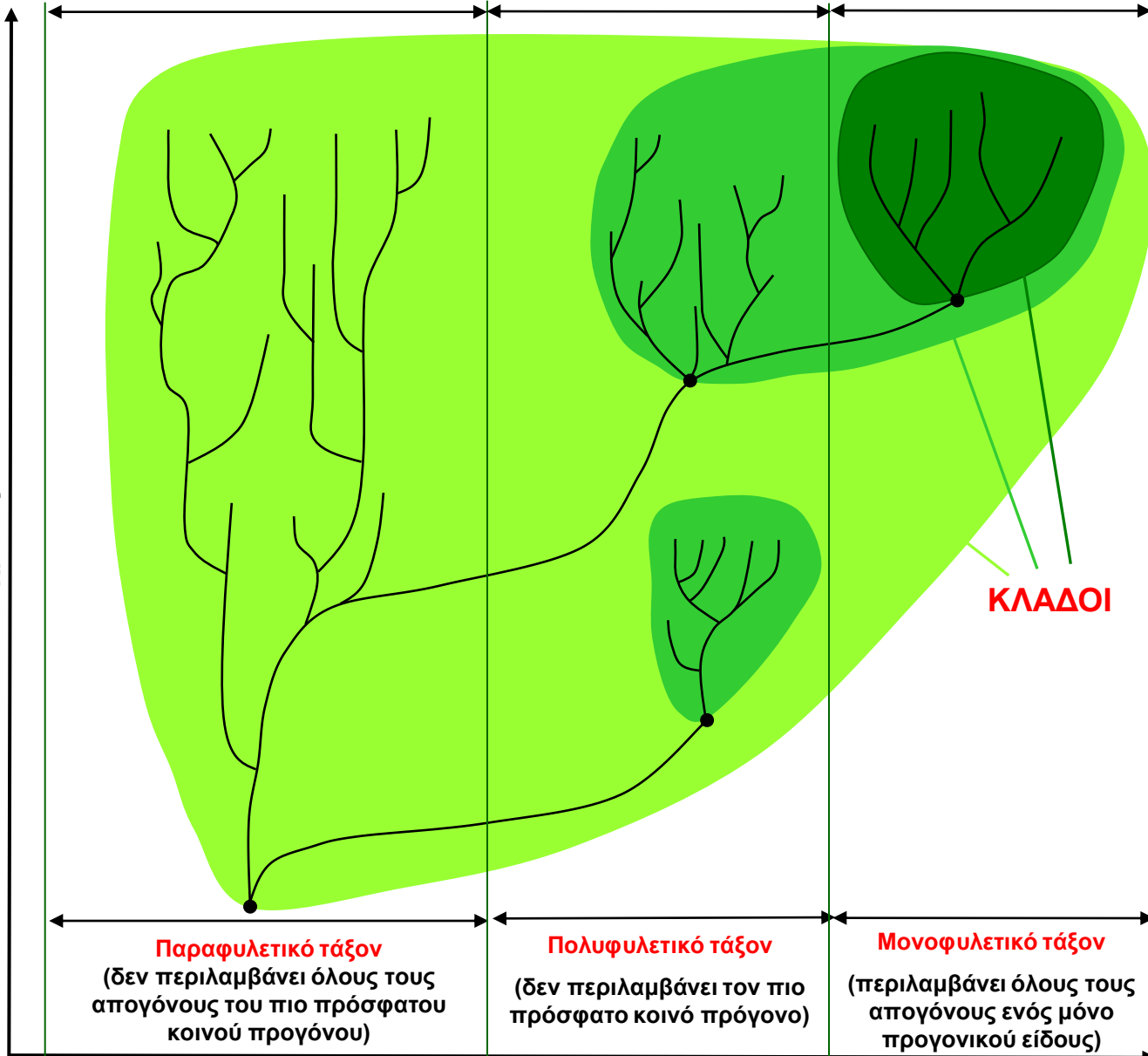
ΚΛΑΔΟΙ

Παραφυλετικό τάξον
(δεν περιλαμβάνει όλους τους απογόνους του πιο πρόσφατου κοινού προγόνου)

Πολυφυλετικό τάξον
(δεν περιλαμβάνει τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο)

Μονοφυλετικό τάξον
(περιλαμβάνει όλους τους απογόνους ενός μόνο προγονικού είδους)

