

Κ. ΚΡΙΜΠΑ - Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

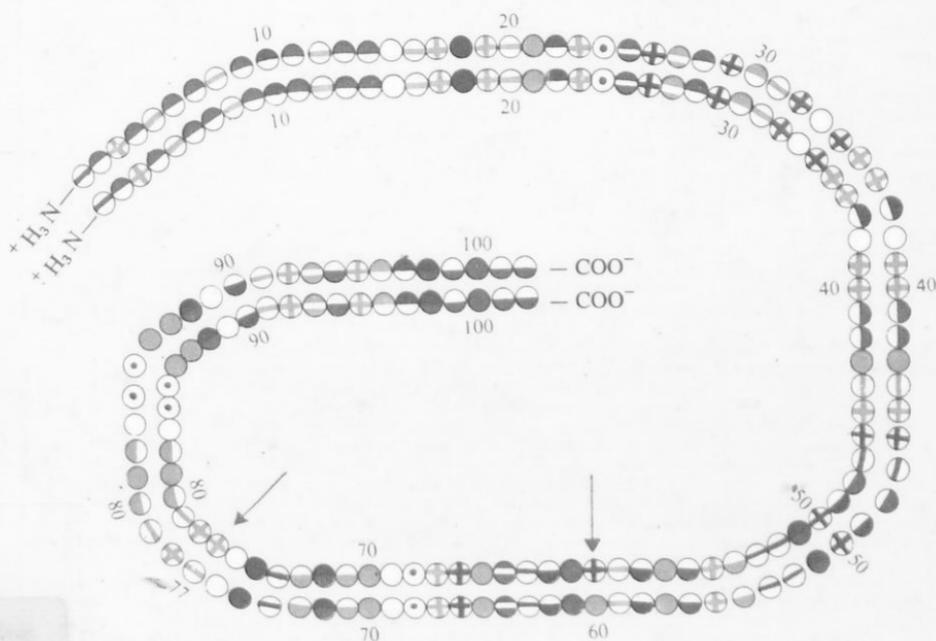
Βιολογία Γ/Λ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ

ΓΕΝΙΚΗΣ

ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ 1981

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Με απόφαση της Έλληνικής Κυβερνήσεως τὰ διδασκαστικά βιβλία τοῦ Δημοτικοῦ, Γυμνασίου καὶ Λυκείου τυπώνονται ἀπὸ τὸν Ὀργανισμό Ἐκδόσεως Διδακτικῶν Βιβλίων καὶ μοιράζονται ΔΩΡΕΑΝ.

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς



ΜΑΘΗΜΑΤΑ
ΓΙΑ ΤΗΝ
ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΣΤ

89

ΕΧΒ

Κριμπία, Κ.

Κ. ΚΡΙΜΠΙΑ - Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ 1981

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



002-
4NE
ET2B
1895

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ
ΤΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΒΟΥΛΗΣ
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ
Οεφ. Ζωδ. Σ.δ. Β.δ. Νικω
ΛΟΞ. Αριθ. Εισαγ. 2464 Έτος 1901

Γιά τόν Καθηγητή

Τό βιβλίο τοῦτο προσπαθεῖ νά πετύχει δύο σκοπούς. Πρῶτα νά καταστήσει γνωστότερο ἓνα σημαντικό, στίς μέρες μας, ἐπιστημονικό πεδίο, τή Βιολογία, νά τήν ἀπομυθοποιήσει καί νά δείξει πόσο ἐνδιαφέροντα καί ἐκπληκτικά εἶναι τά ζωντανά ὄντα. Μετά νά κάνει τούς μαθητές νά ἀγαπήσουν τή Φύση: ἡ γνώση ἑνός ἀντικειμένου γεννᾷ καί μεγαλώνει τήν ἀγάπη μας γι' αὐτό.

Γιά νά πετύχουν οἱ δύο αὐτοί σκοποί προσπαθήσαμε νά δώσουμε ἀρκετές λεπτομερειακές πληροφορίες γιά νά κάνουμε τήν ὅλη ζωντανότερη. Αὐτές ὁμως τίς λεπτομέρειες δέ θά 'πρεπε βέβαια νά ἀπομνημονεύσει ὁ μαθητής (ὅπως λ.χ. τούς Πίνακες 4.1 καί 4.2 ἢ τίς λεπτομέρειες τῶν μηχανισμῶν τῆς φωτοσύνθεσης καί τῆς ἀναπνοῆς κ.ἄ.). Μιά τέτοια προσπάθεια ἀπομνημονεύσεως θά εἶχε ἀκριβῶς τά ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπ' ὅ,τι ἐπιδιώκουμε. "Ἄν ὁ Καθηγητής γνωρίσει τό βιβλίο στό σύνολό του μπορεῖ νά προσπαθήσει νά μάθουν οἱ μαθητές τίς γενικές του γραμμές, τουλάχιστο ὡς πρός τό Κεφάλαιο 2, πού εἶναι καί τό πιό δύσκολο. Ὅρισμένα Τμήματα τοῦ βιβλίου ἀποτελοῦν μιά ἀπλή ὑπενθύμιση ὅσων διδάχθηκαν στή Γ' Γυμνασίου (Κεφάλαιο 3) ἀλλά μέ μεγαλύτερη ἐμβάθυνση. Τά Κεφάλαια 4 καί 5 ἀποτελοῦν νέα ὅλη, σημαντική, καί ἐκεῖ πρέπει νά δοθεῖ ἡ μεγαλύτερη σημασία. Τά Παραρτήματα δέν ἀποτελοῦν μέρος τῆς διδακτέας ὕλης ἀλλά βοηθήματα γιά τό μαθητή καί τό δάσκαλο. Ἡ συχνή χρησιμοποίησή τους, εἰδικά τοῦ Β', θά βοηθήσει ιδιαίτερα στήν τακτοποίηση τῶν γνώσεων τοῦ μαθητή γιά τά εἶδη τῶν ζωντανῶν ὄντων. Σ' αὐτό τό Παράρτημα, ὑποδεικνύεται στά σχέδια ἡ μεγέθυνση ἢ ἀμίκρυνση μέ τήν ὁποία παριστάνεται κάθε ζωντανό ὄν.

Ἐυχόμαστε καί ἐλπίζουμε τό βιβλίο αὐτό νά συμβάλει στήν αὐξηση τοῦ ἐνδιαφέροντος τοῦ μαθητή γιά τή Φύση καί γιά τή Βιολογία εἰδικότερα.



1.1 Γνωρίσματα τῶν ἐμβίων ὄντων - Μηχανές

Δέν εἶναι εὐκόλο νά καθορισθεῖ τί εἶναι ζωή, παρ' ὄλο πού καθένας μας νομίζει, στηριζόμενος στήν πείρα του, πώς τό ξέρει. Συχνά ἀποδίδουμε διάφορα διακριτικά γνωρίσματα στά ἔμβια ὄντα (στούς ζωντανούς ὀργανισμούς) γιά νά τά ξεχωρίσουμε ἀπό τά χωρίς ζωή ἀνόργανα σώματα. Ὑπάρχουν ὁμως χαρακτηριστικά, πού πραγματικά καί ξεκαθαρισμένα, πετυχαίνουν τό ξεχώρισμα; Ἄς ἐξετάσουμε ἀπό πιό κοντά μερικά γνωρίσματα πού ἔχουν ἀποδοθεῖ, σάν χαρακτηριστικά, στά ἔμβια ὄντα.

α) **Ἡ κίνηση.** Ἡ κίνηση ὁμως, ἀπ' τή μιά μεριά, εἶναι χαρακτηριστικό μόνο ἑνός μέρους τῶν ἐμβίων ὄντων (λ.χ. τά περισσότερα φυτά καί οἱ μύκητες δέν ἔχουν κίνηση) καί ἀπ' τήν ἄλλη συναντιέται σέ πάρα πολλές περιπτώσεις ἀνοργάνων σωμάτων. Ἔτσι λ.χ. διαφορές θερμοκρασίας προκαλοῦν τήν κίνηση τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα δημιουργώντας τόν ἄνεμο, οἱ πλανήτες περιστρέφονται γύρω ἀπό τόν ἥλιο ἀλλά καί τόν ἑαυτό τους καί τά ἠλεκτρόνια γύρω ἀπό τόν πυρήνα τοῦ ἀτόμου. Ἡ κίνηση λοιπόν, δέν ἀποτελεῖ διακριτικό χαρακτηριστικό τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν.

β) **Δομή καί λειτουργία.** Αὐτό πού μᾶς ἐντυπωσιάζει στά ἔμβια ὄντα, ἀκόμα καί στά μικρότερα, εἶναι τό γεγονός πώς δέν εἶναι ἀπλά, τουλάχιστο τόσο ἀπλά, ὅσο τά περισσότερα ἀπό τά ἀνόργανα σώματα, πού ἔχουν τό ἴδιο μέ αὐτά μέγεθος.

Ἀποτελοῦνται ἀπό πολλά μέρη πού ξεχωρίζουν. Τό γυαλί, μιά πέτρα, τό ρυάκι φαίνονται περισσότερο ὁμοιογενή ἀπό τό φυτό μέ τίς ρίζες, τό

βλαστό και τα φύλλα του ή τη μέλισσα με το κεφάλι της, τις κεραίες της, τα μάτια της, το θώρακά της, τα φτερά της, τα πόδια της, την κοιλιά της και το κεντρί της ή ακόμα και από ένα μόνο κύτταρο. Σάν ένα λυιόν χαρακτηριστικό των ζωντανών οργανισμών εμφανίζεται ή μεγάλη **άνομοιομέρεια** και ή πολυπλοκότητα στις δομές τους. Πρέπει ακόμα νά σημειωθεί πώς τά διάφορα τμήματά τους βρίσκονται τοποθετημένα με κάποια τάξη, κάποια **οργάνωση**: ό οίσοφάγος καταλήγει στό στομάχι πού τό άκολουθεί τό λεπτό έντερο και αυτό τό παχύ έντερο. Ή οργάνωση αυτή επιτρέπει την πραγματοποίηση όρισμένων **λειτουργιών**. Ή τροφή λ.χ. πού μασιέται στό στόμα, καταπίνεται και όδηγείται στό στομάχι, όπου πολτοποιείται και χωνεύεται. Ή πέψη εξακολουθεί στό έντερο όπου και άπορροφούνται τά θρεπτικά συστατικά. Τελικά, ή μάζα πού δέ χωνεύθηκε και δέν άπορροφήθηκε, άποβάλλεται.

Ή άνομοιομέρεια και πολυπλοκότητα και ή οργάνωση και οί λειτουργίες δέν χαρακτηρίζουν όμως άποκλειστικά τά έμβια όντα μόνο. Μερικά άνόργανα σώματα μοιάζουν με τά ζωντανά, σ' αυτά τά χαρακτηριστικά. Τέτοια άνόργανα σώματα είναι οί **μηχανές** πού κατασκευάζει ό άνθρωπος. Στο αυτοκίνητο λ.χ. άλλου άποθηκεύεται ή βενζίνη, άλλου γίνεται ή καύση και ή έκτόνωση, άλλου μεταδίδεται ή κίνηση στους τροχούς, με ειδικά συστήματα γίνεται ή όδήγηση και τό φρενάρισμα ή ό φωτισμός. Ή άνομοιομέρεια, πολυπλοκότητα και οργάνωση των διάφορων τμημάτων είναι ιδιότητες πού έχουν και οί μηχανές για νά μπορούν νά επιτελούν όρισμένη λειτουργία: τό αυτοκίνητο νά κινηθεί, ή θεριζοαλωνιστική μηχανή νά θερίσει και ν' άλώνισει, ό ηλεκτρονικός ύπολογιστής νά κάνει ύπολογισμούς.

Γενικά τά προϊόντα της τέχνης του ανθρώπου, τά κατασκευάσματά του, τά **τεχνήματα**, έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τά ζωντανά όντα, διαφέροντας έτσι από τά ύπόλοιπα άνόργανα σώματα.

γ) **Ή μεταβολισμός**. Ή οργανισμός καταναλώνει ενέργεια όπως και μία μηχανή. Τό αυτοκίνητο λ.χ. ή ή θεριζοαλωνιστική μηχανή εξασφαλίζουν την άναγκαία για τή λειτουργία τους (κίνηση κτλ.) ενέργεια καίγοντας βενζίνη. Τό ηλεκτρικό ψυγείο ή ό ηλεκτρονικός ύπολογιστής, δυό άλλες μηχανές, χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια, ηλεκτρικό ρεύμα. Κι ό οργανισμός βρίσκει την άναγκαία για τις λειτουργίες του ενέργεια με άναλογο τρόπο, καίγοντας ή διασπώντας όρισμένες χημικές ενώσεις. Ή μηχανισμός αυτός της παραγωγής ενέργειας λέγεται **καταβολισμός**. Είναι φανερό πώς ό καταβολισμός είναι φαινόμενο κοινό και για τους οργανισμούς, και για όρισμένες μηχανές, άφου και στις δυό περιπτώσεις για τή λειτουργία τους καταναλώνεται ενέργεια πού παράγεται από τή διάσπαση χημικών ενώσεων.

Ο οργανισμός όμως κάνει και κάτι άλλο: φτιάχνει ο ίδιος τα καύσιμά του από τις τροφές του. Σάν δηλαδή να μπορούσε ένα αυτοκίνητο να φτιάχνει τη βενζίνη του. Ο οργανισμός φτιάχνει σύνθετες χημικές ενώσεις είτε από απλές είτε από άλλες σύνθετες. Κι όχι μόνο φτιάχνει τα καύσιμά του αλλά και τα υλικά από τα οποία αποτελείται ο ίδιος. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται **άναβολισμός**. Και για τόν άναβολισμό χρησιμοποιεί ενέργεια. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας αποθηκεύεται μέσα στα καύσιμα και, όταν χρειαστεί, απελευθερώνεται από αυτά με τόν καταβολισμό, όποτε τά καύσιμα σπάζουν πάλι σε μικρότερα συστατικά. Όλη ή ενέργεια πού χρειάζεται οι ζωντανοί οργανισμοί προέρχεται σε τελική άνάλυση άπ' τήν ήλιακή ενέργεια με τό μηχανισμό της **φωτοσύνθεσης**.

Ο άναβολισμός είναι λειτουργία πού δέν ύπάρχει στις μηχανές και χαρακτηρίζει τά έμβια όντα, άν και, θεωρητικά, τίποτα δέν άποκλείει τήν κατασκευή μηχανής με άναβολικές λειτουργίες.

Φαίνεται λοιπόν καθαρά πός ό οργανισμός μοιάζει με μία **χημική μηχανή** πού χρησιμοποιεί χημικές ουσίες αντί για τροχούς ή γρανάζια, για να μεταφέρει τήν ενέργεια.

Ο καταβολισμός κι ό άναβολισμός άποτελούν τά δύο τμήματα του **μεταβολισμού**, της σύνθετης δηλαδή λειτουργίας τών ζωντανών οργανισμών κατά τήν εκδήλωση της όποιας πραγματοποιείται **άναλλαγή ύλης** και ενέργειας με τό **περιβάλλον**. Έπειδή ό οργανισμός άναλλάσσει ύλη και ενέργεια με τό περιβάλλον του λέμε πός δέν είναι κλειστό αλλά **άνοικτό σύστημα**.

δ) **Η όμοιόσταση**. Τό αυτοκίνητο χρειάζεται ενέργεια για να κινηθεί, ό ηλεκτρονικός ύπολογιστής για να κάνει τούς ύπολογισμούς του. Γιατί, όμως, χρειάζεται ό οργανισμός ενέργεια;

Άς πάρουμε για παράδειγμα ένα ήλεκτρικό ψυγείο. Η μηχανή του δουλεύει καταναλώνοντας ενέργεια για να κρατά σε χαμηλή θερμοκρασία τόν έσωτερικό (ψυκτικό) του χώρο. Άν αφήσουμε, όμως, ένα ψυγείο μέσα σ' ένα ζεστό δωμάτιο, χωρίς να δουλεύει ή μηχανή του, θά δούμε πός ή θερμοκρασία του ψυκτικού του χώρου θ' άρχίσει ν' άνεβαίνει και ύστερα από όρισμένο χρονικό διάστημα, θά γίνει ίδια με τή θερμοκρασία του δωματίου. Για να μην συμβεί αυτό, για να διατηρηθεί, δηλαδή, χαμηλή ή θερμοκρασία του, πρέπει κάπου κάπου ή μηχανή του να δουλεύει καταναλώνοντας ήλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή ενέργεια.

Τάση της φύσεως είναι να εξισώσει τή θερμοκρασία του ψυγείου με τή θερμοκρασία του δωματίου. Να εξουδετερώσει τήν άνισότητα. Να καταστρέψει τήν όργάνωση του ψυγείου. Με τήν καταναλωση όμως ενέργειας ή μηχανή του ψυγείου εξασφαλίζει αυτή τήν επιθυμητή άνισότητα άνάμεσα

στή θερμοκρασία του ψυκτικού του θαλάμου και στη θερμοκρασία του δω-
ματίου, εξασφαλίζει δηλαδή τή σταθερή κατάσταση στην οποία βρίσκεται
ένα ψυγείο για να λειτουργεί σάν ψυγείο.

Ἡ τάση τῆς φύσεως νά ἰσοπεδώνει τῖς ἀνισότητες χαλάει τὴν ὀργάνω-
ση: ἕνα σπίτι νά ἀντέξει στὸ χρόνο καὶ νά διατηρηθεῖ, χρειάζεται συν-
τήρηση, ἐπισκευές.

Ὅτι συμβαίνει μὲ τὸ ψυγείο καὶ τὸ σπίτι, γίνεται καὶ μὲ τὸν ὀργανισμό.
Ἕνας ὀργανισμὸς χρειάζεται ἐνέργεια, γιὰ νά διατηρήσει σταθερὴ τὴν
κατάστασή του. Αὐτὴ τὴν ἐνέργεια τὴ χρησιμοποιεῖ γιὰ τῖς διάφορες λει-
τουργίες του ὅπως λ.χ. γιὰ νά ἀποφεύγει τοὺς διῶκτες του, νά ἀναπληρώνει
τῖς φθορές του, νά ἐπισκευάζει τῖς ζημιές του, νά κρατᾷ τὴν κατάστασή του
σταθερὴ. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ τοῦ ὀργανισμοῦ νά διατηρεῖ σταθερὴ – ὅμοια –
τὴν κατάστασή του ὀνομάζεται **ὁμοίωση**.

Γιὰ νά κλείσει μιὰ πληγὴ ὁ ὀργανισμὸς χρειάζεται ἐνέργεια. Γιὰ νά
διατηρήσει τὴ θερμοκρασία του, ὅταν κάνει κρύο, καίει πιὸ πολλὰ καύσιμα
καὶ παράγει θερμότητα. Ἀντίθετα, ὅταν κάνει ζέστη, παράγει κι ἀποβάλλει
ἰδρώτα (καὶ γι' αὐτὸ χρειάζεται ἐνέργεια), πού ἐξατμίζεται καὶ βοηθᾷ νά
διατηρηθεῖ χαμηλὴ ἢ θερμοκρασία τοῦ σώματος.

Γιὰ νά διατηρηθεῖ ὁ ὀργανισμὸς στὴ ζωὴ, δίνει μιὰ διαρκὴ μάχη: πρέ-
πει νά κρατήσει σταθερὴ τὴν κατάστασή του παρ' ὅλες τῖς ἀλλαγές πού
συμβαίνουν στὸ περιβάλλον του. Μὲ τὸ περιβάλλον του, ὥστόσο, βρίσκε-
ται σέ διαρκὴ ἐπικοινωνία ἀνταλλάσσοντας ὕλη καὶ ἐνέργεια. Γιατί, ἂν
ἀποκλειστεῖ ἀπὸ τὸ φυσικὸ του περιβάλλον, πεθαίνει. Ὅλοι γνωρίζουμε
ὅτι ἀπὸ τὸ φυσικὸ μας περιβάλλον χρειάζομαστε, λόγου χάρη, ὀξυγόνο καὶ
χωρὶς αὐτὸ, δὲν μπορούμε νά ζήσουμε.

Ἡ ὁμοίωση παρατηρεῖται καὶ στῖς μηχανές, λ.χ. στὸ ἠλεκτρικὸ ψυ-
γείο. Δὲν εἶναι ἀποκλειστικὴ ἰδιότητα τῶν ὀργανισμῶν.

ε) **Ἡ ἐρεθιστικότητα.** Ὁ ὀργανισμὸς νοιώθει ὄχι μόνο τί συμβαίνει στὸ
περιβάλλον ἀλλὰ καὶ μέσα του, καὶ ἀντιδρᾷ κατάλληλα, χάρη σέ μιὰ ἰδι-
ότητά του πού τὴν ὀνομάζουμε **ἐρεθιστικότητα**. Ἡ ἐρεθιστικότητα εἶναι
χαρακτηριστικὴ ἰδιότητα κάθε ἔμβιου ὄντος καὶ ἀποτελεῖ μέρος τῆς ὁμοι-
οστατικῆς ἰκανότητος τῶν ὀργανισμῶν.

Κάτι ἀνάλογο ὅμως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ ἠλεκτρικὸ ψυγείο. Μὲ κάποιο
ὄργανο (λ.χ. θερμόμετρο) παρακολουθεῖται ἡ θερμοκρασία τοῦ ψυκτικοῦ
θαλάμου του. Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνεβεῖ πάνω ἀπὸ ἕνα ὀρισμένο ὄριο, μὲ
κάποιο μηχανισμό μεταβιβάζεται ἀπὸ τὸ «θερμόμετρο» τὸ μήνυμα, ἢ δια-
ταγὴ, στὴ μηχανὴ τοῦ ψυγείου ν' ἀρχίσει νά δουλεῖ γιὰ νά κατεβάσει τὴ
θερμοκρασία τοῦ ψυκτικοῦ θαλάμου του στὰ ἐπιθυμητὰ, κι ἀπὸ μᾶς προκα-
θορισμένα, ὄρια. Τὸ θερμόμετρο καὶ οἱ συνδέσεις του μὲ τὴ μηχανὴ τοῦ

ψυγείου αντιστοιχοῦν στά αἰσθητήρια ὄργανα καί τά νεῦρα τοῦ πολυκύτταρου ζωικοῦ ὀργανισμοῦ.

Σάν συμπέρασμα ἀπό τά προηγούμενα θά μπορούσε νά εἰπωθεῖ πὼς καμιά ιδιότητα ἀπὸ αὐτὲς πού μέχρι τώρα ἐξετάσαμε, μὲ ἐξαιρέση ἴσως τὸν ἀναβολισμό, δὲ διαφοροποιεῖ βασικά τοὺς ζωντανοὺς ὀργανισμοὺς ἀπὸ τὰ χωρὶς ζωῆ ἀνόργανα σώματα, ἐκεῖνα τουλάχιστο πού ὀνομάζουμε μηχανές καί εἶναι προϊόντα τῆς ἀνθρώπινης τέχνης.

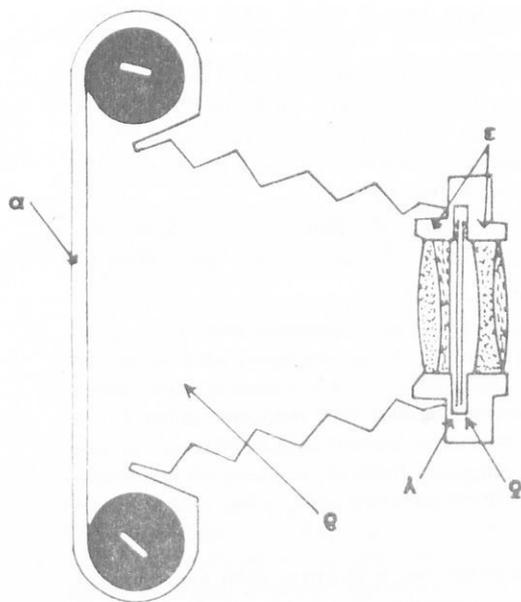
Κι ὅμως ὑπάρχουν δυὸ ἀκόμη, σημαντικὲς ιδιότητες πού χαρακτηρίζουν τὰ ζωντανά ὄντα, ἡ ἀναπαραγωγή καί ἡ τελεονομία. Ἄραγε αὐτὲς τὰ ξεχωρίζουν ἀπὸ τὶς μηχανές;

στ) **Ἡ ἀναπαραγωγή.** Ἡ ιδιότητα τῆς ἀναπαραγωγῆς εἶναι βασικὸ χαρακτηριστικὸ τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν. Κάθε ζωὴ προέρχεται μόνο ἀπὸ ζωὴ. Κατὰ τὴν ἀναπαραγωγή ἓνας ἢ δυὸ ὀργανισμοὶ δίνουν γέννηση σ' ἓνα ἢ σὲ περισσότερους νέους ὀργανισμοὺς πού τοὺς μοιάζουν. Αὐτὴ ἡ ιδιότητα ἔχει βασικὴ σημασία καί θεωρεῖται ἀπὸ πολλοὺς πὼς ξεχωρίζει τοὺς ζωντανοὺς ὀργανισμοὺς ἀπὸ τὶς μηχανές. Γιατί τὶς μηχανές τὶς κατασκευάζει ὁ ἄνθρωπος ἐνῶ τὰ ζωντανά ὄντα κατασκευάζουν μόνο τοὺς τὰ ὁμοιά τους.

Ἴσως ὅμως δὲν πρέπει νά θεωρηθεῖ πὼς ἡ ιδιότητα αὐτὴ διαφοροποιεῖ ἀπόλυτα τὰ ζωντανά ὄντα ἀπὸ τὶς μηχανές γιὰ δυὸ λόγους. Πρῶτα γιατί πολλοὶ ὑποστηρίζουν μὲ σοβαρά ἐπιχειρήματα πὼς ἡ ζωὴ γεννήθηκε κάποτε στὴ γῆ στὸν Προκάμβριο αἰῶνα ἀπὸ μόνη της, ὄχι δηλαδὴ ἀπὸ ἄλλη ζωὴ: οἱ συνθήκες ἦταν κατάλληλες γιὰ νά δημιουργηθοῦν ἀπὸ διάφορες χημικὲς ἐνώσεις τὸ πρῶτο ἢ τὰ πρῶτα ζωντανά ὄντα πού ἀποτελέσαν τοὺς μακρινοὺς προγόνους ὄλων τῶν ἄλλων. Ἐπειτα γιατί ἔχει ἀποδειχθεῖ μαθηματικά (ἀπὸ τὸ μαθηματικὸ von Neumann) ὅτι εἶναι δυνατό νά κατασκευαστεῖ μηχανὴ πού νά παρουσιάζει τὴν ιδιότητα τῆς ἀναπαραγωγῆς, δηλαδὴ τοῦ αὐτοπολλαπλασιασμοῦ τῆς. Τὰ πιὸ ἀπλά μηχανήματα πού ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴ ἔχουν ἀπὸ καιρὸ κατασκευαστεῖ.

Ἄν ἡ ιδιότητα τῆς ἀναπαραγωγῆς δὲ διαχωρίζει τοὺς ζωντανοὺς ὀργανισμοὺς ἀπὸ τὶς μηχανές, ὥστόσο μιά λεπτομέρεια τοῦ μηχανισμοῦ τῆς φαίνεται ὅτι χαράζει πραγματικά μιά ξεκάθαρη διαχωριστικὴ γραμμὴ μεταξύ τους: ὁ μηχανισμὸς ἀναπαραγωγῆς τῶν ζῶντων ὄντων βασίζεται πάντοτε καί χωρὶς ἐξαιρέση σὲ μιά κατηγορία χημικῶν ἐνώσεων, τὰ νουκλεϊκά ὀξέα. Ἔτσι κάθε σύστημα πού ἔχει ιδιότητα ἀναπαραγωγῆς βασισμένη σὲ νουκλεϊκά ὀξέα εἶναι ζωντανό, ἐνῶ ἂν ἡ ἀναπαραγωγή του βασίζεται σὲ ἄλλο μηχανισμὸ δὲν εἶναι. Τὸ ἀντίστροφο ἐπίσης ἰσχύει.

ζ) **Ἡ τελεονομία.** Ἡ λέξη τελεονομία εἶναι σύνθετη ἀπὸ τὶς λέξεις τέ-

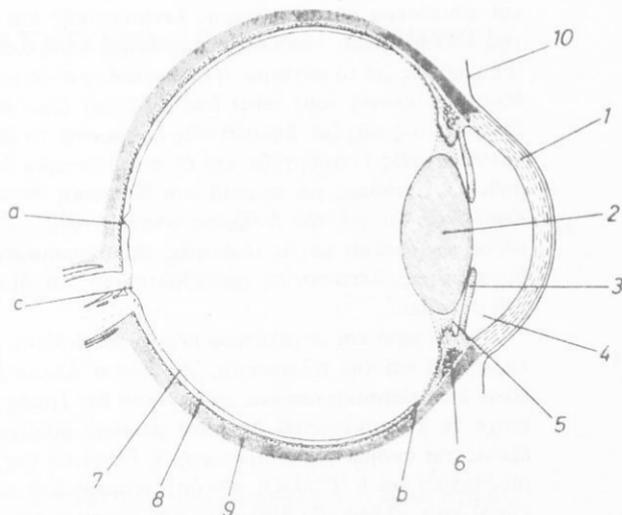


Εικόνα 1: Φωτογραφική μηχανή σε τομή: (α) το φιλμ (β) ο σκοτεινός θάλαμος (γ) και (δ) το διάφραγμα και κλείστρο (ε) ο φακός.

λος, που εδώ σημαίνει σκοπός, και νόμος.

Η τελεονομία στους ζωντανούς οργανισμούς και τις μηχανές εκδηλώνεται στο γεγονός πως κι οι δύο αυτές κατηγορίες αντικείμενων φαίνεται να έχουν κάποιο σκοπό, να έχουν γίνει για να εκπληρώσουν, για να επιτελέσουν, κάποιο σκοπό.

Αυτό φαίνεται ολοκάθαρα από τη δομή τους: έχει έτσι σχεδιαστεί που να πετυχαίνει την εκπλήρωση του σκοπού αυτού. Γι' αυτό και όμοιες ή ανάλογες δομές αντικατοπτρίζουν ομοιότητα στη λειτουργία και το σκοπό για τον οποίο είναι σχεδιασμένες. Παράδειγμα κλασικό ή ομοιότητα της κατασκευής της φωτογραφικής μηχανής και του ματιού των θηλαστικών: η ομοιότητα του σκοπού που εκπληρώνουν τα δύο αυτά αντικείμενα είναι η αποτύπωση οπτικών πληροφοριών. Για το σκοπό αυτόν η φωτογραφική μηχανή έχει φακό, διάφραγμα, σκοτεινό θάλαμο, ευαίσθητη φωτογραφική πλάκα (φιλμ) και άλλα σχετικά εξαρτήματα. Άλλα και το μάτι του θηλαστικού έχει παρόμοια κατασκευή: έχει και αυτό φακό (τόν κρυσταλλικό φακό), την ίριδα, που αντιστοιχεί με το διάφραγμα της φωτογραφικής μηχανής, τον αμφιβληστροειδή χιτώνα που αντιστοιχεί με τη φωτογραφική πλάκα κ.ο.κ.



Εικόνα 2: Το ανθρώπινο μάτι σε τομή: (7) ο άμφιβληστροειδής - αντίστοιχος με το φιλμ (3) ή ιριδα - αντίστοιχη με το διάφραγμα (2) ο φακός - αντίστοιχος με το φακό της φωτογραφικής μηχανής.

Ἡ δομὴ ὁμῶς μιᾶς μηχανῆς καὶ ὁ τελικὸς σκοπὸς πού ἔχει νά ἐκπληρωθεῖ εἶναι, σὲ κάθε περιπτώσῃ, ἀποτελεσμάτα ἐνεργειῶν πού βρίσκονται ἔξω ἀπὸ αὐτήν (ὁ τεχνίτης πού τὴν ἐφτιαξε). Ἀντίθετα καὶ σὲ ἀπόλυτη ἀντιδιαστολή ἡ δομὴ ἑνὸς ἔμβιου ὄντος δὲν ὀφείλεται σὲ κατασκευαστὲς ἔξω ἀπὸ αὐτὸ ἀλλὰ σὲ αὐτὸ τὸ ἴδιο. Ὁ μοναδικὸς καὶ πάντα ἴδιος τελικὸς σκοπὸς του εἶναι νά ἐξασφαλίσει, μὲ τὴν ἀναπαραγωγή, τὴ διαίωσή του.

Ἐπισκοπώντας ὅλα τὰ προηγούμενα μποροῦμε νά ποῦμε πὼς τὰ ἔμβια ὄντα ξεχωρίζουν καὶ διαφέρουν ἀπ' τὴς μηχανές, γιατί τελικὸς μοναδικὸς σκοπὸς τους εἶναι ἡ διαίωσή τους, πού πετυχαίνεται μὲ τὴν ἀναπαραγωγή, πού ὁ μηχανισμὸς τῆς βασίζεται σὲ νουκλειϊκὰ ὀξέα, ἐνῶ ὁ τελικὸς σκοπὸς τῶν μηχανῶν καθορίζεται κάθε φορὰ ἀπ' τὸν ἄνθρωπο καὶ σὲ περίπτωση ἀναπαραγωγῆς τους ὁ μηχανισμὸς τῆς δὲν ἔχει καμιὰ σχέση μὲ τὰ νουκλειϊκὰ ὀξέα.

1.2 Τὰ περιεχόμενα αὐτοῦ τοῦ βιβλίου

Τὸ βιβλίο αὐτὸ εἶναι χωρισμένο σὲ δύο μέρη. Τὸ ἓνα, τὸ συντομότερο, ἀσχολεῖται μὲ τὴ λειτουργία τοῦ ζωντανοῦ ὄντος, τῆς ζωντανῆς μηχανῆς

καί ειδικότερα τῆς μικρότερης λειτουργικῆς καί μορφολογικῆς μονάδας τῆς, τοῦ κυττάρου. Ἄπαντὰ στό ἐρώτημα «πῶς λειτουργεῖ ὁ ὄργανισμός;». Ἐξηγεῖ πῶς ζεῖ τό κύτταρο, ἡ στοιχειώδης αὐτή μονάδα ἀπό τήν ὁποία (ἂν ἐξαιρέσει κανεῖς τούς ἰούς) ἀποτελοῦνται ὅλοι οἱ ζωντανοί ὄργανισμοί. Γνωρίζοντας πῶς ζεῖ, δηλαδή πῶς λειτουργεῖ τό κύτταρο, καταλαβαίνουμε καλύτερα πῶς λειτουργοῦν καί οἱ πολυκύτταροι ὄργανισμοί, ἰδίως ἂν θυμηθοῦμε τί μάθαμε γιά τά φυτά στή Βοτανική (Φυτολογία), γιά τά ζῶα στή Ζωολογία καί γιά τόν ἄνθρωπο στήν Ἀνθρωπολογία. Τό πρῶτο λοιπόν μέρος ἀσχολεῖται μέ τίς ιδιότητες τῆς ἀνομοιομέρειας, πολυπλοκότητας, ὀργανώσεως, λειτουργίας (μεταβολισμοῦ) καί ὁμοιόστασης στό ἐπίπεδο τοῦ κυττάρου.

Τό δεύτερο καί μεγαλύτερο μέρος τοῦ βιβλίου ἀσχολεῖται μέ τήν ἀναπαραγωγή καί τήν τελεονομία. Ἄπαντὰ σ' ἄλλου εἶδους ἐρωτήματα: γιατί εἶναι ἔτσι κατασκευασμένο τό ζωντανό ὄν; Ποιός τό κατασκεύασε ἢ πῶς ἔτυχε νά κατασκευαστεῖ ἔτσι καί μέ ποιά διαδικασία; Σ' αὐτό τό μέρος ἐξετάζεται ἀκόμα ἡ ἀναπαραγωγή, ἡ Γενετική (μηχανισμός τῆς κληρονομικότητας) καί ἡ Ἐξέλιξη τῶν ὀργανισμῶν. Στό τέλος μιλάμε καί γιά τήν Οἰκολογία, κλάδο τῆς Βιολογίας πού ἐξετάζει τούς ὀργανισμούς σέ σχέση μέ τό περιβάλλον πού ζοῦν, καί πού εἶναι τόσο ἐπικαιρός, ἀφοῦ στά χρόνια μας ἡ ρύπανση καί καταστροφή τοῦ φυσικοῦ περιβάλλοντος ἔχουν πάρει ἐπικίνδυνη ἔκταση.

2. ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Είδαμε πώς ο οργανισμός είναι μία χημική μηχανή: αντί όμως στη μηχανή αυτή να κινούνται άξονες και τροχοί, όπως στο ρολόι, «κινούνται» χημικά μόρια. Τα μόρια αυτά αντιδρώντας μεταξύ τους παρέχουν και την ενέργεια που χρειάζεται. Έτσι η ενέργεια που χρησιμοποιεί ο οργανισμός είναι χημική ενέργεια.

2.1 Ήξειδοαναγωγές και Ήνέργεια

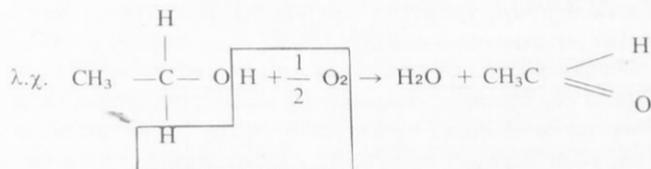
Δύο ειδών χημικές αντιδράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό: οί **ήξειδώσεις** και οί **ήναγωγές**.

Όταν μία χημική ένωση ή ένα χημικό στοιχείο ήξειδώνεται, σημαίνει:

● είτε πώς προσθέτονται, σέ άτομα ή μόρια, άτομα ήξυγόνου (ή περίπτωση αυτή λέγεται και **καύση**) λ.χ.

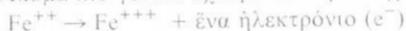


● ή πώς από μόρια ήφαιρούνται άτομα ήδρογόνου:



Στίς περιπτώσεις αυτές μιλάμε γιά ήφυδρογόνωση. Πολλές από τίς ήξειδώσεις στόν οργανισμό είναι στήν πραγματικότητα ήφυδρογόνώσεις.

Γενικότερα στις οξειδώσεις **αφαιρούνται ηλεκτρόνια** κι έτσι αυτό που οξειδώνεται, είτε άτομο είναι είτε ρίζα, αυξάνει το θετικό χημικό σθένος του, ή ελαττώνει το αρνητικό του. Έτσι στο προηγούμενο παράδειγμά μας ο μεταλλικός Cu με σθένος μηδέν οξειδώνεται και γίνεται Cu^{++} , αποκτώντας σθένος + 2. Ακόμα πιο γενικά έχουμε το παράδειγμα



Αντίθετα, όταν μία χημική ένωση ανάγεται, συμβαίνει ακριβώς το αντίστροφο, δηλαδή:

● είτε αφαιρούνται άτομα οξυγόνου

λ.χ. $PbO + C \rightarrow Pb + CO$ (τό οξείδιο του μολύβδου γίνεται μεταλλικός μολύβδος).

● ή προσθέτονται άτομα υδρογόνου

λ.χ. $S + H_2 \rightarrow H_2S$ (υδροθείο)

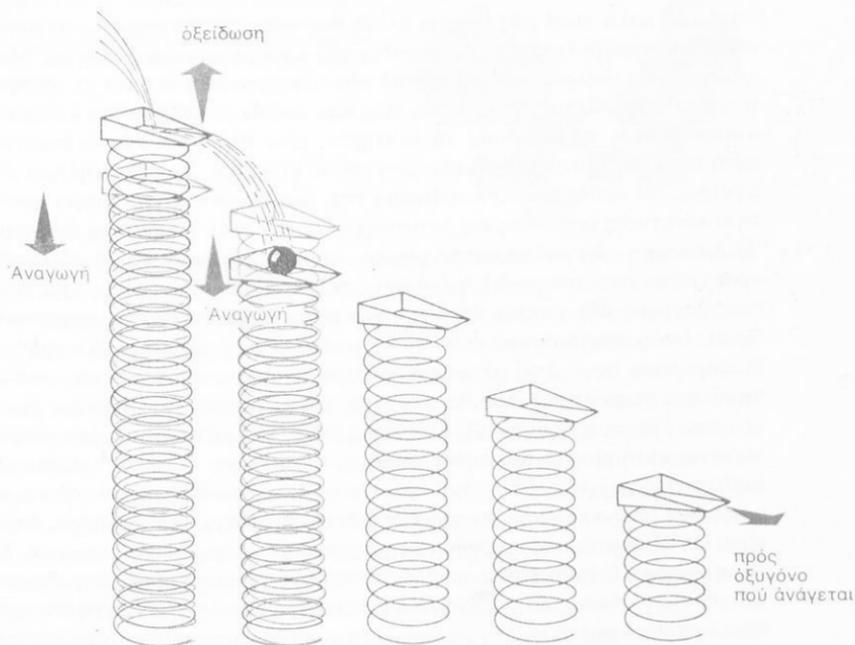
Γενικότερα στις αναγωγές **προσθέτονται ηλεκτρόνια** κι έτσι αυτό που ανάγεται, είτε είναι άτομο είτε ρίζα, ελαττώνει το θετικό σθένος του, ή αυξάνει το αρνητικό του.

λ.χ. $Fe^{+++} + \text{ένα ηλεκτρόνιο } (e^-) \rightarrow Fe^{++}$

Οι οξειδώσεις και οι αναγωγές συνδέονται μεταξύ τους: για να γίνει μία αναγωγή, να προστεθούν δηλαδή κάπου ηλεκτρόνια, πρέπει σύγχρονα να γίνει και μία οξείδωση, να αφαιρεθούν δηλαδή από κάπου άλλου ηλεκτρόνια. Γι' αυτό στις χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού μιλάμε για οξειδοαναγωγές.

Μερικές χημικές αντιδράσεις, όταν γίνονται, απελευθερώνουν ενέργεια. Άλλες πάλι, για να γίνουν, χρειάζονται ενέργεια. Ο οργανισμός είναι ένα είδος μηχανής, που χρησιμοποιεί την ενέργεια που ελευθερώνεται από όρισμένες χημικές αντιδράσεις, για να πραγματοποιήσει άλλες χημικές μεταβολές που χρειάζονται ενέργεια.

Από τις οξειδώσεις και το σπάσιμο των πολύπλοκων μορίων σε μικρότερα μόρια απελευθερώνεται η ενέργεια που χρειάζεται ο οργανισμός. Αντίθετα, συνήθως οι αναγωγές χρειάζονται ενέργεια για να πραγματοποιηθούν. Ένα παράδειγμα μιας σειράς οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων μας δείχνει πώς κάθε είδος οξειδώσεως δέν απελευθερώνει την ίδια ενέργεια ούτε και κάθε αναγωγή χρειάζεται την ίδια ενέργεια. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται ένα μηχανικό ανάλογο μιας σειράς οξειδοαναγωγών. Ένας αριθμός ούσιων παρουσιάζεται σαν μία σειρά όρθιων ελατηρίων: κάθε χημική ούσια είναι κι ένα ελατήριο, διαφορετικού μήκους, που φέρνει πάνω του ένα καλαθάκι με κατάλληλο άνοιγμα. Το ελατήριο που θά πιεστεί μ' ένα βάρος, όπως είναι ή μαύρη σφαίρα, θά μαζέψει δυναμική ενέργεια. Αυτή η δυναμική ενέργεια θά ελευθερωθεί μόλις το βάρος φύγει από πάνω του. Η σφαίρα συμβολίζει δυό ηλεκτρόνια μαζί, που πηδάνε από χημική



Εικόνα 3: Μηχανικό ανάλογο για μία σειρά οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Η μαύρη σφαίρα παριστάνει δύο ηλεκτρόνια που πηγαίνουν από μία σε άλλη χημική ένωση. Κάθε ένωση όταν δεν έχει τη σφαίρα είναι στην οξειδωμένη της μορφή και αντίθετα έχει αναχθεί όταν έχει τη σφαίρα.

ουσία σε χημική ουσία, από ένα χημικό υποδοχέα ηλεκτρονίων σε άλλο χημικό υποδοχέα. Η χημική ουσία έχει αναχθεί, όταν φέρνει πάνω της τη σφαίρα (δηλαδή όταν της προστεθούν ηλεκτρόνια): τότε διαθέτει δυναμική ενέργεια που γίνεται κινητική (έλευθερώνεται) μόλις οξειδωθεί, μόλις χάσει τη σφαίρα (δώσει ηλεκτρόνια).

Κάθε αναγωγή για να γίνει χρειάζεται να προηγηθεί μία οξείδωση όχι όμως οποιαδήποτε: έτσι λ.χ. αν το κοντύτερο ελατήριο βρισκόταν πριν από το ψηλότερο, δε θα μπορούσε, χάνοντας το ψηλότερο τη σφαίρα να την περάσει στο κοντύτερο: ή σφαίρα έχει την τάση διαρκώς να πέφτει χαμηλότερα, να χάνει τμηματικά τη δυναμική της ενέργεια που σε κάθε ελατήριο έλευθερώνεται σαν κινητική ενέργεια. Το μηχανικό αυτό ανάλογο είναι

ιδιαίτερα καλό γιατί μᾶς δείχνει ἄλλες δύο πλευρές τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων τοῦ καταβολισμοῦ. Ἐάν παραδεχτοῦμε πῶς ἀριστερά ἢ ἀρχική θέση τῆς σφαίρας (δηλαδή τοῦ ζευγαριοῦ τῶν ἠλεκτρονίων) δείχνει μέ τό ὕψος στό ὁποῖο βρίσκεται τῆ δυναμική ἐνέργεια πού θά μετατραπεί σέ κινητική, κατεβαίνοντας σκαλί σκαλί τά ἐλατήρια, τότε βλέπουμε πῶς ἡ ἐνέργεια αὐτή σιγά σιγά, σταδιακά, μετατρέπεται σέ κινητική. Σέ κάθε πῆδημα τῆς σφαίρας, σέ κάθε δηλαδή κατέβασμά της, ἐλευθερώνεται μιᾶ μικρή ποσότητα κινητικῆς ἐνέργειας καί ἀντίστοιχα ἐλαττώνεται ἡ δυναμική ἐνέργεια.

Ἡ διάσπαση τῶν πολύπλοκων μορίων στόν καταβολισμό καί ἡ ὀξειδωσή τους γιά νά ἀπελευθερωθεῖ ἡ ἐνέργεια πού κρατοῦν μέσα στούς χημικούς τοὺς δεσμούς δέν γίνεται ἀπότομα, διά μιᾶς, ἀλλά σιγά σιγά, τμηματικά.

Ἔτσι, ἀπελευθερώνονται, κάθε φορά, μικρά ποσά ἐνέργειας. Ἐάν γινόταν διαφορετικά, ἂν ἡ ἀπελευθέρωση γινόταν ἀπότομα, θά ἐκλυόταν μεγάλη ποσότητα θερμότητας, πού θά σκότωνε τό κύτταρο. Οἱ ἀντιδράσεις ὁμως γίνονται ἔτσι πού τά ποσά τῆς ἐνέργειας πού ἐλευθερώνονται νά ἴναι μικρά, γίνονται κατά κάποιο τρόπο «ἐν ψυχρῷ». Γιά νά γίνει ὁμως αὐτό πρέπει οἱ ἀντίστοιχες χημικές οὐσίες πού παίζουν τό ρόλο τῶν ἐλατηρίων τοῦ μηχανικοῦ μας ἀνάλογο, νά ἴναι τοποθετημένες σέ κάποια ἀκριβή σειρά, ὅπως εἶναι τά ἐλατήρια στό παράδειγμά μας: πρῶτα τά ψηλότερα καί μετά τά χαμηλότερα. Ἔτσι ἀκριβῶς συμβαίνει καί μέ τίς χημικές οὐσίες πού δέχονται τά ἠλεκτρόνια στά μιτοχόνδρια τοῦ κυττάρου: εἶναι τοποθετημένες μέ κάποια καθορισμένη σειρά, ἀποτελοῦν ἓνα εἶδος συστοιχίας (μπαταρίας).

2.2 Τό ATP

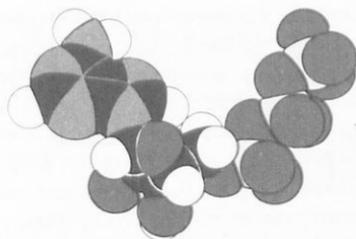
Ἡ σειρά τῶν ἐλατηρίων (τῆς εἰκόνας 3) ἀποτελεῖ τό μηχανικό ἀνάλογο μιᾶς συγκεκριμένης σειρᾶς χημικῶν ἀντιδράσεων τοῦ καταβολισμοῦ πού ὅλες μαζί ὀνομάζονται **ὀξειδωτική φωσφορλίωση**.

Ὄξειδωτική, γιατί γίνεται μιᾶ σειρά ἀπό ὀξειδώσεις (κάθε φορά πού φεύγει ἡ σφαῖρα ἀπό ἓνα ἐλατήριο καί τοῦτο ξεπετάγεται ἐλεύθερο). Οἱ ὀξειδώσεις αὐτές καταλήγουν στό νά σχηματιστεῖ νερό: Τά ἠλεκτρόνια καταλήγουν στό ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα (πού στά ζῶα δεσμεύεται στούς πνεύμονες καί μέ τήν κυκλοφορία φτάνει ὡς τό τελευταῖο κύτταρο) καί τό φορτίζον ἀρνητικά ἔτσι πού νά μπορεῖ νά ἐνωθεῖ μέ θετικά ἰόντα ὕδρογόνου καί νά σχηματιστεῖ νερό.

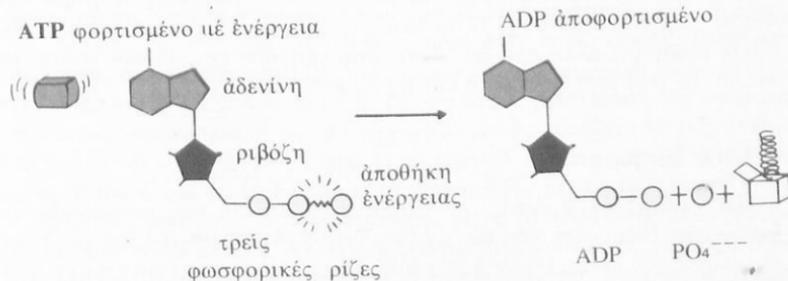
Φωσφορλίωση, πάλι, λέγεται γιατί ἡ ἐνέργεια πού ἐλευθερώνεται σέ κάθε ὀξειδωση χρησιμεύει γιά νά σχηματιστεῖ τό ATP. Ἀλλά τί εἶναι τό ATP,

Τό ATP (ἔϊ-τί-πί) εἶναι μιᾶ διεθνῆς συντομογραφία γιά τό μακρῷ ὄνομα τοῦ χημικοῦ αὐτοῦ μορίου: **τριφωσφορική ἀδενοσίνη** (Ἀδενοσίνη Τρι-

Εικόνα 4: Το ATP. Μέ μπλέ χρώμα τὰ άτομα του N, με κόκκινο του O, με μαύρο του C, με κίτρινο του P, και με άσπρο του H. Οι τρεις ρίζες του φωσφορικού οξέος βρίσκονται στην ουρά του μορίου, στα δεξιά.



φ (Ph)ωσφορική). Το μόριο αυτό αποτελείται από αδενίνη (μιά χημική ένωση, μιά οργανική βάση, που θα συναντήσουμε αργότερα και σαν μέρος της κατασκευής των νουκλεϊκών οξέων), από ριβόζη (μιά πεντόζη, δηλαδή υδατάνθρακα με πέντε άτομα άνθρακα, που κι αυτή αποτελεί μέρος της κατασκευής ορισμένων νουκλεϊκών οξέων) και τρεις ρίζες του φωσφορικού οξέος. Αυτές οι τρεις φωσφορικές ρίζες είναι ενωμένες στη σειρά και σχηματίζουν ένα είδος ουράς στο μόριο. Η ένωση αδενίνης με ριβόζη λέγεται αδενοσίνη. Όταν η τρίτη φωσφορική ρίζα (έκείνη που βρίσκεται στην αντίθετη με την αδενοσίνη θέση) (βλέπε εικόνα 4), αποχωριστεί από το μόριο, δηλαδή αποσυνδεθεί απ' τη δεύτερη, ελευθερώνεται πολλή ενέργεια. Η σύνδεση δηλαδή τρίτης και δεύτερης ρίζας γίνεται με δεσμό υψηλής ενέργειας. Χρειάζεται λοιπόν πολλή ενέργεια για να ένωθεί μιά φωσφορική ρίζα σ' ένα μόριο διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP, μόριο που αποτελείται από αδενίνη, ριβόζη και δυό μόνο φωσφορικές ρίζες). Με την ένωση αυτή σχηματίζεται βέβαια ATP. Έτσι



Η αποθηκευμένη ενέργεια στο δεσμό «υψηλής ενέργειας» συμβολίζεται πιο πάνω μ' ένα κουτί με έγκλειστο έλατήριο (δυναμική ενέργεια). Όταν σπάσει ο δεσμός αυτός, ή ενέργεια ελευθερώνεται (άνοιγμα του κουτιού και άπελευθέρωση του έλατηρίου).

Στην οξειδωτική φωσφορυλίωση λοιπόν την ενέργεια που ελευθερώνεται από τις διαδοχικές οξειδώσεις τη χρησιμοποιεί ο οργανισμός για να προσθέσει μια φωσφορική ρίζα στο ADP και να το κάνει ATP: έτσι αποθηκεύεται ενέργεια σ' ένα δεσμό «ύψηλης ενέργειας», ένα δεσμό που, όταν χρειαστεί, μπορεί να τον σπάσει και να τη χρησιμοποιήσει.

Στή βιομηχανία ή χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται, με την καύση τους, σε θερμότητα που σε συνέχεια και με κατάλληλες μηχανές μετατρέπεται σε μηχανική, ηλεκτρική, φωτεινή ή χημική ενέργεια. Στην οξειδωτική φωσφορυλίωση ο οργανισμός μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε άλλη χημική, φτιάχνοντας ATP. Αυτό κάνει και με άλλες χημικές αντιδράσεις του καταβολισμού, όπως θα δούμε. Δεν κάνει όμως πάντα αυτή τη μετατροπή, γιατί χρειάζεται και θερμική ενέργεια (για να ζεσταθεί όταν κινώναι) και μηχανική ενέργεια (για να κινηθεί ή να κάνει κινήσεις των τμημάτων του) και ενέργεια για μεταφορά χημικών ουσιών μέσα του, ακόμα και ηλεκτρική ενέργεια. Όταν χρειαστεί να ξοδέψει ενέργεια, χρησιμοποιεί το ATP, που γι' αυτό ονομάστηκε ενεργειακό «νόμισμα». Σαν το νόμισμα που χρησιμοποιείται (ανταλλάσσεται) για να αποκτηθούν αγαθά, έτσι και ή χημική ενέργεια του ATP ανταλλάσσεται με άλλου είδους ενέργεια, όταν χρειαστεί άλλου είδους ενέργεια ο οργανισμός.

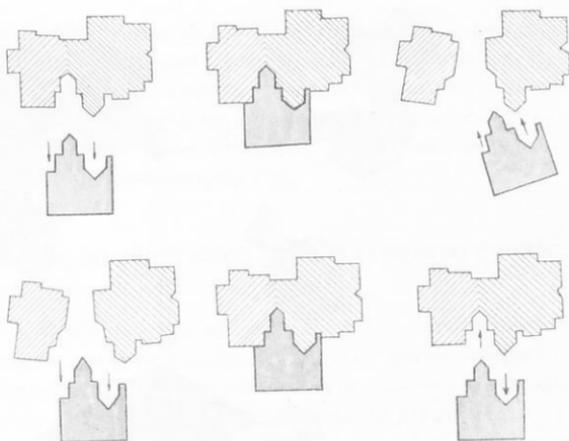
Η σημασία της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης για την ενεργειακή οικονομία λ.χ. του ανθρώπου φαίνεται καθαρά από το ότι ο άνθρωπος οργανισμός (άτομο μέσου βάρους και ηλικίας που κάνει μέτρια σωματική εργασία) παράγει σε 24 ώρες **συνολικά** (και φυσικά γρήγορα, πάλι, το διασπᾶ, δηλαδή διαρκώς παράγει και διασπᾶ) 70 κιλά περίπου ATP, ποσότητα ίση περίπου με το βάρος του.

Το ATP είναι μία αποθήκη μικροποσοτήτων ενέργειας γρήγορα και άμεσα χρησιμοποιήσιμης. Ο οργανισμός όμως έχει και μεγαλύτερες αποθήκες ενέργειας αλλά που δεν είναι τόσο γρήγορα χρησιμοποιήσιμες: το άμυλο, το γλυκογόνο, τα λίπη και τις πρωτεΐνες.

2.3 Τά Ένζυμα

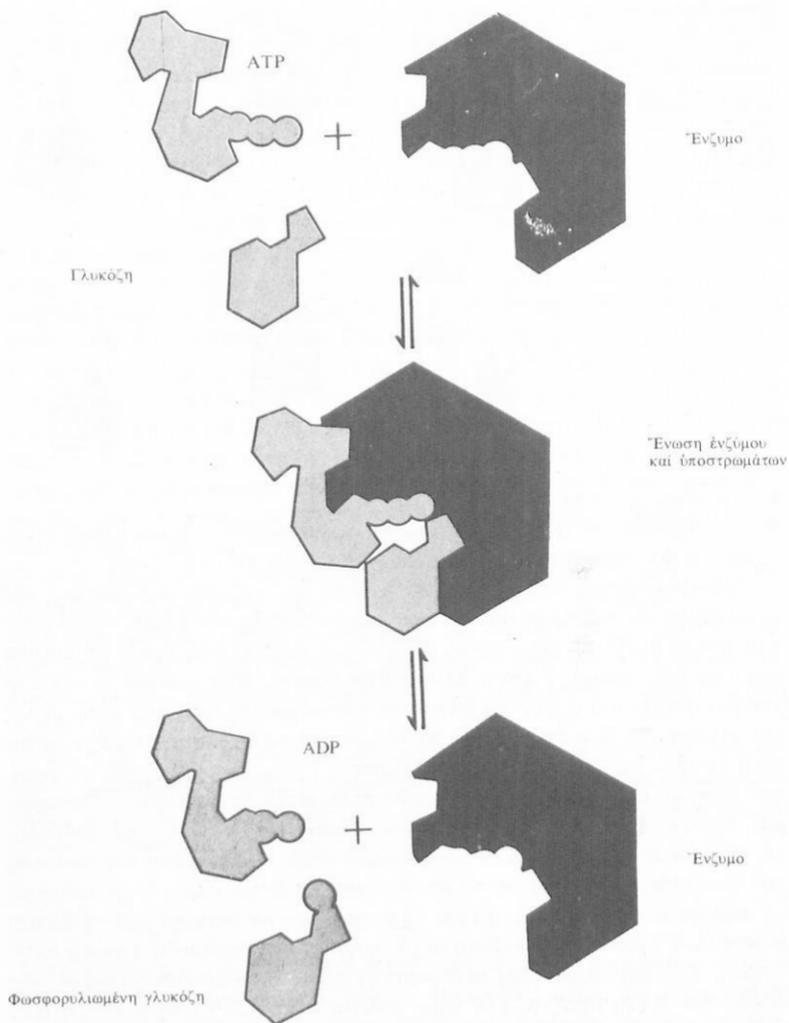
Οί χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού δέ θά πραγματοποιούνταν από μόνες τους, ούτε κᾶν θά ἤρχιζαν, χωρίς **τά ένζυμα**. Τά ένζυμα είναι καταλύτες που επιταχύνουν ή διευκολύνουν τις διάφορες χημικές αντιδράσεις, χωρίς όμως να «φθείρονται» γιατί στό τέλος τής αντιδράσεως φαίνονται νά μήν έχουν αλλάξει, σάν νά μήν έχουν διόλου χρησιμοποιηθεί. Μικρές ποσότητές τους ἄρκοιν για νά δράσουν. Γι' αὐτό και τά ονομάζονται **βιοκαταλύτες**. Παράγονται ἀπό τά κύτταρα και είναι μεγάλες οργανικές ενώσεις. Κάθε ένζυμο:

Εικόνα 5: Πώς δρουν τα ένζυμα. Έπάνω: Το ένζυμο (γαλάζιο χρώμα) προκαλεί το σπάσιμο μιᾶς οργανικής ενώσεως σε δύο κομμάτια. Κάτω: Το ένζυμο συνθέτει ἀπο δύο ενώσεις μιᾶ νέα οργανική ἔνωση.



- εἴτε εἶναι μιᾶ πρωτεΐνη
- εἴτε ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κομμάτια: τὸ μεγαλύτερο (ἀποένζυμο) εἶναι πρωτεΐνη καὶ τὸ μικρότερο (συνένζυμο) μιᾶ ἄλλη χημικὴ ἔνωση.

Διευκολύνοντας καὶ ἔτσι ἐπιταχύνοντας τὶς χημικὲς ἀντιδράσεις τοῦ μεταβολισμοῦ, τὰ ένζυμα ἀποτελοῦν τοὺς ρυθμιστές τῶν χημικῶν ἀλλαγῶν στὸ κύτταρο. Ἐνας σχηματικὸς τρόπος πού δείχνει πὼς δρουν τὰ ένζυμα φαίνεται στὶς εἰκόνες 5 καὶ 6. Στὴν πρώτη εἰκόνα τὸ ένζυμο (μὲ τὸ γαλάζιο χρώμα) σπάζει μιᾶ οργανικὴ ἔνωση σὲ δύο κομμάτια, ἐνῶ στὸ κάτω μέρος τῆς εἰκόνας τὸ ἴδιο ένζυμο ἀπὸ τὰ δύο κομμάτια ξανασυνθέτει τὴν οργανικὴ ἔνωση. Κάποια συναρμογὴ (ταίριασμα) στὶς ἐπιφάνειες καὶ τὴ δομὴ τοῦ ένζυμου καὶ τῆς χημικῆς ἐνώσεως πάνω στὴν ὁποία ἐπιδρᾶ (**ὑπόστρωμα**), ὅπως στὴ συναρμογὴ κλειδιοῦ καὶ κλειδωνιάς, φαίνεται νὰ διευκολύνει τὴ δράση τοῦ ένζυμου, ἀφοῦ τὸ ένζυμο στὴν πρώτη φάση τῆς δράσεώς του ἐνώναται πρόσκαιρα μὲ τὸ ὑπόστρωμα, τὸ ἀγκαλιάζει. Αὐτὸ φαίνεται νὰ συμβαίνει καὶ στὴν ἄλλη (εἰκ. 6) σχηματικὴ παράσταση μὲ τὴ δράση ἑνὸς ἄλλου ένζυμου. Τὸ ένζυμο αὐτὸ βοηθᾶ στὴν ἀκόλουθη χημικὴ ἀντίδραση: στὴ μεταφορὰ μιᾶς φωσφορικῆς ρίζας (ὁ τελευταῖος κύκλος τῆς οὐρᾶς τοῦ ATP) ἀπὸ τὸ ATP (πού γίνεται ἔτσι ADP) στὴ γλυκόζη (ἕνα σάκχαρο μὲ 6 ἄτομα ἄνθρακα) πού φωσφορυλιώνεται. Κι ἐδῶ τὸ σχῆμα δείχνει πὼς τὸ ένζυμο ἀγκαλιάζει καὶ φέρνει κοντὰ τὸ ATP καὶ τὴ γλυκόζη, βοηθώντας ἔτσι στὴν πραγματοποίησή τῆς χημικῆς ἀντιδράσεως. Ἐνεργὸ κέντρο τοῦ ένζυμου εἶναι τὸ μέρος τοῦ πού μπορεῖ νὰ χωθεῖ τὸ ὑπόστρωμά του ἢ τὰ ὑποστρώματά του γιὰ νὰ γίνει ἡ χημικὴ ἀντίδραση. Ἀκριβῶς ἐπειδὴ τὸ ενεργὸ κέντρο, τὸ κέντρο δηλαδή ὑποδοχῆς, δέν εἶναι



Εικόνα 6: Πώς δρουν τα ένζυμα. Ένα ένζυμο (μαύρο χρώμα) δέχεται στο ένεργό του κέντρο ένα μόριο ATP και ένα μόριο γλυκόζης (και τα δύο με λαδί). Έτσι γίνεται δυνατό να μεταβιβαστεί μία φωσφορική ρίζα από το ATP στη γλυκόζη.

τό ίδιο για κάθε υπόστρωμα, έχουμε τη μεγάλη **εξειδίκευση** των ενζύμων: Κάθε είδος ενζύμου καταλύει όρισμένο είδος χημικής αντίδρασης κι όχι οποιαδήποτε. Ή κατάλυση της αντίδρασης είναι πολύπλοκο φαινόμενο, πολύ πιο σύνθετο απ' ό,τι τό περιγράψαμε εδώ άπλοικά (καί μόνο μερικά) μέ τά σχήματά μας, πού δείχνουν μόνο ένα μέρος του, σχετικό μέ τη συναρμογή των επιφανειών ενζύμου-υπόστρώματος.

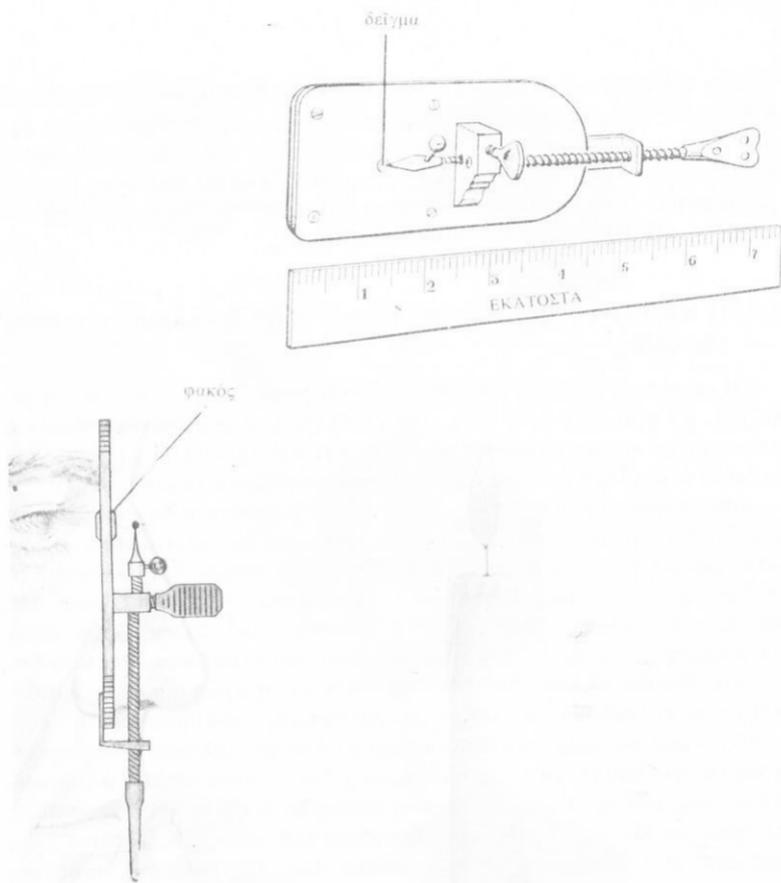
2.4 Ή Κυτταρική Θεωρία: τό κύτταρο είναι ή ελάχιστη μονάδα τής ζωής

Ή μικρότερη ζωντανή μονάδα είναι τό **κύτταρο**: όλοι οί ζωντανοί οργανισμοί, μέ εξαίρεση τούς ιούς, αποτελούνται από ένα (**μονοκύτταροι**) ή περισσότερα κύτταρα (**πολυκύτταροι**). Τά κύτταρα έχουν μικρό μέγεθος και γι' αυτό άνακαλύφθηκαν όταν πρωτοχρησιμοποιήθηκε τό μικροσκόπιο.

Δέν μπορεί νά καθοριστεί μέ ακρίβεια και βεβαιότητα πότε κι από ποιούς βρέθηκε τό σύνθετο μικροσκόπιο, αυτό πού αποτελείται από συνδυασμό φακών. Για πολύ καιρό έφευρέτες του θεωρήθηκαν δύο Όλλανδοί (ό πατέρας κι ό γυιός Janssen) στά 1590. Τώρα όμως φαίνεται πώς έγινε από πρίν ή έφευρέση του. Άλλωστε ή ιστορία του μικροσκοπίου είναι περδόμενη μέ τήν εξέλιξη του τηλεσκοπίου, και άναφέρεται πώς κι ό Γαλιλαίος (Galileo Galilei 1564-1642) μέ κατάλληλη προσαρμογή χρησιμοποίησε τό τηλεσκόπιο του και για μικροσκοπικές παρατηρήσεις.

Τό όνομα του μικροσκοπίου προέρχεται από τήν ελληνική γλώσσα, μικρός και σκοπείν (= νά παρατηρεί κανείς) και τό 'δωσε τό 1625 ό Giovanni Faber, ένας ιταλός. Τό 1665 ό άγγλος Robert Hook (1635-1703) δημοσιεύει τό έργο του Micrographia όπου και χρησιμοποιεί για πρώτη φορά τή λέξη κύτταρο. Ό Όλλανδός A. von Leeuwenhoek (1632-1723) μέ άπλά, δικής του κατασκευής, μικροσκόπια (ήταν σπουδαίος τεχνίτης στην κατασκευή φακών) κάνει άνακαλύψεις πού θεωρούνται θαυμαστές για τήν εποχή του. Αυτός παρατηρεί στό αίμα του για πρώτη φορά τά έρυθρά αίμοσφαίρια και παρατηρεί στό νερό μικροσκοπικά όντα (τά μικρόβια). Ό Χούκ σέ τομές, μέ πολύ μικρό πάχος, φελλού είδε σειρές κολλημένων κουτιών, των κυττάρων (όπως τά όνόμασε). Σ' αυτές τίς τομές φαίνονταν μόνο οί πλευρές (τά τοιχώματα) των κυττάρων, πού είναι παχιές και ευδιάκριτες από τίς έναποθέσεις διάφορων ουσιών φελλού, ξύλου κ.ά. Γι' αυτό γρήγορα φάνηκε πώς όλα τά μέρη των φυτών αποτελούνται από κύτταρα. Στά ζώα, όμως, τά περισσότερα κύτταρα δέν παρουσιάζουν έναποθέσεις, δέν είναι ευδιάκριτα, κι έτσι για πολύ καιρό άμφισβητήθηκε πώς τά ζώα αποτελούνται από κύτταρα.

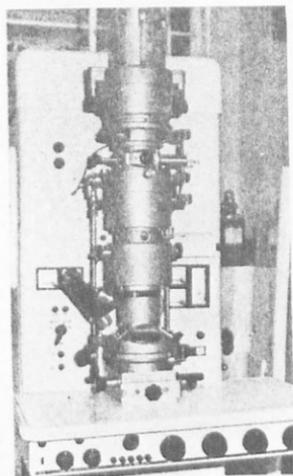
Δυό γερμανοί, ό ζωολόγος Σβάνν (Th. Schwann 1810-1882) και ό βοτα-



Εικόνα 7: Το απλό μικροσκόπιο του Leeuwenhoek. Για την παρατήρηση το δείγμα τοποθετείται στην άκρη της αίχμης του «βέλους» (ένα δείγμα στρογγυλό είναι τοποθετημένο - το δείχνει η κάθετη γραμμή στο πάνω μέρος της εικόνας). Το όργανο κρατείται από τη λαβή. Απέναντι από το μάτι και το παρασκεύασμα τοποθετείται η φωτεινή πηγή.

νικός Σλάιντεν (M.J. Schleiden 1804-1881) πρότειναν το 1839 μία νέα έρμηνεία και νέα άρχη: το σημαντικό δεν είναι τά τοιχώματα του κουτιού μά το περιεχόμενό του. Το περιεχόμενό του είναι το ζωντανό κύτταρο και τά ζώα αποτελούνται κι αυτά από κύτταρα. **Κάθε ζωντανός οργανισμός είναι μία συνάθροιση κυττάρων** (οτιδήποτε δεν είναι κύτταρο προέρχεται από έκκρίσεις κυττάρων λ.χ. το γαστρικό υγρό, το σάλιο κ.ά.). **Η ζωή συνδέεται με την ύπαρξη κυττάρων που μπορεί καθένα τους να θεωρηθεί σαν αυτότελής**

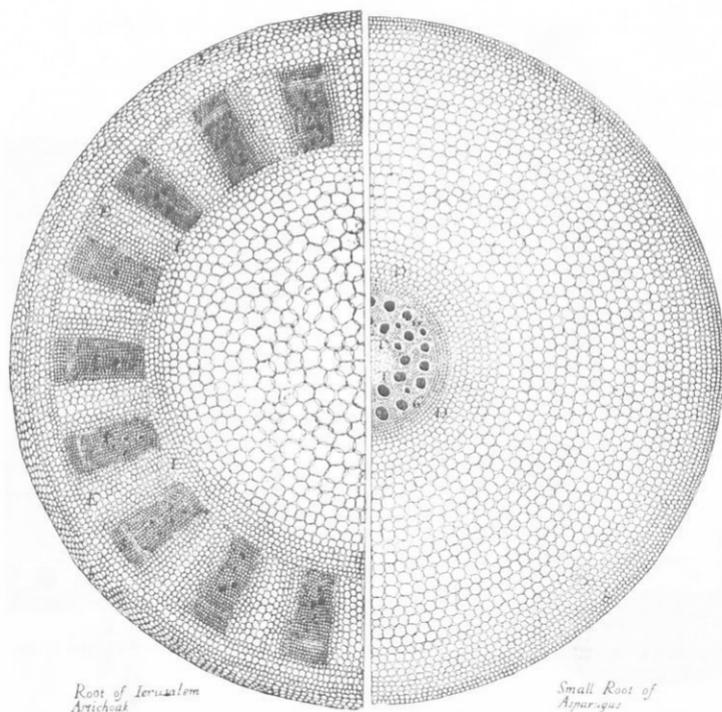
Εικόνα 8: Το σύνθετο μικροσκόπιο του Hooke.



Εικόνα 9: Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

ζωντανός οργανισμός. Η κυτταρική θεωρία συμπληρώθηκε αργότερα, τό 1855, με τό απόφθεγμα του γερμανού βιολόγου Βίρχωφ (Rudolf Virchow 1821-1902) «κάθε κύτταρο προέρχεται μόνο από άλλο κύτταρο». Θά δοϋμε παρακάτω πώς αυτή ή άρχή στερεώθηκε και γενικεύθηκε και για τούς μικροοργανισμούς από τόν Παστέρ.

Παρακάτω θά μελετήσουμε πώς είναι φτιαγμένη και πώς λειτουργεί ή ζωντανή κυτταρική μονάδα: στο επίπεδο του κυττάρου θά γνωρίσουμε μερικές σημαντικές μεταβολικές αντιδράσεις σάν αυτές για τίς όποιες μιλήσαμε μέχρι τώρα. Τά κύτταρα είναι πολύπλοκα: τά πιά μικρά κύτταρα υπολογίστηκε πώς περιέχουν 3000 ως 6000 διάφορα είδη χημικών ενώσεων. Τά πιά μικρά κύτταρα είναι τά βακτήρια. Τά πιά μικρά βακτήρια είναι τά **μυκοπλάσματα** (παράσιτα φυτών και παράσιτα στους πνεύμονες των πουλιών και θηλάστικων) που έχουν μέγεθος 0,1μ (= 1000Å). Έχει βρεθεί από υπολογισμούς πώς για νά υπάρξει οργανωμένο κύτταρο πρέπει νά 'χει τουλάχιστο αυτό τό μέγεθος. Τό μέγεθος των συνηθισμένων κυττάρων είναι 10μ



Εικόνα 10: Τομές δύο ριζών, άριστερά του κολοκασσιού (*Helianthus tuberosus*) δεξιά του σπαραγγιού, όπως εικονίζονται από τον N. Grew που τις δημοσίευσε 20 χρόνια μετά τη *Micrographia* του Hooke.

ώς 100μ. Το διαφορετικό μέγεθος των πολυκύτταρων οργανισμών οφείλεται στο διαφορετικό αριθμό των κυττάρων τους.

2.5 Σύντομη περιγραφή του κυττάρου

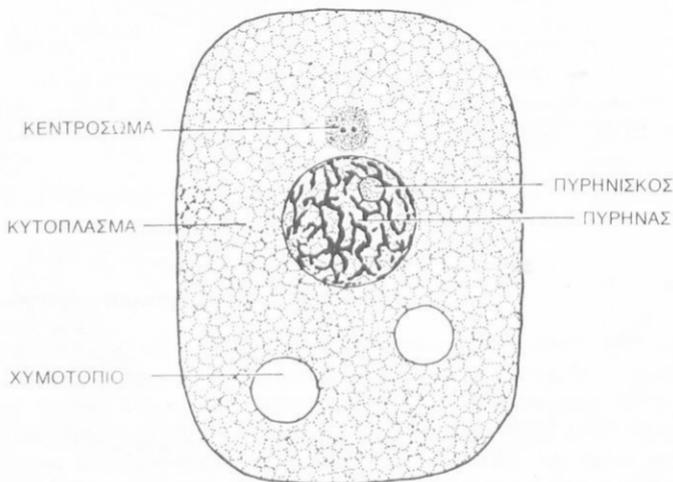
Υπάρχουν δύο είδη κυττάρων: τα κύτταρα των **προκαρυωτικών** και τα κύτταρα των **ευκαρυωτικών** οργανισμών (λέξεις σύνθετες από τό πρό = πρίν, εϋ = καλά και κάρυον = πυρήνας καρπών, έδω πυρήνας του κυττάρου). Προκαρυωτικά είναι τά βακτήρια και τά Κυανοφύκη, οργανισμοί πιο πρωτόγονοι από τους υπόλοιπους, τους ευκαρυωτικούς. Δέν έχουν σχηματισμένο πυρήνα στά κύτταρά τους. Θά τους εξετάσουμε μετά. Άντιθετα τά κύτταρα των ευκαρυωτικών οργανισμών είναι πιο πολύπλοκα και έχουν,

ξεκάθαρα, σχηματισμένο πυρήνα. Μιά παράσταση ενός «σχηματοποιημένου» κυττάρου δείχνει η εικόνα 11. Λέμε «σχηματοποιημένο» γιατί πολλά είδη κυττάρων στους πολυκύτταρους οργανισμούς είναι **διαφοροποιημένα**, επειδή επιτελούν διαφορετική λειτουργία. Έτσι έχουμε τά μυϊκά κύτταρα, τά νευρικά κύτταρα κ.ο.κ., που έχουν διαφορετική μορφή. Μπορούμε όμως να αφαιρέσουμε τίς ιδιαιτερότητες κάθε είδους κυττάρου και νά κρατήσουμε μόνο τά κοινά γενικά χαρακτηριστικά, δείχνοντας συγχρόνως όλα τά τμήματα και οργανίδια του κυττάρου. Ή εικόνα δείχνει τό κύτταρο μέ λεπτομέρειες που φαίνονται μόνο μέ τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όργανο που μεγάλώνει ως και 100.000 φορές, ενώ τό κανονικό μικροσκόπιο μπορεί νά μεγάλώσει ένα αντικείμενο ως 1.500 φορές.

Τό κύτταρο λοιπόν αποτελείται:

- από μία εξωτερική μεμβράνη, την **κυτταρική ή πλασματική μεμβράνη** έξω από την οποία στά φυτικά κύτταρα έχουμε τό κυτταρικό τοίχωμα, σχηματισμένο από κυτταρίνη. Πάνω στό τοίχωμα αυτό μπορεί νά αποτεθούν κι άλλες ουσίες (ξύλο, φελλός κ.ά.).

- τό **κυτταρόπλασμα ή κυτόπλασμα** που φαίνεται σάν μία παχύρρευστη και όμοιογενής ύλη στό συνηθισμένο μικροσκόπιο αλλά που στό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνεται πιο πολύπλοκη γιατί μέσα της σχηματίζεται όλοκληρο δίκτυο από κανάλια, τό **ένδοπλασματικό δίκτυο**. Μέρους του δικτύου



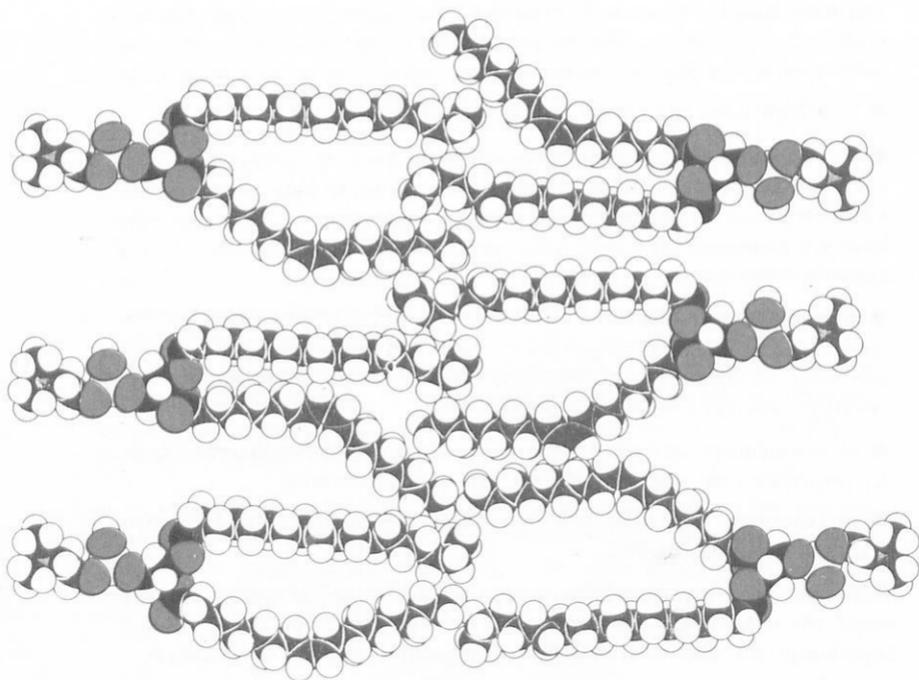
Εικόνα 12: Πώς φαίνεται τό κύτταρο μέ τό συνηθισμένο μικροσκόπιο.

ἐπικοινωνοῦν μὲ τὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια. Στὶς πλευρὲς τῶν ἄγωγῶν τοῦ ἔχει μικρὰ στρογγυλά σωματίδια, τὰ **ριβοσώματα** (στὴν εἰκόνα φαίνονται σάν μαῦρες κουκίδες). Μὲς στὸ κυτταρόπλασμα ὑπάρχουν κι ἄλλα ὄργανα:

- τὰ **μιτοχόνδρια**, στρογγυλά ἢ σὲ σχῆμα μαστουνοῦ.
- τὰ **πλαστίδια**, στὰ φυτικά μόνον κύτταρα. Αὐτὰ ποὺ φέρνουν χλωροφύλλη εἶναι οἱ **χλωροπλάστες**, αὐτὰ ποὺ συνθέτουν τὸ ἄμυλο εἶναι οἱ **ἄμυλοπλάστες**, τὸ λάδι οἱ **ἐλαιοπλάστες**, αὐτὰ ποὺ φέρνουν τὶς χρωστικὲς, δηλαδή τὶς χρωματισμένες οὐσίες, λ.χ. στὰ πέταλα τῶν λουλουδιῶν, εἶναι οἱ **χρωμοπλάστες** κ.ἄ.
- τὰ **στοιχεῖα τοῦ Golgi** (Γκόλτζι), ὄργανα ποὺ συνδέονται στὴ λειτουργία τους μὲ τὸ ἐνδοπλασματικὸ δίκτυο. Φαίνεται πὼς τροποποιοῦν μερικὲς πρωτεΐνες, ὀρισμένες ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἐκκρίνονται ἀπὸ τὸ κύτταρο. Βοηθοῦν καὶ στὴν παραγωγή κυτταρικῶν μεμβρανῶν.
- τὰ **λυσσώματα**, σάν κύστες ποὺ ἔχουν μέσα τους ἀποθηκευμένα ἐνζυμα. Χρησιμεῖουν στὴν πέψη οὐσιῶν ποὺ «τρώγει» τὸ κύτταρο.
- τὰ **χυμοτόπια**, χῶροι ποὺ περιέχουν νερὸ μὲ διαλυμένες διάφορες ὀργανικὲς καὶ ἀνόργανες οὐσίες.
- Ὁ **πυρήνας** εἶναι τὸ πῶ σημαντικό ὄργανο τοῦ κυττάρου. Διακρίνουμε τὴν **πυρηνική** τοῦ **μεμβράνη** καὶ τὸν **πυρηνίσκο** του. Ὄταν τὸ κύτταρο διαιρεῖται, φαίνονται καθαρά καὶ τὰ χρωματосώματα ποὺ περιέχει.
- τὸ **κεντρόσωμα**, στὰ ζωικά μόνον κύτταρα.
Θὰ ἐξετάσουμε παρακάτω πῶ ἀναλυτικὰ ὀρισμένα μέρη τοῦ κυττάρου καὶ τὶς λειτουργίες τους.

2.6 Ἐξωτερικὴ καὶ ἐσωτερικὲς μεμβράνες

Τὸ κύτταρο ἔχει πολλὲς μεμβράνες, τὴν ἐξωτερικὴ ποὺ τὴν ὀνομάσαμε πλασματικὴ μεμβράνη καὶ ἐσωτερικὲς: στὸ ἐνδοπλασματικὸ δίκτυο, στὰ μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες κ.ἄ. Μὲ τὶς ἐσωτερικὲς μεμβράνες χωρίζει τὰ διάφορα τμήματά του, πετυχαίνει δηλαδή μιὰ μεγάλη **διαμερισματοποίησι**, μιὰ μεγάλη ἄνομοιομέρεια. Αὐτὴ τοῦ χρειάζεται γιὰ νὰ διεξαχθοῦν οἱ χημικὲς ἀντιδράσεις, πολλὲς ἀπὸ τὶς ὁποῖες γίνονται πάνω στὶς μεμβράνες. Εἶδαμε πὼς ὀρισμένες χημικὲς ἐνώσεις (τὰ ἐλατήρια τοῦ προηγούμενου παραδείγματός μας) πρέπει νὰ βρίσκονται σὲ ὀρισμένη σειρά, νὰ συγκροτοῦν ἓνα εἶδος συστοιχίας (μπατταρίας), γιὰ νὰ μπορεῖ νὰ γίνῃ μιὰ ὀλόκληρη σειρά διαδοχικῶν χημικῶν ἀντιδράσεων (βαθμιαία πώση τῆς σφαίρας). Ἡ τοποθέτηση τῶν χημικῶν ἐνώσεων σὲ ὀρισμένη σειρά πετυ-



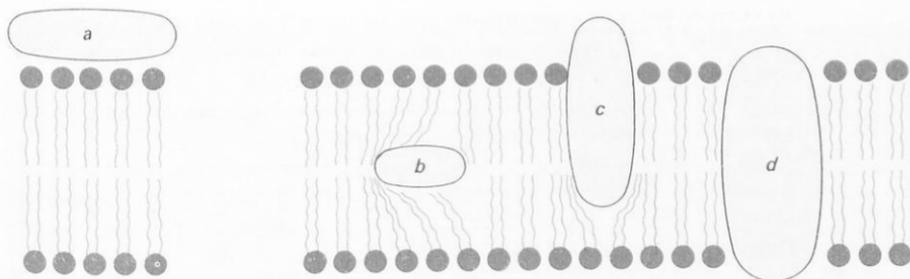
Εικόνα 13: Η διπλή στοιβάδα μορίων λιπιδίων (φωσφορολιπιδίων) που σχηματίζουν τη μεμβράνη. Κάθε μόριο έχει δύο ουρές από δύο μόρια λιπαρού οξέος.

χαιίνει αν τοποθετηθούν μόνιμα οι ενώσεις αυτές σε μεμβράνες.

Η εξωτερική μεμβράνη, δηλαδή η πλασματική μεμβράνη παίζει τρεις ρόλους:

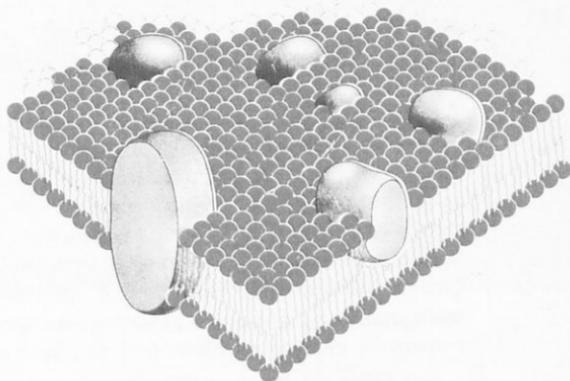
- πρώτα ξεχωρίζει το κύτταρο, από το περιβάλλον του, το «έξωτομικεύει» του δίνει δηλαδή οντότητα.
- μετά επιτρέπει στο κύτταρο να συνδέεται με τα διπλανά του κύτταρα.
- τέλος επιτρέπει την **έκλεκτική διέλευση ουσιών**.

Όλες οι χημικές ουσίες δεν περνούν μέσα από τη μεμβράνη: το νερό και γενικότερα ενώσεις μικρού μοριακού βάρους περνούν, όχι όμως κι όλες λ.χ. δεν περνούν τα ιόντα του νατρίου, Na^+ . Δεν περνούν οι μεγάλοι μοριακού βάρους ενώσεις, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Περνούν όμως λιποδι-αλυτές ενώσεις γιατί η μεμβράνη αποτελείται και από λιπίδια. Η μεμβράνη δεν είναι λοιπόν τό ίδιο διαπερατή για όλες τις ενώσεις, έχει δηλαδή μία εκλεκτικότητα στο τί θά περάσει. Σε όρισμένες περιπτώσεις όταν

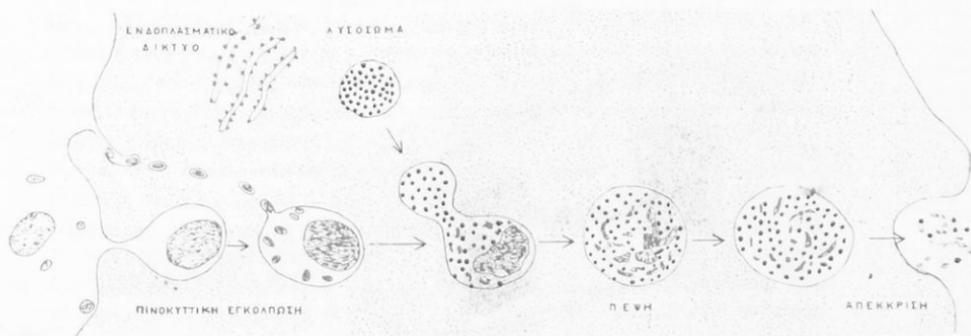


Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση της διπλής στοιβάδας των λιπιδίων και των πρωτεϊνών (κίτρινα σώματα) που απαρτίζουν τη μεμβράνη.

Εικόνα 15: Σχηματική δομή της μεμβράνης όπως φαίνεται εξωτερικά (οι πρωτεΐνες εδώ φαίνονται γκριζές).



Εικόνα 16: Φαγοκύτωση, πέψη και απέκκριση στο κύτταρο.

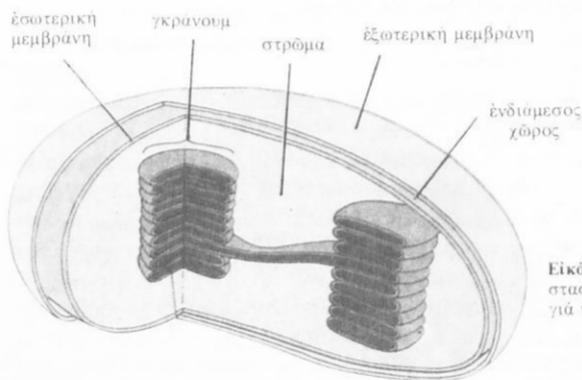


τό κύτταρο θέλει να ενσωματώσει μεγάλα μόρια ή σώματα που δεν μπορούν να περάσουν απ' την πλασματική μεμβράνη του δημιουργεί μιá εγκόλπωση στή μεμβράνη του και εκεί μέσα τὰ κλείνει. Τὰ σακουλιάζει. Πρόκειται για τó φαινόμενο τής **φαγοκύτωσης**. Όταν ενσωματώνει μεγάλα μόρια διαλυμένα σε υγρό, τó φαινόμενο ονομάζεται **πινοκύτωση**.

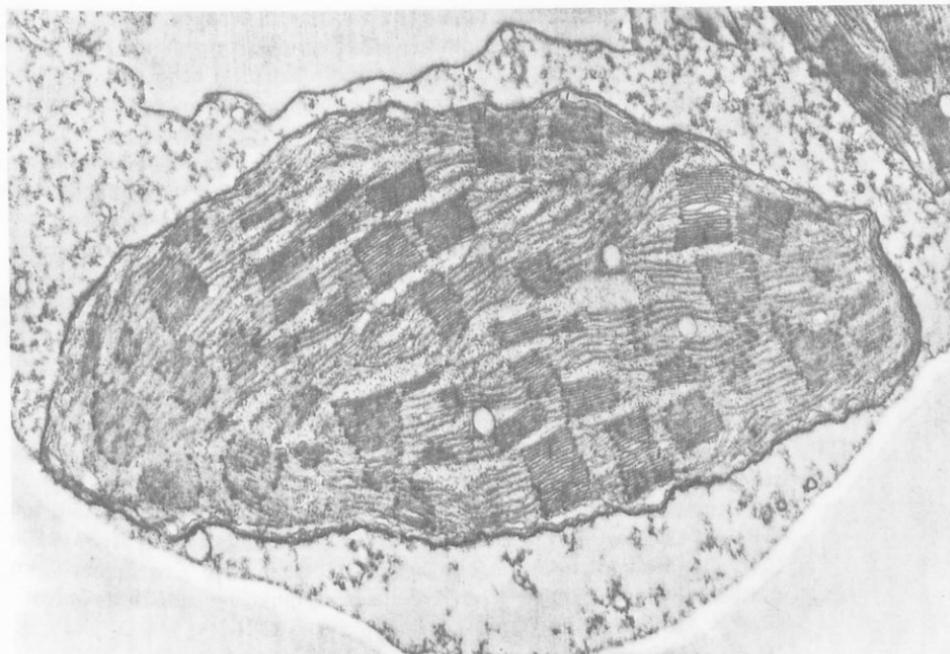
Ἡ πλασματική μεμβράνη ἀποτελείται ἀπό πρωτεΐνες και δύο στρώματα ἀπό λιπίδια. Θά μπορούσε νά πει κανένας πώς είναι ένα είδος σάντουιτς, ὅπως δείχνουν οί εἰκόνες 14 και 15. Οί πρωτεΐνες είναι ἔτσι διαταγμένες ὥστε νά ἐπιτρέπουν στή μεμβράνη ἀρκετή ἐλαστικότητα.

2.7 Ἡ φωτοσύνθεση

Στό τμήμα τοῦ μεταβολισμοῦ που ὀνομάζεται **ἀναβολισμός** πραγματοποιεῖται ἡ σύνθεση χημικῶν ἐνώσεων που κλείνουν μέσα στους δεσμούς τους ἐνέργεια. Οί χημικές αὐτές ἐνώσεις είτε ἀποτελοῦν ἀποθήκες ἐνέργειας είτε είναι δομικά συστατικά τοῦ ὄργανισμοῦ (ὅπως οί πέτρες ἀποτελοῦν τὰ δομικά συστατικά ἐνός πέτρινου σπιτιοῦ). Τά ζῶα και γενικότερα οί ἑτερότροφοι ὄργανισμοί τρέφονται ἀπό ἄλλους ὄργανισμούς ἢ προϊόντα ἄλλων ὄργανισμῶν. Μὲ τίς τροφές παίρνουν τίς πλούσιες σέ ἐνέργεια ὀργανικές ἐνώσεις. Οί ἐνώσεις αὐτές είναι συνήθως πολυμερή, δηλαδή ἀποτελοῦνται ἀπό πολλές μικρότερες μεγέθους χημικές ἐνώσεις: τó ἄμυλο και τó γλυκογόνο ἀπό ἐξόζες, δηλαδή ὕδατάνθρακες μὲ 6 μόνο ἄτομα ἄνθρακα (τέτοιες είναι λ.χ. ἡ γλυκόζη και ἡ φρουκτόζη), οί πρωτεΐνες ἀπό τὰ ἀμινοξέα και τὰ νουκλεϊκά ὀξέα ἀπό τὰ νουκλεοτιδία. Μὲ τήν πέψη ὁ ὄργανισμός σπάζει τίς πολυμερεῖς ἐνώσεις τῶν τροφῶν στά χημικά μόρια που τίς συνιστοῦν και ξανασυνθέτει ἀπό τὰ μόρια αὐτά τὰ δικά του ἰδιαίτερα δο-



Εἰκόνα 17: Σχηματική παράσταση χλωροπλάστη σέ τομή γιά νά φαῖνεται τὰ γκράνα.

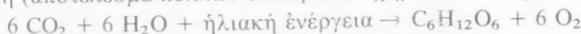


Εικόνα 18: Φωτογραφία χλωροπλάστη, όπως φαίνεται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

μικά συστατικά. Άλλες πάλι ενώσεις τις μετατρέπει ή και τις καίει (τις όξειδώνει). Όλη λοιπόν την ενέργεια που χρειάζεται για την κατασκευή του και τη συντήρησή του ο ετερότροφος οργανισμός την παίρνει από άλλους. Αντίθετα οι πρωταρχικοί παραγωγοί, οι αυτότροφοι οργανισμοί, δηλαδή τα φυτά, φτιάχνουν οι ίδιοι τα συστατικά τους και τις αποθήκες ενέργειάς τους. Αυτοί αποτελούν και την πρωταρχική πηγή τροφής των ετερότροφων άμεσα ή έμμεσα, άμεσα για τα φυτοφάγα και έμμεσα για τα ζωοφάγα ή τα σαπρόφυτα. Η βασική αναβολική λειτουργία των αυτότροφων είναι η **φωτοσύνθεση**: Χρησιμοποιώντας ήλιακή ενέργεια συνθέτουν γλυκόζη ή σάκχαρα με 6 άτομα άνθρακα. Η ήλιακή ενέργεια αποτελεί λοιπόν την πρώτη πηγή ενέργειας για τη ζωή. Άκόμα και έμμεσα άλλωστε τη χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή: το πετρέλαιο προέρχεται από αποθέσεις οργανισμών που έζησαν εκατομμύρια χρόνια πριν και που αλιείθηκαν με τη φωτοσύνθεση, ή αιολική (άνεμοι) ενέργεια κι ή ενέργεια των ύδατοπτώσεων σε τελική ανάλυση προέρχεται επίσης από την ήλιακή

ένεργεια. Η ήλιακή ενέργεια λοιπόν είναι η πηγή ενέργειας για τη συντήρηση, αύξηση και πολλαπλασιασμό των ζωντανών οργανισμών και μετατρέπεται σε χημική ενέργεια με τη φωτοσύνθεση. Η δέσμευση της ήλιακής ακτινοβολίας γίνεται από τις χλωροφύλλες, πράσινες χρωστικές που βρίσκονται όπως είπαμε σε ειδικά πλαστίδια, τους χλωροπλάστες. Υπάρχουν και άλλες χρωστικές (μπλέ, ροδόχροες κ.ά.) που μπορούν να φωτοσυνθέτουν σαν τις χλωροφύλλες και που τις συναντάμε σε διάφορα φύκη (Κυανοφύκη, Ροδοφύκη κ.ά.). Το πλαστίδιο είναι οργανίδιο που φαίνεται πως έχει κάποια αυτονομία (όπως και τα μιτοχόνδρια και τα χρωματοσώματα): μπορεί και πολλαπλασιάζεται. Κι αυτό γιατί περιέχει ένα είδος νουκλεϊκών οξέων, περιέχει δηλαδή DNA (βλέπε και 1.1 στ). Ο χλωροπλάστης έχει δύο μεμβράνες μία εξωτερική και μία εσωτερική. Στο εσωτερικό του, μέσα σ' ένα υγρό (τό στρώμα) υπάρχει ένα πολύπλοκο σύστημα μεμβρανών που μοιάζει με κλειστούς σάκους στοιβαγμένους, ό ένας πάνω στον άλλο, σε στήλες, όπως μία στήλη μεταλλικών κερμάτων. Οι στήλες αυτές, που επικοινωνούν μεταξύ τους, ονομάζονται grana (γκράνα) και περιέχουν τις χλωροφύλλες (υπάρχουν δύο ειδών χλωροφύλλες).

Όταν φωτοσυνθέτει το φυτό παίρνει από την ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , και από το έδαφος νερό H_2O και με αυτά φτιάχνει γλυκόζη $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (ένα σάκχαρο) και ελευθερώνει οξυγόνο, O_2 . Έτσι η συνολική αντίδραση (αποτέλεσμα πολλών ενδιάμεσων χημικών αντιδράσεων) είναι

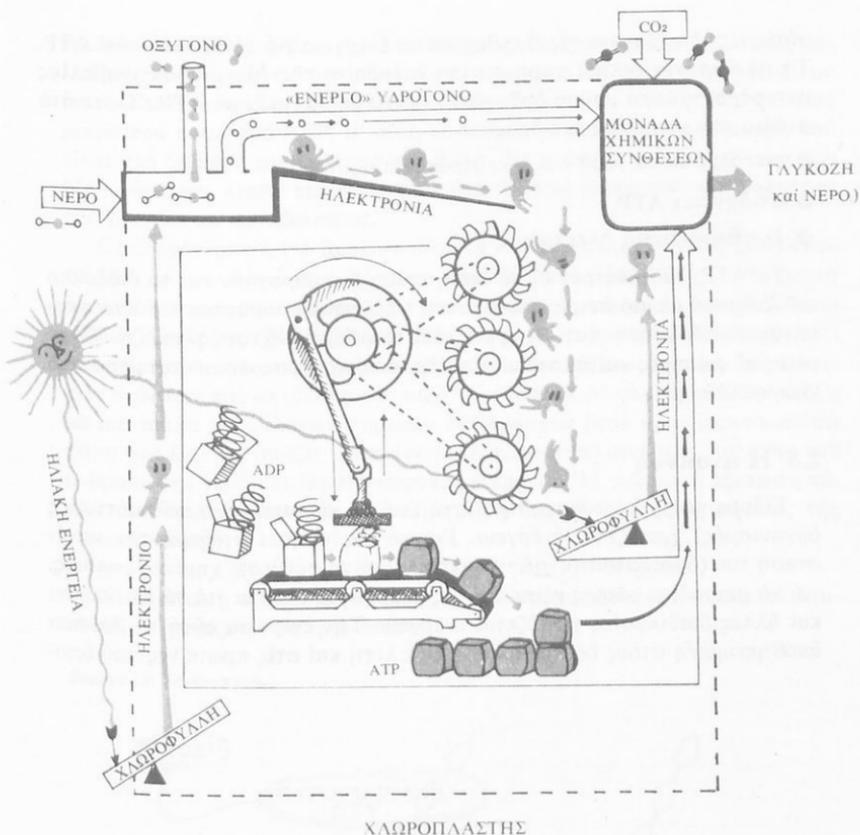


Η φωτοσύνθεση μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια:

- στο στάδιο των φωτεινών αντιδράσεων
- και στο στάδιο των σκοτεινών αντιδράσεων.

Για να γίνουν οι πρώτες χρειάζεται απαραίτητα φως. Με τις φωτεινές αντιδράσεις γίνεται η **φωτόλυση του νερού**: το νερό χωρίζεται στο οξυγόνο, που ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, και στο υδρογόνο που ενώνεται με το διοξείδιο του άνθρακα για το σχηματισμό της γλυκόζης. Το οξυγόνο που ελευθερώνεται προέρχεται από το νερό (κι όχι από το διοξείδιο του άνθρακα).

Μιά μικρή ιδέα του εξαιρετικά πολύπλοκου μηχανισμού της φωτοσύνθεσης μās δίνει το απλοϊκό σχήμα που βέβαια δέν χρειάζεται να απομνημονεύσετε και που ελπίζουμε να τό βρείτε διασκεδαστικό. Η χλωροφύλλη λειτουργεί σαν τραμπάλα. Μόλις επιδράσει τό φως ελευθερώνει ηλεκτρόνια (είναι τά μπλέ άνθρωπάκια που εκτινάσσονται). Αυτά τά ηλεκτρόνια φέρνουν την απαραίτητη ενέργεια για να σπάσουν τά μόρια του νερού και να ελευθερωθεί τό οξυγόνο. Τό υδρογόνο του νερού οδηγείται προς τό μαύρο ορθογώνιο πάνω δεξιά, όπου γίνονται πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις.



ΧΛΩΡΟΠΛΑΣΤΗΣ

Εικόνα 19: Η φωτοσύνθεση.

Μετά τη διάσπαση του νερού, το σχήμα δείχνει τα ηλεκτρόνια να κυλούν, πέφτοντας, πάνω σε τροχούς ώσπου να φτάσουν ένα άλλο μόριο χλωροφύλλης. Η κίνηση που προκαλεί ή πτώση των ηλεκτρονίων μεταδίδεται στους τροχούς και έτσι κινείται ένα πιστόνι που αποθηκεύει ενέργεια μετατρέποντας το ADP (άνοιχτο άσπρο κουτί με ελατήριο) σε ATP (κλειστό γαλάζιο κουτί με κλεισμένο μέσα του το ελατήριο): Πρόκειται για μετάβαση των ηλεκτρονίων από μία ουσία, υποδοχέα ηλεκτρονίων σε άλλη τέτοια ουσία (από τροχό σε τροχό) ακριβώς σαν το πήδημα του ηλεκτρονίου από ελατήριο σε ελατήριο που αναφέραμε στις οξειδοαναγωγές: από



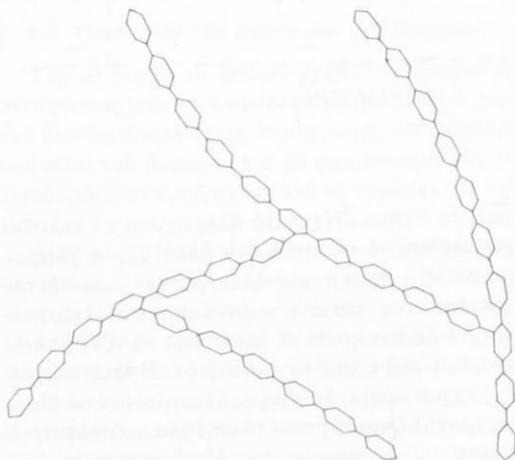
αυτές τις οξειδοαναγωγές ελευθερώνεται ενέργεια για να σχηματισθεί ATP. Τα ηλεκτρόνια τελικά χάρη σε νέα επέμβαση της ήλιακής ακτινοβολίας μεταφέρονται στο μαύρο ορθογώνιο (πάνω δεξιά) μαζί με ATP. Όστε στο στάδιο των φωτεινών αντιδράσεων

- φωτολύεται το νερό και ελευθερώνεται οξυγόνο
- φτιάχεται ATP
- ελευθερώνονται ηλεκτρόνια

Τό ATP, τά ηλεκτρόνια, τό ενεργοποιημένο υδρογόνο και τό διοξείδιο του άνθρακα με μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (στάδιο σκοτεινών αντιδράσεων γιατί δε χρειάζεται τό φως) φτιάχνουν γλυκόζη. Όλες αυτές οι φωτεινές και σκοτεινές αντιδράσεις πραγματοποιούνται μέσα στο χλωροπλάστη.

2.8 Ή αναπνοή

Είδαμε πώς για να διατηρηθεί στή ζωή τό κύτταρο (κι ό πολυκύτταρος οργανισμός) χρειάζεται ενέργεια. Για να διατηρηθεί σταθερή τήν κατάστασή του (όμοιόσταση), για να κινηθεί, για να συνθέσει χημικές ενώσεις, για να μεταφέρει ουσίες μέσα από τις μεμβράνες του και για να επιτελέσει και άλλες διαδικασίες χρειάζεται ενέργεια. Τήν ενέργεια αυτή τή βρίσκει αποθηκευμένη στους υδατάνθρακες, στά λίπη και στις πρωτεΐνες που απο-



Εικόνα 20: Τμήμα μορίου του άμύλου, που αποτελείται από πολλές έξόζες.

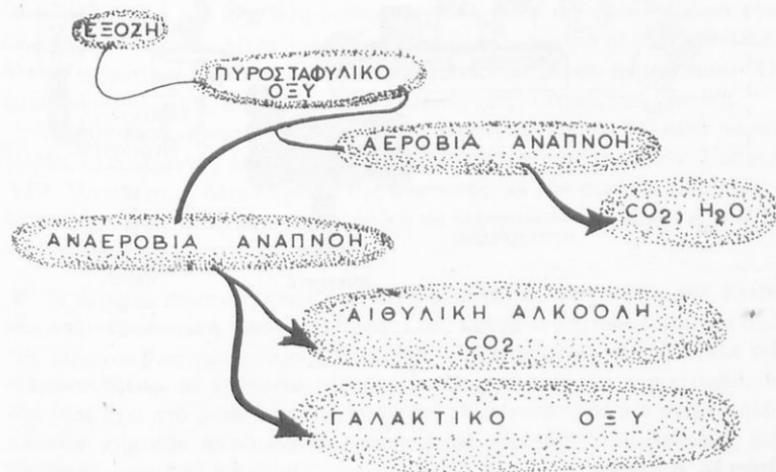
τελούν αποθήκες μεγάλων ποσών ενέργειας. Σπάζοντας, και καίγοντας δηλαδή οξειδώνοντας τις ουσίες αυτές ελευθερώνει τη χημική ενέργεια που αποταμιεύτηκε στους χημικούς τους δεσμούς και την αποθηκεύει ξανά σε μικρότερα ποσά στο ATP, σ' αυτό το ευχρηστο «νόμισμα ενέργειας», που είναι στη διάθεσή του μόλις το χρειαστεί. Το σπάσιμο και η οξείδωση των υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών αποτελεί το μέρος του μεταβολισμού που ονομάζεται **καταβολισμός**.

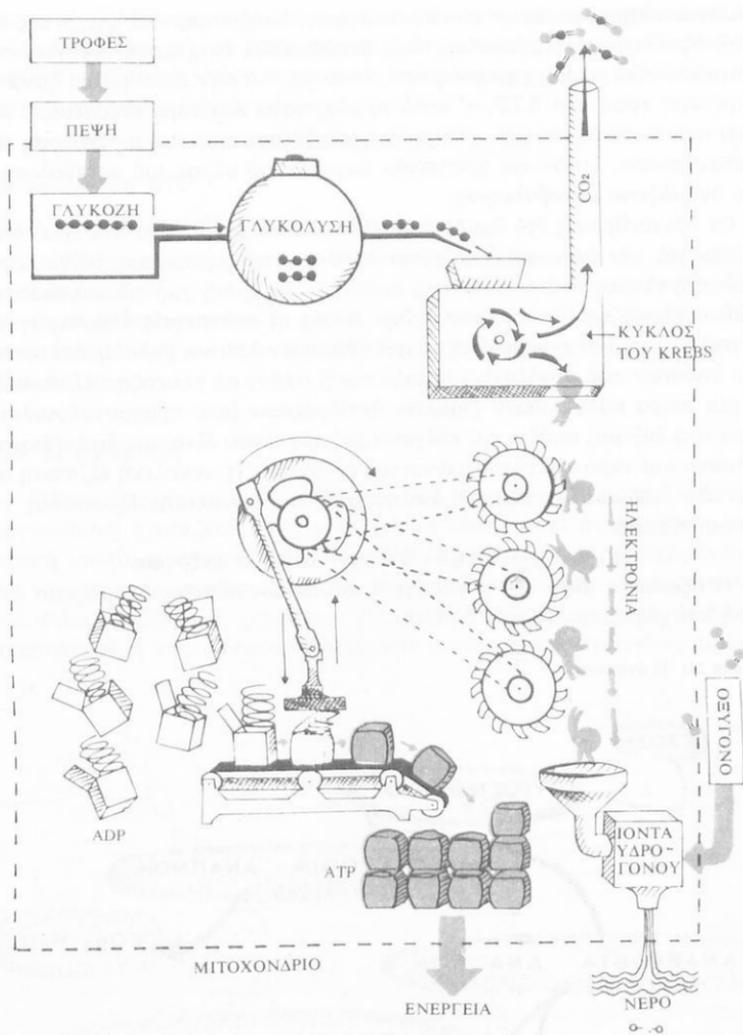
Οι υδατάνθρακες (τό άμυλο στά φυτά και τό γλυκογόνο στά ζώα) αποτελούν για τόν οργανισμό τό μέσο αποθηκεύσεως ενέργειας: κάθε μόριο άμυλου ή γλυκογόνου αποτελείται από άλυσίδες (μέ ή χωρίς διακλαδώσεις) μορίων γλυκόζης (βλέπε εικόνα 20). Αιτές οί **πολυμερείς ένώσεις** (γιατί αποτελούνται από μία μεγάλη σειρά «δομικών λίθων», δηλαδή άπλούστερων ένώσεων που συνδέονται μεταξύ τους) σπάνε σε γλυκόζη. Ή γλυκόζη μέ μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (που πραγματοποιούνται χάρη στά ένζυμα) σπάει και καίγεται (οξειδώνεται) δίνοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό και ελευθερώνοντας ενέργεια. Ή συνολική εξίσωση αυτών των διαδικασιών είναι ή αντίστροφη της συνολικής εξίσωσης της φωτοσύνθεσης:



Ή οξείδωση αυτή της γλυκόζης ή και άλλων ουσιών, ονομάζεται αναπνοή και χωρίζεται σε τρία στάδια:

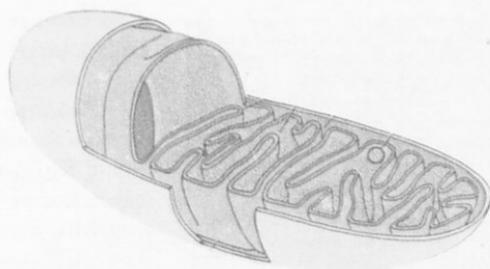
Εικόνα 21: Ή αναπνοή.





Εικόνα 22: Ή αναπνοή.

Εικόνα 23: Τό μιτοχόνδριο, σχηματικά, σε τομή.

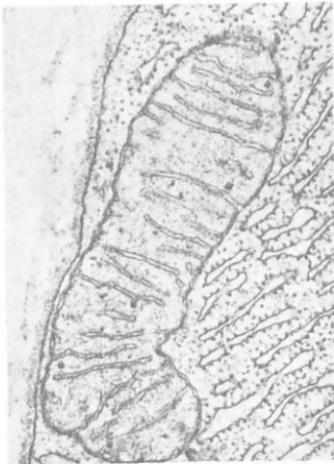


● στό στάδιο της **γλυκόλυσης**. Σ' αυτό, με μιά σειρά αντιδράσεων, τό μόριο της γλυκόζης πού έχει 6 άτομα άνθρακα χωρίζεται στό τέλος σέ δύο μόρια **πυροσταφυλικού όξέος** (πού έχει μόνο τρία άτομα άνθρακα). Σ' αυτό τό στάδιο δέ χρησιμοποιείται όξυγόνο: πρόκειται γιά τήν **άναερόβια φάση τής άναπνοής**. Ουσίες σάν τήν γλυκόζη, πού διασπώνται κατά τήν άναπνοή, όνομάζονται άναπνευστικά ύποστρώματα. Έκτός από τίς έξόξες (σέ σειρά σπουδαιότητας) άλλα άναπνευστικά ύποστρώματα είναι τά λίπη και οί πρωτεΐνες. Τό στάδιο αυτό τής άναπνοής σχηματικά παρυσιαίζεται πώς διαδραματίζεται στό μεγάλο σφαιρικό καζάνι τής εικόνας 22.

● Δυό δυνατότητες άνοίγονται μετά τή γλυκόλυση: είτε τό κύτταρο έχει στή διάθεσή του όξυγόνο και προχωρεί στήν **αερόβια φάση** τής άναπνοής, σπάζοντας τό πυροσταφυλικό όξύ σέ διοξειδίο του άνθρακα και σέ ύδρογόνο (αυτό τό τελευταίο ένώνεται με τό όξυγόνο τής άτμόσφαιρας και μās δίνει νερό), είτε δέν έχει στή διάθεσή του όξυγόνο και ολοκληρώνει τήν άναερόβια άναπνοή. Μετατρέπει τότε τό πυροσταφυλικό όξύ σέ **αιθυλική άλκοόλη** (φυτικοί όργανισμοί) ή σέ **γαλακτικό όξύ** (ζωικοί όργανισμοί). Η παραγωγή αιθυλικής άλκοόλης (άπό ζυμομύκτης) όνομάζεται **ζύμωση**.

Με τήν ολοκλήρωση τής άναερόβιας άναπνοής (εικόνα 21) κάθε μόριο γλυκόζης σπάζοντας έλευθερώνει ένέργεια γιά νά σχηματιστούν 2 μόρια ATP. Άντίθετα, ή ολοκλήρωση τής άναπνοής, με τήν αερόβια φάση, επιτρέπει ή καύση ενός μορίου γλυκόζης νά σχηματίσει 36 μόρια ATP. Η διαφορά λοιπόν είναι σημαντική.

● Η αερόβια άναπνοή χωρίζεται σέ δύο τμήματα: **στόν κύκλο του Krebs** και στήν **όξειδωτική φωσφορυλίωση**. Στόν **κύκλο του Krebs** (βρέθηκε άπό τον γερμανό βιοχημικό Hans Krebs, 1900 – ζει στίς μέρες μας) ή **κύκλο του κιτρικού όξέος**, τά προϊόντα τής γλυκόλυσης, δηλαδή τό πυροσταφυλικό όξύ (πού έχει στό μεταξύ μετασχηματιστεί) «καίγεται», σέ μιά σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων, παράγοντας διοξειδίο του άνθρακα και έλευθερώνοντας ήλεκτρόνια.



Εικόνα 24: Το μιτοχόνδριο όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

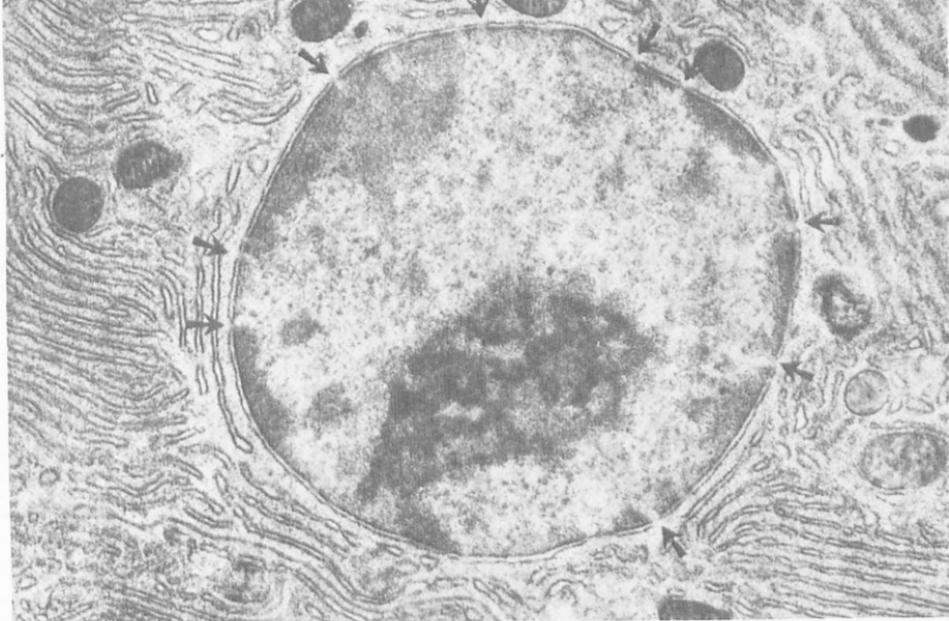
● Τήν τύχη αὐτῶν τῶν ἠλεκτρονίων περιγράψαμε στό κεφάλαιο τῶν ὀξειδοαναγωγῶν χρησιμοποιώντας σάν μηχανικό ἀνάλογο γιά τήν ἀπεικόνισή τους τή σφαίρα πού πηδᾶ σέ μιά σειρά ἐλατήρια. Καί ἡ εἰκόνα 22 μᾶς δείχνει κάτι παρόμοιο: τά γαλάζια ἀνθρωπάκια (ἠλεκτρόνια) κινοῦν τροχοῦς (ἀντίστοιχα τῶν ἐλατηρίων) πού βοηθοῦν νά «πακεταριστεῖ» ἡ χημική ἐνέργεια στό ATP. Τά ἠλεκτρόνια καταλήγουν στό ὀξυγόνο πού χρειάζεται γιά τήν ἀναπνοή. Τά χερσαῖα σπονδυλωτά παίρνουν τό ὀξυγόνο ἀπό τήν ἀτμόσφαιρα καί τό δεσμεύουν στήν αἰμοσφαιρίνη τῶν ἐρυθροκυττάρων τοῦ αἵματος, ἀναπνέοντας μέ τούς πνεύμονές τους. Κάθε ἄτομο ὀξυγόνου δέχεται δυό ἠλεκτρόνια καί ἐνώνεται μέ δυό Ἴοντα ὕδρογόνου γιά νά σχηματίσει νερό.

Οἱ χημικές ἀντιδράσεις τῆς ὀξειδωτικῆς φωσφορυλίωσης γίνονται στό μιτοχόνδρια: αὐτά ἀποτελοῦν καί τούς σταθμούς παραγωγῆς ἐνέργειας, τά «ἐργοστάσια παραγωγῆς ἐνέργειας» τοῦ κυττάρου. Ἡ εἰκόνα 23 δίνει σχηματική παράσταση ἑνός μιτοχόνδριου πού ἔχει κοπεῖ γιά νά μᾶς δείξει τό ἐσωτερικό του. Ἔχει δυό μεμβράνες. Ἡ ἐσωτερική μεμβράνη του σχηματίζει μιά σειρά ἀπό ἀναδιπλώσεις: πάνω σ' αὐτές διαδραματίζεται ἡ ὀξειδωτική φωσφορυλίωση. Ἡ σειρά τῶν χημικῶν οὐσιῶν, πού ἀποτελοῦν τούς ἀποδέκτες τῶν ἠλεκτρονίων – ταχτικά τοποθετημένες, σάν μιά συστοιχία (μπαταρία) – βρίσκεται σέ μικροσκοπικά στρογγυλά σωματῖα πάνω στίς ἐσωτερικές ἀναδιπλώσεις τῆς μέσα μεμβράνης.

Μόλις ὁ ὀργανισμός χρειαστεῖ ἐνέργεια καταφεύγει στό ATP: λ.χ. ἡ κίνησή μας (μηχανικό ἔργο) ὀφείλεται σέ συστολές καί διαστολές τῶν μυῶν πού γίνονται ἐπειδή οἱ πρωτεΐνες τους «συστέλλονται καί διαστέλλονται» δηλαδή ἀλλάζουν μορφή, χάρη σέ χημικές ἀντιδράσεις. Τήν ἐνέργεια γιά νά γίνουν οἱ χημικές αὐτές ἀντιδράσεις παρέχει τό ATP.

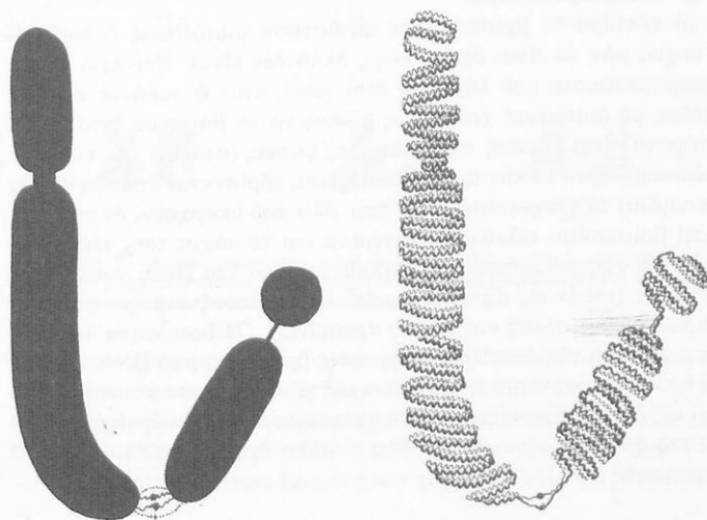
2.9 Ὁ πυρήνας τοῦ κυττάρου καί τά χρωματοσώματα

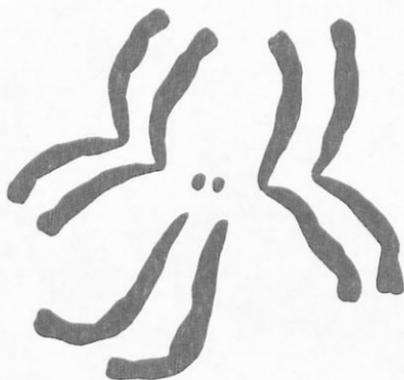
Ὁ πυρήνας εἶναι τό πῶ σημαντικό ὀργανίδιο τοῦ κυττάρου. Εἶναι τό ὀργανίδιο πού ἀποτελεῖ τό κέντρο ἀπ' ὅπου φεύγουν οἱ διαταγές γιά τή



Εικόνα 25: Ο πυρήνας και το γύρω του κυτταρόπλασμα όπως φαίνονται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τα βέλη δείχνουν τις όπες της πυρηνικής μεμβράνης. Τα μιτοχόνδρια είναι οι σκοτεινές μάζες έξω από τον πυρήνα ενώ η μεγάλη μάζα μέσα στον πυρήνα είναι ο πυρηνίσκος. Φαίνεται στο κυτταρόπλασμα και το ένδοπλασματικό δίκτυο.

Εικόνα 26: Σχηματική παράσταση ενός χρωμοσώματος. Ἀριστερά όπως φαίνεται όταν βαφεί, δεξιά πώς είναι τυλιγμένο το υλικό του.





Εικόνα 27: Τά 8 χρωματοσώματα τής δροσόφιλας αποτελούν τέσσερα ζευγάρια όμολογων χρωματοσωμάτων.

λειτουργία του κυττάρου, αποτελεί δηλαδή την κεντρική έξουσία και τό επιτελεϊτο προγραμματισμού του κυττάρου. Τό κύτταρο χωρίς πυρήνα δέν μπορεί νά ζήσει γιά πολύ. Είναι καταδικασμένο νά πεθάνει. Γι' αυτό τά κύτταρα τών ερυθρών αίμοσφαιρίων του αίματος, πού δέν έχουν πυρήνα – άν και προέρχονται από κύτταρα μέ πυρήνα – έχουν ζωή σύντομη και περιορισμένη (120 μέρες).

Ό πυρήνας είναι συνήθως σφαιρικός και περιβάλλεται από την πυρηνική μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή είναι διπλή, όπως φαίνεται στό ήλεκτρονικό μικροσκόπιο, και φέρνει άνοιγματα μέ τά όποια ό πυρήνας επικοινωνεί μέ τό κυτταρόπλασμα.

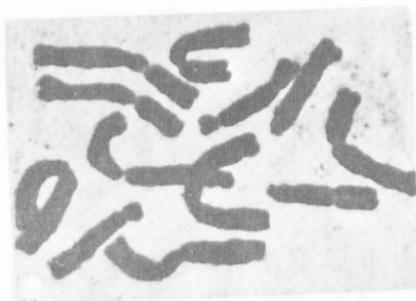
Όταν τό κύτταρο δέ βρίσκεται σέ κατάσταση διαιρέσεως ό πυρήνας φαίνεται συχνά σαν νά είναι όμοιογενής, αλλά δέν είναι. Περιέχει σωματία, τά χρωματοσώματα πού λέγονται έτσι γιατί, όταν ό πυρήνας διαιρείται, μπορούμε μέ όρισμένες χρωστικές ουσίες νά τά βάψουμε έντονα. Τά χρωματοσώματα είναι έμφανή στίς διάφορες φάσεις (στάδια) τής κυτταρικής διαιρέσεως. Όταν τό κύτταρο δέ διαιρείται, (βρίσκεται δηλαδή σέ πυρηνική άκίνησία) τά χρωματοσώματα, παρ' όλο πού υπάρχουν, δέ γίνονται όρατά, γιατί βρίσκονται τελείως ξετυλιγμένα και τό πάχος τους είναι τότε πολύ μικρό. Τά χρωματοσώματα αποτελούνται από ένα είδος νουκλεϊκού όξεος, τό DNA (ντί-έν-εί, deoxyribonucleic acid, δεσοξυριβοζονουκλεϊκό όξύ) και πρωτεΐνες (ίστόνες και όξινες πρωτεΐνες). Η ικανότητα διπλασιασμού τους, δηλαδή τής άναπαραγωγής τους, βρίσκεται στό DNA. Και τά πλαστίδια και τά μιτοχόνδρια έχουν DNA και γι' αυτό έχουν άυτόνομια και μπορούν κι αυτά νά διπλασιάζονται. Τά χρωματοσώματα όμως είναι εκείνα πού έχουν πίο χαρακτηριστική, άπ' όλα τ' άλλα όργανίδια, την ιδιότητα τής άναπαραγωγής.



Εικόνα 28: Τα 46 χρωμοσώματα του ανθρώπου (μιάς γυναίκας) χωρισμένα σε 23 ζευγάρια ομόλογων χρωμοσωμάτων. Κάθε χρωματόσωμα είναι χωρισμένο κατά μήκος σε δύο χρωματίδες, που ενώνονται στο κεντρόμερο (άσπρος κύκλος).

Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος χρωματίνη για να δηλώσει την ουσία των χρωμοσωμάτων που βάφεται έντονα και που αποτελείται από τάνουκλεικά όξέα και τις πρωτεΐνες του χρωμοσωμάτος. Τα χρωμοσώματα έχουν σχήμα Λ, ή παστουνιού, ή σφαιρικό (όταν είναι μικρά).

Κάθε χρωματόσωμα έχει ένα **κεντρόμερο**, δηλαδή ένα τμήμα ειδικευμέ-



Εικόνα 29: Τά χρωματοσώματα ενός φυτού, του *Trillium*.

νο, πού βοηθεῖ τό χρωματοσώμα νά κινεῖται, ὅταν γίνεται ἡ κυτταρική διαίρεση. Ἀπό τή θέση πού ἔχει τό κεντρόμερο ἄπάνω στό χρωματοσώμα, διακρίνουμε ἓνα ἢ δύο, μεγάλους ἢ μικρούς, ἴσους ἢ ἄνισους βραχίονες. Ἀπό τή θέση, λοιπόν, πού ἔχει τό κεντρόμερο, καθώς καί ἀπό ἄλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, λ.χ. τό μέγεθός τους, διακρίνονται τό ἓνα χρωματοσώμα ἀπό τό ἄλλο.

Ἔλα τά κύτταρα σέ ἓναν ὄργανισμό ἔχουν τόν ἴδιο ἀριθμό χρωματοσωμάτων. Καί ὅλοι οἱ ὄργανισμοί, πού ἀνήκουν στό ἴδιο εἶδος, ἔχουν τόν ἴδιο ἀριθμό χρωματοσωμάτων. (Μιά ἐξαιρεση σ' αὐτόν τόν κανόνα μπορεί νά παρατηρηθεῖ σέ ἄτομα διαφορετικοῦ φύλου. Μπορεῖ, δηλαδή, νά ὑπάρχει κάποια διαφορά, συνήθως ἓνα χρωματοσώμα πάρα πάνω ἢ πάρα κάτω ἀνάμεσα σέ ἀρσενικό καί θηλυκό ἄτομο).

Αὐτή ἡ σταθερότητα, πού ἔχουν τά χρωματοσώματα σέ ἀριθμό, ἀποτελεῖ ἓνα βασικό καί πολύ σημαντικό κανόνα.

Διαφορετικά εἶδη μπορεί νά ἔχουν καί διαφορετικό ἀριθμό χρωματοσωμάτων. Ὁ ἀριθμός τους ἀπό εἶδος σέ εἶδος ποικίλλει ἀπό 2 ἕως 150 περίπου. Ὁ συνηθισμένος ὁμως ἀριθμός εἶναι λίγες δεκάδες ἢ καί λιγότερο ἀπό 10.

Ὁ ἄνθρωπος σέ κάθε κύτταρο τοῦ σώματός του ἔχει 46 χρωματοσώματα, ἐκτός ἀπό τά ὠάρια καί τά σπερματοζῶάρια. Αὐτά ἔχουν μόνο 23 χρωματοσώματα.

Ἄν ἐξετάσουμε προσεκτικά τά χρωματοσώματα σέ ἓνα κύτταρο, θά δοῦμε ὅτι μπορούμε νά τά ταξινομήσουμε σέ ζευγάρια. Τά χρωματοσώματα, πού ἀνήκουν στό ἴδιο ζευγάρι, εἶναι ὅμοια ἀναμεταξύ τους καί ὀνομάζονται **ὁμόλογα χρωματοσώματα**.

Τά χρωματοσώματα πού ἀνήκουν σέ ξεχωριστά ζευγάρια μπορεί καί νά διαφέρουν. Ὁ ἄνθρωπος ἔχει, ὅπως εἶπαμε, 46 χρωματοσώματα σέ κάθε κύτταρό του, πού κάνουν 23 διαφορετικά ζευγάρια. Τό καλαμπόκι ἔχει 20 χρωματοσώματα σέ κάθε κύτταρό του, δηλαδή 10 ζευγάρια. Στόν ἴδιο ὄρ-

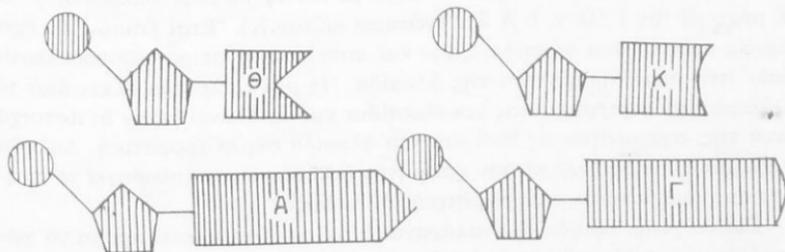
γανισμό ή στους οργανισμούς του ίδιου είδους, τα χρωματοσώματα των κυττάρων δεν είναι μόνο ίσα σε αριθμό, αλλά είναι και όμοια άναμεταξύ τους.

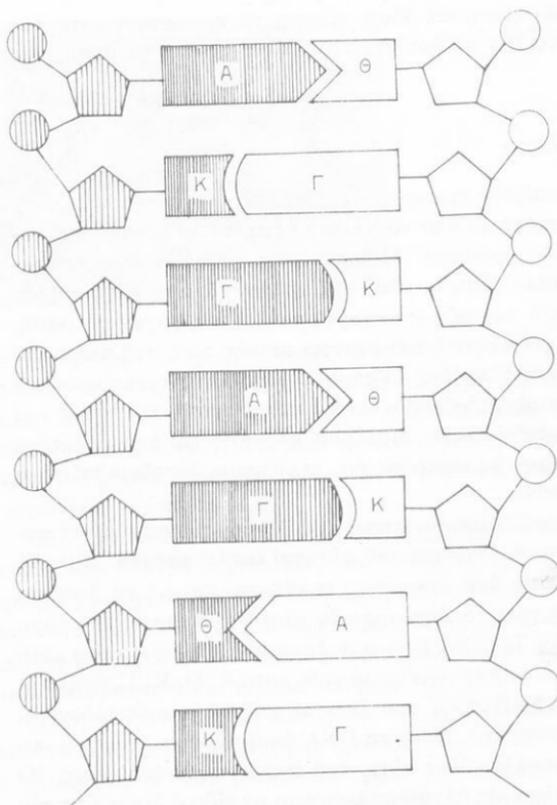
2.10 Τά νουκλεϊκά όξέα

Τά νουκλεϊκά όξέα παίζουν πρωταρχικό ρόλο στο φαινόμενο τής ζωής. Ύπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία από νουκλεϊκά όξέα. Είναι μεγάλα και πολύπλοκα μόρια όργανικών ενώσεων. Η βασική τους μονάδα είναι τό νουκλεοτίδιο. Τό νουκλεοτίδιο είναι κι αυτό μία σύνθετη ένωση ενός μορίου φωσφορικού όξέος με μία πεντόζη (σάκχαρο) και με μία όργανική βάση, πού περιέχει άζωτο. Τά νουκλεοτίδια ένώνονται μεταξύ τους στή σειρά και σχηματίζουν πολύ μακριές άλυσίδες. Ύπάρχουν δύο κατηγορίες νουκλεϊκών όξέων: τό DNA (δεσοξυριβοζονουκλεϊκό) γιά τό όποιο μιλήσαμε και τό RNA (άρ-έν-εί, ribonucleic acid, ριβοζονουκλεϊκό). Τά όνόματά τους προέρχονται από τό όνομα τής πεντόζης πού περιέχουν: δεσοξυριβόζη γιά τό DNA, ριβόζη γιά τό RNA.

Τά DNA, τά χαρακτηρίζει μία ιδιότητα, πού δεν τή συναντούμε σε καμία άλλη χημική ένωση: ή **ιδιότητα του αυτοπαραπλασιασμού**. Δηλαδή έχουν τήν ικανότητα, κάτω από όρισμένες συνθήκες, και με τή βοήθεια άλλων χημικών παραγόντων, νά δημιουργούν πιστά αντίγραφα του τόσο πολύπλοκου μορίου τους. Τό DNA έχει σάν δομικούς λίθους 4 μόνο είδη νουκλεοτίδια. "Ας τά χαρακτηρίσουμε με τά γράμματα Α, Θ, Κ, Γ, άνάλογα με τό είδος τής όργανικής βάσεως πού έχει τό κάθε ένα τους (άδενίνη, θυμίνη, κυτοσίνη και γουανίνη). "Έτσι τά DNA άπαρτίζονται από δύο μακριές άλυσίδες από τά νουκλεοτίδια αυτά, πού ένώνονται μεταξύ τους. "Ο κάθε κρίκος, άς πούμε, τής μιάς άλυσίδας ένώνεται με ειδικό δέσιμο με τόν

Εικόνα 30: Τά τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων του DNA. Με τόν κύκλο συμβολίζεται τό φωσφορικό όξύ, με τό πεντάγωνο ή πεντόζη (σάκχαρο) και τά σχήματα πού φέρνουν τά γράμματα Θ, Α, Κ και Γ συμβολίζουν τίς τέσσερις διαφορετικές βάσεις.





Εικόνα 31: Ἡ διπλή ἄλυσίδα τοῦ DNA. Παρατηρεῖστε πὸς ἡ βάση A μπορεῖ νά ταιριάξει μόνο με τὴ Θ (καὶ ἀντίστροφα ἡ Θ μόνο με τὴν A). Ἐπίσης ἡ K ταιριάξει μόνο με τὴ Γ.

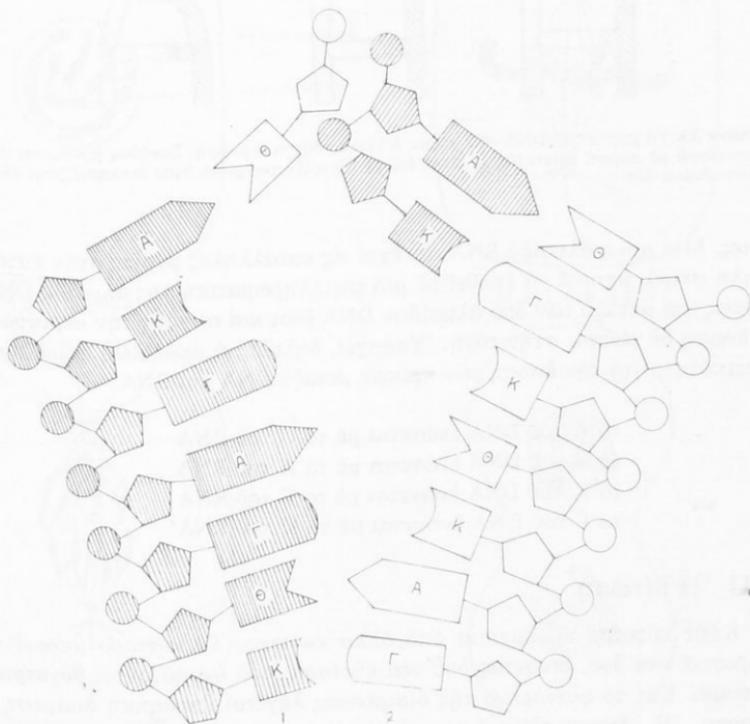
κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ἀλλὰ δὲν ἐνώνεται στὴν τύχη ὁποιοσδήποτε κρίκος τῆς μιᾶς ἄλυσίδας με ὁποιοδήποτε κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ὁ κρίκος A (νουκλεοτίδιο) ἐνώνεται μόνο με τὸν κρίκο Θ (νουκλεοτίδιο). Ὁ K μόνο με τὸν Γ, (λ.χ. ὁ A δὲν ἐνώνεται με τὸν K). Ἔτσι λοιπὸν, ἂν ἔχει κανεὶς μόνο τὴ μιὰ ἄλυσίδα, ξέρεῖ καὶ ποιά εἶναι ἡ σειρά τῶν νουκλεοτιδίων στὴ συμπληρωματικὴ τῆς ἄλυσίδα. Ἡ μονὴ ἄλυσίδα ἔλκει ἀπὸ τὸ διάλυμα τοῦ περιβάλλοντος νουκλεοτίδια καὶ τὰ ἐνώνει με τὰ ἀντίστοιχα δικά της, σχηματίζοντας ἔτσι μιὰ νέα ἄλυσίδα συμπληρωματικὴ. Δηλαδή κάθε μιὰ ἄλυσίδα ἐνεργεῖ σάν μιὰ μήτρα (καλοῦπι) πού καθοδηγεῖ τὸ σχηματισμὸ μιᾶς νέας συμπληρωματικῆς ἄλυσίδας.

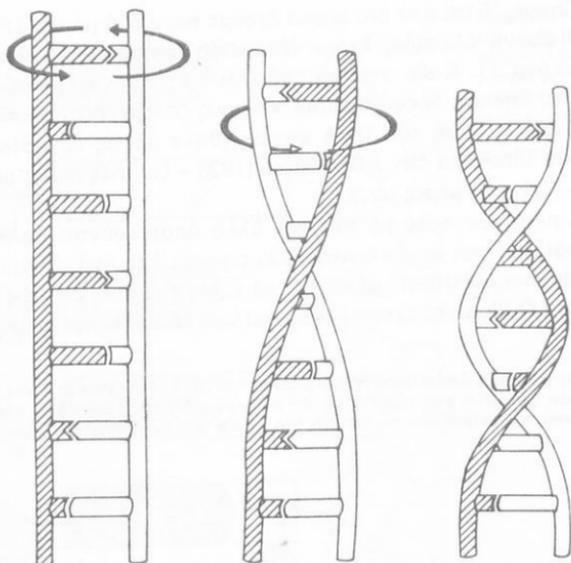
Γιὰ νὰ γίνει, λοιπὸν, ἡ ἀναπαραγωγή τοῦ μορίου, πρέπει πρῶτα νὰ χωριστοῦν οἱ δύο ἄλυσίδες καὶ τότε ἡ καθεμιά θά φτιάξει τὴ συμπληρωματικὴ

της, όπως είπαμε. Έτσι από ένα μόριο έχουμε τώρα δύο μόρια. Οί ένωμένες άλυσίδες, δίκλωνη άλυσίδα, έχουν έλικοειδή (σπειροειδή) μορφή, όπως δείχνει ή εικόνα 33. Κάθε στροφή του έλικα έχει δέκα κρίκους από την κάθε άλυσίδα, δηλαδή δέκα ζευγάρια κρίκους (ένωμένους συμπληρωματικούς κρίκους). Η δομή του DNA κατανοήθηκε με τις έργασίες πολλών έρευνητών και ιδιαίτερα των J.D. Watson (1928 – ζει στις μέρες μας) και F. Crick (1916 – ζει στις μέρες μας).

Τά RNA μοιάζουν πολύ με τά DNA αλλά αποτελούνται πολλές φορές από μία άλυσίδα (είναι μονόκλιωνα), άλλες φορές από δυό. Έχουν κι αυτά τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων, μόνο πού τό είδος της μίας βάσεως τους διαφέρει, αντί για Θ (θυμίνη) έχουν U (ουρακίλη). Οί άλλες τρείς βάσεις είναι

Εικόνα 32: Πώς γίνεται ό διπλασιασμός του μορίου του DNA. Τά τμήματα 1 και 2 αποτεούσαν την άλυσίδα του DNA πού χωρίστηκε. Τό κάθε κομμάτι παίρνει από τό περιβάλλον τά νουκλεοτιδιά πού του ταιριάζουν κι έτσι τό ένα μόριο γίνεται δυό μόρια όμοια.





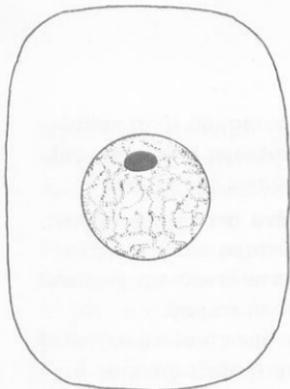
Εικόνα 33: Τό μόριο του DNA στο χώρο: ή έλικοειδής του μορφή. Συνήθως βρίσκεται στον οργανισμό με μορφή έλικα (δπως είναι δεξιά). Ξετυλίγεται μόνο όταν διπλασιάζεται (δπως στην εικόνα 32).

ΐδιες. Μιά μονή άλυσίδα RNA, αν έχει τις κατάλληλες βάσεις στην κατάλληλη σειρά, μπορεί να ένωθεί με μία συμπληρωματική της άλυσίδα DNA. Όπως και μεταξύ των δυό άλυσίδων DNA έτσι και σ' αυτή την περίπτωση ή ένωση δέ γίνεται στην τύχη. Υπάρχει, δηλαδή, ή ακόλουθη συμπληρωματικότητα για την ένωση των κρίκων μεταξύ DNA και RNA:

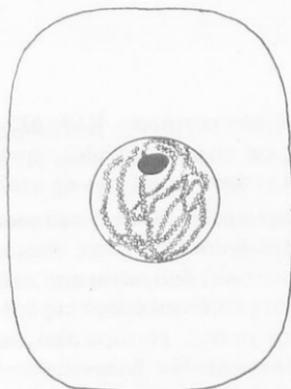
- τό A του DNA ένώνεται με τό U του RNA
- τό Θ του DNA ένώνεται με τό Α του RNA
- τό K του DNA ένώνεται με τό Γ του RNA
- τό Γ του DNA ένώνεται με τό Κ του RNA

2.11 Ή μίτωση

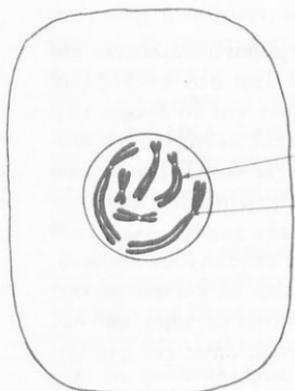
Κάθε κύτταρο προέρχεται από άλλο κύτταρο. Τό κύτταρο μπορεί να χωριστεί στά δυό, δίνοντας δυό νέα κύτταρα, που ονομάζονται **θυγατρικά κύτταρα**. Και τό φαινόμενο της διαιρέσεως λέγεται κυτταρική διαίρεση ή **μίτωση**. Ή μίτωση είναι ό μοναδικός και γενικός τρόπος πολλαπλασι-



ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΦΑΣΗ

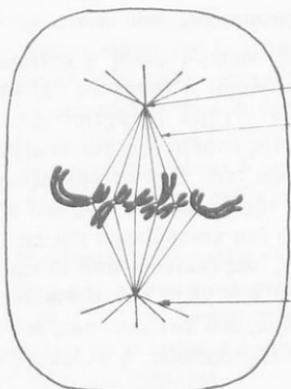


ΑΡΧΗ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ



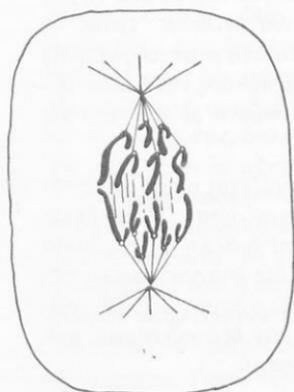
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΑ
ΚΕΝΤΡΟΜΕΡΟ

ΤΕΛΟΣ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ



ΠΟΛΟΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΤΡΑΚΤΟΣ
ΑΣΤΕΡΑΣ

ΜΕΤΑΦΑΣΗ



ΑΝΑΦΑΣΗ



ΤΕΛΟΣ ΦΑΣΗΣ

Εικόνα 34: Η μίτωση.

ασμού των κυττάρων. Κάθε άλλος τρόπος πολλαπλασιασμού είναι παθολογικός και γίνεται σε παθολογικά κύτταρα (λ.χ. στά κύτταρα του καρκίνου).

Η μίτωση χωρίζεται σε στάδια: τίς τέσσερις φάσεις της μίτωσης.

● Στην πρώτη φάση ή **πρόφαση**, το κεντρόσωμα, ένα στρογγυλό οργανίδιο, πού βρίσκεται, όπως είπαμε, μόνο στά ζωικά κύτταρα και έξω από τόν πυρήνα τους, διαιρείται στά δυό. Τά δυό αυτά τμήματα κινούνται χωριστά και πάνε νά καταλάβουν τίς δυό αντίθετες άκρες του κυττάρου.

Στά φυτικά κύτταρα δέν υπάρχει κεντρόσωμα, όμως και τά κύτταρα αυτά μπορούν νά διαιρούνται. Ένω ή πρόφαση προχωρεί, χάνεται σιγά σιγά ή όμοιομέρεια του πυρήνα και έμφανίζονται τά χρωματοσώματα, μακριά και λεπτά. Κάθε χρωματοσώμα είναι ήδη χωρισμένο κατά μήκος σε δυό χρωματίδες, πού ένώνονται στό κεντρόμερο.

● Στή δεύτερη φάση ή **μετάφαση**, ή πυρηνική μεμβράνη διαλύεται και σχηματίζεται ή άτρακτος. Η άτρακτος, πού αποτελείται από πολλές ίνες και έχει σχήμα άδραχτιού (άπό τό όποιο και παίρνει και τό όνομά της, άτρακτος = άδράχτι) πιάνει μεγάλο μέρος στό χώρο του κυττάρου. Τό κεντρόσωμα, πού έχει στό μεταξύ χωριστεί στά δυό, έχει καταλάβει τίς δυό άκρες της άτράκτου, τούς δυό πόλους της. Οί ίνες της άτράκτου άρχίζουν άπό τό ένα κεντρόσωμα και καταλήγουν στό άλλο, σάν χορδές. Άλλά και πολλές ίνες ξεκινούν άπό τά κεντροσώματα χωρίς νά καταλήγουν πουθενά. Σκορπίζουν μέσα στό κυτταρόπλασμα, σχηματίζοντας, μέ κέντρο τό κεντρόσωμα, δυό άστέρια: τούς δυό άστέρες. Και στά φυτικά κύτταρα, πού δέν έχουν κεντρόσωμα, ή άτρακτος σχηματίζεται κανονικά, όπως και στά ζωικά.

Τά χρωματοσώματα, στή δεύτερη φάση, φαίνονται πιό παχιά, διακρίνονται πιό έντονα και τοποθετούνται στή μέση της άτράκτου, άπάνω σε μιá επίπεδη νοητή επιφάνεια πού όνομάζεται ισημερινό επίπεδο. Όπως τό ισημερινό επίπεδο της γης, βρίσκεται κι αυτό κάθετο στή μέση της νοητής γραμμής, (στόν άξονα νά πούμε) πού ένώνει τούς δυό πόλους της άτράκτου. Τό κεντρόμερο του κάθε χρωματοσώματος είναι ένόμενο με μιá από τίς ίνες της άτράκτου.

● Στή τρίτη φάση ή **ανάφαση** κάθε κεντρόμερο χωρίζεται στά δυό. Έτσι οί δυό χρωματίδες του κάθε χρωματοσώματος άποχωρίζονται. Η μιá έλκεται άπό μιá ίνα της άτράκτου προς τόν ένα πόλο και ή άλλη μέ παρόμοιο τρόπο προς τόν άλλο πόλο. Έτσι, όταν οί χρωματίδες φτάσουν στους πόλους, κάθε πόλος θά έχει τόν ίδιο άριθμό και τίς ίδιες χρωματίδες. Οί χρωματίδες είναι τώρα τά καινούργια χρωματοσώματα των δυό κυττάρων, πού θά προκύψουν άπό τή μίτωση (τήν κυτταρική διαίρεση).

● Στήν τελευταία φάση, τήν **τελόφαση**, σχηματίζονται δυό πυρηνικές

μεμβράνες. Κάθε μιά περικλείει τὰ χρωματοσώματα πού βρίσκονται στόν κάθε πόλο. Συγχρόνως τὰ χρωματοσώματα ἀρχίζουν νά γίνονται λιγότερο ὁρατά, ὥσπου ξεφεύγουν ἐντελῶς ἀπό τήν παρατήρησή μας. Τό κύτταρο χωρίζεται στά δύο καί οἱ ἴνες τῆς ἀτράκτου σβήνουν. Ἐχουμε τώρα δύο θυγατρικά κύτταρα, ἀπό ἕνα πού εἶχαμε πρὶν. Τά δύο αὐτά θυγατρικά κύτταρα, ἔχουν τόν ἴδιο ἀριθμό καί τό ἴδιο εἶδος χρωματοσώματα, ὅπως εἶχε τό μητρικό ἀπό τό ὁποῖο προῆρθαν, ἀφοῦ ἔχουν πάρει τό καθένα τους ἀπό μιά χρωματίδα ἀπό τό κάθε ἀρχικό χρωματοσώμα.

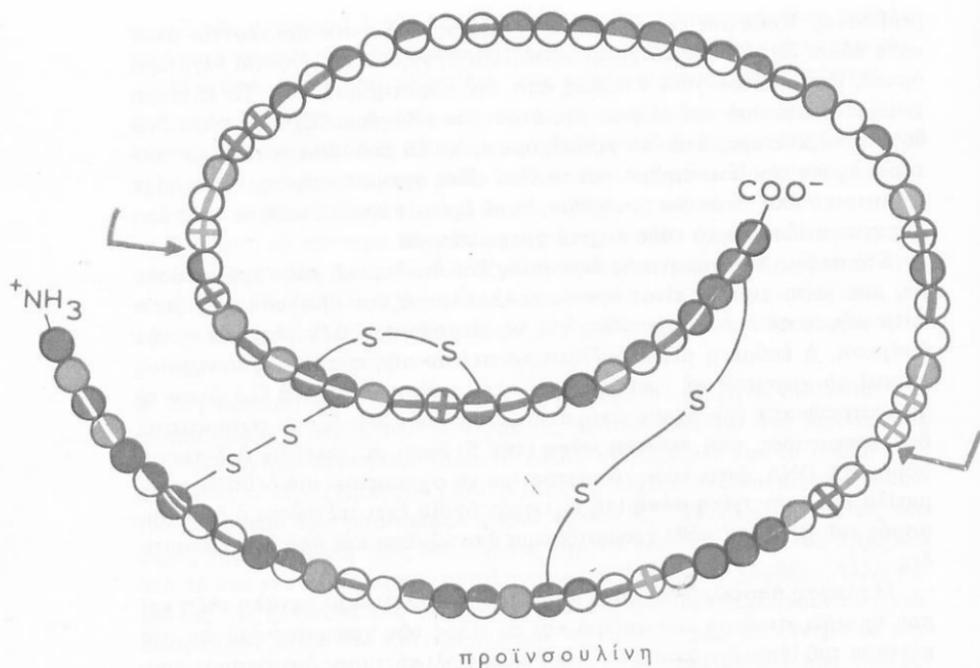
Στό στάδιο τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος πού ἀκολουθεῖ, κάθε χρωματοσώμα, πού τώρα πιά δέν εἶναι ὁρατό, πολλαπλασιάζεται. Δηλαδή χωρίζεται κατά μήκος σέ δύο χρωματίδες, γιά νά εἶναι ἔτοιμο ὅταν ἀρχίσει ἡ νέα διαίρεση, ἡ ἐπόμενη μίτωση. Ἐτσι τό στάδιο τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος μπορεῖ νά χωριστεῖ σέ τρεῖς φάσεις: στήν **πρώτη φάση (τῆ G₁)** ὅπου τὰ χρωματοσώματα δέν ἔχουν ἀκόμα διπλασιαστεῖ, δέν ἔχουν σχηματιστεῖ δύο χρωματίδες, στή **δεύτερη φάση (τῆ S)** ὅπου συντελεῖται ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA, ὥστε κάθε χρωματοσώμα νά σχηματίσει μιά δεύτερη χρωματίδα καί στήν **τρίτη φάση (τῆ G₂)** στήν ὁποία ἔχει τελειώσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA καί κάθε χρωματοσώμα ἀποτελεῖται πιά ἀπό δύο χρωματίδες.

Ἡ μίτωση ἀποτελεῖ ἕνα μηχανισμό πού συντελεῖται μέ μεγάλη τάξη καί πού κρατάει σταθερό τόν ἀριθμό καί τό εἶδος τῶν χρωματοσωμάτων στά κύτταρα τοῦ ἴδιου ὄργανισμοῦ: Ἀφοῦ κάθε πολυκύτταρος ὄργανισμός προέρχεται ἀπό ἕνα μόνο ἀρχικό κύτταρο, ὅλα του τὰ κύτταρα προέρχονται ἀπό τίς ἀλλεπάλληλες διαιρέσεις αὐτοῦ τοῦ ἀρχικοῦ κυττάρου.

Πῶς διαιροῦνται τὰ χρωματοσώματα κατά μήκος σέ χρωματίδες;

Τά χρωματοσώματα, πού ἀποτελοῦνται ἀπό πρωτεΐνες καί DNA, διπλασιάζονται μέ τόν ἴδιο μηχανισμό, πού διπλασιάζεται τό DNA. Ὅπως τό μόριο DNA ἔχει δύο ἐνωμένες ἀλυσίδες οἱ ὁποῖες ἀποχωρίζονται καί πού ἡ καθεμιά τους ἐπιτρέπει τή σύνθεση μιᾶς συμπληρωματικῆς ἀλυσίδας, τό ἴδιο πρέπει νά συμβαίνει καί μέ τὰ χρωματοσώματα, πού ἀποτελοῦνται ἀπό DNA. Μποροῦμε, δηλαδή νά θεωρήσουμε ὅτι ὅλο τό μήκος ἐνός χρωματοσώματος εἶναι τό μήκος ἐνός μορίου DNA, πού διπλασιάζεται.

Τά χρωματοσώματα παίζουν θεμελιακό ρόλο στή ζωὴ τοῦ κυττάρου. Ὁ πυρήνας οὐσιαστικά δέν εἶναι τίποτε ἄλλο ἀπό ἕνα σακούλι πού περιέχει χρωματοσώματα. Τά χρωματοσώματα εἶναι τὰ ἐνεργά στοιχεῖα τοῦ πυρήνα, καί ὅπως θά δοῦμε παρακάτω στά χρωματοσώματα **βρίσκονται καί οἱ μονάδες τῆς κληρονομικότητας**. Ἡ μίτωση μέ τήν ἀκρίβεια τοῦ μηχανισμοῦ τῆς διατηρεῖ τόν ἀριθμό καί τό εἶδος τῶν κληρονομικῶν μονάδων ἀπό κύτταρο σέ κύτταρο. Γιατί ἔχει μεγάλη σημασία γιά νά ζήσει κάθε κύτταρο τοῦ ὄργανισμοῦ νά περιέχει ὅλες τίς κληρονομικές αὐτές μονάδες.



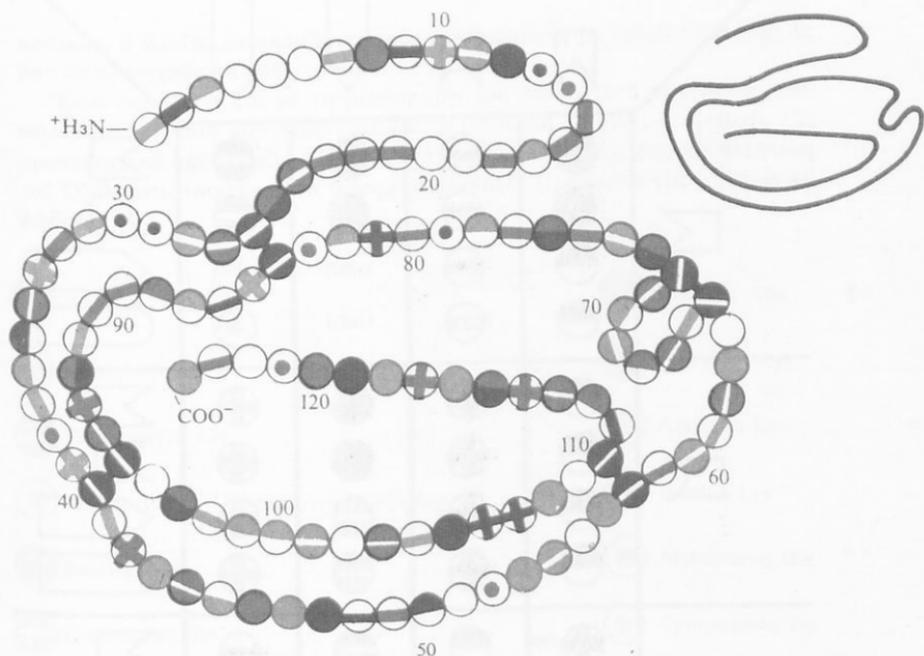
Εικόνα 35: Το μόριο μιάς πρωτεΐνης (της προϊνσουλίνης του χοίρου) που αποτελείται από μία αλυσίδα αμινοξέων. Κάθε είδος αμινοξυ συμβολίζεται με κύκλο διαφορετικού χρώματος. Με χημικούς δεσμούς μέρη της αλυσίδας ενώνονται μεταξύ τους. Αν το μόριο αυτό κοπεί στα σημεία που υπάρχουν τά βέλη, τό μεταξύ τους τμήμα είναι ή ίνσουλίνη.

2.12 Ἡ σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν

Οί πρωτεΐνες μέ τό ρόλο που παίζουν στό φαινόμενο τής ζῶης ἀποτελοῦν πολύ σημαντικές χημικές ενώσεις· εἶναι ἀπ' τή μιά μεριά δομικά ὑλικά τοῦ κυττάρου καί ἀπό τήν ἄλλη σάν ἐνζύμα ἐλέγχουν τή διεξαγωγή τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων.

Κάθε πρωτεΐνη χαρακτηρίζεται ἀπό τόν ἀριθμό τῶν αμινοξέων που τήν ἀποτελοῦν, ἀπό τό εἶδος τους καί ἀπό τή σειρά διαδοχῆς (ἀλληλουχία) μέ τήν ὁποία ἔχουν ἐνωθεῖ. Τά αμινοξέα ὁποιασδήποτε πρωτεΐνης ἐνωμένα τό ἓνα μέ τό ἄλλο μέ ἓνα εἰδικό εἶδος δεσμῶν σχηματίζουν μιά μακριά αλυσίδα που μπορεῖ μετά νά κουλουριάζεται καί νά παίρνει διάφορες μορφές.

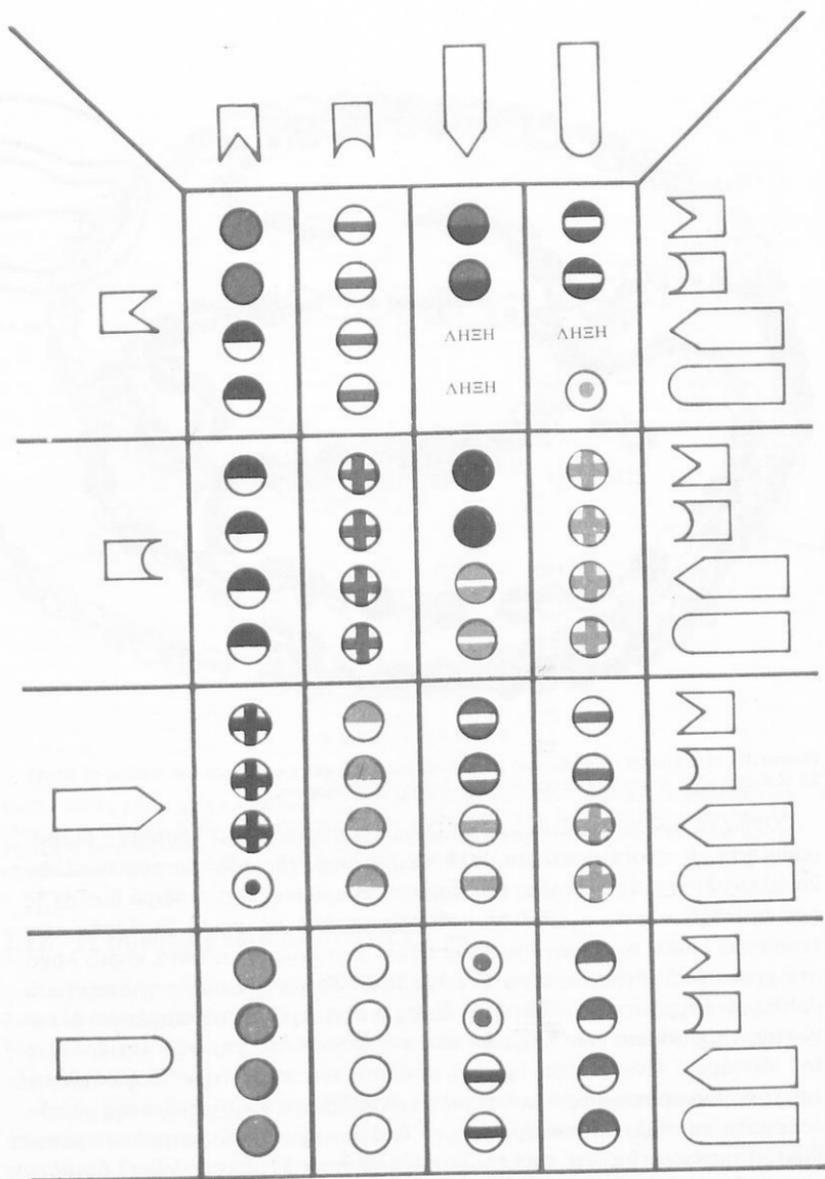
Εἶναι γνωστό πῶς ὑπάρχουν 20 εἰδῶν διαφορετικά αμινοξέα. Κάθε πρωτεΐνη λοιπόν παρουσιάζει μιά «γραμμική» διαφοροποίηση.



Εικόνα 36: Μία πρωτεΐνη, το ένζυμο ριβονουκλάση του χοίρου (ένζυμο που σπάζει το RNA). Σε τέσσερα μέρη ή αναδιπλωμένη αλυσίδα ενώνεται με δεσμούς.

Όπως οι πρωτεΐνες έτσι και το DNA παρουσιάζει μία γραμμική διαφοροποίηση, ή οποία οφείλεται στη σειρά διαδοχής των τεσσάρων ειδών νουκλεοτιδίων στις αλυσίδες του. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η σειρά διαδοχής των αμινοξέων στις πρωτεΐνες καθορίζεται από τη σειρά διαδοχής των τεσσάρων ειδών νουκλεοτιδίων του DNA, που βρίσκεται κατά κύριο λόγο στα χρωματοσώματα. Γι' αυτό το λόγο το DNA των χρωματοσωμάτων (που βρίσκεται επομένως στον πυρήνα) ελέγχει όλη τη ζωή του κυττάρου: ελέγχοντας τη σύνθεση των ενζύμων που καταλύουν τις χημικές αντιδράσεις του κυττάρου. Πώς γίνεται όμως ή σύνθεση των πρωτεϊνών; Στη σύνθεσή τους συμβαίνει ακριβώς ό,τι και με τη μεταβίβαση ενός μηνύματος με τον ασύρματο τηλεγραφο: μία φράση, μία ομάδα λέξεων και γραμμάτων μεταβιβάζεται με τελείες και παύλες. Σε κάθε γράμμα αντιστοιχεί ένας ορισμένος συνδυασμός με τελείες και παύλες. Η μεταβίβαση ενός μηνύματος γίνεται αφού μεταφραστεί ή φράση που είναι γραμμένη με γράμματα, σε φράση γραμμένη με τελείες και παύλες.

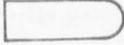
Γιά την πραγματοποίηση αυτής της μεταφράσεως χρησιμοποιείται ένας



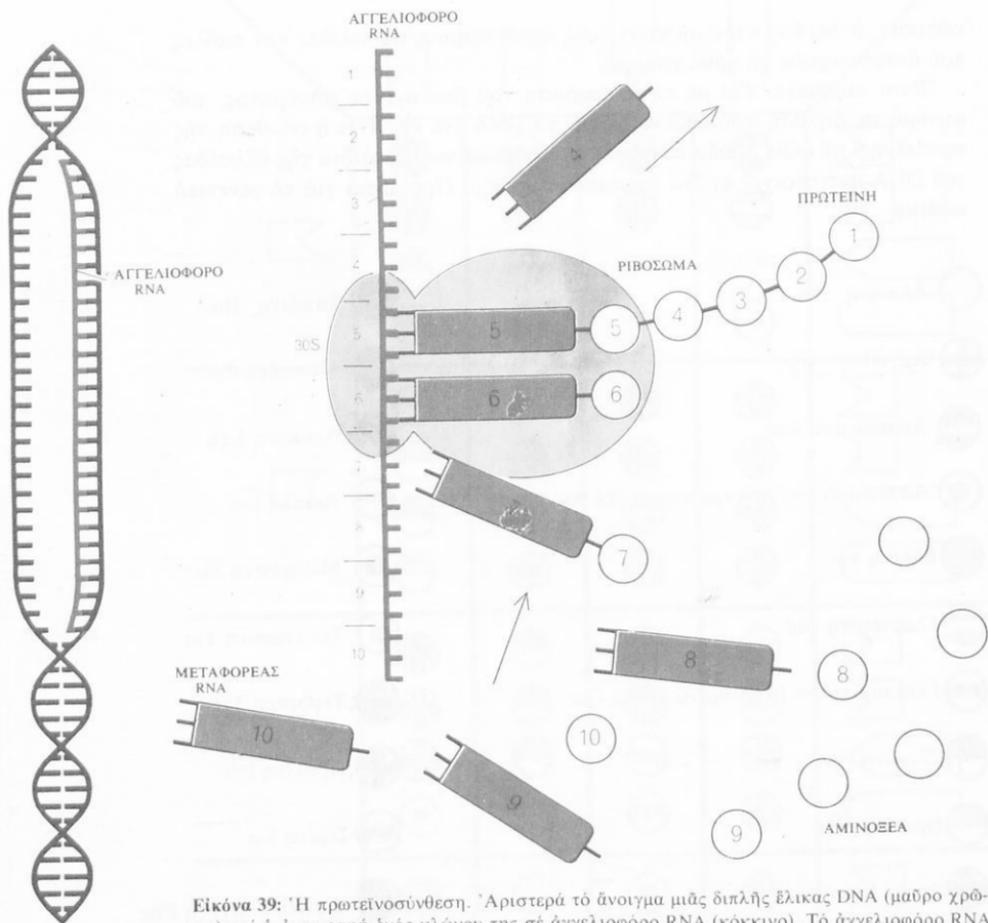
Εικόνα 37: Ο γενετικός κώδικας. Κάθε τριάδα βάσεων αντιστοιχεί σ' ένα αμινοξύ. Η πρώτη βάση κάθε τριάδας δείχνεται στην κάθετη γραμμή άριστερά, η δεύτερη στην οριζόντια γραμμή πάνω κι η τρίτη στην κάθετη γραμμή δεξιά. Τρεις τριάδες δεν αντιστοιχούν σε αμινοξύ, αλλά υποδεικνύουν τη λήξη του μηνύματος.

κώδικας, ο οποίος περιλαμβάνει τούς συνδυασμούς με τελείες και παύλες που αντιστοιχούν σε κάθε γράμμα.

Έτσι συμβαίνει και με τη μετάφραση του βιολογικού μηνύματος, του μηνύματος δηλαδή που στέλνεται απ' το DNA για να γίνει ή σύνθεση της πρωτεΐνης: σε κάθε ομάδα από τρία συνεχόμενα νουκλεοτίδια της αλυσίδας του DNA αντιστοιχεί κι ένα όρισμένο αμινοξύ. Πρόκειται για το **γενετικό κώδικα**.

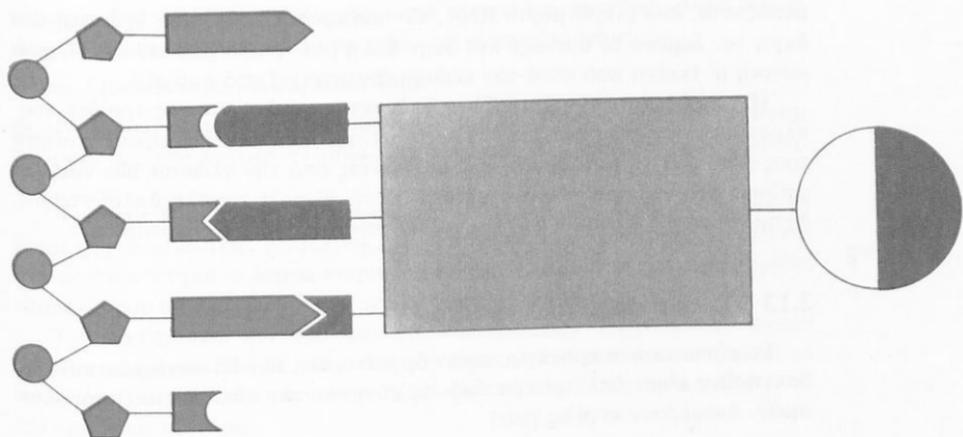
 Άλανίνη Ala	 Ίστιδίνη His
 Αργινίνη Arg	 Κυστεΐνη Cys
 Ασπαραγίνη Asn	 Λευκίνη Leu
 Ασπαρτικό (= Άσπαραγινικό) όξύ Asp	 Λυσίνη Lys
 Βαλίνη Val	 Μεθειονίνη Met
 Γλουταμίνη Gln	 Τρυπτοφάνη Trp
 Γλουταμικό (= Γλουταμινικό) όξύ Glu	 Τυροσίνη Tyr
 Γλυκίνη Gly	 Προλίνη Pro
 Θρεονίνη Thr	 Σερίνη Ser
 Ίσολευκίνη Ile	 Φαινυλαλανίνη Phe
 Ούρακίλη (ή Θυμίνη)	
 Κυτοσίνη	
 Άδεΐνη	
 Γουανίνη	

Εικόνα 38: Τα σύμβολα που χρησιμοποιούμε στις εικόνες 30 - 32, 35 - 37 και 39 - 40 για τα διάφορα αμινοξέα και τις βάσεις.



Εικόνα 39: Η πρωτεϊνσύνθεση. Άριστερά το άνοιγμα μιάς διπλής έλικας DNA (μαύρο χρώμα) και ή αντίγραφη ενός κλώνου της σε άγγελιοφόρο RNA (κόκκινο). Το άγγελιοφόρο RNA πηγαίνει στο κυτταρόπλασμα πάνω σε ριβοσώματα (στη μέση πάνω σ' ένα ριβόσωμα) όπου και οι μεταφορείς RNA έρχονται να τοποθετηθούν άπέναντι στις συμπληρωματικές βάσεις τους μεταφέροντας και τό άμινοξύ (άριθμός 6 στην εικόνα μας). Έκει ό προηγούμενος μεταφορέας RNA θά κολλήσει στο άμινοξύ 6 και μιά σειρά άμινοξέα: τό 5 πού έφερε άρχικά και τά 4, 3, 2, 1 πού του κόλλησε ό μεταφορέας 4 (πού μόλις ελευθερώθηκε και φεύγει). Η εικόνα 40 δείχνει σε λεπτομέρεια πώς ό μεταφορέας 6 τοποθετείται άπέναντι στην συμπληρωματική τριάδα των βάσεων του άγγελιοφόρου RNA.

Υπάρχουν όμως τεσσάρων ειδών διαφορετικά είδη νουκλεοτιδίων πού παίζουν τό ρόλο γραμμάτων στον κώδικα και είκοσι διαφορετικά είδη άμινοξέων. Σε κάθε τριάδα συνεχόμενων νουκλεοτιδίων είπαμε πώς άντιστοιχεί ένα άμινοξύ. Οί δυνατοί όμως συνδυασμοί των 4 νουκλεοτιδίων ανά 3



Εικόνα 40: Πώς ο μεταφορέας τοποθετείται απέναντι στη συμπληρωματική τριάδα βάσεων του άγγελιοφόρου RNA.

είναι 4³ δηλαδή οι δυνατές διαφορετικές τριάδες νουκλεοτιδίων είναι 64. Υπάρχουν λοιπόν αμινοξέα που στό καθένα τους αντιστοιχούν περισσότερες από μία τριάδες νουκλεοτιδίων. (Σχήμα 37).

Η σύνθεση των πρωτεϊνών γίνεται στο κυτταρόπλασμα, πάνω στα ριβοσώματα του ένδοπλασματικού δικτύου. Το DNA των χρωματοσωμάτων όμως βρίσκεται μέσα στον πυρήνα του κυττάρου, κι αυτό το DNA αποτελεί τη μήτρα, το κωδικοποιημένο μήνυμα που πρέπει να μεταφραστεί σε πρωτεΐνη. Πώς μεταφέρεται το μήνυμα από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα όπου γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών; Σήμερα γνωρίζουμε πως το μήνυμα **μεταγράφεται** (ένα είδος αντιγραφής) σε ένα ειδικό RNA. Ένα τμήμα, δηλαδή, μιας από τις δύο άλυσίδες του DNA ξεχωρίζει και συνθέτει ένα πρόσκαιρο ταίρι του, μία συμπληρωματική του άλυσίδα, όχι όμως από DNA αλλά από RNA. Ξέρουμε πως αυτό είναι δυνατό γιατί είδαμε προηγούμενα πως οι βάσεις του DNA και του RNA είναι συμπληρωματικές. Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται, φυσικά, από μία άλυσίδα DNA και μία RNA. Στη συνέχεια η άλυσίδα του RNA χωρίζεται και ανεξαρτητοποιείται. Αυτό το RNA, που ονομάζεται **άγγελιοφόρο** (άφου κουβαλά το μήνυμα που αντιγράφηκε) φεύγει από τον πυρήνα και κολλά στα ριβοσώματα του ένδοπλασματικού δικτύου. Κάθε αμινοξύ τοποθετείται απέναντι απ' τις τριάδες νουκλεοτιδίων του άγγελιοφόρου RNA που του αντιστοιχούν στο γενετικό κώδικα. Αυτή η τοποθέτηση των αμινοξέων πραγματοποιείται μ' ένα πολύπλοκο μηχανισμό: Κάθε αμινοξύ μεταφέρεται στο άγγελιοφόρο RNA μ' ένα

μεσάζοντα, ένα μικρό μόριο RNA, τον μεταφορέα RNA, που έχει στη μία άκρη του δεμένο το αμινοξύ και στην άλλη μία τριάδα βάσεων συμπληρωματική μ' εκείνη που κατά τον κώδικα αντιστοιχεί στο αμινοξύ.