μορφολογική αλλαγή



ΚΛΑΔΙΣΤΙΚΗ - ΟΡΙΣΜΟΙ

Σε μία γενεαλογική γραμμή οι χαρακτήρες που υπάρχουν δεν αλλάζουν με τον ίδιο τρόπο στον χρόνο. Κάποιοι μπορεί να έχουν αλλάξει σημαντικά, κάποιοι όχι. Έτσι, κάθε είδος είναι ο συνδυασμός κάποιων **προγονικών (ancestral)** χαρακτήρων που διατηρούνται από κάποιους μακρινούς προγόνους χωρίς ή με μικρή αλλαγή, και κάποιων **παράγωγων (derived)** χαρακτήρων που δεν παρατηρούνται στους προγόνους αλλά αποτελούν πρόσφατες αλλαγές. Για παράδειγμα τα τέσσερα άκρα του ανθρώπου είναι ένας προγονικός χαρακτήρας, μια αρχέγονη κατάσταση, γιατί υπάρχει σε όλα τα τετράποδα και στους προγόνους του ανθρώπου. Αντιθέτως, ο αναλογικά με το σώμα μεγάλος εγκέφαλος είναι ένας παράγωγος χαρακτήρας.

Ένας χαρακτήρας (π.χ. ο αριθμός των άκρων) λέμε ότι έχει **καταστάσεις (character state)**.

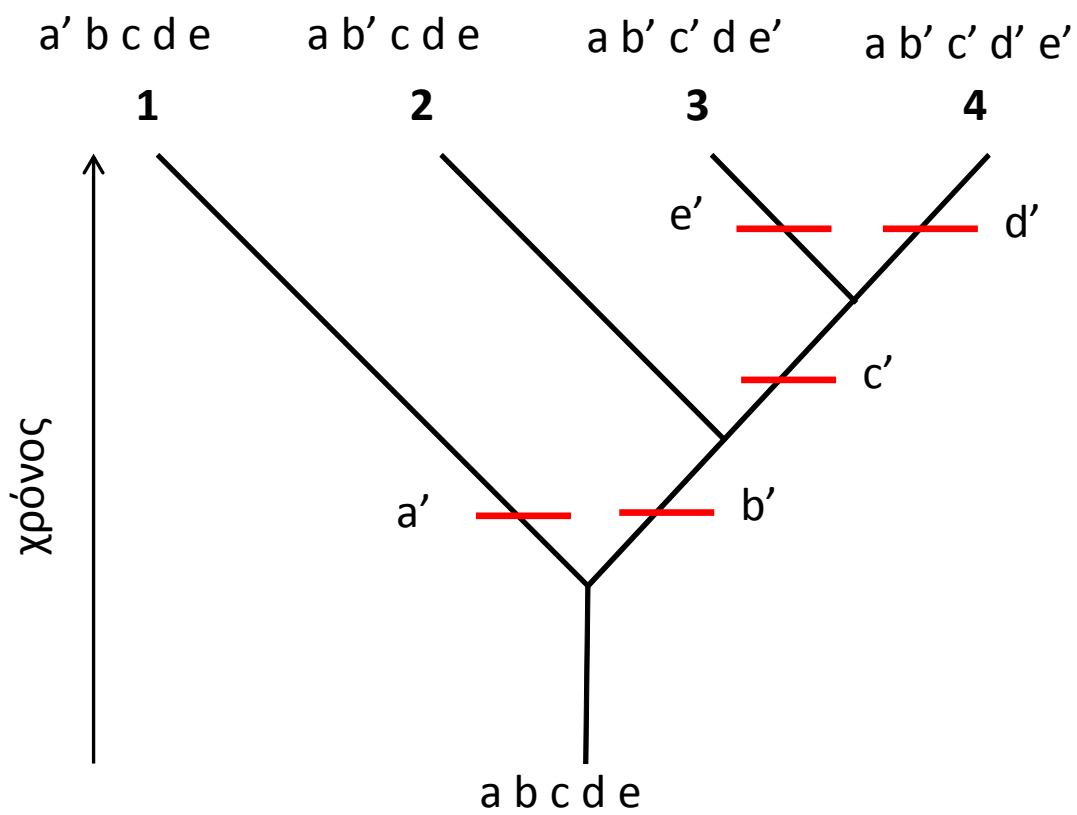
Μια προγονική κατάσταση χαρακτήρα ονομάζεται **πλησιομορφική (plesiomorphic)**.

Μια παράγωγη κατάσταση ονομάζεται **απομορφική (apomorphic)**.

Όταν η προγονική κατάσταση ενός χαρακτήρα υπάρχει σε δύο ή περισσότερα τάξα τότε μιλάμε για **συμπλησιομορφία (symplesiomorphy)**.