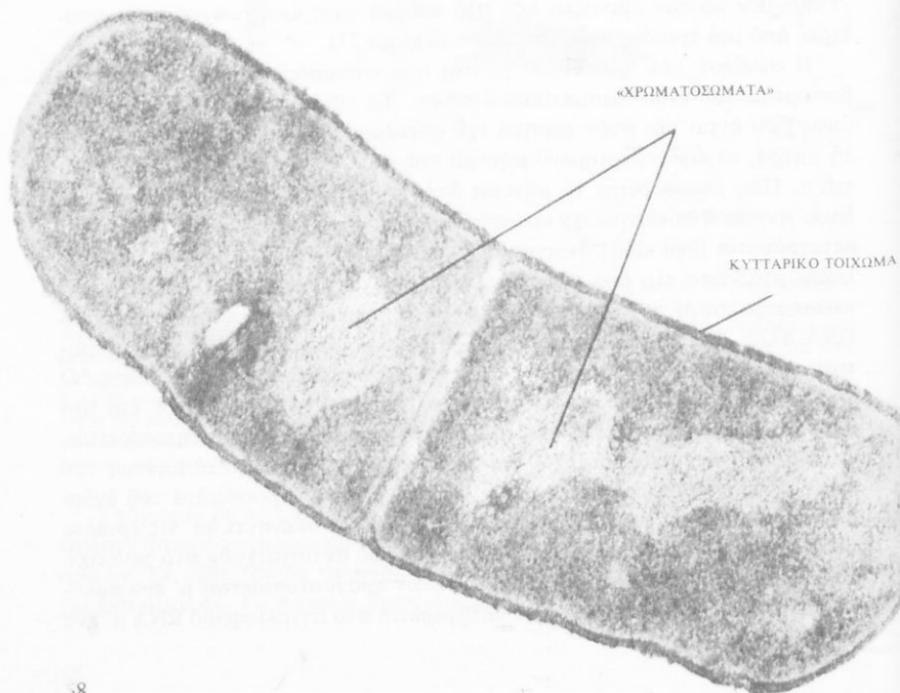
Η τοποθέτηση των αμινοξέων απέναντι στις αντίστοιχες τριάδες νουκλεοτιδίων και σε συνέχεια ή ένωση μεταξύ τους και ανεξαρτητοποίησή τους αποτελεί **τή μετάφραση** του μηνύματος από την γλώσσα των νουκλεοτιδίων στη γλώσσα των αμινοξέων. Έτσι, σε πολύ μεγάλη απλούστευση, σχηματίζεται ή **άλυσίδα** των αμινοξέων που αποτελεί την πρωτεΐνη.

2.13 Τό προκαρυωτικό κύτταρο

Τά κύτταρα των προκαρυωτικών οργανισμών, των Κυανοφυκών και των βακτηρίων είναι απλούστερα από τά κύτταρα των ευκαρυωτικών οργανισμών. Διαφέρουν κυρίως γιατί

- δέν έχουν διαφοροποιημένο κυτταρικό πυρήνα. Τό DNA βρίσκεται συ-

Εικόνα 41: Ένα βακτήριο όπως φαίνεται με τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έδō τό βακτήριο συμπληρώνει τό χωρισμό του σε δύο βακτήρια.



νήθως σ' ένα μεγάλο κυκλικό μόριο στο κέντρο του κυττάρου αλλά δεν τό χωρίζει καμιά πυρηνική μεμβράνη από τό κυτταρόπλασμα.

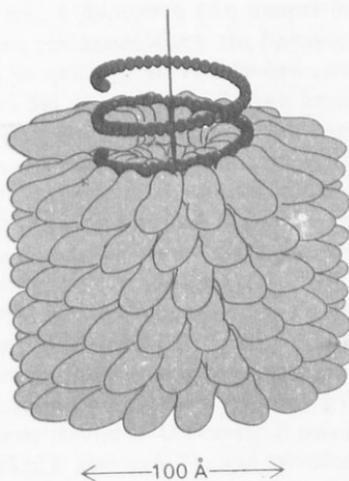
- δέν έχουν μιτοχόνδρια ή πλαστίδια.
- δέν έχουν ένδοπλασματικό δίκτυο. Τά ριβοσώματά τους βρίσκονται σκόρπια μέσ στο κυτταρόπλασμα, όπου γίνεται κι ή σύνθεση των πρωτεϊνών.

Αντίθετα ή δομή τής εξωτερικής τους μεμβράνης είναι όμοια μέ τή δομή τής πλασματικής μεμβράνης των εϋκαρυωτικών κυττάρων. Τά βακτήρια φέρνουν συχνά κι ένα κυτταρικό τοίχωμα ή κάψα από πολυσακχαρίδια (ένώσειςις πού αποτελούνται από πολλά ένωμένα σάκχαρα).

Τό βακτηριακό κύτταρο και τό κύτταρο των Κυανοφυκών έχουν άπλούστερη δομή από τά άλλα είδη κυττάρων, γιατί φαίνεται πώς είναι τά πρώτα πού παρουσιάστηκαν στήν Έξέλιξη και πώς από αυτά προήλθαν τά εϋκαρυωτικά κύτταρα.

2.14 Οί ιοί

Οί ιοί δέν είναι κύτταρα αλλά όργανισμοί πολύ μικρότεροι ακόμα και από τά βακτήρια. Φαίνονται μόνο μέ τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Οί διαστάσεις τους κυμαίνονται από 200 ως 3000 Å. Αποτελούνται από ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα και ένα είδος νουκλεϊκό όξυ, όχι πάντα DNA αλλά και



Εικόνα 42: Ο ίος τής μωσαϊκώσης του καπνού σε σχηματική παράσταση. Μέ κόκκινο τό RNA (αυτός ό ίός δέν έχει DNA αλλά RNA) και μέ γαλάζιο τό πρωτεϊνικό του κάλυμμα.

RNA. Δεν μπορούν από μόνοι τους να έχουν όλες τις λειτουργίες των ζωντανών όντων: είναι αναγκαστικά παράσιτα ζώων, φυτών, μυκήτων ακόμα και βακτηρίων (τότε ονομάζονται βακτηριοφάγοι ή απλά φάγοι). Οί ιοί εισχωρούν στα κύτταρα, και μάλιστα μόνο τό νουκλεϊκό τους όξύ, πού χρησιμοποιεί τό μηχανισμό τοϋ κυττάρου για να πολλαπλασιαστεί ό ίός. Καταργεί δηλαδή μερικά ή και όλικά τόν έλεγχο πού άσκει στό κύτταρο ό πυρήνας του (ή τό DNA του) και κατευθύνει όλη τή χημική μηχανή τοϋ κυττάρου για όφελός του. Τότε ό ίός είναι μολυσματικός και πολλαπλασιάζεται σκοτώνοντας τό κύτταρο. Μπορεί όμως για μεγάλο διάστημα να συνυπάρχει στό κύτταρο χωρίς να τό βλάπτει ιδιαίτερα.

Οί ιοί θεωρούνται ότι προέρχονται άρχικά από πολυπλοκότερους όργανισμούς πού άπλοποιήθηκαν από τήν παρασιτική ζωή πού κάνουν.

3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

3.1 Τά πειράματα του Παστέρ

Είδαμε πώς οι οργανισμοί αναπαράγονται δημιουργώντας όμοιους τους και πώς τα κύτταρα με μίτωση παράγουν τό καθένα τους δυό νέα κύτταρα. Η αναπαραγωγή είναι μία χαρακτηριστική ιδιότητα των ζωντανών όντων (καί μάλιστα με την παρατήρηση της παραγράφου 1.1.στ). **Η ζωή προέρχεται μόνο από ζωή.**

Αντίθετα ό Άριστοτέλης ύποστήριζε την αυτόματη γέννηση. Με «αυτόματη» ό Άριστοτέλης ήθελε νά πεί πώς ή άνόργανη ύλη μπορεί άπό μόνη της νά όργανωθεί σε ζωντανή: Κατά την άποσύνθεση της όργανικής ούσίας του έδάφους, ή μέσα στη λάσπη μπορούν νά γεννηθούν άπό μόνοι τους όργανισμοί (μύγες, ποντίκια κ.ά.) κι όχι μόνο με τή φυλετική αναπαραγωγή. Οί άπόψεις αυτές του Άριστοτέλη διατηρήθηκαν όλο τό Μεσαίωνα άφού σ' όλα τά έπιστημονικά θέματα οί γνώμες του Άριστοτέλη άποτελοΰσαν τότε τή μόνη άδιαμφισβήτηση άλήθεια. Στη Φυσική πρώτος ό Γαλιλαίος άμφισβήτησε τίς άπόψεις του Άριστοτέλη. Στη Βιολογία, πάλι δυό Ίταλοί τό 17ο και 18ο αιώνα με πειράματα άπόδειξαν πώς ό Άριστοτέλης είχε άδικο για την αυτόματη γέννηση: ό Ρέντι (F. Redi 1626-1698) κι ό Σπαλλανζάνι (L. Spallanzani 1729-1799). "Αν κι άπό τότε έγινε γενικά παραδεκτό πώς οί άνώτεροι όργανισμοί προέρχονται μόνο άπό όμοιούς τους, άπό άλλους άνώτερους όργανισμούς, ειδικά για τούς μικροοργανισμούς, για τά μικρόβια, μέχρι και τόν περασμένο αιώνα πιστευόταν ή δυνατότητα παραγωγής τους και με αυτόματη γέννηση. Ό Παστέρ (Louis Pasteur 1822-1895), γάλλος χημικός, άπόδειξε πειστικά ότι και σ' αυτούς ισχύει ό κανόνας «ή ζωή προέρχεται μόνο άπό ζωή».



Εικόνα 43: Τά πειράματα του Redi. "Αν αφήσουμε άνοιχτά (πάνω σειρά) τέσσερα μπουκάλια που περιέχουν κρέας, ψάρια, ψόφια σκουλήκια, μετά από μερικές μέρες θα «γεννηθούν» μύγες. Αυτές οι μύγες προέρχονται από αυγά που πάνω στα κρέατα κτλ. αναπόθεσαν άλλες μύγες. Γιατί αν κλείσουμε με τούλι τά στόμια των μπουκαλιών, (κάτω σειρά) δε θα «γεννηθούν» μύγες από αυτά τά υλικά.

Ο Παστέρ γνώριζε ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι γεμάτος μικρόβια και σπόρια μυκήτων. Γι' αυτό και όταν μένει ζωμός κρέατος εκθετός στον αέρα θολώνει μετά από λίγο χρόνο: μολύνεται απ' τά μικρόβια, που πολλαπλασιάζονται και προκαλούν και τό θόλωμα. Οί όπαδοί της αυτόματης γένεσης υποστήριζαν ότι τά μικρόβια γεννιούνται μόνα τους από τό ζωμό του κρέατος. Βράζοντας τό ζωμό σε κλειστό δοχείο μπορεί κανείς νά τον άποστειρώσει: δέν παρουσιάζεται τότε θόλωμα, αν ό ζωμός μένει στό κλειστό δοχείο, άκόμα και πολύ χρόνο. Οί όπαδοί όμως της αυτόματης γένεσης υποστήριζαν πώς στην περίπτωση αυτή ό αέρας αλλοιώνεται μέ τό βρασμό και πώς ό αλλοιωμένος αυτός αέρας δέν επιτρέπει την παρα-

γωγή μικροβίων. Για ν' αποδείξει πώς αυτό δέν είναι ὀρθό ὁ Παστέρ ἔκανε τὰ περίφημα πειράματά του.

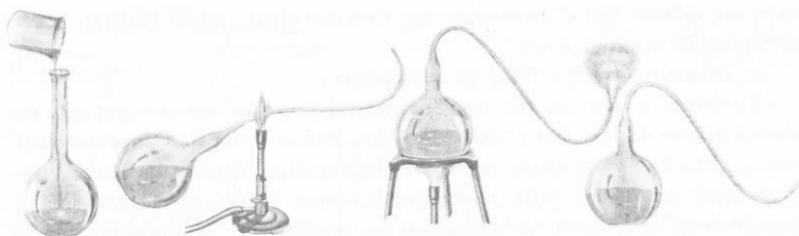
Ἄς ἀκούσουμε πὼς ὁ ἴδιος τὰ περιγράφει:

«Τοποθετῶ σ' ἓνα γυάλινο δοχεῖο μὲ μακρὺ λαιμὸ καὶ κάτω στρογγυλὸ σά φλασκί [εἰκόνα 45] ἓνα ἀπὸ τ' ἀκόλουθα ὑγρὰ, πού ὅλα τους ἀλλοιώνονται πολὺ εὐκόλα, ὅταν ἔρθουν σέ ἐπαφή μὲ τὸ συνηθισμένον ἀέρα: ἐκχύλισμα ζύμης, ἐκχύλισμα ζύμης μὲ ζάχαρη, οὖρα, χυμὸ ζαχαρότεντων, ἐκχύλισμα πιπεριάς. Μετά, θερμαίνοντας, ἐπιμηκύνω τὸν λαιμὸ τοῦ δοχείου [καὶ τὸν λυγίζω] ἔτσι πού νά τοῦ φτιάξω διάφορες καμπύλες [χωρὶς νά τὸν κλείσω]. Μετά βράζω τὸ ὑγρὸ γιά μερικά λεπτά τῆς ὥρας ὥσπου νά βγαίνει ἐλεύθερα ὁ ἀτμὸς τοῦ ἀπὸ τὸ στενὸ ἄνοιγμα στήν ἄκρη τοῦ λαιμοῦ τοῦ δοχείου, καὶ δέν παίρνω καμιάν ἄλλη προφύλαξη. Μετά ἀφήνω τὸ δοχεῖο νά κρυώσει. Εἶναι ἀξιοσημείωτο καὶ σίγουρα προκαλεῖ ἐκπληξή σέ καθένα πού ξέρει τὴν εὐαισθησία πού ἔχουν τὰ πειράματα τὰ σχετικὰ μὲ τὴ λεγόμενη «αὐτόματη γένεση», ὅτι τὸ ὑγρὸ σ' ἓνα τέτοιο δοχεῖο παραμένει ἐπ' ἀόριστον ἀναλωίωτο...

...Θά περίμενε κανένας πὼς ὁ συνηθισμένος ἀέρας μπαίνοντας μὲ ὀρμή στά πρώτα λεπτά [τῆς ψύξης], θά εἰσχωροῦσε [στό δοχεῖο] ἐνῶ θά ἦταν ἐντελῶς

Εἰκόνα 44: Ὁ Louis Pasteur στό ἐργαστήριό του.





Εικόνα 45: Το πείραμα του Pasteur. Πρώτα ρίχνεται στο γυάλινο φλασκί θρεπτικό υπόστρωμα, μετά επιμηκύνεται ο λαιμός του φλασκοειδούς και κάμπτεται, τέλος βράζεται το περιεχόμενό του.

ἀναποστείρωτος. Αυτό ἀληθεύει, ὁ ἀέρας ὁμως συναντᾷ ἓνα ὑγρὸ, πού ἡ θερμοκρασία του βρίσκεται ἀκόμα κοντὰ στό σημεῖο τοῦ βρασμοῦ [πού σκοτώνει τὰ μικρόβια]. Μετὰ ὁ ἀέρας μπαίνει ἀργότερα, κι ὅταν τὸ ὑγρὸ ψυχθεῖ ἀρκετὰ ἔτσι πού νὰ μὴν καταστρέφει τὴ ζωτικότητά τους [νὰ μὴν τὰ σκοτώνει], ἡ εἴσοδος τοῦ ἀέρα εἶναι ἀρκετὰ ἀργή ὥστε νὰ ἀφήνει στίς ὑγρὲς καμπύλες τοῦ λαιμοῦ ὅλες τὶς σκόνες [τὰ μικρόβια] τίς ἱκανὲς νὰ δράσουν [νὰ ἀναπτυχθοῦν] στὰ ἐκχυλί-
σματα...

... Ἄν μετὰ ἀπὸ ἀρκετοὺς μῆνες παραμονῆς τοῦ δοχείου στὸν κλίβανο ἐπωάσει τοῦ ἀφαιρέσουμε τὸ λαιμὸ σπάζοντάς τον, χωρὶς κατὰ τὰ ἄλλα ν' ἀγγίξουμε τὸ δοχεῖο, μετὰ ἀπὸ 24, 36 ἢ 48 ὥρες οἱ μύκητες καὶ τὰ βακτήρια θ' ἀρχίσουν νὰ ἐμφανίζονται ἀκριβῶς ὅπως συμβαίνει ὅταν τὸ δοχεῖο ἀφεθεῖ [χωρὶς στένεμα καὶ κάμψη τοῦ λαιμοῦ του] στὸν ἀέρα ἢ ὅταν μολυνθεῖ τὸ περιεχόμενό του μὲ σκόνη τῆς ἀτμόσφαιρας».

Μετὰ τὰ πειράματα τοῦ Παστέρ ἐγκαταλείφθηκε τελείως ἡ θεωρία τῆς αὐτόματης γένεσης στοὺς μικροοργανισμούς.

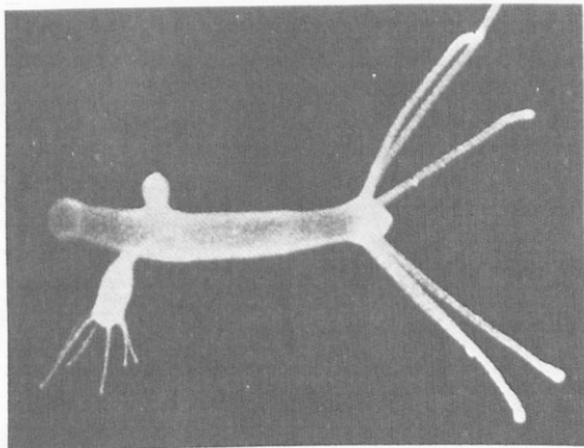
3.2 Τρόποι ἀναπαραγωγῆς

Ἐπὶ τῆς ἀναπαραγωγῆς ὑπάρχουν δυὸ τρόποι πολλαπλασιασμοῦ: ὁ ἀγενεῆς κι ὁ ἐγγενεῆς ἢ φυλετικός.

Στὸν ἀγενεῆ πολλαπλασιασμό ἓνα εἰδικὸ τμῆμα ἑνὸς ὄργανισμοῦ ἢ ἓνα ὁποιοδήποτε τμῆμα του μπορεῖ νὰ ἀναπτυχθεῖ σ' ἓνα νεὸ ἄτομο. Διακρίνουμε τρεῖς τρόπους ἀγενεῆ πολλαπλασιασμοῦ.

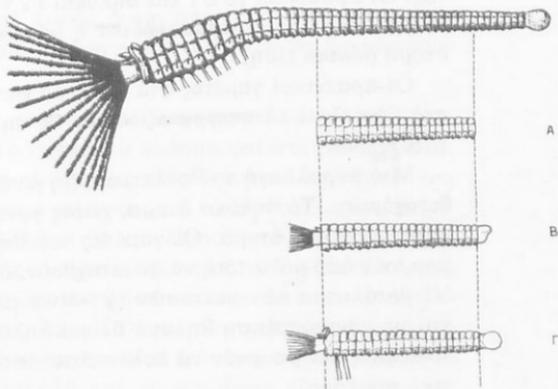
- **μέ σπόρια.** Πολλὰ φυτά, μύκητες καὶ μικροοργανισμοὶ παράγουν σπόρια. Κάθε σπόριο ἂν βρεθεῖ σὲ κατάλληλες συνθήκες μπορεῖ νὰ βλαστήσει.
- **μέ ἓνα τμῆμα τοῦ ὄργανισμοῦ πού ἀποχωρίζεται.** Στὰ ἀνώτερα φυτά, τὰ

Εικόνα 46: Ἡ ὕδρα. Δυὸ μικρὲς ὕδρες γεννιοῦνται μετὰ ἀποβλάστηση (ἀριστερά), ἢ μιά (πρὸς τὰ πάνω) εἶναι ἀκόμη μιά στρογγυλεμένη προεξοχή, ἡ δευτέρα ἔχει πάρει τὴ μορφή τῆς ὕδρας.

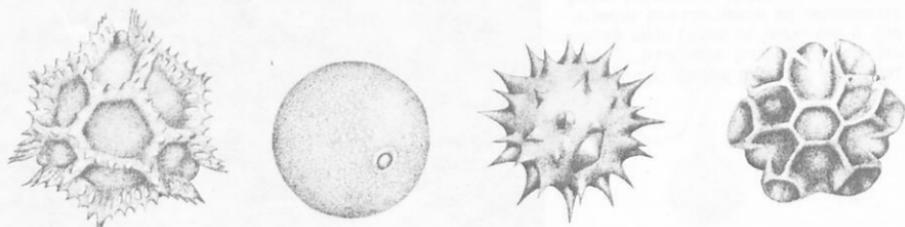


μοσχεύματα εἶναι παράδειγμα τέτοιου τρόπου πολλαπλασιασμοῦ. Ἄν κόψουμε ἓνα φύλλο μπεγκόνιας ἢ ἓνα μέρος κονδύλου πατάτας, πού νά φέρνει ἄπάνω του ἓνα μάτι, καί τὰ φυτέψουμε, μπορεῖ νά βλαστήσουν καί νά δώσουν ὀλόκληρα φυτά. Ὁ σκόληκας (πλατυέλμινθας) *Planaria* μπορεῖ νά κοπεῖ σέ δεκάδα μικρά κομμάτια καί ἀπό τό καθένα νά σχηματιστεῖ ἓνα νέο ἄτομο.

● **μέ ἀποβλάστηση.** Σέ ὀρισμένα ζῶα καί φυτά ἀπό τόν ὄργανισμό τοῦ γονιοῦ φυτρώνει ἓνα τμήμα πού ἀργότερα ἀποχωρίζεται. Αὐτό συμβαίνει στοὺς Σπόγγους, στά Κοιλεντερωτά (ὕδρα), στίς ἀγριοφράουλες κ.ἄ. Ὁ



Εικόνα 47: Ἡ ἀναγέννηση σ' ἓνα θαλάσσιο σκόληκα. Ἄν κόψουμε τίς δύο ἄκρες του, τό μεσαῖο τμήμα μπορεῖ νά φτιάξει καινούρια κεφαλή (ἀριστερά) καί οὐρά (δεξιά).



Εικόνα 48: Κόκκοι γύρης από διάφορα είδη φυτών. Ἡ διαφορετικὴ μορφή τῶν κόκκων τῆς γύρης κάθε εἶδους, ἐπιτρέπει σ' ἓνα ἐμπειρο μελετητῆ νὰ ἀναγνωρίσει τὸ εἶδος τοῦ φυτοῦ ἀπ' ὅπου προήλθε.

πολλαπλασιασμός τῶν ζυμομυκήτων θυμίζει πολύ ἀποβλάστηση.

Τὸ φαινόμενο **τῆς ἀναγέννησης** παρουσιάζει πολλές ὁμοιότητες μετὸν ἀγενῆ πολλαπλασιασμό. Μερικοὶ ὄργανισμοὶ ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ ἀντικαθιστοῦν (ἀναγεννώντας το) ἓνα κομμάτι τοῦ σώματός τους πού θά κοπεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει μετὸς βραχίονες τοῦ θαλασσινοῦ ἀστερία ἢ τοὺς τρίτωνες τῶν ποταμίστιων ὑδάτων πού μποροῦν ν' ἀναγεννοῦν τὴν οὐρά τους.

Στὸν **ἐγγενῆ πολλαπλασιασμό** ὁ νέος ὄργανισμός προέρχεται ἀπὸ τὴν ἔνωσι δύο εἰδικῶν κυττάρων, **τῶν γαμετῶν**, πού τὸν ἓνα ὀνομάζουμε ἀρσενικό καὶ τὸν ἄλλο θηλυκό. Κατὰ τὴ γονιμοποίηση οἱ δύο γαμέτες σχηματίζουν τὸ πρῶτο κύτταρο τοῦ νέου ὄργανισμοῦ, τὸ **ζυγωτὸ κύτταρο**, ἀπὸ τὸ ὁποῖο με ἀλλεπάλληλες διαιρέσεις προέρχεται ὁ ὄργανισμός στὸ σύνολό του. Οἱ ἀρσενικοὶ (♂♂) καὶ θηλυκοὶ (♀♀) γαμέτες μπορεῖ νὰ παράγονται ἀπὸ τὸ ἴδιο ἄτομο (**ἐρμαφρόδιτα ἢ μόνοικα εἶδη**) ἢ ἀπὸ δύο διαφορετικὰ ἄτομα (**δίοικα εἶδη**).

Οἱ ἀρσενικοὶ γαμέτες στὰ ἀνώτερα φυτὰ εἶναι οἱ **κόκκοι τῆς γύρης** ἐνῶ στὰ ζῶα εἶναι τὰ **σπερματοζῶαρια**. Οἱ θηλυκοὶ γαμέτες ὀνομάζονται πάντοτε **ῶαρια**.

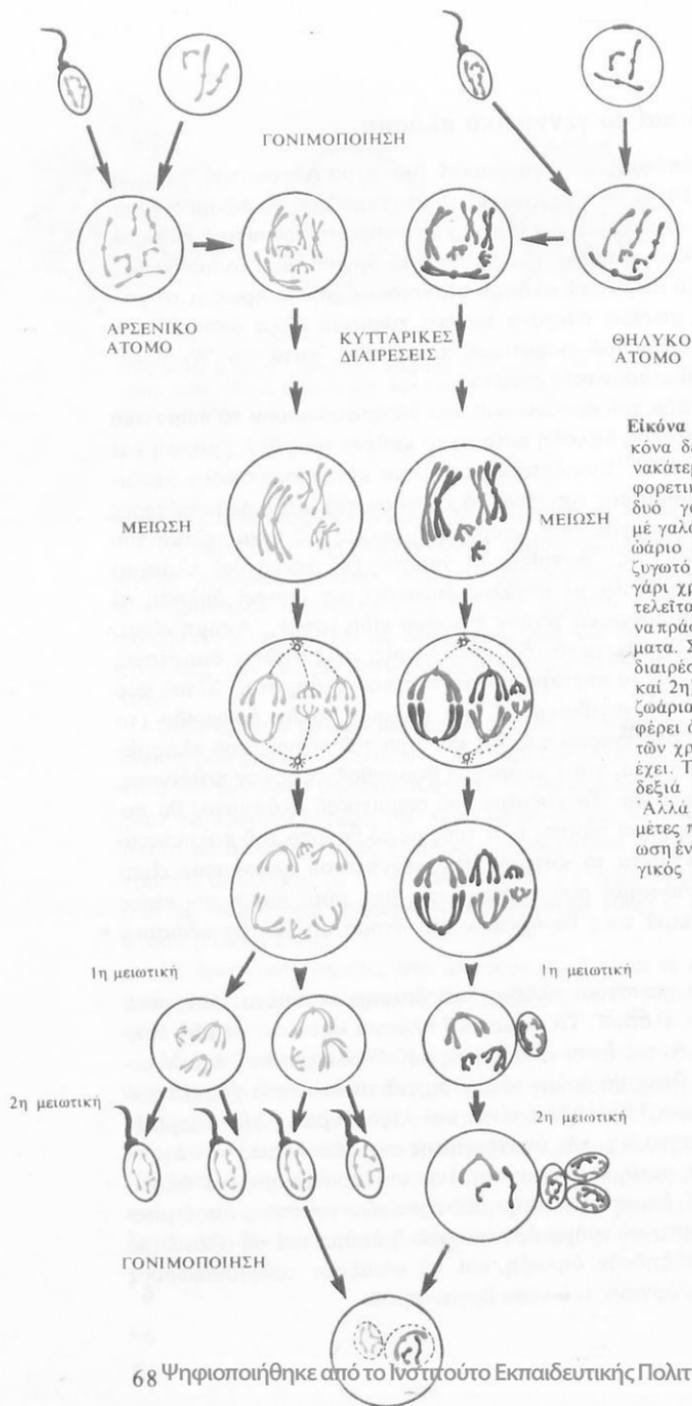
Μιά παραλλαγή τοῦ φυλετικοῦ (ἐγγενῆ) πολλαπλασιασμοῦ εἶναι ἡ **παρθενογένεσις**. Τὸ θηλυκὸ ἄτομο, χωρὶς γονιμοποίηση, μπορεῖ νὰ δώσει γέννησι σὲ ἄλλα ἄτομα. Οἱ γαμέτες τοῦ θηλυκοῦ αὐτοῦ ἀτόμου, τὰ ῶαρια, μποροῦν ἀπὸ μόνα τους νὰ ἀναπτυχθοῦν, ὅπως ἀκριβῶς τὰ ζυγωτὰ κύτταρα. Ἡ βασίλισσα τῶν μελισσῶν (♀) δίνει μετὸ παρθενογένεσις κηφήνες (♂♂) καὶ μετὸ γονιμοποίηση θηλυκὰ ἄτομα, δηλαδὴ βασίλισσες ἢ ἐργάτριες. (Οἱ ἐργάτριες δὲν μποροῦν νὰ πολλαπλασιαστοῦν γιατί ἔχουν ἀτροφικὸ γεννητικὸ σύστημα).

3.3 Τό σωματικό καί τό γεννητικό πλάσμα

Σύμφωνα μέ τίς απόψεις τοῦ αὐστριακοῦ βιολόγου Αὔγουστου Βάισμαν (A. Weismann 1834-1914), οἱ γαμέτες καί τά κύτταρα πού θά δώσουν γαμέτες ἀνήκουν σέ μιὰ κατηγορία κυττάρων πού ὀνόμασε **γεννητικό πλάσμα**. Ἀντίθετα ὅλα τά ἄλλα κύτταρα τῶν ἰστών τοῦ ὄργανισμοῦ ἀνήκουν στό **σωματικό πλάσμα**. Τό σωματικό πλάσμα φαίνεται νά μήν ἐπηρεάζει τό γεννητικό: ὄχι πώς τά χωρίζει στεγανά κανένα χώρισμα ἀλλά ὀποιαδήποτε ἀλλοίωση τῶν κυττάρων τοῦ σωματικοῦ πλάσματος, κατά τόν Weismann πάντοτε, δέν «μεταδίδεται» στους γαμέτες.

Τά διάφορα κύτταρα τοῦ ὄργανισμοῦ πού θά ἀποτελέσουν τό **σωματικό πλάσμα, διαφοροποιῦνται**, δηλαδή παίρνει τό καθένα τους ἄλλη μορφή καί ἐπιτελεῖ ἄλλη λειτουργία. Ἐνα διαφοροποιημένο κύτταρο δύσκολα ἀποδιφοροποιεῖται: ὁ προορισμός του εἶναι νά κάνει σωστά μιὰ ἢ περισσότερες ὀρισμένου εἶδους λειτουργίες (λ.χ. νευρικές ἢ μυϊκές κ.ἄ.) καί τελική του κατάληξη εἶναι ὁ θάνατος. Ἀντίθετα οἱ γαμέτες (τό γεννητικό πλάσμα) εἶναι ἀδιαφοροποίητοι ἀλλά μέ μεγάλες δυνατότητες: μπορεῖ δηλαδή οἱ «κυτταρικοί ἀπόγονοί τους» νά γίνουν διάφορα εἶδη ἰστών. Ἀκόμη εἶναι, δυναμικά, ἀθάνατοι. Σέ ὀρισμένα ζῶα πολύ νωρίς, στίς πρῶτες διαιρέσεις τοῦ ζυγωτοῦ, ξεχωρίζουν τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος, αὐτοῦ πού θά δώσει γαμέτες. Αὐτό συμβαίνει σ' ἕνα καβούρι, στήν ἀσκαρίδα (τό παράσιτο σκουλήκι), στά ἔντομα κ.ἄ. Τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι δυναμικά ἀθάνατα, γιατί μπορεῖ νά θεωρηθοῦν πώς δέν πεθαίνουν, ὅπως τά σωματικά κύτταρα. Τά κύτταρα τοῦ σωματικοῦ πλάσματος θά πεθάνουν ἀργά ἢ γρήγορα καί πάντως ὅλα τους μέ τό θάνατο τοῦ πολυκύτταρου ὄργανισμοῦ. Ἀντίθετα τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι ἀθάνατα ἀφοῦ οἱ ὄργανισμοί πού προέρχονται ἀπό αὐτά παράγουν νέους γαμέτες πού μέ τή σειρά τους θά δώσουν νέα ἄτομα πού θά ξαναδώσουν γαμέτες κ.ο.κ.

Φθαρτό λοιπόν τό σωματικό πλάσμα καί διαφοροποιημένο. Δυναμικά ἀθάνατο τό γεννητικό πλάσμα. Τό σωματικό πλάσμα φαίνεται νά μήν ἐπηρεάζει τό γεννητικό. Αὐτές ἦταν οἱ απόψεις τοῦ Weismann πού ἔχουν μεγάλη δόση ἀλήθειας, ὅπως θά δοῦμε μιλώντας γιά τά ἐπίκτητα χαρακτηριστικά (στήν παράγραφο 3.8). Ἀλλά εἶναι καί λίγο ἀκράτες γιατί μερικές φορές, κατά τό φαινόμενο λ.χ. τῆς ἀναγέννησης στά ζῶα ἢ κατά τόν ἀγενή πολλαπλασιασμό στά φυτά, διαφοροποιημένα κύτταρα μπορεῖ νά ἀποδιφοροποιηθοῦν καί ν' ἀποκτήσουν τήν ιδιότητα τῶν γαμετῶν, ἀφοῦ μποροῦν νά δώσουν γέννηση σέ τμήμα ὄργανισμοῦ ἢ ἀκόμα καί σέ ὀλόκληρο νέο ὄργανισμό. Νά αὐξηθοῦν δηλαδή καί νά φτιάξουν τούς διάφορους ἰστούς καί τά διάφορα ὄργανα τοῦ νέου ὄργανισμοῦ.

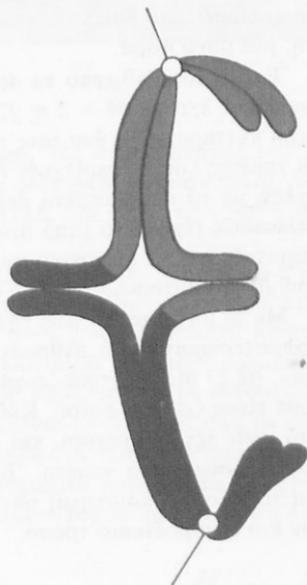


Εικόνα 49: Ἡ μείωση. Ἡ εἰκόνα δείχνει πῶς γίνεται τὸ ἀνακάτεμα χρωματοσωμάτων διαφορετικῆς προέλευσης. Ἐτσι δύο γαμέτες, σπέρματῶν με γαλάζια χρωματοσώματα, καὶ ὠάριο με πράσινα, δίνουν ἓνα ζυγωτὸ κύτταρο πού κάθε ζευγάρι χρωματοσωμάτων του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα γαλάζιο καὶ ἓνα πράσινο ὁμόλογα χρωματοσώματα. Στὴ μείωση μετὰ ἀπὸ δύο διαιρέσεις ἑνὸς κυττάρου (1ῃ καὶ 2ῃ) παράγονται 4 σπέρματῶν πού τὸ καθένα τους διαφέρει ἀπὸ τὸ ἄλλο στὰ χρώματα τῶν χρωματοσωμάτων πού περιέχει. Τὸ ἴδιο ἀκριβῶς συμβαίνει δεξιά γιὰ τὸ θηλυκὸ ἄτομο. Ἀλλὰ ἐκεῖ ἓνας ἀπὸ τοὺς 4 γαμέτες πού παράγεται ἀπὸ τὴ μείωση ἑνὸς κυττάρου εἶναι λειτουργικὸς γαμέτης, ὠάριο δηλαδή.

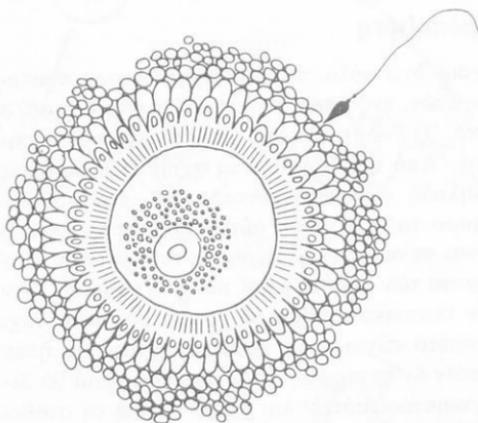
3.4 Ἡ μείωση καί ἡ γονιμοποίηση

Στούς ὄργανισμούς πού ἔχουν δύο φύλα, τά καινούργια ἄτομα προέρχονται ἀπό τήν ἔνωση δύο γαμετῶν, ἑνός πού ἀνήκει στό ἄρσενικό φύλο καί ἑνός πού ἀνήκει στό θηλυκό. Ἡ ἔνωση τῶν δύο γαμετῶν καί τῶν πυρήνων τους λέγεται γονιμοποίηση. Ἀπό τήν ἔνωση αὐτή σχηματίζεται, ὅπως εἶπαμε, τό ζυγωτό κύτταρο, δηλαδή τό πρῶτο κύτταρο τοῦ νέου ὄργανισμοῦ. Ἀπό τόν πολλαπλασιασμό τοῦ κυττάρου αὐτοῦ προκύπτει ὄλος ὁ πολυκύτταρος ὄργανισμός. Εἶναι φανερό πῶς ὁ πυρήνας τοῦ ζυγωτοῦ κυττάρου περιέχει τά χρωματοσώματα τῶν πυρήνων καί τῶν δύο γαμετῶν. "Αν οἱ γαμέτες ὁμως περιεῖχαν τόν κανονικό ἀριθμό σέ χρωματοσώματα, λ.χ. στόν ἄνθρωπο 46, τότε στό ζυγωτό κύτταρο τά χρωματοσώματα θά ἦταν διπλάσια σέ ἀριθμό, δηλαδή στόν ἄνθρωπο 92. "Ἐτσι σέ κάθε γενιά θά διπλασιαζόταν ὁ ἀριθμός τῶν χρωματοσωμάτων καί δέ θά εἶχαμε τή σταθερότητα πού παρατηρεῖται στόν ἀριθμό τους σέ ὅλα τά ἄτομα τοῦ ἴδιου εἴδους. Αὐτό ὁμως δέ συμβαίνει, γιατί ὑπάρχει ἓνας μηχανισμός ἐξισορροπιστικός, πού διατηρεῖ δηλαδή σταθερό τόν ἀριθμό τῶν χρωματοσωμάτων: **ἡ μείωση.**

Ἡ μείωση ἐλαττώνει στό μισό τόν ἀριθμό τῶν χρωματοσωμάτων τοῦ εἴδους στούς γαμέτες. Ὁ μηχανισμός μέ τόν ὁποῖο γίνεται ἡ μείωση, εἶναι στό σύνολό του ἐξαιρετικά πολύπλοκος, γι' αὐτό θά ἀναφέρουμε μόνο τήν ἀρχή, στήν ὁποία στηρίζεται.



Εἰκόνα 50: Τό χίασμα. Μεταξύ τμημάτων ἑνός ζευγαριοῦ χρωματοσωμάτων γίνεται ἀνταλλαγή ὕλικου διαφορετικῆς προέλευσης. Ἐτσι δημιουργοῦνται ἐκτός ἀπό τήν δλόμαυρη καί τήν δλοκόκκινη χρωματίδα (τήν πατρική καί τή μητρική) καί δύο μεικτές, μιά μαύρο-κόκκινη καί μιά κόκκινο-μαύρη.



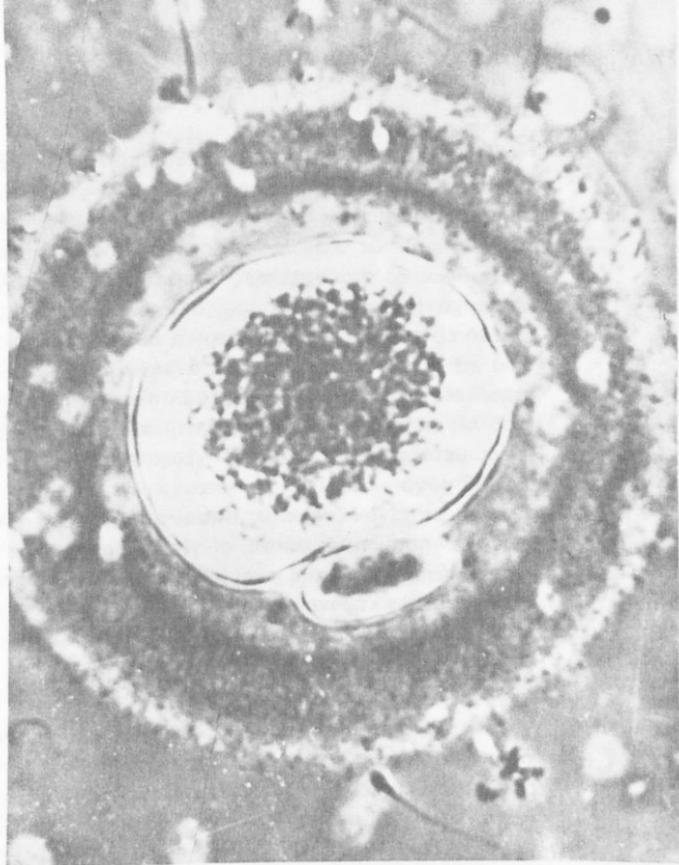
Εικόνα 51: Ἡ γονιμοποίηση στὸν ἄνθρωπο σχηματικά. Τὸ σπερματοζῳάριο προσπαθεῖ νὰ εἰσχωρήσει στὸ ὄωριο.

Οἱ γαμέτες προέρχονται ἀπὸ κυτταρικές διαιρέσεις κυττάρων τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος πού ἔχουν τὸν κανονικὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων (λ.χ. 46 στὸν ἄνθρωπο). Ἡ μείωση πού καταλήγει στὸ σχηματισμὸ κυττάρων πού θὰ γίνουν γαμέτες ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κυτταρικές διαιρέσεις: δύο μίτωσεις. Ἔτσι, ὅταν ἀρχίσει νὰ λειτουργεῖ ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀπὸ ἓνα ἀρχικὸ κύτταρο, μὲ τὴν πρώτη διáιρεση παίρνομε δύο, καὶ μετὰ τὴ δεύτερη διáιρεση τέσσερα κύτταρα (4 γαμέτες). Σ' αὐτὲς ὅμως τὶς δύο διαιρέσεις τὰ χρωματοσώματα διαιροῦνται σὲ χρωματίδες, ὅπως περιγράψαμε στὴ μίτωση, μιά μόνο φορά.

Ἔτσι στὸν ἄνθρωπο τὰ 46 τοῦ χρωματοσώματα διαιροῦνται μιά μόνο φορά καὶ ἔχομε $46 \times 2 = 92$ χρωματοσώματα πού κατανέμονται σὲ τέσσερα κύτταρα: κάθε ἓνα τους παίρνει ἐπομένως $92:4 = 23$ χρωματοσώματα. Οἱ γαμέτες λοιπὸν περιέχουν ἀκριβῶς τὸ μισὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων σὲ σχέση μὲ τὰ συνηθισμένα σωματικά κύτταρα. Λέμε πὼς οἱ γαμέτες εἶναι **ἀπλοειδεῖς** (ἔχουν τὸ μισὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων, δηλαδή N χρωματοσώματα), ἐνῶ τὰ σωματικά κύτταρα εἶναι **διπλοειδή** (ἔχουν ὀλόκληρο τὸν ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων τοῦ εἴδους, δηλαδή $2N$ χρωματοσώματα).

Μὲ τὸ μηχανισμὸ ὅμως τῆς μείωσης πετυχαίνεται καὶ κάτι ἄλλο: τὰ 46 χρωματοσώματα τοῦ ἀνθρώπου μποροῦν νὰ ταξινομηθοῦν, ὅπως εἶπαμε πρὶν, σὲ 23 διαφορετικὰ ζευγάρια χρωματοσωμάτων. Τὸ ἴδιο συμβαίνει σὲ κάθε εἶδος ζῶου ἢ φυτοῦ. Κάθε γαμέτης περιέχει ἓνα μόνο χρωματοσώμα ἀπὸ κάθε τέτοιο ζευγάρι, καὶ ὅλα τὰ ζευγάρια ἀντιπροσωπεύονται μὲ ἓνα χρωματοσώμα στὸ γαμέτη. Ἔτσι ὄχι μόνο ὁ ἀριθμὸς (ἢ ποσότητα) ἀλλὰ καὶ τὸ εἶδος (ἢ ποιότητα) τῶν χρωματοσωμάτων μειώνεται στὸ μισὸ κατὰ τὸν πιὸ ἀκριβοδίκαιο τρόπο.

Εικόνα 52: Η γονιμοποίηση στον άνθρωπο σε φωτογραφία παρμένη με το μικροσκόπιο. Σπερματοζώαρια περικυκλώνουν το ωάριο χωρίς άκομα νά 'χουν εισχωρήσει.



Η μείωση λοιπόν επιτρέπει τη διατήρηση της σταθερότητας του αριθμού των χρωματωσώματων και του είδους τους από γενιά σε γενιά. Με τη μείωση όμως πραγματοποιείται και κάτι άλλο, ένα ανάκατεμα των χρωματωσώματων. Και νά γιατί:

Κατά τη γονιμοποίηση ο άρσενικός γαμέτης ένώνεται, όπως είπαμε, με το θηλυκό. Το ζυγωτό κύτταρο, που προέρχεται από τη γονιμοποίηση, έχει τον κανονικό αριθμό χρωματωσώματων: τά μισά χρωματωσώματα προέρχονται από τον άρσενικό γαμέτη και τά άλλα μισά από τό θηλυκό. Κι επειδή όλα τά κύτταρα του νέου οργανισμού προέρχονται με διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις από τό ζυγωτό κύτταρο, είναι φανερό πώς όλα τά κύτταρα του οργανισμού έχουν τά ίδια χρωματωσώματα. Κάθε ζευγάρι ομόλογων χρωματωσώματων σε κάθε κύτταρο αποτελείται λοιπόν από ένα χρωματώσωμα που προήλθε από τον άρσενικό γαμέτη (σε τελική ανάλυση από

τόν πατέρα) και ένα που προήλθε από τό θηλυκό γαμέτη (σέ τελική ανά-
λυση από τή μητέρα). Όταν ό νέος αυτός όργανισμός κάμει γαμέτες, όταν
δηλαδή όρισμένα κύτταρά του ύποστούν τή μείωση, τότε θά φτιάξει γαμέ-
τες που καθένας τους θά περιέχει από ένα χρωματόσωμα από κάθε ζευγάρι:
αυτό όμως δέ σημαίνει πώς σ' ένα γαμέτη του όλα τά χρωματόσωματα θά
προέρχονται από τόν πατέρα του ή όλα από τή μητέρα του. Τό πιό συνηθι-
σμένο είναι άλλα νά 'ναι πατρικά κι άλλα μητρικά, δηλαδή στους γαμέτες
του νά πραγματοποιηθεί ένα ανακάτεμα χρωματοσωμάτων διαφορετικής
προελεύσεως. Πολλές φορές, μάλιστα, κατά τή μείωση, μ' ένα μηχανισμό
που λέγεται **χίασμα** και που επιτρέπει τήν άμοιβαία ανταλλαγή τμημάτων
τους μεταξύ δυό όμόλογων χρωματοσωμάτων, τό ανακάτεμα αυτό δέν
άφορά μόνο όλόκληρα χρωματόσωματα αλλά και κομμάτια τους. Αυτό τό
ανακάτεμα είναι ένα πολύ σημαντικό άποτέλεσμα τής μείωσης: θά δούμε
πώς ή κληρονομική ούσία, οί γόνοι, βρίσκονται στά χρωματόσωματα και
τό ανακάτεμα αυτό τής κληρονομικής ούσίας επιτρέπει **τή δημιουργία νέων
συνδυασμών κληρονομικών ιδιοτήτων.**

3.5 'Η ιστορία τών γεννητικών κυττάρων

Στά Σπονδυλωτά (έπομένως και στόν άνθρωπο) οί γαμέτες σχηματίζον-
ται μέσα σέ ειδικά όργανα, τους γενετήσιους αδένες, τους όρχεις στά άρ-
σενικά και τίς ώοθήκες στά θηλυκά. Οί γαμέτες σχηματίζονται στους αδέ-
νες αλλά δέν προέρχονται από αυτούς: σ' αυτούς μεταναστεύουν πολύ ω-
ρίς «οί κυτταρικοί πρόγονοί» τους, τά κύτταρα του γεννητικού πλάσματος,
αυτά που θά μεταμορφωθούν σέ γαμέτες. Σχεδόν από τήν άρχή τής ζωής
του άτόμου τά κύτταρα του γεννητικού πλάσματος ξεχωρίζουν από τά άλλα
κύτταρα, τά κύτταρα του σωματικού πλάσματος και μόλις σχηματιστούν οί
γενετήσιοι αδένες (άπό τά κύτταρα του σωματικού πλάσματος) μετανα-
στεύουν και έγκατασταίνονται εκεί. Έτσι οί γενετήσιοι αδένες περιέχουν
και άλλα κύτταρα εκτός από τά γεννητικά. Οί όρχεις λ.χ. έχουν και τά
κύτταρα που εκκρίνουν τήν τεστοστερόνη, τήν άνδρική όρμόνη ή όποία
καθορίζει τά δευτερογενή χαρακτηριστικά του άνδρικού φύλου (γένια,
βαριά φωνή κ.ά.). Μέσα στους γενετήσιους αδένες τά κύτταρα του γεννη-
τικού πλάσματος διαιρούνται πολλές φορές και μετασχηματίζονται στά
άρσενικά άτομα σέ **σπερματογονίες** και στά θηλυκά άτομα σέ **ώογονίες**.
Μετά από άλλες κυτταρικές διαιρέσεις στά άρσενικά άτομα οί σπερματο-
γονίες μετατρέπονται σέ **σπερματοκύτταρα 1ης τάξεως**. Αυτά θά ύποστούν
τίς δυό διαιρέσεις τής μειώσεως. Μετά τήν πρώτη διáιρεση θά όνομαστούν
σπερματοκύτταρα 2ης τάξεως και μετά τή δεύτερη διáιρεση **σπερματίδες**.
Οί σπερματίδες θά ύποστούν μιά σειρά μεταβολές για νά γίνουν **σπερματο-**

ζωάρια. Οί μεταβολές αυτές συνίστανται κυρίως στο χάσιμο του μεγαλύτερου μέρους του κυτταροπλάσματος και στη δημιουργία της ούρας. Το σπερματοζωάριο αποτελείται από την **κεφαλή** του, πού περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου, το **ενδιάμεσο σώμα**, πού περιέχει κυτταρόπλασμα, μιτοχόνδρια και τά ύπολείμματα του κεντροσώματος, και από τό **μαστίγιον** του.

Οί ώογονίες έχουν μία κάπως διαφορετική εξέλιξη: αυξάνονται πολύ σέ μέγεθος γιά νά μεταμορφωθούν σέ **ώοκύτταρα 1ης τάξεως**. Ή αύξηση όφείλεται στή δημιουργία και άποθήκευση τροφών γιά τό έμβρυο (λεκίθου) και έξακολουθεί πολύ έντονότερη μέχρι τό στάδιο τής πρώτης διαιρέσεως τής μειώσεως (**ώοκύτταρο 2ης τάξεως**). Αυτή και ή έπόμενη διείρεση, όπως είπαμε, είναι άνισες. Κάθε φορά αποβάλλεται ένα μικρό κύτταρο (**πολικό σώμα**) και κρατιέται ή κύρια μάζα του άρχικου κυττάρου σ' ένα μόνο κύτταρο πού μετά τή δεύτερη διείρεση είναι τό **ώάριο**. Οί άποθηκευμένες τροφές άρκουν γιά τήν ανάπτυξη ενός μόνο εμβρύου: αυτός είναι ό λόγος των δυό άνισων διαιρέσεων στή μείωση των θηλυκων γενετήσιων κυττάρων.

"Όπως μάθαμε στήν Ήνθρωπολογία ύπάρχει ένας κύκλος, συνήθως 28 ήμερων στή γυναίκα πού ρυθμίζεται από τήν έκκριση δυό διαφορετικων ειδων όρμονων: των **οιστρογονων** (μέ κύριο αντιπρόσωπο τήν οιστραδιόλη) και τής **προγεστερόνης**.

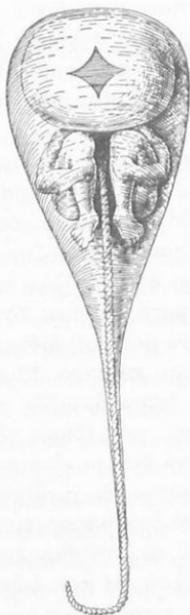
Στή 14η μέρα τό ώάριο ελευθερώνεται στή μήτρα και μπορεί νά γονιμοποιηθεί. "Αν σέ δυό μέρες δέ γονιμοποιηθεί, πεθαίνει. Ή γονιμοποίηση του ώαρίου θά δώσει τό ζυγωτό κύτταρο άπ' τό όποιο θά προέλθει ό νέος όργανισμός. Σέ σπάνιες περιπτώσεις, μετά τήν πρώτη διείρεση του ζυγωτού κυττάρου σέ δυό, ξεχωρίζουν και ξεκολλάνε τό ένα από τό άλλο τελείως τά δυό αυτά κύτταρα σχηματίζοντας δυό ξεχωριστά έμβρυα: τότε γεννιούνται τά **μονοζυγωτικά** (ή μονοωικά, όπως τά λένε μερικοί) **δίδυμα**, τά δίδυμα πού προέρχονται από ένα μόνο άρχικό ζυγωτό κύτταρο. Είναι του ίδιου φύλου και μοιάζουν πολύ μεταξύ τους γιατί έχουν άκριβώς τά ίδια χρωματοσώματα, δηλαδή, όπως θά δοθε παρακάτω, τους ίδιους γόνους, τίς ίδιες κληρονομικές καταβολές. Τά συνηθισμένα δίδυμα είναι τά **διζυγωτικά**, προέρχονται δηλαδή από δυό διαφορετικά ώάρια τής γυναίκας πού ελευθερώθηκαν συγχρόνως και γονιμοποιήθηκαν από δυό διαφορετικά σπερματοζωάρια. Τά δίδυμα αυτά μοιάζουν όπως και τά συνηθισμένα άδελφια, και μπορεί νά 'ναι του ίδιου ή διαφορετικού φύλου. Ή πολυδιδυμία (πολυζυγωτική) στον άνθρωπο είναι σπάνια (τριδύμα, τετράδύμα κ.ο.κ.) αλλά φαίνεται πώς όρισμένους ειδους όρμονοθεραπείες των γυναικων μπορεί ν' αυήήσουν πολύ τή συχνότητά τους.

3.6 Προσχηματισμός και επιγένεση

Ένα πυκνό μυστήριο έκάλυπτε τό μηχανισμό τής δημιουργίας του νέου ατόμου από τό ζυγωτό κύτταρο πού προέρχεται από τή γονιμοποίηση. Πώς είναι δυνατό, αναρωτιόντουσαν, από τό κύτταρο τουτο, πού φαίνεται όμοιο μ' όποιοδήποτε άλλο κύτταρο, νά δημιουργούνται τά διάφορα όργανα καί οί διάφοροι ίστοί του οργανισμού; Πώς είναι δυνατό, χωρίς νά υπάρχει από τά πρίν κάτι καλά καθορισμένο στό ζυγωτό κύτταρο (ή στους γαμέτες πού ενώθηκαν γιά νά τό φτιάξουν), νά αναπτύσσεται ένα άτομο όμοιο μέ όλα τά άτομα του είδους του, μέ ίδια κατασκευή, σάν νά αποτελεί επανάληψη του ίδιου σχεδίου; Στόν άνθρωπο λ.χ. νά βρίσκουμε sé κάθε άτομο τόν ίδιο αριθμό δοντιών, τόν ίδιο αριθμό δαχτύλων ενώ στόν άστερία τόν ίδιο αριθμό βραχιόνων; Ήταν λοιπόν λογικό νά υποθέσουν πώς κάτι καθορισμένο από τά πρίν υπήρχε στους γαμέτες ή στό ζυγωτό κύτταρο: αυτό τό κάτι

νόμισαν όρισμένοι παλιοί βιολόγοι πώς τό είδαν στους ανθρώπινους γαμέτες μέ τά πρωτόγονα μικροσκοπία τους. Ήταν μία μικρογραφία ανθρώπου, τό ανθρώπακι (homunculus), πού βρισκόταν στό κεφάλι του ανθρώπινου σπερματοζωάριου. Γι' αυτούς τους παρατηρητές ή ανάπτυξη δέν ήταν τίποτα άλλο παρά τό ότι τό ανθρώπακι αυτό μεγάλωνε κατά τή διάρκεια τής εμβρυικής ανάπτυξεως, ένα μεγάλο μάλλο που έμοιαζε μέ τό φούσκωμα ενός μπαλλο- νιοδ: τό ανθρώπακι μεταμορφωνόταν sé άνθρωπο.

Βέβαια ή βελτίωση τών μικροσκοπιών γρήγορα άποδείξε πώς δέν υπήρχε από τά πρίν προσχηματισμένο ανθρώπακι στους γαμέτες ή στό ζυγωτό κύτταρο. "Αλλωστε μία τέτοια εξήγηση καταλήγει καί sé δυσκολίες πού δέ φαίνονται ίσως άπ' τήν αρχή. Λ.χ. αν όντως υπήρχε τό ανθρώπακι θά 'πρεπε νά 'χει καί γαμέτες προσχηματισμένους καί στους γαμέτες του νά 'ναι προσχηματισμένα άλλα μικρότερα ανθρώπακια κ.ο.κ. "Όπως στό ρωσικό παιχνίδι πού άνοίγει κανείς μία κούφια ξύλινη κούκλα καί βρίσκει μέσα της μία άλλη ξύλινη κούκλα πού τήν άνοίγει καί βρίσκει μία τρίτη. Τά πιο πολύπλοκα τέτοια παιχνίδια δέν ξεπερνούν τίς δώδεκα κοκκλες. "Εδω όμως θά 'πρεπε νά υπάρχει άπειρία από ανθρώπακια τό ένα μέσα στους γαμέτες του άλλου, τόσα πολλά όσες όλες οί γενιές ανθρώπων πού πρόκειται νά υπάρχουν.



Εικόνα 53: Τό ανθρώπακι στό κεφάλι του σπερματοζωάριου, όπως τό ζωγράφισαν παλιοί βιολόγοι.



Εικόνα 54: Τό παιγνίδι με τίς ρόσσιες κοϋκλες. Δείχονται σιη σειρά έξι κοϋκλες πού τό μέγεθός τους μειώνεται λίγο λίγο άπο την πρώτη ώς την έκτη. Καθεμιά τους είναι κοϋφία κι έτσι μπορούν νά μπουν ή μιά μέσ στην άλλη. Τότε, όταν άνοιχτεί ή πρώτη φανερώνει μέσα της τη δεύτερη, κι όταν άνοιχτεί κι ή δεύτερη φανερώνει μέσα της την τρίτη, κ.ο.κ. μέχρι πού νέ φανεί ή μικρότερη, ή έκτη.

Σάν αντίδραση σ' αὐτή τήν πίστη σέ **προσχηματισμένο** πρότυπο τοῦ ὀργανισμοῦ στοὺς γαμέτες, δημιουργήθηκε ἡ ἄποψη πὼς τίποτα προσχηματισμένο δέν ὑπάρχει στό ζυγωτὸ κύτταρο: μιά δύναμη (μυστηριώδης κι αὐτή) τὸ ὤθει νά ἀκολουθήσει μιά ὀρισμένη πορεία ἀναπτύξεως, ὥστε νά δημιουργηθεῖ ὁ νέος ὀργανισμός. Αὐτή ἡ ἄποψη, ἡ **ἐπιγένεση**, ὅτι κάθε φορά γίνεται ξανά καί «ἐκ νέου» ὁ καινούργιος ὀργανισμός, συμφωνεῖ μέ τίς μικροσκοπικές παρατηρήσεις ἀλλά δέ λύνει καί ἱκανοποιητικά τὸ πρόβλημα, ἀντικαθιστώντας τὸ ἀνύπαρκτο ἀνθρωπάκι μέ μιά μυστηριώδη δύναμη.

Μιά προσπάθεια νά λυθεῖ αὐτὸ τὸ πρόβλημα ἔκανε κι ὁ μεγάλος βιολόγος τοῦ περασμένου αἰῶνα ὁ Τσάρλς Ντάρβιν (Charles Darwin 1809 - 1882, πού συχνά τὸν ὀνομάζουμε στά ἑλληνικά Κάρολο Δαρβίνο καί γιὰ τὸν ὁποῖο θά μιλήσουμε σέ ἔκταση στό ἐπόμενο τμήμα τοῦ βιβλίου γιὰ τὴν Ἐξέλιξη, στό κεφάλαιο 4).

Ὁ Ντάρβιν κατάλαβε πὼς γιὰ νά ἀκολουθηθεῖ μιά πορεία ἀναπτύξεως καθορισμένη, πρέπει νά ὑπάρχει κάποιο προκαθορισμένο πρότυπο. Ἡξερνε ὁμως πὼς τὸ πρότυπο αὐτὸ δέν ἦταν ὀρατό. Ὑπόθεσε λοιπὸν πὼς ἦταν τόσο μικρὸ πού νά μὴν μπορεῖ νά παρατηρηθεῖ στό μικροσκόπιο. Μετὰ κατάλαβε πὼς τὸ πρότυπο αὐτὸ θά ἔπρεπε νά μὴν κλείνει μέσα του κι ἄλλα πρότυπα, γιατί τότε θά κατάλυγε σέ ἀδιέξοδο. Ὑπόθεσε λοιπὸν πὼς κάθε ὄργανο τοῦ σώματος «κατασκευάζει» μικρὰ ὁμοιώματά του πού κυκλοφοροῦν μέσα στό αἷμα καί καταλήγουν στοὺς γαμέτες. Ὅταν μαζευτεῖ μὴν πλήρης σειρά προτύπων ἀπὸ ὅλα τὰ ὄργανα τοῦ σώματος, τότε σχηματίζεται ἕνας ὄρμος γαμέτης πού μπορεῖ νά λάβει μέρος σέ γονιμοποίηση καί νά δώσει γέννηση σ' ἕνα πλήρη ὄργανισμὸ. Ἔτσι ἀπόφευγε ὁ Ντάρβιν τὸ πρόβλημα τὸ σχετικὸ μέ τὰ προσχηματισμένα ἀνθρωπάκια πού βρίσκεται τὸ ἕνα μέσα στό ἄλλο, γιατί κάθε φορά τὰ ὄργανα τοῦ σώματος εἶχαν τὴν ἱκανότητα νά σχηματίζουν νέα μικροσκοπικά ὁμοιώματά τους. Ἡ θεωρία τοῦ Ντάρβιν, πού τὴν ὀνόμασε προσωρινῆ ὑπόθεση τῆς **παγγένεσης** ἐρχεται σέ ἄμεση ἀντίθεση μέ τίς ἀπόψεις τοῦ Βάϊσμαν. Ξέρουμε σήμερα πὼς δέν εἶναι σωστή, ἡ νεώτερη ὁμως ἐξήγηση τοῦ σημαντικοῦ αὐτοῦ προβλήματος παρουσιάζει ἀρκετές ὁμοιότητες μέ τὴν ἐξήγηση πού ἔδωσε ὁ Ντάρβιν.

Θά δοῦμε, δηλαδή, παρακάτω, πὼς τὴν ἀνάπτυξη (καί ἄλλωστε καί ὅλη τὴ λειτουργία τοῦ ὀργανισμοῦ) καθορίζουν (καί ἐλέγχουν) κληρονομικὲς μονάδες, οἱ γόνι πού ἀποτελοῦν κατιτὶ προσχηματισμένο. Ὅχι ὁμως προσχηματισμένες μικρογραφίες ὀργάνων ἀλλά ἕνα εἶδος σχεδίου γιὰ τὴν ἀνάπτυξη καί τὴ λειτουργία τοῦ ὀργανισμοῦ. Οἱ γόνι δέν προέρχονται ἀπὸ τὰ διάφορα ὄργανα τοῦ σώματος, καί σ' αὐτὸ ἔχει δίκιο ὁ Βάϊσμαν, ἀλλά «φτιάχνουν ὄργανα». Ἐχουν ἐπὶ πλέον τὴν ἰδιότητα νά διπλασιάζον-

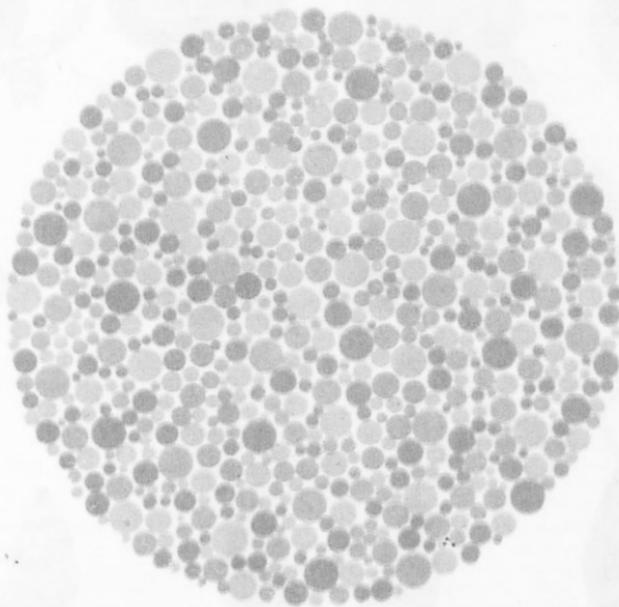
ται κι έτσι δέν χρειάζονται νά κλείνουν μέσα τους κι άλλα μικρότερα τους προσχηματισμένα πρότυπα, σάν τίς ρωσικές κοῦκλες.

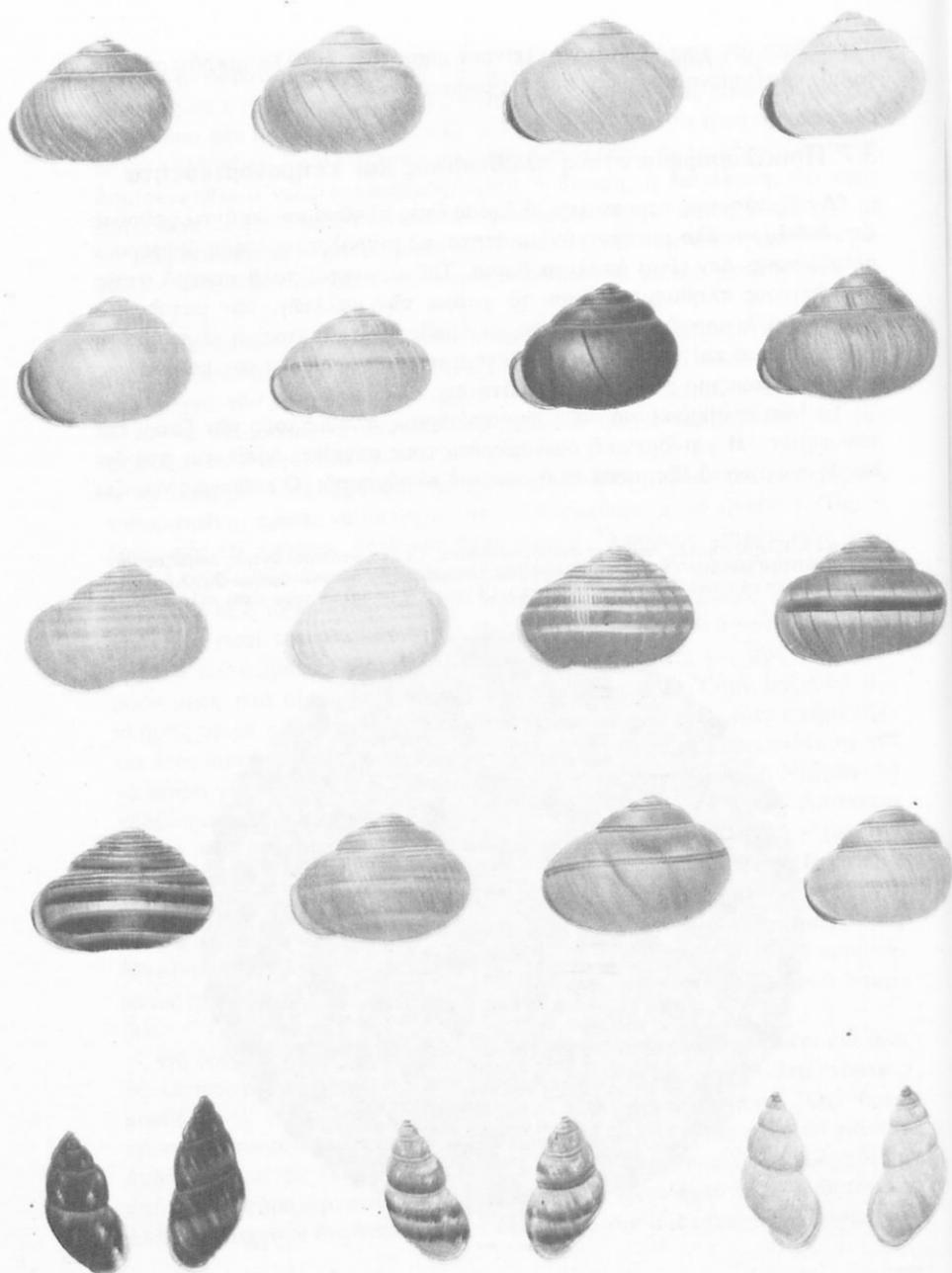
3.7 Ποικιλομορφία στούς πληθυσμούς καί κληρονομικότητα

"Αν ἐξετάσουμε προσεκτικά τά ἄτομα ἑνός πληθυσμοῦ θά ἀντιληφθοῦμε ὅτι, ἐνῶ ἔχουν ὄλα μιά γενική ὁμοιότητα, σέ μικρολεπτομέρειες διαφέρουν μεταξύ τους. Δέν εἶναι ἀπόλυτα ὁμοια. Τοῦτο γίνεται πολύ φανερό στούς ἀνθρώπινους πληθυσμούς ὅπου τό χρῶμα τῶν μαλλιῶν, τῶν ματιῶν, τό σχῆμα καί ἡ μορφή τοῦ σώματος, οἱ ὁμάδες τοῦ αἵματος, ἡ ἐξυπνάδα, ἡ μυϊκή δύναμη καί τόσα ἄλλα χαρακτηριστικά ξεχωρίζουν τόν καθένα μας καί μᾶς δίνουν μιά εἰκόνα μοναδικότητας.

Τό ἴδιο συμβαίνει γιά τούς περισσότερους πληθυσμούς τῶν ζῶων καί τῶν φυτῶν. Ἡ φαινομενική ὁμοιομορφία τους συνήθως ὀφείλεται στό ὅτι δέν ἔχουν ἀρκετά ἐξεταστεῖ τά ἄτομα τοῦ πληθυσμοῦ. Ὁ καθένας γνωρίζει

Εἰκόνα 55: Κληρονομικές διαφορές στούς ἀνθρώπους. Οἱ περισσότεροι ἀντρες διαβάζουν τόν ἀριθμό 8 στήν εἰκόνα. Ὅσοι ὁμως ἔχουν δαλτωνισμό διαβάζουν τόν ἀριθμό 3. Ὁ δαλτωνισμός εἶναι ἕνα κληρονομικό χαρακτηριστικό. Οἱ γυναῖκες μέ δαλτωνισμό εἶναι πολύ σπάνιες.





◀ **Εικόνα 56:** Κληρονομικές διαφορές σε δύο είδη σαλιγκαριών. Τα άτομα διαφέρουν στο χρώμα και στις γραμμώσεις στο πρώτο είδος (*Cerapea nemoralis*) στο χρώμα, στις γραμμώσεις και αν είναι δεξιόστροφα ή άριστροστροφα στο δεύτερο είδος (*Partula suturalis*).



▲ **Εικόνα 57:** Ποικιλομορφία στα περιστέρια. Άριστέρα το άγριοπερίστερο και δεξιά διάφοροι τύποι που με επιλογή δημιούργησε ο άνθρωπος από αυτό.



Εικόνα 58: Ποικιλομορφία στους ανθρώπινους πληθυσμούς. Κάθε άνθρωπος έχει, διαφορετικά από οποιονδήποτε άλλον, δακτυλικά αποτυπώματα. Ή εικόνα δείχνει τρεις τύπους δακτυλικών αποτυπωμάτων (τόξα, κόλπους, στρόβιλους). Ή ποικιλομορφία αυτή έχει κληρονομική βάση.

καλύτερα τὰ ἀντικείμενα μέ τὰ ὁποῖα ἀσχολεῖται. Ἐτσι ἀρκετοὶ φιλόζωοι ἢ ὄρνιθολόγοι μποροῦν νά ξεχωρίσουν τόσο μορφολογικά ὅσο καί ἀπό τίς διαφορές στή συμπεριφορά τους πολλά πουλιὰ πού ἀνήκουν στό ἴδιο εἶδος λ.χ. σπίνους, ἐνῶ φαίνονται ὁμοία γιά ἓναν ἄπειρο παρατηρητή.

Αὐτή ἡ τεράστια ποικιλομορφία πού παρατηρεῖται στούς πληθυσμούς ἀποτελεῖ μιά πρώτη βασική παρατήρηση. Μιά ἄλλη βασική παρατήρηση πού τή συμπληρώνει εἶναι ὅτι τὰ τέκνα μοιάζουν μέ τούς γονεῖς τους, οἱ ἀπόγονοι μέ τούς προγόνους τους, τὰ ἄτομα πού ἔχουν συγγένεια «ἐξ αἵματος» μοιάζουν μεταξύ τους. Ή ὁμοιότητα μεταξύ συγγενῶν ἀτόμων, μεταξύ τέκνων καί γονιῶν, ἀποτελεῖ τό φαινόμενο τῆς κληρονομικότητας.

Γνωρίζουμε ὅτι τὰ τέκνα ἀνήκουν στό ἴδιο βιολογικό εἶδος μέ τούς γονεῖς τους, στήν ἴδια φυλή (τέκνα λευκῶν εἶναι λευκά, μογγόλων εἶναι μογγόλοι κ.ο.κ.). Ἀλλά καί σέ ὀρισμένα εἰδικά χαρακτηριστικά τὰ τέκνα μοιάζουν μέ τούς γονεῖς τους σάν νά τούς μεταβίβασαν οἱ γονεῖς τὰ χαρακτηριστικά τους αὐτά.

Ή Γενετική εἶναι ὁ κλάδος τῆς Βιολογίας πού μελετᾶ τήν κληρονομικότητα καί τήν ποικιλομορφία πού παρατηρεῖται στούς πληθυσμούς. Ἀκριβῶς μέ τό μηχανισμό τῆς κληρονομικότητας θά ἀσχοληθοῦμε παρακάτω.

3.8 Ποιές ιδιότητες κληρονομούνται; Κληρονομούνται οἱ ἐπίκτητες ιδιότητες;

Τὰ τέκνα ἔχουν ὀρισμένα χαρακτηριστικά ὁμοία μέ τὰ ἀντίστοιχα χαρακτηριστικά τῶν γονιῶν τους, λ.χ. δύο γονεῖς μέ γαλανὰ μάτια θά ἔχουν παιδιὰ μέ γαλανὰ μάτια. Στήν κοινή γλώσσα λέμε ὅτι τὰ τέκνα κληρονόμηση τὰ χαρακτηριστικά αὐτά ἀπό τούς γονεῖς τους. Ὅλα ὁμως τὰ χαρα-

κτηριστικά δέν κληρονομούνται. Υπάρχουν όρισμένα χαρακτηριστικά ή ιδιομορφίες τις όποιες άποκτᾶ ένα ἄτομο κατά τή διάρκεια τής ζωής του καί πού δέν τις έχει κληρονομήσει από τούς γονείς του. Όταν κλείσει ένα τραύμα σχηματίζεται μία ούλη. Τέτοιες ούλές δέν κληρονομούνται από τούς γονείς, ούτε κληρονομούνται στους άπογόνους. Πρόκειται για μία κατηγορία ιδιοτήτων πού όνομάζονται **επίκτητες ιδιότητες**.

Όταν ένας άθλητής άσκηθεί πολύ στό τρέξιμο ή στην πεζοπορία, οί μύς τών ποδιών του αναπτύσσονται πιο πολύ. Ένα όργανο αναπτύσσεται μέ τήν άσκηση του. Ό άθλητής αναπτύσσει μεγαλύτερο μυϊκό σύστημα.

Ό καρδιοπαθής αναπτύσσει πολλές φορές υπερτροφία τής καρδιάς για να μπορεί ή έλαττωματική του καρδιά να άντεπεξέρχεται στίς ανάγκες του όργανισμού του. Ό όδηγός αυτοκινήτου άποκτᾶ μέ τήν εξάσκησή του μεγαλύτερη πείρα καί ικανότητα όδηγήσεως.

Κληρονομούνται οί επίκτητες ιδιότητες; Ναι, πίστευαν τόν περασμένο αιώνα οί μεγάλοι βιολόγοι, όπως ό γάλλος Λαμάρκ (Lamarck 1744-1829) πού έγινε γνωστός γιατί ύποστήριξε ότι ύπάρχει όργανική εξέλιξη, δηλαδή ότι τά είδη τών ζωντανών όργανισμών προέρχονται από άλλα παρόμοια είδη. Ό Λαμάρκ πίστευε ότι, όταν μία επίκτητη ιδιότητα άποκτηθεί, μπορεί να κληρονομηθεί από τό ἄτομο πού τήν άπόκτησε στους άπογόνους του.

Έτσι άλλωστε εξηγοϋσε καί τήν εξέλιξη: θεωροϋσε ότι ό μηχανισμός τής εξελίξεως στηρίζεται στην κληρομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων. Σήμερα όνομάζουμε άντιλήψεις παρόμοιες μέ του Λαμάρκ **λαμαρκισμό**.

Καί ό Ντάρβιν πίστευε στην κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων. Υπόστήριξε κι αυτός ότι ύπάρχει όργανική εξέλιξη, νόμισε όμως ότι ένας διαφορετικός μηχανισμός εξηγεί γιατί καί πώς πραγματοποιείται. Συγχρόνως όμως δέν παράλειπε να εκδηλώνει τήν πίστη του στην κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων, (άλλωστε ή θεωρία του τής παγγένεσης πρότεινε κι ένα μηχανισμό κληρονομικότητας τών επίκτητων ιδιοτήτων). Υπήρχε λοιπόν για τήν κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων μία γενική παραδοχή. Η επιστήμη όμως δέ βασίζεται σε γενικές παραδοχές, όταν δέν άποδεικνύονται πειραματικά. Μέ πειράματα δηλαδή καταβάλλεται προσπάθεια να άποδειχτεί ή να διαψευστεί κάθε ύπόθεση, κάθε θεωρία. Ό αστριακός βιολόγος Βάϊσμαν πειραματίστηκε μέ ποντίκους για να δει κατά πόσο κληρονομούνται οί επίκτητες ιδιότητες. Τους έκοβε τις ουρές καί μετά τούς διασταύρωνε. Στα τέκνα τους έκανε άκριβώς τό ίδιο πράγμα: Κατά τή διάρκεια 22 γενιών ποτέ δέν παρατήρησε μείωση του μήκους τής ουράς σε ποντικό. Συμπέρανε λοιπόν ότι οί επίκτητες ιδιότητες δέν κληρονομούνται.

Από τήν εποχή του Weismann μέχρι τώρα γίνηκαν πολλά παρόμοια

πειράματα: σε κανένα δέν αποδείχτηκε ότι οι επίκτητες ιδιότητες κληρονομούνται.

Είναι επίσης γνωστό ότι σε πολλούς λαούς γίνεται ή περιτομή επί γενιές γενιών. Ποτέ όμως δέν παρατηρήθηκε νά γεννηθοῦν ἄτομα πού νά μὴ χρειάζεται νά ὑποστοῦν περιτομή. Τό ἴδιο ἰσχύει γιά τόν παρθενικό ὑμένα τῶν γυναικῶν, γιά διάφορες παραμορφώσεις πού ἄτομα ἡμιάρτων λαῶν δημιουργοῦν στό πρόσωπό τους ἀπό νεαρή ἡλικία, ἐκριζώνοντας δόντια, ἢ τρυπώντας τή μήτη τους ἢ τά αὐτιά τους, ἢ τέλος παραμορφώνοντας τά χεῖλη τους. Τά ἐπίκτητα αὐτά χαρακτηριστικά δέν κληρονομήθηκαν.

3.9 Πῶς κληρονομοῦνται τά διάφορα χαρακτηριστικά

Τό δειλινό ἢ νύχτολούλουδο (τοῦ ὁποίου τό ἐπιστημονικό ὄνομα εἶναι *Mirabilis jalapa*) μπορεῖ νά ἔχει ἄνθη ἢ κόκκινα ἢ λευκά. Ὅταν αὐτογονιμοποιηθοῦν ἢ ὅταν γονιμοποιηθοῦν μεταξύ τους δύο φυτά μέ κόκκινα ἄνθη, δίνουν πάντα ἀπογόνους μέ κόκκινα ἄνθη. Τά φυτά παλι πού ἔχουν λευκά ἄνθη κληρονομοῦν στούς ἀπογόνους τους τό λευκό χρῶμα τῶν λουλουδιῶν τους.

Τό χρῶμα λοιπόν τοῦ ἄνθους ἀποτελεῖ ἓνα κληρονομικό χαρακτηριστικό. Ἄν διασταυρώσουμε ἓνα φυτό μέ κόκκινα ἄνθη μ' ἓνα φυτό μέ λευκά ἄνθη, δηλαδή ἄν πάρουμε γύρη ἀπό τό πρῶτο φυτό καί ἐπικονιάσουμε τό στίγμα τοῦ στόλου τοῦ δευτέρου φυτοῦ ἢ καί τό ἀντίστροφο, θά πάρουμε φυτά πού θά ἀνήκουν στήν **πρώτη θυγατρική γενιά** (σύμβολο F_1). Τά δύο ἄτομα πού διασταυρώνονται ἀποτελοῦν τήν **πατρική γενιά** (σύμβολο P).

Μιά τέτοια διασταύρωση ὀνομάζεται **ὕβριδισμός** καί τά φυτά τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς μποροῦν νά ὀνομαστοῦν **ὕβριδια** ἢ **νόθα**.

Ὅλα τά φυτά τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς ἔχουν ἄνθη μέ χρῶμα ρόδινο. Τί μποροῦμε νά ὑποθέσουμε; Ὅτι ἡ κληρονομική οὐσία (τό γεννητικό πλάσμα) τῶν φυτῶν πού ἔχουν λευκά ἄνθη ἀναμείχτηκε μέ τήν κληρονομική οὐσία τῶν φυτῶν μέ κόκκινα ἄνθη καί ὅτι γενικά ἡ κληρονομική οὐσία συμπεριφέρθηκε σάν ὑγρό πού ἀκολουθεῖ τούς νόμους τῆς ἀναμείξεως τῶν ὑγρῶν: Πραγματικά, ἄν πάρω ἓνα διάλυμα μέ κόκκινο χρῶμα κι ἓνα ἄλλο μέ λευκό καί τά ἀναμείξω, μπορεῖ νά πάρω ἓνα νέο διάλυμα τοῦ ὁποίου τό χρῶμα νά εἶναι ἐνδιάμεσο: δέν εἶναι οὔτε λευκό, οὔτε ἔντονα κόκκινο, ἀλλά ρόδινο. Συμπεριφέρθηκε ἄραγε ἔτσι κι ἡ κληρονομική οὐσία;

Ἄς κάνουμε ἓνα δεύτερο πείραμα γιά νά ἐπαληθεύσουμε ἢ νά διαψεύσουμε τήν πρώτη μας αὐτή ὑπόθεση. Ἄς διασταυρώσουμε τά φυτά τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς μέ ἓναν ἀπό τούς γονεῖς τους λ.χ. αὐτόν πού ἔχει λευκά ἄνθη.

Αὐτοῦ τοῦ εἶδους τή διασταύρωση ὀνομάζουμε **ἀναδιασταύρωση** ἢ **ἀνά-**

δρομη διασταύρωση. "Αν ή κληρονομική ουσία συμπεριφέρεται σαν ύγρό που ακολουθεί τούς νόμους τής άναμείξεως τών ύγρών θά περιμένουμε νά πάrouμε από αυτή τή διασταύρωση φυτά πού όλα θά έχουν λουλούδια με χρώμα ένδιάμεσο μεταξύ τού ρόδινου τού ενός γονέα και τού λευκού τού άλλου. "Όμως τούτο δέν είναι και τό πειραματικό μας άποτέλεσμα. Τά μισά φυτά πού θά προκύψουν θά 'χουν λευκά άνθη και τά άλλα μισά ρόδινα.

Πρέπει λοιπόν νά παραδεχτούμε ότι ή κληρονομική ουσία δέν συμπεριφέρεται σαν ύγρό πού άναμινύεται αλλά μάλλον σαν μονάδα. Κάθε φυτό τής πρώτης θυγατρικής γενιής πήρε λ.χ. μία κόκκινη μονάδα από τόν ένα γονέα του και μία λευκή μονάδα από τόν άλλο γονέα του. "Έχει άνθη με ρόδινο χρώμα. "Όταν όμως διασταυρωθεί με τό λευκό του γονέα, βλέπουμε ότι αυτές οι δύο μονάδες δέν άλλοιώθηκαν, δέν επηρέασαν ή μία τήν άλλη: τό φυτό τής πρώτης θυγατρικής γενιής φαίνεται νά δίνει δύο ειδών γαμέτες, ένα με τή «λευκή» μονάδα κι ένα με τήν «κόκκινη» με τήν ίδια άναλογία, οι όποιοι ένώνονται στην άνάδρομη διασταύρωση με μία λευκή μονάδα, πού προέρχεται από τό φυτό με λευκά άνθη, για νά δώσουν γέννηση άντίστοιχα σέ δύο είδη φυτών με ρόδινα άνθη και με λευκά άνθη.

Γιά νά συμπληρώσουμε τήν ύπόθεσή μας αυτή, μπορούμε νά θεωρήσουμε ότι κάθε φυτό έχει δύο μονάδες πού καθορίζουν τό χρώμα τού άνθους του. Μπορεί αυτές οι μονάδες νά 'ναι όμοιες, κι οι δύο λευκές, όποτε τό φυτό έχει λευκά άνθη ή κι οι δύο κόκκινες, όποτε τό φυτό έχει κόκκινα άνθη. "Η μπορεί πάλι νά 'ναι διαφορετικές, μία κόκκινη και μία λευκή, όποτε τό φυτό έχει ρόδινο χρώμα. Κάθε γαμέτης όμως έχει μόνο μία από τις δύο αυτές μονάδες. Τό φυτό έχει δύο μονάδες, γιατί μία προέρχεται από τόν κόκκο τής γύρης (τόν ένα γαμέτη) και μία από τό ώάριο (τόν άλλο γαμέτη), πού ένώνονται στη γονιμοποίηση για νά σχηματίσουν τό άτομο.

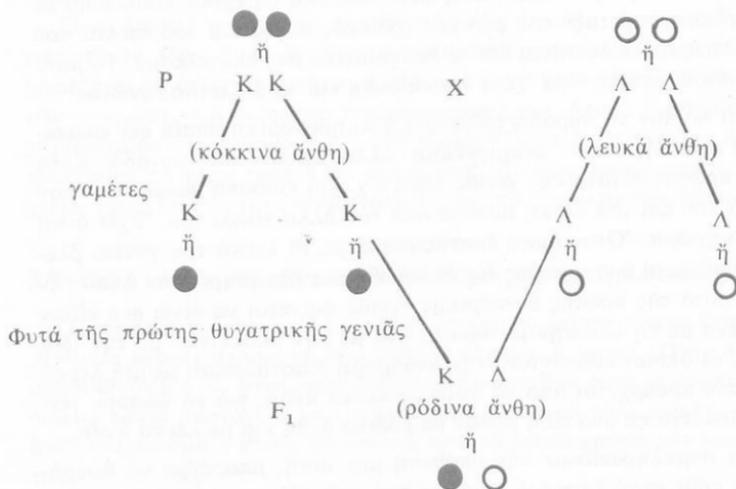
Δηλαδή κάθε φυτό έχει δύο μονάδες από τις όποιες ή μία προέρχεται από τόν πατέρα του κι ή άλλη από τήν μητέρα του. "Όταν πρόκειται κι αυτό νά δώσει γαμέτες θά περάσει μία μόνο μονάδα σέ κάθε γαμέτη του, γι' αυτό κι οι μισοί γαμέτες τών φυτών με ρόδινα άνθη θά έχουν τή λευκή μονάδα, ένθ οι άλλοι μισοί τήν κόκκινη.

Πρόκειται για τό φαινόμενο τής **διάσχισης τής κληρονομικής ουσίας:** τά ρόδινα φυτά δίνουν γαμέτες πού έχουν άνεπηρέαστες και άναλλοιώτες τις μονάδες τους στην κατάσταση άκριβώς πού βρίσκονταν μέσ στους πατρικούς γαμέτες, όταν έγινε ή γονιμοποίηση και σχηματίστηκε τό ζυγωτό κύτταρο τού φυτού με ρόδινα άνθη.

"Ας συμβολίσουμε τή λευκή μονάδα με τό γράμμα Λ ή τό σύμβολο ○ και με τό γράμμα Κ ή τό σύμβολο ● τήν κόκκινη. Τότε οι δύο διασταυρώσεις πού περιγράψαμε μπορούν νά παρασταθούν έτσι:

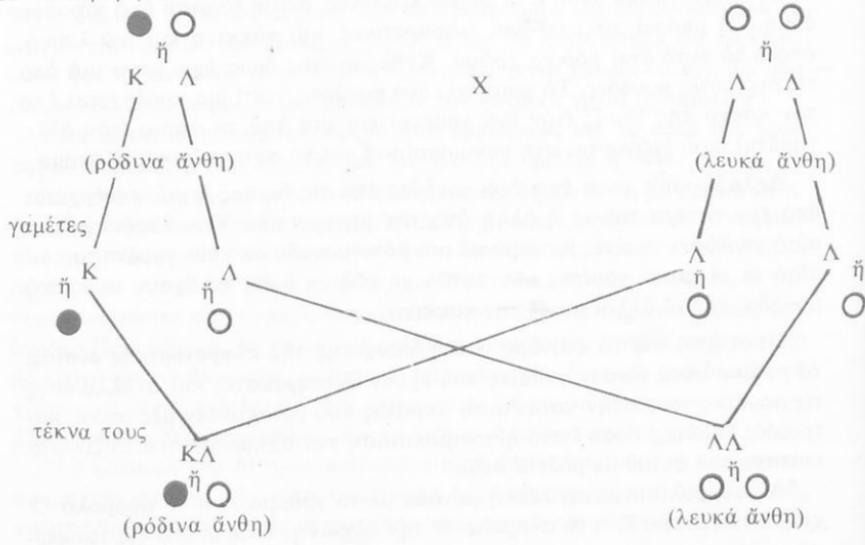
1η διασταύρωση

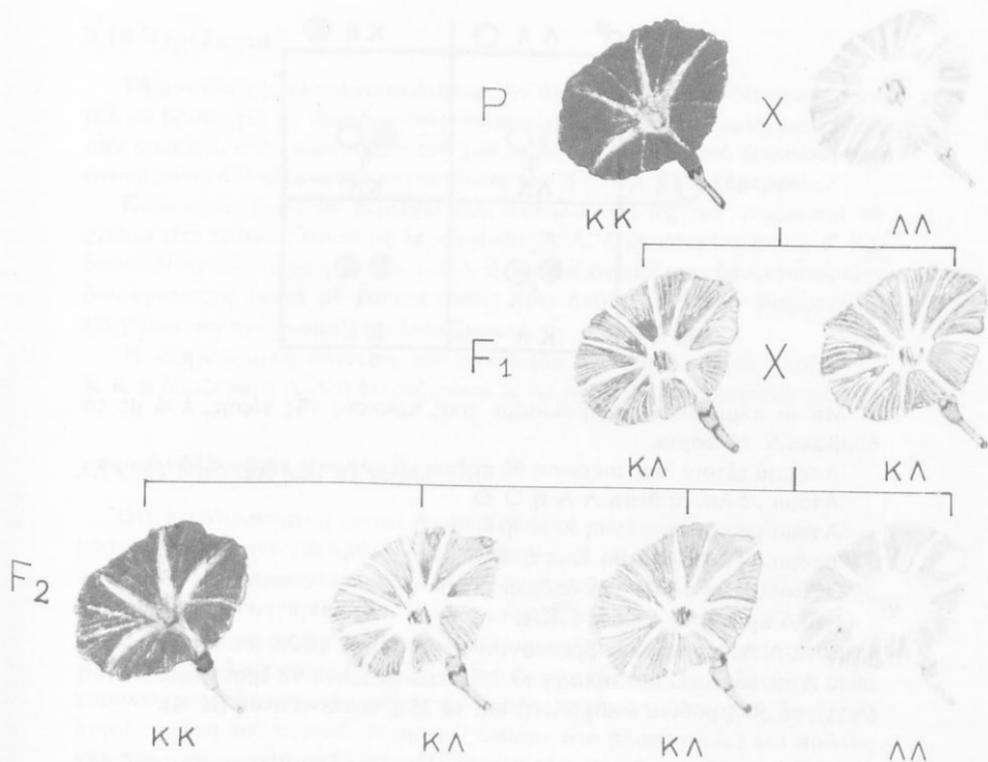
Φυτά της Πατρικής γενιάς μεταξύ τους.



2η διασταύρωση

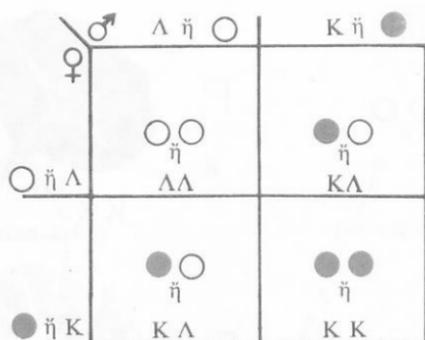
Η Ανάδρομη διασταύρωση





Εικόνα 59: Οί διασταυρώσεις στο δειλινό. Γονείς (P), πρώτη (F₁) και δεύτερη (F₂) θυγατρική γενιά.

Μπορούμε βέβαια νά διασταυρώσουμε δυό φυτά της πρώτης θυγατρικής γενιάς μεταξύ τους, δηλαδή δυό φυτά μέ ρόδινα άνθη. Από αυτή τή διασταύρωση θά πάρουμε φυτά πού θά ανήκουν στη **δεύτερη θυγατρική γενιά** (σύμβολο F₂). Κάθε φυτό της πρώτης θυγατρικής γενιάς δίνει δυό ειδών γαμέτες: τό ένα είδος θά φέρνει μία λευκή μονάδα και τό άλλο μία κόκκινη. Ό πίνακας, πού άκολουθεί, δείχνει γιά τήν περίπτωση αυτή όλους τούς συνδυασμούς τών γαμετών μεταξύ τους, δηλαδή τών κόκκων της γύρης και τών ωαρίων. Ένας τέτοιος πίνακας ονομάζεται **άβάκιο τών γαμετικών συνδυασμών**.



Με τό σύμβολο ♂ συμβολίσαμε τούς κόκκους τής γύρης, ενώ μέ τό σύμβολο ♀ τά ώάρια.

Άπό μία τέτοια διασταύρωση θά πρέπει νά πάρουμε τριών ειδών άτομα:

"Άτομα μέ λευκά άνθη Λ Λ η η ○ ○

"Άτομα μέ κόκκινα άνθη Κ Κ η η ● ●

"Άτομα μέ ρόδινα άνθη Κ Λ η η ● ○

Οί αναλογίες αυτών των άτόμων είναι:

1 Λ Λ πρός 2 Κ Λ πρός 1 Κ Κ

άφου τά Λ Λ και τά Κ Κ βρίσκονται μόνο σ' ένα κελλί του άβάκιου, ενώ τά Κ Λ σέ δύο κελλιά. Δηλαδή τά 25% άπό τά τέκνα θά έχουν λευκά άνθη (Λ Λ), τά 50% ρόδινα άνθη (Κ Λ) και τά 25% κόκκινα άνθη (Κ Κ).

Τά άναμενόμενα αυτά άποτελέσματα είναι ίδια ακριβώς μέ αυτά πού μās δίνει τό πείραμα τής διασταυρώσεως. Άρα ή θεωρία μας είναι σωστή.

Γιά νά συνοψίσουμε: μπορούμε λοιπόν νά υποστηρίξουμε ότι ή κληρονομική ουσία πού ρυθμίζει τό χρώμα του άνθους του δειλινού συμπεριφέρεται σάν μονάδα κι όχι σάν υγρό πού άκολουθεί τούς νόμους τής αναμείξεως των υγρών.

Κάθε φυτό έχει δύο μονάδες τίς όποίες πήρε τή μία άπό τόν πατέρα του και τήν άλλη άπό τή μητέρα του. Κάθε γαμέτης, είτε κόκκος γύρης είναι είτε ώάριο, έχει μία μονάδα μόνο.

Ή διάσχιση είναι τό φαινόμενο σύμφωνα μέ τό όποιο δύο διαφορετικές μονάδες πού βρίσκονται στό ίδιο φυτό, δέν άλληλοεπηρεάζονται ή άλλοιώνονται μέσα του, αλλά ξαναπαρουσιάζονται στους γαμέτες του στήν ίδια κατάσταση και μέ τήν ίδια καθαρότητα, όπως ήταν και στους γαμέτες των γονιών του.

3.10 Όρολογία

Τή μονάδα της κληρονομικότητας την ονομάζουμε **γόνο**. Ό γόνος μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετικές καταστάσεις (λ.χ. σάν λευκή μονάδα ή σάν κόκκινη, στην περίπτωση του χρώματος του άνθους του δειλινού) που ονομάζουμε **άλληλόμορφες καταστάσεις** του ή απλώς **άλληλόμορφους**.

Κάθε φυτό δειλινού περιέχει δυό άλληλόμορφους του γόνου γιά τό χρώμα είτε όμοιους (φυτά μέ λευκά άνθη, Λ Λ, ή μέ κόκκινα άνθη, Κ Κ), όποτε δίνει ένα είδος γαμετών (μέ Λ ή Κ) και όνομάζεται **όμοζυγωτό**, είτε διαφορετικούς (φυτά μέ ρόδινα άνθη, ΚΛ) όποτε δίνει δυό διαφορετικά είδη γαμετών και όνομάζεται **έτεροζυγωτό**.

Ή κληρονομική σύνθεση του φυτού (άν δηλαδή θά είναι όμοζυγωτό Κ Κ ή όμοζυγωτό Λ Λ ή έτεροζυγωτό Κ Λ) όνομάζεται **γονότυπός** του.

3.11 Ό Μέντελ και οί νόμοι του

Ότι ή κληρονομική ουσία συμπεριφέρεται σάν μονάδα, που την όνομάσαμε γόνο, έγινε γιά πρώτη φορά γνωστό από τίς μελέτες ενός μοναχού, που ζούσε τόν περασμένο αιώνα σ' ένα μοναστήρι μιάς μικρής πόλης της παλιάς Αύστρουγγαρίας, του Γρηγόριου Μέντελ (G. Mendel 1822-1884).

Ό Μέντελ πειραματίστηκε μέ μπιζέλια και ανακάλυψε πρώτος τό μηχανισμό της κληρονομικότητας, γιαντί πρώτος σκέφτηκε να μελετήσει κάθε χαρακτηριστικό χωριστά (χρώμα του άνθους, σχήμα του καρπού, ύψος του φυτού, χρώμα του καρπού, θέση των άνθων στό βλαστό κ.ά.) και πρώτος σκέφτηκε να μετράει πολλά φυτά από κάθε διασταύρωση, ώστε να 'χει σίγουρα, από στατιστική άποψη, άποτελέσματα.

Τό έτος 1866 δημοσίευσε τά άποτελέσματα των πειραμάτων του, που δέν έτυχαν προσοχής. Μόνο τό 1900 τρεις βιολόγοι, ένας Όλλανδός, ένας Γερμανός κι ένας Αύστριακός, όλοι καθηγητές της Βιολογίας, ανακάλυψαν την έργασία του και έπιβεβαίωσαν τά συμπεράσματά του σε διάφορα ζώα και φυτά. Σήμερα γνωρίζουμε ότι ισχύουν και στον άνθρωπο οί νόμοι του Μέντελ και ό μηχανισμός της κληρονομικότητας που διατύπωσε.

Τά συμπεράσματα του Μέντελ διατυπώθηκαν σε 4 νόμους, που άπυτελούν πορίσματα των όσων είπαμε προηγουμένως γιά τή συμπεριφορά των γόνων.

● Πρώτος νόμος, ό **νόμος της όμοιομορφίας**: Τά νόθα της πρώτης θυγατρικής γενιάς είναι μεταξύ τους όμοια. Ίσχύει μόνο όταν τά πατρικά φυτά είναι όμοζυγωτά.

● Δεύτερος νόμος, ό **νόμος της αύτοτέλειας**: Οί άρχικοί χαρακτήρες, κι άν άκόμα βρίσκονται ένωμένοι στό νόθα της πρώτης θυγατρικής γενιάς,



Εικόνα 60: Ο Γρηγόριος Μέντελ.



διατηρούν την ανεξαρτησία και καθαρότητά τους. Προκύπτει από τη διάσχιση.

- Τρίτος νόμος, **ο νόμος της διάσχισης**: Οί χαρακτήρες που άναμείχτηκαν στην πρώτη θυγατρική γενιά, διαχωρίζονται πάλι στις επόμενες γενιές.
- Ο τέταρτος νόμος: Άναφέρεται σ' ένα φαινόμενο που άκόμα δέ μελετήσαμε, στην **κυριαρχία**.

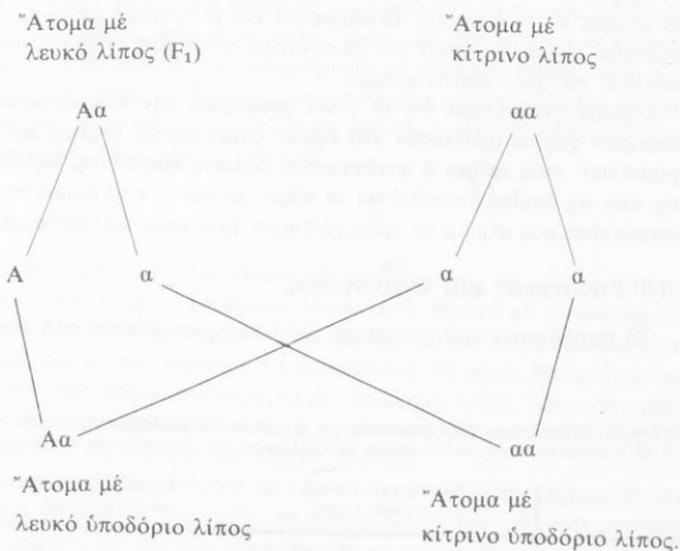
3.12 Κυριαρχία

Άν εξετάσει κανείς τό χρώμα του λίπους που βρίσκεται κάτω από τό δέρμα στά πρόβατα ή στά κουνέλια, θά παρατηρήσει ότι υπάρχουν ζώα με λευκό υποδόριο λίπος και άλλα με κίτρινο. Τό χαρακτηριστικό αυτό κληρονομείται.

Άν πάρουμε κουνέλια που άνήκουν σέ μία φυλή, που άποτελείται από άτομα με λευκό μόνο υποδόριο λίπος, και τά διασταυρώσουμε με κουνέλια με κίτρινο υποδόριο λίπος, θά πάρουμε στην πρώτη θυγατρική γενιά κουνέλια με λευκό υποδόριο λίπος. Κι όμως ή διαφορά λευκού και κίτρινου υποδόριου λίπους οφείλεται σ' ένα γόνο που μπορεί νά παρουσιαστεί με δύο άλληλόμορφους: Τά ζώα με κίτρινο υποδόριο λίπος είναι όμοζυγωτά για τόν ένα άλληλόμορφο (aa), ενώ τά λευκά πάλι της πατρικής γενιάς

είναι όμοζυγωτά για τόν άλλο άλληλόμορφο (AA). Τά νόθα τής πρώτης θυγατρικής γενιάς είναι έτεροζυγωτά (Aa), έχουν όμως λευκό ύποδόριο λίπος σάν τούς γονείς τους AA. Ό άλλομορφος A κυριαρχεί, είναι κυρίαρχος, πάνω στόν άλλομορφο α και δέν τόν αφήνει νά εκδηλωθεί στό έτεροζυγωτά άτομα. Ό άλλομορφος α ονομάζεται τότε ύπολειπόμενος.

Ότι πραγματικά αυτό συμβαίνει φαίνεται άν κάνουμε τήν ακόλουθη ανάδρομη διασταύρωση: άν διασταυρώσουμε τά ζώα τής πρώτης θυγατρικής γενιάς μέ ζώα πού έχουν κίτρινο ύποδόριο λίπος. Τά μισά άτομα πού θά πάρουμε θά έχουν λευκό ύποδόριο λίπος και τά άλλα μισά κίτρινο. Όπως δείχνει και τό σχήμα, τά άτομα μέ τό λευκό λίπος είναι έτεροζυγωτά, ένω τά άτομα μέ τό κίτρινο λίπος όμοζυγωτά.



Μπορούμε νά ξεχωρίσουμε τό γονότυπο τών λευκών ατόμων, άν τά διασταυρώσουμε μέ άτομα πού έχουν κίτρινο λίπος. Τά όμοζυγωτά λευκά δίνουν άπογόνους λευκούς, ένω τά έτεροζυγωτά λευκά δίνουν δύο ειδών παιδιά: τά μισά έχουν λευκό, ένω τά άλλα μισά κίτρινο λίπος.

● Τέταρτος νόμος, ό νόμος τής κυριαρχίας: Μερικές φορές ένα χαρακτηριστικό κατά τήν εκδήλωσή του επικρατεί σ' ένα άλλο.

3.13 Οί γόνιμοι συνθέτουν ένζυμα

Μέ τό νά δώσουμε ένα όνομα σ' ένα φαινόμενο σημαίνει πώς άναγνωρίσαμε τήν ύπαρξή του όχι όμως και πώς τό έξηγήσαμε.

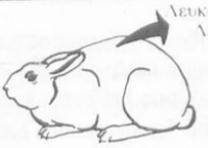
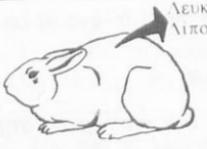
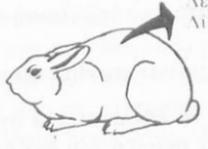
Στήν περίπτωση του χρώματος του υποδόριου λίπους των κουνελιών γνωρίζουμε σέ τί όφείλεται τό φαινόμενο τής κυριαρχίας. Τά κουνέλια είναι φυτοφάγα και μέ τά φύλλα πού τρώνε εισάγουν στό σώμα τους διάφορες χρωστικές, όπως είναι ή πράσινη χλωροφύλλη ή και οί κίτρινες ξανθοφύλλες. Οί ξανθοφύλλες, στά κουνέλια μέ λευκό λίπος, σπάνε σέ μικρότερα κι άχρωμα συστατικά άπ' τή δράση ενός ένζυμου πού διαθέτουν τά κουνέλια αυτά. Τά κουνέλια μέ τό κίτρινο λίπος δέν έχουν τό ένζυμο: Οί ξανθοφύλλες σ' αυτά δέ διασπώνται και, έπειδή είναι λιποδιαλυτές, συγκεντρώνονται στό λίπος τους και τό χρωματίζουν κίτρινο. Ό γόνος λοιπόν του χρώματος του λίπους φαίνεται νά έλέγχει τή σύνθεση ενός ένζυμου: ό κυρίαρχος άλληλόμορφος Α φτιάχνει τό ένζυμο, ενώ ό υπολειπόμενος α δέν μπορεί νά τό φτιάξει. Ή παρουσία και μιάς μόνο μανάδας Α στά έτεροζυγωτά άτομα Αα άρκει για νά συντεθει τόση ποσότητα ένζυμου ώστε τά κουνέλια νά 'χουν λευκό χρώμα.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι οί γόνιμοι ρυθμίζουν τήν κληρονομικότητα των διάφορων χαρακτηριστικών και δρουν φτιάχνοντας ένζυμα και ειδικά τό πρωτεϊνικό τους τμήμα ή φτιάχνοντας δομικές πρωτεΐνες, δηλαδή πρωτεΐνες, από τίς όποιες άποτελείται τό σώμα (μυοσΐνη στό μυϊκό σύστημα, αίμοσφαιρίνη στό αίμα κ.ά).

3.14 Γονότυπος και Φαινότυπος

Τό παράδειγμα του χρώματος του υποδόριου λίπους στά κουνέλια μās

Εικόνα 61: Οί γονότυποι των κουνελιών για τό χρώμα του υποδόριου λίπους τους (ΑΑ και αα) και οί φαινότυποι τους στά διάφορα περιβάλλοντα (μέ διαφορετικές διατροφές).

	Κουνέλι με γόνους για κίτρινο λίπος	Κουνέλι με γόνους για λευκό λίπος
Καρβότα και πράσινα τμήματα αυτών		
Τροφή χωρίς ξανθοφύλλες		

δείχνει και κάτι άλλο: ότι δυο άτομα μπορεί να έχουν διαφορετικό γονότυπο, όπως τα όμοζυγωτά ΑΑ και τα έτεροζυγωτά Αα, αλλά να μας φαίνονται όμοια, να 'χουν δηλαδή και τα δυο το ίδιο χρώμα λίπους, το λευκό. Λέμε ότι έχουν τον ίδιο **φαινότυπο**.

Ο φαινότυπος είναι το πώς μας φαίνεται το άτομο. Πώς μας φαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά του: τα μορφολογικά, ανατομικά, φυσιολογικά, ηθολογικά (συμπεριφορᾶς) κ.ἄ.

Τα κουνέλια έχουν σχετικά με το χρώμα του υποδόριου λίπους τους δυο φαινότυπους: το λευκό και τον κίτρινο. Έχουν όμως τρεις δυνατούς γονότυπους, τόν ΑΑ, τόν Αα και τόν αα που εκδηλώνονται σε δυο διαφορετικούς φαινότυπους: Στους δυο πρώτους γονότυπους αντιστοιχεί ένας μόνο φαινότυπος, ο λευκός, ενώ στον τρίτο γονότυπο αντιστοιχεί ο κίτρινος φαινότυπος. Το γονότυπο τόν καθορίζουμε με διασταυρώσεις: από το τί παιδιά μπορεί να κάνει το άτομο. Έτσι μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα όμοζυγωτά ΑΑ και τα έτεροζυγωτά Αα λευκά κουνέλια, διασταυρώνοντάς τα με κίτρινα κουνέλια, όπως είδαμε και πριν.

3.15 Κληρονομικότητα και περιβάλλον

Ο φαινότυπος λοιπόν εξαρτάται από το γονότυπο. Τα κουνέλια με γονότυπο αα έχουν κίτρινο υποδόριο λίπος, ενώ εκείνα με γονότυπο ΑΑ έχουν λευκό. Αν πάρουμε κουνέλια αα και από μικρά τα θρέψουμε με τέτοιες τροφές που να μην περιέχουν ξανθοφύλλες, θά 'χουν, όπως είναι επόμενο από όσα προηγούμενα είπαμε, λευκό υποδόριο λίπος. Ωστε το χρώμα του λίπους δεν εξαρτάται μόνο από το γονότυπο αλλά και από την τροφή, δηλαδή από έναν παράγοντα του περιβάλλοντος.

Η διαφορά όμως που υπάρχει μεταξύ των κουνελιών που έχουν γονότυπους ΑΑ και αα είναι η ακόλουθη: τα άτομα ΑΑ σε οποιοδήποτε περιβάλλον κι αν ζήσουν, αν δηλαδή τραφούν είτε με τροφή που περιέχει ξανθοφύλλες είτε με τροφή χωρίς ξανθοφύλλες, θά 'χουν λευκό υποδόριο λίπος, ενώ τα κουνέλια αα θά 'χουν κίτρινο υποδόριο λίπος στην πρώτη περίπτωση και λευκό στη δεύτερη.

Ο φαινότυπος λοιπόν εξαρτάται και καθορίζεται από δυο παράγοντες, τόν κληρονομικό (τό γονότυπο) και τόν περιβαλλοντικό. Αν γνωρίζουμε τους δυο αυτούς παράγοντες, γνωρίζουμε με ακρίβεια τό φαινότυπο.

Όπως για να χτιστεί ένας τοίχος χρειάζονται και δομικά υλικά (πέτρες κ.ἄ.) και εργασία, έτσι για να διαμορφωθεί ένας φαινότυπος χρειάζεται και ένας γονότυπος κι ένα περιβάλλον. Τοίχος χωρίς υλικά δε χτίστηκε ποτέ αλλά ούτε χτίστηκε και χωρίς εργασία. Φαινότυπος χωρίς γονότυπο δεν υπήρξε ούτε και χωρίς περιβάλλον.

Ο γονότυπος είναι εκείνος που δίνει στο άτομο τη δυνατότητα μέσα σε όρισμένες συνθήκες του περιβάλλοντος να αναπτύξει ένα όρισμένο φαινότυπο.

Η παχυσαρκία ή και το ύψος οφείλονται σε δύο παράγοντες: στην κληρονομική δομή του οργανισμού, αν δηλαδή έχει κανείς από τους γονείς του γόνους που να υποβοηθούν ή να παρεμποδίζουν την ανάπτυξη παχυσαρκίας ή ύψους, και σε περιβαλλοντικούς (πλούσια ή φτωχή διατροφή λ.χ.).

Από όσα ειπώθηκαν παραπάνω, ότι δηλαδή οι γόνοι επηρεάζουν το φαινότυπο ελέγχοντας τη σύνθεση των ενζύμων και των πρωτεϊνών και ότι ο φαινότυπος προέρχεται από αλληλεπίδραση γονότυπου και περιβάλλοντος, φαίνεται πώς οι γόνοι δεν είναι προσχηματισμένες μικρογραφίες οργάνων των γονέων. Το λευκό ύποδοριο λίπος δεν κληρονομείται, γιατί μέσα στους γαμέτες υπάρχει ένα μικροσκοπικό αντίγραφο λευκού λίπους που είναι ο γόνος. Αντίθετα ο γόνος είναι ένα τμήμα του γαμέτη που ελέγχει τη σύνθεση του ενζύμου που σπάει τις ξανθοφύλλες.

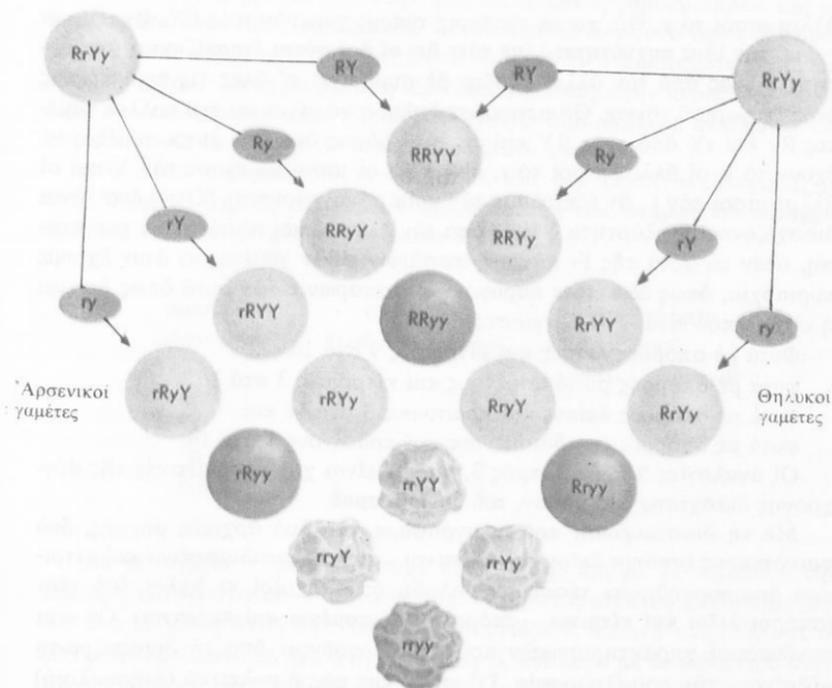
3.16 Διυβριδισμός.

Ο Μέντελ μελέτησε πώς κληρονομούνται έφτά διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του μπιζελιού (σπόρος λείος ή ρυτιδιασμένος, τό χρώμα του σπόρου, τό ύψος του φυτού κ.ά.). Όλα τά χαρακτηριστικά έδειχναν δύο διαφορετικούς φαινότυπους. Ο σπόρος λ.χ. μπορούσε να 'ναι σε όρισμένα φυτά λείος και σε άλλα ρυτιδιασμένος, τό χρώμα του σπόρου κίτρινο ή πράσινο. Μελετώντας κάθε χαρακτηριστικό χωριστά κατάλαβε πώς έφτά διαφορετικοί γόνοι έλεγχαν την κληρονομικότητα των έφτά χαρακτηριστικών. Κάθε γόνος καθόριζε ένα χαρακτηριστικό: κάθε γόνος είχε δύο αλληλόμορφους.

Ας ονομάσουμε τους αλληλόμορφους που καθορίζουν τό είδος της επιφάνειας του σπόρου R και r. Οί γονότυποι RR και Rr έχουν λείους σπόρους (κυριαρχία), ενώ ο γονότυπος rr ρυτιδιασμένος. Ένα φυτό Rr (λείοι σπόροι), αν αυτογονιμοποιηθεί, θά δώσει φυτά από τά όποια τό 1/4 θά είναι RR (λείοι σπόροι), τά 2/4 Rr (λείοι σπόροι) και τό 1/4 θά είναι rr (ρυτιδιασμένοι σπόροι). Δηλαδή τρία στά τέσσερα φυτά θά έχουν λείους σπόρους κι ένα στά τέσσερα ρυτιδιασμένους.

Τό ίδιο συμβαίνει και μέ τό χρώμα του σπόρου (κίτρινο-πράσινο) που ελέγχεται από άλλο γόνο μέ δύο αλληλόμορφους Y και y: τό κίτρινο χρώμα έχουν οι γονότυποι YY και Yy (κυριαρχία), ενώ τό πράσινο χρώμα ο γονότυπος yy.

Ο Μέντελ εξέτασε και την ακόλουθη περίπτωση: πώς συγχρόνως θά κληρονομηθούν δύο διαφορετικοί γόνοι, δηλαδή δύο διαφορετικά χαρα-



Εικόνα 62: Το άβακίο των γαμετικών συνδυασμών για να βρεθούν τα φυτά της F₂ στά μιξέλια στη διασταύρωση του διυβριδισμού που περιγράφεται στο κείμενο.

κτηριστικά, λ.χ. το είδος της επιφάνειας και το χρώμα του σπόρου. Αν δηλαδή διασταυρώσουμε φυτό RRyy (φυτό με λείους και πράσινους σπόρους) με ένα φυτό rrYY (φυτό με ρυτιδιασμένους και κίτρινους σπόρους) θα πάρουμε στην F₁ φυτά με γονότυπο RrYy, δηλαδή έτεροζυγωτά και για τόν γόνο R και για τό γόνο Y. Γιατί τό πρώτο φυτό θά κάνει γαμέτες Ry και τό δεύτερο rY. **Κάθε γαμέτης έχει ένα μόνο άλληλόμορφο από κάθε γόνο, από κάθε όμως γόνο:** έχει δηλαδή ένα άλληλόμορφο από τό γόνο R (είτε τόν R είτε τόν r) και **συγχρόνως** ένα άλληλόμορφο από τό γόνο Y (είτε τόν Y, είτε τόν y). Τό διπλό έτεροζυγωτό φυτό της F₁ θά έχει λείους και κίτρινους σπόρους άφου είναι RrYy.

Τώρα τί θά γίνει άν διασταυρωθούν μεταξύ τους δυό φυτά της F₁; 'Η λύση μās δίνεται άπό τήν εικόνα 62. Κάθε φυτό κάνει τέσσερα είδη γαμετών, δηλαδή όλους τούς δυνατούς συνδυασμούς γαμετών. Οί μισοί γαμέτες θά έχουν τό R και οί άλλοι μισοί τό r. Τό ίδιο οί μισοί γαμέτες τό Y και οί

άλλοι μισοί τό γ. Θά 'χουμε τέσσερις τύπους γαμετών τούς RY, Ry, rY και ry, **μέ τήν ίδια συχνότητα**: λέμε τότε ότι οί δύο γόνι διασχίζονται **ανεξάρτητα** ό ένας από τόν άλλο. (Τούτο δέ συμβαίνει σ' όλες τίς περιπτώσεις ενός ζευγαριού γόνων. Θά μπορούσε δηλαδή νά γίνονται πίο πολλοί γαμέτες Ry και rY από τούς RY και ry, συγχρόνως όμως οί μισοί γαμέτες νά έχουν τό R οί άλλοι μισοί τό r, ενώ πάλι οί μισοί νά έχουν τόν Y και οί άλλοι μισοί τόν γ, άν ξεετάζαμε τόν κάθε γόνο χωριστά). Όταν δύο γόνι διασχίζονται ανεξάρτητα ό ένας από τόν άλλο, όπως σ' αυτή τήν περίπτωση, όταν τά φυτά τής F₁ κάνουν τεσσάρων ειδών γαμέτες κι όταν έχουμε κυριαρχία, όπως εδω, τότε παράγονται τεσσάρων ειδών φυτά όπως δείχνει ή εικόνα πού είναι ένα πλαγιαστό άβάκιο.

Φυτά μέ σπόρους λειους και κίτρινους 9 στά 16

φυτά μέ σπόρους ρυτιδιασμένους και κίτρινους 3 στά 16

φυτά μέ σπόρους λειους και πράσινους 3 στά 16 και

φυτά μέ σπόρους ρυτιδιασμένους και πράσινους 1 στά 16.

Οί αναλογίες 9 πρós 3, πρós 3, πρós 1 είναι χαρακτηριστικές τής σύγχρονης διάσχισης δύο γόνων, του **διυβριδισμού**.

Μέ τή διασταύρωση πού περιγράψαμε από δύο άρχικές μορφές, δύο φαινότυπους (σπόροι λειοι και πράσινοι - σπόροι ρυτιδιασμένοι και κίτρινοι) δημιουργήθηκαν τέσσερις, δηλαδή δύο άρχικοι κι άλλοι δύο νέοι (σπόροι **λειοι και κίτρινοι** - σπόροι **ρυτιδιασμένοι και πράσινοι**). Οί νέοι συνδυασμοί χαρακτηριστικών πού δημιουργούνται από τή διασταύρωση αυξάινουν τήν ποικιλομορφία. Γι' αυτό λέμε πώς ή φυλετική (σεξουαλική) αναπαραγωγή αυξάινει τήν ποικιλομορφία στους πληθυσμούς.

3.17 Γόνος μέ τρεις άλληλόμορφους: Ομάδες αίματος ABO

Ένα κληρονομικό χαρακτηριστικό στόν άνθρωπο είναι και οί ομάδες αίματος ABO. Μπορούμε νά κατατάξουμε τούς ανθρώπους σέ τέσσερις ομάδες αίματος (άπλοποιώντας λίγο τήν κατάσταση): τήν O, τήν A, τή B και τήν AB. Είναι σημαντικό νά γνωρίζουμε σέ ποιά ομάδα αίματος ανήκει ένα άτομο, άν θέλουμε νά του κάνουμε μετάγγιση αίματος: όρισμένες μεταγγίσεις μπορεί νά 'χουν θανατηφόρα άποτελέσματα, έπειδή δημιουργούν θρόμβους αίματος πού φράζουν άγγεία του κυκλοφορικού συστήματος. Τό αίμα άποτελείται από κύτταρα (όπως είναι τά έρυθροκύτταρα, τά λευκά αίμοσφαίρια κ.ά.) και από τόν όρό. Τά έρυθροκύτταρα, όταν κολληθούν μεταξύ τους (**συγκόλληση**) σχηματίζουν τούς θρόμβους. Στίς μή επιτρεπές μεταγγίσεις ό σχηματισμός των θρόμβων πραγματοποιείται εξαιτίας τής αντίδράσεως των αντιγόνων πού ένώνονται μέ αντισώματα. Τά αντιγόνα και αντισώματα είναι όργανικές χημικές ένώσεις μέ μεγάλα μό-

ρια. Τά αντίγωνα βρίσκονται στην επιφάνεια τών ερυθροκυττάρων και τὰ αντίσωματα στον όρό του αίματος. Όποιοδήποτε αντίγονο όμως δέν ένώνεται μέ όποιοδήποτε αντίσωμα, ώστε νά άρχίσει ή διαδικασία σχηματισμού θρόμβου. Υπάρχει μεγάλη εξειδίκευση, όπως στην περίπτωση κλειδιών και κλειδωνιών: κάθε κλειδί δέν άνοίγει όποιοδήποτε κλειδωνιά και μία κλειδωνιά δέν άνοίγεται άπό όποιοδήποτε κλειδί.

Δυό ειδών αντίγωνα, τό Α και τό Β, και δυό ειδών αντίσωματα, τό άντι-Α και τό άντι-Β, επιτρέπουν τήν κατάταξη τών άτόμων σε τέσσερις κατηγορίες, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας.

όμάδα αίματος	άντιγωνα ερυθροκυττάρων		άντισώματα όρου	
	Α	Β	άντι-Α	άντι-Β
Ο	-	-	+	+
Α	+	-	-	+
Β	-	+	+	-
ΑΒ	+	+	-	-

Μέ τό σημείο + ύποδεικνύουμε τήν ύπαρξη και μέ τό σημείο - τήν έλλειψη του αντίγόνου ή αντίσώματος. Οί όμάδες αίματος χαρακτηρίζονται άπό τό είδος αντίγόνου τών ερυθροκυττάρων: κανένα στην Ο, και τά δυό στην ΑΒ, μόνο τό ένα στην Α ή στη Β, άνάλογα μέ τό είδος του αντίγόνου. Ό όρός κάθε άτόμου περιέχει τά αντίσωματα εκείνα πού δέν προκαλούν συγκόλληση στο άτομο. Έτσι τά άτομα τής όμάδας Α έχουν στον όρό τους άντι-Β, τά άτομα Β έχουν άντι-Α, τά άτομα Ο έχουν και άντι-Α και άντι-Β, ένω τά άτομα ΑΒ δέν έχουν κανένα άπό τά δυό αντίσωματα.

Όταν μεταγγίζουμε μεγάλη ποσότητα αίματος ή μετάγγιση μπορεί νά γίνει μέ ασφάλεια μόνο άν και τά δυό άτομα, ο δέκτης κι ο δότης, ανήκουν στην ίδια όμάδα αίματος. Τίς περισσότερες φορές κάνουμε και μία γρήγορη δοκιμασία μεταξύ τών αϊμάτων τους για νά ελέγξουμε πώς πραγματικά δέν πραγματοποιείται συγκόλληση (ή συγκόλληση όφείλεται κυρίως σε άσυμβατότητα όμάδων αίματος ΑΒΟ. μπορεί όμως νά όφείλεται και σε άλλου είδους όμάδες αίματος για τίς όποιες δέ μιλήσαμε). Άν ή ποσότητα αίματος πού μεταγγίζεται είναι μικρή, τότε έχουμε περισσότερους επιτρεπτούς συνδυασμούς μεταγγίσεων, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας. Μέ τό σημείο + δηλώνονται οί επιτρεπτές μεταγγίσεις και μέ τό - οί άσυμβατες και επικίνδυνες. Η άρχή έδω είναι ή άκόλουθη: Ό κίνδυνος προέρχεται άπό τή συγκόλληση τών ερυθροκυττάρων του δότη άπό τόν όρό του δέκτη. Λ.χ. ένας δότης Α πού τά ερυθροκύτταρά του έχουν αντίγονο Α δέν επιτρέ-

πεται νά δώσει αίμα σέ άτομο τής ομάδας Β πού ό όρός του περιέχει και άντι-Α.

Όμάδα αίματος δέκτη	Όμάδα αίματος δότη			
	O	A	B	AB
O	+	-	-	-
A	+	+	-	-
B	+	-	+	-
AB	+	+	+	+

Σ' αυτή τήν περίπτωση τά άτομα τής ομάδας O άποτελοϋν «γενικούς» δότες.

Οί ομάδες αίματος κληρονομοϋνται: ένας γόνος πού μπορεί νά βρίσκεται σέ τρεις διαφορετικές καταστάσεις, νά 'χει δηλαδή τρεις άλληλόμορφους, καθορίζει τήν ομάδα αίματος του άτόμου. Κάθε άτομο βέβαια έχει δυό μόνο άντίγραφα του γόνου, είτε όμοια (όμοζυγωτό), είτε διαφορετικά (έτεροζυγωτό). Έξετάζοντας όμως πολλά άτομα θά βρούμε πώς υπάρχουν τρεις άλληλόμορφοι του γόνου: οί περισσότεροι γόνοι βρίσκονται σέ παραπάνω από μία ή δυό καταστάσεις και ή περίπτωση του γόνου των ομάδων αίματος ABO μέ τρεις άλληλόμορφους δέν άποτελεί εξαίρεση. Οί τρεις αυτοί άλληλόμορφοι γράφονται έτσι: $I^A I^B$ και i . Τά άτομα τής ομάδας A μπορεί νά 'χουν γονότυπο είτε $I^A I^A$ είτε $I^A i$, τά άτομα τής ομάδας B μπορεί νά 'χουν γονότυπο είτε $I^B I^B$ είτε $I^B i$, τέλος τά άτομα τής ομάδας AB έχουν γονότυπο $I^A I^B$ και τής ομάδας O έχουν γονότυπο ii .

Μέ τή βοήθεια των ομάδων αίματος μπορεί νά δούμε κατά πόσο είναι δυνατό ένα όρισμένο παιδί νά προέρχεται από ένα όρισμένο πατέρα (έλεγχος πατρότητας): σ' αυτόν τόν έλεγχο ποτέ δέν μπορεί νά άποδειχτεί ότι ό πατέρας του είναι ένα συγκεκριμένο άτομο (άφου λ.χ. κι όποιοδήποτε άτομο τής ίδιας ομάδας θά 'χει παρόμοια παιδιά μέ μία όρισμένη μητέρα) αλλά σέ εύνοϊκές περιπτώσεις μπορεί νά άποδειχτεί ότι κάποιο άτομο δέν μπορεί νά 'ναι πατέρας ενός παιδιού. Μιά τέτοια περίπτωση είναι ή ακόλουθη: άν τό παιδί κι ή μητέρα είναι τής ομάδας O, κι ό ύποτιθέμενος πατέρας AB, τό άβάκιο δείχνει πώς μία διασταύρωση AB μέ O δίνει μόνο παιδιά ομάδας A και ομάδας B.

♂ \ ♀	i	i
I^A	$I^A i$	$I^A i$
I^B	$I^B i$	$I^B i$

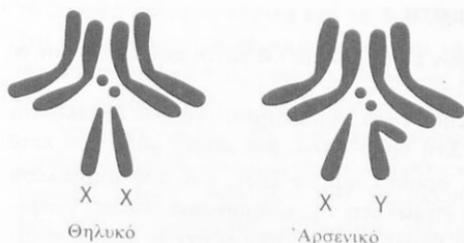
Δοκιμάστε μόνοι σας την περίπτωση τό παιδί νά 'ναι Α, ή μητέρα Α κι ο πατέρας Β (προσοχή υπάρχουν πολλές περιπτώσεις διασταυρώσεων $A \times B$ αφού τό Α μπορεί νά 'χει ένα από δύο διαφορετικούς γονότυπους, τό ίδιο και τό Β. Θά πρέπει νά κάνετε 4 άβάκια!).

3.18 'Η κληρονομικότητα τοῦ φύλου.

Τό φύλο, τό νά 'ναι ένα άτομο άρσενικό ή νά 'ναι θηλυκό, άποτελεί φαινοτυπικό χαρακτηριστικό. 'Αραγε κληρονομείται και, άν ναι, πώς;

'Από τή διασταύρωση άρσενικών μέ θηλυκά άτομα (πού είναι κι ή μόνη δυνατή στά είδη πού άποτελούνται από δύο διαφορετικά φύλα) παίρνουμε πάλι δύο ειδών άτομα άρσενικά και θηλυκά στην ίδια όμως αναλογία. Αυτή ή αναλογία, ένα προς ένα, μάς θυμίζει τίς αναλογίες πού παίρνουμε από τήν ανάδρομη διασταύρωση, όταν δηλαδή ένα άτομο έτεροζυγωτό ΚΛ διασταυρωθεί μ' ένα όμοζυγωτό ΛΛ. Γιατί από μία τέτοια διασταύρωση παίρνουμε δύο λογίων άτομα: τά μισά ΚΛ και τά άλλα μισά ΛΛ.

Θά μπορούσαμε νά υποθέσουμε πώς ή διαφορά τών δύο φύλων οφείλεται στο ότι τό ένα φύλο είναι «έτεροζυγωτό» για ένα «γόνο» και τό άλλο φύλο «όμοζυγωτό» γι' αυτόν τό «γόνο». Κάτι τέτοιο συμβαίνει, μόνο πού δέν πρόκειται για ένα άπλό γόνο αλλά για ένα ζευγάρι όμόλογα χρωμοσώματα. Παρατηρώντας τά χρωμοσώματα τών άρσενικών και τών θηλυ-



Εικόνα 63: Τά χρωμοσώματα τής θηλυκής (XX) και άρσενικής (XY) όρσοσίφιας.



Εικόνα 64: Τά φυλετικά χρωμοσώματα στον άνθρωπο (X και Y) ▶

κων δροσόφιλων βλέπουμε πώς διαφέρουν σ' ένα ζευγάρι. Το άρσενικό σ' αυτό το ζευγάρι έχει δυό άνόμοια χρωματοσώματα (νά λοιπόν πού έχουμε μία απόκλιση από τόν κανόνα ότι όλα τά χρωματοσώματα χωρίζονται σέ ζευγάρια όμοιων χρωματοσωμάτων). Αλλά τά χρωματοσώματα του άρσενικού τά όνομάζουμε XY. Τό θηλυκό έχει γι' αυτό τό ζευγάρι δυό όμοια χρωματοσώματα, είναι δηλαδή XX. Τά χρωματοσώματα αυτού του ζευγαριού όνομάζουμε **φυλετικά χρωματοσώματα**, γιατί καθορίζουν τό φύλο. Τό άρσενικό δηλαδή κάνει σέ σχέση με τά φυλετικά χρωματοσώματα δυό είδων γαμέτες: τούς μισούς γαμέτες με X και τούς άλλους μισούς με Y. Αντίθετα όλα τά ώάρια του θηλυκού έχουν μόνο από ένα X. "Όταν ένα σπερματοζώαριο πού έχει X ένωθει μ' ένα ώάριο (πού έχει πάντα X) θά δώσει ζυγωτό XX, δηλαδή θηλυκό. "Όταν ένα σπερματοζώαριο πού έχει Y ένωθει μ' ένα ώάριο (πού έχει πάντα X) θά δώσει ζυγωτό XY, δηλαδή άρσενικό. Νά λοιπόν πού τό φύλο στη δροσόφιλα καθορίζεται από τό σπερματοζώαριο. **Τό ίδιο συμβαίνει και γιά τόν άνθρωπο και γιά τά θηλαστικά.** Τά άτομα XX είναι θηλυκά ενώ όσα έχουν XY είναι άρσενικά.

Στά πουλιά και στίς πεταλούδες τά πράγματα είναι ανάποδα. Έδώ τό θηλυκό είναι «έτεροζυγωτό» γιά ένα χρωματοσώμα ενώ τό άρσενικό «όμοζυγωτό». Από όσα είπαμε έδώ γίνεται φανερή ή όμοιότητα συμπεριφοράς γόνων και χρωματοσωμάτων.

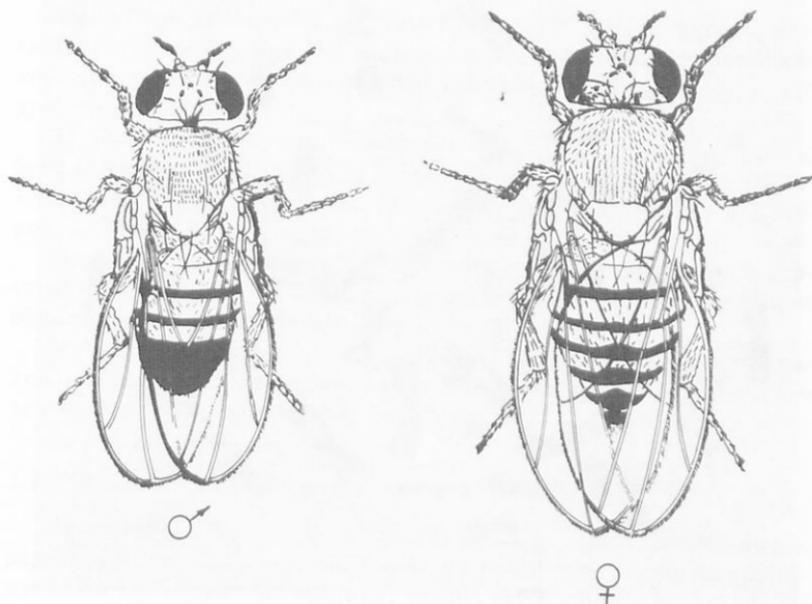
3.19 Γόνοι και χρωματοσώματα

Τά χαρακτηριστικά των άτόμων είναι πολλά. Οί γόνοι πού υπάρχουν σ' ένα άτομο είναι κι αυτοί πολλοί.

Στά μπιζέλια ό Μέντελ μελέτησε έφτά χαρακτηριστικά πού όφείλονται σέ έφτά διαφορετικούς γόνους. Στη δροσόφιλα, μία μικρή μύγα πού πετā γύρω από τό μούστο, τά σάπια φρούτα και τό ξύδι, και πού αποτέλεσε σπουδαίο πειραματικό ύλικό γιά τή μελέτη τής κληρονομικότητας, γνωρίζουμε πάνω από 1000 γόνους και υπολογίζουμε ότι υπάρχουν 10.000 περίπου διαφορετικοί γόνοι. Περισσότεροι (μερικές δεκάδες χιλιάδων) πρέπει νά υπάρχουν στον άνθρωπο. Τά κατώτερα όντα έχουν λιγότερους γόνους (οί ίοί έχουν μία δεκάδα ή λίγες δεκάδες γόνων). Κάθε γόνος έλέγχει μέσ στον όργανισμό μία όρισμένη χημική αντίδραση συνθέτοντας είτε μία δομική πρωτεΐνη ή ένα ένζυμο κι έτσι επηρεάζει τό φαινότυπο του όργανισμού.

Άλλά σέ ποιό μέρος των γαμετών βρίσκονται και από τί είναι φτιαγμένοι οί γόνοι;

Άς ξαναθυμηθούμε γιά λίγο τό τί είπαμε γιά τά χρωματοσώματα. Κάθε γαμέτης φέρνει ένα μόνο χρωματοσώμα από κάθε ζευγάρι όμόλογων, ενώ

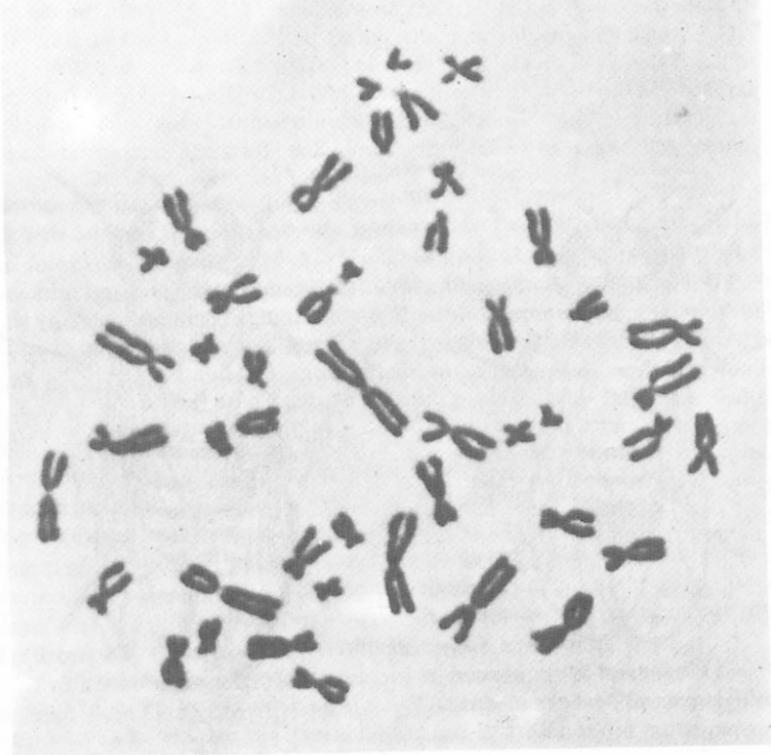


Εικόνα 65: Άρσενική και θηλυκή δροσόφιλα.

τό ζυγωτό κύτταρο φέρνει και τὰ δύο χρωματοσώματα κάθε ζευγαριού. Τό ἕνα προέρχεται ἀπό τή μητέρα του και τό ἄλλο ἀπό τόν πατέρα του. Ἔτσι συμβαίνει και μέ τούς γόνους: ὁ καθένας βρίσκεται σέ ὅλα τὰ κύτταρα δύο φορές, ἐκτός ἀπό τούς γαμέτες στούς ὁποίους βρίσκεται μιὰ φορά μόνο.

Ἐπίσης ὑπάρχει λοιπόν μιὰ ἀναλογία συμπεριφορᾶς στούς γόνους και στά χρωματοσώματα, ὁμοιότητα πού φάνηκε και ἀπό τή συμπεριφορά τῶν φυλετικῶν χρωματοσωμάτων. Μέ πολύπλοκα ἄλλα και ἐξαιρετικά ἀκριβή πειράματα ὁ ἀμερικανός καθηγητής τῆς ζωολογίας Μόργκαν (T.H. Morgan 1866-1945) κι ὁ μαθητής του Μπρίτζες (C. Bridges 1889-1938) ἀπόδειξαν, στίς ἀρχές τοῦ αἰῶνα μας, πῶς οἱ γόνοι βρίσκονται στά χρωματοσώματα. Κάθε χρωματόσωμα φέρνει ἕνα μεγάλο ἀριθμό γόνων στό μήκος τοῦ κάθε βραχιονά του. Δυό γόνοι πού διασχίζονται ἀνεξάρτητα ὁ ἕνας ἀπό τόν ἄλλο βρίσκονται σέ διαφορετικά χρωματοσώματα.

Τοῦτο μᾶς θυμίζει ἕνα μακρῷ σκοινί ὅπου ἔχουν δεθεῖ πολλοί κόμποι. Κάθε κόμπος δέ μετακινεῖται πάνω στό σκοινί, ἄλλα πιάνει μιὰ ὀρισμένη και ἀκριβή θέση. Ἔτσι γίνεται μέ τούς διάφορους γόνους στό χρωματόσωμα. Ἡ διαφοροποίηση τοῦ χρωματοσώματος εἶναι λοιπόν γραμμική, γίνεται δηλαδή στό μήκος τῶν βραχιόνων του.



Εικόνα 66: Τά χρωματοσώματα μίας γυναίκας. Κάθε χρωματόσωμα φαίνεται χωρισμένο κατά μήκος σε δύο χρωματίδες.



Εικόνα 67: Ο Τ.Η. Morgan κρατώντας το μικροσκόπιο του.

Τά όμόλογα χρωματοσώματα έχουν βραχίονες μέ τό ίδιο μήκος, τό κεντρόμερό τους κατέχει τήν ίδια θέση στό μήκος του χρωματοσώματος και κάθε γόνος κατέχει τήν ίδια άκριβώς καθορισμένη θέση στό μήκος του χρωματοσώματος.

Τά όμόλογα χρωματοσώματα φέρνουν τούς ίδιους γόνους. 'Ο γόνος όμως μπορεί στό ένα όμόλογο χρωματοσώμα νά παρουσιάζεται μ' έναν άλληλόμορφο και στό άλλο όμόλογο χρωματοσώμα μ' έναν άλλο άλληλόμορφο. Θά βρίσκεται όμως πάντα στήν καθορισμένη θέση.

Μέ όρισμένους είδους γενετικά πειράματα είναι δυνατό νά γίνει ή **χαρτογράφηση τών γόνων** πάνω στό χρωματοσώμα, νά καθοριστούν δηλαδή οί θέσεις κι οί άποστάσεις μεταξύ τους.

Μιά τέτοια χαρτογράφηση έχει γίνει για τά χρωματοσώματα του καλαμποκιού, τής δροσόφιλας και άλλων ειδών ζώων και φυτών και για ένα τουλάχιστο από τά χρωματοσώματα του ανθρώπου.

3.20 Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα

"Όπως είδαμε οί γόνοι βρίσκονται στά χρωματοσώματα. Δέν εξετάσαμε μέχρι τώρα τή συμπεριφορά τών γόνων που βρίσκονται σ' αυτά τά χρωματοσώματα που όνομάσαμε φυλετικά, δηλαδή δέν εξετάσαμε πώς κληρονομούνται στήν περίπτωση αυτή τά χαρακτηριστικά που αυτοί οί γόνοι έλέγχουν. Μιλήσαμε μόνο για γόνους που βρίσκονται στά άλλα χρωματοσώματα (αυτούς λ.χ. που έλέγχουν τό χρώμα τών λουλουδιών του δειλινού, τό χρώμα και τό σχήμα του σπόρου του μπιζελιού). Οί γόνοι που βρίσκονται στά φυλετικά χρωματοσώματα όνομάζονται **φυλοσύνδετοι**, γιατί ή κληρονομικότητά τους σχετίζεται μέ τό φύλο. Σ' ένα τέτοιο γόνο όφείλεται κι ό **δαλτωνισμός**, ή άδυναμία που έχουν μερικοί άνθρωποι νά ξεχωρίζουν όρισμένα χρώματα. 'Η εικόνα 55 δείχνει σε τί βασίζεται μία δοκιμασία (ένα τέστ) για νά ξεχωρίζουμε άν είναι κανείς δαλτωνικός. 'Ο γόνος του δαλτωνισμού έχει δυό άλληλόμορφους, τόν Δ (κυρίαρχο, κανονικό) και τόν δ (ύπολειπόμενο, του δαλτωνισμού). Βρίσκεται στό φυλετικό χρωματοσώμα X του ανθρώπου. Τό χρωματοσώμα Y δέν έχει τό γόνο αυτόν. 'Ετσι οί γυναίκες, που είναι XX, έχουν δυό τέτοιους γόνους, ένα στό κάθε X τους και μπορεί νά 'ναι ΔΔ (κανονικές, όμοζυγωτές) ή Δδ (κανονικές, έτεροζυγωτές) ή δδ (δαλτωνικές, όμοζυγωτές). Οί άνδρες όμως είναι XY, έχουν ένα μόνο X και έτσι έχουν μία μόνο φορά τό γόνο: είναι είτε Δ (κανονικοί), είτε δ (δαλτωνικοί). 'Η κληρονομικότητα του δαλτωνισμού συνδέεται μέ τήν κληρονομικότητα του χρωματοσώματος X. Μία γυναίκα Δδ θά παράγει δυό λογίων ώρια, τά μισά θά φέρουν τό X μέ τό Δ και τά άλλα μισά θά φέρουν τό X μέ τό δ. "Αν ό άντρας της έχει κανονική ίκανότητα ξεχωρί-

σματος των χρωμάτων, δηλαδή το X του φέρνει το Δ, το παρακάτω άβ-
κιο δείχνει τί παιδιά περιμένουμε νά γεννηθοῦν ἀπό αὐτό τό ζευγάρι και
μέ ποιές συχνότητες.

♀ σ	X^{Δ}	X^{δ}
X^{Δ}	$X^{\Delta}X^{\Delta}$ ♀ ΚΑΝΟΝΙΚΗ	$X^{\Delta}X^{\delta}$ ♀ ΚΑΝΟΝΙΚΗ
Y	$X^{\Delta}Y$ ♂ ΚΑΝΟΝΙΚΟΣ	$X^{\delta}Y$ ♂ ΔΑΛΤΩΝΙΚΟΣ

Όλα τά κορίτσια θά είναι κανονικά (τά μισά ὁμοζυγωτά ΔΔ, τά ἄλλα
μισά ἑτεροζυγωτά Δδ) καθώς και τά μισά ἀπό τά ἄγόρια (Δ), τά ἄλλα ὁμως
μισά ἄγόρια θά είναι δαλτωνικά (δ). Ὁ φαινότυπος ἐξαρτᾶται και ἀπό τό
φύλο (**φυλοσύνδετο χαρακτηριστικό**). Τά ἄγόρια παίρνουν τό Y ἀπό τόν
πατέρα τους και τό X ἀπό τή μητέρα τους; ἔτσι κληρονομοῦν μόνο ἀπό τή
μητέρα τους τό δαλτωνισμό ἢ τήν ἰκανότητα κανονικῆς μόνο ἀναγνωρί-
σεως των χρωμάτων. Ἀντίθετα τά κορίτσια παίρνουν ἕνα X ἀπό τόν πα-
τέρα τους και ἕνα X ἀπό τή μητέρα τους, κληρονομοῦν δηλαδή τό χαρακτη-
ριστικό αὐτό και ἀπό τούς δύο γονεῖς τους. Οἱ ἄντρες πού ἔχουν δαλτωνισμό
βρίσκονται σέ μεγαλύτερη συχνότητα (περίπου 0,06 ἢ 6%), γιατί ἄρκει τό
ἕνα τους μόνο X νά ἔχει τό δ. Ἀντίθετα οἱ γυναῖκες μέ δαλτωνισμό είναι
πιό σπάνιες; χρειάζεται νά βρεθοῦν δύο X πού και τά δύο τους νά ἔχουν τό
δ. Γι' αὐτό και ἡ συχνότητά τους ἰσοῦται μέ τό τετράγωνο τῆς συχνότητος
των ἀντρῶν = $(0,06)(0,06)$ ἢ $(0,06)^2 = 0,0036$ δηλαδή περίπου 4%.

Τέτοια φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά ὑπάρχουν πολλά. Στίς γάτες ὁ
καφετής ἢ μαῦρος χρωματισμός ἐλέγχεται ἀπό ἕνα γόνο μέ δύο ἀλληλό-
μορφους, τόν K και M ἀντίστοιχα, πού βρίσκεται στό χρωματόσωμα X. Οἱ
γάτοι είναι καφέ ἢ χρώματος μαῦρου, ἐνῶ οἱ γάτες μπορεί νά
είναι καφέ ἢ μαῦρες ἢ καφέ-μαῦρες (νά παρουσιάζουν δηλαδή κηλίδες
καφέ και κηλίδες μαῦρες). Αὐτές οἱ τελευταῖες είναι και οἱ ἑτεροζυγοῦτες.
Όλα τά γατιά μέ καφέ και μαῦρες κηλίδες είναι θηλυκά και μπορείτε μέ
ἀσφάλεια, γνωρίζοντάς το, νά κερδίσετε ἕνα στοίχημα μέ φίλο σας πού δέν
διάβασε τά φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά. Τό ἄσπρο χρῶμα ὀφείλεται σέ
ἄλλους γόνους πού παρεμποδίζουν τήν ἐκδήλωση τοῦ χρωματισμοῦ τοῦ
γόνου στό X. Ἄλλοι γόνοι πάλι κάνουν τό ζῶο τιγρωτό, ἔντονου ἢ ἀπαλοῦ
χρωματισμοῦ κ.ἄ.

Ἡ αἰμοφιλία (ἢ αἰμορροφιλία) στὸν ἄνθρωπο εἶναι κληρονομική, καί (τουλάχιστο ὀρισμένη μορφή της) φυλοσύνδετη. Πρόκειται γιὰ τὴν παθολογική κατάσταση νὰ μὴν μπορεῖ νὰ πήξει τὸ αἷμα κι οἱ πληγές νὰ αἰμορροοῦν. Ὁ γόνος τῆς αἰμοφιλίας ἔχει δυὸ ἀλληλόμορφους τὸν Α, κανονικό καὶ κυρίαρχο, καὶ τὸν α, τῆς αἰμοφιλίας καὶ ὑπολειπόμενο. Τὰ αἰμοφιλικὰ ἀγόρια κληρονόμησαν ἀπὸ τὴν ἑτεροζυγωτὴ μητέρα τους τὸ Χ μὲ τὸν ἀλληλόμορφο α. Παρόμοια κληρονομικότητα παρουσιάζει κι ἓνα πολὺ πιὸ συχνό χαρακτηριστικό, στὴ χώρα μας, ἀπὸ τὴ σπάνια αἰμοφιλία, πού ὁμως δὲν θὰ ἔπρεπε νὰ τὸ χαρακτηρίσουμε παθολογικό: ὁ κυμισμός. Πολλὰ ἄτομα, ἀγόρια κυρίως ἢ ἄντρες, ὅταν φᾶνε ἄβραστα κουκιά (ἢ ἔρθουν σὲ ἐπαφή μὲ ναφθαλίνη ἢ ἓνα ἀνθελονοσιακὸ φάρμακο, τὴν πριμακίνη) παθαίνουν σοβαρὰ αἰμολυτικὸ ἐπεισόδιο: τὰ ἐρυθρὰ τους αἰμοσφαίρια σπᾶνε καὶ ξεχύνεται στὸν ὀρό τοῦ αἵματος ἢ αἰμοσφαιρίνη. Μιά γρήγορη ἀφαιμαξία καὶ σύγχρονη μετάγγιση τὰ σώζει ἀπὸ τὸ θάνατο. Τὰ ἄτομα αὐτὰ ἔχουν ἓνα ὑπολειπόμενο ἀλληλόμορφο στὸ μοναδικὸ Χ τους, ἂν εἶναι ἀρσενικά, ἢ εἶναι ὁμοζυγωτὰ γιὰ τὸν ὑπολειπόμενο ἀλληλόμορφο, ἂν εἶναι θηλυκά. Ἐὰν ἀποφεύγουν τίς οὐσίες πού τούς προκαλοῦν αἰμολυτικὰ ἐπεισόδια εἶναι ὑγιέστατα καὶ ὑπάρχουν ἐνδείξεις ὅτι εἶναι καὶ ἀνθεκτικότερα στὴν ἔλνοσσία.

Γιὰ δυὸ ἄλλες παθολογικὲς κληρονομικὲς καταστάσεις, δυστυχῶς συχνές στὴ χώρα μας, ὄχι ὁμως φυλοσύνδετες, τὴ δρεπανοκυτταρική ἀναιμία καὶ τὴ θαλασσαιμία, πού κι αὐτὲς φαίνεται νὰ προσφέρουν μιὰ μεγαλύτερη ἀνθεκτικότητα στὴν ἔλνοσσία, θὰ ποῦμε λίγα λόγια στὴ Βελτίωση, § 4.17.

3.21 Γόνοι καὶ DNA

Τὰ χρωματοσώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτεΐνες καὶ ἓνα εἶδος νουκλεϊκοῦ ὀξέος πού, ὅπως ἔχουμε πεῖ, ὀνομάζεται DNA. Ἀπὸ ποιὰ χημικὴ οὐσία ἀποτελοῦνται οἱ γόνοι; **Οἱ γόνοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ DNA.**

Αὐτὸ ἀποκαλύφθηκε σὲ πειράματα μὲ βακτήρια: ὅταν ἓνα βακτήριο ἐνσωματώσει ἓνα κομμάτι DNA, πού προέρχεται ἀπὸ βακτήριο ἄλλης ποικιλίας, μπορεῖ ν' ἀλλάξει μερικὰ κληρονομικά του χαρακτηριστικά καὶ νὰ μοιάσει ἔτσι μὲ τὸ βακτήριο πού τοῦ ἔδωσε τὸ DNA. Τίς ἀλλαγμένες του ἰδιότητες μπορεῖ νὰ τίς μεταβιβάσει καὶ στὰ βακτήρια πού θὰ προέλθουν ἀπὸ αὐτό.

Κάθε μόριο DNA διαφέρει, ὅπως ἔχουμε πεῖ, ἀπὸ ἓνα ἄλλο ὄχι μόνο μὲ τὸ μήκος του ἀλλὰ καὶ μὲ τὴ σειρά διαδοχῆς τῶν τεσσάρων διαφορετικῶν νουκλεοτιδίων στὸ μήκος τῆς μιᾶς ἀλυσίδας του. Ἡ μεγάλη ποικιλία μορφῶν πού ἔτσι μπορεῖ νὰ πάρει τὸ μόριο τοῦ DNA ἐξηγεῖ πῶς εἶναι δυνατό

δλοι οί γόννοι κι όλοι οί άλληλόμορφοί τους νά αποτελούνται από DNA.

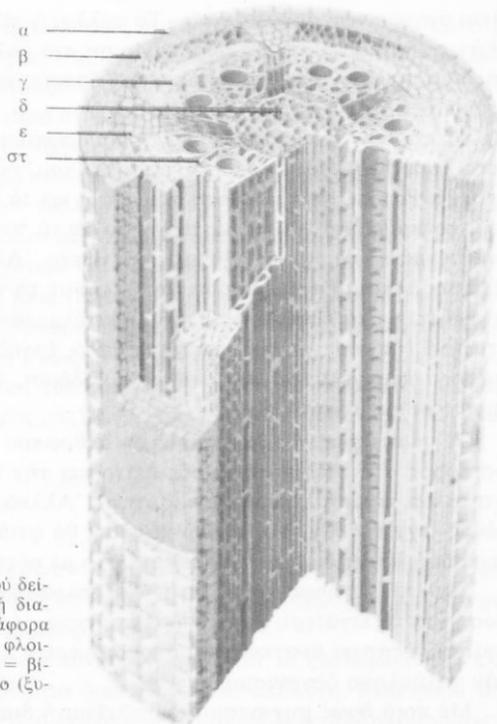
"Όπως καί τά χρωματοσώματα, έτσι καί τό DNA πού περιέχουν, πολλαπλασιάζεται, δηλαδή διπλασιάζεται σέ αριθμό, μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση. Κάθε γόννος περιέχεται σ' ένα μέρος ενός χρωματοσώματος, γι' αυτό κάθε κύτταρο του οργανισμού, εκτός από τούς γαμέτες, περιέχει δυό φορές κάθε γόνο. Κάθε διπλοειδές κύτταρο του ατόμου έχει τόν ίδιο γονότυπο μέ όλα τά άλλα διπλοειδή κύτταρα του ίδιου οργανισμού. Καί τούτο γιατί οί γόννοι είναι σταθεροί. Δέν αλλάζουν κατάσταση σέ κάθε κυτταρική διαίρεση. "Αν οί γόννοι δέν ήσαν σταθεροί, δέ θά μπορούσαμε νά παρατηρήσουμε ούτε τό φαινόμενο της διάσχισης ούτε καν τό φαινόμενο της κληρονομικότητας.

Ό γόννος λοιπόν συμπεριφέρεται σαν μονάδα, είναι σταθερός καί κατέχει όρισμένη θέση σέ ένα χρωματόσωμα. Μπορεί νά διπλασιάζεται, όπως τό χρωματόσωμα πάνω στό όποιο βρίσκεται, γιατί αποτελείται από DNA πού έχει τήν ικανότητα νά διπλασιάζεται. Διπλασιάζεται μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση (φάση S της πυρηνικής άκινησίας), αλλά τό είδος του παραμένει τό ίδιο, σταθερό. Κάθε γόννος δίνει παρόμοιους γόννους, κάθε άλληλόμορφος δίνει ίδιους άλληλόμορφους. Τέλος ό γόννος επηρεάζει τό φαινότυπο συνθέτοντας μιά πρωτεΐνη ή ένα ένζυμο. Στο δεύτερο κεφάλαιο είδαμε πώς τό DNA, δηλαδή ό γόννος, παρέχει τή μήτρα πάνω στην όποία γίνεται ή σύνθεση των πρωτεϊνών. Τώρα συγκεκριαλιώνοντας μπορούμε νά πούμε: "Η γενετική πληροφορία πού έχουν μέσα τους οί γόννοι, καί πού ύλοποιείται στην άποτύπωση των χαρακτηριστικών του οργανισμού, βρίσκεται στην σειρά άλληλουχίας των βάσεων του DNA. "Η σειρά αυτή καθορίζει τή σύνθεση των πρωτεϊνών (δηλαδή τή σειρά της άλληλουχίας των άμινοξέων) καί μάλιστα σέ τρόπο πού μιά όρισμένη ομάδα από 3 βάσεις νά σημαίνει ένα όρισμένο άμινοξύ.

3.22 "Η διαφοροποίηση

Μέ διαδοχικές διαιρέσεις του τό ζυγωτό κύτταρο φτιάχνει τά κύτταρα του οργανισμού. "Η **Έμβρυολογία** είναι ό κλάδος της Βιολογίας πού εξετάζει τά έμβρυακά στάδια της ζωής του οργανισμού, πώς δηλαδή από τό ζυγωτό κύτταρο κατασκευάζεται ό οργανισμός. Τίς πιο θεαματικές της προόδους τίς έχει κάνει στην μελέτη των ζώων, άσπόνδυλων ή σπονδυλωτών.

Γι' αυτά τά ζώα γνωρίζουμε πώς τό ζυγωτό κύτταρο μέ πολλές διαδοχικές διαιρέσεις φτάνει στα στάδια του **μορίδιου** πρώτα, του **βλαστίδιου** μετά: φαίνεται σαν μιά στρογγυλή μάζα πού αποτελείται από πολλά κύτταρα. Μετά από αυτά τά στάδια καί ενώ συνεχίζονται οί κυτταρικές διαιρέσεις άρχίζει μιά σειρά μετατοπίσεων των κυττάρων (στάδιο του **γαστρίδιου**) πού



Εικόνα 68: Μία τομή βλαστού που δείχνει (με τὰ διάφορα χρώματα) τὴ διαφοροποίηση τῶν κυττάρων σὲ διάφορα εἶδη ἰστῶν: α = ἐπιδερμίδα, β = φλοιός, γ = κάμβιο, δ = ἐντεριῶν, ε = βίβλος (ἠθμώδης μοῖρα), στ = ξύλο (ξύλωδης μοῖρα).

καταλήγει νά ἀποκτήσει ὁ ὄργανισμός τρεῖς στοιβάδες κυττάρων, τρία δέρματα: τὸ **ἐκτόδερμα**, τὸ **μεσόδερμα**, καὶ τὸ **ἐνδόδερμα**. Ἀπὸ αὐτὰ τὰ τρία δέρματα σχηματίζονται οἱ διάφοροι ἱστοί καὶ τὰ ὄργανα τοῦ ὄργανισμοῦ. Γιατί ὁ πολυκύτταρος ὄργανισμός δέν ἀποτελεῖ μιά ἀπλή συνάθροιση τῶν κυττάρων. Τὰ κύτταρά του χωρίζονται σὲ ὁμάδες καὶ κάθε ὁμάδα ἐκτελεῖ ὀρισμένη ἐργασία, ὀρισμένη λειτουργία. Ὑπάρχει διαχωρισμός ἐργασίας, **διαφοροποίηση**. Τὰ κύτταρα πού ἐκτελοῦν ὀρισμένη λειτουργία ἀναπτύσσονται ὀρισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Ἐνα κύτταρο πού ἔχει γιὰ σκοπὸ τῆς ὑπάρξεώς του τὴν παραγωγή ὀρισμένης οὐσίας λ.χ. μιᾶς ὀρμόνης, ἀναπτύσσει περισσότερο ἐκεῖνα τὰ ὄργανα πού τοῦ χρειάζονται γιὰ τὴν παραγωγή της. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο ἀλλάζει καὶ ἡ μορφή του. Οἱ ὁμάδες τῶν κυττάρων πού ἐκτελοῦν τὴν ἴδια ἢ τὶς ἴδιες λειτουργίες καὶ πού ἔχουν τὴν ἴδια μὀρφολογία, ὀνομάζονται ἱστοί. Τὰ ὄργανα εἶναι τμήματα τῶν πολυκύτταρων ὄργανισμῶν, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς ἱστοὺς καὶ ἐκτελοῦν μιά πολύπλοκη ἐργασία. Τὸ σπυρίδι, ἡ καρδιά, τὰ ἔντερα, τὸ μάτι

είναι όργανα τών σπονδυλωτών. Τά φύλλα, ή ρίζα είναι όργανα τών φυτών. Οί λειτουργίες του όργανισμού γίνονται πιό καλά, πιό άποτελεσματικά μέ τή διαφοροποίηση τών κυττάρων sé ιστούς και τή συνάθροιση πολλών ιστών sé όργανα.

"Ας πάρουμε σάν παράδειγμα τήν ανθρώπινη κοινωνία. Στους πρωτόγονους λαούς τό κάθε άτομο κάνει, μόνο του, όσες περισσότερες εργασίες μπορεί. Ψάχνει γιά τήν τροφή του, φτιάχνει τά ρούχα του, στήνει τό σπίτι του, πολεμάει γιά νά υπερασπίσει τόν έαυτό του και τούς δικούς του. Στίς αναπτυγμένες κοινωνίες γίνεται τό αντίθετο. "Άλλοι άσχολούνται μέ τή διοίκηση, άλλοι μέ τήν εκπαίδευση, άλλοι μέ τή γεωργία, τήν ιατρική, μέ τά φάρμακα, μέ τό έμπόριο κτλ. Τά επαγγέλματα έχουν διαχωριστεί. Γιά νά φτιαχτεί ένα σπίτι και γιά νά γίνει καλό, εργάζονται πολλοί άνθρωποι μέ διάφορα επαγγέλματα: εργολάβοι, οικόδομοι, ήλεκτρολόγοι, υδραυλικοί, μαραγκοί και τόσοι άλλοι.

Οί άπαιτήσεις του πολιτισμένου ανθρώπου είναι πιό μεγάλες. "Ο διαφορισμός στά επαγγέλματα μάς επιτρέπει τήν καλύτερη άπόδοση sé ποιότητα και τή μεγαλύτερη sé ποσότητα. "Άλλιώς θά άποδώσει ένας ειδικευμένος τεχνίτης λ.χ. στά κεραμικά είδη: θά φτιάξει καλύτερα και περισσότερα άπό έναν πού δέν άσχολείται μόνο μέ αυτή τήν τέχνη.

"Έτσι και ή διαφοροποίηση τών κυττάρων επιτρέπει τήν καλύτερη άπόδοση και τή λιγότερη σπατάλη sé ενέργεια. "Άλλά, όταν υπάρχει διαφοροποίηση, υπάρχει αναγκαστικά άνομοιομέρεια και όργάνωση, sé όλόκληρο τόν πολύπλοκο όργανισμό.

Μέ ποιό όμως μηχανισμό συντελείται ή διαφοροποίηση; Αυτό τό έρώτημα μάς φέρνει πίσω στίς θεωρίες του προσχηματισμού και τής επίγένεσης. Γνωρίζουμε τώρα πώς όλη ή πορεία ανάπτυξεως του πολκύτταρου όργανισμού καθορίζεται άπό τούς γόνους. Οί γόνοι δέν είναι μικροσκοπικά όμοιώματα όργάνων, ιστών, χαρακτηριστικών άλλα σταθμοί έλέγχου τής λειτουργίας του όργανισμού και τής πορείας τής ανάπτυξεώς του. Sé τελική άνάλυση φτιάχνουν ένζυμα, κλειδιά τών αντιδράσεων του μεταβολισμού. Χωρίς ένζυμα οί περισσότερες άπό τίς χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού δέν πραγματοποιούνται. Οί γόνοι άποτελούν «τό πρόγραμμα» ή «τό σχέδιο» τής ανάπτυξεως του όργανισμού. "Έτσι τούς δνόμασε ένας μεγάλος βιολόγος. Οί γόνοι μπορούν και νά διπλασιάζονται κι έτσι γιά τή σημερινή βιολογία δέν υπάρχει τό πρόβλημα πού είχαν οί παλιοί έρευνητές.

"Υπάρχει όμως τό πρόβλημα γιά τή διαφοροποίηση. Τώρα μόλις αρχίζουμε νά γνωρίζουμε άρκετά γιά τό μηχανισμό της πού και σ' αυτόν οί γόνοι παίζουν τόν κύριο ρόλο. Τό κύτταρο πού επιτελεί όρισμένη λειτουργία αλλάζει μορφολογικά άλλα κυρίως **βιοχημικά**. Στο κύτταρο αυτό γίνον-

ται διαφορετικές χημικές αντιδράσεις απ' ό,τι γίνονται σέ άλλο κύτταρο πού επιτελεί άλλη λειτουργία. Παράγονται άλλες ουσίες. **Ύπάρχουν άλλα ένζυμα.** Όρισμένοι γόνοι «μιλούν», δηλαδή «παράγουν» πρωτεΐνες σέ όρισμένα κύτταρα, ένθ σέ κύτταρα άλλων ίστων δέ «μιλούν» αύτοί αλλά άλλοι γόνοι. Κάθε κύτταρο, μέ τόν άκριβή μηχανισμό τής μιτωτικής διαιρέσεως έχει τά ίδια άκριβώς χρωματοσώματα και τούς ίδιους άκριβώς γόνους μ' όποιοδήποτε άλλο κύτταρο του όργανισμού, (έκτός από τούς γαμέτες). Όμως σ' όλα τά κύτταρα όλοι οί γόνοι δέ λειτουργούν τό ίδιο. Ό διαφορετική «λειτουργία» τών γόνων σέ κύτταρα διάφορων ίστων είναι και ή αίτία τής διαφοροποίησής τους. Τό πώς γίνεται γόνοι άλλοτε νά «λειτουργούν» κι άλλοτε όχι δέν ξέρουμε ακόμα μέ κάθε λεπτομέρεια, τό δρόμο όμως γιά μιá τέτοια γνώση άνοιξαν οί έργασίες τών τριών γάλλων βιολόγων του Όνστιτούτου Pasteur, του Ζάκ Μονό (J. Monod 1910-1976), Ζακόμπ (F. Jacob 1920 – ζει στίς μέρες μας) και Λβόφ (A. Lwoff 1902 – ζει στίς μέρες μας).

3.23 Ό Μετάλλαξη

Είπαμε ότι οί γόνοι διακρίνονται γιά τή σταθερότητά τους. Κάθε άλληλόμορφος, όταν διπλασιάζεται σέ κάθε κυτταρική διαίρεση, δίνει γέννηση σέ δυό άλληλόμορφους δλόιδιους μέ τόν έαυτό του.

Όκριβώς στή σταθερότητα αύτή όφείλεται και τό φαινόμενο τής κληρονομικότητας. Ό σταθερότητα όμως δέν είναι άπόλυτη. Μιά φορά στίς έκατό χιλιάδες ή μιá φορά στό έκατομμύριο μπορεί ένας άλληλόμορφος νά δώσει κατά τόν πολλαπλασιασμό του ένα διαφορετικό, έναν καινούργιο άλληλόμορφο. Μπορεί δηλαδή τό DNA νά μήν είναι τό ίδιο άκριβώς μέ τό άρχικό, νά έχει γίνει κάποιος λάθος στήν άντιγραφή του. Πρόκειται γιά τό φαινόμενο τής **μετάλλαξης**.

Τρεις φορές π.χ. παρατηρήθηκε στίς έκτροφές άλεπούδων γιά γούνες ότι γεννήθηκαν άτομα μέ χρώμα άσπρο (πλατίνας) από άτομα μέ διαφορετικό χρώμα. Πιστοποιήθηκε πώς επρόκειτο γιά μετάλλαξη. Στή μετάλλαξη όφείλεται και ή δημιουργία προβάτων μέ κοντά πόδια.

Σέ τελική άνάλυση όλη ή κληρονομική ποικιλομορφία πού ύπάρχει στους πληθυσμούς προέρχεται από τή μετάλλαξη και άνασυνδύαζεται μέ τή φυλετική άναπαραγωγή.

Διακρίνουμε δυό είδη μετάλλαξης: τή φυσική, πού συμβαίνει χωρίς νά επεμβαίνει ό άνθρωπος και πού έχει συχνότητα πολύ μικρή (δπως άναφέραμε πρίν) και τήν τεχνητή, πού προκαλείται από διάφορους παράγοντες φυσικούς ή χημικούς, πού ό άνθρωπος χρησιμοποιεί γιά νά αλλάξει τή δομή του DNA επιδρώντας πάνω του.



Οι ακτίνες Χ (Ραϊντγκεν) των ακτινολόγων, ή ραδιενέργεια, οι υπεριώδεις ακτίνες και διάφορες χημικές ουσίες προκαλούν μεταλλάξεις με μεγάλη συχνότητα. Στη μετάλλαξη ή αλλαγή των αλληλόμορφων είναι τυχαία. Τα άτομα που έχουν καινούργιους αλληλόμορφους δέν είναι κατ' ανάγκη καλύτερα προσαρμοσμένα από τα άλλα άτομα. Τό γεγονός είναι τελείως τυχαίο, οι αλλαγές είναι τυχαίες.

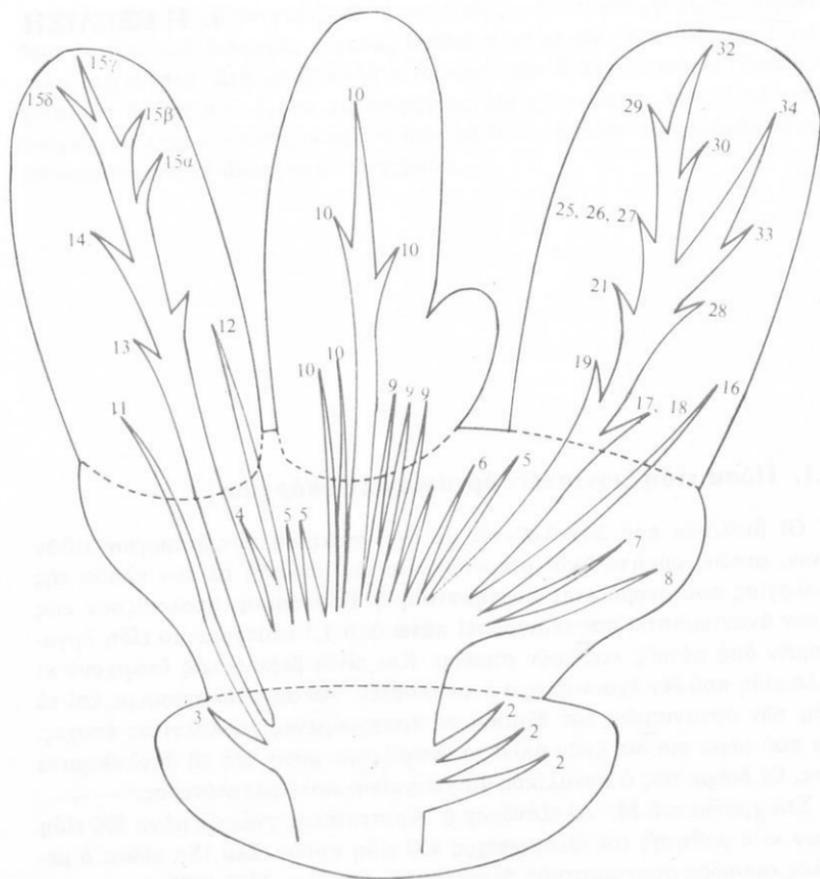
4. Η ΕΞΕΛΙΞΗ

4.1. Πόσα είδη ζωντανών οργανισμών υπάρχουν;

Οί βιολόγοι που ασχολούνται με την κατάταξη των διάφορων ειδών ζώων, φυτών, μυκήτων και μικροοργανισμών, δηλαδή με τον κλάδο της Βιολογίας που ονομάζεται **Συστηματική** ή **Ταξινομική**, υπολογίζουν πώς έχουν αναγνωριστεί και περιγραφεί πάνω από 1,5 εκατομμύριο είδη οργανισμών από αυτούς που ζουν σήμερα. Και είναι βέβαιο πώς υπάρχουν κι άλλα είδη που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφτεί. "Αν συνυπολογίσουμε και τα είδη των οργανισμών που έζησαν σε προηγούμενες γεωλογικές εποχές, και που τώρα πιά δεν ζουν αλλά τα γνωρίζουμε μόνο από τα απολιθώματά τους, θα δούμε πώς ο συνολικός αριθμός είναι πολύ μεγαλύτερος.

Στά χρόνια του Μ. 'Αλεξάνδρου ο 'Αριστοτέλης γνώριζε μόνο 500 είδη ζώων κι ο μαθητής του Θεόφραστος 450 είδη φυτών. Στο 18ο αιώνα ο μεγάλος σουηδός συστηματικός Λινναίος (C. Linnaeus 1707-1778) περιέγραψε 4000 είδη ζώων και 7000 είδη φυτών. Αυτοί οί αριθμοί μās φαίνονται βέβαια άσήμαντοι μπροστά στά 1.443.445 είδη που αναφέρει ο Πίνακας 4.1. 'Ο Πίνακας αναφέρει τούς αριθμούς των ειδών κατά μεγάλες ομάδες, σύμφωνα με τίς νεώτερες αντιλήψεις της ταξινομήσεως: Δέ χωρίζονται πιά τά ζωντανά όντα σε δύο βασίλεια (των Ζώων και των Φυτών) αλλά σε πέντε:

- στό Βασίλειο των **Μονήρων** (πού συμπεριλαμβάνει τούς προκαρυωτικούς οργανισμούς, ιούς, βακτήρια και Κυανοφύκη).
- στό Βασίλειο των **Πρωτίστων** (πού συμπεριλαμβάνει όλα τά άλλα μονοκύτταρα όντα, όπως είναι τά Πρωτόζωα).
- στό Βασίλειο των **Μυκήτων** (πού συμπεριλαμβάνει τά γνωστά μας μανιτάρια, τίς μούχλες και τούς ζυμομύκητες).



Εικόνα 69: Το φυλογενετικό δέντρο. Οί αριθμοί αντίστοιχούν σέ ταξινομικές ομάδες που αναφέρονται στό Παράρτημα Β. (2 = Βακτήρια, 3 = Κυανοφυκή, 4 = Μαστιγοφόρα, 5 = Διάτομα, 6 = Σποροζώα, 7 = Ριζόποδα, 8 = Βλεφαριδοφόρα, 9 = Μυξομύκητες, 10 = Μυκητες, 11 = Ροδοφυκή, 12 = Φαιοφυκή, 13 = Χλωροφυκή, 14 = Βρυόφυτα, 15 = Τραχεόφυτα, 15α = Φτέρες, 15β = Γυμνόσπερμα, 15γ = Δικοτυλήδονα, 15δ = Μονοκοτυλήδονα, 16 = Σπόγγοι, 17 = Κουλεντερωτά, 18 = Κτενοφόρα, 19 = Πλατυέλμινθες, 21 = Νηματώδεις, 25 = Βρυόζωα, 26 = Βρυοζόοδα, 27 = Φορωνιδοειδή, 28 = Χαιτόγναθα, 29 = Μαλάκια, 30 = Δακτυλιοσκόκληκες, 32 = Ἀρθρόποδα, 33 = Ἐχινόδερμα, 34 = Χορδωτά). Οί ομάδες φαίνονται χωρισμένες μέ μαύρες γραμμές στά 5 Βασιλεία. Οί οί δέν αναφέρονται, γιατί είναι άγνωστη ἡ ακριβής συγγενική τους σχέση.

Πίνακας 4.1

Πόσα είδη ζωντανών οργανισμών υπάρχουν σήμερα.