Όταν η απογονική κατάσταση ενός χαρακτήρα υπάρχει σε δύο ή περισσότερα τάξα τότε μιλάμε για **συναπομορφία (synapomorphy)**.

Απομορφία που παρατηρείται μόνο σε ένα από τα τάξα ονομάζεται **αυταπομορφία (autapomorphy)**.



Απομορφία του τάξου 1 είναι η κατάσταση α', του 2 η κατάσταση β', του 3 οι β', c' και e', κλπ.

Αυταπομορφία του 1 είναι η κατάσταση α', του 4 η d'.

Τα τάξα 3 και 4 έχουν ως συναπομορφίες τις καταστάσεις β', c' και e'. Τα τάξα 2 και 3 έχουν μόνο μια συναπομορφία, την β'.

Η κατάστασεις c, d και e είναι συμπλησιομορφίες των 1 και 2.

Υποθετικό φυλογενετικό δένδρο (κλαδόγραμμα) 4 τάξων 1-2 που έχουν κάποιο κοινό πρόγονο, με βάση την εξέλιξη των πέντε χαρακτήρων a-e.

Η εξέλιξη βασίζεται σε μετατροπές από προγονικές (πλησιομορφικές) καταστάσεις χαρακτήρων, σε παράγωγες (απομορφικές) καταστάσεις χαρακτήρων (τονιζόμενα γράμματα).

Παρατηρήστε ότι τα τάξα με τον πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο έχουν περισσότερες κοινές παράγωγες καταστάσεις χαρακτήρων (συναπομορφίες), απ' ό,τι τα τάξα με πιο μακρινούς προγόνους.

ΑΣ ΦΤΙΑΞΟΥΜΕ ΕΝΑ ΚΛΑΔΟΓΡΑΜΜΑ

Στο παράδειγμα, θεωρούμε 4 είδη Α-Δ και εξετάζουμε πέντε χαρακτήρες τους 1, 2, 3, 4, 5.

Στην κλαδιστική τα κλαδογράμματα κατασκευάζονται λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις παράγωγες καταστάσεις χαρακτήρων (σημειώνονται με τόνο).

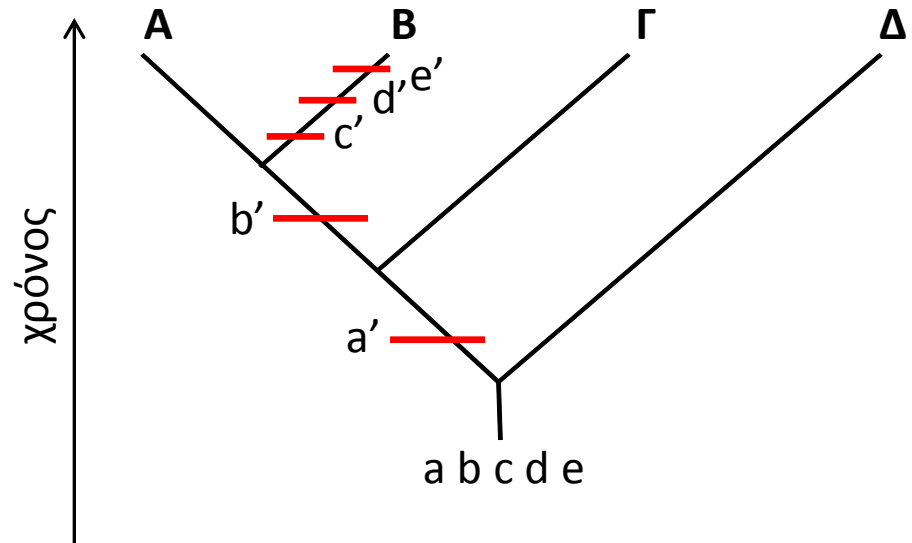
Καταστάσεις χαρακτήρων

	1	2	3	4	5
A	a'	b'	c	d	e
B	a'	b'	c'	d'	e'
Γ	a'	b	c	d	e
Δ	a	b	c	d	e

Το είδος με τις λιγότερες παράγωγες καταστάσεις (το Δ) θα είναι στη βάση του κλαδογράμματος. Ακολουθούν τα άλλα είδη διαδοχικά (από τις λιγότερες προς τις περισσότερες παράγωγες καταστάσεις). Μετά το Δ δηλαδή αναμένουμε το Γ, μετά το Α και τέλος το Β. Προσοχή θέλουν οι κοινές παράγωγες καταστάσεις. Αυτές θα υπάρχουν και σε όλους τους κλάδους πάνω από αυτό το σημείο διακλάδωσης.