1. Βασίλειο Μονήρων (= Προκαρυωτικών), Monera	
1.1 Κυανοφύκη	1.400
1.2 Βακτήρια	1.630
1.3 Ιοί	200
Σύνολο	<u>3.230</u>
2. Βασίλειο Πρωτίστων, Protista	
Σύνολο	28.350
3. Βασίλειο Μυκήτων, Fungi	
3.1 Μύκητες	40.000
3.2 Μυξομύκητες	400
Σύνολο	<u>40.400</u>
4. Βασίλειο Φυτών, Plantae	
4.1 Άγγειόσπερμα	286.000
4.2 Γυμνόσπερμα	640
4.3 Πτεριδόφυτα	10.000
4.4 Βρυόφυτα	23.000
4.5 Χλωροφύκη	5.275
4.6 Ροδοφύκη	2.500
4.7 Φαιοφύκη	900
Σύνολο	<u>328.315</u>
5. Βασίλειο Ζώων, Animalia	
5.1 Σπονδυλωτά	41.700
5.2 Χιτωνόζωα και Προχορδωτά	1.300
5.3 Έχινόδερμα	6.000
5.4 Μαλάκια	107.000
5.5 Άρθρόποδα	838.000
5.6 Δακτυλιοσκάληκες	8.500
5.7 Βρυόζωα	3.750
5.8 Νηματώδεις	11.000
5.9 Τροχόζωα	1.500
5.10 Νεμερτίνοι	800
5.11 Πλατυέλμινθες	12.700
5.12 Κοιλεντερωτά	5.300
5.13 Σπόγγοι	4.800
5.14 Μικρότερα Φύλα	800
Σύνολο	<u>1.043.150</u>
Γενικό Σύνολο	1.443.445

- στο Βασίλειο των **Φυτών** (μέ τά διάφορα άλλα φύκη, βρύα, φτέρες, κω-νοφόρα, μονοκοτυλήδονα, δικοτυλήδονα).
- και στο Βασίλειο των **Ζώων** (μέ τούς σπόγγους, τά κοράλια, τά διά-φορα είδη ἐλμίνθων (= σκωλήκων), τά ἐχινόδερμα, τά μαλάκια, τά ἀρ-θρόποδα, τά σπονδυλωτά, κ.ἄ.).

Πάνω ἀπό τά μισά ζωντανά είδη εἶναι Ἄρθρόποδα. Καί στά Ἄρθρό-ποδα τά Ἔντομα ἀποτελοῦν τή μέγιστη πλειοψηφία. Μιά τάξη Ἐντόμων, τά σκαθάρια (Κολεόπτερα) εἶναι καί ἡ πολυπληθέστερη τάξη τῶν ζωντα-νῶν ὀργανισμῶν μέ 300.000 είδη τουλάχιστο. Ἀκολουθοῦν οἱ πεταλοῦδες, τά Ὑμενόπτερα κι οἱ μύγες.

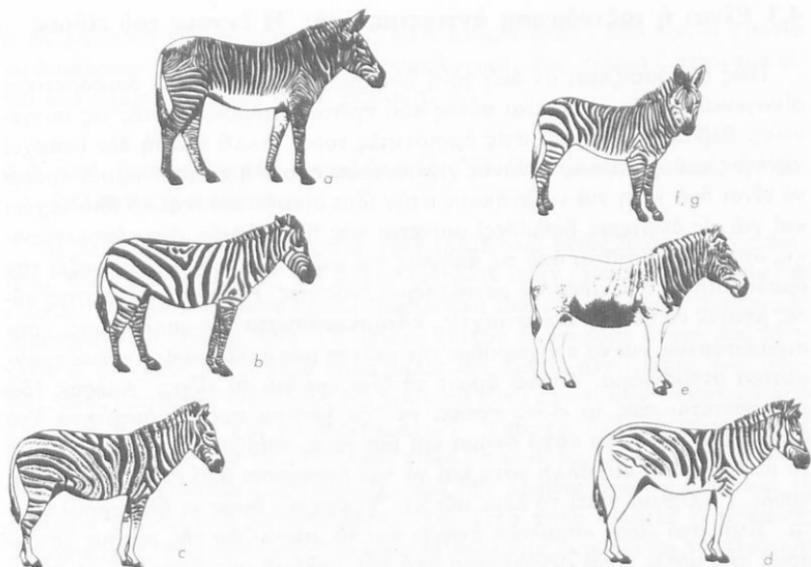
Ὑπάρχουν λοιπόν πάρα πολλά είδη ὀργανισμῶν. Καί, ὅπως εἶδαμε πρῖν, ἀκόμα καί τά ἄτομα πού ἀνήκουν σ' ἓνα εἶδος δέν εἶναι ἀπόλυτα ὁμοια μεταξύ τους. Νά δύο πολύ βασικές καί ἀξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

4.2. Λίγα λόγια γιά τήν ταξινόμηση

Ἡ ταξινόμηση κάθε λογῆς ἀντικειμένων σέ ὁμάδες εἶναι μία ἀνάγκη. Ὁ μέγας ἀριθμός τους πολλές φορές προκαλεῖ σύγχυση ἐνῶ μέ τό χῶρι-σμά τους σέ ὁμάδες ὁμοίων ἀντικειμένων γίνεται δυνατή εὐκολότερα ἡ γνώση τους. Αὐτό ἰσχύει καί γιά τά ζωντανά ὄντα. Ἀπό παλιά ὁ ἄνθρωπος κατατάσσε τούς διάφορους σκύλους σέ μία κατηγορία: τοῦ σκύλου. Τίς γάτες σέ ἄλλη κατηγορία κ.ο.κ. Ἔτσι ἡ ἔννοια τοῦ εἶδους μᾶς φαίνεται σάν μία φυσική ἔννοια. Τά ζωντανά ὄντα χωρίζονται σέ είδη καί τά ἄτομα τοῦ ἴδιου εἶδους μοιάζουν μορφολογικά μεταξύ τους, φέρνουν τά ἴδια γενικά χαρακτηριστικά τοῦ εἶδους, ἐνῶ τά ἄτομα πού ἀνήκουν σέ διαφορετικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους. Τά κριτήρια λοιπόν τῆς κατατάξεως εἶναι μορφολογικά, ἀναφέρονται δηλαδή κυρίως στήν ὁμοιότητα τῆς ἐξωτερικῆς μορφῆς.

Τά διάφορα είδη, πάλι, μποροῦν ν' ἀποτελέσουν μεγαλύτερες ὁμάδες.

Εἶδη πού μοιάζουν μεταξύ τους ὅπως ὁ σκύλος, τό τσακάλι κι ὁ λύκος μποροῦν νά καταγοῦν στό ἴδιο γένος. Ἄλλωστε κάθε εἶδος ὀνοματίζεται λατινικά (αὐτό εἶναι τό ἐπίσημο ἐπιστημονικό του ὄνομα) μέ δύο λέξεις: πρῶτα τό ὄνομα τοῦ γένους καί μετά τό ὄνομα τοῦ εἶδους. Ὁ ἄνθρωπος ὀνομάζεται *Homo sapiens* πού σημαίνει Ἄνθρωπος ὁ σοφός, τό καλαμπόκι *Zea mais* κ.ο.κ. Διάφορα γένη μποροῦν νά ἀποτελοῦν μία εὐρύτερη ἐνότητα τήν **οἰκογένεια**. Ἔτσι οἱ σκύλοι, τά τσακάλια, οἱ λύκοι, οἱ ἀλεπούδες καί ἄλλα ζῶα ἀνήκουν στήν οἰκογένεια τῶν CANIDAE. Μιά ἢ περισσότερες οἰκογένειες ἀποτελοῦν μία **τάξη**. Ἡ οἰκογένεια τῶν σκύλων, ἡ οἰκογένεια τῶν γάτων, ἡ οἰκογένεια τῶν ἀρκοῦδων καί ἄλλες φτιάχνουν τήν τάξη τῶν **Σαρκοφάγων** (CARNIVORA). Πάνω ἀπό τίς τάξεις εἶναι ἡ **ὀμοταξία**, πῶ



Εικόνα 70: Τα διάφορα είδη ζέβρας ξεχωρίζουν μορφολογικά και από το μέγεθός τους και από τις γραμμώσεις τους. a. *Equus grevyi*, b, c και d. *Equus burchelli*, e. *Equus quagga*, f, και g. *Equus zebra*. Το δεύτερο είδος περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές φυλές. Άλλα και κάθε άτομο έχει γραμμώσεις που το χαρακτηρίζουν άτομικά (όπως στον άνθρωπο τα δαχτυλικά αποτυπώματα).

πάνω ή **Συνομοταξία** ή **Φύλο** και τέλος το **Βασίλειο**. Σ' αυτήν την ιεραρχική κατάταξη κάθε μεγαλύτερη ένότητα περιλαμβάνει, κάτω από το επίπεδό της, πιο μικρές. Κάθε ένότητα ξεχωρίζει από οποιαδήποτε άλλη ίδιου ιεραρχικού ύψους από όρισμένα χαρακτηριστικά που την διαφοροποιούν. Έτσι λ.χ. τα Θηλαστικά διαφέρουν από τα Έρπετά γιατί έχουν τρίχες, κέρατα και νύχια, γιατί (εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις) τα μικρά τους γεννιούνται ζωντανά αφού περάσουν μέρος της ζωής τους, το εμβρυϊκό μέρος, μέσα στη μήτρα, γιατί τα θηλυκά θηλάζουν τα μικρά τους και γι' αυτό έχουν μαστούς, γιατί είναι όμοιοθερμα, (έχουν δηλαδή μηχανισμό που κρατεί σταθερή τη θερμοκρασία τους), γιατί το κάτω σαγόνι τους αποτελείται από ένα κόκαλο ενώ μέσα στο αυτί τους έχουν τρία μικρά όστά, τον άκμονα, τη σφύρα και τον αναβολέα. Στά Έρπετά τα αντίστοιχα του άκμονα και της σφύρας δεν βρίσκονται στο αυτί αλλά είναι κόκαλα της άρθρωσης της κάτω γνάθου τους.

4.3 Είναι ή ταξινόμηση αντικειμενική; Ή έννοια του είδους

Πώς αποφασίζεται αν δυό γένη ανήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές οικογένειες; Πώς σκέφτεται αυτός που πρώτος καθορίζει αυτές τις συγγένειες; Βέβαια στηρίζεται στις ομοιότητές τους. 'Αλλά επειδή δεν υπάρχει κανένας καθορισμένος κανόνας για τό πόσο όμοια ή πόσο άνόμοια πρέπει να είναι δυό γένη για να ανήκουν στην ίδια οικογένεια (καί τό ίδιο ισχύει καί για τίς άνώτερες βαθμίδες) φαίνεται πώς ή κατάταξη είναι ύποκειμενική, δηλαδή εξαρτάται από τίς άπόψεις του μελετητή που κατασκευάζει τήν όμαδοποίηση τών ειδών σε μεγαλύτερες ένότητες. Γι' αυτό οί ένότητες αυτές μπορεί να θεωρηθούν φτιαχτές, κατασκευάσματα του μυαλου μας, χρησιμα άσφαλώς για να προχωρούμε τήν μελέτη μας αλλά χωρίς κανένα πραγματικό αντίκρυσμα. 'Ισχύει άραγε τό ίδιο καί για τό είδος; 'Αμέσως εδώ μας φαίνεται πώς τό είδος πρέπει να 'χει κάποια φυσική όντότητα από δικού του. Στο κάτω κάτω άκόμα καί μία γάτα, νομίζουμε πώς είναι ικανή να αναγνωρίσει μία άλλη γάτα καί να τήν ξεχωρίσει από ένα σκύλο ή ένα πουλί. ('Αλήθεια γιατί τό λέμε αυτό;). 'Υπάρχουν όμως κι εδώ προβλήματα. 'Ετσι στό είδος «σκύλος» ανήκει καί τό μικρό ζώο της ράτσας τσιουάουα που μόλις είναι μεγαλύτερο από τήν παλάμη μας όπως καί τό τεράστιο σκυλί της ράτσας του 'Αγίου Βερνάρδου που ξεπερνά στό μπόι τό πρόβατο. Πώς αυτά τά ζώα ανήκουν στό ίδιο είδος, ενώ ό λαγός καί τό κουνέλι, που τόσο μοιάζουν, ανήκουν σε διαφορετικά είδη;

'Η λύση στό πρόβλημα είναι πώς για τόν καθορισμό του είδους δεν πρέπει να βασίζεται κανένας άπόλυτα στά μορφολογικά κριτήρια όπως παλιότερα έπίστευαν. Τό μόνο άπόλυτο κριτήριο είναι τό **μυξιολογικό**, αν μπορούν δηλαδή τά άτομα μιας ομάδας που χαρακτηρίζουμε σαν είδος να αναμειγνύουν τούς γόνους τους, αν μπορούν δηλαδή να διασταυρώνονται. 'Οχι όμως να διασταυρώνονται όπως τό άλογο με τό γαϊδούρι, όπου ή διασταύρωση δίνει άπόγονο τό μουλάρι, στείρο άτομο, αλλά να δίνουν άπογόνους γόνιμα άτομα. Μεταξύ δυό διαφορετικών ειδών δεν μπορεί να περάσει κληρονομικό ύλικό, δεν μπορούν να ανταλλάγουν γόνοι. Για να ανταλλάγουν θα 'πρεπε στην προηγούμενη περίπτωση τό μουλάρι να ήταν γόνιμο καί να μπορούσε λ.χ. να διασταυρωθεί με τό άλογο κι έτσι να μεταφέρει στον πληθυσμό τών άλόγων τούς γόνους του πληθυσμού τών γαϊδουριών που έχει (οί μισοί γόνοι του μουλαριού είναι γόνοι γαϊδουριού).

'Ετσι ή έννοια του είδους άποκτά μία όντότητα δικιά της, πραγματική, ανεξάρτητη από τόν μελετητή επιστήμονα. Καί έχει κάποιο βαθύτερο νόημα ή χρησιμοποίηση του μυξιολογικού κριτηρίου: Κάθε όμοιότητα όφείλεται σε όμοιότητα γόνων, σε όμοιότητα κληρονομικού ύλικού. Μόλις μπει κάποιο φράγμα μεταξύ δυό ομάδων όντων έτσι που να μην μπορούν να

ἀνταλλάσσουν μεταξύ τους γόνους, τότε μπορεί έπειτα από πολλά χρόνια νά διαφέρουν, νά ξεχωρίσουν καί μορφολογικά. Ένα τέτοιο ξεχώρισμα είναι ένα σημαντικό βήμα στην Έξέλιξη.

4.4 Δυό διαφορετικές αντίληψεις: Η Τυπολογική καί ή Έξελικτική σκοπιά

Ο Λινναΐος, ό Γκαίτε (Goethe 1749-1832), πού έκτός από μέγάλος ποιητής ήταν καί βοτανικός, καί άλλοι πίστευαν στην ιδέα του αναλλοίωτου είδους. Ο Λινναΐος έλεγε «Τόσα διαφορετικά είδη υπάρχουν, όσα αποξαρχής δημιούργησε τό Άπειρο Όν». Γι' αυτούς λοιπόν τά διάφορα άτομα πού ανήκουν σ' ένα είδος είναι λίγο πολύ καλές καί πιστές αντιγραφές μιās μορφής, ενός πρότυπου του είδους (τό πρότυπο είναι κατιτί σάν τό πατρών πού έχουν οί μοδίστρες καί τό αντιγράφουν). Υπάρχει δηλαδή σύμφωνα μέ αυτές τίς άπόψεις μιá ιδέα του κάθε είδους σάν αυτές τίς «ουράνιες» ιδέες πού νόμιζε ό Πλάτων πώς υπάρχουν καί τών όποιών εΐμαστε έμεις καί τά διάφορα αντικείμενα άντανακλάσεις καί λίγο πολύ σωστές ή μακρινές άπεικονίσεις. Μιá τέτοια αντίληψη στη Βιολογία όνομάζεται **τυπολογική**: στηρίζεται στην πεποίθηση ότι για κάθε είδος υπάρχει κάποιος τύπος αναλλοίωτος στό πέρασμα του χρόνου καί ότι τά άτομα πού ανήκουν σ' αυτό τό είδος είναι καλά ή κακά αντίγραφα του. Οί διαφορές δηλαδή μεταξύ τών ατόμων ενός είδους είναι άποτέλεσμα κακής αντιγραφής: πρόκειται για μιá άσημαντη λεπτομέρεια μπροστά στην ύπαρξη του καθαρού τύπου.

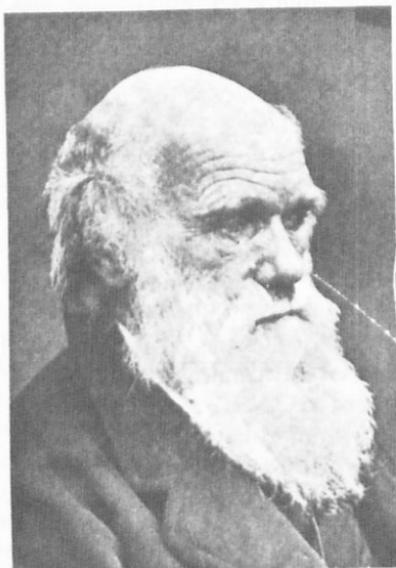
Μέ την επικράτηση όμως της θεωρίας της Έξελίξεως μιá τέτοια άποψη, για ένα αναλλοίωτο πρότυπο, δέν είναι πιά δυνατή. Τά άτομα πού ανήκουν σ' ένα είδος μπορεί νά παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές, κι αυτές οί διαφορές είναι πραγματικές καί σημαντικές, καί σ' αυτές στηρίζεται, όπως θά δοϋμε, καί ή δυνατότητα της άλλαγής ενός είδους σ' ένα άλλο. Αυτό πού κάνει τά άτομα ενός είδους νά ανήκουν σ' αυτό δέν είναι κανένα κοινό πρότυπο αλλά ότι μπορούν από γενιά σέ γενιά νά ανακατεύουν τούς γόνους τους, άφου μπορούν νά διασταυρώνονται καί νά γεννοϋν γόνιμους άπογόνους. Άκριβώς στην επικράτηση της θεωρίας της Έξελίξεως όφείλεται καί μιá νέα αντιμετώπιση τών άνωτερων κατηγοριών της Συστηματικής, του γένους, της οίκογένειας, της τάξεως κτλ. Αυτές οί όμάδες άπεικονίζουν τίς **φυλογενετικές συγγένειες**, δηλαδή πόσο κοντά, άπ' την άποψη της Έξελίξεως, είναι τά διάφορα είδη. Μέσ στην πορεία της Έξελίξεως άπό ένα είδος γεννιούνται δυό, όπως ένα κλαδί δέντρου διχάζεται σέ δυό μικρότερα κλαράκια. Όλη ή ιστορία της Έξελίξεως μπορεί νά παρομοιασθεί μ' ένα δέντρο πού χωρίζει τόν κορμό του σέ κλάδους, τούς κλάδους

σέ μικρότερα κλαδιά, τὰ κλαδιά σέ κλαδάκια καί τὰ κλαδάκια σέ φύλλα. Αυτό θά 'ταν τό φυλογενετικό δέντρο πού θά 'δειχνε τήν ἱστορία τῆς προελεύσεως τῶν ὀργανισμῶν. Ὁ μεγάλος κορμός δείχνει τήν κοινή προέλευση τῆς ζωῆς καί χωρίζεται σέ Βασίλεια πού χωρίζονται σέ Φύλα κ.ο.κ. μέχρι τὰ εἶδη. Κάθε ὁμάδα τῆς ταξινομήσεως εἶναι ἀντικειμενική, στό μέτρο πού μᾶς δείχνει κάποια στενότερη συγγένεια προελεύσεως μεταξύ αὐτῶν πού τήν ἀπαρτίζουν (εἶτε οἰκογένειες εἶναι, εἶτε τάξεις κ.ο.κ.), σέ σύγκριση μέ ἄλλες πού δέν τήν ἀπαρτίζουν.

4.5 Ὁ Darwin καί τό ταξίδι του

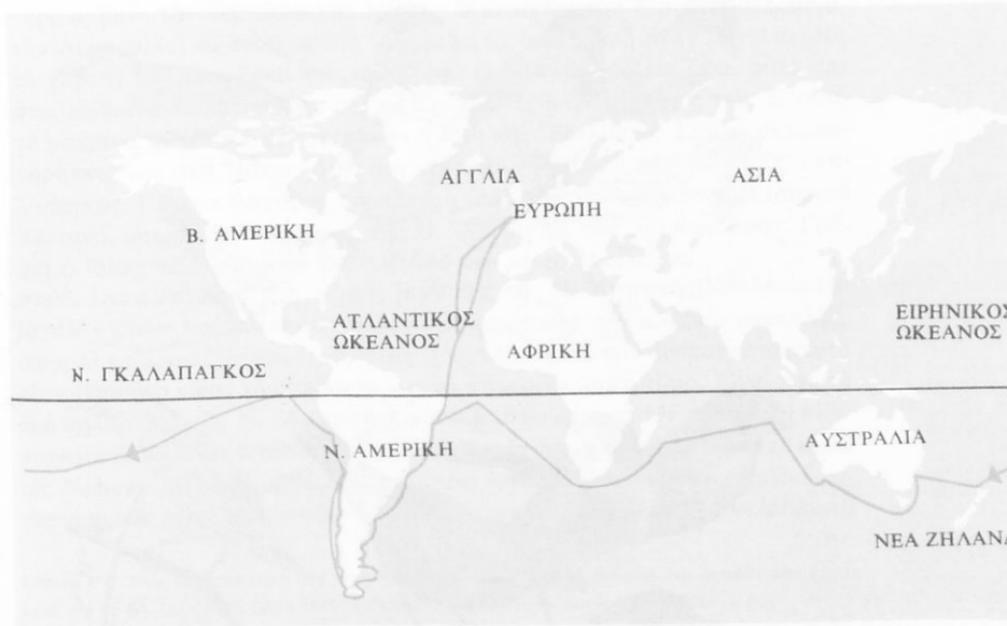
Σύμφωνα μέ τήν θεωρία τῆς Ἐξελιξέως τὰ εἶδη δέν παραμένουν ἀναλλοίωτα: μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου ἀλλάζουν μορφή. Ἔτσι τὰ εἶδη πού ζοῦν σήμερα προῆλθαν ἀπό ἄλλα εἶδη πού προϋπῆρξαν. Ὅμαδες συγγενῶν εἰδῶν προῆλθαν ἀπό ἓνα ἀρχικό εἶδος. Γυρνώντας ἀντίστροφα στήν πορεία τοῦ χρόνου ἀπό τὰ μικρά κλαδιά μεταβαίνουμε στό μοναδικό κορμό τοῦ φυλογενετικοῦ δέντρου πού μᾶς δείχνει πῶς ἡ ζωή στόν πλανήτη μας εἶχε μιὰ μόνο ἀρχική προέλευση.

Τό ὄνομα τοῦ ἄγγλου Κάρολου Ντάρβιν πού ἐλληνικά, ὅπως εἶπαμε εἶναι γνωστός σάν Δαρβίνος, συνδέθηκε στενά μέ τήν θεωρία τῆς Ἐξελιξέως. Ὅμως καί πρὶν ἀπό τόν Ντάρβιν πολλοί εἶχαν ἀσχοληθεῖ μέ τό φαι-



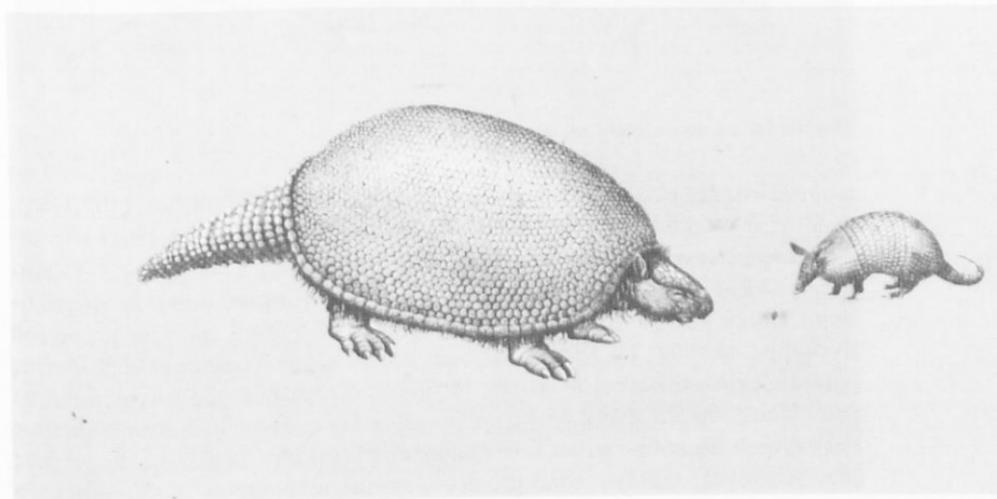
Ch. Darwin

Εἰκόνα 71: Ὁ Τσάρλς Ντάρβιν καί ἡ ὑπογραφή του.



Εικόνα 72: 'Η διαδρομή του ταξιδιού του Μπήγκλ.

Εικόνα 73: Γλυπτόδογτας (άριστερά) και άρμαντίλιο (δεξιά).



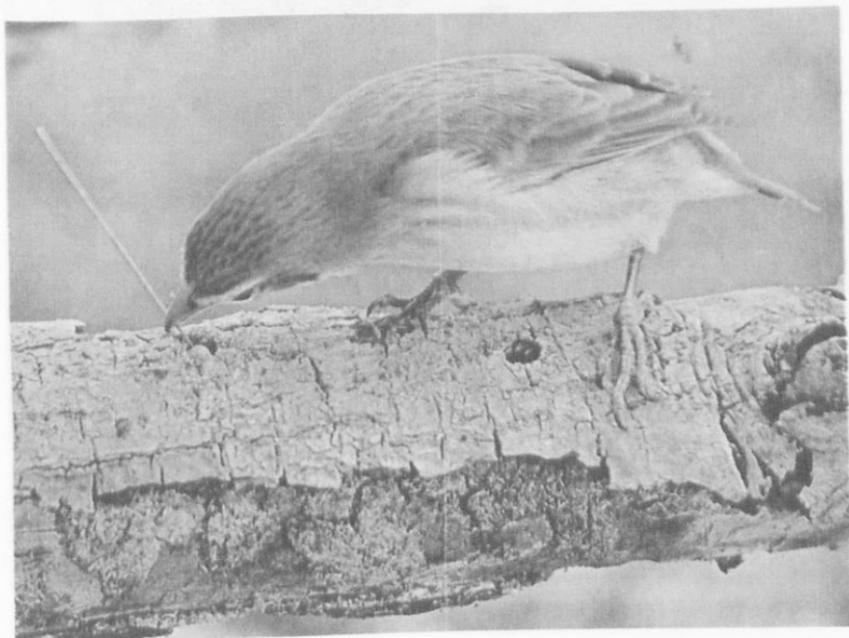


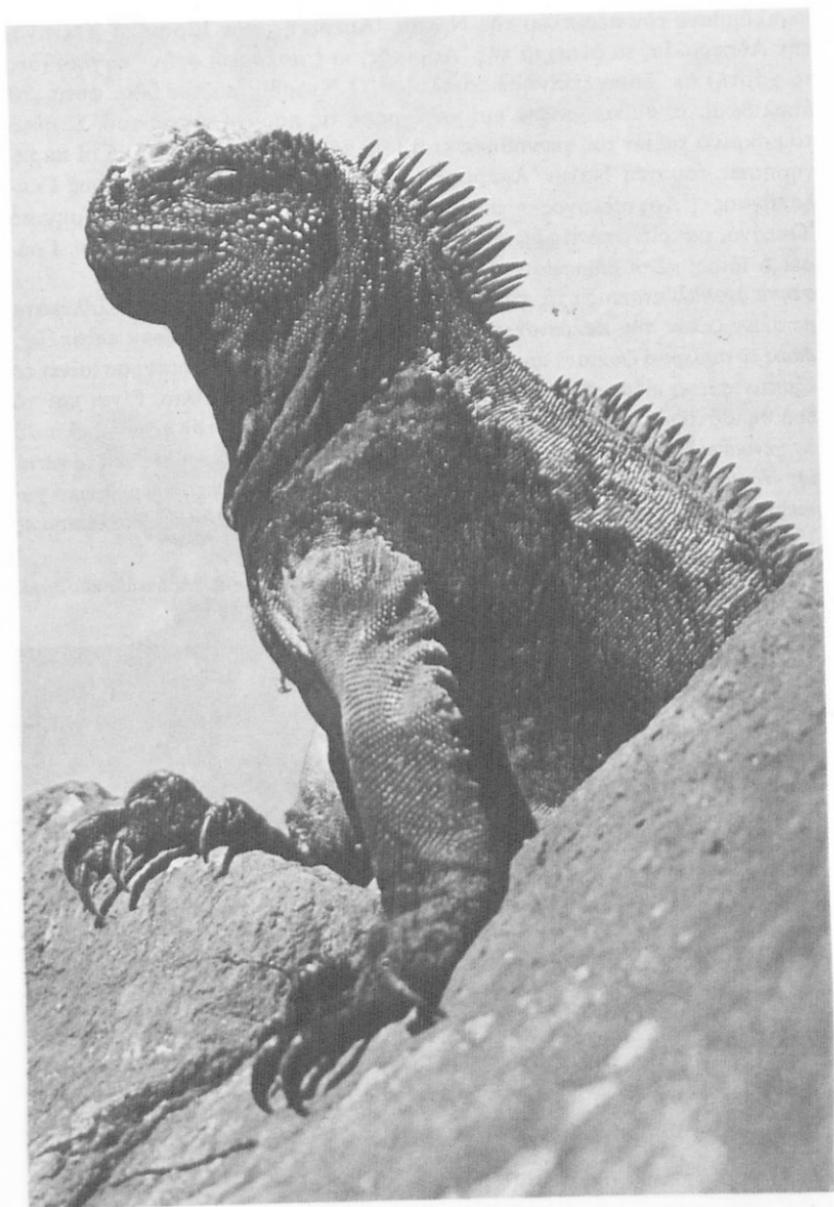
Εικόνα 74: Τά είδη των σπίνων στά νησιά Γκαλάπαγκος.

νόμενο της Έξελιξεως. Ὁ γάλλος ζωολόγος Μπουφόν (Buffon 1707-1788), ὁ ἴδιος ὁ παππούς τοῦ Ντάρβιν, ὁ Ἔρασμος Ντάρβιν (1731-1802) στό βιβλίο του «Ζωονομία», καί κυρίως ὁ Λαμάρκ (Lamarck 1744 - 1829). Ὁ Λαμάρκ σέ ἓνα σημαντικό βιβλίο του, τήν «Ζωολογική Φιλοσοφία», ἀσχολήθηκε εἰδικά μέ τήν Έξελιξη. Τό δημοσίευσε τή χρονιά τῆς γεννήσεως τοῦ Ντάρβιν, τό 1809. Τή χρονιά 1831, μόλις πού εἶχαν ἀποκτήσει οἱ Ἕλληνες τήν ἀνεξαρτησία τους, ὁ νεαρός Ντάρβιν, εἴκοσι δύο χρονῶν, μαρκάρει στό ἐξερευνητικό πλοῖο Μπήγκλ (Beagle = ἰχνηλάτης, ὄνομα μιᾶς ράτσας λαγωνικοῦ μέ κοντά πόδια καί κρεμαστά αὐτιά) σάν ζωολόγος, βοτανικός καί γεωλόγος, γιά ἓνα πολύ μακρινό, πεντάχρονο ταξίδι. Τό δρομολόγιο

περιλάμβανε τόν περίπλου τής Νότιας Ἀμερικῆς, τόν Εἰρηνικό Ὠκεανό, τήν Αὐστραλία, τά ἀνοιχτά τῆς Ἀφρικῆς, κι ἐπιστροφή στήν Ἀγγλία (δές τό χάρτη) ἀπ' ὅπου ξεκίνησε τό πλοῖο. Ὁ Ντάρβιν μάζεψε ζῶα, φυτά και ἀπολιθώματα, παρατηροῦσε και κατέγραφε τίς παρατηρήσεις του. Σ' αὐτό τό μακρινό ταξίδι τοῦ γεννήθηκε κι ἡ ἰδέα τῆς Ἐξελίξεως. Εἰδικά οἱ παρατηρήσεις του στή Νότια Ἀμερική και στά νησιά τοῦ ἀρχιπελάγους Γκαλάπαγκος [Ἀρχιπέλαγος = σύμπλεγμα πολλῶν νησιῶν] στόν Εἰρηνικό Ὠκεανό, μακριά ἀπό τίς ἀκτές τῆς Ν. Ἀμερικῆς, τόν ἐντυπωσίασαν. Γράφει ὁ ἴδιος: «Στή διάρκεια τοῦ ταξιδιοῦ μου μέ τό Μπήγκλ πι στηκα ἀνακαλύπτοντας στίς πάμπες [πεδιάδες τῆς Ν. Ἀμερικῆς] ἀπολιθώματα μεγάλων ζώων πού καλύπτονταν μέ κατασκευάσματα πού μοιάζουν πανοπλίες, ὅπως τά σημερινά ζωντανά ἄρμαντίλιος, [δές τήν εἰκόνα πού ἀναπαρασταίνει τό ἐξαφανισμένο εἶδος γλυπτόδοντα και τό σημερινό ἄρμαντίλιο. Εἶναι και τά δυό θηλαστικά τῆς Ν. Ἀμερικῆς], κατά δεύτερο λόγο μέ τόν τρόπο πού πολύ συγγενικά εἶδη ζῶων ἀντικαθιστοῦν τό ἓνα τό ἄλλο ὅσο προχωροῦμε κατά τό νοτιά τῆς Νοτιοαμερικανικῆς ἡπείρου, κατά τρίτο λόγο ἀπό τόν νοτιοαμερικανικό χαρακτήρα τῶν περισσότερων ζωντανῶν ὑπάρξεων τοῦ ἀρχιπελάγου Γκαλάπαγκος

Εἰκόνα 75: Ἐνα εἶδος σπίνου τῶν νησιῶν Γκαλάπαγκος χρησιμοποιεῖ ἓνα ἀγκάθι σάν ἐργαλεῖο για νά βγαίει ἀπ' τά ξερά δέντρα τά σκουλήκια τῶν ἐντόμων πού τρώει.





Εικόνα 76: Ίγκουάνα των νησιών Γκαλάπαγκος.

καί ειδικότερα από τόν τρόπο πού σέ κάθε νησί διάφεραν ελαφρά ή μιά από τήν ἄλλη. Κανένα από τά νησιά δέ φαίνεται νά εἶναι πολύ παλιό από τή γεωλογική ἀποψη. Ἦταν φανερό πώς τέτοιες παρατηρήσεις ὅπως καί πολλές ἄλλες παρόμοιες μπορούσαν νά ἐρμηνευθοῦν μόνο μέ τήν ὑπόθεση ὅτι τά εἶδη μεταβάλλονται βαθμιαῖα. Καί αὐτές οἱ σκέψεις μέ τυραννοῦσαν καιρό.»

Πραγματικά ὁ Ντάρβιν στά νησιά Γκαλάπαγκος βρῆκε ἕνα ζωντανό βιολογικό ἐργαστήριο. Ἰδιαίτερα ἐντυπωσιάστηκε ἀπό τοὺς σπίνους. Τοῦ θύμισαν τό εἶδος τοῦ σπίνου πού ἔχε δεῖ στό Ἐκουαδór. Ἄλλά τί πλοῦτος μορφῶν! Κάθε νησί εἶχε ἕνα ἢ περισσότερα εἶδη πού διάφεραν λίγο πολύ. Μεγαλύτερη ποικιλομορφία εἶχαν τά ράμφη τους, προσαρμοσμένα στό εἶδος τροφῆς πού ἔτρωγε κάθε εἶδος, (σπόρους ἢ σαρκώδεις κάκτους πού τσιμποῦσαν, ἢ ἔντομα – ἕνα μάλιστα εἶδος χρησιμοποιοῦσε ἕνα ἀγκάθι κάκτων γιά νά σκαλεῦει τίς τρύπες τῶν δέντρων καί νά βγάξει τά ἔντομα –). Ὅλοι αὐτοί οἱ σπῖνοι ἔμοιαζαν νά προῆλθαν ἀπό τό εἶδος σπίνου τῆς ἠπείρου καί νά διαφοροποιήθηκαν. Ἡ ἔλλειψη ἄλλων πουλιῶν πού νά τρῶνε ἔντομα τῶν δέντρων, ὅπως οἱ δρυοκολάπτες, ἐπέτρεψαν σ' αὐτό πού χρησιμοποιεῖ τό ἀγκάθι τοῦ κάκτου, νά ἀποκτήσει αὐτόν τόν τρόπο ἐξευρέσεως τροφῆς. Ὅ,τι συνέβαινε μέ τοὺς σπίνους συνέβαινε καί μέ τίς σαῦρες ἰγκουάνες, μέ τίς χελῶνες καί πολλά ἄλλα ζῶα τῶν νησιῶν Γκαλάπαγκος: ἀπό νησί σέ νησί οἱ μορφές ἄλλαζαν, παράμεναν ὁμως παραπλήσιες.

Ὁ Ντάρβιν μετά ἀπό πολλά χρόνια, στά 1859, δημοσίευσε τό περίφημο βιβλίο του «Ἡ Γέννηση τῶν Εἰδῶν μέ τή Φυσική Ἐπιλογή», ὅπου παράθετε ὅλες τίς παρατηρήσεις πού ἔχε μαζέψει μέχρι τότε αὐτός καί ἄλλοι βιολόγοι καί πού πείθανε ὅτι ὑπάρχει Ἐξέλιξη στά εἶδη. Σύγχρονα διατύπωσε μιά θεωρία γιά τό μηχανισμό μέ τόν ὁποῖο γίνεται ἡ Ἐξέλιξη.

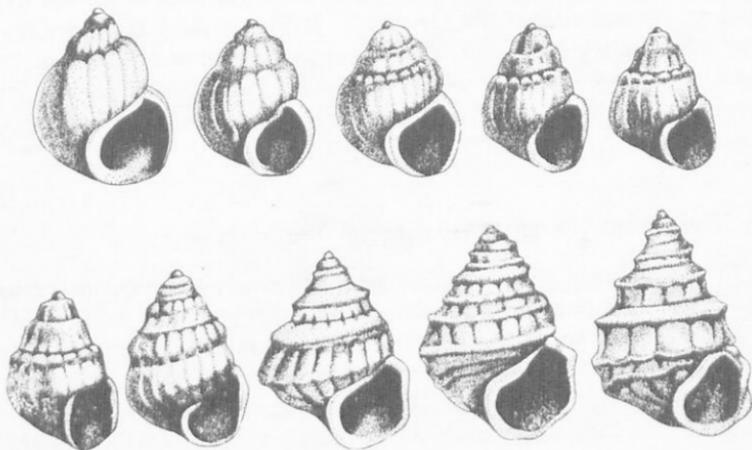
Οἱ παρατηρήσεις αὐτές κι ἄλλες πολλές πού προστέθηκαν ἀργότερα ἔπεισαν τοὺς βιολόγους ὅτι πραγματικά τά εἶδη προέρχονται ἀπό ἄλλα εἶδη.

4.6 Ἐνδείξεις γιά τήν ἐξέλιξη: τά ἀπολιθώματα

Τά ἀπολιθώματα εἶναι ἀπομεινάρια ζωντανῶν ὀργανισμῶν πού ἔζησαν πολύ παλιά: εἶτε ἀποτυπώματα, εἶτε μέρος τοῦ ὀργανισμοῦ τους, συνήθως σκληρό μέρος (ξύλο, ὄστρακο, κόκαλο) πού ἔγινε πέτρα γιατί ἡ ὀργανική οὐσία του ἀντικαταστάθηκε σιγά σιγά ἀπό ἀνόργανα ὑλικά πού ἔφταναν διαλυμένα στό νερό τοῦ ἐδάφους. Πολύ σπάνια, ὅπως στήν περίπτωση τῶν Μασμοῦθ τῆς Σιβηρίας, βρίσκονται κλεισμένα στοὺς πάγους δλόκληρα ζῶα χωρίς νά ἔχουν πετροποιηθεῖ. Ἀπό τά ἀπολιθώματα μπορεῖ πολλές φορές κανεῖς νά καταλάβει σέ τί εἶδος ζῶο ἢ φυτό ἀνήκουν καί τί μορφή εἶχε ὁ ὀργανισμός.



Εικόνα 77: Ένα μωρό μαμμού που διατηρήθηκε κατεψυγμένο (σάν παγωμένο άπολίθωμα) μέσα στους πάγους της Άλάσκας επί 22.000 χρόνια σε άριστη κατάσταση, σάν νά ήταν νωπό πτώμα.



Εικόνα 78: Μια εκπληκτική σειρά μορφών που βρέθηκαν σε διαδοχικά γεολογικά στρώματα του Πλειόκαινου δείχνει πώς μεταβλήθηκε σιγά σιγά τό είδος *Paludina neumayri* στό είδος *Tototoma hoernesii*.

		ΓΕΝΟΣ	ΠΟΔΙ	ΔΟΝΤΙ
		ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΣ		
ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟΣ	Equus 		
	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟΣ	Hipparion 		
	ΜΕΙΟΚΑΙΝΟΣ	Merychippus 		
	ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟΣ	Meshippus 		
	ΗΪΚΑΙΝΟΣ	Hyracotherium X 1.70	 X 1.20	 X 1.20

Εικόνα 79: Άλλαγές στο ύψος, στα δάχτυλα του ποδιού και στα δόντια σε διάφορα είδη αλόγων και προγόνων τους που ζήσανε παλιά (*Hyracotherium*, *Meshippus*, *Merychippus*, *Hipparion*) και στο σημερινό μας άλογο (*Equus*).

Ἡ μελέτη τῶν ἀπολιθωμάτων μᾶς προσφέρει πολλές ἐνδείξεις γιά τήν Ἐξέλιξη. Ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν εἶχε παρατηρήσει πῶς τό τωρινό ἀρμαντίλιο βρίσκεται στό ἴδιο μέρος ὅπου παλιά ζοῦσε ὁ μεγαλύτερος ἀλλά πολύ ὁμοῖός του γλυπτόδοντας. Σέ πολύ εὐνοϊκές περιστάσεις μπορεῖ νά ἀνακαλυφτοῦν συνεχεῖς σειρές μορφῶν καί ἔτσι νά γίνει κατανοητό πῶς ἕνα εἶδος ἄλλαξε σιγά σιγά μορφή. Τέτοιο παράδειγμα μᾶς δείχνει ἕνα σαλιγκαρι, ἡ *Paludina*. Τά διάφορα στρώματα τῶν ἰζημάτων τῶν λιμνῶν ὅπου ζοῦσε ἡ *Paludina* ἐναποθέτονταν τόνα πάνω στ' ἄλλο κλείνοντας μέσα τους τίς μορφές αὐτοῦ τοῦ σαλιγκαριοῦ. Οἱ νεώτερες μορφές εἶναι μέσα στά νεώτερα γεωλογικά στρώματα (πού ἂν δέ διαταραχτοῦν ἡ ἀναστραφοῦν βρίσκονται πῶς κοντά στήν ἐπιφάνεια).

Ἀπό μεγάλες συλλογές ἀπολιθωμάτων ἀλόγων μποροῦμε νά συμπεράνουμε πῶς τά σημερινά ἄλογα πού ἔχουν ἕνα μόνο δάχτυλο στό πόδι τους προήλθαν ἀπό μορφές ἀρχικά μέ πέντε δάχτυλα κι ἀργότερα μέ τρία γιά νά καταλήξουν στό ἕνα δάχτυλο τοῦ σημερινοῦ ἀλόγου: τά ἄλλα δάχτυλα ἐκφυλίστηκαν. Τό *Hipparion* (ἵππριο = μικρός ἵππος) πού ἔζησε στήν Ἀττική (Πικέρμι) στήν Πλειόκαινο ὑποπερίοδο εἶχε τρία δάχτυλα. Συγχρόνως στά ἄλογα ἄλλαξε καί ἡ μορφή τῶν γομφίων δοντιῶν τους (βλέπε εἰκόνα 79).

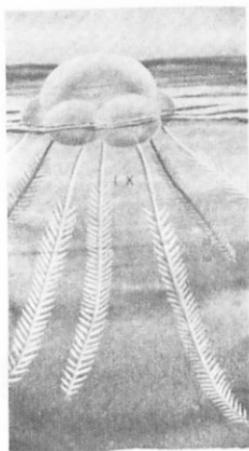
Θά μπορούσαν νά ἀναφερθοῦν καί πολλά ἄλλα παραδείγματα πού ἐνισχύουν τήν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως.

4.7 Ἡ ἱστορία τῆς ζωῆς ὅπως τή δείχνουν τά ἀπολιθώματα

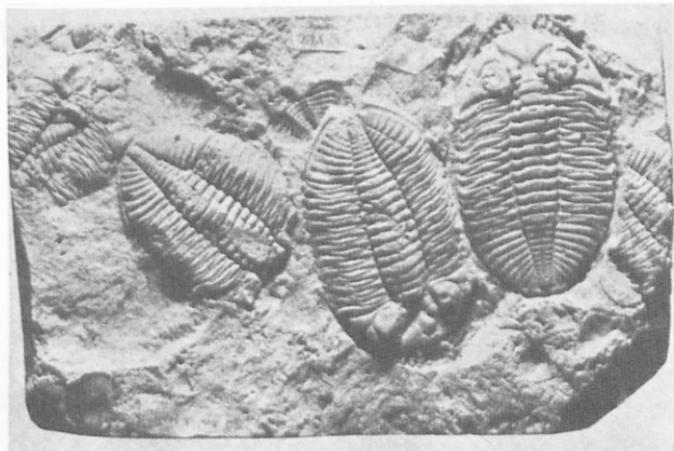
Ἀπό τά ἀπολιθώματα κι ἀπό διάφορες ἄλλες ἐνδείξεις καί σημερινές παρατηρήσεις μποροῦμε νά ἐπιχειρήσουμε νά ἀναπλάσουμε τήν ἱστορία τῆς ζωῆς στόν πλανήτη μας.

Πολλοί βιολόγοι πιστεύουν πῶς πολύ παλιά οἱ συνθήκες ἦταν τέτοιες (ἐλλειψη ὀξυγόνου στήν ἀτμόσφαιρα πού κυρίως τήν ἀποτελοῦσαν ὕδατοι, μεθάνιο CH_4 καί ἀμμωνία NH_3), ὥστε ἀπό τήν ἀνόργανη ὕλη σιγά σιγά νά παραχθεῖ ἡ πρώτη ζωντανή ὕλη: πρῶτα δηλαδή νά συντεθοῦν ἀπό τό μεθάνιο, τήν ἀμμωνία καί τοὺς ὕδατιμούς, μέ τή βοήθεια τῆς ἐνέργειας τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων τῶν κεραυνῶν, διάφορα εἶδη ὀργανικῶν μορίων. Μετά τά μόρια αὐτά διαλυμένα μέσ στό νερό τῶν λιμνῶν καί τῶν ὠκεανῶν θά σχηματίσαν ἕνα εἶδος «σούπας» μέσ στό ὁποῖο γεννήθηκε ἡ πρώτη ζωντανή μονάδα.

Πολλά βέβαια παραμένουν ἄγνωστα γιά τή γέννηση τῆς ζωῆς. Πάντως εἶναι βέβαιο πῶς κάτω ἀπό τίς σημερινές συνθήκες ἡ ζωή δέν μπορεῖ νά γεννηθεῖ ἀπό μή ζωντανά συστατικά, ἀπό μόνη τῆς, ἀλλά προέρχεται μόνο ἀπό ἄλλη ζωή, ὅπως ἀπόδειξε κι ὁ Pasteur. Ἡ ζωή λοιπόν γεννήθηκε στή



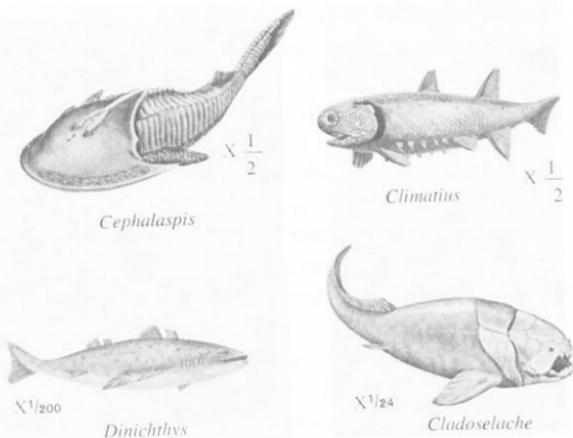
Εικόνα 80: Ένας γραπτόλιθος.



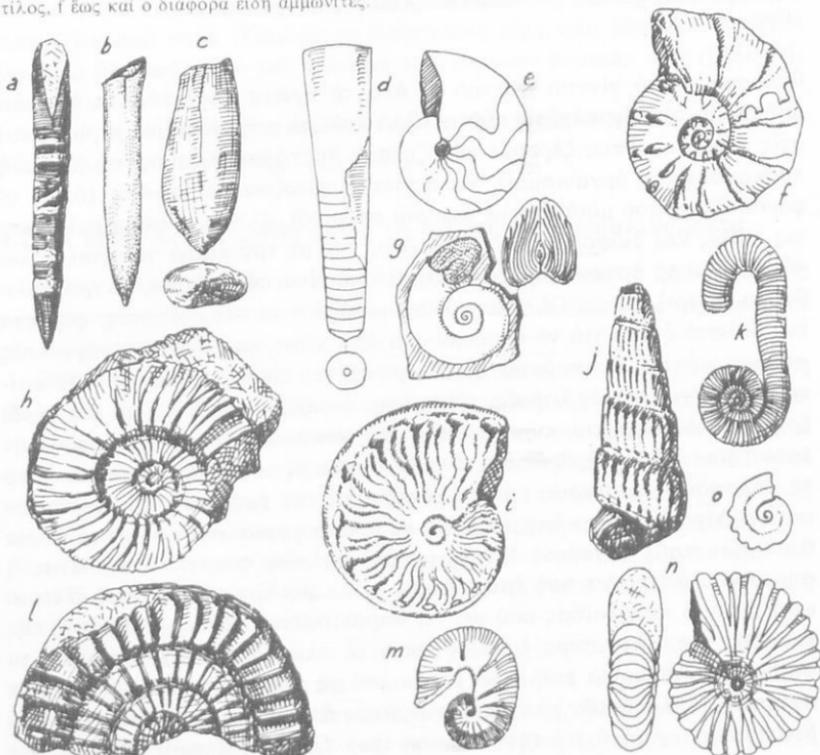
Εικόνα 81: Άπολιθώματα τριλοβιτών.

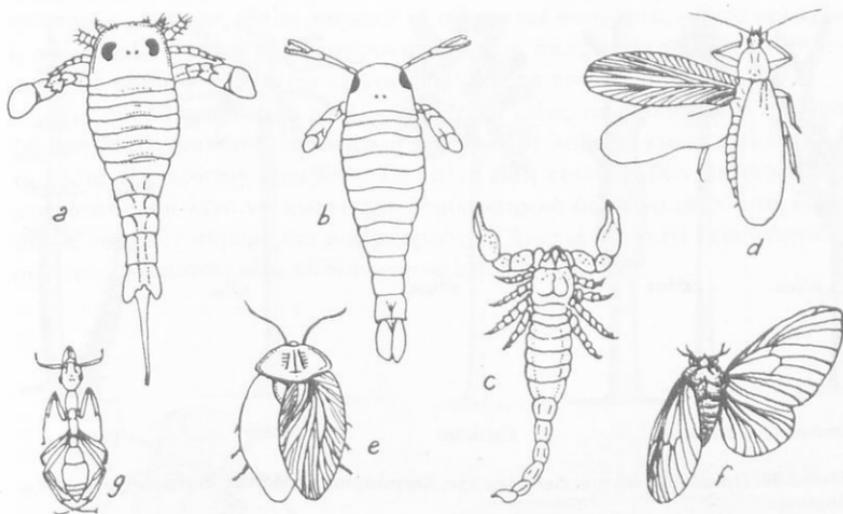
θάλασσα. Αυτό γίνεται φανερό κι από τὰ πρώτα ἀπολιθώματα ἀβέβαια ἀκόμη γιὰ τόν **Προκάμβριο** αἰώνα, ἀλλά καθαρά στήν **Κάμβριο** περίοδο καί στίς ἐπόμενες, ὅπου ξέρουμε πῶς ζοῦσαν βακτήρια, Κυανοφύκη (δηλαδή προκαρυωτικοί ὄργανισμοί), θαλάσσια Πρωτόζωα μέ κελύφη (ὅπως οἱ φουσουλίνες πού μοιάζουν μέ σπειριά σταριοῦ), ἀλλά καί φύκη καί μύκητες καθώς καί διάφορα ἀσπόνδυλα ζῶα, πού μέ τόν καιρό γίνονται πολυπληθῆ. Γιὰ τὰ ἀσπόνδυλα, χαρακτηριστικά εἶναι οἱ σπόγγοι, οἱ γραπτόλιθοι κι οἱ τριλοβίτες. Οἱ γραπτόλιθοι μοιάζουν μέ τίς μέδουσες: φέρνουν ἕνα θολωτό δίσκο γιὰ νά ἐπιπλέουν κι ἀπό κάτω τους ἔχουν στρογγυλούς σάκους γιὰ τήν ἀναπαραγωγή. Οἱ τριλοβίτες εἶναι ἀρθρόποδα πού φαίνονται νά ἔχουν τρεῖς λοβούς, τρία μέρη: κεφαλοθώρακα, κοιλιά καί οὐρά: ἔρπουν στό βυθό καί κυριολεκτικά τόν «σαρώνουν» γιὰ νά βροῦν τήν τροφή τους. Ἄλλα ἀρθρόποδα εἶναι οἱ σκορπιοί πού πρώτοι βγαίνουν ἀπό τή θάλασσα στή στεριά, πάντως ὁμως μετά τήν ἐμφάνιση τῶν χερσαίων φυτῶν. Λίγο ἀργότερα ἐμφανίζονται τὰ πρώτα ψάρια: στήν ἀρχή τὰ ψάρια ἦταν σάν τους ἄγνωστους ἰχθύες (χωρίς δηλαδή σαγόني, ὅπως εἶναι ἡ σημερινή λάμπραινα πού ἐπιφανειακά μόνο μοιάζει μέ τό χέλι). Ἐτέιο ψάρι ἦταν ὁ κεφαλασπίς πού φέρνει θωρακισμένες πλάκες στό μέρος τῆς κεφαλῆς του. Ἀργότερα ἐμφανίστηκαν οἱ πλακόδερμοι ἰχθύες: αὐτά τὰ ψάρια εἶχαν σαγόνια πού φτιάχτηκαν ἀπό τό πρώτο ζευγάρι βραγχιακῶν σχισμῶν, (δηλαδή τῶν πλαγίων σχισμάτων ἀπ' ὅπου μπαίνει τό νερό στά βράγχια τοῦ ψαριοῦ γιὰ τήν ἀναπνοή του). Οἱ πλακόδερμοι ἰχθύες ἔχουν

Εικόνα 82: Ψάρια που τα γνωρίζουμε μόνο από απολιθωτά τους. Πλακόδερμοι ιχθύες (όμοια που δεν υπάρχει σήμερα): Κεφαλασπίς, Κλιμάτιος και Δινιχθύς. Ο Κλαδοσελάχος άνηκει στους Χονδρίχθες.



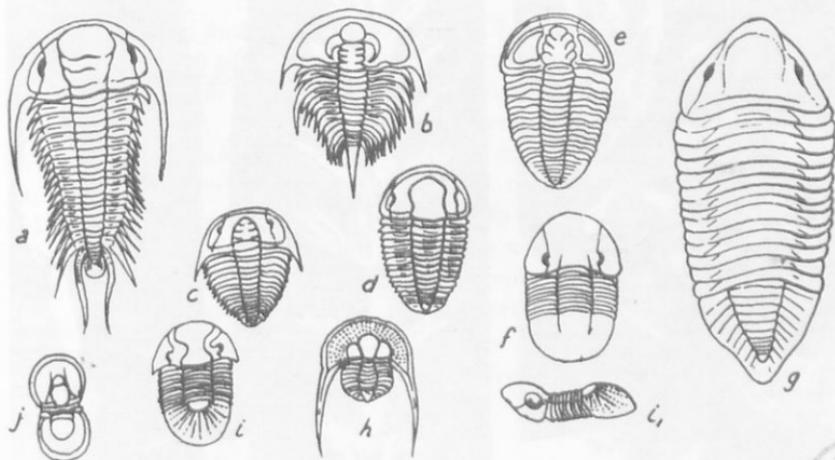
Εικόνα 83: Απολιθωμένα Κεφαλόποδα (Μυζάκια): α, β, γ, Βελεμνίτες, δ, Όρθοκερας, ε Ναυτίλος, φ έως και ο διάφορα είδη άμμωνιτών.

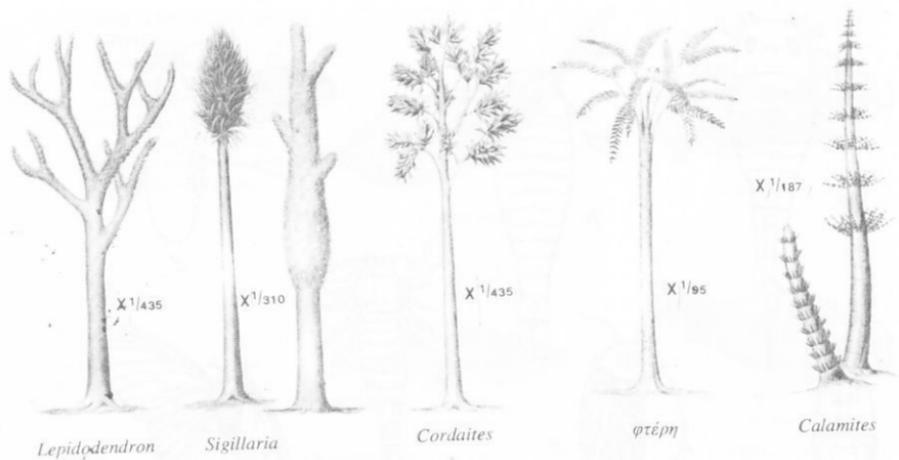




Εικόνα 84: Ἀπολιθωμένα Μεροστόματα (ιμοταξία που δεν ὑπάρχει πιά ἔξω ἀπὸ τοὺς Σιφοσούρους που τοὺς κατατάσσουν μερικοὶ μαζί με τὰ Ἀραχνίδια) α Ἐυρήπτερος, β Πτερυγότις, γ Ἀπολιθωμένος σκορπιός (c) καὶ διάφορα ἀπολιθωμένα Ἔντομα (d, e, f, g).

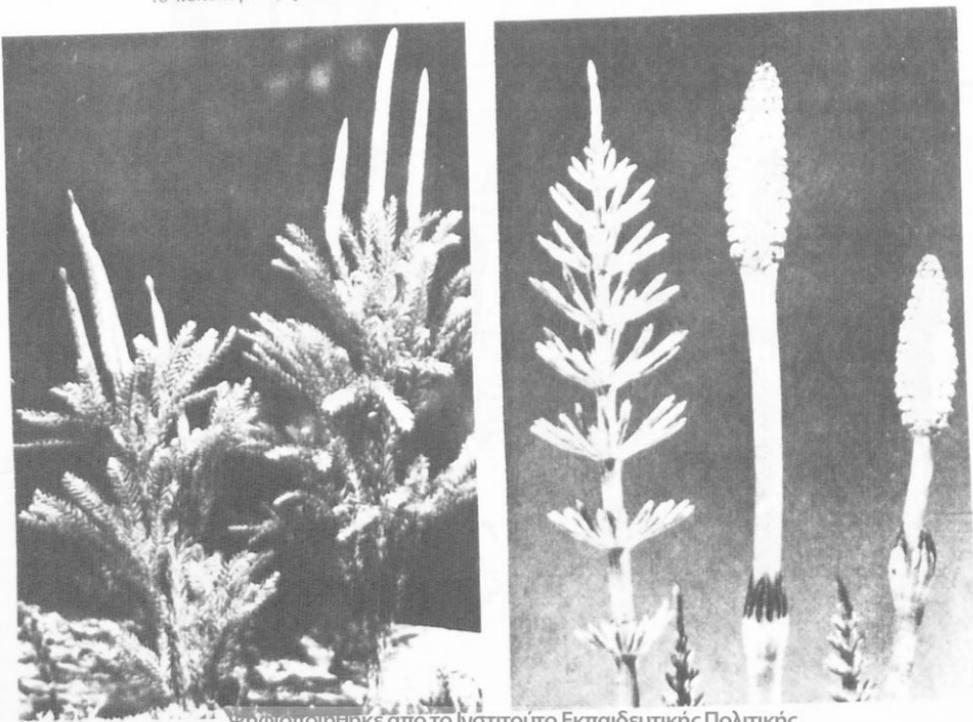
Εικόνα 85: Διάφορα εἶδη τριλοβιτῶν.





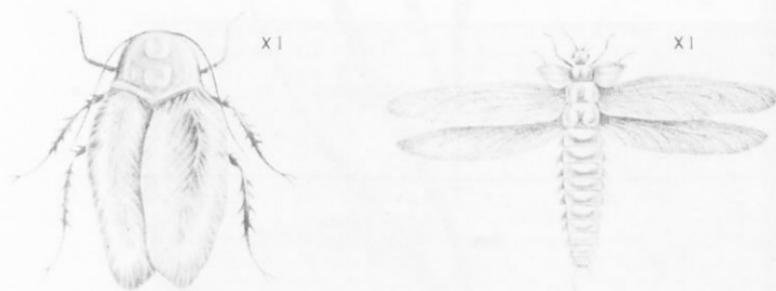
Εικόνα 86: Πρωτόγονα δέντρα: Λεπιδόδεντρο, Σιγγυλάρια, Κορδαίτης, δεντρόδης φτέρη, Καλαμίτης.

Εικόνα 87: Δυό ζωντανοί αντιπρόσωποι πρωτόγονων φυτών: τό Λυκοπόδιο (*Lycopodium*) και τό πολυκόμπι (*Equisetum*).



σήμερα εξαφανιστεί, τούς αντικατάστησαν οί χονδρίχθες, ψάρια με σκληρούς χόνδρους (όπου ανήκουν οί σημερινοί καρχαρίες καί τά σελάχια ή ρίνες) καί οί Όστεϊχθες, ψάρια με κόκαλα, όπως τά περισσότερα σημερινά. Τά ψάρια είναι καί τά πρώτα σπονδυλωτά πού φάνηκαν.

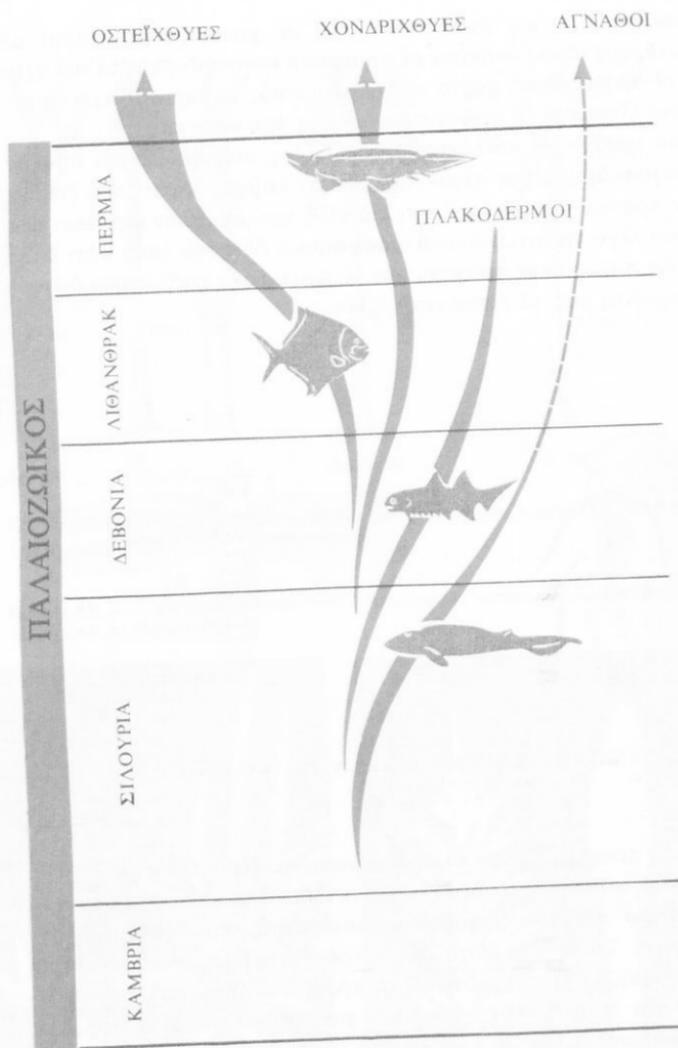
Μιά ομάδα ψαριών, οί κοιλάκανθοι (ένα είδος τους άκόμα καί σήμερα ζεί στή Μαδαγασκάρη) είχαν περύγια πάνω σέ λοβούς, κατιτί πού θυμίζει τά πόδια τών πρώτων άμφιβίων. Τά παλιά είδη κοιλάκανθων φαίνεται πώς μπορούσαν γιά λίγο νά άναπνέουν άτμοσφαιρικό όξυγόνο (σάν κατί άλλα ψάρια πού ζούν σήμερα καί πού μπορούν νά άναπνέουν γιати έχουν όργανα σαν τούς πνεύμονές μας, οί δίπνευστοι ιχθύες).



Εικόνα 88: Αναπαράσταση δύο άπολιθωμάτων εντόμων από τή Λιθανθρακοφόρο. Τό άριστερό είναι κατσαρίδα.

Όλα αυτά μās προαναγγέλουν τά πρώτα άμφίβια. Πρίν όμως γεννηθούν τά άμφίβια από τά ψάρια ή στεριά έχει κατακτηθεί από τά πρώτα χερσαία φυτά. Τή Σιλούριο περίοδο Ψιλοψίδια, Λυκοπόδια, πολυκόμπια έχουν κατακλύσει τή γή. Τά πρώτα δάση με δεντρώδεις φτέρες, λεπιδόδεντρα, καλαμίτες παρουσιάζονται σύγχρονα με τά πρώτα άμφίβια, πού προέρχονται από ψάρια σαν τούς κοιλάκανθους καί τούς δίπνευστους ιχθύες. Στίς θάλασσες βρίσκουμε τεράστια κεφαλόποδα (σάν τίς σουπιές τώρα) νά τρώνε τριλοβίτες, ενώ κρινοειδή (ζώα) ζούν κοντά σέ ύφάλους κοραλλίων.

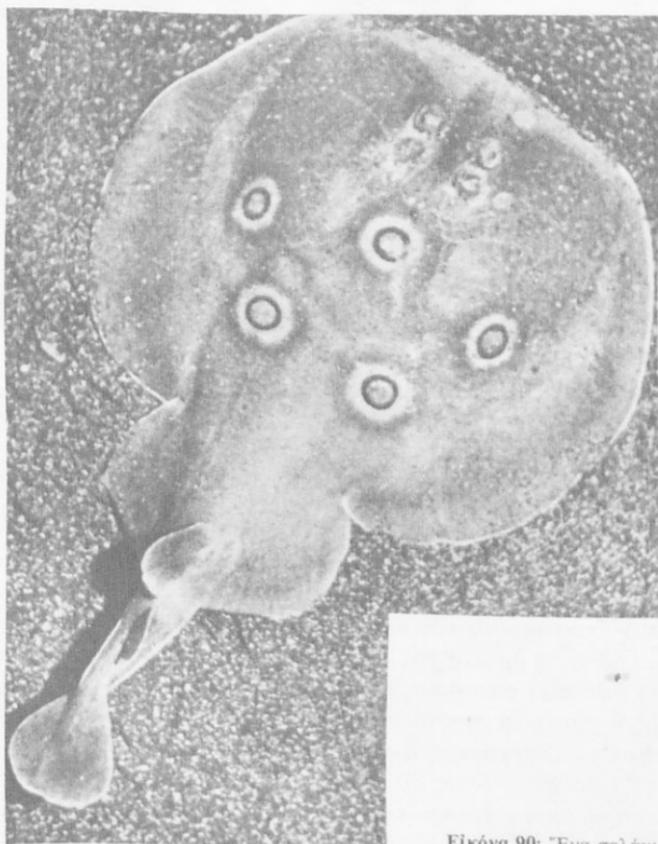
Στή Λιθανθρακοφόρο περίοδο πληθαίνουν τά μεγάλα δάση, τά δέντρα όμως έχουν μικρότερο ύψος άπ' ό,τι τά δέντρα τών σημερινών τροπικών δασών. Από τά δάση αυτά σχηματίσθηκαν οί λιθάνθρακες. Μαζί με τήν παρουσία τών άμφιβίων έχουμε καί τά πρώτα έντομα καί τά χερσαία σαλιγκάρια.



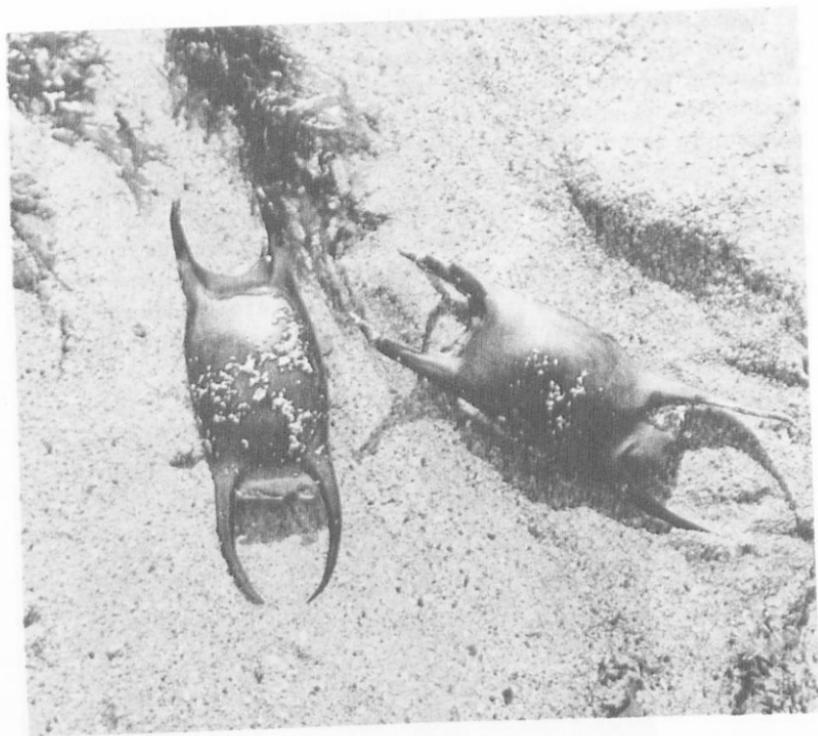
Εικόνα 89: Γενεαλογία των ψαριών.

Στό τέλος του Παλαιozoϊκού αιώνα εμφανίζονται τά έρπετά πού προέρχονται από τά άμφίβια. Τά έρπετά ξεχωρίζουν από τά άμφίβια γιατί γεννούν αυγά μέ κελύφη και τά έμβρυά τους περιβάλλονται από μία μεμβράνη, τήν άμνιωτική.

Πρόκειται για προσαρμογές στο χερσαίο περιβάλλον που επιτρέπουν την προστασία των εμβρύων από εχθρούς τους και από την αποξήρανση. Τά αμφίβια βρίσκονται ακόμα μ' ένα πόδι στο υδάτινο περιβάλλον: εκεί εξελίσσονται οι προνυμφικές τους μορφές, ενώ τά άκαα είναι σχεδόν χερσαία. Τά έρπετά έχουν πιά γίνει τελείως χερσαία. Αναπτύσσουν διάφορες μορφές: άλλα όπλίζονται μέ μεμβράνες σάν τόν πετανόδοντα για να πετάξουν, άλλα παίρνουν μορφές ψαριών και ξαναγυρίζουν στο νερό σάν τήν έλασμόσαυρο και τόν όφθαλμόσαυρο, άλλα γίνονται χερσαία φυτοφάγα κι άλλα σαρκοφάγα. Από τά έρπετά ζούνε σήμερα μόνο οι χελώνες, τά φίδια, οι σαύρες, ό σφενόδοντας («ζωντανό απολίθωμα» που ζει στη Ν. Ζηλανδία) κι οι κροκόδειλοι. Αλλά ύπηρχαν πολύ περισσότερα έρπετά



Εικόνα 90: Ένα σελάχι.



Εικόνα 91: Αυγά σελαχιού

στό **Μεσοζωικό** αιώνα: όχι μόνο οι πρόδρομοι των θηλαστικών (γιατί από τὰ έρπετά προέρχονται καί τὰ θηλαστικά) αλλά κυρίως οί **Δεινόσαυροι**. Νεώτερες μελέτες έδειξαν πώς τὰ έρπετά πρόδρομοι των θηλαστικών, τὰ έρπετά πρόδρομοι των Δεινοσαύρων καί οί ίδιοι οί Δεινόσαυροι ήταν όμοιοθερμα ζώα: είχαν δηλαδή αναπτύξει έκείνο τό μηχανισμό πού έπιτρέπει νά κρατιέται σταθερή ή θερμοκρασία του σώματός τους σ' αντίθεση μέ τὰ υπόλοιπα έρπετά καί τὰ άμφιβια πού είναι ποικιλόθερμα. Ή όμοιοθερμία άποτελεί σπουδαία προσαρμογή στό χειρσαίο περιβάλλον: οί άλλαγές της θερμοκρασίας στό περιβάλλον αυτό είναι πολύ μεγαλύτερες άπ' ό,τι στό νερό. Συγχρόνως ή όμοιοθερμία έπιτρέπει στό ζώο νά μήν πέφτει σέ ύπολειτουργία, όπως οί σαύρες σέ συνθήκες έλαττωμένης θερμοκρασίας, αλλά νά μπορεί έξίσου καλά νά δρά ανεξάρτητα από τίς συνθήκες της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

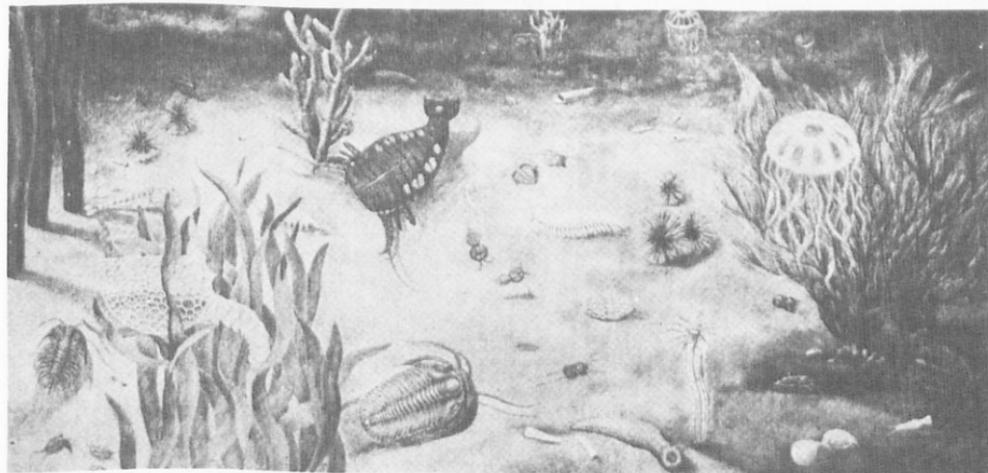


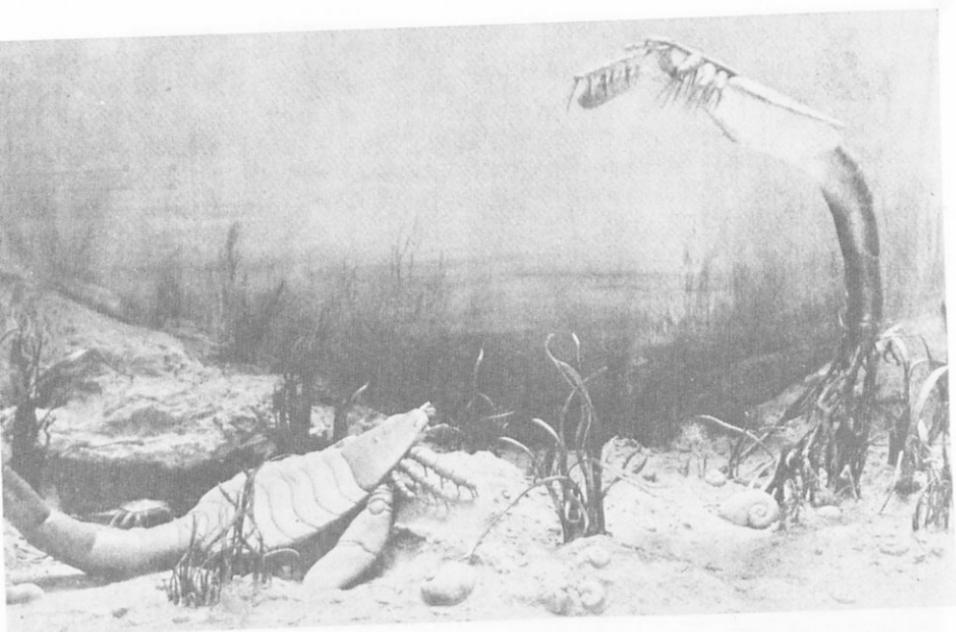
◀ **Εικόνα 92:** Τό πρώτο γνωστό χερσαίο φυτό, ένα Ψίλοτο, ή Ρύνια.



Εικόνα 93: Πάνω ένα ψάρι με πτερύγια πάνω σε λοβούς (δπως ο κοιλάκανθος) και κάτω ένας μακρινός απόγονός του, ένα πρωτόγονο άμφιβιο της Δεβόνιας περιόδου.

Εικόνα 94: Μιά θάλασσα στην Κάμβριο περίοδο: Δεξιά μία μέδουσα πάνω σε φύκια, στο μέσο ένα μερόστομα και ένας τριλοβίτης.

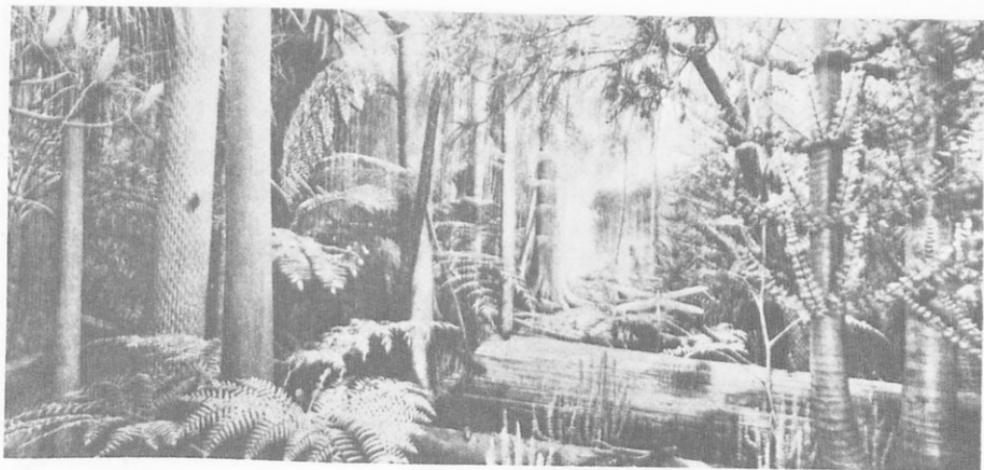




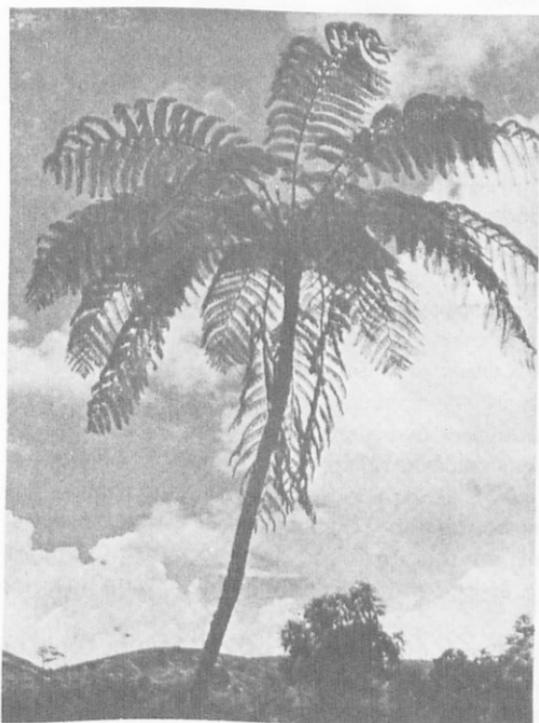
Εικόνα 95: Μιά θάλασσα στή Σιλουόριο περίοδο. Δυό ευρύτεροι κυριαρχούν. Θαλάσσια σαλιγκάρια καί φυτά.

Εικόνα 96: Δεβόνια θάλασσα μέ ἄγναθα ψάρια καί μέ μερικά ψάρια πιό ἐξελιγμένα.

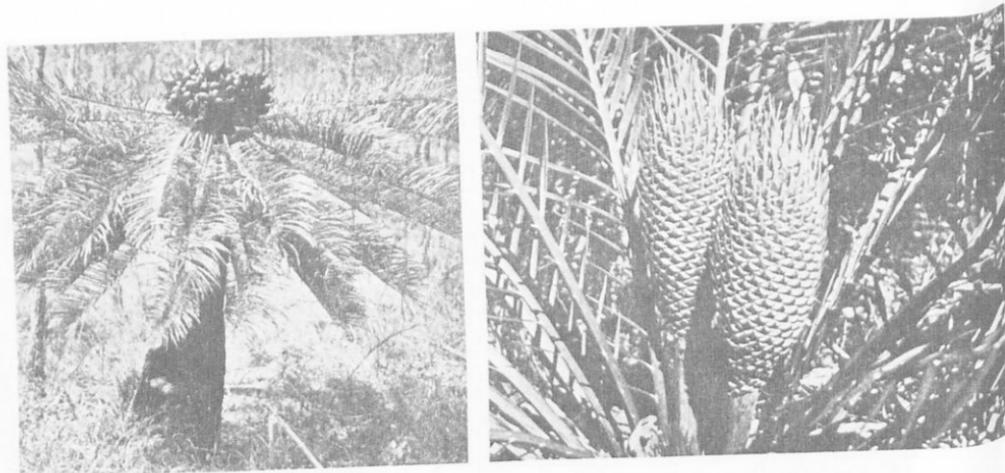




▲
Εικόνα 97: Δάσος της Λιθαν-
 θρακοφόρου. Τα δέντρα είναι
 Λυκοπόδια, Φτέρες και Γυ-
 μνόσπερμα. Δεξιά στο κέντρο
 μία τεράστια λιμπελλούλα.



◀
Εικόνα 98: Μία δεντρόδης
 φτέρη που ζει σήμερα στη
 νήσο Ίαβα.

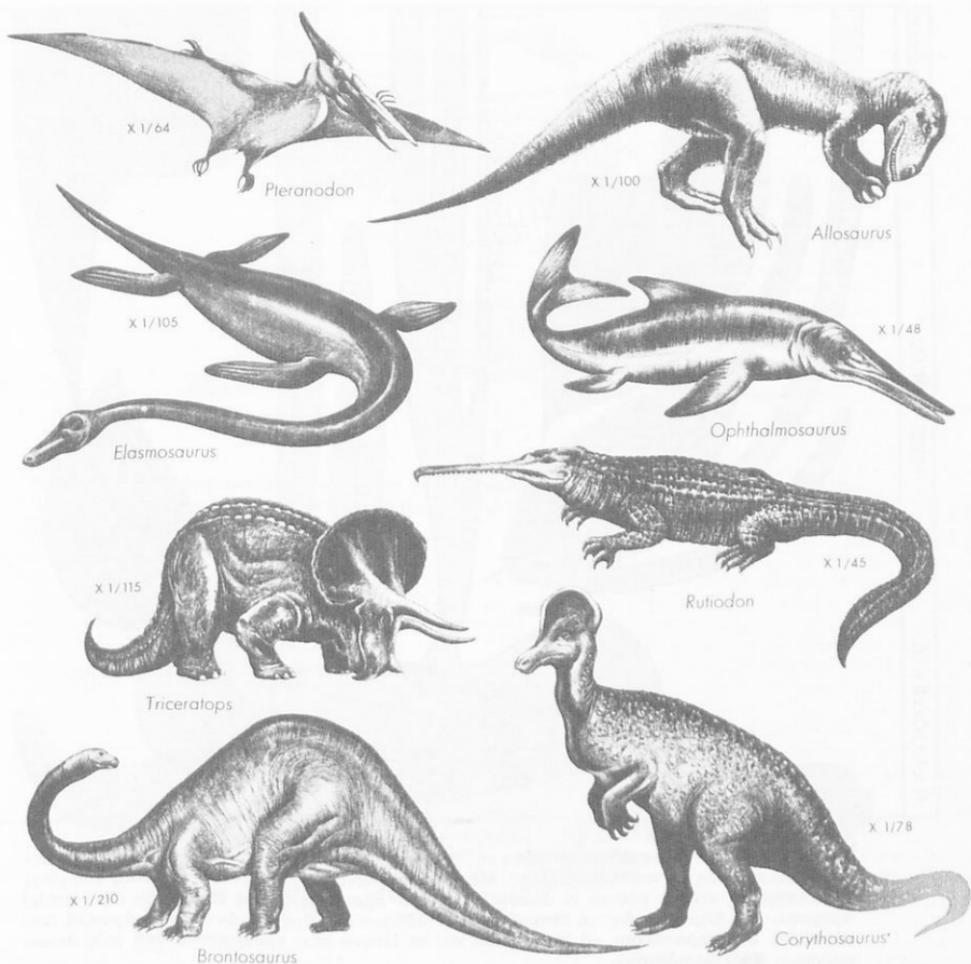


Εικόνα 99: Ἀριστερά μιά Κυκάδα πού ζεῖ σήμερα στὴν Αὐστραλία. Δεξιά λεπτομέρεια τῶν ὀργάνων τῆς πού φέρνουν τοὺς σπόρους.

Ὁ πλοῦτος τῶν μορφῶν τῶν δεινόσαυρων καὶ τὸ τεράστιο μέγεθος ὀρισμένων ἀπὸ αὐτοὺς ἔχουν ἐξάψει τὴ φαντασία τοῦ κοινοῦ. Εἶναι γνωστοὶ οἱ διπλόδοκοι (ἦταν ἀπὸ τὰ μεγαλύτερα ζῶα, χορτοφάγα μὲ μᾶκρος 26-35 μέτρα), οἱ βροντόσαυροι (χορτοφάγα μὲ μᾶκρος 20 καὶ ὕψος 10 μέτρα καὶ βᾶρος 50 τόνους), οἱ ἀτλαντόσαυροι (τὰ πῖο μεγάλα ζῶα πού βάδισαν ποτὲ στὴ γῆ μὲ μᾶκρος 32 καὶ ὕψος 10 μέτρα), οἱ σαρκοφάγοι δεινόσαυροι: ἀλλόσαυροι, τυραννόσαυροι κ.ἄ.

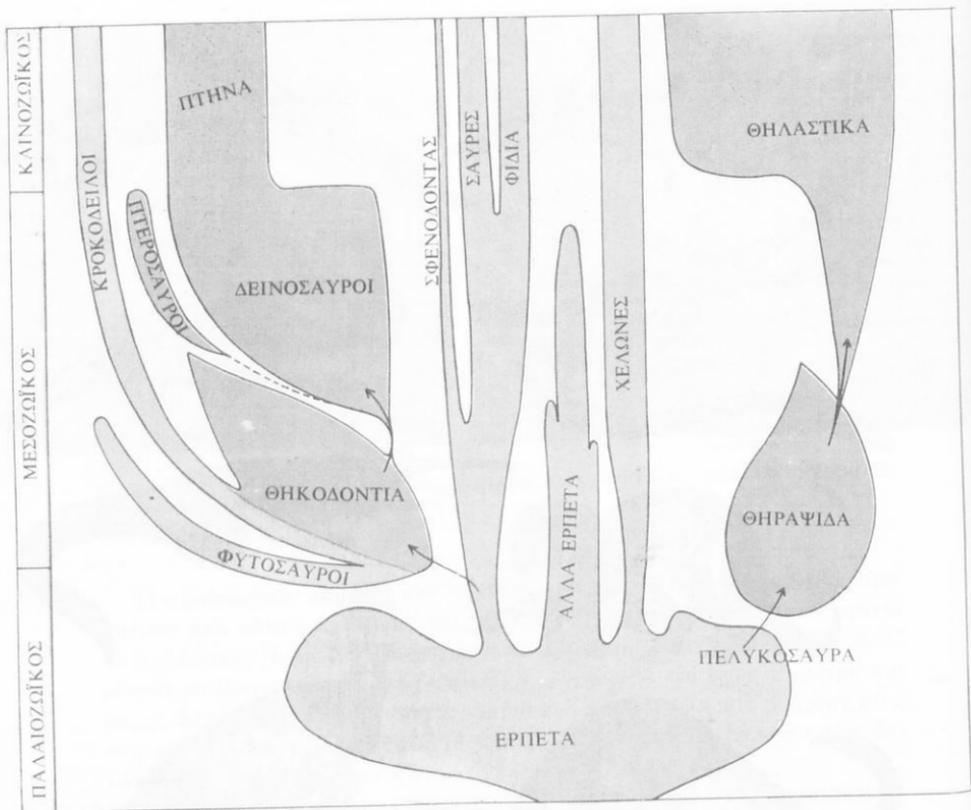
Ἀπὸ τοὺς δεινόσαυρους προέρχονται καὶ τὰ πτηνά. Ὁ Ἀρχαιοπτερυγας, τὸ πρῶτο πουλί, εἶναι ἓνας φτερωτὸς δεινόσαυρος πού ὅμως ἔχει πραγματικά φτερά. Στὰ φυτὰ οἱ Κυκάδες καὶ τὰ Κωνοφόρα ἀντικαθιστοῦν τὰ πρῶτα δέντρα. Μὲ τὴν παρακμὴ τῶν ἑρπετῶν πού ἀκολουθεῖ καὶ ἰδιαιτέρα μὲ τὴν παρακμὴ τῶν δεινοσαύρων ἀναπτύσσονται τὰ θηλαστικά καὶ τὰ πτηνά. Κατάκτοῦν κάθε γωνιά πού ἐγκατάλειψαν τὰ Ἑρπετά. Ὁ Καινοζωικός αἰώνας εἶναι ὁ αἰώνας τῶν Θηλαστικῶν καὶ τῶν Ἀγγειοσπέρμων, δηλαδή τῶν φυτῶν πού ἔχουν λουλούδια. Τὸ ζεστὸ κλίμα εὐνοεῖ τὴν ἀνάπτυξη ἑνὸς τροπικοῦ δάσους παντοῦ, ἀργότερα ὅμως τὸ δάσος ὑποχωρεῖ ὅταν τὸ κλίμα κρυώνει. Τὰ δέντρα συχνὰ παραχωροῦν τὴ θέση τους εἰς θάμνους καὶ σὲ χόρτα.