Μήτρα κοινών παράγωγων χαρακτήρων

	A	B	Γ	Δ
A	-	2	1	0
B		-	1	0
Γ			-	0
Δ				-



ΑΣ ΦΤΙΑΞΟΥΜΕ ΕΝΑ ΦΑΙΝΟΓΡΑΜΜΑ

Εκτός από την κλαδιστική και τους κλαδιστές υπάρχουν και οι **φαινετιστές (pheneticists)** ή **αριθμητικοί ταξινομοί** (επειδή χρησιμοποιούν πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα).

Ομαδοποιούν τα είδη με βάση την ολική τους ομοιότητα και απεικονίζουν την ομοιότητα αυτή με τα **φαινογράμματα**.

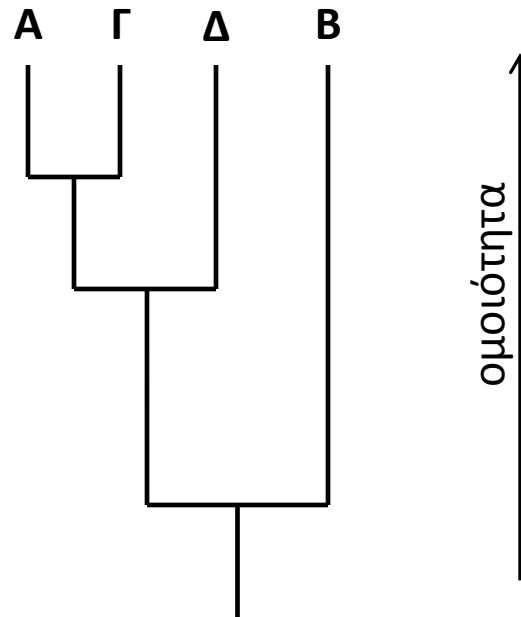
Καταστάσεις χαρακτήρων

	1	2	3	4	5
A	a'	b'	c	d	e
B	a'	b'	c'	d'	e'
Γ	a'	b	c	d	e
Δ	a	b	c	d	e

Μήτρα κοινών καταστάσεων χαρακτήρων

	A	B	Γ	Δ
A	-	2	4	3
B		-	1	0
Γ			-	4
Δ				-

Μελετώντας τις κοινές καταστάσεις χαρακτήρων συμπεραίνουμε ότι μεγαλύτερη ομοιότητα υπάρχει μεταξύ των ειδών A και Γ, καθώς και Γ και Δ. Μικρότερη ομοιότητα παρατηρείται μεταξύ B και Δ.



ΔΥΣΧΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΛΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Μωσαϊκή εξέλιξη (mosaic evolution): Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο διάφοροι χαρακτήρες της ίδιας γενεαλογικής γραμμής εξελίσσονται με διαφορετικό ρυθμό. Είναι εξαιρετικά σύνηθες φαινόμενο στην εξέλιξη. Για παράδειγμα ο χιμπατζής και ο άνθρωπος διαφέρουν πάρα πολύ στη μορφολογία. Εντούτοις, τόσο το DNA τους όσο και οι πρωτεΐνες τους είναι εντυπωσιακά όμοιες. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μορφολογική και η βιοχημική τους εξέλιξη ακολούθησε διαφορετικούς ρυθμούς.

Οι **συντηρητικοί χαρακτήρες (conservative characters):** Είναι χαρακτήρες που βρίσκονται σε παρόμοια κατάσταση σε όλα ή στα περισσότερα μέλη μιας ευρύτερης ομάδας. Τέτοιοι χαρακτήρες εφόσον εξελίχθηκαν παραμένουν σχεδόν αναλλοίωτοι γιατί εξυπηρετούν την προσαρμογή σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών. Αποτελούν δηλαδή **γενικές προσαρμογές (general adaptation)**, σε αντίθεση με τις **ειδικές προσαρμογές (special adaptation)** για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι συντηρητικοί χαρακτήρες μπορεί επίσης να οφείλονται σε αναπτυξιακούς περιορισμούς. Δηλαδή η αλλαγή τους δεν μπορεί να γίνει γιατί θα απαιτούσε σημαντικές αναδιατάξεις σε αναπτυξιακά πρότυπα.

Ομολογία (Homology): Χαρακτήρες που υπάρχουν σε διαφορετικά τάξα λόγω κοινής καταγωγής ονομάζονται ομόλογοι (homologous). Η αναγνώρισή τους έχει εξαιρετική σημασία για την ταξινόμηση γιατί υποδηλώνει συγγένεια.

Ομοπλασία (Homoplasy): Η κατάσταση κατά την οποία δύο ή περισσότερα είδη διαθέτουν παρόμοιους χαρακτήρες τους οποίους δεν έχουν κληρονομήσει από κοινό πρόγονο. Συμπεριλαμβάνει **την συγκλίνουσα εξέλιξη, την παράλληλη εξέλιξη και την εξελικτική αναστροφή**. Η μη αναγνώριση ομοπλασιών οδηγεί σε εσφαλμένα φυλογενετικά συμπεράσματα.

ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

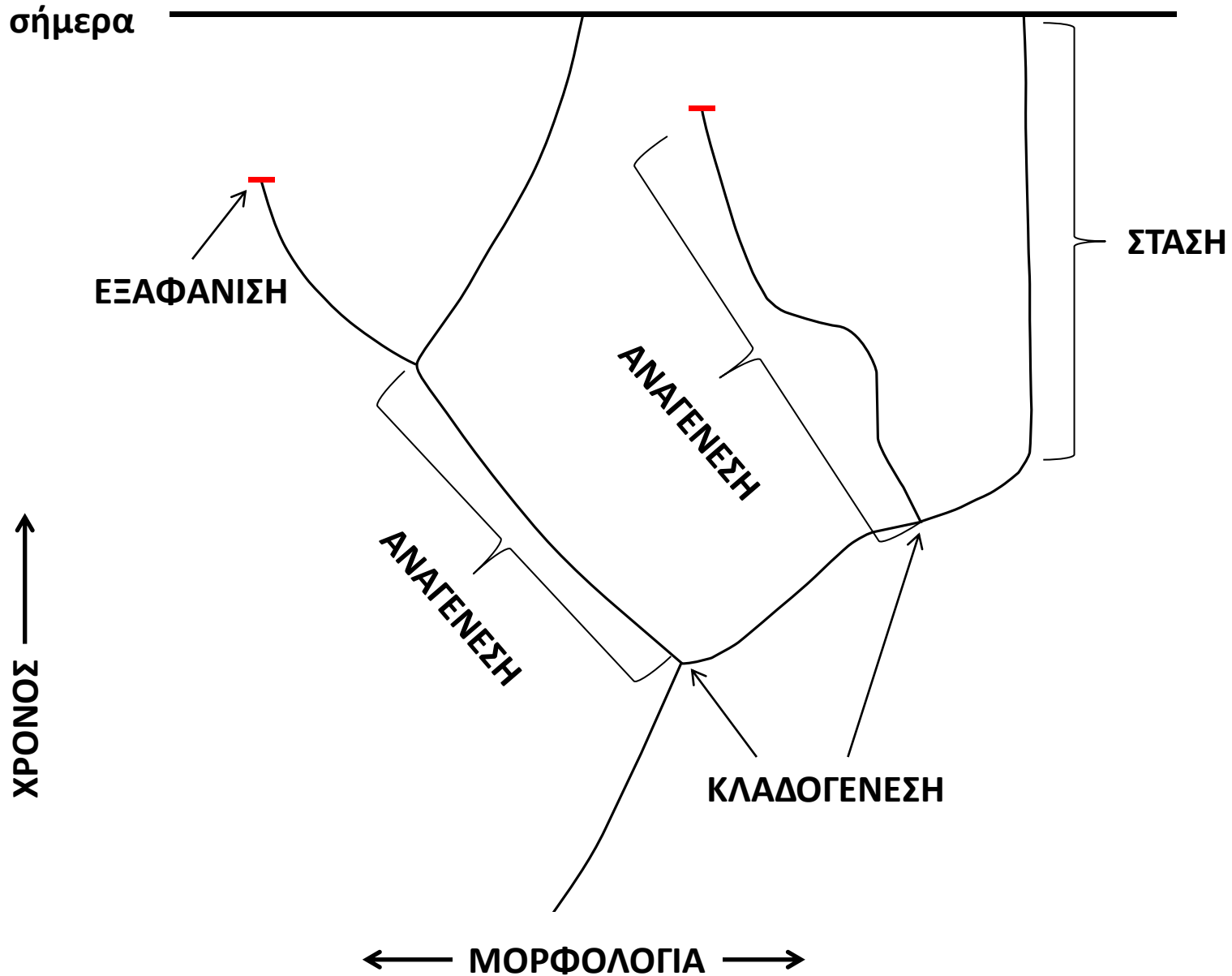
Κλαδογένεση (cladogenesis): Είναι ο διαχωρισμός μιας γενεαλογικής γραμμής σε δύο ή περισσότερες κατά τη διάρκεια της φυλογένεσης.