Τὰ θηλαστικά μὲ τὴ σειρά τους ἀναπτύσσουν μίαν ὀλάκαιρη ποικιλία μορφῶν καὶ τάξεων, μιά βεντάλια: μιά δεκαπενταριά ἀπὸ τὶς τριανταπέντε τέτοιες τάξεις δείχνει ἡ Εἰκόνα 128. Ἡ εἰκόνα δὲν δείχνει τὶς πῖο πρωτόγο-



Εικόνα 100: Διάφορα Έρπετα του Μεσοζωϊκού αιώνα (πετανόδοντα, άλλόσαυρος, έλασμόσαυρος, όφθαλμόσαυρος, τρικεράτωψ, ρυτιόδοντα, βροντόσαυρος, κορυθόσαυρος).

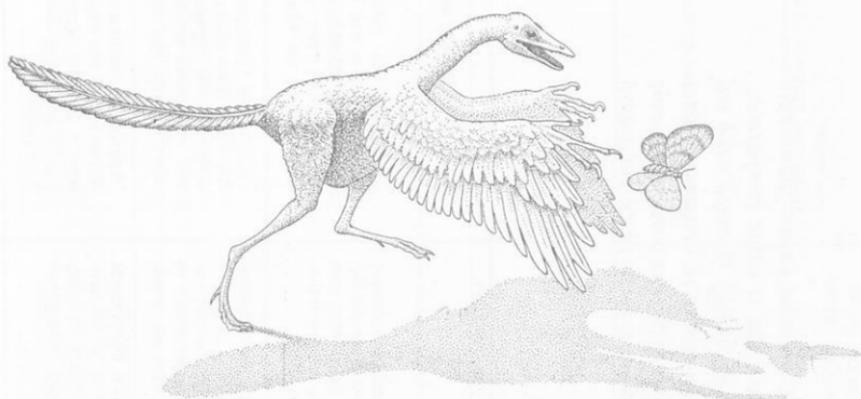
νες μορφές που άκόμη και σήμερα ζούν: τά Μονοτρήματα (τής Αύστραλίας, Ν. Ζηλανδίας και Ν. Γουϊνέας) που γεννούν αυγά αλλά θηλάζουν τά μικρά τους, και τά Μαρσιποφόρα (τής Αύστραλίας και της Άμερικής) που προστατεύουν τά μικρά τους στό μάρσιπο (ένα είδος τσέπης, δερμάτινου σάκου στην κοιλιά τους).



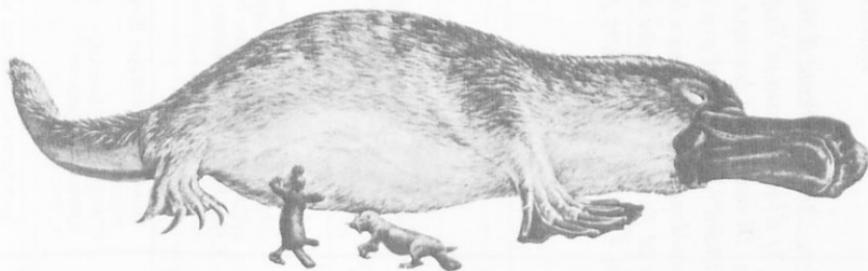
Εικόνα 101: Μία σχηματική παράσταση της προελεύσεως των διάφορων Ἀμνιωτικών Σπονδυλωτών βασισμένη σε νεότερες έρευνες. Με γκριζο χρώμα συμβολίζονται οι ομάδες που είναι ποικιλόθερμες και με ρόδινο οι ομάδες που είναι ομοιόθερμες. Τά Θηραψίδα (Therapsida) πρόγονοι τών Θηλαστικών, τά Θηκοδόνια (Thecodontia) πρόγονοι τών Δεινοσαύρων, οί Δεινόσαυροι, οί Πτερόσαυροι, τά Θηλαστικά και τά Πτηνά (που προέρχονται από τούς Δεινοσαύρους) είναι ομοιόθερμα.



Εικόνα 102: Ὁ σφενόδοντας, μοιάζει μέ σαύρα μά ἀνήκει ταξινομικά σέ μία ἀρκετά διαφορετική ομάδα. Είναι τό μόνο ζῶο πού ζει σήμερα ἀπό αὐτή τήν ομάδα: Ἐνα «ζωντανό ἀπολίθωμα».



Εικόνα 103: Ο Ἀρχαιοπτέρυξ, τὸ πρῶτο πτηνὸ, (φαίνονται καθαρά τὰ φτερά του), ἀπὸ τὴν Ἰουρασικὴ περίοδο. Πολὺ συγγενεὺεὶ μὲ μικροὺς Δεινόσαυρους πού δὲν μποροῦσαν νὰ πετάξουν.



Εικόνα 104: Ἐνα μονότροχημα, ὁ Πλατύπους ἢ Ὀρνιθόρρυγχος, θηλάζει τὰ μικρά του.

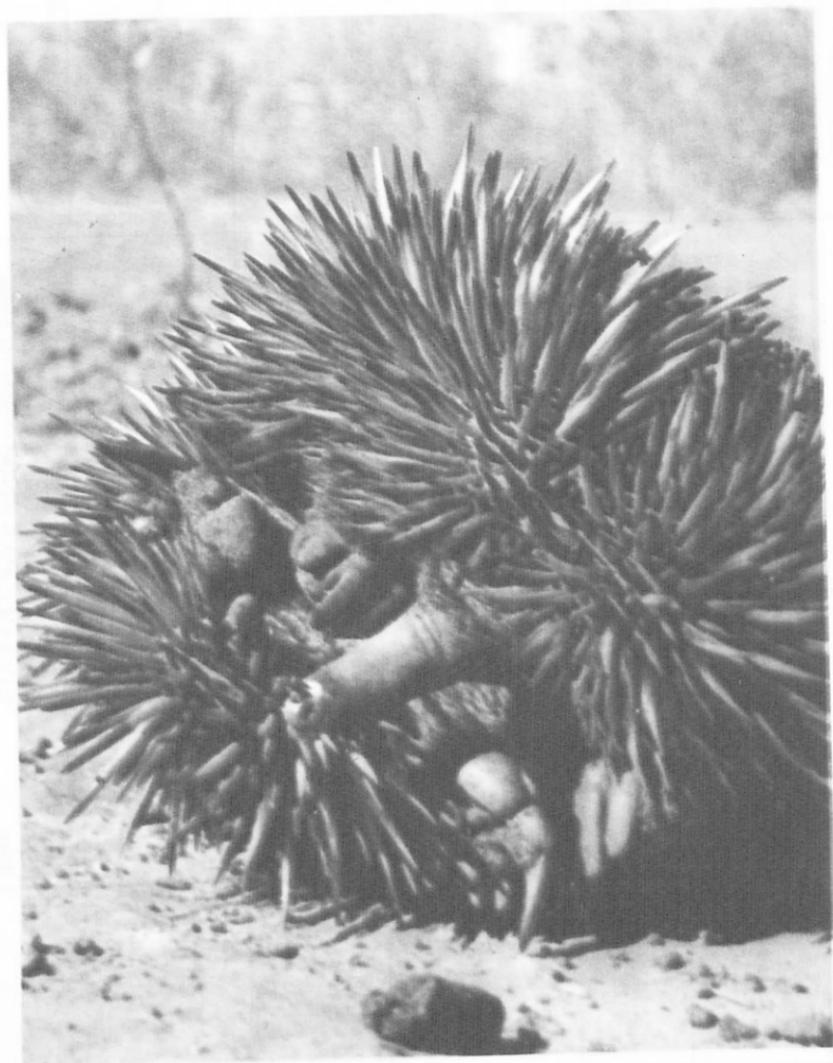
Τὰ καθαυτὸ θηλαστικά προέρχονται ἀπὸ μορφές σάν τὰ σημερινά Ἐντομοφάγα. Τελευταῖος ἀπὸ τὰ θηλαστικά κάνει τὴν ἐμφάνισή του κι ὁ ἄνθρωπος πού ἀνήκει στὴν τάξη τῶν Πρωτεύοντων (ὅπως μὲ πολὺ ὑπερηφάνεια τὴν ὀνόμασε) μαζί μὲ 192 εἶδη διάφορων πιθήκων πού ζοῦν σήμερα. Ὁ Πίνακας 4.2 δίνει περιληπτικά τὴν ἱστορία τῆς Ἐξελίξεως τῶν ἐμβιωθῶντων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

Οι μεγάλοι γεωλογικοί αιώνες (πόσο διάρκεσε ο καθένας) και οι γεωλογικές περιόδους (πόσα χρόνια πριν από τις μέρες μας άρχισαν). Τι είδους οργανισμοί υπήρχαν κατά τη διάρκεια τους και τι κλίμα επικρατούσε. Όλα με μεγάλη απλοποίηση. Οι αριθμοί σε εκατομμύρια χρόνια. Ειδικά για τους αιώνες Προτεροζωϊκό και Αρχαϊκό οι χρόνοι είναι αβέβαιοι (διαφορετικοί στους διάφορους έρευνήτες) και πρέπει να αντιμετώπιζονται με μεγάλη επιφύλαξη. Η ασφαλέστερη μέχρι σήμερα εκτίμηση του χρόνου που σχηματίστηκε ο στερεός φλοιός της γης (και που βρίσκεται με βάση τη σχέση των ισοτόπων του μολύβδου σε συσχέτιση με τη ραδιενεργό διάσπαση του ουρανίου) είναι 4530±40 εκατομμύρια χρόνια από σήμερα.

Αιώνας	Περίοδος	Φυτά	Ζώα	Κλίμα - Γεωλογικές παρατηρήσεις
Καινοζωϊκός 63	0	Φυτικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. Σχηματίζεται η τύρφη.	Ο ζωικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. Δεσπόζουν τα θηλαστικά στα όποια προσφύεται κι ο άνθρωπος. Πολλά μεγάλα θηλαστικά εξαφανίζονται.	Παγετώνες και ενδιάμεσες θερμές περιόδους στο Β. ημισφαίριο. Η Ελλάδα παίρνει τη σημερινή της μορφή. Σχηματισμός του Αιγαίου.
Ο αιώνας των Θηλαστικών και των Άγγειοσπέρμων.	0,7-1,8	Άγγειοσπερμια και Κοινοφύορα έχουν κατακτήσει όλη την Ξηρά. Τροπικά δάση.	Εκρηκτική ανάπτυξη των θηλαστικών. Γρήγορη εξέλιξη των πτηνών. Νουμολίτες άφρονος στις θάλασσες. Τα Έρρετα παραχρυσών τη θέση τους στα θηλαστικά και πτηνά.	~10 ζώα του Πικεριού. ~ 26 Αιγίδια. Ήπιο κλίμα. Όλο κλήρωση του σχηματισμού των σπηριών ψηλών βουνών (Άλπεις, Ίμαλάια κ.ά.)
Μεσοζωϊκός 167	63±2	Πολλά Γυμνόσπερμια εξαφανίζονται. Αρχίζει η ανάπτυξη των Άγγειοσπέρμων.	Εξαφανίζονται πολλά άθροισματα Έρρετων, οι άμμοινίτες, οι βελεμνίτες. Οι Δεινοσαυροί πάντα σε άκμη. Θηλαστικά και πτηνά συνεχίζουν την ανάπτυξη τους.	Αρχίζει η διαδίκασια του σχηματισμού των σπηριών ψηλών βουνών. Ξεστό και υγρό κλίμα. Παγετώνες στην Αϊσπραλία.
Ο αιώνας των Έρρετων και των Γυμνοσπέρμων.	135±5	Δεσπόζουν Κυκλάδες και Κοινοφύορα.	Πρώτα προτόγωνα πτηνά. Εμφανίζονται οι Όστράχθους. Άκμη των Δεινοσαυρών.	Ξεστό όκεάνιο κλίμα διαδέχεται το προηγούμενο μέτρια ξεστό.

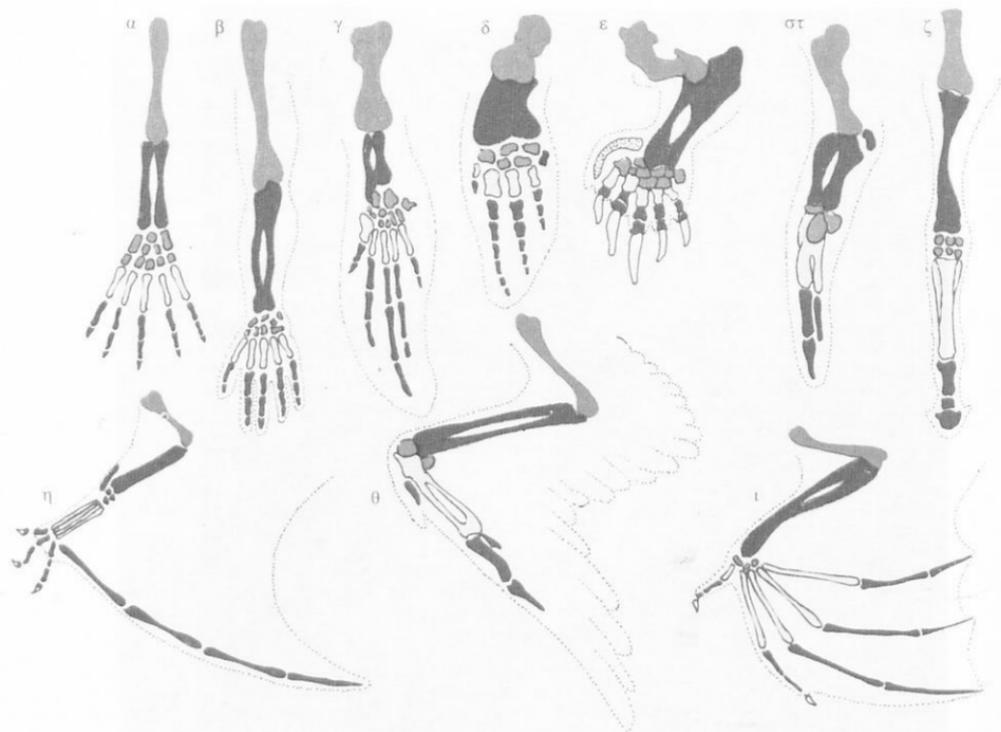
Τριαδική	230±10	Εμφανίζονται τα Κοινοφόρα.	Πρώτα Επιδαστικά . Εμφανίζονται των Αειωνοαίμων . Τα Έρπετα άρχίζουν να είναι κυρίαρχες μορφές ζωής. Αμμονίτες - Βελερινίτες.	Ξηρό και ζεστό κλίμα
Πέριμα	280±10	Έξωφάνίζονται παλαιά είδη. Εμφανίζονται τα πρώτα Γυμνόσπερμα.	Έρπετα και Αμφίβια εξελίσσονται γρήγορα. Τα Έντομα παίρνουν εξελικτικές μορφές. Έξωφάνίζονται οι τριλοβίτες - τα μεροστομάτα (εμβρυοπερο, ξιφοσσοροι) ξαπλώνονται.	Ξηρό κλίμα στέππας. Παγετώνες στο Ν. ημισφαίριο.
Λιθανοθρακοφόρα	345±10	Μεγάλα δάση περιφοριτών, που έκαναν τους λιθάνθρακες, σκεπάζουν την ξηρά. (Καλάμιτες, δεινρόδεις φτέρες, Σιγγιλλάριες, Λεπιδόδεντρα).	Πρώτα Έρπετα, γιγαντιαία έντομα. Φουσσουλίνες. Οι τριλοβίτες άρχίζουν να εξαφανίζονται.	Κλίμα ύγρο και ζεστό στο Β. ημισφαίριο. Ψυχρό στο Νότιο.
Δεβόνια	405±10	Για πρώτη φορά ή ξηρά έχει μεγάλα φυτά που μοιάζουν με δέντρα. Ψιλόφορα, δεινρόδεις φτέρες κ.ά.	Εμφανίζονται και εξελίσσονται γρήγορα οι άμφιβιες . Πρώτα άμφίβια , τα ψάρια εξελίσσονται σε διαφορετικούς τύπους. Ζώα άρχίζουν να βγαίνουν στη στεριά.	Ζεστό και καυμιά φορά τροπικό κλίμα.
Σιλουρία	500±10	Πρώτα χερσαία φυτά.	Με τη μορφή των πρώτων ψαριών εμφανίζονται τα σπονδυλωτά. Οι γροατόλιθοι είναι τα χαρακτηριστικά ζώα της περιόδου. Κοράλια, κεφαλοποδα, εχινόδερμα, ελασματοβράγχια.	Ήπιο κλίμα.
Καμβριο	600±50	Φυκη	Στην προϊστορική θάλασσα αναπτύσσονται τα σπουδαιότερα άθροισματα των σπονδυλωτων. Δεν υπάρχουν ακόμα σπονδυλωτά. Τριλοβίτες τα χαρακτηριστικά ζώα για την περίοδο. Βραχιόποδα, σπόγγοι, τα πρώτα γαστεροποδα (μαλάκια).	Κλίμα ψυχρό έως εύκρατο.
Προεμφροζωικός αιώνας (Αλγκοκτικό) 1800-2100		Φυκη	Η ζωή εμφανίζεται στη θάλασσα και τα πρώτα της ίχνη είναι Ασπόνδυλα (Α.χ. άκτινόζωα, σκουλήκια, ύδρόζωα - πανίδα της Ελλάδας στην Αυστραλία).	Παγετώνες αλλά και κάθε τύπου κλίμα.
Αργαίος αιώνας 800-1100		Δεν υπάρχουν έμβια όντα τουλάχιστο με δριγανωση τέτοια που να άφηγουν με βεβαιότητα διαπιστωμένα άπολιθώματα .		Σχηματίζεται ο στερεός φλοιός της Γης. (4530+40). Οι πρώτες ήπειροι κι οι πρώτοι όκεανοί.



Εικόνα 105: Ή εχιδόνα (δέν έχει σχέση ούτε με το φίδι, την όχιά, όπως δηλώνει το όνομά της, ούτε με το σκαντζόχοιρο), ένα μονότρημα, φαίνεται έδω κουλουριασμένη.



Εικόνα 106: Ένα θηλυκό καγκουρά. Στο μάρσιπό του μέσα με άκροβατικές κινήσεις μπαίνει τό αρκετά μεγάλο πιά παιδί του.



Εικόνα 107: Ὁμόλογα ὄργανα: τὰ μπροστινὰ ἄκρα διάφορων σπονδυλωτῶν. Μὲ ὁμοιο χρῶμα φαίνονται τὰ ὁμόλογα ὀστά. α = μιά σχηματικὴ παράσταση τοῦ ἄκρου στὰ σπονδυλωτά, β = χέρι ἀνθρώπου, γ = πρόσθιο ἄκρο θαλάσσιας χελώνας, δ = δελφινιοῦ, ε = τυφλοπόντικα, στ = πιγκουίνου (πιτηνοῦ), ζ = ἀλόγου, η = πτεροδάκτυλου (ἔρπετου ποῦ πετοῦσε, δὲν ζεῖ πιά), θ = δρνηθας, ι = νυχτερίδας.

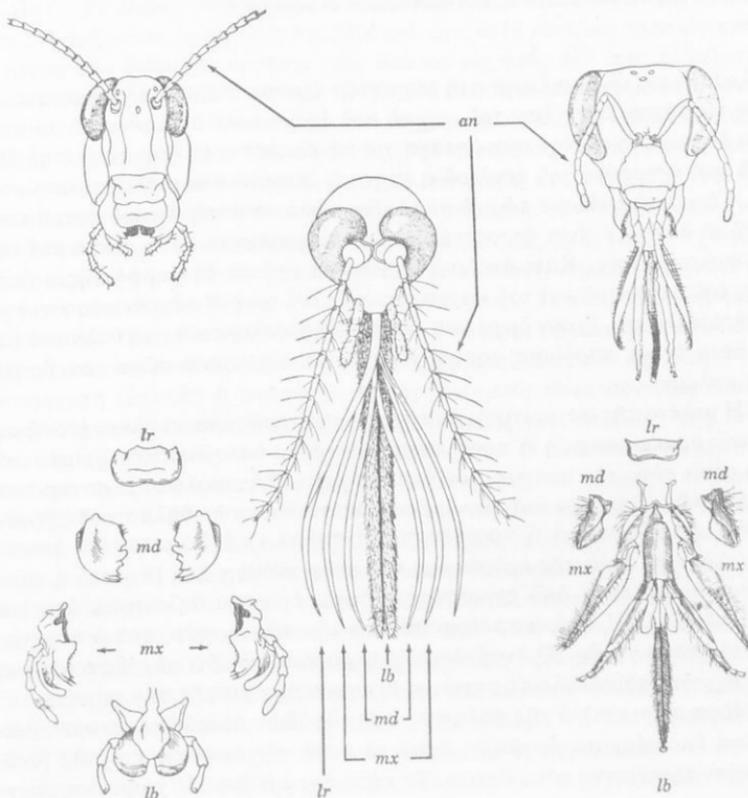
4.8 Ὁμόλογα, ἀνάλογα καὶ ὑπολειμματικά ὄργανα

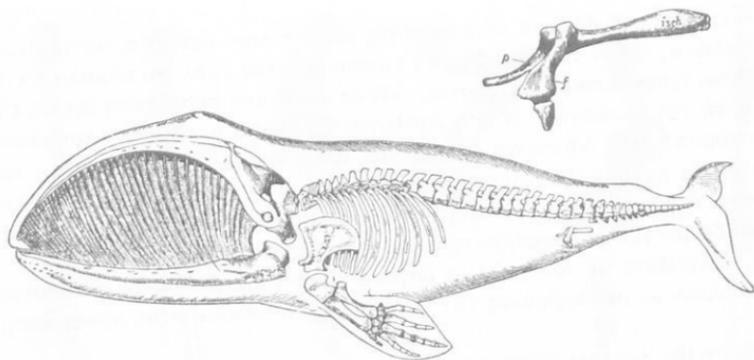
Ἡ συγκριτικὴ μελέτη τῆς μορφολογίας καὶ τῆς ἀνατομίας τῶν διάφορων ζώων καὶ φυτῶν πλουτίζει μὲ σοβαρὲς ἐνδείξεις τὴν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως. Σὲ πολλὰ «συγγενή» ζωντανὰ εἶδη βρίσκουμε ὁμόλογα ὄργανα ποῦ ἔχουν τὴν ἴδια βασικὴ δομὴ ἄσχετα ἂν χρησιμεύουν γιὰ διαφορετικὲς λειτουργίες ἢ ἔχουν διαφορετικὲς ὄψεις. Καὶ ὁ Goethe ἀκόμη εἶχε καταλάβει πὼς τὰ σέπαλα καὶ τὰ πέταλα τῶν λουλουδιῶν εἶναι τροποποιημένα φύλλα. Οἱ ἀνατόμοι ξέρουν πὼς ὁ σκελετὸς τῶν πιτηνῶν, τῶν ἔρπετῶν καὶ τῶν θηλαστικῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ ὁμόλογα ὀστά. Τὰ χέρια τοῦ ἀνθρώπου,

τά πόδια του αλόγου, οι φτερούγες του πουλιού και τα πρόσθια άκρα της χελώνας έχουν την ίδια βασική κατασκευή από ομόλογα κόκαλα, εκτελούν όμως διαφορετικές λειτουργίες. Μόνο μία κοινή προέλευση εξηγεί εύκολα αυτή την ομολογία. Η ίδια ομολογία βρίσκεται μεταξύ των τμημάτων του στόματος των διάφορων εντόμων αν και ο τρόπος διατροφής τους τα έχει αρκετά παραλλάξει. Δές λ.χ. στην εικόνα 108 πόσο διαφέρουν τα στοματικά τμήματα μιάς ακρίδας, που μασσά χόρτο, ενός κουνουπιού, που τρυπά το δέρμα για να ρουφήξει το αίμα, και μιάς μέλισσας.

Αντίθετα με τα ομόλογα όργανα είναι τα **ανάλογα**: οι φτερούγες των πουλιών κι οι μεμβράνες της νυχτερίδας διαφέρουν στην προέλευση, έπι-

Εικόνα 108: Ομόλογα όργανα: στοματικά μέρη εντόμων. Άριστερά μιάς ακρίδας, στη μέση ενός κουνουπιού και δεξιά μιάς μέλισσας. an = κεραίες, lr = άνω χείλος, lb = κάτω χείλος, md = άνω γνάθος, mx = κάτω γνάθος.





Εικόνα 109: Σκελετός φάλαινας που δείχνει τα υπολείμματα των οστών της λεκάνης και των οπίσθιων άκρων. Δεξιά πάνω τα ίδια υπολείμματα σε μεγεθυσση.

τελοῦν ὁμως τό ἴδιο ἔργο: στή νυχτερίδα ἔχουμε δέρμα διπλωμένο μεταξὺ τῶν τεσσάρων δαχτύλων τοῦ χεριοῦ πού ἔχουν πολύ ἐπιμηκυνθεῖ (τό πέμπτο δάχτυλο ἔχει νύχι σάν ἀρπάγη γιά νά κρεμῆται τό ζῶο στίς σπηλιές), ἐνῶ στή φτερούγα τοῦ πουλιοῦ ἡ πτητική ἐπιφάνεια ἀποτελεῖται ἀπό φτερά. Τά κόκαλα εἶδαμε πῶς εἶναι τά ἴδια μόνο πού στή φτερούγα τοῦ πουλιοῦ τά δάχτυλα εἶναι ἀτροφικά. Ἡ ὁμοία λειτουργία κάνει ὁμοία καί τήν μορφολογία τους. Κάτι ἀνάλογο συμβαίνει καί μέ τή μορφή τῆς φάλαινας, τοῦ δελφινιοῦ καί τοῦ καρχαρία: ἐνῶ ὅλα τους δέν ἔχουν τόσο συγγενική προέλευση, ἔχουν ὁμως ἴδιο τρόπο ζωῆς, κολυμποῦν στή θάλασσα καί γι' αὐτό ἔχουν παρόμοια μορφή, δηλαδή ὑδροδυναμικό σῶμα πού βοηθᾷ στό κολύμπι.

Ἡ μελέτη τῆς συγκριτικῆς ἀνατομίας μᾶς προσφέρει κι ἄλλες ἐνδείξεις. Εἶναι χαρακτηριστική ἡ προέλευση τῶν τριῶν ὀσταρίων πού βρίσκονται στό μέσο αὐτί: τῆς σφύρας, τοῦ ἄκμονα καί τοῦ ἀναβολέα. Ἡ συγκριτική μελέτη τῶν Ἑρπετῶν καί τῶν ἐμβρυϊκῶν σταδίων τῶν θηλαστικῶν βοηθᾷ νά διαλευκανθεῖ αὐτή ἡ προέλευση. Ἡ σφύρα κι ὁ ἄκμονας στά ἔρπετά ἀποτελοῦν τά ὀστά τῆς ἀρθρώσεως τῆς κάτω γνάθου. Στά Ἑρπετά ἡ κάτω γνάθος ἀποτελεῖται ἀπό περισσότερα ὀστά, ἐνῶ στά θηλαστικά ἀπό ἕνα μόνο κόκαλο. Ἡ σφύρα προέρχεται ἀπό τήν κάτω γνάθο, ἐνῶ ὁ ἄκμονας ἀπό τήν πάνω γνάθο. Ὁ ἀναβολέας ὑπάρχει καί στό αὐτί τῶν Ἑρπετῶν καί προέρχεται ἀπό κόκαλο τῆς πρώτης βραγχιακῆς σχισμῆς τῶν ψαριῶν.

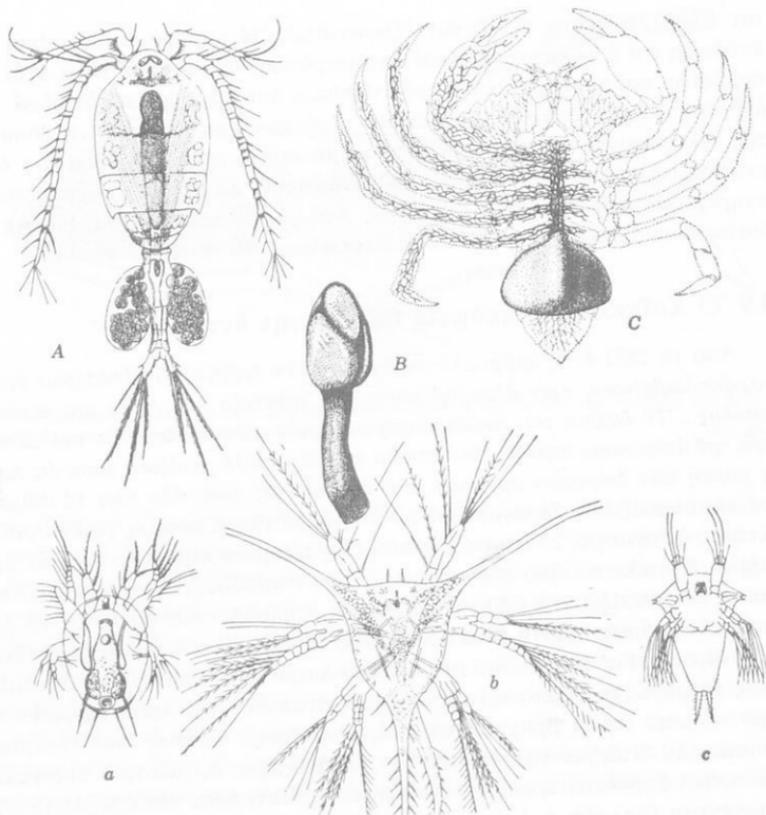
Μέσα στήν κοιλιά τῆς φάλαινας, τοῦ ὑδρόβιου αὐτοῦ θηλαστικοῦ, βρισκουμε ὑπολείμματα ὀργάνων, ὅπως τά ὀστά τῆς λεκάνης καί τῶν (ἀνύπαρκτων ἐξωτερικά) κάτω ἄκρων. Τά κάτω ἄκρα βέβαια δέ χρησιμοποιοῦν-

ται πιά αλλά άκόμα δέν έχουν εξαφανιστεί. Ή παρουσία τους είναι μιá απόδειξη ότι ή φύλαίνα προήρθε από τετράποδα θηλαστικά. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και μέ τόν κόκκυγα του άνθρώπου που μās θυμίζει τήν ούρά: στό άνθρώπινο έμβρυο αναπτύσσεται μιá ούρά που όμως στήν έκτη βδομάδα τής εγκυμοσύνης άποτελεί πιά **υπολειμματικό** όργανο αλλά και μιá ανάμνηση ζωολογικών συγγενειών του άνθρώπου. Σέ τέτοιες παρατηρήσεις στηρίχτηκε κι ό γερμανός ζωολόγος Χαϊκελ (Haeckel 1834-1919) γιά νά διατυπώσει αυτό που μεγαλόστομα άποκάλεσε «Βιογενετικό νόμο».

4.9 'Ο Χαϊκελ κι οί άπόψεις του γιά τήν όντογένεση

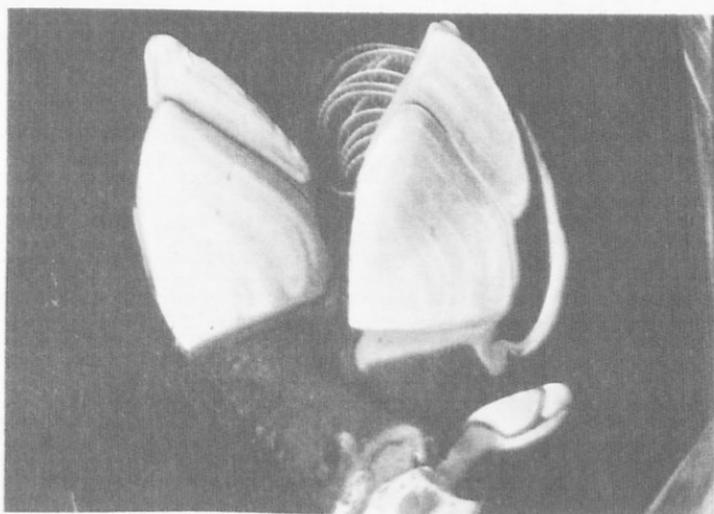
Ή από 1821 ένας έμβρυολόγος έγραφε «Τά έμβρυα των άνώτερων όργανισμών διαβαίνουν, πριν όλοκληρώσουν τήν ανάπτυξή τους, από μιá διαδοχή σταδίων... Τά έμβρυα των άνώτερων όργανισμών, των θηλαστικών και ειδικότερα του άνθρώπου, περνούν από στάδια που λίγο πολύ μοιάζουν τόσο ως προς τή μορφή των διάφορων όργάνων τους όσο και ως προς όλο τους τό σώμα... στά κατώτερα ζώα». Πραγματικά τό ζυγωτό κύτταρο μοιάζει μέ ένα μονοκύτταρο όργανισμό. Σ' ένα στάδιο που τό χωρισμένο πιά σέ πολλά κύτταρα έμβρυο άποτελείται από δύο στρώσεις (δύο στοιβάδες) κυττάρων θά 'λεγε κανείς πώς θυμίζει τήν ύδρα ή τό κοράλι, δηλαδή κοιλεντερωτό. Τό πίο έκπληκτικό όμως ήταν ή ανακάλυψη πώς τά έμβρυα των θηλαστικών (και του άνθρώπου) σ' ένα στάδιο φέρουν στό λαιμό τους βραγχιακές σχισμές, όπως τά ψάρια (που από τέτοιες σχισμές αναπνέουν, δηλαδή αφήνουν τό νερό νά μπει ως τά βράγχια, τά σπάραγνά τους). Τέτοιες παρατηρήσεις ώθησαν τόν Ντάρβιν νά υποθέσει πώς οί άνώτεροι όργανισμοί προήλθαν εξελικτικά από κατώτερους. 'Ο Χαϊκελ όμως διατύπωσε τόν άφορισμό «Ή όντογένεση (δηλαδή ή ανάπτυξη του όργανισμού) είναι σύντομη επανάληψη τής φυλογένεσης (δηλαδή τής εξελικτικής του ίστορίας, τής ιστορίας τής προελεύσεώς του κατά τήν Ήξέλιξη)». 'Ο Χαϊκελ κι οί μαθητές του υποστήριξαν άκραίες άπόψεις που δέ συμμερίζονται σήμερα οί βιολόγοι. Δέν είναι άλήθεια πώς πάντα ή όντογένεση άνακεφαλαιώνει τή φυλογένεση. Τά έμβρυα αλλάζουν πορεία ανάπτυξεως κατά τήν εξέλιξη του είδους κι αυτές οί αλλαγές δέν είναι πάντοτε άνακεφαλαίωση τής ίστορίας τής προελεύσεως του είδους της. Όμως είναι άλήθεια πώς πολλές φορές γιά νά γίνει ένα όργανο διαφορετικό άπ' ό,τι ήταν προηγούμενα στήν εξελικτική ίστορία του όργανισμού, ό όργανισμός άκολουθει στήν έμβρυϊκή του φάση μιá πορεία όμοια μέ αυτήν που άκολούθησε παλιά και προς τό τέλος τήν αλλάζει ώστε και τό τελικό άποτέλεσμα νά 'ναι διαφορετικό. Ή υπάρχει λοιπόν και κάποια άλήθεια στίς άπόψεις του Χαϊκελ.

Παράδειγμα λαμπρό τής χρησιμοποίησης των άπόψεων του Χαϊκελ



Εικόνα 110: Όμοιότητα των προνυμφικών μορφών (ναύπλιων) σε διάφορα πολύ άνομοια Όστρακωτά. Α Κύκλωπας, α ο ναύπλιός του, Β Λεπάς, b ο ναύπλιός της, C ή Σακκουλίνα παρασιτεί ένα καβούρι, c ο ναύπλιός της.

στη Συστηματική είναι η ταξινόμηση στα Όστρακωτά διάφορων πολύ αλλοιωτικών από αυτά μορφών. Στα Όστρακωτά ανήκουν οι γαρίδες, τα καβούρια και άλλα ζώα όπως είναι οι κύκλωπες: η εικόνα 110 δείχνει στο Α έναν κύκλωπα. Η προνυμφική μορφή του κύκλωπα (τό μικρό που θα γίνει κύκλωπας) ονομάζεται ναύπλιος (α της εικόνας). Υπήρχαν ζώα που δεν ήξεραν οι ζωολόγοι πού νά τα κατατάξουν: ένα ήταν η Λεπάς (B στην εικόνα). Τό πόδι της στερεώνεται μόνιμα σε στερεά αντικείμενα πού επιπλέουν π.χ. ναυάγια, θαλάσσιες χελώνες. Μοιάζει μάλλον με κάποιο είδος σκόληκα παρά με όστρακωτό. Κι όμως η προνυμφική του μορφή (b της

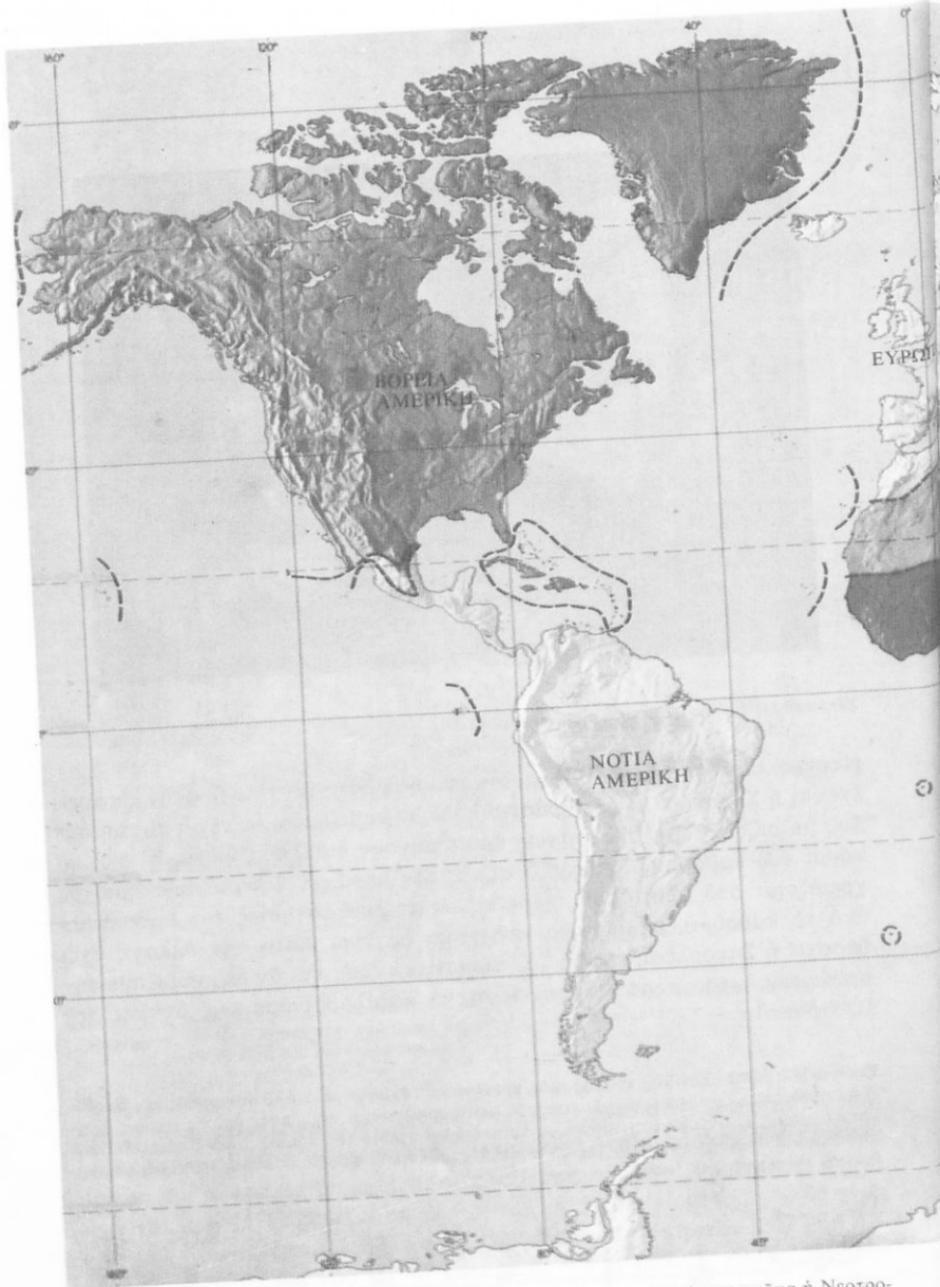


Εικόνα 111: Δυό διαφορετικά είδη Λεπάδων.

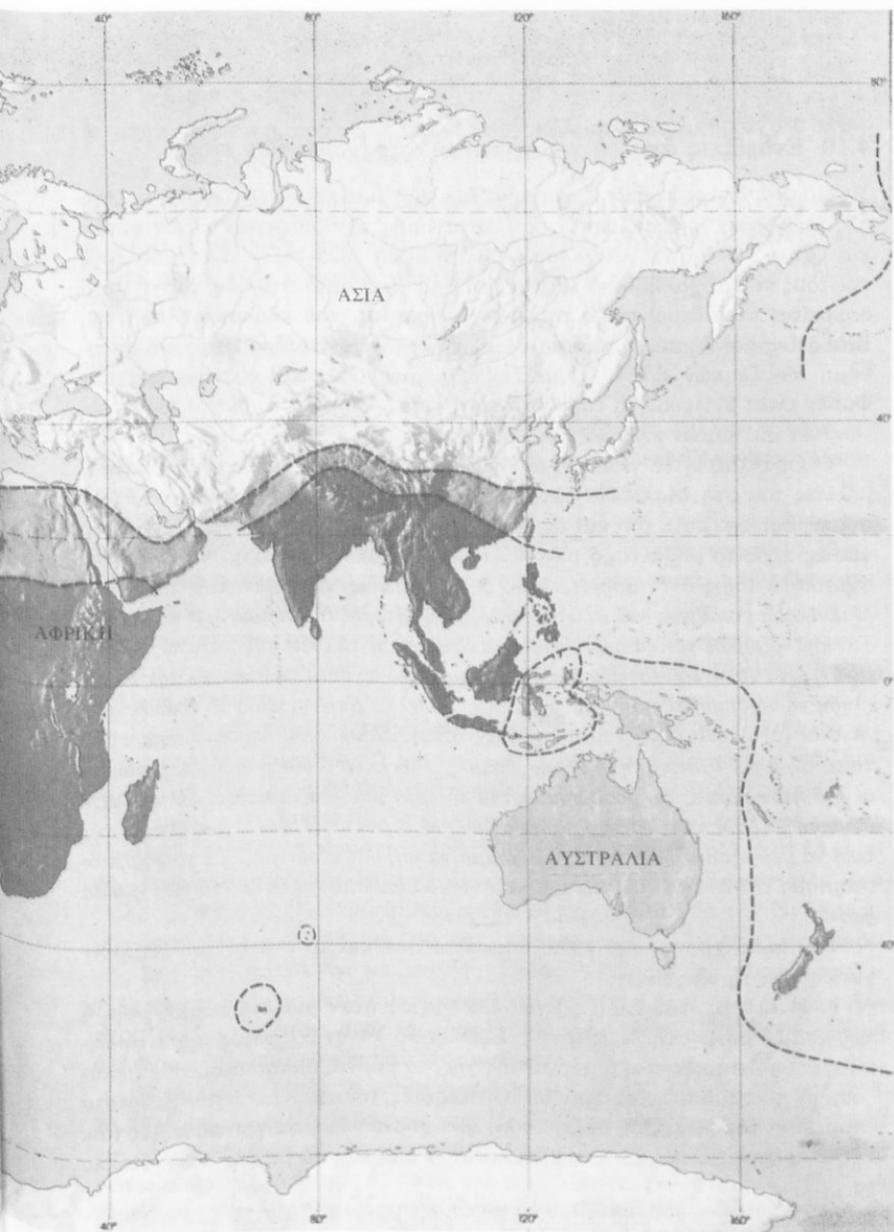
είκονας) είναι ναύπλιος. Ίδια προνυμφική μορφή, ναύπλιο (c στην εικόνα), έχει κι ή Σακουλίνα, ένα παράσιτο πολλών καβουριών που έχει μορφή σάκου με ριζοειδείς έκβλαστήσεις που μπαίνουν διακλαδιζόμενες σ' όλο τό κορμί του καβουριού. Αυτός ο σάκος δέν περιέχει πεπτικό σύστημα (δέ χρειάζεται στο ζώο, αφού τρέφεται με τίς έκβλαστήσεις του κατευθειάν από τό καβούρι), αλλά μόνο γεννητικά όργανα. Αυτή τήν αλλαγή έχει υποστεί ή Σακουλίνα, επειδή ζεί παρασιτική ζωή, και αν δέ γνωρίζαμε τήν προνυμφική της μορφή αποκλείεται νά καταλαβαίναμε πώς ανήκει στά Όστρακωτά.

Εικόνα 112: Ό βιολογικός κύκλος μιάς πεταλούδας: άκμαία μετά από γονιμοποίηση αποθέτουν αυγά άπ' όπου βγαίνουν κάμπιες που μεταμορφώνονται σέ νύμφες άπ' τίς όποιες βγαίνουν άκμαία. Ό όντογένεση, ειδικά τό προνυμφικό στάδιο τής κάμπιας, δέν άποτελεί άναγκαστικά μιά άκριβή άνάμνηση τής φυλογένεσης: ή κάμπια προσαρμόστηκε στή ζωή που κάνει, νά τρώει φυτικούς ιστούς.





Εικόνα 113: Οι μεγάλες Ζωογεωγραφικές Ζώνες. Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα ή Νεοτροπική, με καφέ ή Νεαρκτική, με κίτρινο ή Παλαιαρκτική, με μαβί ή Ανατολική, με κόκκινο ή Αίθιοπική, με γαλάζιο ή Αυστραλιανή, με πορτοκαλί ή νησιωτική και με γκριζό οι ενδιάμεσες ή μεταβιακές ζώνες.



4.10 Ένδειξεις από τη γεωγραφική κατανομή των ειδών

Πολλές άλλες ενδείξεις για την Έξελιξη μᾶς προσφέρει καί ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς ἐξαπλώσεως καί κατανομῆς τῶν διάφορων ειδῶν φυτῶν καί ζώων. Ὁ ἄγγλος Οὐάλλας (A.R. Wallace 1823-1913) εἶναι ἀπό τούς πρώτους πού ἀσχολήθηκαν ἰδιαίτερα μέ τό θέμα αὐτό στά ζῶα καί γι' αὐτό θεωρεῖται κι ὁ θεμελιωτής τῆς **Ζωογεωγραφίας**, τοῦ κλάδου δηλαδή τῆς Βιολογίας πού ἐξετάζει τά σχετικά μέ τή γεωγραφική ἐξάπλωση καί κατανομή τῶν ζωικῶν ειδῶν. Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς καί ἐξαπλώσεως τῶν Φυτῶν εἶναι ἀντικείμενο τῆς **Φυτογεωγραφίας**. Τά ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν τῶν δύο αὐτῶν κλάδων εἶναι συμπληρωματικά.

Ὁ Οὐάλλας ἐγινε γνωστός καί γιά κάτι ἄλλο: ἀπό τίς ζωογεωγραφικές μελέτες του στή Μαλαισία ἔφτασε ἀνεξάρτητα ἀπό τόν Ντάρβιν στά ἴδια συμπεράσματα μαζί του καί ὡς πρός τήν πραγματικότητα τῆς Έξελίξεως καί ὡς πρός τό μηχανισμό μέ τόν ὁποῖο γίνεται ἡ Έξέλιξη. Νά τί γράφει σχετικά ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν: *...καί ὁ κ. Οὐάλλας, πού βρίσκεται τώρα στό Μαλαϊκό ἀρχιπέλαγος καί μελετᾷ τή φυσική ἱστορία τοῦ τόπου, ἔχει καταλήξει στά ἴδια ἀκριβῶς γενικά συμπεράσματα σχετικά μέ τό θέμα τῆς καταγωγῆς τῶν ειδῶν. Στά 1858 μοῦ ἔστειλε ἓνα ὑπόμνημα πάνω σ' αὐτό τό θέμα, μέ τήν παράκληση νά τό διαβιβάσω στόν σέρ Τσάρλς Λάυελλ. Ἐκεῖνος πάλι τό ἔστειλε στή Λινναία [ἰνστιτούτο πρὸς τιμῆ τοῦ Λινναίου] Ἐταιρία καί δημοσιεύτηκε στόν τρίτο τόμο τοῦ δελτίου της. Ὁ σέρ Τσάρλς Λάυελλ κι ὁ δόκτωρ Χοῦκερ, πού κι οἱ δύο ἦταν κάπως πληροφορημένοι γιά τό ἔργο μου – ὁ δεύτερος μάλιστα εἶχε διαβάσει ἀπόσπασμα τοῦ χειρογράφου μου πού ἔγραψα τό 1844 – μοῦ ἔκαναν τήν τιμῆ νά θεωρήσουν πὼς θά 'ταν σκόπιμο νά δημοσιευτοῦν μαζί μέ τό ἐξαιρετο ὑπόμνημα τοῦ κ. Οὐάλλας καί μερικά σύντομα ἀποσπάσματα ἀπ' τά χειρόγραφα μου».*

Τόν ἄλλο χρόνο, στά 1859, δημοσιεύτηκε καί τό βιβλίο τοῦ Ντάρβιν γιά τή γένεση τῶν ειδῶν.

Ὁ γεωλόγος Λάυελλ (C. Lyell 1797-1875) ἦταν μιά σημαντική μορφή πού ἔπαιξε ρόλο στή θεωρία τῆς Έξελίξεως. Εἶναι ὁ πρῶτος πού στή Γεωλογία ὑποστήριξε πὼς ἡ μορφή τῆς γῆς, τά βουνά, οἱ κοιλάδες κτλ. ἀλλάζουν μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου. Οἱ ἀπόψεις τοῦ Λάυελλ εἶχαν βαθύτητα ἐπηρεάσει τόν Ντάρβιν, ὅταν εἴκοσι δύο χρονῶν ἔφευγε γιά τό ταξίδι του. Στή διάρκεια τοῦ ταξιδιοῦ συμβουλευόταν διαρκῶς τό βιβλίο τοῦ Λάυελλ.

Οἱ Ζωογεωγράφοι χωρίζουν τή γῆ σέ ἐξί μεγάλες ζώνες.

- Στήν **Παλαιαρκτική**, πού περιλαμβάνει τήν Εὐρώπη, τή Βόρειο Ἀφρική καί τήν Ἀσία ἐκτός ἀπό τήν Ἰνδία.
- στή **Νεαρκτική**, πού περιλαμβάνει τή Βόρεια Ἀμερική.

- στην **Αιθιοπική**, πού περιλαμβάνει την υπόλοιπη Ἄφρική καί μιά ἄκρη τῆς Ἀραβικῆς χερσονήσου.
- στή **Νεοτροπική**, πού περιλαμβάνει τή Νότια καί Κεντρική Ἀμερική.
- στήν **Ἀνατολική**, πού περιλαμβάνει τίς Ἰνδίες, Βιρμανία, Ταϊλάνδη, τίς χῶρες τῆς Ἰνδοκίνας, Μαλαισία, καί τά νησιά Σουμάτρα, Ἰάβα, Βόρνεο
- καί στήν **Αὐστραλιανή**, πού μαζί μέ τήν Αὐστραλία περιέχει καί τή Νέα Γουίνεα.

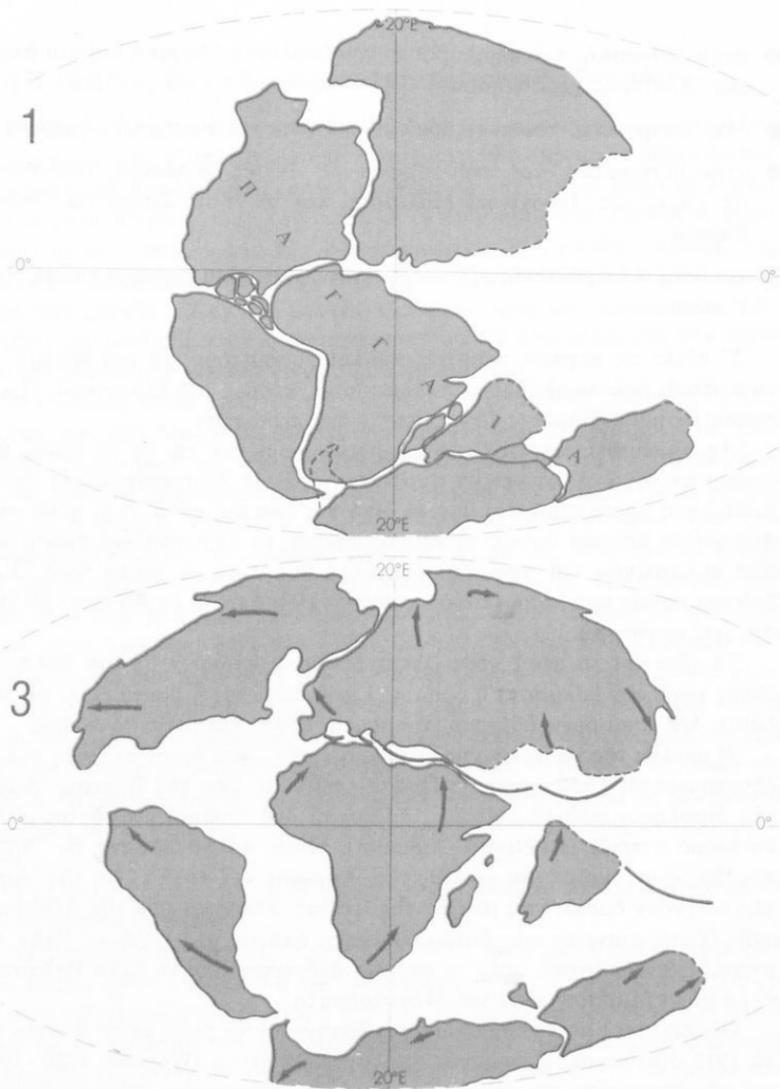
Σ' αὐτές τίς μεγάλες περιοχές πολλοί προσθέτουν καί μιά ἑβδομη, τή **νησιωτική**, πού περιλαμβάνει πολλά νησιά, κυρίως τοῦ Εἰρηνικοῦ. Προσθέτουν ἀκόμα ἐνδιάμεσες ζώνες μεταξύ δυό περιοχῶν.

Ἄς σημειωθεῖ πῶς οἱ Φυτογεωγράφοι χωρίζουν τή γῆ σέ ζῶνες πού διαφέρουν λίγο, ἀλλά γενικά συμπίπτουν μέ τίς Ζωογεωγραφικές ζώνες. Κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται ἀπό τά δικά της ζῶα καί φυτά. Ἀ.χ. μόνο στήν Αὐστραλία βρῖσκει κανεῖς τά Μονοτρήματα, τά περίεργα καί πρωτόγονα εἶδη θηλαστικῶν πού γεννοῦν αὐγά ἀλλά θηλάζουν τά μικρά τους. Ἐκεῖ βρῖσκει κανεῖς καί Μαρσιποφόρα, μερικά εἶδη ἀπό τά ὁποῖα εἶναι τά γνωστά μας καγκουρώ.

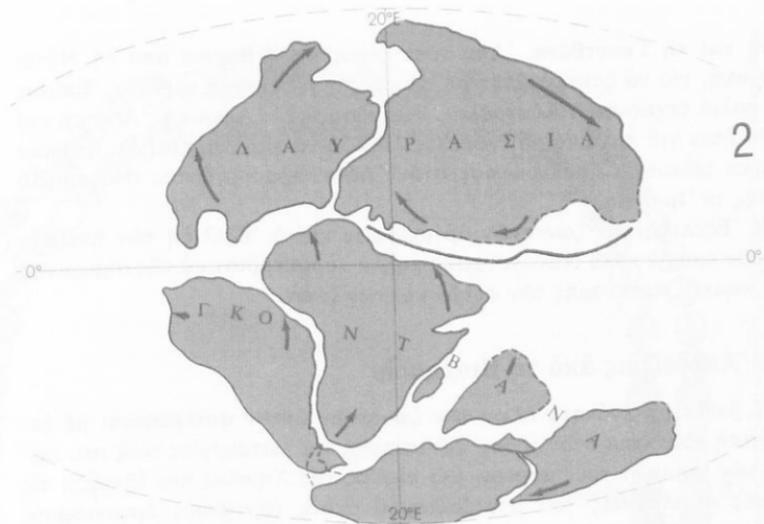
Τά ζῶα καί τά φυτά κάθε ζώνης δύσκολα φτάνουν σέ μιά ἄλλη: τίς ζῶνες χωρίζουν θάλασσες ἢ ἐρημοί (λ.χ. ἡ Σαχάρα) ἢ βουνά (λ.χ. τά Ἰμαλάια). Δέν εἶναι ὁμοῦ ἀδύνατο νά παρατηρηθοῦν καί μεταναστεύσεις.

Ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς κατανομῆς τῶν ζῶων ἔφερε στό φῶς πολλῆς ἀξιοσημείωτες παρατηρήσεις: Πρῶτα-πρῶτα, τά ζῶα τῆς Βόρειας Ἀμερικῆς διαφέρουν ἀπό τῆς Νότιας, ἄν καί οἱ δυό ἡπειροί ἐνώνονται μ' ἓνα διάδρομο στεριᾶς (Κεντρική Ἀμερική). Μετά, πολλά ζῶα τῆς Ν. Ἀμερικῆς δείχνουν ὁμοιότητες μέ ζῶα τῆς Ἀφρικῆς καί πολλά ζῶα τῆς Ἀφρικῆς δείχνουν ὁμοιότητες μέ ζῶα τῆς Ἰνδίας. Τέλος τά ζῶα τῆς Αὐστραλιανῆς ζώνης φαίνεται πῶς διαφέρουν πολύ ἀπό τίς ἄλλες ζῶνες. Στήν Αὐστραλία δέν ὑπῆρχαν, πρῖν τά φέρει ὁ ἄνθρωπος διόλου ἄλλα θηλαστικά ἀλλά μόνο Μαρσιποφόρα καί Μονοτρήματα.

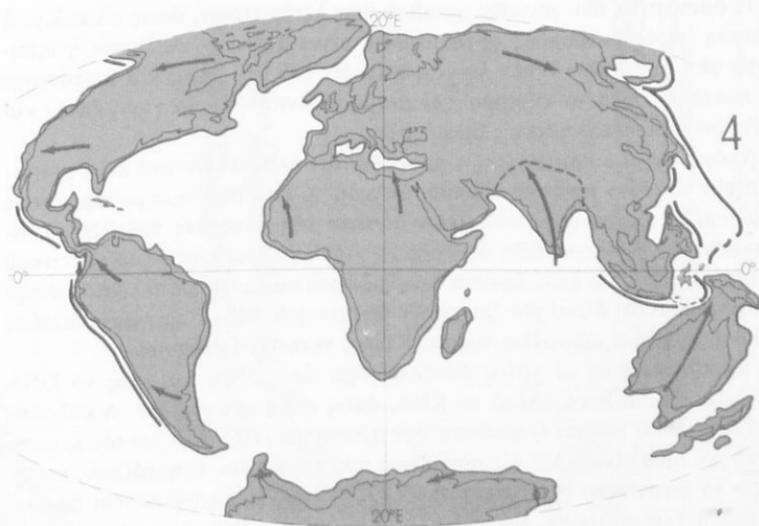
Οἱ περίεργες αὐτές παρατηρήσεις ἐρμηνεύονται καλά μέ τή θεωρία πού τό 1915 διατύπωσε ὁ γερμανός γεωλόγος Βέγγενερ (Wegener 1880-1930) γιά τή μετατόπιση τῶν σημερινῶν ἡπείρων, θεωρία πού σήμερα συμπληρώνεται ἀπό τίς νεώτερες ἀπόψεις γιά τίς τεκτονικές πλάκες. Μιά σύντομη περιγραφή τῆς θεωρίας δίνουν τά τέσσερα σχήματα πού δείχνουν πῶς ἦταν στήν Πέρμιο περίοδο, τήν Τριαδική καί τήν Κρητιδική ἡ κατανομή τῆς στεριᾶς καί πῶς εἶναι σήμερα. Ἡ ἐνιαία στεριά τῆς παλαιᾶς ἡπείρου Παγγαίας (Παν-Γαῖα = ὅλη ἡ Γῆ) χωρίστηκε σέ δυό κομμάτια: τήν Λαυρασι-



Εικόνα 114: Στο τέλος της Πέρμιας εποχής (έδω και 230 εκ. χρόνια) οι ηπειροί ένομενες σχημάτιζαν την Παγγαία (πρώτο σχήμα). Στην Τριαδική (210 εκ. χρόνια) άρχισε ο άποχωρισμός που κατάληξε στο τέλος της Τριαδικής στο σχηματισμό της Λαυρασίας και της Γκοντβάνας (δεύτερο σχήμα). Στην Ίουρασική και Κρητιδική οι Άμερικές χωρίζονται και πηγαίνουν δυτικά, (το τρίτο σχήμα δείχνει την κατάσταση στο τέλος της Κρητιδικής, πριν 63 εκ. χρόνια). Τά Ίμαλάια σχηματίζονται όταν ή Ίνδία προσκρούει κι' έχώνεται με την Άσία. Το τέταρτο σχήμα δείχνει τη σημερινή κατανομή της Ξηράς.



2



4

ατική και τη Γκοντβάνα. Από τότε ξεχώρισε ή Βόρεια από τη Νότια Αμερική, για να ξαναενωθούν σε πρόσφατη γεωλογική περίοδο. Επίσης από παλιά ξεχώρισε ή Αυστραλία. Αντίθετα ή Ν. Αμερική, Αφρική και Ινδία ήταν για πολύ καιρό ενωμένες. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι ή Ινδία σχετικά τελευταία ξανακόλλησε στην Ασία δημιουργώντας στο σημείο επαφής τά Ιμαλάια.

Η Έξέλιξη των ζωντανών οργανισμών και ή Έξέλιξη των ηπείρων εξηγούν λοιπόν πολύ ικανοποιητικά πολλά χαρακτηριστικά της σημερινής γεωγραφικής κατανομής των φυτών και των ζώων.

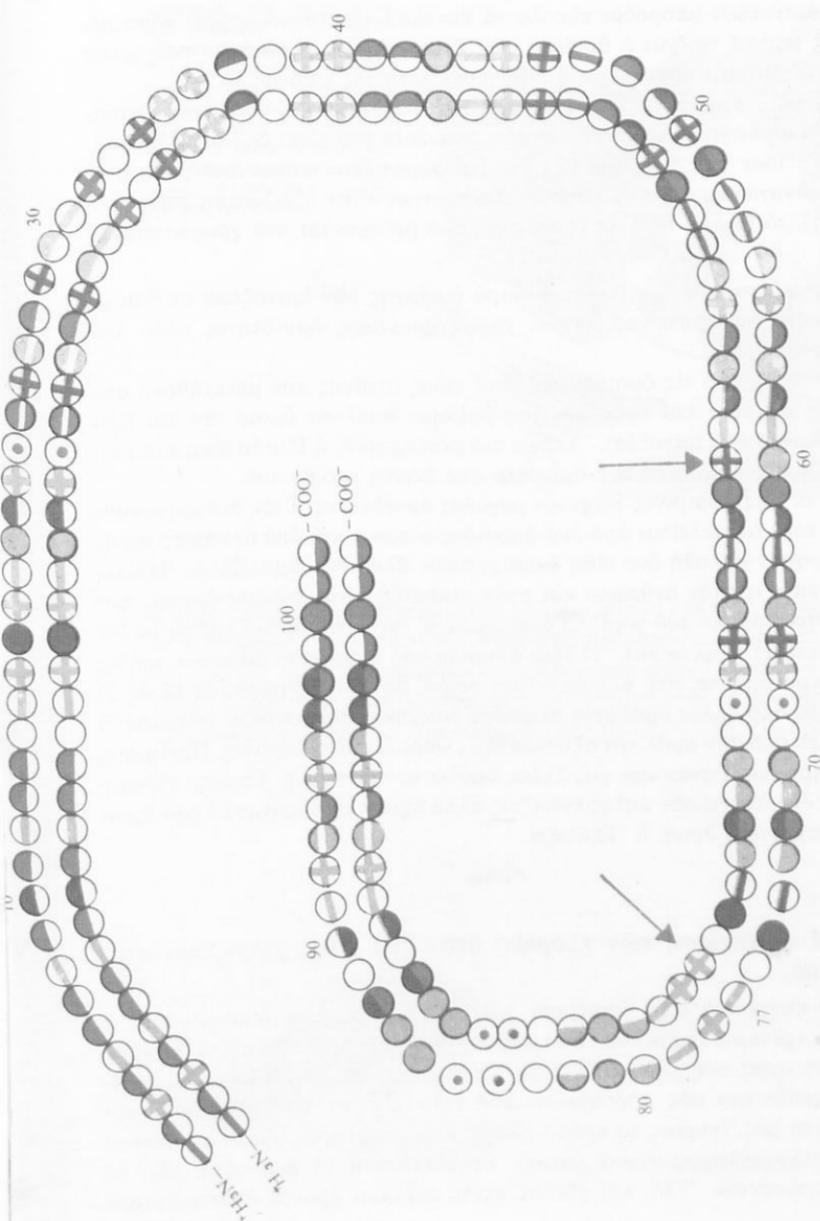
4.11 Αποδείξεις από τη Βιοχημεία

Η βαθύτερη ενότητα όλων των ζωντανών όντων φανερώνεται μέ εκπληκτική ευκρίνεια στον τρόπο κατασκευής και λειτουργίας τους στό επίπεδο των χημικών τους μορίων. [Ο κλάδος της Χημείας πού εξετάζει τίς χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού στους ζωντανούς οργανισμούς ονομάστηκε **Βιοχημεία**].

Η ομοιότητα των γενικών μεταβολικών λειτουργιών, όπως είναι λ.χ. ή αναπνοή στους διάφορους οργανισμούς, είναι μεγάλη. Άλλωστε ή ομοιότητα των ζωντανών όντων γίνεται φανερή και στη δομή και λειτουργία του κυττάρου: όλα τά κύτταρα των μικροοργανισμών, μυκήτων, ζώων και φυτών δείχνουν εκπληκτικές ομοιότητες.

Άκόμα μεγαλύτερη έκπληξη προκαλεί ότι όλα τά ζωντανά είδη χρησιμοποιούν τον ίδιο **γενετικό κώδικα**, δηλαδή τό ίδιο σύστημα μεταφράσεως μέ τό όποιο οί τριάδες διαδοχικών βάσεων της άλυσίδας του RNA αντιστοιχούν στά διάφορα είδη άμινοξέων. Αυτή ή ομοιότητα του γενετικού κώδικα και μόνο θά ήταν άρκετή άπόδειξη για ά δεχτόμε τελεσίδικα τήν κοινή προέλευση όλων των ζωντανών οργανισμών: είναι πράγματι τελείως άπιθανο να χρησιμοποιείται τυχαία ό ίδιος γενετικός κώδικας.

Γνωρίζουμε πώς οί γόνι οι άποτελούνται από DNA, και πώς τό DNA μεταγράφεται σε RNA. Αυτό τό RNA, όπως είπαμε, άποτελεί τό καλούπι πάνω στό όποιο γίνεται ή σύνθεση των πρωτεϊνών. Οί γόνι οι λοιπόν έμμεσα συνθέτουν πρωτεΐνες. Μέ τίς πρωτεΐνες πού συνθέτουν επηρεάζουν, καθορίζουν τό φαινότυπο του οργανισμού. Οί πρωτεΐνες άποτελούνται άρχικά από μία ή περισσότερες μακρίες άλυσίδες άμινοξέων πού μπορεί μετά να διπλώνονται παίρνοντας διάφορα σχήματα. Κάθε πρωτεΐνη δέ χαρακτηρίζεται μόνο από τον **άριθμό** των άμινοξέων πού περιέχει ή άλυσίδα της, αλλά και από τά **είδη** των άμινοξέων και τή σειρά διαδοχής τους. Όλα όμως τά μόρια μις συγκεκριμένης πρωτεΐνης έχουν τά ίδια είδη άμινοξέων στην ίδια σειρά διαδοχής τους. Κι έπειδή υπάρχουν είκοσι διαφορετικά



Εικόνα 115: Δύο ομόλογες ιστόνες (ή IV) στο θύμο του βοδιού και στο μυζιέλι διαφέρουν μόνο σε δύο αμινοξέα, στις θέσεις 60 και 77, αν και αποτελούνται καθένα τους από 102 αμινοξέα στη σειρά. Ο συμβολισμός των αμινοξέων βρίσκεται στην εικόνα 38. Η έξω σειρά περιστάνει την ιστόνη του βοδιού και η μέσα του μυζιελίου.

είδη αμινοξέων μπορούμε εύκολα νά καταλάβουμε (συνδυασμοί) πόσο μεγάλος μπορεί νά 'ναι ὁ ἀριθμός τῶν διαφορετικῶν πρωτεϊνῶν πού ἔχουν λ.χ. 124 αμινοξέα ὅπως ἔχει ἡ ριβονουκλεάση τῆς εἰκόνας 36.

Ὅπως ὑπάρχουν ὁμόλογα ὄργανα ἔτσι ὑπάρχουν καί ὁμόλογες πρωτεΐνες: Οἱ αἰμοσφαιρίνες τῶν διάφορων Σπονδυλωτῶν εἶναι ὁμόλογες πρωτεΐνες. Τό ἴδιο τά κυτοχρώματα (πού διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στίς ὀξειδοαναγωγές: εἶναι ὑποδοχεῖς ἠλεκτρονίων στήν ὀξειδωτική φωσφορλίωση), τό ἴδιο οἱ ἰστόνες (πρωτεΐνες πού βρίσκονται στά χρωματοσώματα).

Εἶναι ἀξιοπαρατήρητο ὅτι ἡ σειρά διαδοχῆς τῶν αμινοξέων σέ διάφορες ὁμόλογες πρωτεΐνες δείχνει χαρακτηριστικές ὁμοιότητες ἀλλά καί διαφορές.

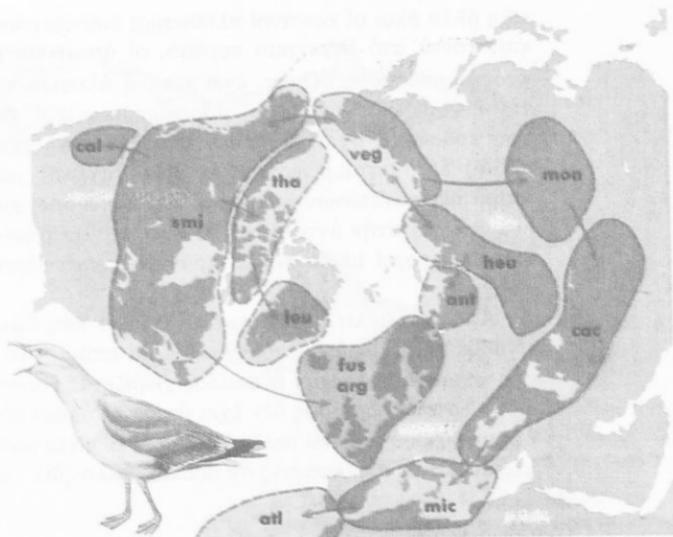
Ξεκινᾶμε ἀπό τίς ὁμοιότητες. Ἐνα εἶδος ἰστόνης πού μελετήθηκε στό βόδι, στό χοῖρο καί στόν ποντικό βρέθηκε ἀπόλυτα ὁμοιο (ἄν καί ἔχει πάνω ἀπό ἑκατό αμινοξέα). Ἀκόμα πιό ἐκπληκτικό, ἡ ἴδια ἰστόνη στά μπιζέλια διαφέρει μόνο σέ δύο αμινοξέα ἀπό ἐκείνη τοῦ βοδιοῦ.

Κι οἱ αἰμοσφαιρίνες δείχνουν μεγάλες ὁμοιότητες. Στόν ἄνθρωπο κάθε μόριό τους ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἄλυσίδες τύπου α καί δύο ἄλυσίδες τύπου β: ὑπάρχουν δηλαδή δύο εἶδη διαφορετικῶν ἄλυσίδων αμινοξέων. Ἡ ἄλυσίδα τύπου α στόν ἄνθρωπο καί στόν χιμπατζή εἶναι τελείως ὁμοιες, ἐνῶ τοῦ ἀνθρώπου καί τοῦ γορίλλα διαφέρουν σ' ἓνα μόνο αμινοξύ (ἀπό τά 141 πού περιέχει ἡ ἄλυσίδα). Ἡ ἴδια ἄλυσίδα τοῦ ἀνθρώπου διαφέρει, καθώς ἀπομακρυνόμαστε, στή φυλογενετική σειρά, ἀπ' τόν ἄνθρωπο, σέ 12 ὡς 25 αμινοξέα ἀπό ἄλλες ὁμόλογες ἄλυσίδες διάφορων θηλαστικῶν, ἀλλά σέ 71 αμινοξέα ἀπό τήν ὁμόλογη ἄλυσίδα ἐνός ψαριοῦ, τοῦ κυπρίνου. Παρόμοιες παρατηρήσεις ἐγιναν καί γιά ἄλλες ὁμόλογες πρωτεΐνες. Τέτοιες παρατηρήσεις δέν ἀποτελοῦν ἀπλές ἐνδείξεις ἀλλά ἔχουν τή βαρύτητα ἀποδείξεων ὅτι πραγματικά ἔγινε ἡ Ἐξέλιξη.

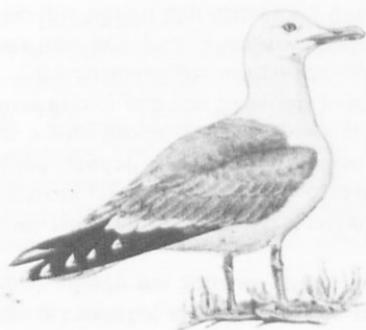
4.12 Ἡ περίπτωση τῶν γλάρων: ὅταν ἓνα εἶδος χωρίζεται στά δύο

Δυό συγγενικά εἶδη διαφέρουν γιὰτί δέν μποροῦν νά διασταυρωθοῦν: αὐτό τό κριτήριο δεχτήκαμε σάν ἀπόλυτο γιά νά ξεχωρίσουμε τά διάφορα εἶδη. Νά ὁμως πού παρουσιάζονται καί ἐνδιάμεσες καταστάσεις. Ἐνα τέτοιο παράδειγμα μᾶς προσφέρουν δυό εἶδη γλάρων πού συχναζοῦν καί στόν τόπο μας, (κυρίως τό πρώτο εἶδος): ὁ ἀσημόγλαρος (*Larus argentatus*) καί ὁ μελανόγλαρος (*Larus fuscus*). Στήν Εὐρώπη τά δυό αὐτά εἶδη δέ διασταυρώνονται. Ἐδῶ καί εἴκοσι πέντε περίπου χρόνια ἀνακαλύφτηκε

Εικόνα 116: Γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών και υποειδών των άσημόγλαρων και μελανόγλαρων. Με τρία γράμματα συμβολίζεται το λατινικό όνομα του υποείδους κάθε πληθυσμού. Στην Ευρώπη δυο, δυο πιά υποείδη, αλλά διαφορετικά είδη (arg = *argentatus*, fus = *fuscus*) συνυπάρχουν χωρίς να διασταυρώνονται.



πώς η γεωγραφική κατανομή των γλάρων αυτών σκέπαζε μεγάλες περιοχές της Ευρώπης, Άσιας και Β. Αμερικής σταματώντας γύρω στους πόλους. Υπάρχουν πολλοί πληθυσμοί μελανόγλαρου στην Άσια που οι περιοχές εξαπλώσεώς τους συνεχίζονται κι ενώνονται με τους πληθυσμούς του άσημόγλαρου της Βόρειας Αμερικής. Οι όρνιθολόγοι τούς ξεχώρισαν σε υπο-



Εικόνα 117: Ο άσημόγλαρος, *Larus argentatus*.

είδη αλλά όλοι οί κοντινοί πληθυσμοί διασταυρώνονται μεταξύ τους καθώς και, κοντά στό Βερίγγειο πορθμό, οί άσιατικοί μέ τούς βορειοαμερικανικούς πληθυσμούς. Όμως, ένώ αυτή ή άλυσίδα τών πληθυσμών μās δίνει τήν έννοια ενός είδους, οί βορειοαμερικανικοί πληθυσμοί (άσημόγλαροι) πού πρόσφατα σχετικά ήρθαν στην Εύρώπη (πιθανότατα άκολουθώντας πλοία) δέ διασταυρώνονται μέ τούς γηγενείς μελανόγλαρους. Από τόν καιρό τών παγετώνων μείνανε οί δύο πληθυσμοί χωρισμένοι και άνάπτυξαν ένα φραγμό στην άνταλλαγή γόνων. Η γεωγραφική άπομόνωση δύο πληθυσμών μπορεί μέ τά πολλά χρόνια νά καταφέρει τή δημιουργία τέτοιων φραγμών.

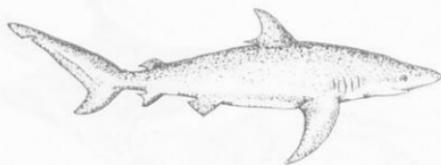
Από τήν άλλη μεριά γίνεται φανερό πώς άφου τά είδη εξελίσσονται είναι φυσικό και άναμενόμενο (άν και σπάνιο) νά πετύχει κανείς ένδιάμεσες καταστάσεις, όταν ένα είδος χωρίζεται δίνοντας γέννηση σέ δύο νέα είδη. Τότε ό χωρισμός δέν έχει άπόλυτα όλοκληρωθεί. Η περίπτωση του άσημόγλαρου και του μελανόγλαρου δέν είναι μοναδική. Γνωρίζουμε πολλές άνάλογες περιπτώσεις σέ πουλιά, άλλα ζώα και σέ φυτά.

4.13 Η προσαρμογή

Οί άλλαγές τών φυτών και τών ζώων, μερικές τουλάχιστον, στή διάρκεια της Έξελίξεως, δέ φαίνονται νά 'ναι τυχαίες. Σ' αυτό τό συμπέρασμα καταλήγουμε εύκολα άν εξετάσουμε διάφορα χαρακτηριστικά τών σημερινών ζώων και φυτών: τά διάφορα αυτά χαρακτηριστικά άποτελούν προσαρμογές στόν τρόπο ζωής του όργανισμού. Και τά χαρακτηριστικά αυτά προήλθαν από μιά μακριά εξελικτική πορεία. Νά τέτοιες προσαρμογές.

- Τό δελφίνι (θηλαστικό), ό Ίχθυόσαυρος (έρπετό πού τώρα πιά δέ ζει) κι ό καρχαρίας (ψάρι) έχουν καταπληκτική όμοιότητα στή μορφή του σώματός τους: τό σχήμα αυτό λύνει τά προβλήματα πού θέτει ή γρήγορη κολύμβηση (τριβές, στροβιλισμοί του νερού, προώθηση του σώματος κ.ά.).
- Τά Σπονδυλωτά πού πετούν, άνάπτυξαν επιφάνειες πού σάν άλεξίπτωτα κρατάνε τό σώμα στόν άέρα ή και πού τίς κουνάνε για νά προωθηθούν: τά πουλιά φτεροϋγες, μερικοί σκίουροι (*Pteromys*) και μερικά μαρσιποφόρα (*Petaurus*) έχουν δερμάτινες επιφάνειες μεταξύ τών μπροστινών και πισινών ποδιών τους, οί νυκτερίδες άνάλογες επιφάνειες μεταξύ τών δαχτύλων τους κτλ.
- Τά δόντια τών θηλαστικών αλλάζουν σχήμα μέγεθος και άριθμό άνάλογα μέ τή διαίτά τους: τό λιοντάρι είναι σαρκοφάγο, έχει ισχυρούς κυνό-

Εικόνα 118: Έξελιξη πού συγκλίνει: οι μορφές μοιάζουν γιατί είναι προσαρμοσμένες στον ίδιο τρόπο ζωής, το κολύμπι. Έτσι υδροδυναμικό σώμα έχουν ο καρχαρίας (πάνω), ο ιχθυόσαυρος, έρπετο πού πιά δέν ζεί, (στή μέση) και τό δελφίνι (κάτω).



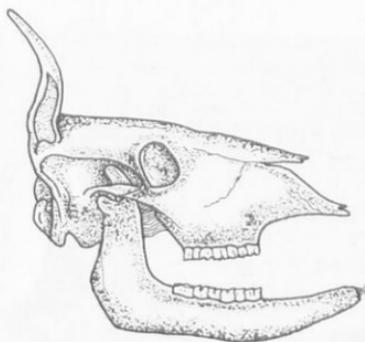
δοντες, πού λείπουν από τά μεγάλα χορτοφάγα. Μέ τούς κυνόδοντες τό λιοντάρι σκοτώνει τό θήραμά του.

- Τά ήμερόβια άρπαχτικά πουλιά έχουν ισχυρότατη όραση για νά εντοπίζουν από μακριά τά θηράματά τους.
- Οί λαγοί τρέχουν γρήγορα για ν' αποφύγουν τά σαρκοφάγα (λύγκες κ.ά) πού τούς τρώνε.
- Τά θηλαστικά και τά έντομα πού ζούν μέσα στό χώμα σέ λαγούμια έχουν μετασχηματισμένα τά μπροστινά τους πόδια σάν φυάρια για νά σκάβουν: οί τυφλοπόντικες κι οί κρεμμυδοφάγοι.
- Μερικές πεταλούδες κι άλλα έντομα παρουσιάζουν τό φαινόμενο τής **μιμικρίας**: ένα είδος πτηνού μπορεί νά τρώει ένα είδος πεταλούδας και νά αποστρέφεται ένα άλλο είδος. Τότε μερικά ή όλα τά άτομα του είδους πού αποτελεί τό θήραμα έχουν κληρονομικά πάρει όψη πού νά μοιάζει μέ τά άτομα του είδους πού αποστρέφεται τό πτηνό. Έτσι μπορούν νά επιβιώσουν.
- Τά κέρατα, τά νύχια, τά δόντια χρησιμοποιούνται σάν άμυντικά μέσα στά ζώα, επίσης οί ηλεκτρικές εκκενώσεις μερικων ψαριων των τροπικών



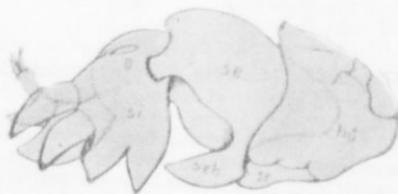
Εικόνα 119: 'Ο Πτερόμυς (*Pteromys volans*), σκίουρος που πετά. Ζώο της Εύρώπης.

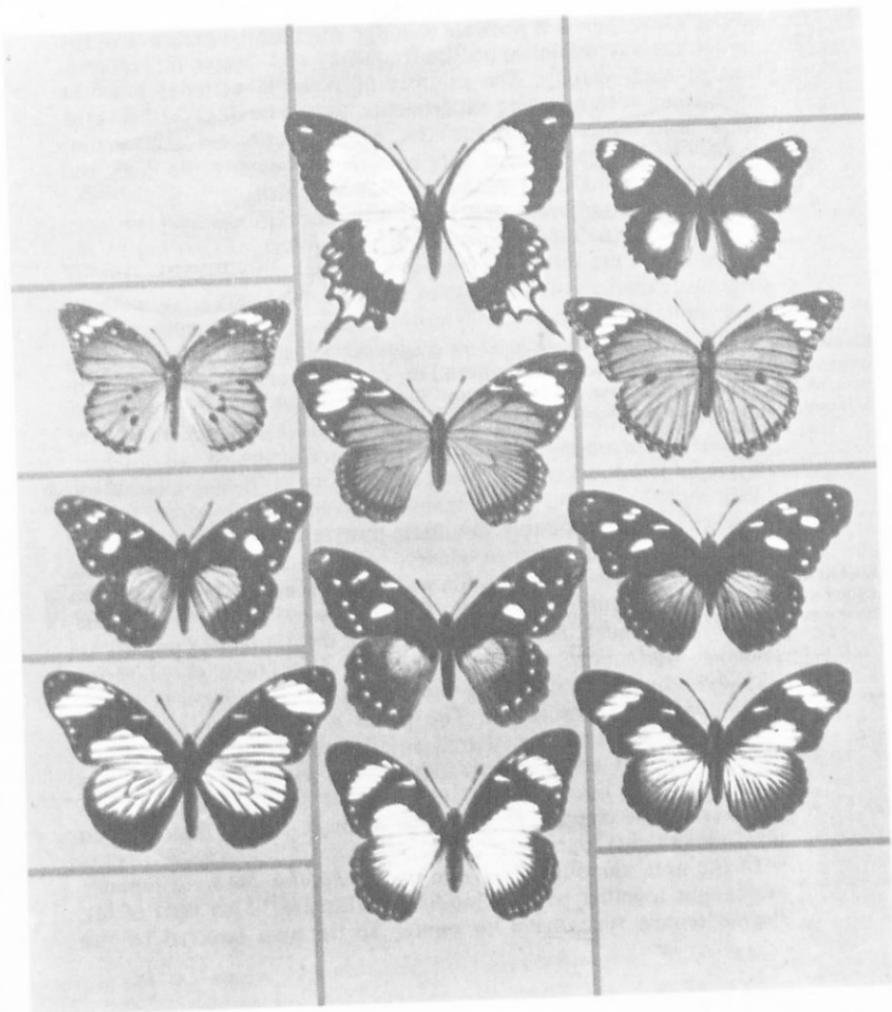
- χωρών. Οί δηλητηριώδεις ουσίες (άλκαλοειδή, κυάνιο) ή ενοχλητικές (αιθέρια έλαια) ή άγκάθια άποτελούν μέσα άμυνας τών φυτών από τά φυτοφάγα.
- Οί έλικες (μετασηματισμένα φύλλα), οί έναέριες ρίζες που κολλούν τό φυτό σέ κάθετες έπιφάνειες, οί βλαστοί που συμπλέκονται άποτελούν προσαρμογές τών άναρριχητικών φυτών.



Εικόνα 120: Κρανία λιονταριού και βοδιού. Το λιοντάρι έχει μεγάλους κυνόδοντες για να σκοτώνει τα θηράματά του και γομφίους κατάλληλους για να ξεσκίζει τις σάρκες τους. Αντίθετα το βόδι έχει όλα τα δόντια του επίπεδα γιατί μ' αυτά άλεθει τα χόρτα που βόσκει. Του λείπουν οι κυνόδοντες και οι πάνω κοπήρες.

Εικόνα 121: Ο τυφλοπόντικας (Θηλαστικό) και η γρυλλόταπα ή κρεμμυδοφάγος (Έντομο) έχουν και τα δύο μπροστινά πόδια σαν φτυάρια, προσαρμοσμένα στο σκάψιμο. Κάτω μεγέθυνση του μπροστινού ποδιού του κρεμμυδοφάγου.



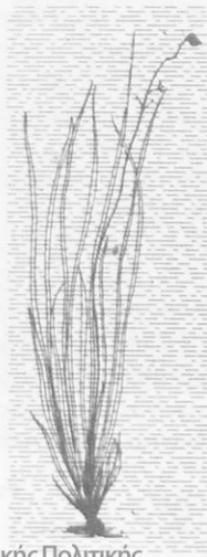
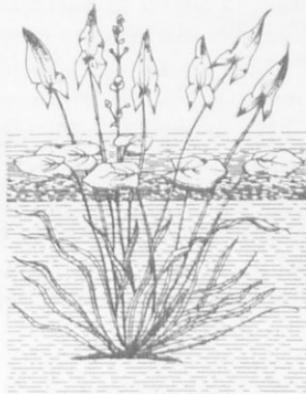


Εικόνα 122: Μιμικρία. Τα άτομα ενός είδους αφρικανικής πεταλούδας μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές (οι τρεις μορφές άριστερά). Αυτό το είδος προκαλεί απέχθεια στα πουλιά γιατί έχει κακή γεύση. Ένα άλλο είδος μιμείται τις τρεις αυτές μορφές για να γλυτώσει από τα πουλιά που το καταδιώκουν: τρεις από τις τέσσερις μορφές του δεύτερου αυτού είδους μοιάζουν με τις μορφές του πρώτου (οι τέσσερις μεσαίες μορφές). Κι άλλα είδη όμως μιμούνται τις μορφές του πρώτου για τον ίδιο λόγο (τέσσερις μορφές δεξιά).



Εικόνα 123: Αναρριχητικά φυτά. Πολλά φυτά στηρίζονται σε τοίχους, βράχους, κορμούς ή κλαδιά άλλων φυτών κι όχι στο δικό τους κορμό. Κάθε είδος έχει το δικό του τρόπο στηρίξεως. Α: έναέριες ρίζες, Β: έλικες, C: βλαστοί που συμπλέκονται.

Εικόνα 124: Ή Σαγγιτάρια, όταν φυτρώνει στο χώμα έχει φύλλα βελοειδή, μέσ τό νερό μακριά και όταν μέρος της είναι μέσ στο νερό καί μέρος της έναέριο έχει τριών ειδών φύλλα. Τά φύλλα μέσ στο νερό δέν έχουν έφυμενίδα καί μπορούν νά άπορροφούν θρεπτικά συστατικά καί νά μη σπάνε όταν τό νερό κινείται γιατί δέν παρουσιάζουν σημαντική άντίσταση. Αντίθετα τά έναέρια φύλλα στέκουν όρθια γιά νά δέχονται τίς ήλιακές άκτίνες όσο πιά πολύ είναι δυνατό.