Αναγένεση (anagenesis): Είναι οι αλλαγές που συμβαίνουν εντός μιας φυλογενετικής γραμμής χωρίς να έχουμε τη γένεση ενός νέου κλάδου. Αναφέρεται και ως **φυλετική εξέλιξη**.

Στάση ή στασιγένεση (stasis ή stasigenesis): Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο μια φυλογενετική γραμμή παρουσιάζει στάση, δηλαδή για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτες εξελικτικές αλλαγές. Παράδειγμα στάσης αποτελούν τα ζωντανά απολιθώματα.

Εξαφάνιση (Extinction): Πρόκειται για το συμβάν της εξαφάνισης ενός ολόκληρου κλάδου.

ΠΙΘΑΝΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ



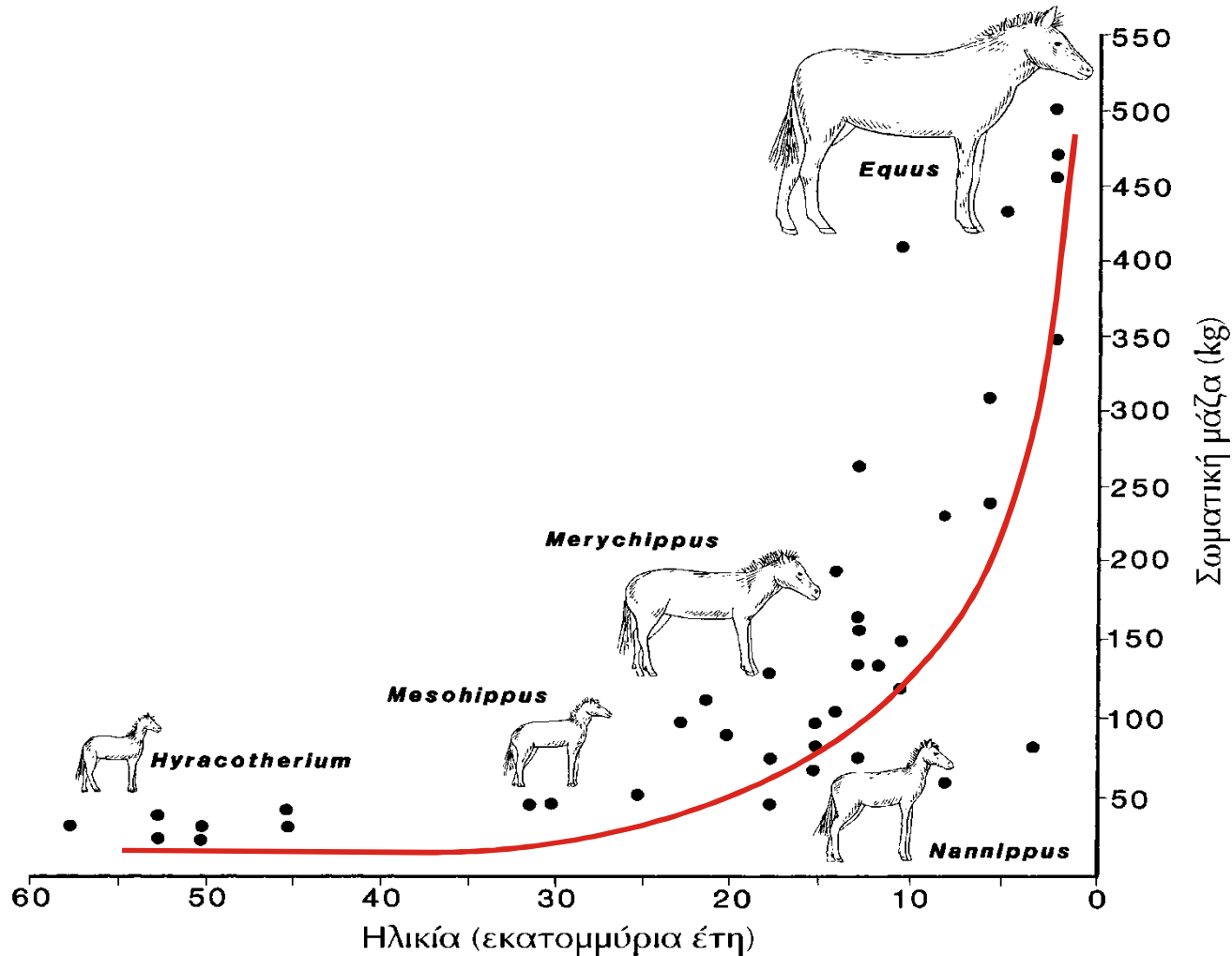
Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή του βάρους σε 40 είδη ιπποειδών σε σχέση με το χρόνο.

Υπάρχει κάποια τάση που να τεκμηριώνεται για όλον αυτόν τον κλάδο;

Παρατηρείται κάποιο χρονικό σημείο που αρχίζει να παρατηρείται αύξηση στο μέγεθος; Πότε;

Μεταξύ 58 εκατ. ετών και 10 εκατ. ετών πόση ήταν η αύξηση στο μέγεθος;

Όταν αυξήθηκε το μέγεθος εξαφανίστηκαν τα μικρόσωμα είδη;



ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

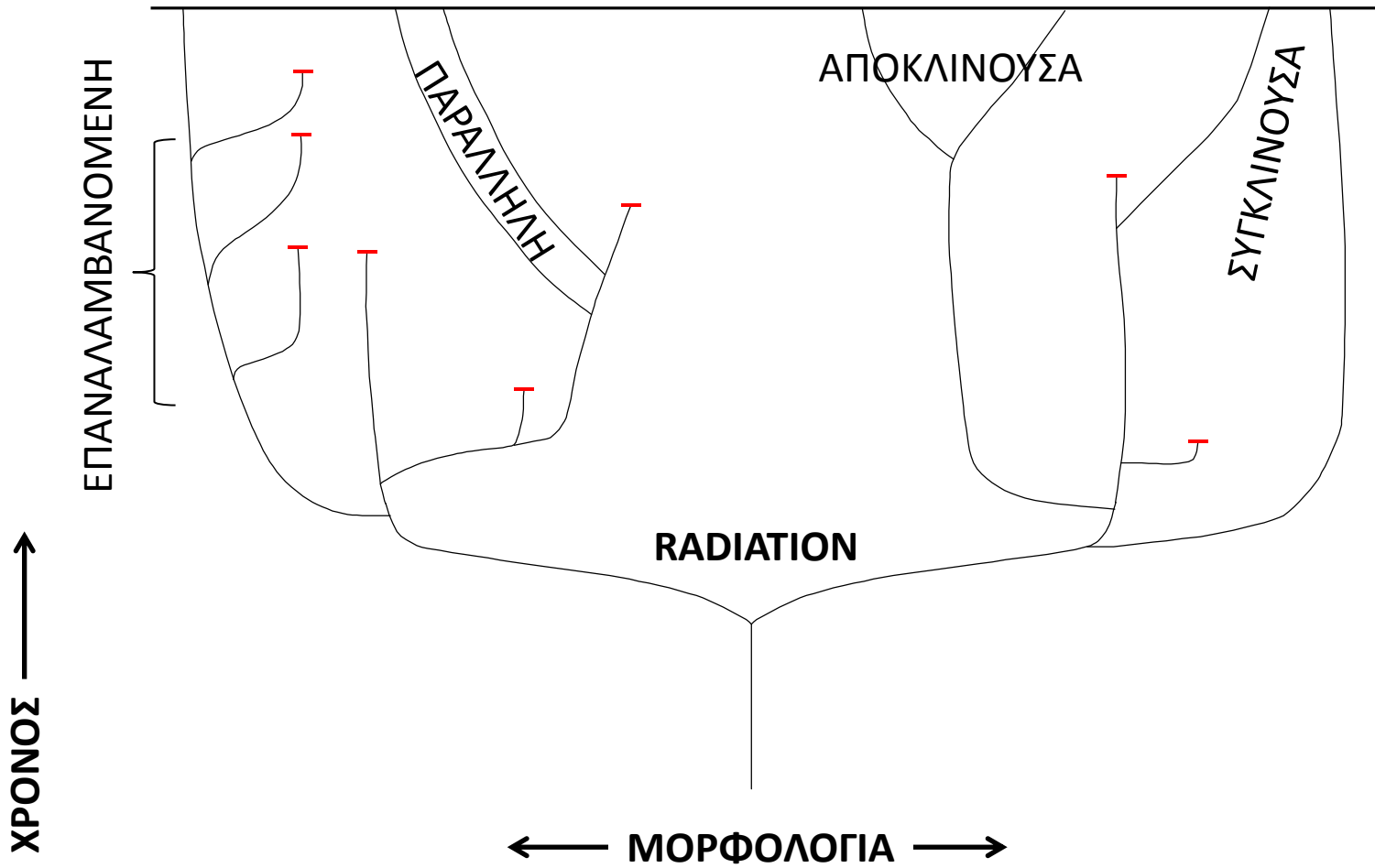
Συγκλίνουσα εξέλιξη (convergent evolution) : Είναι η εξέλιξη δύο ή περισσότερων αρχικά μορφολογικά διακριτών φυλογενετικών γραμμών προς παρόμοια μορφολογία. Η σύγκλιση αυτή ορισμένες φορές παράγει παρόμοιες προσαρμογές σε οργανισμούς διαφορετικής καταγωγής. Οι ομοιότητες που οφείλονται σε σύγκλιση ονομάζονται **ανάλογες**.