● Τά φύλλα τής Σαγιττάριας (*Sagittaria sagittifolia*), τοῦ ὕδροχαροῦς φυτοῦ ποῦ φυτρῶνει καί στή χώρα μας κι ἔχει φύλλα ποῦ εἶναι χτυπητό παράδειγμα προσαρμογῆς. Τό σχῆμα τῶν φύλλων τής διαφέρει, ὅταν βρίσκονται πάνω στήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (στρογγυλά), ἢ μέσ στό νερό (μακρόστενα) καί ἀπορροφοῦν θρεπτικά συστατικά. Ἀντίθετα τά ἐναέρια φύλλα εἶναι σάν βέλη καί εἶναι προσαρμοσμένα νά στέκουν ὀρθια καί νά δέχονται τίς ἠλιακές ἀκτίνες.

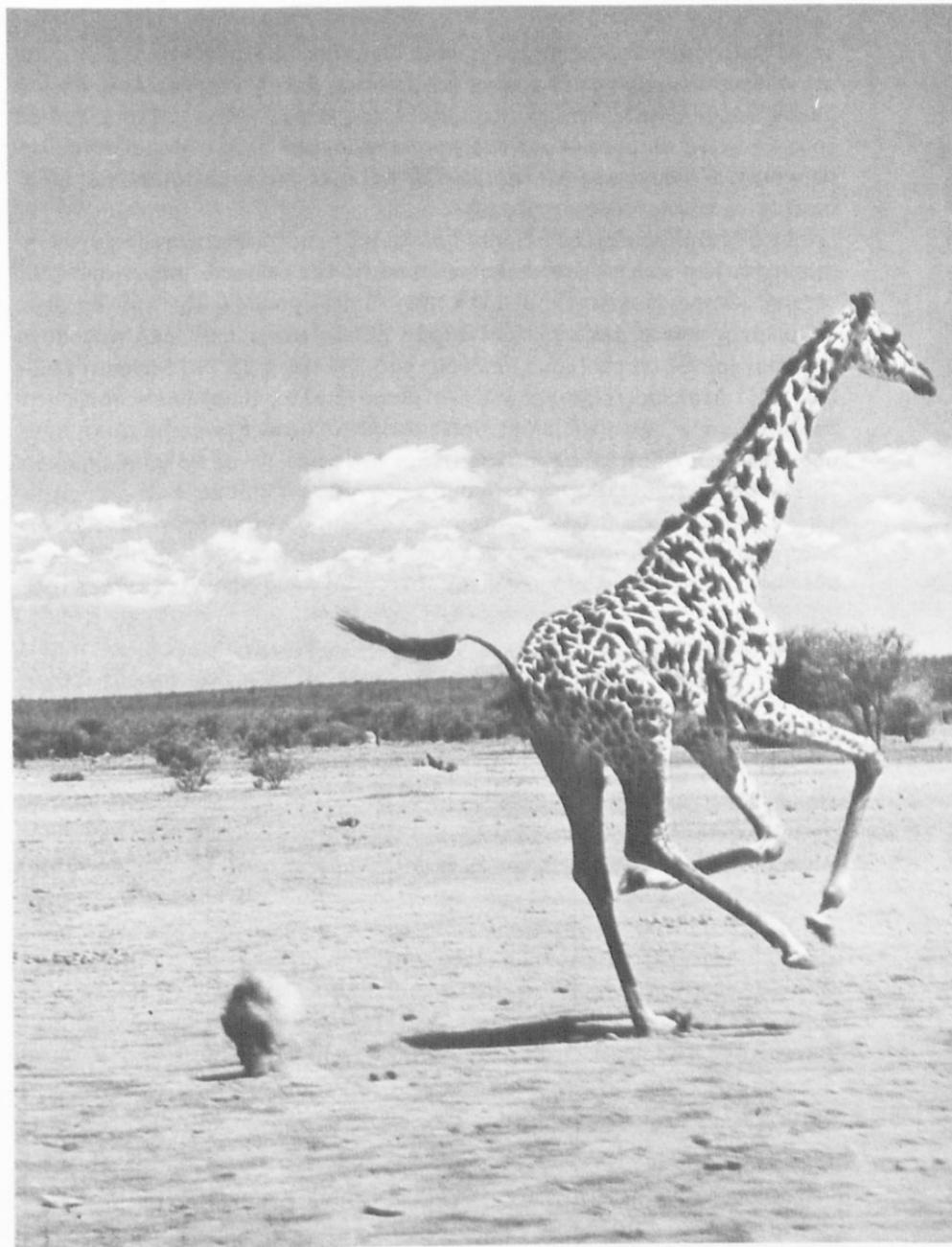
Μποροῦν νά ἀναφερθοῦν πάρα πολλὰ παραδείγματα προσαρμογῶν. Ὅπου καί νά στρέψουμε τό βλέμμα μας θά δοῦμε προσαρμογές ζωντανῶν ὀργανισμῶν.

4.14 Λαμάρκ καί Ντάρβιν

Κι ὁ Λαμάρκ κι ὁ Ντάρβιν εἶχαν πολύ ἐντυπωσιαστεῖ ἀπό τά φαινόμενα τής προσαρμογῆς ποῦ ἐπιτρέπουν στά ζωντανά ὄντα νά ἐπιβιώνουν. Πρῶτος ὁ Λαμάρκ προσπάθησε νά ἐξηγήσει τό μηχανισμό τής Ἐξελίξεως, πῶς δηλαδή γίνεται ἡ διαδικασία τής ἀλλαγῆς τής μορφῆς: "Ὅταν τό περιβάλλον ἀλλάξει, τότε γιά νά ἐπιζῆσει ὁ ὀργανισμός πρέπει κι αὐτός ν' ἀλλάξει. Μιά ἐσωτερική θέληση καί μία προσπάθεια τοῦ δημιουργοῦν καινούργιες συνήθειες. Αὐτές οἱ συνήθειες τόν ἀναγκάζουν νά χρησιμοποιεῖ περισσότερο ὀρισμένα ὄργανα ἢ νά μή χρησιμοποιεῖ ἄλλα. Κατά τόν Λαμάρκ τά ὄργανα ποῦ χρησιμοποιοῦνται ἰσχυροποιοῦνται καί μεγαλώνουν. Αὐτή ἡ ἰσχυροποίηση κληρονομεῖται στοῦς ἀπογόνους του.

"Ἐτσι ὁ Λαμάρκ βασίζει τή θεωρία του σέ δύο ἀρχές: ὅτι ἡ χρήση ἰσχυροποιεῖ τό ὄργανο κι ἡ ἀχρηστία τό καταστρέφει κι ὅτι τά ἐπίκτητα χαρακτηριστικά κληρονομοῦνται. "Ἄς δοῦμε πῶς ὁ ἴδιος περιγράφει τόν τρόπο ποῦ οἱ καμηλοπαρδάλεις ἀπόκτησαν μακρῦ λαιμό καί μακριά μπροστινά πόδια: «Μιλώντας γιά συνήθειες, εἶναι ἀξιοπερίεργο νά παρατηρήσει κανεῖς τό τί ἐπακολουθεῖ εἰδικότερα στή μορφή καί στό ὕψος στήν καμηλοπάρδαλη. Γνωρίζουμε πῶς αὐτό τό ζῶο, τό μεγαλύτερο ἀπό τά θηλαστικά, κατοικεῖ στό ἐσωτερικό τής Ἀφρικῆς καί σέ τόπους [σαβάννες] ὅπου ἡ γῆ, σχεδόν πάντα ξερη καί χωρίς χόρτα, τό ἀναγκάζει νά βόσκει τά φυλλώματα τῶν δέντρων καί νά προσπαθεῖ διαρκῶς νά τά φτάσει. Ἀποτελεσμα αὐτῆς τής μακράιωνης συνήθειας ὄλων τῶν ἀτόμων τοῦ εἶδους εἶναι ὅτι τά μπροστινά πόδια γίνανε πιό μακριά ἀπό τά πισινά καί ὅτι ὁ λαιμός μάκρυνε τόσο ποῦ ἡ καμηλοπάρδαλη μπορεῖ νά φτάσει ἐξί μέτρα ὕψος σηκώνοντας τό κεφάλι τής χωρίς ὁμως νά σταθεῖ ὀρθια πάνω στά πισινά τής πόδια».

Σήμερα γνωρίζουμε πῶς οἱ ἐπίκτητες ιδιότητες δέν κληρονομοῦνται καί γι' αὐτό ἡ θεωρία τοῦ Λαμάρκ δέν εἶναι σωστή. Μπορεῖ δηλαδή ἕνα ὄργανο νά ἰσχυροποιηθεῖ μέ τή χρήση του (ἕνας δρομέας ἔχει ἀσφαλῶς πιό δυνατά πόδια ἀπό ἕναν παράλυτο) ἀλλά αὐτές οἱ ἐπίκτητες ἀλλαγές δέν

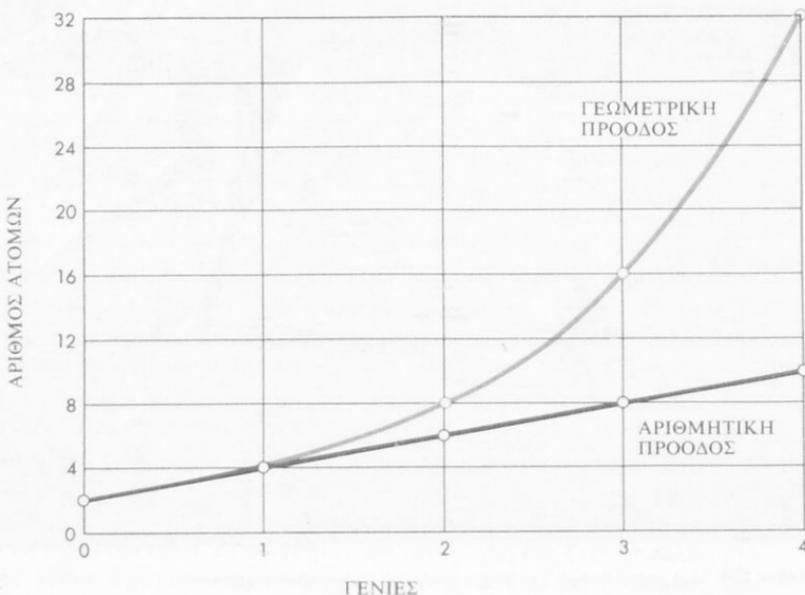


Εικόνα 125: Μιά καμηλοπάρδαλη τρέχει μέσ στην 'Αφρικανική σαβάννα.

μεταβιβάζονται στους απογόνους του. Τέτοιες θεωρίες πού πιστεύουν σε μία άμεση αλλαγή της κληρονομικής ουσίας από τό περιβάλλον, σε μία άμεση δηλαδή επίδραση του περιβάλλοντος στους γόνους, τέτοια πού νά τούς κάνει νά διαμορφώνουν πιά προσαρμοσμένα άτομα ονομάζονται **λαμαρκιανές** ή **διδακτικές** (τό περιβάλλον αλλάζει τόν οργανισμό όπως ό δάσκαλος τό παιδί, διδάσκοντάς το).

Κι ό Ντάρβιν πίστευε στην κληρονομικότητα τών επίκτητων χαρακτηριστικών. Καί μέ τή θεωρία της παγγένεσης εξήγησε τό μηχανισμό μιάς τέτοιας κληρονομικότητας. Άλλά τήν κύρια προσοχή του τήν έστρεψε άλλου: στή **φυσική επιλογή**. Ό Ντάρβιν έπηρεάστηκε πολύ από τά γραφτά ενός συγχρόνου του οικονομολόγου, του Μάλθους (R. T. Malthus 1766-1834). Ό Μάλθους είχε γράψει ένα μικρό βιβλίο, όπου ύποστήριζε τήν άποψη πώς ή αύξηση του πληθυσμού γίνεται σύμφωνα μέ γεωμετρική πρόοδο, ενώ ή αύξηση της τροφής γίνεται σύμφωνα μέ αριθμητική πρόοδο. "Έτσι, κατά τόν Μάλθους σύντομα θά φτάναμε σε κρίσεις έλλείψεως τροφής. Γιατί άν κάθε άνθρωπος αφήνει περισσότερο από ένα παιδί, άν δηλαδή κάθε ζευγάρι αφήνει πιά πολλά από δυό παιδιά, και στην άλλη γενιά αυτά τά παιδιά αφήσουν πάλι περισσότερα από δυό σε κάθε ζευγάρι τους,

Εικόνα 126: Διαφορά μεταξύ αριθμητικής και γεωμετρικής προόδου.



έχουμε μία γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού. Ο πληθυσμός γεωμετρικά αυξάνει πολύ γρήγορα: Λ.χ. μία τέτοια πρόοδος είναι τό 2 νά γίνεται 4, τό 4 νά γίνεται 8, τό 8 νά γίνεται 16, 32, 64, 128, 256, 512 κ.ο.κ. Σέ πολύ λίγο χρόνο φτάνει κανείς σέ άστρονομικούς αριθμούς.

Είναι γνωστή ή παλιά περσική Ιστορία γιά τή σκακιέρα: "Ενας τεχνίτης έφτιαξε γιά τό Σάχη ένα περίτεχνο καί πολύτιμο σκάκι κι ό μονάρχης ένθουσιάστηκε καί τόν ρώτησε μέ τί ήθελε νά ανταμειφθεί. Ο τεχνίτης τού ζήτησε μία άπλή άμοιβή: νά τού δώσει γιά τό πρώτο τετραγωνάκι τής σκακιέρας ένα σπειρί στάρι, γιά τό δεύτερο δυό, γιά τό τρίτο 4, γιά τό τέταρτο 8 έτσι πού σέ κάθε τετραγωνάκι νά διπλασιάζει τά σπειριά τού προηγούμενου. Η σκακιέρα έχει 64 τετραγωνάκια. Υπολογίστηκε λοιπόν ότι τό στάρι πού θά 'πρεπε νά τοποθετηθεί στό 64^ο τετραγωνάκι ήταν τόσο (2⁶³ σπόροι), όσο θά παίρναμε άν καλλιεργούσαμε μέ στάρι 200 φορές (δηλαδή γιά 200 χρόνια) όλη τήν καλλιεργούμενη επιφάνεια τής γης.

Ο Μάλθους είχε δίκιο γιά τήν αύξηση τού ανθρώπινου πληθυσμού: μέ τήν ιατρική περίθαλψη καί τίς διαρκώς καλύτερες συνθήκες ζωής επιβιώνουν περισσότερα άτομα καί ό πληθυσμός αυξάνεται μέ γεωμετρική πρόοδο. Κάθε 33 χρόνια διπλασιάζεται. Εκεί πού είχε άδικο, ήταν γιά τήν αύξηση τής παραγωγής τροφίμων. Η Βιομηχανική επανάσταση πού άρχισε στην Άγγλία (δηλαδή ή νέα περίοδος παραγωγής αγαθών μέ βιομηχανικό τρόπο) επέτρεψε ως τώρα νά μήν επαληθευθούν οί άπαισιόδοξες προβλέψεις τού Μάλθους.

Ο Ντάρβιν όμως είχε πολύ επηρεαστεί από τόν Μάλθους. Σκέφτηκε πώς τά ζώα καί τά φυτά παράγουν πάρα πολλούς απογόνους: κάθε ζευγάρι ζώα όποιοιδήποτε σχεδόν είδους αφήνει τόσους απογόνους (πολύ παραπάνω από δυό) ώστε ό πληθυσμός του νά αυξάνεται σέ άτομα μέ γεωμετρική πρόοδο. Τό ίδιο συμβαίνει μέ τά φυτά. Κι όμως στην πραγματικότητα οί πληθυσμοί τών ζώων καί τών φυτών δέ φαίνονται νά αυξάνονται, αλλά λίγο πολύ παραμένουν σταθεροί. Τί συμβαίνει; Όλα τά άτομα πού γεννιούνται δέν επιζούν καί δέν αφήνουν απογόνους. Πολλά πεθαίνουν άρκετά νωρίς. Ο Ντάρβιν κατάλαβε πώς όλοι οί θάνατοι δέν ήταν τυχαίοι: **κατά προτίμηση πέθαιναν τά λιγότερα προσαρμοσμένα άτομα.** Επιζούσαν τά πιό προσαρμοσμένα κι αυτά άφηναν απογόνους. Νά ή ιδέα τής φυσικής επιλογής.

4.15 Η νεοδαρβινική ή συνθετική θεωρία

Η ιδέα τής φυσικής επιλογής ύπηρεξε στόν καιρό της από τίς πιό πρωτότυπες καί πιό γόνιμες ιδέες: όχι μόνο εξήγησε άνεξήγητα μέχρι τότε φαινόμενα αλλά καί έδωσε τεράστια ώθηση σέ νέες έρευνες.

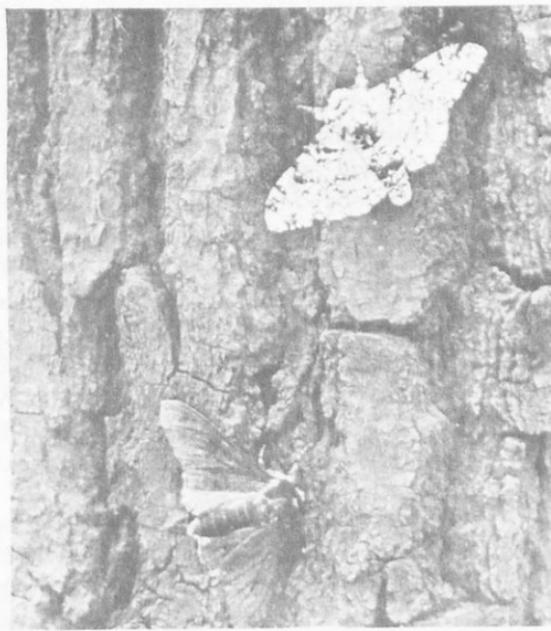
Γιατί ή φυσική επιλογή μπορεί νά εξηγήσει τήν προσαρμογή. Σ' ένα πληθυσμό είδαμε πώς υπάρχει ποικιλομορφία: τά άτομα του ίδιου είδους διαφέρουν. Κι αυτή ή ποικιλομορφία τών φαινοτύπων βασίζεται πολλές φορές σέ διαφορές γονοτύπων, σέ κληρονομικές δηλαδή, διαφορές. Μέ τή φυσική επιλογή συγκρατούνται στόν πληθυσμό οί «ευνοϊκοί» γονότυποι, ενώ αποβάλλονται «οί άπροσαρμοστοί». 'Ο άγώνας γιά τήν ύπαρξη καταλήγει άλλα άτομα ν' αφήνουν περισσότερους απογόνους κι άλλα λιγότερους. Έτσι από γενιά σέ γενιά αυξάνεται ή προσαρμογή τών ατόμων. Σέ σύνοψη:

- όλοι οί όργανισμοί τείνουν ν' αυξηθοϋν μέ γεωμετρικό ρυθμό
- όμως σέ κάθε γενιά ό αριθμός τών ατόμων ενός είδους μένει περίπου σταθερός
- άρα ύπάρχει άγώνας γιά τήν επιβίωση
- ύπάρχει στους πληθυσμούς ποικιλομορφία, πού κληρονομείται: τά άτομα του ίδιου είδους διαφέρουν μεταξύ τους
- μερικές διαφορές είναι ευνοϊκές γιά τόν όργανισμό πού ζει σ' ένα όρισμένο περιβάλλον και τόν βοηθοϋν νά επιβιώσει και ν' αφήσει απογόνους. Οί ευνοϊκές διαφορές κληρονομοϋνται στους απογόνους κι **αυξάνουν σέ συχνότητα**. Μέ τό πέρασμα του χρόνου τό είδος σιγά σιγά αλλάζει. Νέα είδη γεννιοϋνται από παλιά.

Άς δοϋμε μερικά παραδείγματα φυσικής επιλογής:

- Στην Άγγλία πριν αναπτυχθεί ή βιομηχανία, οί πεταλοϋδες ενός όρισμένου είδους (*Biston betularia*) ήταν άσπρες. Τά μαϋρα άτομα ήταν σπάνια και οί συλλέκτες έντομολόγοι τά αγόραζαν ακριβά. Μέ τά χρόνια, κι ενώ αναπτυσσόταν ή βιομηχανία, οί μαϋρες πεταλοϋδες άρχισαν νά γίνονται πío συχνές, τόσο πού σήμερα οί άσπρες είναι οί σπάνιες.

Η **άλλαγή** του χρώματος, δηλαδή τής μορφής τών ατόμων ενός είδους (ένα μικρό βήμα εξέλιξεως), άποδείχτηκε πώς όφειλόταν στή φυσική επιλογή. Στην Άγγλία, κατά τήν ανάπτυξη τής βιομηχανίας, χρησιμοποιήθηκε τό κάρβουνο σαν πηγή ενεργείας. Οί καπνίες μαϋρισαν γρήγορα τίς επιφάνειες τών σπιτιών και τών δέντρων. Τό μαϋρο χρώμα άποτέλεσε καλύτερο καμουφλάζ γιά τίς μαϋρες πεταλοϋδες: τά πουλιά βλέπανε τώρα πío πío εύκολα τίς λευκές πεταλοϋδες πάνω στις μαϋρες επιφάνειες και τίς έτρωγαν. Αντίθετα στά δάση, πριν φτιαχτούν εργοστάσια, οί λευκές πεταλοϋδες δέν ξεχώριζαν όταν κάθονταν πάνω στους άσπριδερούς λειχηνες στους κορμούς τών δέντρων. Μέ τήν άλλαγή του περιβάλλοντος έγινε κι ή **άλλαγή** του χρώματος τών πεταλοϋδων, άφού τά πουλιά έτρωγαν έκλεκτικά τίς λευκές πεταλοϋδες.



Εικόνα 127: Ἀριστερά πάνω στὸν ἄσπρο κορμὸ μιά μαύρη πεταλούδα (τὴ βλέπετε ἀμέσως) καὶ μιά ἄσπρη (θὰ τὴ δείτε δύσκολα, εἶναι κάτω καὶ λίγο δεξιὰ ἀπὸ τὴ μαύρη). Στὸ μαῦρο κορμὸ μιά ἄσπρη καὶ μιά μαύρη πεταλούδα (ἀριστερά καὶ κάτω τῆς ἄσπρης.)

● Τὸ δεύτερο παράδειγμα ἀναφέρεται σὲ μιά βιοχημικὴ ἀλλαγὴ. Μετὰ τὸ δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο ἄρχισαν νὰ χρησιμοποιοῦνται ἔντομοκτόνα ἐναντίον τῶν μυγῶν κι ἄλλων βλαπτικῶν ἔντόμων. Στὴν ἀρχὴ τὰ ἔντομοκτόνα τίς σκότωναν. Μὲ τὰ χρόνια οἱ μύγες ἄρχισαν νὰ γίνονται ἀνθεκτικὲς σὲ ὀρισμένα ἔντομοκτόνα. Ἡ ἀνθεκτικότητα ὀφείλεται στὴν παρουσία μιᾶς μεταλλάξης σ' ἓνα ἀπὸ τοὺς χιλιάδες διαφορετικοὺς γόνους τοῦ ἀτόμου. Μὲ τὴ μεταλλάξη δημιουργήθηκε ἓνας νέος ἀλληλόμορφος πού κάνει ἀνθεκτικὰ στὸ ἔντομοκτόνο τὰ ἄτομα πού τὸν ἔχουν. Οἱ μύγες πού δὲν τὸν ἔχουν, σκοτώνονται ἀπὸ τὸ ἔντομοκτόνο κι ἔτσι σιγὰ σιγὰ ὅλος ὁ πληθυσμὸς γίνεται ἀνθεκτικὸς, γιατί ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα πού φέρνουν μόνο τὸν ἀλληλόμορφο αὐτόν, εἶναι ὁμοζυγῶτά γι' αὐτόν. Παρόμοιο φαινόμενο εἶναι ἡ ἀνθεκτικότητά στὰ ἀντιβιοτικά τῶν παθογόνων βακτηρίων.

Πῶς δημιουργεῖται ἡ ποικιλομορφία στοὺς πληθυσμούς; Ποὺ βρέθηκαν οἱ ἀλληλόμορφοι πού κάνουν μαῦρες τίς πεταλούδες ἢ ἀνθεκτικὲς τίς μύγες; Τόσο ἡ ἀνθεκτικότητά στὸ ἔντομοκτόνο στίς μύγες ὅσο καὶ τὸ μαῦρο χρῶμα τῶν πεταλούδων εἶναι κληρονομικὰ χαρακτηριστικὰ πού προήλθαν

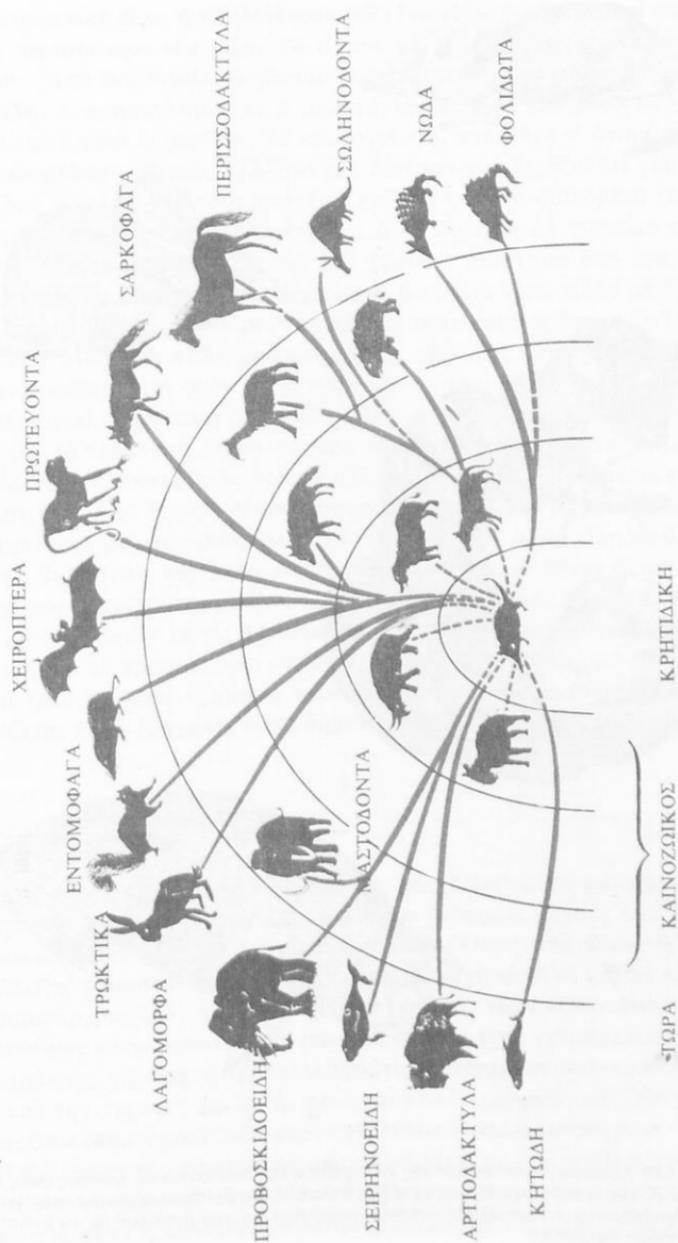
από μετάλλαξη και πού ακόλουθα επιλεγήκανε. Ἡ ποικιλομορφία στούς πληθυσμούς προέρχεται βασικά ἀπό τή μετάλλαξη και ἀδξάινει μέ τό ἀνακάτωμα και ἀνασυνδυασμό τοῦ γενετικοῦ ὕλικου κατά τή φυλετική ἀναπαραγωγή, τόν ἐγγενή πολλαπλασιασμό. Αὐτό τό ἀνακάτωμα γίνεται, ὅπως ἔχουμε πεί κατά τήν παραγωγή τῶν γαμετῶν, στή μείωση, και κατά τή δημιουργία νέων ἀτόμων, στή γονιμοποίηση, φτιάχοντας καινούργιους συνδυασμούς κληρονομικοῦ ὕλικου. Ἐτσι τά παιδιά δέ μοιάζουν ἀπόλυτα σέ ὅλα τά χαρακτηριστικά μέ τόν ἕνα ἢ τόν ἄλλο γονέα τους, ἀλλά συνδυάζουν κατά πρωτότυπο τρόπο χαρακτηριστικά κι ἀπό τοῦς δυό.

Ἐπιπλέον, ὅλες οἱ μεταλλάξεις δέ δίνουν «καλοῦς» ἀλληλόμορφους. Τό ἀντίθετο μάλιστα. Οἱ περισσότερες μεταλλάξεις φαίνεται πῶς δημιουργοῦν «κακοῦς» ἀλληλόμορφους δηλαδή ἀλληλόμορφους πού δίνουν ἄτομα λιγότερα καλά προσαρμοσμένα στό περιβάλλον πού ζοῦν. Γι' αὐτό ἄλλωστε πρέπει νά προφυλάσσουμε τόν ἀνθρώπινο πληθυσμό ἀπό μεταλλάξεις, δηλαδή ἀπό τοῦς παράγοντες πού τίς προκαλοῦν: τίς ἀκτινοβολίες ἀπό ραδιενέργεια.

Ἡ **μετάλλαξη**, πού διαρκῶς δημιουργεῖ νέα κληρονομική ποικιλομορφία, ἢ φυλετική ἀναπαραγωγή, πού ἐπιτρέπει νέους συνδυασμούς κληρονομικῶν ἰδιοτήτων πού ὑπάρχουν χῶρια σέ διάφορα ἄτομα, και ἢ **φυσική ἐπιλογή**, πού κάνει τά ἄτομα πιό προσαρμοσμένα στό περιβάλλον, ἀποτελοῦν τοῦς τρεῖς σημαντικούς παράγοντες τοῦ μηχανισμοῦ τῆς Ἐξελίξεως: αὐτό πιστεύει ἢ **νεοδαρβινική** (πρός τιμή τοῦ Ντάρβιν) ἢ **συνθετική θεωρία** τῆς Ἐξελίξεως. Ἡ θεωρία αὐτή γίνεται σήμερα γενικά ἀποδεκτή. Συμπληρώνει τίς παρατηρήσεις τοῦ Ντάρβιν γιά τή φυσική ἐπιλογή μέ τή γνώση τοῦ κληρονομικοῦ μηχανισμοῦ, πού πρῶτος ὁ Μέντελ ἀποκάλυψε και πού ὁ Ντάρβιν ἀγνοοῦσε. Εἶναι μιὰ θεωρία πού δέχεται πῶς τό περιβάλλον ὄχι ἄμεσα ἀλλά ἔμμεσα (χάρη στή φυσική ἐπιλογή) ἀποτυπώνει τίς ἀλλαγές σ' ἕνα εἶδος. Εἶναι μιὰ θεωρία **ἐκλεκτικοῦ τύπου** γιατί δειχνει πῶς οἱ ἀλλαγές γίνονται ἀπό ἐπιλογή μέρους τοῦ κληρονομικοῦ ὕλικου πού ὑπάρχει ἀπό πρῖν στή γενετική ποικιλομορφία τοῦ πληθυσμοῦ.

4.16 Ἀναγένεση και Κλαδογένεση

Ἡ φυσική ἐπιλογή βραχυχρόνια δημιουργεῖ μικρές ἀλλαγές. Μιά συνάθροιση πολλῶν τέτοιων μικρῶν ἀλλαγῶν, ἔτσι πιστεύει ἢ νεοδαρβινική θεωρία, δημιουργεῖ μεγάλες διαφορές. Ἐτσι σιγά σιγά μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου ἕνας πληθυσμός γίνεται τελείως διαφορετικός: ἕνα εἶδος ἀλλάξε κι ἔγινε ἄλλο εἶδος. Παράδειγμα ἢ *Paludina*. Μιά τέτοια πορεία μέσ στό χρόνο λέγεται **ἀναγένεση** (προσοχή! διαφέρει ἀπό τήν **ἀναγέννηση**, τό φαινόμενο πού σέ ὀρισμένα ζῶα ξαναγεννιοῦνται ὄργανα τοῦ σώματος πού κόπηκαν).



Εικόνα 128: Άκτινωτή παραρμιστική κλαδογένεση των Θηλαστικών: οι διάφορες μορφές προέρχονται από μία κοινή σχηματίζοντας μία βεντάλια στο φυλογενετικό δέντρο.





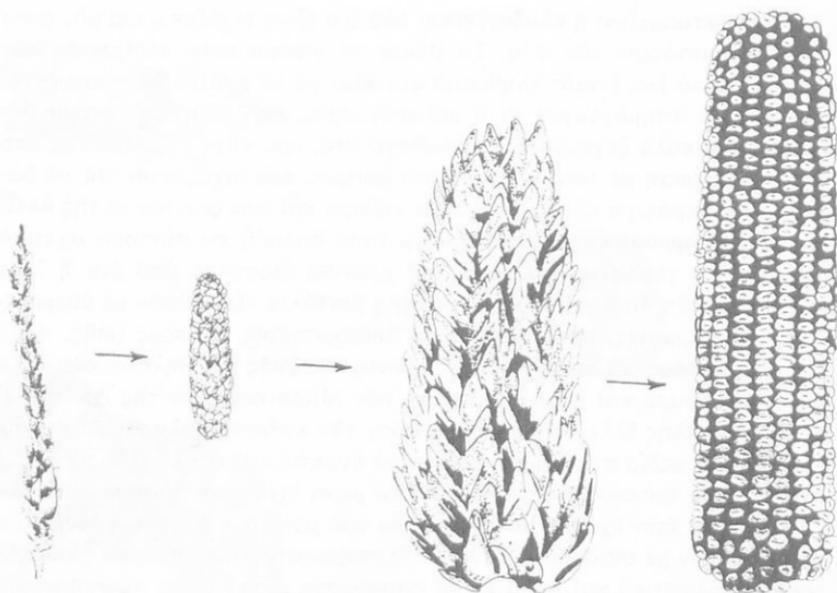
Εικόνα 129: Διάφορα μαρσιποφόρα της Αυστραλίας εξειδικεύονται σε τρόπους ζωής που στις άλλες ηπείρους καλύπτουν διάφορες τάξεις θηλαστικών. Βρίσκουμε λοιπόν «ποντίκια», «λαγούς», «σκίουρους» και «τυφλοπόντικους» μαρσιποφόρα, που μοιάζουν με τα αντίστοιχα μη μαρσιποφόρα θηλαστικά.

Διαφορετική είναι ή κλαδογένεση: έδω ένα είδος διχάζεται και μās δίνει δυό ή περισσότερα νέα είδη. Τό είδαμε νά γίνεται στην περίπτωση τών γλάρων. Από ένα ένιαίο πληθυσμό φαίνεται μέ τά χρόνια νά γεννιούνται δυό είδη, ό άσημόγλαρος κι ό μελανόγλαρος, δυό είδη πού άκόμα δέν έχουν καλά καλά ξεχωρίσει. Η κλαδογένεση, πού πήρε τ' όνομά της από τήν παρομοίωση μέ τούς κλάδους τού δέντρου πού διχάζονται γιά νά δώσουν δυό μικρότερα κλαδιά, φαίνεται καθαρά και στά φαινόμενα τής **άκτινωτής προσαρμοστικής κλαδογένεσης**, όταν δηλαδή σέ σύντομο σχετικά (βέβαια στή γεωλογική κλίμακα τού χρόνου) διάστημα από ένα ή λίγα συγγενικά είδη παράγεται μιá όλόκληρη βεντάλια νέων ειδών μέ διαφορετικές προσαρμογές, προσαρμογές σέ διαφορετικούς τρόπους ζωής. Αυτό λ.χ. παρουσιάστηκε στους πρώτους αιώνες τής ζωής τών θηλαστικών αλλά φαίνεται καθαρά και στην περίπτωση τών Μαρσιποφόρων τής Αυστραλίας. Η παντελής έλλειψη στή χώρα αυτή τών καθαυτό θηλαστικών άφησε έλεύθερο τό πεδίο στά Μαρσιποφόρα νά αναπτύξουν πολλά είδη μέ όλους σχεδόν τούς τρόπους ζωής πού σέ άλλα μέρη έχουν τά διάφορα είδη τών θηλαστικών: έτσι έχουμε Μαρσιποφόρα πού μοιάζουν μέ ποντικούς, άλλα πού μοιάζουν μέ σκίουρους, άλλα μέ Έντομοφάγα, άλλα είδη μέ άλλα φυτοφάγα θηλαστικά και άλλα μέ τά σαρκοφάγα κ.ο.κ. Είναι άξιοσημείωτο πώς οί μορφές τών «ποντικών», «σκιούρων», και άλλων ζώων τής Αυστραλίας μοιάζουν πολύ μέ τίς αντίστοιχες τών καθαυτό θηλαστικών: ή φυσική επιλογή γιά νά προσαρμόσει σέ ίδιους τρόπους ζωής διάφορα είδη έφτιαξε όμοια ζώα. Νά πώς έξηγει ή νεοδαρβινική θεωρία τήν **τελεονομία**: δέν χρειάζεται άλλη έξήγηση, είναι δημιούργημα τής φυσικής επιλογής.

4.17 Η Βελτίωση

Ό ίδιος ό Ντάρβιν είχε παρατηρήσει πώς ό άνθρωπος κατάφερε μέ τήν τεχνητή επιλογή πού εφαρμόζει νά φτιάξει διάφορες ράτσες τών καλλιεργούμενων φυτών και τών κατοικίδιων ζώων. Όπως στή Φύση ή φυσική μετάλλαξη, ή διασταύρωση και ή φυσική επιλογή είναι οί κύριοι παράγοντες δημιουργίας νέων πληθυσμών, νέων φυλών, νέων ειδών έτσι και στις προσπάθειες κληρονομικής βελτίωσης ό άνθρωπος χρησιμοποιεί άνάλογους τρόπους: τήν τεχνητή μετάλλαξη, τίς προγραμματισμένες διασταυρώσεις και τήν τεχνητή επιλογή: φτιάχνει καλύτερα φυτά και ζώα πού παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον γι' αυτόν ή άπλως αισθητικό.

Η βελτίωση τής παραγωγής μπορεί νά γίνει μέ δυό τρόπους: μέ βελτίωση τών συνθηκών τού περιβάλλοντος (λ.χ. καλύτερο και περισσότερο λίπασμα στά φυτά ή καλύτερες συνθήκες έκτροφής στά ζώα) ή μέ κληρονο-



Εικόνα 130: Η ιστορία του καλαμποκιού. Πώς με την επιλογή ο άνθρωπος κατόρθωσε να μεγαλώσει τον καρπό του και να αυξήσει την απόδοσή του.

μική βελτίωση των ατόμων, αφού κάθε φαινοτυπικό χαρακτηριστικό καθορίζεται από το περιβάλλον και το γονότυπο.

Η κληρονομική βελτίωση επιτυγχάνεται είτε με την επιλογή των ατόμων, που παρουσιάζουν σε μεγαλύτερη ένταση ή ποσότητα το επιθυμητό χαρακτηριστικό, εάν υπάρχει ήδη μεγάλη κληρονομική ποικιλομορφία στον πληθυσμό, είτε με τη δημιουργία και νέας ποικιλομορφίας (με την επίδραση π.χ. ακτίνων X ή ραδιενέργειας ή χημικών ουσιών) και μετά με επιλογή.

Με τέτοιες τεχνικές ο άνθρωπος βελτίωσε τη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή. Έφτασε, για ένα τροπικό φυτό να αυξήσει 2.000 φορές την παραγωγή του. Αυτό όμως αποτελεί εξαίρεση. Συνήθως η παραγωγή αυξάνεται πολύ λιγότερο, αλλά αυξάνεται. Στο καλαμπόκι και στις όρνιθες ή χρησιμοποίηση όρισμένων διασταυρώσεων επέτρεψε θεαματική βελτίωση της παραγωγής.

Ανάλογες προσπάθειες κληρονομικής βελτίωσης του ανθρώπου εξετάζει και η Ευγονική, που, όταν εφαρμόζεται σωστά, προσπαθεί μόνο να εξαλείψει τον ανθρώπινο πόνο και την ανθρώπινη δυστυχία.

Οι άνθρωποι πληθυσμοί φέρνουν, σε μικρή, είναι αλήθεια, συχνότη-

τα, «κακούς» άλληλόμορφους, πού σέ όμοζυγωτή κατάσταση προκαλοϋν κληρονομικές άσθένειες. Τέτοιες άσθένειες είναι ή δρεπανοκυτταρική άναιμία κι ή θαλασσαιμία. Πρόκειται για άσθένειες τοϋ αίματος, ειδικότερα άλλοιώσεις τής αίμοσφαιρίνης. Τά όμοζυγωτά άτομα για τόν κακό άλληλόμορφο δέν έχουν κανονική αίμοσφαιρίνη και πάσχουν από σοβαρή άναιμία. Τά άτομα αυτά έχουν και τούς δύο γονείς τους έτεροζυγωτούς, πού φέρνουν έναν «κανονικό» άλληλόμορφο κι έναν «κακό». Τά έτεροζυγωτά άτομα είναι υγιή και μάλιστα πιο άνθεκτικά στην έλονοσία, μποροϋν όμως άν παντρευτοϋν μέ όμοιά τους, να κάνουν τό 1/4 τών παιδιών μέ τήν παθολογική κατάσταση τής σοβαρής άναιμίας. Είναι δυνατό μέ κατάλληλη διαφώτιση αλλά και εξετάσεις να ανακαλυφθοϋν τά έτεροζυγωτά άτομα για τή θαλασσαιμία (και βέβαια και για τή δρεπανοκυτταρική άναιμία) και να τά πείσουμε να μήν κάνουν παιδιά μεταξύ τους, ώστε να αποφύγουν τόν κίνδυνο να αποκτήσουν παθολογικά παιδιά.

5.1 Οικολογία: ή μελέτη του οργανισμού σέ σχέση μέ τό περιβάλλον του

Στίς έφημερίδες, στά περιοδικά, στήν τηλεόραση και στό ραδιόφωνο τά τελευταία χρόνια κι όλο περισσότερο μιλουν για τήν **Οικολογία**. Όχι μόνο βιολόγοι αλλά και οικονομολόγοι και αρχιτέκτονες συζητουν για οικολογικά προβλήματα, όρισμένοι μάλιστα θεωρουn ότι είναι οικολόγοι. Κι όμως από τή γέννησή της και μέχρι σήμερα ή Οικολογία είναι κλάδος τής Βιολογίας πού εξετάζει τόν οργανισμό σέ συσχέτιση μέ τό περιβάλλον πού ζει και τίς σχέσεις πολλών οργανισμών του ίδιου είδους μεταξύ τους ή και διαφορετικών ειδών σέ συσχετισμό και μέ τόν τόπο πού ζουn. Ό Χαϊκελ πρώτος τής έδωσε τό όνομά της από τήν έλληνική λέξη οίκος, γιατί τό σπίτι αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του περιβάλλοντος του πολιτισμένου ανθρώπου.

Ό Οικολογία μπορεί λοιπόν νά ασχοληθεί μέ ένα μόνο άτομο ή μέ ένα όρισμένο είδος έμβιου όντος ή και μέ μιά ομάδα οργανισμών πού είναι του ίδιου είδους ή και διαφορετικών ειδών και πού συνδέονται μεταξύ τους. Πολλά άτομα του ίδιου είδους πού ζουn μαζί, αποτελουn έναν πληθυσμό. Έτσι λ.χ. σέ μιά θαμνώδη περιοχή τά άτομα από κάθε είδος φυτό, κάθε είδος ποντίκι, κάθε είδος φίδι και γεράκι, αποτελουn αντίστοιχους πληθυσμούς. Οί πληθυσμοί δέν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους: τά τρωκτικά τρέφονται από φυτά, τά φίδια από τρωκτικά, τά γεράκια τρώνε τρωκτικά και φίδια.

Όλοι οί πληθυσμοί πού αποτελουn τά βιωτικά, δηλαδή τά ζωντανά μέρη τής περιοχής, συγκροτουn μιά **βιωτική κοινότητα** στήν όποία τά

άτομα του ενός πληθυσμού επιδρούν άπάνω στά άτομα ενός άλλου πληθυσμού. Τέλος ή βιωτική κοινότητα μαζί με τά στοιχεία της περιοχής, πού δέν είναι ζωντανά (έδαφος, άερας, νερό, πέτρες κ.ά.), τά άβιωτικά, όπως τά λένε, αποτελούν μία μεγαλύτερη ένότητα, πού τά τμήματά της παρουσιάζουν άναμεταξύ τους κάποια συνοχή. Τήν ένότητα αυτή τήν ονομάζουμε **οίκοςύστημα**.

Μέ τήν περιορισμένη έννοια πού της δίνεται συχνά ή Οίκολογία δέν περιλαμβάνει καί τήν εξέταση τών σχέσεων του ανθρώπου ή τών ανθρώπων πληθυσμών μέ τό περιβάλλον τους. Ό άνθρωπος δέν είναι ένα άπλό θηλαστικό καί διαφέρει άπό τά άλλα ζώα.

● Μπορεί νά αναπτύξει συμβολική γλώσσα (καί γραφή) κι έτσι νά μεταδίδει τίς γνώσεις του, τίς έμπειρίες του, τίς σκέψεις του, τά συναισθηματά του καί τίς άνάγκες του.

● Μπορεί νά «κληρονομεί», όχι μέ τόν «μεντελιανό» μηχανισμό καί μέ τούς γόνους του, αλλά μέ τήν εκμάθηση, τίς μεθόδους καί τίς γνώσεις του άπό γενιά σέ γενιά. Μπορεί συγχρόνως νά ανακαλύπτει νέες γνώσεις καί νά λύνει πολύπλοκα προβλήματα. Έχει δηλαδή παιδεία πού του έπιτρέπει νά εξελίσσεται πολύ πιό γρήγορα άπ' ό,τι θά του επέτρεπε ό νεοδαρβινικός μηχανισμός.

● Γι' αυτό κατάφερε νά γίνει σέ μεγαλύτερο βαθμό άπό τά άλλα θηλαστικά ανεξάρτητος άπό τό φυσικό του περιβάλλον: Καλλιεργεί έδω καί 9.000 χρόνια τή γή καί εκτρέφει ζώα γιά τήν τροφή του, δηλαδή δημιουργεί πλάι στό φυσικό ένα δικό του «τεχνητό» οίκοςύστημα, τό γεωργικό, έχει αναπτύξει βιομηχανία πού παράγει άγαθά σέ μεγάλη κλίμακα, έχει τεχνολογία κι επιστήμη πού του δίνουν τέτοιες δυνατότητες, όσες ποτέ κανένα ζώο δέν άπόκτησε ώς τώρα. Έχει πολιτισμό.

Σ' αυτά καί σ' άλλα πολλά διαφέρει ό άνθρωπος άπό τά άλλα ζώα. Έπειδή όμως τίς τελευταίες δεκαετίες οι επιδράσεις του ανθρώπου στό φυσικό περιβάλλον είναι πολύ σημαντικές, δέν μπορούμε νά τίς άγνοήσουμε στη μελέτη της Οίκολογίας.

Τό περιβάλλον καθορίζει τό είδος καί τόν αριθμό τών ζώντων όντων πού μπορούν νά αναπτυχθούν σέ ένα οίκοςύστημα. Μπορούμε νά ξεχωρίσουμε σέ τέσσερις κατηγορίες τούς παράγοντες του περιβάλλοντος ενός όργανισμού.

Τό κλίμα: Έδω εξετάζεται ή επίδραση του φωτός, της θερμοκρασίας, της βροχοπτώσεως καί της ύγρασίας καί τών μεταβολών τους, όπως καί ή επίδραση τών υπόλοιπων κλιματικών παραγόντων. Επίσης άν τό οίκοςύστημα είναι στεριανό ή συγκροτείται σέ υγρό περιβάλλον, γλυκού νερού, ύφάλμυρου ή θαλάσσιου.

Ἡ τροφή: Γιά τά φυτά (ἐκτός ἀπό ἐξαιρέσεις) τροφή εἶναι τά διάφορα ἀνόργανα συστατικά. Γιά τά φυτοφάγα ζῶα εἶναι τά φυτά. Γιά τά σαρκοφάγα ζῶα εἶναι τά ἄλλα ζῶα.

Τά ἄλλα ζῶα καί τά φυτά, εἶτε τοῦ ἴδιου εἴδους εἶτε διαφορετικοῦ, ἀποτελοῦν τήν τρίτη κατηγορία παραγόντων τοῦ περιβάλλοντος. Πολλά ἄτομα τοῦ ἴδιου εἴδους μπορεῖ νά συνεργάζονται ἢ νά ἀνταγωνίζονται γιά νά ἐξασφαλίσουν τήν τροφή τους. Ἄλλα εἶδη μπορεῖ νά ἀποτελοῦν φυσικούς ἐχθρούς τρώγοντας ἢ παρασιτώντας ἕναν ὄργανισμό. Ἐδῶ κατατάσσουμε καί τά παθογόνα αἰτία γιά διάφορες ἀσθένειες.

Ἄο χῶρος, ὅπου ἕνας ὄργανισμός ζεῖ, ἀποτελεῖ τόν τέταρτο παράγοντα. Τό κουνέλι χρειάζεται ἔδαφος πού νά μπορεῖ νά τό σκάβει, νά κάνει τρύπες γιά νά κρυφτεῖ. Δέν μπορεῖ νά ζήσει σέ πετρώματα σκληρά πού δέν τοῦ ἐπιτρέπουν νά φτιάξει τρύπες. Τό πουλί χρειάζεται δέντρο γιά νά κάνει τή φωλιά του.

Μερικούς ἀπό αὐτούς τοὺς παράγοντες θά τοὺς ἐξετάσουμε μέ μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρακάτω.

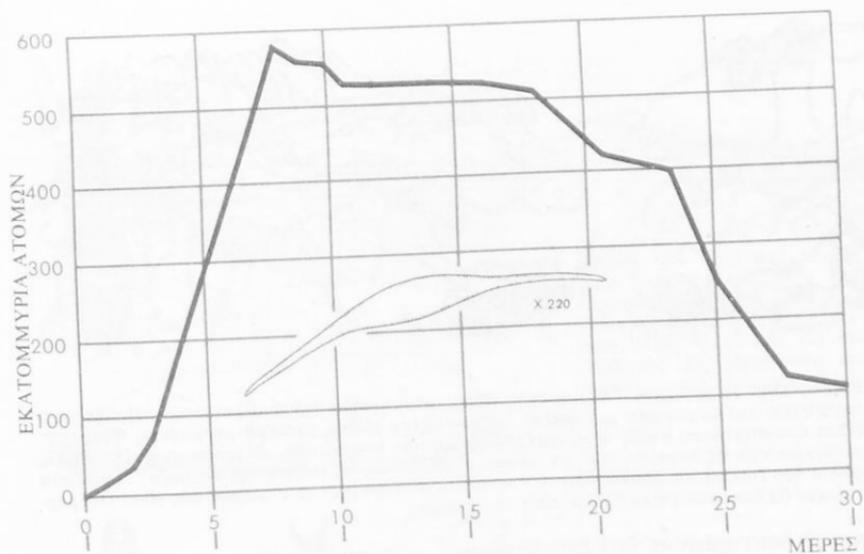
5.2 Οἱ ἄλλοι ὄργανισμοί τοῦ ἴδιου εἴδους: ὁ πληθυσμός

Πολλά ἄτομα τοῦ ἴδιου εἴδους, πού ζοῦν μαζί, ἀποτελοῦν, ὅπως εἶπαμε, ἕναν πληθυσμό. Τό ἕνα ἐπηρεάζει τό ἄλλο: λέμε πῶς **ἀλληλεπιδροῦν**. Ἐτσι μπορεῖ νά ἀνταγωνίζονται γιά τήν τροφή τους, ὅταν δέν εἶναι ἀρκετή, γιά τό χῶρο πού θά κάνουν τή φωλιά τους ἢ πού θά ἀντλήσουν τήν τροφή τους, γιά τά ἄτομα τοῦ ἄλλου φύλου πού θά συζευχθοῦν. Σ' αὐτόν τόν ἀνταγωνισμό νικοῦν, ἐπιβιώνουν καί ἀφήνουν πιά πολλοὺς ἀπογόνους τά πιά δυνατά ἢ τά πιά ἱκανά, **πάντως τά πιά προσαρμοσμένα στίς συνθήκες τῆς ζωῆς πού ζοῦν**. Γίνεται δηλαδή **μία φυσική ἐπιλογή**. Ἄλλες φορές πάλι ὁ ἀριθμός ἀτόμων εἶναι τόσο μεγάλος πού οὔτε γιά τά πιά ἱκανά δέν μένει ἀρκετή τροφή καί ὅλα πεθαίνουν.

Τήν ἀρνητική αὐτή ἀλληλεπίδραση τῶν ἀτόμων ἑνός πληθυσμοῦ μποροῦμε νά τήν δοῦμε χαρακτηριστικά στήν αὔξηση ἑνός πληθυσμοῦ διατό-

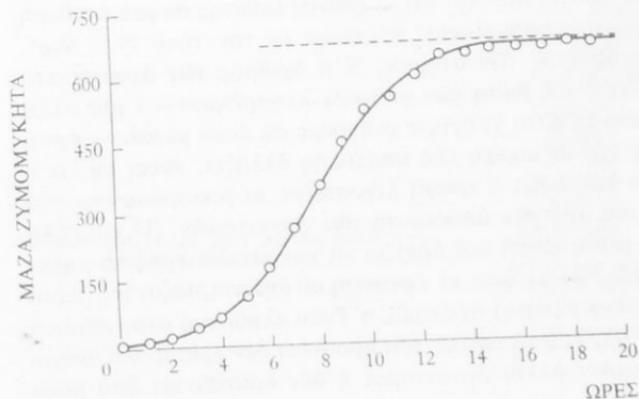


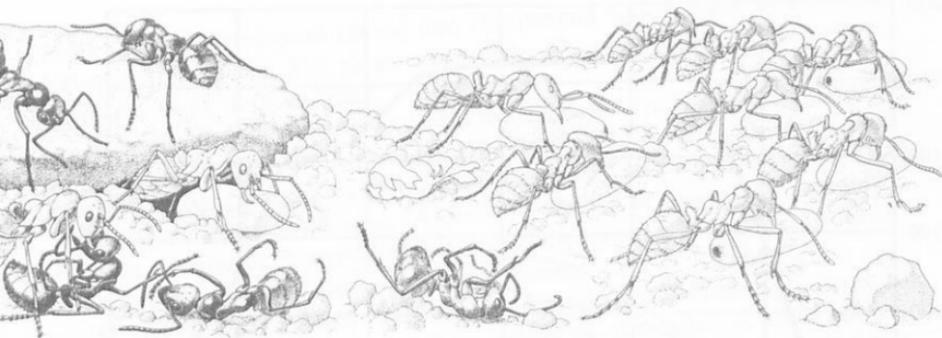
Εἰκόνα 131: Τό *Tribolium confusum* (ἔχει μήκος 3 χιλιοστά περίπου).



Εικόνα 132: Αύξηση και μετά ελάττωση του πληθυσμού ενός διάτομου σ' ένα δοκιμαστικό σωλήνα.

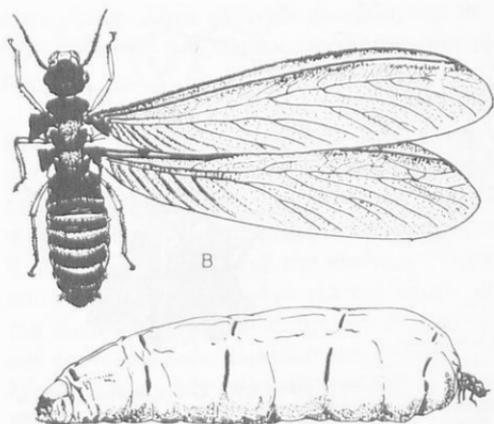
Εικόνα 133: Ή σιγμοειδής καμπύλη τής αύξησης του πληθυσμού ζυμομυκήτων σέ μία καλλιέργεια.



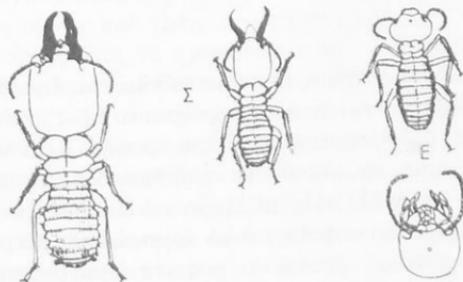


Εικόνα 134: Ἡ δούλεψη. Ἄτομα ἑνὸς εἴδους μυρμηγκίδων (τὰ ἀνοιχτόχρωμα, Πολύεργος) ἐπιτίθενται καὶ λεηλατοῦν μιά φολιά ἄτομον ἄλλου εἴδους (σκοῦρα μυρμηγκία, Φόρμικα). Ὅσα ἀντιστέκονται στοὺς ἐπιδρομεῖς σκοτώνονται ἀπὸ αὐτοὺς. Συγχρόνως οἱ ἐπιδρομεῖς μεταφέρουν μὲ τις δαγκανές τους τὰ «κουκούλια» δηλαδή τις νυμφές τῆς Φόρμικας. Ὅταν στη φολιά τοῦ Πολύεργου βγοῦνε ἀπὸ τὰ κουκούλια οἱ Φόρμικες θὰ νομίζουν πὸς εἶναι Πολύεργοι, καὶ θὰ ὑπηρετοῦν σαν δούλοι τοὺς Πολύεργους.

μων ἢ βακτηρίων σ' ἓνα ἐργαστηριακὸ πείραμα. Ἄν βάλουμε σ' ἓνα μπουκάλι (ἢ δοκιμαστικὸ σωλήνα) ζωμὸ κρέατος (θρεπτικὸ ὑπόστρωμα) καὶ τὸ μολύνουμε μὲ βακτήρια μπορούμε νὰ παρακολουθήσουμε μὲ διάφορες μεθόδους πόσο αὐξάνονται τὰ βακτήρια. Τὸ ἴδιο πείραμα μπορούμε νὰ πραγματοποιήσουμε μὲ διάτομα (μικροσκοπικοὺς ὄργανισμούς). Ἡ, πάλι, ἂν σ' ἓνα κουτί μὲ ἄλευρι βάλουμε αὐτὰ τὰ σκαθάρια πού τὸ τρῶνε καὶ πού τὰ ὀνομάζουμε συνήθως «ψεῖρες τοῦ ἄλευριοῦ» (*Tribolium confusum*). Σ' ὅλες αὐτὲς τίς περιπτώσεις ἡ καμπύλη τῆς αὐξήσεως εἶναι ἡ ἴδια. Στὴν ἀρχὴ τὰ ἄτομα εἶναι λίγα καὶ ἡ τροφὴ ἄφθονη· ἡ αὐξηση ἀκολουθεῖ τὴ γεωμετρικὴ πρόοδο, λέμε πὸς εἶναι ἐκθετικὴ ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων αὐξάνεται, σέ συνάρτηση μὲ τὸ χρόνο, σάν νά ἔταν ὁ χρόνος ἐκθέτης σέ μιά σταθερὴ ποσότητα, δηλαδή ἡ αὐξηση γίνεται σύμφωνα μὲ τὸν τύπο $N = N_0 e^{at}$, ὅπου N_0 ὁ ἀρχικὸς ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων, N ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων στὸ χρόνο t , e μιά σταθερὴ – ἡ βάση τῶν φυσικῶν λογαριθμῶν – a μιά ἄλλη σταθερὴ καὶ t ὁ χρόνος. Ἐτσι γρήγορα φτάνουμε σέ πολὺ μεγάλους ἀριθμούς ἀλλὰ καὶ γρήγορα ἡ μορφή τῆς καμπύλης ἀλλάζει, παύει νὰ εἶναι ἐκθετικὴ, ἡ αὐξηση φρενάρει· ἡ τροφὴ λιγοστεύει, συγκεντρώνονται στὸ χῶρο προϊόντα τοξικά ἀπὸ τὴν ἀπέκκριση τῶν ὀργανισμῶν. Ἡ καμπύλη φτάνει γρήγορα σέ μιά κορυφὴ καὶ ἀρχίζει νὰ κατακυλᾷ πρὸς τὸ μηδέν ὅσο ἡ τροφὴ ἐλαττώνεται κι ὅσο οἱ ὄργανισμοὶ δηλητηριάζονται. Αὐτὸ βέβαια συμβαίνει σ' ἓνα κλειστὸ σύστημα, σ' ἓναν πληθυσμὸ στὸν ὁποῖο ἡ τροφὴ δὲν ἀνανεώνεται, πού τὰ τοξικά του προϊόντα δὲν «μεταβολίζονται» δηλαδή δὲν τὰ διασποῦν ἄλλοι ὄργανισμοὶ ἢ δὲν διασπῶνται ἀπὸ μόνα τους.

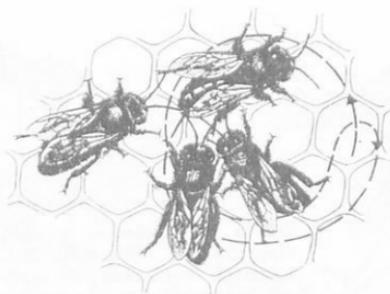


Εικόνα 135: Διάφορες μορφές τερμιτών που ζούν στην ίδια κοινωνία. Βασίλισσες (B) πρίν γονιτοποιηθούν κι όταν γεννούν αυγά, στρατιώτες (Σ) και έργάτριες (E). Μεγέθυνση του κεφαλιού μίας έργάτριας.

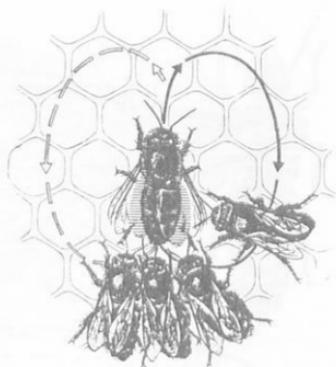


Εικόνα 136: Τομή μίας φωλιάς κοινωνίας άφρικανικών τερμιτών.





Εικόνα 137: Ο κυκλικός χορός των μελισσών. Τα βέλη δείχνουν τη διαδρομή που κάνει η εργάτρια που χορεύει. Την ακολουθούν τρεις άλλες που έτσι πληροφορούνται για την πηγή της τροφής.



Εικόνα 138: Ο διαμετρικός χορός. Τέσσερις άλλες εργάτριες παρακολουθούν αυτήν που χορεύει.

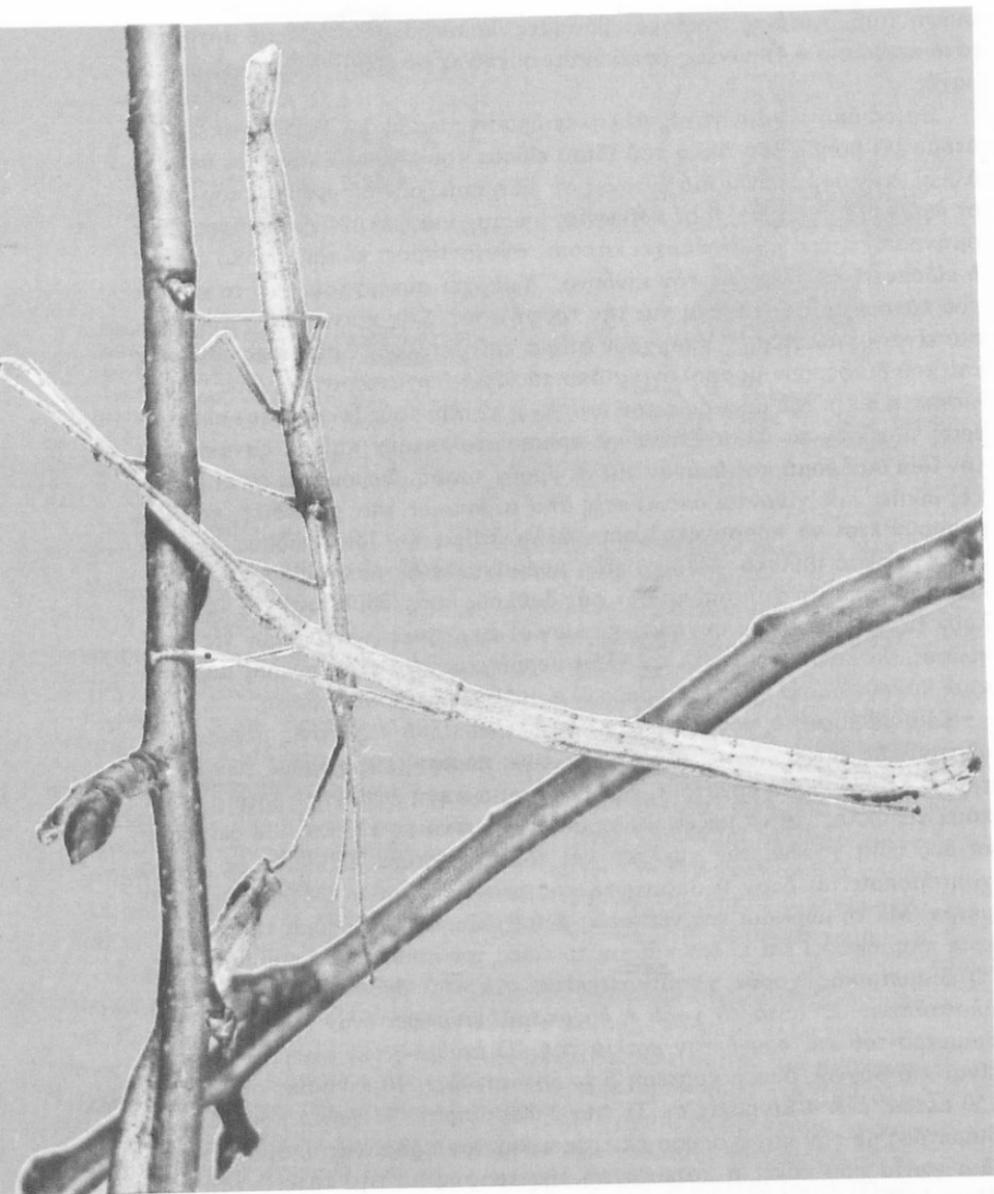
Στή φύση οί πληθυσμοί δέν είναι συνήθως συστήματα κλειστά, δηλαδή τά τοξικά τους προϊόντα μεταβολίζονται ή απομακρύνονται απ' αυτούς, ένω περιοδικά τούς προσφέρεται μιά όρισμένη ποσότητα τροφής. Κάτι τέτοιο προσπαθούμε στό εργαστήριο νά μιμηθούμε χρησιμοποιώντας τό «χημειοστάτη», ένα όργανο σάν μπουκάλι αλλά μέ έξοδο καί είσοδο: έξοδο γιά νά φεύγουν τά τοξικά προϊόντα καί είσοδο γιά νά προσφέρεται μικρή ποσότητα νέου θρεπτικού ύλικού σέ όρισμένα χρονικά διαστήματα. Έπειδή ή ποσότητα τροφής είναι πάντως περιορισμένη, μπορούμε νά εξακολουθήσουμε νά 'χουμε ένα ζωντανό πληθυσμό, όχι όμως καί διαρκώς αύξανόμενο, δηλαδή μπορούμε νά 'χουμε έναν πληθυσμό σταθερού μεγέθους. Μετά την έκθετική αύξηση βλέπουμε κι έδω ένα φρενάρισμα καί τό φτάσιμο του πληθυσμού σέ μιά μέγιστη τιμή πού την κρατά ό πληθυσμός γιά πολύ χρόνο. Η καμπύλη της αύξήσεως θυμίζει τό λατινικό γράμμα S καί γι' αυτό όνομάζεται σιγμοειδής.

Σ' ένα «φυσικό» πληθυσμό όπως είναι οί πληθυσμοί των ποντικιών μις μεγάλης πόλεως πού μελετήθηκε (της Βαλτιμόρης) έχουμε κι άλλα φαινόμενα. Γύρω στά 1945 ό πληθυσμός ήταν μηδαμινός, έπειτα από μιά συστηματική καί άποτελεσματική έκστρατεία πού είχε προηγηθεί γιά την όλοσχερή καταστροφή των ποντικιών. Από τότε άρχισε νά αύξάνεται γρήγορα. Τά ποντίκια τρεφόντουσαν κυρίως από σκουπίδια (οί κάτοικοι άμελούσαν νά κλείνουν στεγανά τούς τσίγκινους σκουπιδοντενεκέδες τους). Όταν έφτασε στό μέγιστο σημείο του, άρχισε νά παρουσιάζει άνεβοκατεβάσματα, σάν άκανόνιστους παλμούς πάνω κάτω: ποτέ δέν ξεπερνούσε όμως μιά όρι-

σμένη τιμή. Αυτά τὰ άνεβοκατεβάσματα θά τά ξαναεξετάσουμε άργότερα (στό κεφάλαιο 5.4) πάντως όφείλονται συνήθως σέ περιβαλλοντικές διαταραχές.

Έκτός άπό τίσ άρνητικές άλληλεπιδράσεις ύπάρχουν κι οί θετικές: Ένα άτομο νά βοηθά ένα άλλο του ίδιου είδους του γιά νά ζήσει. Οί θετικές άλληλεπιδράσεις είναι πιό έντονες σέ είδη πού ζοϋν σέ **σμήνη**, (πουλιά) ή σέ **άγέλες** (θηλαστικά) ή σέ **κοινωνίες** (μυρμήγκια, μέλισσες, τερμίτες). Στά σμήνη και στίς άγέλες ύπάρχει κάποιος συντονισμός, κάποιο άτομο όδηγεϊ ή είδοποιεί τά άλλα γιά τόν κίνδυνο. Ύπάρχει συνεργασία γιά τό κυνήγι πού κάνουν τίσ σαρκοφάγα γιά τήν τροφή τους. Στίς κοινωνίες ή συνεργασία είναι μεγαλυτερη. Ύπάρχουν άτομα πού έκτελοϋν όρισμένες έργασίες και πού διαφέρουν μορφολογικά άπό τά άλλα (έργάτες, στρατιώτες, βασιλίσσες κ.ο.κ.). Μέ μυρωδιές πού αφήνει ή κοιλιά τους (**φερομόνη**) οί έργάτριες βοηθοϋν τά άλλα άτομα νά προσανατολιστοϋν και νά ξανακάνουν τήν ίδια διαδρομή πού έκαναν γιά νά βροϋν τροφή. Φερομόνες είναι πτητικές οϋσίες πού γίνονται άντιληπτές άπό τά έντομα, σάν μυρωδιές, και πού μποροϋν έτσι νά προσανατολίσουν άλλα άτομα του ίδιου είδους, λ.χ. τά άρσενικά στό θηλυκό. Μερικά είδη μυρμηγκιων αίχμαλωτίζουν άλλα άλλου είδους και τά χρησιμοποιοϋν σάν δούλους τους (**δούλωση**) γιά νά έκτελοϋν τίσ έργασίες πού συνήθως κάνουν οί έργάτριες (νά τρέφουν τίσ προνύμφες, νά καθαρίζουν κτλ.). "Άλλα μυρμήγκια τά «στρατιωτικά μυρμήγκια» κάνουν δλόκληρες έπιδρομές όλα μαζί γιά νά βροϋν τροφή.

Στίς μέλισσες ό φόν Φρίς (Karl von Frisch 1886 – ζεί στίς μέρες μας), άυστριακός έντομολόγος, άνακάλυψε τούς περίφημους χορούς τών εργατριων. Μέ χορό μία έργάτρια, πού βρήκε μία πηγή άφθονης τροφής, είδοποιεί τίσ άλλες γιά νά μαζέψουν κι αυτές. Οί εικόνες 137 και 138 δείχνουν τά δύο είδη χορών, τόν κυκλικό και τό διαμετρικό. 'Ο κυκλικός χορός χρησιμοποιείται όταν ή άπόσταση τής τροφής είναι μικρότερη άπό 100 μέτρα. Μέ τή μυρωδιά του νέκταρος πού βγάζει άπό τό στόμα τής ή έργάτρια πληροφορεί επί πλέον και γιά τό είδος του λουλουδιου πού βόσκησε. 'Ο διαμετρικός χορός χρησιμοποιείται γιά τήν ύπόδειξη μεγαλυτερων άποστάσεων. Σ' αυτό τό χορό ή έργάτρια διαγράφει έναν κύκλο και μία διάμετρο του και κουνά τήν κοιλιά τής. 'Ο αριθμός τών κινήσεων αυτών είναι πιό συχνός όσο μικρότερη ή άπόσταση (λ.χ. 10 κινήσεις σέ 25" γιά 150 μέτρα, ένω 4 κινήσεις σέ 25" γιά 2.000 μέτρα). 'Η γωνία πού κάνει ή διάμετρος μέ τήν κατακόρυφο έπιτρέπει και τόν προσανατολισμό: είναι ή ίδια γωνία πού κάνει ή κατεύθυνση τής τροφής μέ τήν κατεύθυνση τών ήλιακων ακτινων.

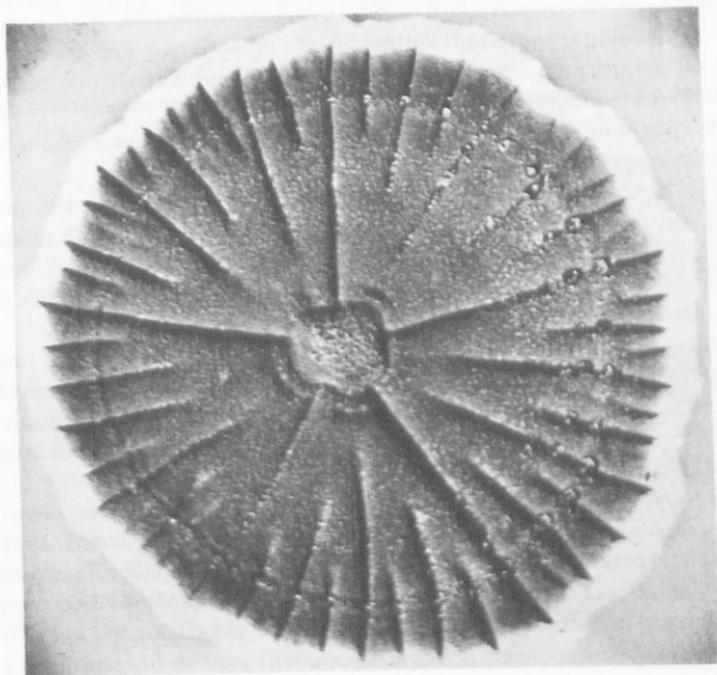


Εικόνα 139: Ένα έντομο που ανήκει σε μία ομάδα που ονομάζεται Φάσματα, ο Βάκιλλος του Ρόσσι (*Bacillus rossii*), μοιάζει με κλαδιά δέντρου σε πλήρη άκίνησια. Χαρακτηριστική περιποίηση κίμωνφλας που πετυχαίνεται με το σχήμα του σώματος και το χρώμα του έντομου. Έτσι αποφεύγει τα πουλιά που το τρώνε. Στην εικόνα δύο, άτομα φασμάτων.

5.3 Σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών

Μεταξύ άτόμων που ανήκουν σε διαφορετικά είδη μπορεί να υπάρχουν διάφορου είδους αλληλεπιδράσεις. Ένα συνηθισμένο είδος αρνητικής σχέσεως είναι του **θηράματος-θηρευτή**. Το θήραμα τρώγεται, οι θηρευτές τρώνε. Το θήραμα κοιτάζει πώς να αποφύγει το θηρευτή του, πώς να προστατευθεί από αυτόν. Τα θηλαστικά αποχτούν μηχανισμούς αντίστασης στα παθογόνα μικρόβια τους, παράγουν **άντισώματα**. Πολλά ζώα προσαρμόζουν το χρωματισμό τους, ώστε να μη γίνονται εύκολα ορατά από το θηρευτή τους: στα βόρεια μέρη, όπου όλα τα καλύπτει ο πάγος, τα ζώα έχουν λευκό τρίχωμα. Γενικά, ή γνωστή από τη στρατιωτική τέχνη μέθοδος της παραλλαγής (καμουφλάζ) έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα από τους ζωικούς οργανισμούς. Είδαμε πώς οι πεταλούδες που ζούν σε βιομηχανικές περιοχές μεγαλουπόλεων έχουν μαύρο χρώμα, γιατί πολλές επιφάνειες κτιρίων ή δέντρων μαυρίζουν από τους καπνούς. Μερικά έντομα μοιάζουν με κλαδίσκους δέντρων ή με φύλλα, γιά να κρύβονται από τους διωκτες τους.

Εικόνα 140: Το *Penicillium* (μιά άποικία του), ο μύκητας που παράγει την πενικιλίνη.





Εικόνα 141: Ὀρχεοειδές ἐνδημικό τῆς χώρας μας (*Ophrys sphecodes* ssp. *hebes*).

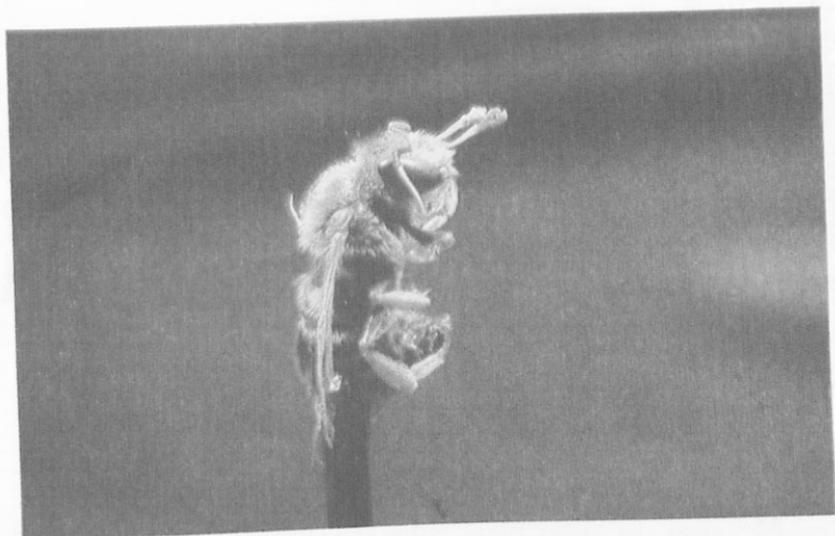
Ἄλλες πεταλοῦδες κι ἄλλα ἔντομα παρουσιάζουν τό φαινόμενο τῆς μικρίας γιά τό ὅποιο ἐπίσης μιλήσαμε. Οἱ μηχανισμοί ἄμυνας εἶναι πολλοί. Ἡ φυγή, τά νύχια, τά δόντια μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν ὅπως καί οἱ ἠλεκτρικές ἐκκενώσεις στίς μουδιάστρες (σελάχια, ψάρια τῶν δικῶν μας καί τῶν τροπικῶν χωρῶν). Στά φυτά οἱ δηλητηριώδεις οὐσίες, οἱ ἐνοχλητικές, τά ἀγκάθια χρησιμοποιοῦνται γιά τήν προφύλαξη ἀπό τά φυτοφάγα ζῶα. Οἱ μύκητες παράγουν **ἀντιβιοτικά**, οὐσίες πού ἐμποδίζουν τά βακτήρια νά ἀναπτυχθοῦν.

Οἱ τρόποι αὐτοί ἀντιστάσεως, ἄμυνας, καμουφλάζ δείχνουν πόσους μηχανισμούς μπορεῖ νά δημιουργήσει ἡ φυσική ἐπιλογή.

Ἐνα ἄλλο ἀρνητικό εἶδος σχέσεως εἶναι ὁ **παρασιτισμός**, πού μοιάζει πολύ (μερικοί τή θεωροῦν καί ταυτόσημη) μέ τή σχέση θηράματος-θηρευτή. Ἀποβαίνει πάντα σέ βάρος τοῦ ἐνός εἶδους, τοῦ **ξενιστή**, ἀπό τόν ὅποιο τρέφεται τό παράσιτο. Τά παθογόνα μικρόβια, πού προκαλοῦν ἀσθένειες, εἶναι κι αὐτά παράσιτα.

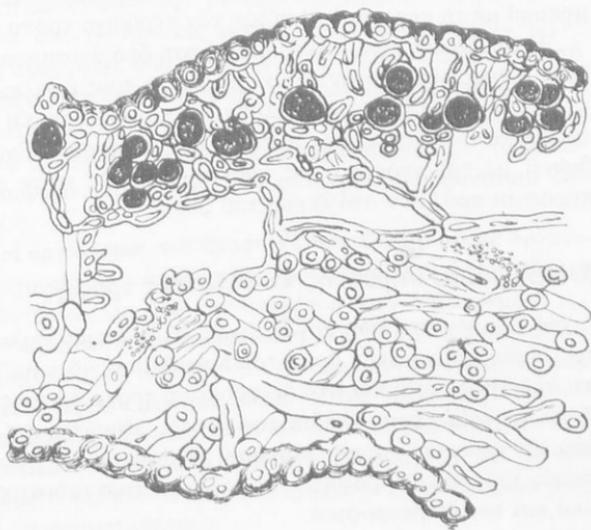
Τέλος μπορεῖ νά ὑπάρχει ἕνα εἶδος θετικής ἀλληλεξαρτήσεως (συμβολῆς) μεταξύ ἀτόμων διαφορετικῶν εἰδῶν: τά ἐντομόφιλα φυτά ἐπικονιάζονται ἀπό ἔντομα, τῶν ὁποίων ἡ παρουσία εἶναι ἀναγκαία γιά τή διαίωσή τους. Γι' αὐτό οἱ μέλισσες αὐξάνουν τή γονιμότητα πολλῶν καλλιεργουμένων φυτῶν.

Τά ὄρχεοειδή (σερنيκοβότανα, σαλέπια) γονιμοποιοῦνται μόνο ἀπό ὀρισμένα ἔντομα. Ὁ Ντάρβιν ἀπό τά 1860 γνόριξε τίς θαυμαστές λεπτομέρειες τῆς γονιμοποίησής τους. Τό ἄρσενικό ἔντομο (εἶδος ὑμενόπτερου σάν τίς μέλισσες) στήν περίπτωση πολλῶν εἰδῶν ὄρχεοειδῶν ἔλκεται γιὰ τό ἄνθος ἀπό τή μιά μεριά μοιάζει μέ τό θηλυκό τοῦ εἶδους του καί ἀπό τήν ἄλλη παράγει σεξουαλική ὁρμόνη (φερομόνη) σάν τά θηλυκά ἄτομα τοῦ

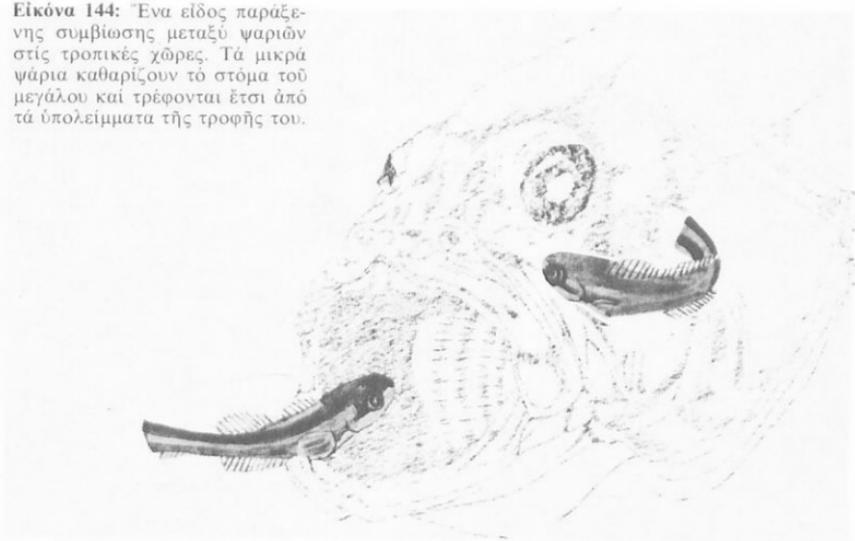


Εικόνα 142: Άρσενικό ύμενόπετρο με κολλημένα στο κεφάλι του δύο κερατάκια: είναι τα γυρεοφόρα συγκροτήματα ενός όρχεοειδούς με τό όποιο έκανε ψευδοσυνουσία.

Εικόνα 143: Τομή λειχήνα. Με μαύρο είναι ζωγραφισμένο τό φύκος, με λευκό ό μύκητας.



Εικόνα 144: Ένα είδος παράξενης συμβίωσης μεταξύ ψαριών στις τροπικές χώρες. Τά μικρά ψάρια καθαρίζουν τό στόμα τού μεγάλου καί τρέφονται έτσι από τά υπολείμματα τής τροφής του.

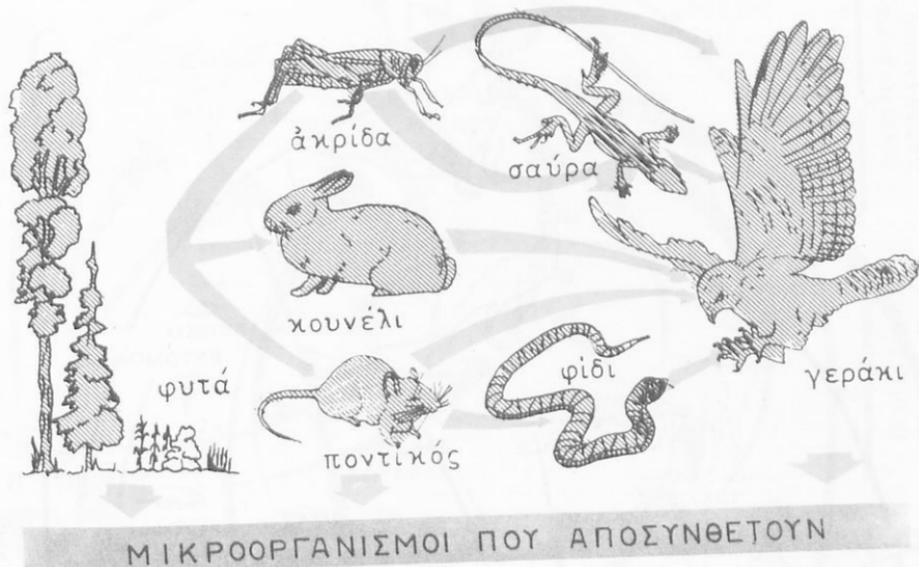


είδους του. Μέ τίς κινήσεις πού κάνει κατά τήν ψευτοσυνουσία γιά νά γονιμοποιήσει τό δήτην θηλυκό του καταλήγει ν' άγγίξει μέ τό κεφάλι του ή τήν κοιλιά του τούς άνθηρες. Μέ ένα καταπληκτικό μηχανισμό κολλούν στό μέρος τού σώματος τού έντόμου πού τούς άγγιξε γυρεοφόρα συγκροτήματα (μάζες από γύρη). Μόλις τό έντομο επισκεφτεί άλλο άνθος τό γονιμοποιεί μέ τή γύρη πού μ' αυτόν τόν περίεργο τρόπο μεταφέρει.

Ή συμβίωση είναι τέλος μιά σχέση δυό διαφορετικών οργανισμών πού ζούν ό ένας δίπλα στόν άλλο, γιά κοινή τους ώφέλεια. Τά άζωτόλογα βακτήρια μέ τά ψυχανθή αποτελούν ένα παράδειγμα. Οί λειχήνες αποτελούνται από ένα φύκος κι ένα μύκητα, πού συμβιούν. Ένα είδος πουλιού συμβιώνει μέ τό ρινόκερο καί κάθεται διαρκώς στήν πλάτη του: τρώει τά παράσιτα πού ζούν στό δέρμα τού ζώου.

5.4 Θήραμα, θηρευτής κι άλυσίδες τροφής

Ή ταξινόμηση τών οργανισμών, τό σύστημα δηλαδή τής κατατάξεως, πού υιοθετήσαμε στήν άρχή τού Κεφαλαίου γιά τήν Έξέλιξη (4.1), κοντά στ' άλλα βασίζεται καί στό διαφορετικό τρόπο διατροφής τών οργανισμών. Έτσι τά τρία κύρια κλαδιά του (Φυτά, Μύκητες καί Ζώα) πού βγαίνουν από τόν κεντρικό κορμό (Μονήρη, Πρώτιστα) δείχνουν καί τρεις διαφορετικούς τρόπους διατροφής: τό φωτοσυνθετικό (αυτοτροφικό), τό σαπροφυτικό καί τόν έτεροτροφικό.