Αποκλίνουσα εξέλιξη (divergent evolution): Είναι η αύξηση της μορφολογικής διαφοράς μεταξύ φυλογενετικών γραμμών που λόγω γενετικής ομοιότητας είχαν αρχικά και παρόμοια μορφολογία. Είναι εξαιρετικά συνήθης στην εξέλιξη.

Παράλληλη εξέλιξη (parallel evolution): Είναι το φαινόμενο όπου οι μορφολογίες δύο στενά συγγενικών φυλογενετικών γραμμών αλλάζουν με παρόμοιο τρόπο ταυτόχρονα. Είναι συνήθης τρόπος εξέλιξης μεταξύ στενά συγγενικών ειδών που υφίστανται παρόμοιες εξελικτικές πιέσεις. Επίσης παρατηρείται πιο συχνά σε στενά συγγενικά είδη επειδή αυτά έχουν παρόμοια αναπτυξιακά προγράμματα.

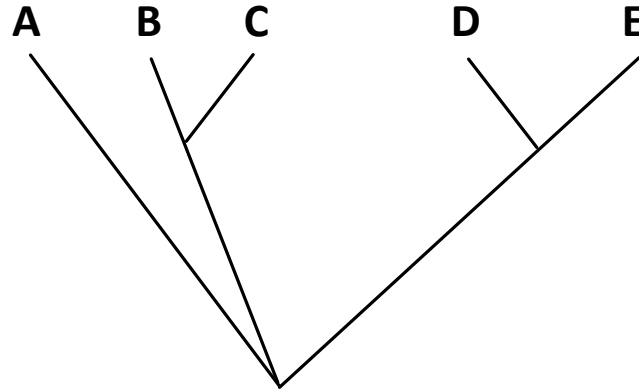
Επαναλαμβανόμενη εξέλιξη (iterative evolution): Είναι η επαναλαμβανόμενη γένεση σε διαφορετικό χρόνο νέων φυλογενετικών γραμμών με παρόμοια μορφολογία από έναν κλάδο που διατηρείται στο χρόνο. Για την τεκμηρίωσή της απαιτείται πολύ καλό και πλούσιο αρχείο απολιθωμάτων.

ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ



Ερωτήματα

- 1) Μελετήστε το παρακάτω υποθετικό κλαδόγραμμα και απαντήστε στα ακόλουθα: Τι τύπο ομάδας αποτελούν τα τάξα C+D, και τι τύπο ομάδας τα τάξα C+B; Με ποιους κλάδους έχει σχέση αδελφής ομάδας ο κλάδος που αποτελείται από τα τάξα B+C; Θεωρήστε το τάξον A ως παρομάδα.



- 2) Τι είναι η ομοπλασία και ποιες υποκατηγορίες συμπεριλαμβάνει;
- 3) Τι είναι η μωσαϊκή εξέλιξη. Αναφέρατε παράδειγμα.
- 4) Τι είναι οι συντηρητικοί χαρακτήρες;
- 5) Φτιάξτε ένα υποθετικό κλαδόγραμμα με 4 τάξα και απεικονίστε τις μονοφυλετικές και παραφυλετικές ομάδες.
- 6) Φτιάξτε ένα υποθετικό κλαδόγραμμα με 4 τάξα και απεικονίστε τις πολυφυλετικές και αδελφές ομάδες.

Ερωτήματα

- 7) Αναφέρατε (ονομαστικά) τα συμβάντα ή τάσεις που μπορεί να παρατηρηθούν στην ιστορία μιας εξελικτικής γραμμής.
- 8) Τι είναι κλαδογένεση, τι αναγένεση, και τι στάση ή στασιγένεση;
- 9) Τι είναι συγκλίνουσα εξέλιξη και τι παράλληλη εξέλιξη;
- 10) Πως ονομάζονται οι χαρακτήρες που δείχνουν ομοιότητες λόγω συγκλίνουσας εξέλιξης;