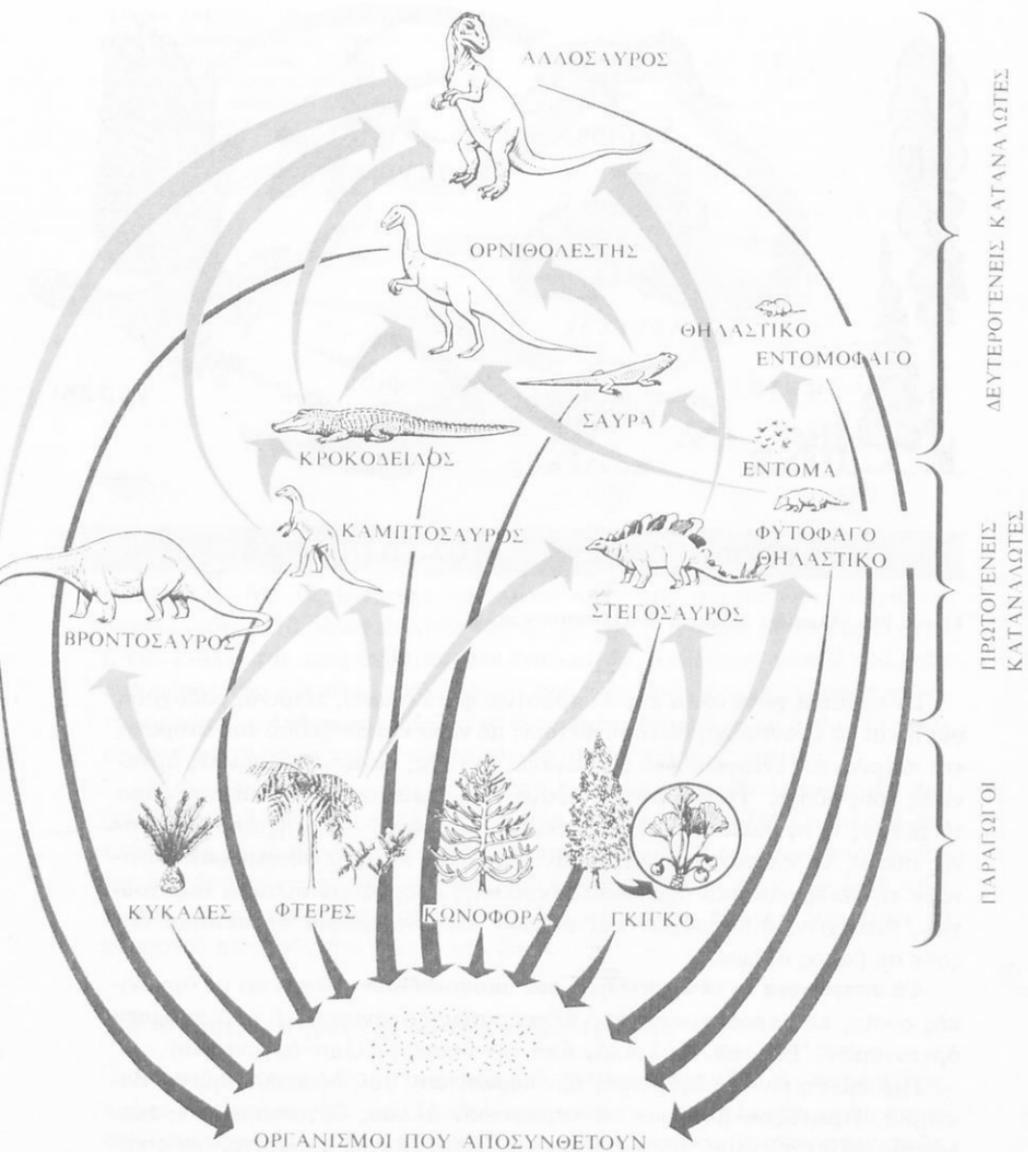


Εικόνα 145: 'Αλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα.

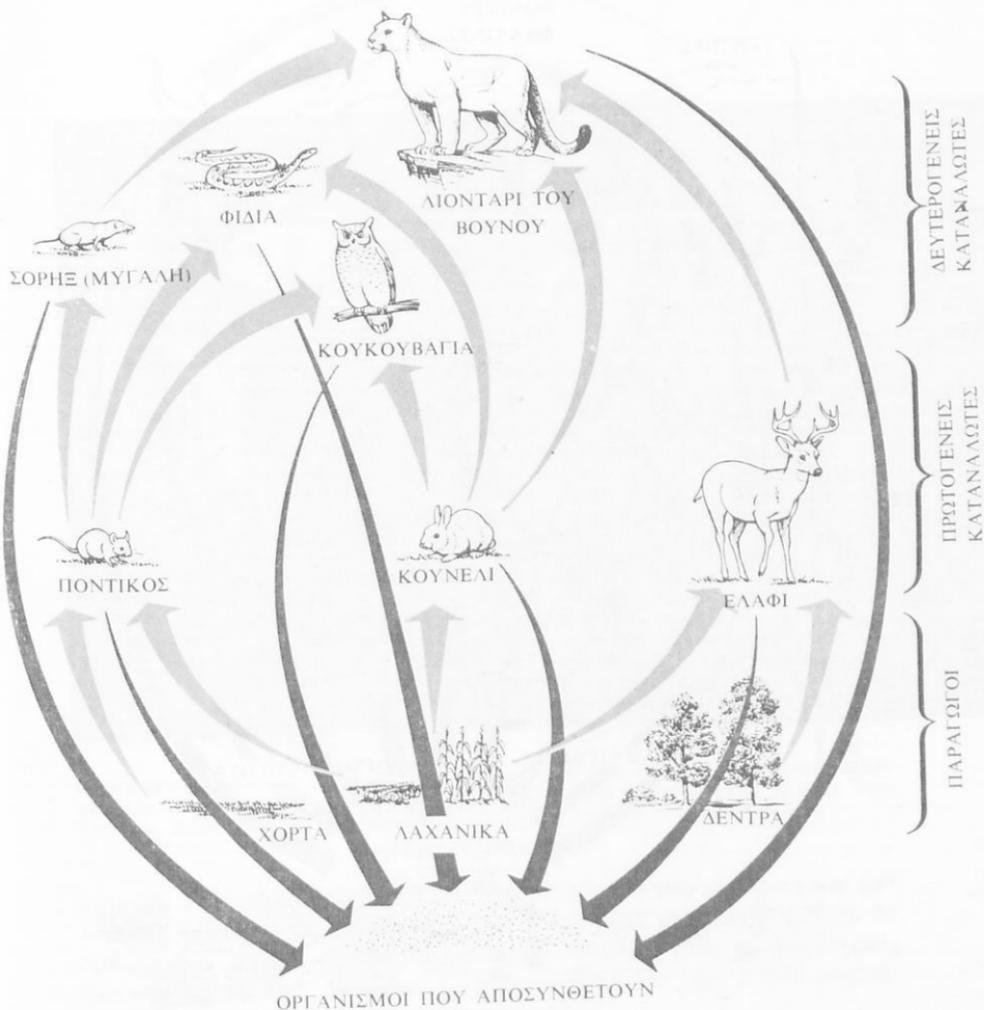
Τά πράσινα φυτά αλλά και τά πράσινα, φαιά (καφέ), κίτρινα, ροδόχροα φύκη και τά κυανοφύκη φωτοσυνθέτουν: μέ νερό και διοξειδίο του άνθρακα και παίρνοντας ενέργεια από τίς ήλιακές άκτίνες, κατασκευάζουν τίς οργανικές τους ουσίες. Τίς άνόργανες ουσίες πού χρειάζονται τίς παίρνουν από τό έδαφος ή τή θάλασσα. Μερικά βακτήρια μπορούν έπίσης από άνόργανες ουσίες νά κατασκευάσουν οργανικές (είναι κι αυτά **αυτότροφα**): παίρνουν τήν ενέργεια από οξειδώσεις (καύσεις) άνοργάνων ουσιών, (άζωτου-χων, θειούχων, σιδηρούχων και άλλων). Οί αυτότροφοί οργανισμοί δέν ζούν σέ βάρος άλλων.

Τά σαπρόφυτα κι οί **οργανισμοί πού άποσυνθέτουν** τρέφονται μέ οργανικές ουσίες πού προέρχονται από άπεκκρίσεις οργανισμών ή από πτώματα οργανισμών. Έξαρτώνται λοιπόν από τήν ύπαρξη άλλων οργανισμών.

Πιο άμεση είναι ή εξάρτηση των **παρασίτων**. Ίοί, Μυκοπλάσματα, Βακτήρια, Πρωτόζωα μπορούν νά παρασιτούν άλλους οργανισμούς προκαλώντας τους ασθένειες. Μερικοί μύκητες είναι έπίσης παράσιτα, όπως και μερικά ζώα (λ.χ. νηματώδεις). Τά παράσιτα είναι **έτερότροφοί** οργανισμοί πού τρέφονται κατευθείαν από άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Έτερότροφα σέ κάποιο βαθμό είναι και τά τροπικά έντομοφάγα φυτά, γιατί μπορούν συγχρόνως και νά φωτοσυνθέτουν.

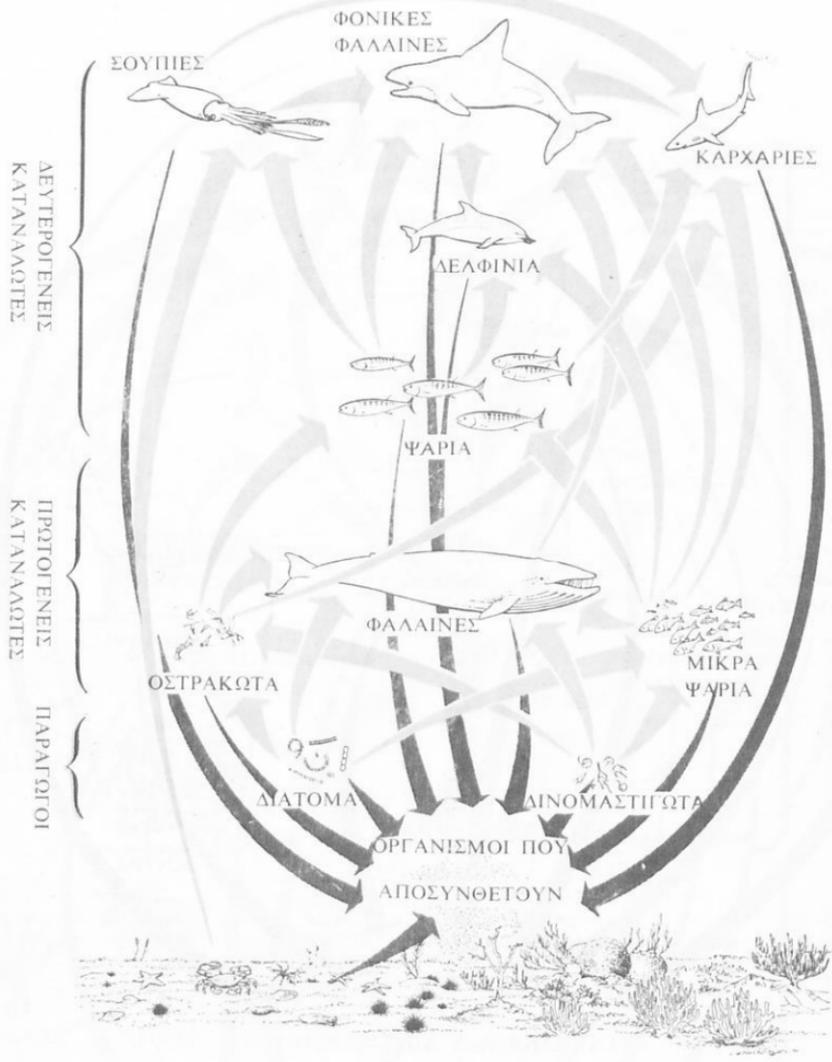


Εικόνα 146: Άλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα με δεινόσαυρους. Άπ' ό,τι πληροφορίες έχουμε κάπως έτσι θά 'πρεπε στην Ίουρασική περίοδο νά 'ναι οί σχέσεις θηράματος-θηρευτή.



Εικόνα 147: Πλέγμα άλυσίδων τροφής πίο πολύπλοκο από εκείνο της εικόνας 145.

Σε μία βιωτική κοινότητα τα διάφορα είδη συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις θηράματος και θηρευτή. "Αν ενώσουμε με τόξα μεταξύ τους τα διάφορα είδη που τρώνονται με αυτά που τρώνε, θα μπορέσουμε να σχηματίσουμε τις άλυσίδες τροφής. Ένα τμήμα μίας τέτοιας άλυσίδας είναι ή σειρά: φυτό-τροφτικό-φίδι-γεράκι. Ένώνοντας με τόξα όλα τα είδη που τρώγονται και που τρώνε, σχηματίζοντας δηλαδή όλες τις άλυσίδες της τροφής, φτιάχνουμε ένα πολύπλοκο πλέγμα, που έχει σχήμα πυραμίδας. Στη βάση αυτής της πυραμίδας βρίσκονται τα αυτότροφα φυτά. Ύστερα έρχονται οί φυτοφάγοι οργανισμοί. Αμέσως μετά οί σαρκοφάγοι, δηλαδή

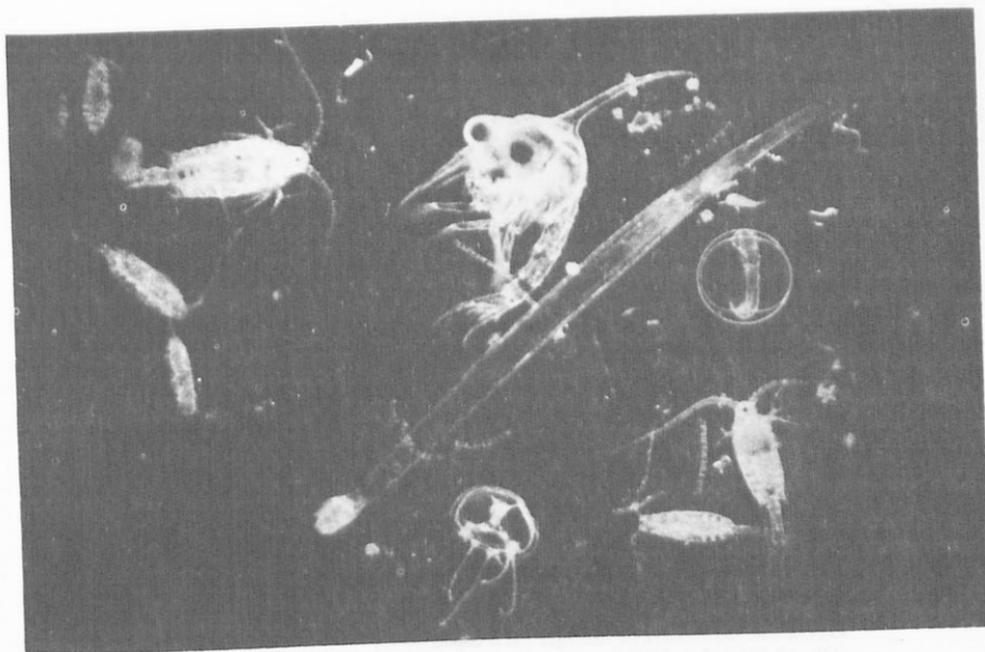


ΖΩΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ ΤΟΥ ΒΥΘΟΥ

Εικόνα 148: Άλυσίδες τροφής στους ωκεανούς.

όλοι οι έτερότροφοι οργανισμοί (αυτοί που έχουν σαν τροφή τους άλλους οργανισμούς). Η κάθε μιά βιοκοινότητα χαρακτηρίζεται από δικό της πλέγμα.

Η εικόνα 147 δείχνει κι ένα άλλο πλέγμα άλυσίδων τροφής: χόρτα, δέντρα (αυτότροφοι οργανισμοί) τρώγονται από φυτοφάγα: έντομα, τρωκτικά, λαγούς, μυρμηκαστικά (πρωτογενείς καταναλωτές). Τα φυτοφάγα τρώγονται από σαρκοφάγα: έντομοφάγα (μυγαλές), φίδια, άρπακτικά (κουκουβάγιες,



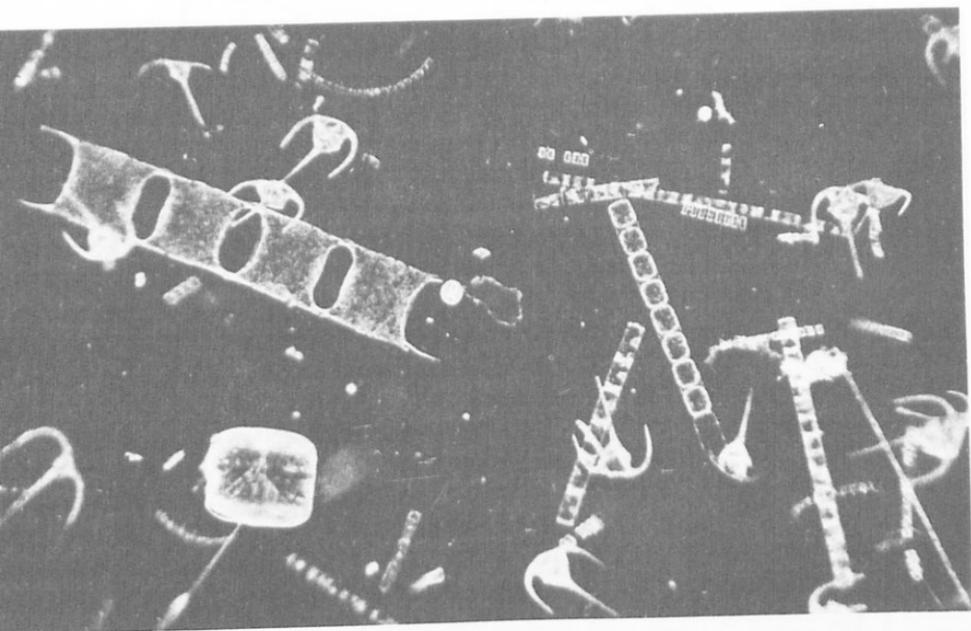
Εικόνα 149: Ζωοπλαγκτό. Πάνω στο μέσο μία προνύμφη καβουριού, από κάτω ένας σκώληκας. Βλέπει κανείς και πέντε μικρά όστρακωτά (κοπήποδα) δυο κάτω δεξιά τα άλλα πάνω αριστερά. Κάτω στη μέση μία προνύμφη άλλου θαλάσσιου ζώου σαν μικρή μέδουσα.

γεράκια...) (δευτερογενείς καταναλωτές). Μερικές φορές υπάρχουν και **τριτογενείς καταναλωτές**: σαρκοφάγα που τρώνε άλλα σαρκοφάγα. Έτσι αν εξαιρέσουμε τους οργανισμούς που αποσυνθέτουν, τους σαπροφυτικούς (βακτήρια, μύκητες), βλέπουμε πώς το πλέγμα αυτό έχει 3 ή 4 σκαλιά: παραγωγοί και δύο-τρεις τάξεις καταναλωτών.

Ένα άλλο πλέγμα μπορούμε να κατασκευάσουμε, από όσες γνώσεις έχουμε, για την εποχή των δεινοσαύρων: Τα φυτά (κυκάδες, φτέρες, κωνοφόρα, γκίγκο) τρώγονται από διάφορα είδη φυτοφάγων ζώων (βροντόσαυροι, καμπτόσαυροι, στεγόσαυροι, έντομα, μικρά φυτοφάγα θηλαστικά). Αυτά πάλι με τη σειρά τους τρώγονται από σαρκοφάγα που αποτελούν ένα-δυο σκαλιά (γιατί το ίδιο σαρκοφάγο μπορεί να τρώει φυτοφάγο και συγχρόνως άλλο σαρκοφάγο).

Στους ωκεανούς μπορούμε να βρούμε ίσαμε 5 σκαλιά. Το περιβάλλον των ωκεανών είναι το πιο σταθερό και το πιο παραγωγικό. Τους παραγωγούς αποτελούν διάφορα φύκη αλλά κυρίως δυο λογίων οργανισμοί: **διά-**

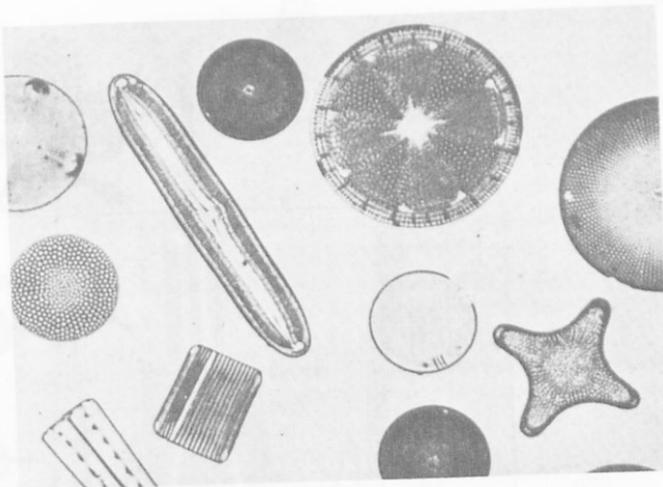




Εικόνα 150: Φυτοπλαγκτό: Διάτομα και δινομαστιγωτά. Τά δινομαστιγωτά μοιάζουν με άξινες. Όλα τά άλλα είναι διάτομα.

τομα (μονοκύτταροι οργανισμοί που ανήκουν στά φύκη, μπορούν νά φωτοσυνθέτουν κι έχουν περιβλήματα από πυρίτιο που παίρνουν πολύ όμορφες, διακοσμητικές και συμμετρικές μορφές) και **δινομαστιγωτά** (έχουν δυό μοιάζουσα και πολλά από αυτά φωτοσυνθέτουν, στην εικόνα είναι εκείνα που μοιάζουν με μικρές στρογγυλεμένες άξινες, με κάπως χοντρότερο τό σημείο που ένώνεται τό «χέρι» με τό «σίδερο τής άξίνας»). Υπάρχουν πολλά είδη διατόμων και δινομαστιγωτών αλλά σημαντικότερο είναι πώς υπάρχουν πολλά άτομά τους: 85% τής φωτοσύνθεσης στον πλανήτη μας γίνεται από αυτά, (τό υπόλοιπο 15% από τά χερσαία φυτά, κυρίως στά δάση). Αποτελούν μέρος του **πλαγκτού** (λέξη που προέρχεται από τό ελληνικό ρήμα πλανώμαι, γιατί παρασύρονται από τά θαλάσσια ρεύματα) και ειδικότερα τό **φυτοπλαγκτό**. Αυτό τρώγεται από τό **ζωοπλαγκτό** (προνύμφες καβουριών, λ.χ. κύκλωπες, pronύμφες άλλων όστρακωτών λ.χ. ναύπλιοι, μικροί σκόληκες, μέδουσες και λογιής λογιής μικρές ή pronυμφικές μορφές διάφορων ζώων), κι από **μικρά ψάρια**, άκόμα κι από **φάλαινες**. Τό ζωοπλαγκτό και τά μικρά ψάρια τρώγονται από **μεγαλύτερα ψάρια**. Τά **δελφίνια**, οί **καρχαρίες** και οί **μεγάλες σουπιές**, τρώνε τά μεγαλύτερα ψάρια. Τέ-

Εικόνα 151: Διάτομα που δείχνουν τα ωραιότερα συμμετρικά σχήματά τους (× 610).



λος οι φονικές φάλαινες τρώνε τούς καρχαρίες, τίς μεγάλες σουπιές, τά δελφίνια καί τά ψάρια. Στο βυθό βακτήρια, καβούρια κι άλλοι οργανισμοί αποσυνθέτουν καί τρώνε τά πτώματα. Αυτοί οι οργανισμοί πού ζοῦν στο βυθό ονομάζονται βένθος.

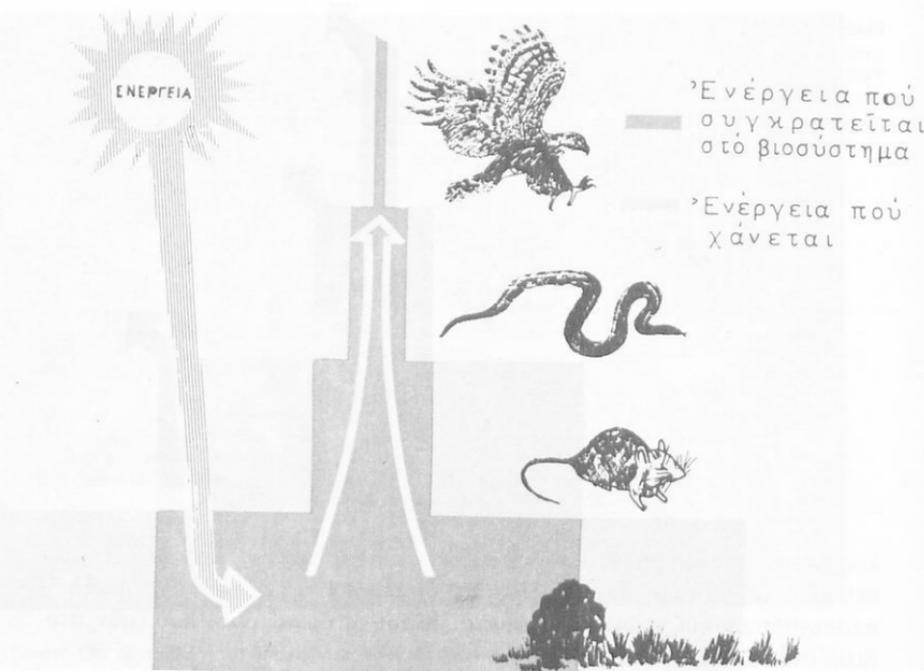
"Όπως βλέπουμε τά πλέγματα περιλαμβάνουν καί αναστομώσεις καί εἶναι αρκετά πολύπλοκα: ἓνα εἶδος τρέφεται συχνά ἀπό περισσότερα εἶδη οργανισμῶν.

"Ένας φυτοφάγος οργανισμός γιά νά μπορέσει νά ζήσει χρειάζεται σάν τροφή πολύ μεγαλύτερη μάζα φυτικού ὕλικου ἀπό ὅ,τι εἶναι ἡ δική του ἢ μάζα.

Σέ κάθε σκαλί τοῦ πλέγματος ἡ ζωντανή μάζα τῶν οργανισμῶν ἐλαττώνεται πρὸς τήν κορυφή τῆς πυραμίδας. Γι' αὐτό τελειώνει κι ἡ ἀλυσίδα, γιατί δέν ὑπάρχει ἀρκετή ζωντανή μάζα ὕλικου γιά νά τραφεῖ ἄλλος οργανισμός ἀπό τό τελευταῖο σκαλί. Ὑπολογίστηκε ὅτι σέ κάθε σκαλί (τροφικό ἐπίπεδο) στούς ὠκεανούς τῆς γῆς κάθε χρόνο παράγεται μάζα (πού μετρίεται σέ ἑκατομύρια τόνους):

	παραγωγῶν	(1 ^ο σκαλί)	130.000
πρώτων	καταναλωτῶν	(2 ^ο σκαλί)	13.000
δεύτερων	καταναλωτῶν	(3 ^ο σκαλί)	2.000
τρίτων	καταναλωτῶν	(4 ^ο σκαλί)	300
τέταρτων	καταναλωτῶν	(5 ^ο σκαλί)	45

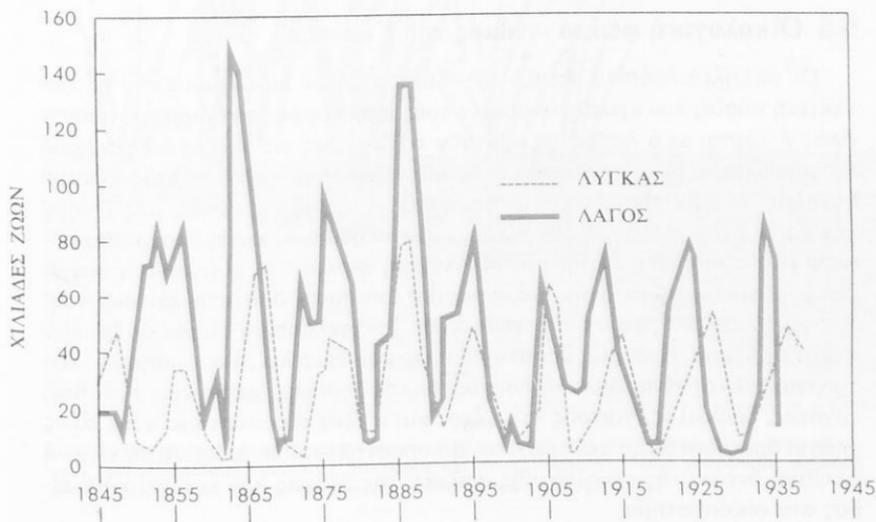
Οἱ τροφικές ἀλυσίδες μᾶς δείχνουν πῶς μεταφέρεται ἡ ἐνέργεια ἀπό σκαλί σέ σκαλί. Ἡ ἠλιακή ἐνέργεια δέν χρησιμοποιεῖται ὅλη ἀπό τά φυτά



Εικόνα 152: Μεταφορά και απόλεια της ενέργειας σε ένα οικοσύστημα.

παρά μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό που χρησιμεύει για σύνθεση των οργανικών ενώσεων, στίς όποιες και αποθηκεύεται. Άλλά και τά φυτοφάγα ζώα χρησιμοποιούν μόνο ένα μικρό μέρος ήλιακής ενέργειας, που έχει έναπο-
 τεθεί στίς φυτικές οργανικές ενώσεις. Σε κάθε σκαλί της άλυσίδας ή ένερ-
 γεια που χρησιμοποιείται διαρκώς ελαττώνεται. Έτσι μπροίμε νά δούμε
 τήν άλυσίδα τής τροφής σάν μιά σειρά από φαινόμενα, όπου διαρκώς ελατ-
 τώνεται τό ποσόν τής ενέργειας που χρησιμοποιείται.

Αυτή είναι ή αντιμετώπιση τής τροφικής άλυσίδας από τήν ενεργειακή
 άποψη. Άλλά και ή ύλη αλλάζει μέσα στήν τροφική άλυσίδα. Τά άμετά-
 βλητα χημικά στοιχεία μετακινούνται διαρκώς στίς ενώσεις στίς όποιες
 άπαντούνται: από τίς άνόργανες μεταβαίνουν σε οργανικές και ξανά σε
 άνόργανες ενώσεις. Έχουμε τούς κύκλους μεταβολής τής ύλης για διά-
 φορα στοιχεία που διαρκώς, μέ τό χρόνο, παρουσιάζονται σε διαφορετικά
 τμήματα του οικοσυστήματος. Τέτοιοι κύκλοι είναι του άνθρακα, του άζώ-
 του, του φωσφόρου. Ίδιαίτερο ένδιαφέρον παρουσιάζει τό όξυγόνο. Η



Εικόνα 153: Αύξομειώσεις των πληθυσμών του άσπροπόδαρου λαγού (πράσινη συνεχής γραμμή) και του λύγκα (γραμμή κομμένη σε παύλες).

ἀνανέωσή του οφείλεται στη φωτοσύνθεση: θάλασσες και δάση είναι, όπως είπαμε, τα μεγάλα εργαστήρια παραγωγής του.

Οι τροφικές αλυσίδες μας δείχνουν και κάτι άλλο. Αν ελαττωθεί υπερβολικά ο πληθυσμός ενός είδους, έπέρχεται μιά ανισορροπία στη βιοκοινότητα. Το παράσιτο ενός φυτού μπορεί να ζηήσει μόνο, όταν υπάρχει το φυτό. Εάν το παράσιτο πολλαπλασιαστεί υπέρμετρα και εξαλείψει το φυτό, θα καταστραφεί και το ίδιο, γιατί θα του λείψει η τροφή. Συνήθως όμως και το παράσιτο έχει τα δικά του παράσιτα που έλέγχουν το μέγεθος του πληθυσμού του.

Οι παλμικές (πάνω, κάτω) μεταβολές του αριθμού των ζώων μπορούν έτσι να εξηγηθούν. Οι λαγοί τράγονται από τους λύγκες που αυξάνονται αλλά τότε οι λαγοί ελαττώνονται. Με την ελάττωση των λαγών ή έλλειψη τροφής γίνεται αισθητή κι οι λύγκες μειώνονται. Τότε είναι πού οι λαγοί

παίρνουν την πάνω βόλτα και έχοντας λίγους διώκτες αυξάνονται πάλι. Τό διάγραμμα δείχνει τις αυξομειώσεις του αριθμού των λαγών και των λυγκών από το 1845 ως το 1935 στον Καναδά, όπως μπορεί κανείς να τους υπολογίσει από τα τομάρια τους που μαζεύονταν για γοῦνες.

5.5 Οικολογική φωλιά - νόμος του Γκάουζε

Οί ἀλληλεπιδράσεις μεταξύ τῶν διαφορετικῶν εἰδῶν μοιάζουν μέ συνεκτική οὐσία, πού κρατᾶ ἐνωμένους τούς πληθυσμούς τῶν διάφορων εἰδῶν ὅπως ἡ λάσπη κι ὁ ἀσβέστης κρατοῦν κολλημένες τίς πέτρες ἐνός τοίχου. Οἱ πληθυσμοί τῶν διάφορων εἰδῶν μᾶς δίνουν τήν εἰκόνα ἐνός ἐνιαίου συνόλου, τῆς βιωτικῆς κοινότητας, ὅπως οἱ κτισμένες πέτρες μᾶς δίνουν τήν εἰκόνα τοῦ τοίχου. Κάθε πέτρα, κάθε πληθυσμός κατέχει στό οἰκοσύστημα μιά ὀρισμένη θέση, μιά **οἰκολογική φωλιά**. Ἡ οἰκολογική φωλιά δέν ἀναφέρεται τόσο στήν τοπογραφική ἐντόπιση ὅσο στή λειτουργική: "Ὅπως σέ μιά ἀνθρώπινη κοινότητα κάθε ἐπαγγελματική ὁμάδα ἀνθρώπων χαρακτηρίζεται ἀπό μιά δραστηριότητα καί ἐπιτελεῖ μιά ὀρισμένη λειτουργία (ἄλλος εἶναι δηλαδή ὁδηγός, ἄλλος ἀγρότης, μαραγκός, πρέσβης, ἐργάτης, δάσκαλος, γιαντρός κτλ.) ἔτσι καί σ' ἓνα οἰκοσύστημα κάθε εἶδος τρώγει ὀρισμένα ἄλλα καί τρώγεται ἢ παρασιτεῖται ἀπό ἄλλα. Αὐτή εἶναι ἡ ἀληθινή ἐννοια τῆς οἰκολογικῆς φωλιάς, τῆς θέσεως πού κατέχει κάθε εἶδος στό οἰκοσύστημα.

Ὁ ρῶσος βιολόγος Γκάουζε (G. F. Gause, ζεῖ στίς μέρες μας) διατύπωσε ἓνα σημαντικό νόμο: Στό ἴδιο οἰκοσύστημα δέν μπορεῖ νά ὑπάρξουν δύο εἶδη πού νά πιάνουν ἀκριβῶς τήν ἴδια οἰκολογική φωλιά. Τό ἓνα, τό πιό προσαρμοσμένο, θά κάνει τό ἄλλο νά ἐξαφανιστεῖ χάρη στό μηχανισμό τῆς φυσικῆς ἐπιλογῆς. Ἡ ὀρθότητα τοῦ νόμου τοῦ Γκάουζε διαμφισβητεῖται σήμερα ἀπό μερικούς βιολόγους, κανένας ὅμως δέν διαμφισβητεῖ τή δράση τῆς φυσικῆς ἐπιλογῆς πού εἶναι ἐκείνη πού φτιάχνει ἔτσι **καλά προσαρμοσμένα μεταξύ τους τά διάφορα εἶδη τοῦ οἰκοσυστήματος**, ὥστε οἱ ἀλληλεπιδράσεις τους νά κρατᾶνε σέ μεγάλη συνοχή ὅλο τό οἰκοσύστημα.

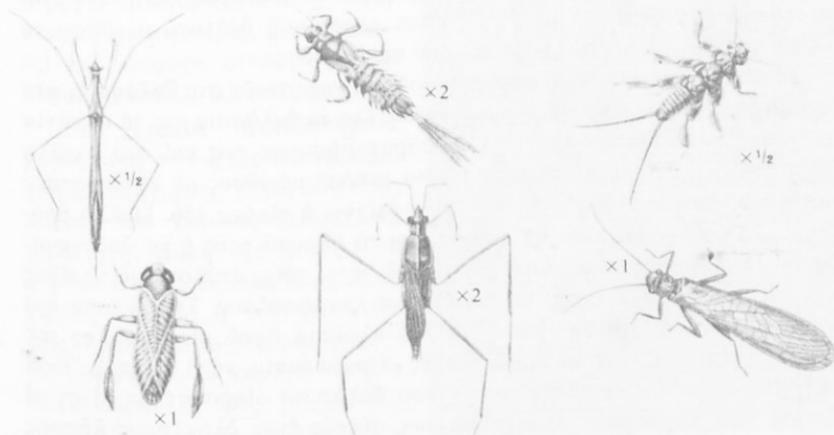
5.6 Οἰκοσυστήματα τοῦ νεροῦ καί τῆς στεριᾶς

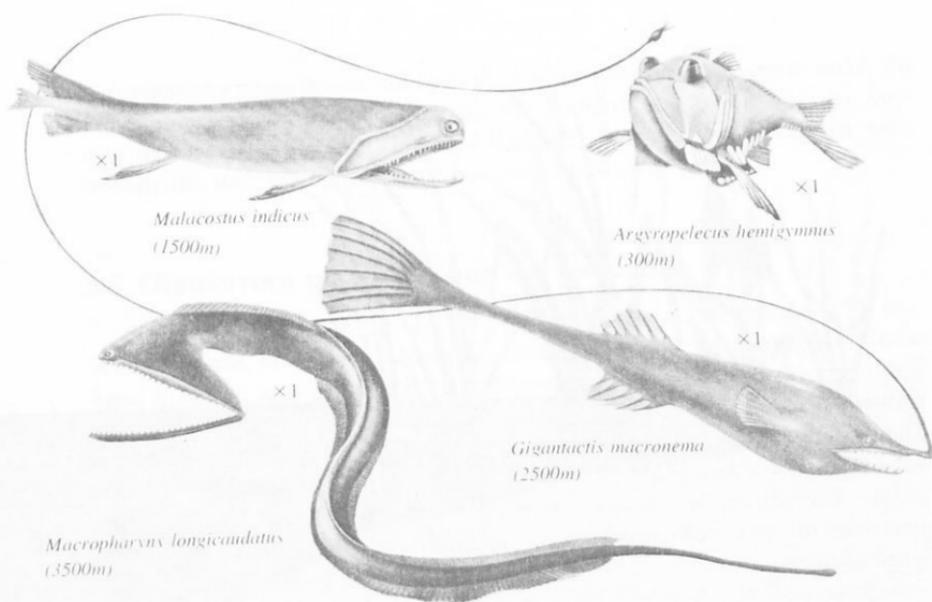
"Ὅταν λέμε πῶς τό οἰκοσύστημα περιλαβαίνει τά ζωντανά καί ἄβια συστατικά σ' ἓνα τόπο δέν καθορίζουμε μέ σαφήνεια τά τοπογραφικά του ὄρια. Πραγματικά ἡ τοποθέτηση τῶν ὀρίων του εἶναι αὐθαίρετη ἀφοῦ κανένα οἰκοσύστημα δέν εἶναι κλειστό: ὅλα στήν ἐπιφάνεια τοῦ πλανήτη μας



Εικόνα 154: Ύδρόβια φυτά σε μικρή λίμνη. Από άριστερά στα δεξιά: σπαργάνιο, σαγγιτάρια, ψαθί (τύφα), βούτημο (σκίρπος), Βικτώρια και ποταμογείτονας. Όλα φυτρώνουν αὐτοφυή στην Ἑλλάδα ἐκτός ἀπὸ τὴ Βικτώρια πού εἶναι κυρίως τροπικὸς φυτό.

Εικόνα 155: Ύδρόβια ἔντομα τοῦ γλυκοῦ νεροῦ.





Εικόνα 156: Μερικά ψάρια που ζουν στα μεγάλα βάθη των ωκεανών. Όλα τους είναι μικρά ζώα.

ένωνονται και αποτελούν ένα πολύ μεγάλο (τό μεγαλύτερο), τό οικοσύστημα της γης.

Παρ' όλα αυτά συνηθίζεται νά ξεχωρίζονται διάφορες κατηγορίες οικοσυστημάτων ανάλογα μέ τό αν είναι χερσαία ή υδάτινα, μέ βάση τό κλίμα τους, τή βλάστησή τους καί τήν πανίδα τους.

Τά οικοσυστήματα τοῦ νεροῦ μποροῦν νά χωριστοῦν στά **θαλάσσια**, στά **υφάλμυρα** καί σ' ἐκεῖνα τοῦ **γλυκοῦ νεροῦ**. Γιά τά θαλάσσια καί τά **ωκεάνια** μιλήσαμε πρίν. Θά ἔπρεπε μόνο νά παρατηρήσουμε πώς καί στά μεγάλα βάθη τῶν θαλασσῶν βρίσκονται ψάρια μικροῦ μεγέθους μέ εὐθραυστους σκελετούς καί περίεργα σχήματα ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα 156. Πολλά βγάξουν φῶς πού χρησιμεύει νά προσελκύει τό θήραμά τους ἢ νά ἀναγνωρίζονται μεταξύ τους, ἢ νά φοβίζονται τοὺς διῶκτες τους, ἀνάλογα μέ τό εἶδος καί τόν τρόπο παραγωγῆς τοῦ φωτός πού φωταυγάζουν. Τά ωκεάνια καί θαλάσσια οικοσυστήματα εἶναι τά πιο πλούσια ἀφοῦ οἱ συνθήκες τοῦ περιβάλλοντος εἶναι κι οἱ πιο σταθερές (θερμοκρασία, νερό, ἄλατα). Ἐκεῖ γεννήθηκε καί ἡ ζωή. Τό πλουσιότερο θαλάσσιο οικοσύστημα εἶναι οἱ **υφαλοὶ τῶν Κοραλλίων**: στοὺς υφάλους αὐτοὺς ἕνας ὁλόκληρος κόσμος

ψαριών, όστρακωτών, μαλακίων, έχινοδέρμων, σκωλήκων, κολυμπά, τρώει καί τρώγεται. Πολλά από τά ψάρια τους έχουν θεαματικά χρώματα.

Τά παράλια τών θαλασσών αλλά κυρίως οί χερσαίοι ύγρότοποι είναι τά μέρη πού φωλιάζουν, τρώνε, ζοϋν τά ύδρόβια πουλιά. Στους χερσαίους ύγρότοπους μπορούμε νά ξεχωρίσουμε τά τρεχούμενα ύδατα τών ποταμών καί τά στεκούμενα τών έλών, τών πολύ μικρών λιμνών καί τών λιμνών. Οί πολύ μικρές λίμνες συνήθως δέν κρατούν πολύ καιρό: ό βυθός τους γεμίζει μέ φυτικά αλλά καί ζωικά κατάλοιπα καί στό τέλος γεμίζουν τελείως μέ χώμα. Στίς λίμνες βρísκει κανείς διάτομα, δινομαστιγωτά, τροχόζωα, φύκια, πρωτόζωα δηλαδή πλαγκτό μαζί μέ ύδρόβια έντομα (κουνούπια, λιμπελλούλες), μαλάκια, όστρακωτά, βατράχια, νερόφιδα, ψάρια, χελώνες, ύδρόβια πουλιά (έρωδιούς, πελεκάνους, βουτηχτάρες, άγριοπαπιες) καί διάφορα φυτά (νούφαρα, καλάμια, κάρεξ, Σαγιττάριες κ.ά.).

Τά χερσαία οίκουστήματα χωρίζονται σέ καμμιά δεκαριά μεγάλες κατηγορίες. Γύρω από τούς πάγους του Βόρειου Πόλου καί μόνο στην άκρη τής Χιλής, στή Γη του Πυρός, δηλαδή πρός τό Ν. Πόλο, ύπάρχει ή τούντρα. Λίγο φως, λίγο νερό τό χειμώνα κι αυτό σέ μορφή πάγου κάνουν τή ζωή πολύ δύσκολη τούς χειμερινούς μήνες. Τό νερό μέσ στό έδαφος εί-



Εικόνα 157: Ύφαλοι Κοραλλιών.

Εικόνα 158: Τροπικό δάσος.

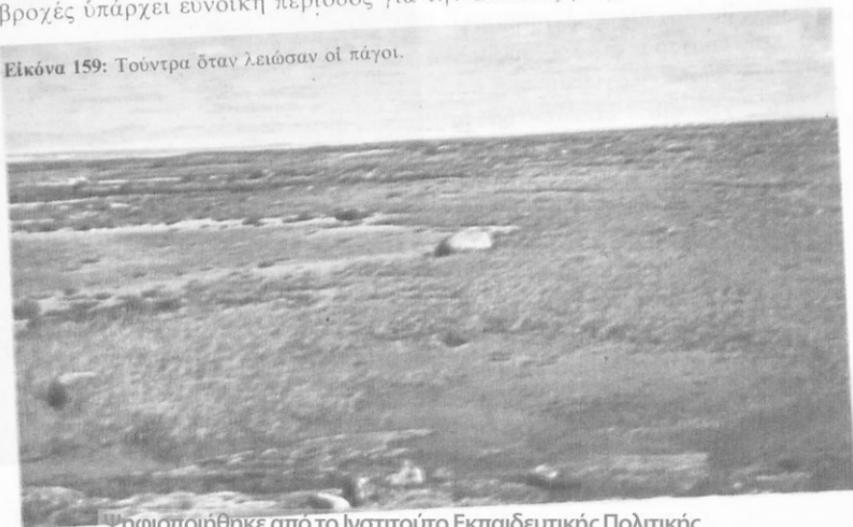


γαι παγωμένο. Όταν λειώνουν οί πάγοι δημιουργούνται σειρές από λίμνες και έλη. Τά φυτά (χορτάρια, λειχήνες, βρύα, μερικά δέντρα νάνοι λ.χ. ιτιές λίγων έκαστοτών!) πρέπει στους λίγους μήνες του καλοκαιριού νά τραφούν και νά διαιωνισθούν. Καί τά ζώα πού μπορούν ν' άντέξουν τίς άκραίες αυτές συνθήκες είναι λίγα: νερόκοτες, άρκτικές άλεπούδες, άσπροι λαγοί, λευκές κουκουβάγιες κ.ά. Μετά τήν τούντρα, νοτιότερα στό βόρειο ήμισφαίριο βρίσκουμε τήν **τάιγκα**, τό μεγάλο Βόρειο δάσος τών κωνοφόρων μέ τούς κάστορες, τά έλάφια του, τούς σκίουρούς του, τά πουλιά του και τά άλλα ζώα του. Νοτιότερα (δέξ τόν χάρτη) βρίσκει κανείς τό **δάσος τών Φυλλοβόλων δέντρων**. Τά πλατύφυλλα αυτά δέντρα μέ τά φύλλα τους κοντά στην κορυφή τους δημιουργούν σάν μιά στέγη, τόν **όροφο**. Από κάτω όμως κι άλλα δέντρα ή θάμνοι, πού άγαπούν τή σκιά ή μπορούν νά ζήσουν μέ λιγοστό φώς μπορούν νά αναπτυχθούν: έχουμε έναν **ήμιόροφο**. Τό δάσος σφύζει από ζωή: έντομα, θηλαστικά, πουλιά.

Τόσο στό βόρειο όσο και στό νότιο ήμισφαίριο υπάρχουν τεράστια **λειβάδια** στό ίδιο γεωγραφικό πλάτος περίπου μέ τό δάσος τών πλατύφυλλων φυλλοβόλων. Αυτά τά λειβάδια μέ τά χορτάρια τους παίρνουν διάφορα όνόματα: **στέπες** στην Άσία, **πραιρίες** στην Β. Άμερική, **πάμπες** στη Ν. Άμερική, **βέλτ** στην Άφρική. Στα λειβάδια αυτά τρέφονται πολλά φυτοφάγα θηλαστικά (όπως τά μηρυκαστικά).

Πρός τό βόρειο μέρος τής Μεσογείου και τό νότιό της (τό ίδιο στη Ν. Άφρική, στην Αυστραλία, στη Χιλή) τό κλίμα είναι ξηρό. Η βλάστηση είναι ξηροφυτική, **φρύγανα** και **μακκίες** πού αποτελούνται από χαμηλά θάμνώδη δέντρα, ή θάμνους μέ άγκάθια και μέ μικρά φύλλα. Έδώ τό καλοκαίρι ή βλάστηση ξεραίνεται, ενώ τήν άνοιξη και τό φθινόπωρο μέ τίς βροχές υπάρχει ευνοϊκή περίοδος για τήν ανάπτυξη της.

Εικόνα 159: Τούντρα όταν λειώσαν οί πάγοι.



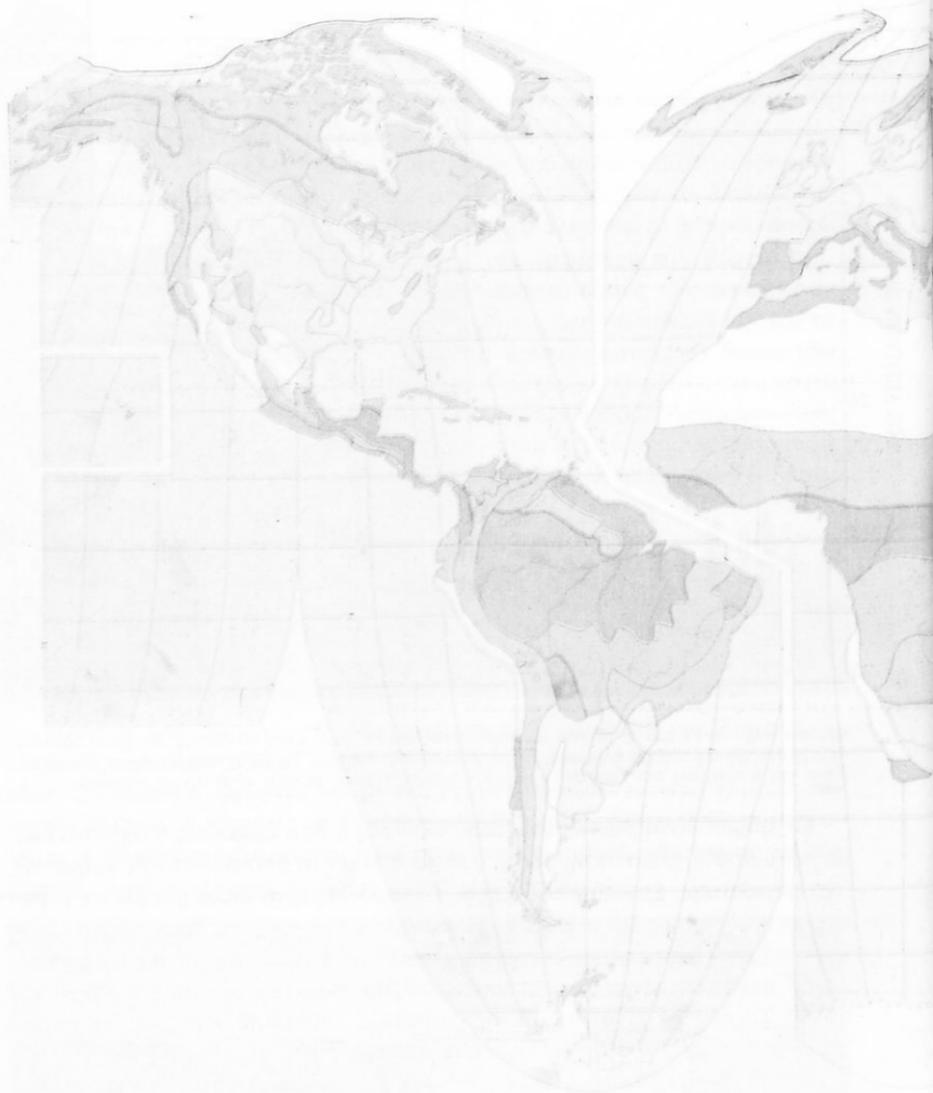


Εικόνα 160: Αριστερά η тайга (δάσος Κωνοφόρων), στη μέση το δάσος των φυλλοβόλων του μεσου γεωγραφικού πλάτους, δεξιά το τροπικό δάσος. Το ύψος των δέντρων διαφέρει, όπως και ο πλούτος των ζωντανών μορφών που περιέχουν τα τρία αυτά οικοσυστήματα.

Οι **έρημοι** είναι διάφορων ειδών, άλμυρές ή όχι, άμμόδεις ή όχι, πάντως με πολύ άραιή βλάστηση, τόση, που το άκάλυπτο από βλάστηση τμήμα νά 'ναι μεγαλύτερο από το καλυμμένο. Το νερό λιγοστό αλλά μπορεί σε μερικές μόνο έρημους νά πέφτει πολύ και μετά γρήγορα νά εξατμίζεται. Κάκτοι, θάμνοι ξηροφυτικοί, είναι τά χαρακτηριστικά φυτά μερικών έρημων.

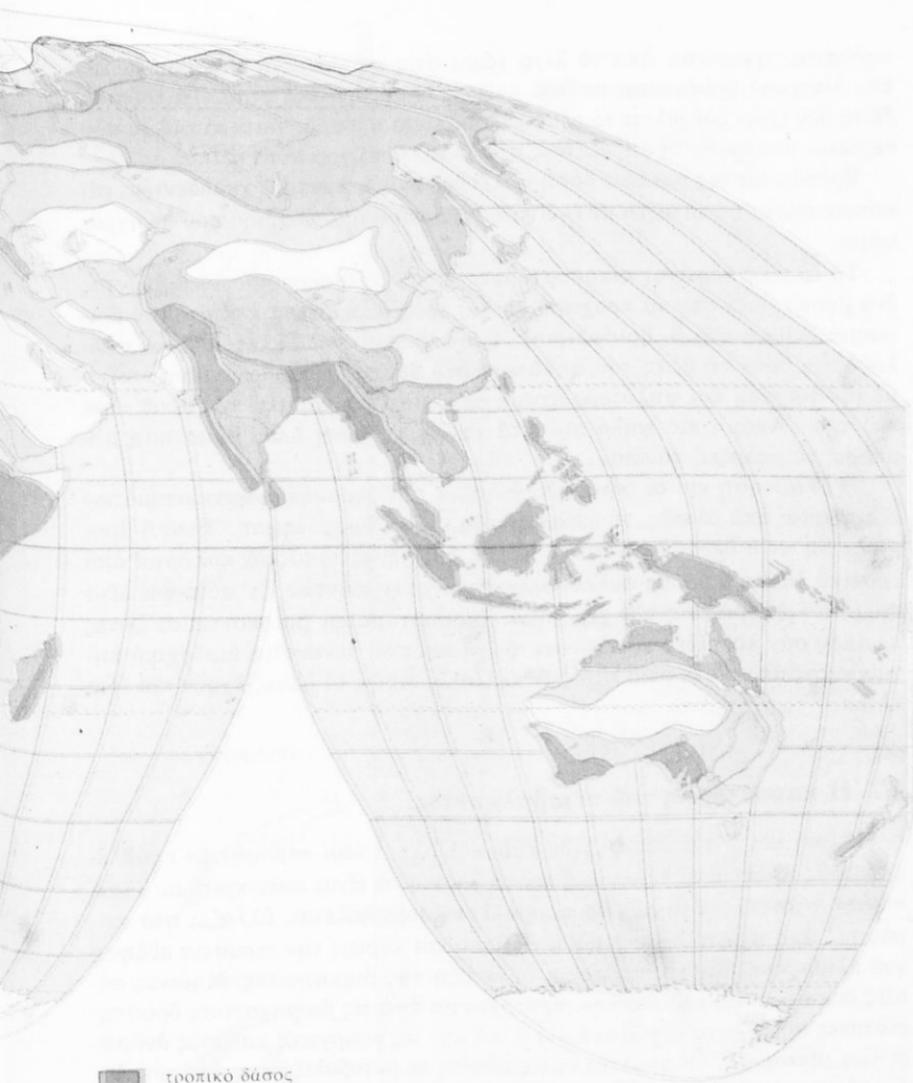
Οι **σαβάννες** είναι χαρακτηριστικοί βιότοποι (τόποι που ζούν οργανισμοί): Τά δέντρα είναι άραιά και χορτάρια λειβαδιού γεμίζουν τό χώρο. Έδω ζούν τά μεγάλα θηλαστικά της Άφρικής και της Ινδίας: αντιλόπες, καμηλοπαρδάλεις, έλέφαντες, ρινόκεροι, βούβαλοι. Λιοντάρια και τίγρεις αποτελούν τούς θηρευτές αυτών των φυτοφάγων.

Τά **τροπικά δάση** είναι άναμφισβήτητα από τά πλουσιότερα σε ζωντανά είδη οικοσυστήματα. Οι βροχές είναι πολλές και ίσομοιρασμένες στό χρόνο, τό κλίμα όμοιόμορφο. Πρόκειται για τά βροχερά τροπικά δάση με τά τεράστια δέντρα τους (ώς 100 μέτρα τά ψηλότερα) με συνεχείς σχεδόν ή πολλαπλούς όρόφους από τήν κορυφή των δέντρων ως τό χώμα, με τόν άπειρο άριθμό εντόμων, έρπετων, πουλιών, θηλαστικών. **Επίφυτα** (δηλαδή φυτά λ.χ. όρχεοειδή που φυτρώνουν πάνω στά δέντρα αλλά δέν είναι



Εικόνα 161: Ἡ γεωγραφικὴ κατανομὴ τῶν μεγάλων κατηγοριῶν οἰκοσυστημάτων.

- τούνδρα
- ταϊγκα
- δάσος φυλλοβόλων μέσου γεωγραφικοῦ πλάτους
- λειβάδια (πραιρίες, στέπες, βέλτ, πάμπες)
- μακκίες καὶ φρύγανα



- τροπικό δάσος
- τροπικό δάσος φυλλοβόλων
- τροπικό δάσος χαμόδενδρον
- τροπικό λειβάδι καί σαβάννα
- έρημος
- άλπικα
- παντοτεινό χιόνι

παράσιτα, τρέφονται από τό λίγο χῶμα στίς κουφάλες ἢ στά κοιλώματα τῶν δέντρων) βρίσκονται παντοῦ μαζί μέ ἀναρριχητικά φυτά. Τά τροπικά δάση δέν εἶναι **ζοῦγκλες**: τό ἔδαφος τους εἶναι καθαρό, γιατί τά φύλλα πού πέφτουν ἀποσυνθέτονται ἀμέσως στό ζεστό καί ὑγρό αὐτό κλίμα.

Βρίσκει κανεῖς **τροπικά δάση φυλλοβόλων καί τροπικά χαμόδεντρα**, οἰκοσυστήματα ἀντίστοιχα μέ ἐκεῖνα τοῦ βόρειου ἡμισφαιρίου πού περιγράψαμε.

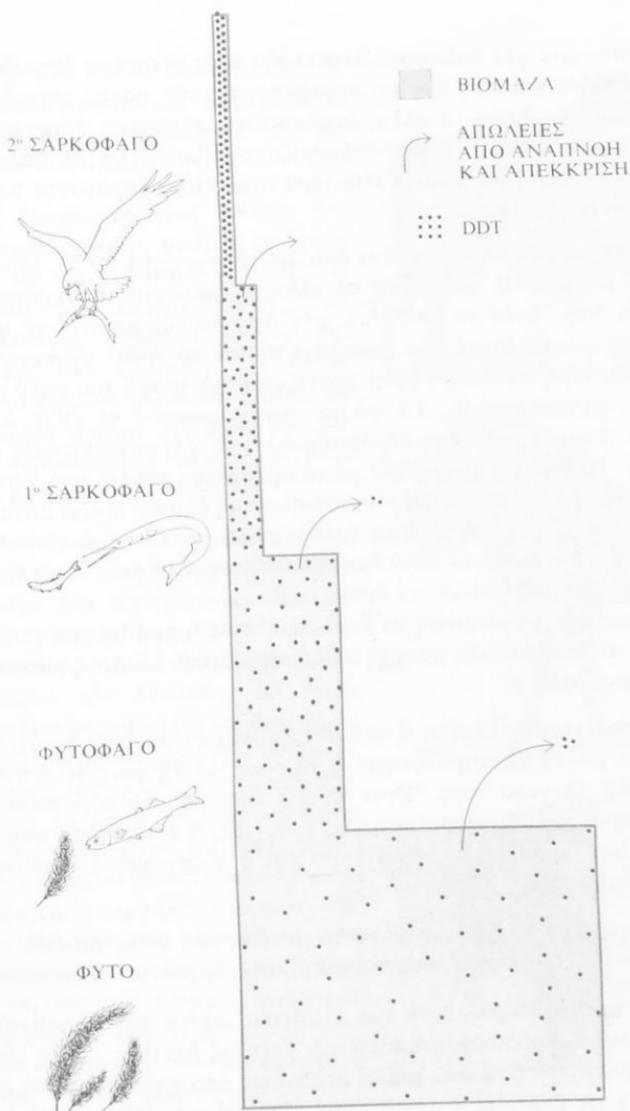
Τά ἀλπικά (ὄρεινά) οἰκοσυστήματα εἶναι ἐνδιαφέροντα: ἀνεβαίνοντας ἕνα βουνό εἶναι σάν νά προχωρᾷ κανεῖς πρός βορειότερα κλίματα (ἄν βρῖσκεται βέβαια στό Β. ἡμισφαίριο). Ἔτσι τό δάσος τῶν πλατύφυλλων φυλλοβόλων δίνει τή θέση του, ψηλότερα, στό δάσος κωνοφόρων (ἀντίστοιχο μέ τήν τάϊγκα), καί ψηλότερα ἀκόμα, σέ βλάστηση χαμηλή πού μοιάζει μέ τούντρα. Ἀκόμη πῶ ψηλά συναντᾷ κανεῖς τή ζώνη ὅπου βλάστηση δέν μπορεῖ νά ὑπάρξει, χάνεται.

Ἡ βλάστηση καί οἱ ζωικοί ὀργανισμοί τῶν χειρσαίων οἰκοσυστημάτων ἐξαρτῶνται ἀπό τό φῶς, τή θερμοκρασία καί τή βροχόπτωση. Ἔτσι ἡ βροχόπτωση κι ἡ θερμοκρασία συντελοῦν ὥστε ἕνας τόπος νά καλυφτεῖ ἀπό τροπικό δάσος ἢ δάσος φυλλοβόλων ἢ νά γίνει τούντρα. Γι' αὐτό καί λίγο πολύ τά διάφορα εἶδη τῶν χειρσαίων οἰκοσυστημάτων βρίσκονται σέ ζῶνες περίπου σάν λουριδές πού ζώνουν τή γῆ καί πού συναντᾷμε διαδοχικά πηγαινόντας ἀπό τό Βόρειο στό Νότιο Πόλο. Αὐτές οἱ ζῶνες ἔχουν καί ἴδιο κλίμα.

5.7 Ἡ καταστροφή τοῦ περιβάλλοντος

Ἡ ζωή καί ὁ ἄνθρωπος κιδυνεύουν. Πολλοί νέοι «προφήτες» προβλέπουν πῶς τά ἐπόμενα πενήντα ἢ ἑκατό χρόνια θά εἶναι πολύ κρίσιμα. Γιατί παντοῦ στόν πλανήτη μας **τό περιβάλλον ὑποβαθμίζεται**, ἀλλάζει στό χειρότερο, ἀπό τίς ἐπιδράσεις τοῦ ἀνθρώπου καί κυρίως τήν τεράστια αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ του καί τεράστια ἀνάπτυξη τῆς βιομηχανίας. Χημικές οὐσίες ρυπαίνουν τό περιβάλλον: προέρχονται ἀπό τίς βιομηχανικές δραστηριότητες (ἀπόβλητα ἐργοστασίων) ἀλλά καί τίς γεωργικές καί τοὺς ἀνθρώπινους οἰκισμούς. Οἱ χημικές αὐτές οὐσίες δέ **μεταβολίζονται**, δηλαδή δέν ἀλλάζουν μέ τήν παρεμβολή τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν ἢ δέν καταστρέφονται, κι ἔτσι δηλητηριάζουν τό ζωντανό μέρος τοῦ οἰκοσυστήματος.

● Λίμνες ἐμπλουτίζονται μέ τήν ἀπορροή φώσφορικῶν λιπασμάτων καί παθαίνουν εὐτροφισμό: Τά φύκια τους, χάρις στά λιπάσματα, ἀναπτύσσονται τόσο καί καταναλώνουν τόσο ὀξυγόνο πού τά ψάρια καί γενικά οἱ ζωικοί ὀργανισμοί νά μήν μποροῦν νά ζήσουν.



Εικόνα 162: Το διάγραμμα δείχνει πώς το DDT μαζεύεται σε διαρκώς μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε μία άλλη άλυσίδα τροφής. Με γαλάζιο χρώμα συμβολίζεται η μάζα των οργανισμών και με μαδρες κουκκίδες το DDT. Η μισή ποσότητα της μεταφερόμενης βιομάζας από τό ένα στο άλλο σκαλί της πυραμίδας χάνεται με την απέκκριση και την άναπνοή: μαζί της όμως χάνεται αναλογικά πολύ λίγο DDT (βλέπε τά γαλάζια βέλη). Γι' αυτό τό λόγο στά άνώτερα σκαλιά της πυραμίδας τό DDT μαζεύεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις (μεγάλη πυκνότητα των μαύρων κουκκίδων).

● Λίμνες, ποτάμια και θάλασσες αποτελούν τους φυσικούς όχετους που δέχονται χιλιάδες χημικές ουσίες, προϊόντα της σύγχρονης τεχνολογίας και καταναλώσεως: βαριά μέταλλα, έντομοκτόνα, πλαστικά, άπορρυπαντικά, άλλες τοξικές ουσίες. Έτσι υποβαθμίζονται βιολογικά. Οί θάλασσες όμως μαζί με τὰ δάση αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για τήν ανανέωση του όξυγόνου.

● Μία τοξική ουσία, όπως λ.χ. ένα έντομοκτόνο μπορεί με τις τροφικές αλυσίδες νά μεταφερθεί από είδος σε είδος αυξάνοντας συγχρόνως τή συγκέντρωσή του. Έτσι τό DDT λ.χ. μέσ στις λίμνες μπαίνει σε μικρή ποσότητα στό φυτοπλαγκτό. Τό ζωοπλαγκτό που τό τρώει συγκεντρώνει DDT σε μεγαλύτερη ποσότητα γιατί χρειάζεται για τροφή του πολύ μεγαλύτερη μάζα φυτοπλαγκτού. Τά ψάρια συγκεντρώνουν τό DDT άκόμα περισσότερο. Όταν φτάσει στά ύδρόβια πουλιά τότε ή συγκέντρωση είναι πολύ μεγάλη. Τό ίδιο συμβαίνει και με τὰ άρπαχτικά πουλιά στά χερσαία οικοσυστήματα. Τό DDT έχει και μία φυσιολογική δράση: παίζει ρόλο στό μεταβολισμό του άσβεστίου κι έτσι εμποδίζει νά γίνουν γερά τὰ κελύφη των αυγών. Τά αυγά σπάζουν πριν έκκολαφθοϋν οί νεοσσοί. Έτσι αποδεδκατιζονται και καταστρέφονται τὰ άρπαχτικά.

Έκτός όμως από τή ρύπανση με χημικές ουσίες ή χρησιμοποίηση από τόν άνθρωπο σε υπερβολικές ποσότητες ξύλων, νερού, εδάφους καταστρέφουν τὰ οικοσυστήματα.

● Οί υγρότοποι (περιβάλλοντα ιδιαίτερα πλούσια σε ζωντανά όντα), άποστραγγίζονται για νά χρησιμοποιηθεί ή γή τους για τή γεωργία ή για νά χρησιμοποιηθεί τό νερό τους. Έτσι γή και νερό όχι μόνο ρυπαίνονται αλλά σπανίζουν. Η έντατικοποίηση τής γεωργίας, ή έντατικοποίηση τής βιομηχανίας (και κυρίως τής ύδροβόρου) και ό αυξανόμενος πληθυσμός χρειάζονται περισσότερο νερό.

● Δάση και γεωργική γή καταστρέφονται με διαρκώς ταχύτερο ρυθμό για νά χρησιμοποιηθεί τό έδαφος τους για οικισμούς, εργοστάσια, δρόμους.

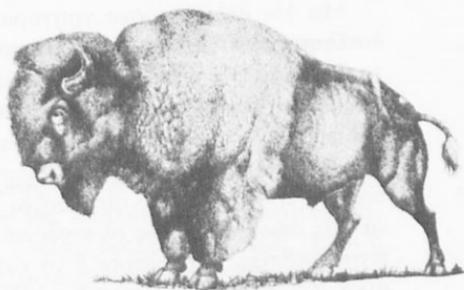
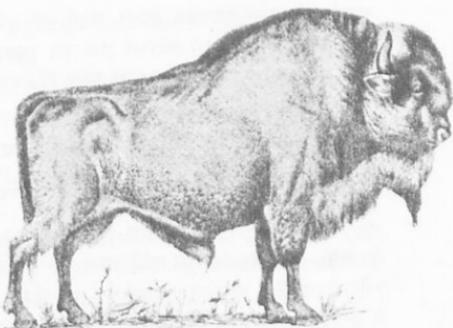
● Η υπερθήρευση, υπεραλίευση (με πλαστικά δίχτυα και δυναμίτη), ή υπερξύλευση και υπερβόσκηση αποτελούν μεγάλες άπειλές για τό ζωικό και φυτικό περιβάλλον μας, όσο και οί ρυπάνσεις από χημικές ουσίες (που δηλητηριάζουν τις βιωτικές κοινωνίες και είναι οί πιό σοβαρές άπειλές). Έτσι πριν από πέντε χρόνια ύπολογίστηκε ότι κινδυνεύουν νά εξαφανιστούν:

280	είδη θηλαστικών	(σε σύνολο 4.500 ειδών)
250	είδη πτηνών	(σε σύνολο 9.000 ειδών)
20.000	είδη φυτών	(σε σύνολο 286.000 ειδών)

Ἀπὸ τότε πολλὰ ἀπὸ τὰ εἶδη αὐτὰ ἐξαφανίστηκαν καὶ ὁ κατάλογος πλουτίστηκε μὲ καινούργια πού ὡς τότε δὲν κινδύνευαν.

Ἡ ἐξαφάνιση ἑνὸς εἶδους, δὲν φτωχαίνει μόνον τὴ φυσικὴ κοινωνία ἀλλὰ καὶ τὴν ἀποσταθεροποιεῖ: Τὰ τμήματα τῆς φυσικῆς κοινωνίας εἶναι ἀλληλένδετα, ὅπως τὰ ὄργανα τοῦ σώματος. Ἄν ἀφαιρεθεῖ μιά πέτρα ἀπὸ μιά πέτρινη οἰκοδομὴ μπορεῖ νὰ μὴ συμβεῖ τίποτα. Ἄν ὅμως ἀφαιρεθοῦν περισσότερες, ὅλο τὸ οἰκοδόμημα μπορεῖ νὰ καταρρεῦσει.

Ὁ ἄνθρωπος μὲ τὴ γεωργία, ἀπὸ τὴ νεολιθικὴ ἐποχὴ, ἄρχισε νὰ κατασκευάζει ἕνα τεχνητὸ οἰκοσύστημα, τὸ γεωργικόν, ἀπ' ὅπου ἐξάρτησε κατὰ κύριον λόγον τὴν ἱκανοποίησιν τῶν τροφικῶν του ἀναγκῶν. Κι ὅμως παραμένει ἀκόμα στενά δεμένος μὲ τὸ φυσικὸ οἰκοσύστημα: Ὅχι μόνον γιατί μέρος τῆς τροφῆς του μὲ τὴν ἀλιεῖα καὶ τὴ θήρα τὸ προσπορίζεται ἀπὸ αὐτό, ὄχι μόνον γιατί σημαντικὰ τεχνολογικὰ πλεονεκτήματα (λ.χ. τὰ ἀντιβιοτικά) προήλθαν ἀρχικὰ ἀπ' αὐτό, ἀλλὰ κυρίως γιατί τὸ τεχνητὸ οἰκοσύστημα τὸ δὲν εἶναι στεγανόν: Μὲ χίλιους δυὸ τρόπους, συνδέεται κι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ φυσικὸ οἰκοσύστημα (ἢ κτηνοτροφία του ἐξαρτᾶται κυρίως ἀπὸ τὴ φυσικὴ κοινωνία, ἢ παραγωγή ὀξυγόνου σχεδὸν ὀλοκληρωτικὰ ἀπ' αὐτὴ κ.ο.κ.). Μιά καταστροφή τοῦ φυσικοῦ οἰκοσυστήματος σημαίνει ἀναπόφευκτὴ καταστροφή τοῦ ἀνθρώπου, ἀφοῦ φαίνεται ἀδύνατον νὰ τελειοποιηθεῖ τὸ γεωρ-



Εἰκόνα 163: Τρία εἶδη ζῶων πού σώθηκαν ἀπὸ τὴν ἐξαφάνιση: τὰ δυὸ πρῶτα, ὁ εὐρωπαϊκὸς Βίσωνας (πάνω) καὶ ὁ ἀφρικανικὸς γκνού μὲ ἄσπρη οὐρὰ (στὴ μέση), βρίσκονται μόνον σὲ ζωολογικοὺς κήπους. Ὁ ἀμερικανικὸς Βίσωνας (κάτω) ζεῖ σὲ προστατευμένα κοπάδια.



γικό οικοσύστημα έτσι πού νά γίνει απόλυτα στεγανό.

Ποιά είναι τά αίτια γιά τή γενική αὐτή κρίση, τήν ἀποσταθεροποίηση τοῦ οικοσυστήματος καί τήν ἐξάντληση τῶν φυσικῶν πόρων; Βασικά εἶναι δύο.

- Ὁ ρυθμός μέ τόν ὁποῖο αὐξάνεται ὁ ἀνθρώπινος πληθυσμός.
- Ὁ ρυθμός μέ τόν ὁποῖο αὐξάνεται ἡ παραγωγή ἀγαθῶν.

Εἴμαστε πολλοί, καί ὁ καθένας μας διαρκῶς καταναλώνει περισσότερο ἀγαθά. Ἡ τεράστια αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ καί τῆς βιομηχανικῆς παραγωγῆς ἀγαθῶν, φτάνει κιόλας σέ τέτοια ὄρια ὥστε νά μὴν μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ἡ φύση σάν μιά ἀποθήκη ἀνεξάντλητων ποσοτήτων πρώτων ὑλῶν, ἀνεξάντλητου ζωικοῦ καί φυτικοῦ κεφαλαίου. Δέν μπορούμε πιά νά πιστεύουμε πῶς ἡ φύση εἶναι ἄπειρη σέ χῶρο καί σταθερότητα, ἔτσι πού οἱ μικροεπεμβάσεις τοῦ ἀνθρώπου νά μὴν ἀφήνουν ἴχνη καί ν' ἀποτελοῦν μιά μικρή χρωματισμένη σταγόνα μέσα στόν ἀνοιχτό πόντο. Αὐτό γινόταν ὡς τώρα, ὡς τή γενιά τῶν πατεράδων μας. Τώρα τά πράγματα ἄλλαξαν: Ἡ φύση μᾶς φαίνεται πῶς μικρύνει γιατί μεγαλώσαμε ὑπερβολικά. Ξεπερνᾶμε τά 3,5 δισεκατομμύρια: τόσος εἶναι συνολικά ὁ πληθυσμός τῆς γῆς. Ὑπολογίζουν ὅτι στό ἔτος 2000 θά ἔχουμε ξεπεράσει ἀρκετά τά 7 δισεκατομμύρια. Καί νά σκεφτεῖ κανεῖς πῶς ἐδῶ καί 150 χρόνια ὁ ἀνθρώπινος πληθυσμός δέν ἔφτανε τό ἕνα δισεκατομμύριο, ἐνῶ πρὶν ἀπό 2000 χρόνια, δέν ξεπερνοῦσε τά 135 ἑκατομμύρια. Αὐτοὶ οἱ ἀριθμοὶ μᾶς δίνουν μιά εἰκόνα τοῦ γεωμετρικοῦ ρυθμοῦ μέ τόν ὁποῖο αὐξάνεται ὁ πληθυσμός: Κάθε 33 χρόνια περίπου, ὅπως εἶπαμε, διπλασιάζεται.

Μά δέν αὐξάνει μόνο γρήγορα ὁ πληθυσμός: Κάθε 9 περίπου χρόνια διπλασιάζεται ἡ οἰκονομική ἀνάπτυξη.

Σάν φάρμακο καί σωτήριο ἀντίδοτο πολλοὶ προτείνουν σκληρά μέτρα. Νά σταματήσῃ ἡ αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ. Νά σταματήσῃ ἡ ἀνάπτυξη. Νά κρατηθοῦμε στά ἐπίπεδα πού μπορεῖ ἀκόμη νά ἀνεχθεῖ τό φυσικό περιβάλλον. Νά κάνουμε ὅ,τι εἶναι δυνατό γιά νά περισώσουμε ὅ,τι μπορεῖ νά περισωθεῖ. Ἄλλοι, πιο αισιόδοξοι πιστεύουν ὅτι ἡ νέα τεχνολογία μπορεῖ νά μᾶς σώσει. Πάντως οἱ κίνδυνοι εἶναι φανεροὶ καί σέ κάθε περίπτωση εἶναι σκόπιμο καί ἀναγκαῖο νά σεβόμαστε καί νά προστατεύουμε τό φυσικό μας περιβάλλον πού συνεχῶς ὑποβαθμίζεται. Ἐτσι σεβόμαστε καί προστατεύουμε τοὺς συνανθρώπους μας καί τόν ἑαυτό μας.

5.8 Ἡ ρύπανση τοῦ περιβάλλοντος, ἡ ὑποβάθμιση τῶν οικοσυστημάτων καί ἡ προστασία τῆς φύσεως στή χώρα μας

Τόσο τά πρωτογενῆ ὅσο καί ὅλα τά δευτερογενῆ αίτια τῆς ρύπανσεως τοῦ περιβάλλοντος καί τῆς ὑποβαθμίσεώς του, πού λεπτομερειακά ἀναφέρ-

θηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (5.7), βρίσκονται, δυστυχώς, σε πλήρη και καταστροφική δράση και στή χώρα μας.

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας και η μεγάλη συγκεντρωσή της σε πολύ λίγα κέντρα (στην περιοχή της Αθήνας π.χ., έχει συγκεντρωθεί το 50% περίπου της βιομηχανικής δραστηριότητας της χώρας), η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού των κέντρων αυτών (στις περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης έχει μαζευτεί πάνω απ' το 40% του πληθυσμού), η άποδοχή του σπάταλου τρόπου ζωής της καταναλωτικής κοινωνίας και του τεχνικού πολιτισμού μέχρι και το τελευταίο χωριό, έχουν κιόλας προκαλέσει, σε μεγάλη έκταση, ρύπανση του περιβάλλοντός μας. Έτσι:

● Τά λύματα της βιομηχανίας και τά απόβλητα των οικισμών των περιοχών της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, πού ρίχνονται, χωρίς κανένα προηγούμενο καθαρισμό, στη θάλασσα, κατάστρεψαν κιόλας σε μεγάλο βαθμό τό Σαρωνικό (και έντονότερα τόν κόλπο της Έλευσίνας) και τό Θερμαϊκό. Τήν καταστροφή συμπληρώνει ή ρύπανση απ' τά πετρέλαια (μεγάλη κίνηση πετρελαιοφόρων, ναυαγία τους και άτυχήματα, διωλιστήρια, μαρίνες).

● Η καταστροφή άρχίζει νά επεκτείνεται και σε άλλους, ειδικότερα κλειστούς, κόλπους της χώρας (λ.χ. Παγασητικός) και σε πάρα πολλές απ' τίς άκτές μας, τίς τόσο όμορφες, ή μικροβιακή μόλυνση και ή ρύπανσή τους (πετρέλαια, πίσσες, σκουπίδια) κάνουν άδύνατο, επικίνδυνο ή άηδιστικό και δυσάρεστο τό κολύμπι. (Οί τσουχτρες πού συμπληρώνουν, ώρισμένες εποχές, τό κακό,είναι άποτέλεσμα της διαταράξεως του γενικότερου οικοσυστήματος της Μεσογείου).

● Η άτμόσφαιρα στην Αθήνα, στην Έλευσίνα, τη Μεγαλόπολη, την Πτολεμαίδα, έχει επικίνδυνα ρυπανθεί απ' τά άέρια λύματα της βιομηχανίας, τά κάθε λογής καυσαέρια (βιομηχανία, αυτοκίνητα, θέρμανση), τή σκόνη και την αιθάλη.

● Η ρύπανση της άτμόσφαιρας της Αθήνας έφτασε τά τελευταία χρόνια νά ξεπεράσει, μερικές φορές, τό διπλάσιο και τριπλάσιο του άνώτατου επιτρεπόμενου (απ' τό Διεθνή Όργανισμό Υγείας) όριου ρυπάνσεως. Έτσι ή Αθήνα έπαψε από καιρό νά είναι «ίσοστέφανος» και «διαμαντόπετρα στής γής τό δαχτυλίδι». Η περιοχή της, εξαιτίας της ιδιαίτερα μεγάλης συγκεντρώσεως βιομηχανίας και πληθυσμού, έχει πάθει τή μεγαλύτερη ρύπανση (άτμόσφαιρα - θάλασσα) σε σχέση μέ τίς άλλες περιοχές της χώρας.

● Άποτέλεσμα της έντονης ρυπάνσεως της άτμόσφαιρας της Αθήνας μέ διοξειδίο του θείου είναι (έκτός των μεγάλων κινδύνων για την υγεία των κατοίκων της) και ή διάβρωση των μαρμάρων των μνημείων της Ακροπόλεως. Απ' τή διάβρωση αυτή τά μνημεία έπαθαν τά τελευταία 25 χρόνια



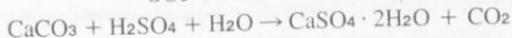
Εικόνα 164: Οι σημαντικότερες περιοχές που πρέπει να προστατευτούν στη χώρα μας. **Υγρότοποι** (με κόκκινο χρώμα) 1 Δέλτα του Έβρου, 2 κόλπος Άρτας και εκβολές του Λούρου, 3 Μικρή Πρέσπα, 4 Δέλτα του Νέστου, 5 Δέλτα του Λουδία και Δέλτα του Άλιάκμονα, 6 Έκβολές του Στρυμόνα, 7 Λίμνη του Πόρτο Λάγο και περιοχή του Φαναριού, 8 Λίμνη του Άχινου (Κερκινίτης), 9 Λίμνες Λαγκαδά και Βόλβης, 10 Λίμνη Δοϊράνη, 11 Λίμνη Όστροβου. **Δρυμοί** (με πράσινο χρώμα) 12 Φαλακρό Άν. Μακεδονίας (Γρανίτης), 13 Παρθενό Λισός της Κεντρ. Ροδόπης, 14 Άθως, 15 Δάση Χαλκιδικής, 16 Όλυμπος, 17 Χαράδρα του Βίκου, 18 Δασή της Πίνδου (και Βάλια Κάλντα), 19 Γραμμένη Όξυά, 20 Οίτη, 21 Παρνασσός, 22 Δίρφη Εύβοιας, 23 Αίνος Κεφαλληνίας, 24 Χελμός, 25 Άρκαδικά Δάση, 26 Ταύγετος, 27 Δασή Σάμου, 28 Σαμαριά.



Εικόνα 165: Ο θαλασσαετός (*Haliaeetus albicilla*): ένα από τα πολλά είδη πουλιών που κινδυνεύουν να εκλείψουν από τη χώρα μας.

μεγαλύτερη ζημιά απ' ό,τι στους 25 αιώνες της ιστορίας τους. Το διοξείδιο του θείου (SO_2) όξειδώνεται και γίνεται με την υγρασία θειικό όξύ (H_2SO_4) που προσβάλλει τό μάρμαρο (CaCO_3) και τό μετατρέπει σέ ένυδρο γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) που άπολεπίζεται και έτσι, σιγά σιγά, τό μάρμαρο κατατρώγεται.

Οί χημικές αντίδράσεις της καταστροφής είναι



Οί λίμνες της Καστοριάς και τών Ίωαννίνων έχουν κιόλας ύποβαθμιστεί και σέ μεγάλο βαθμό καταστραφεί, κυρίως απ' τά άπόβλητα τών παρόχθιων οικισμών.

● 'Ο Πηνειός έχει από καιρό δηλητηριαστεί απ' τὰ βιομηχανικά λύματα μίας μονάχα βιομηχανίας.

● 'Η ρύπανση σέ συνδυασμό μέ:

- 1) τήν υπεραλίευση τών θαλασσών μας και τήν παράνομη άλιεία (δυναμίτης), και τό άγριο κυνήγι στην ξηρά,
- 2) τήν υπερβόσκηση, συνέπεια τής εντάσεως τής κτηνοτροφίας και τής ελαττώσεως τών βοσκοτόπων,
- 3) τήν αποξήρανση και αποστράγγιση ύγροτόπων και λιμνών (π.χ. 'Αγουλινίτσας, Κάρλας, Στυμφαλίας, Φενεού, Ξυνιάδας κ.ά.) μέ σκοπό τή γεωργική άξιοποίηση,
- 4) τή συνεχώς αυξανόμενη χρήση παρασιτοκτόνων στη γεωργία για τήν προστασία και αύξηση τής γεωργικής παραγωγής,
- 5) τήν κατάληψη και καταστροφή, από βιολογική άποψη, μεγάλων εκτάσεων για οικισμούς, δρόμους, βιομηχανία, σκουπιδότοπους κτλ.
- 6) τίς πυρκαγιές τών δασών, πού πολλές φορές είναι σκόπιμες, έχει προκαλέσει (και συνεχίζει) καταστροφές βιωτικών κοινοτήτων και υποβάθμιση τών οικοσυστημάτων τής χώρας, μέ αποτέλεσμα πολλά είδη τής πανίδας και χλωρίδας μας νά κινδυνεύουν νά εξαφανιστούν και πολλά νά έχουν κιάλας εξαφανιστεί σέ όρισμένες περιοχές.

'Ετσι λ. χ.:

● 'Ο αριθμός τών πουλιών πού ζούν στον τόπο μας διαρκώς ελαττώνεται και 100 περίπου είδη βρισκονται σε κίνδυνο νά εκλείψουν. Λ.χ. ο άγριογάλας και ή σουλτανοπουλάδα έχουν σχεδόν τελείως χαθεί και ή χαμωτίδα σπάνια παρατηρείται. 'Ο άργυροπελεκάνος πού άλλοτε κλωσσούσε στο δέλτα του 'Αξιού, του 'Εβρου και του 'Αχελώου, στις έκβολές τών ποταμών πού χύνονται στις άκτές τής 'Ηπείρου και στις άλλοτε λίμνες τών Γιαννιτών και του 'Αρτζάν (Μακεδονία), σήμερα, άποδεκατισμένος, φωλιάζει μόνο στην 'Αρτα και στη μικρή Πρέσπα.

'Ομοια έχουν άποδεκατιστεί τὰ άρπακτικά (άετοι - γεράκια), απ' τὰ όποια τό γεράκι μαυροπετρίτης είναι ένδημικό τών νησιών του Αιγαίου.

● Τά κυνήγι γενικά έγινε πιά σπάνιο.

● Πολλά θηλαστικά τής πανίδας μας κινδυνεύουν. 'Η φώκια π.χ. άπειλείται μέ άφανισμό.

● Πολλά είδη ψαριών τών θαλασσών μας κινδυνεύουν νά εξαφανιστούν απ' όρισμένες περιοχές, όπως ο ροφός, ή στύρα, τό στουργιόνι, ή μουδιάστρα, ή κατσούλα κ.ά. 'Η κατσούλα χάθηκε τελείως από τό Σαρωνικό.

● Τά θαλασσινά (στρείδια, κυδώνια, καλόγνωμες κτλ.) όχι μόνο ελαττώ-

θηκαν σέ πολλές περιοχές, αλλά έχουν μολυνθεί άπ' τή ρύπανση καί έγι-
ναν φορείς γιά σοβαρές άρρώστιες (τυφοειδής πυρετός, παρατυφικές λοι-
μώξεις, λοιμώδης ήπατίτιδα).

Σέ άκόμα μεγαλύτερο κίνδυνο βρίσκεται ή χλωρίδα μας. Δεκάδες είδών
έχουν κιάλας γαθει καί πάρα πολλά (καί μάλιστα ένδημικά τής χώρας μας)
κινδυνεύουν, όπως πολλά όρχεοειδή καί πάνω άπό 300 άλλα είδη, διάφο-
ρων οικογενειών. Μερικά είδη φαρμακευτικά, όπως π.χ. ό δίκταμος (έρω-
τας) τής Κρήτης ή ή γεντιανή (άφθονη άλλοτε στην περιοχή των Πρε-
σπών) κινδυνεύουν νά εξαφανιστούν επειδή τά μαζεύουν, γιά έμπορικούς
σκοπούς, μέ ληστρικό τρόπο.

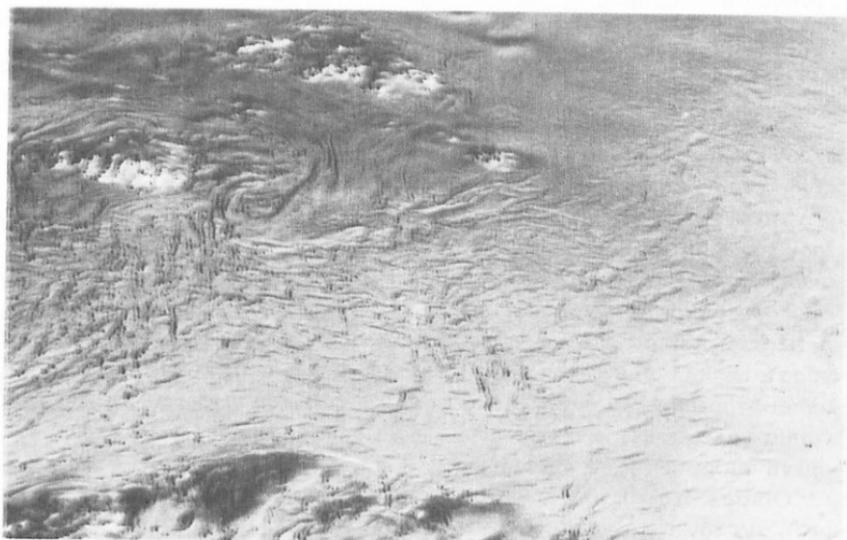
Πρέπει λοιπόν στή χώρα μας νά παρθούν τό ταχύτερο μέτρα γιά νά
προστατευθούν άποτελεσματικά οι άκτές, οι κλειστοί κόλποι, λίμνες καί
άλλοι υγρότοποι, τά δάση καί τά φυτά καί ζώα πού κινδυνεύουν. Δέν έχει
νόημα νά λέμε πώς ή πατρίδα μας είναι ώραία. Πρέπει ή πολυτραγουδι-
σμένη όμορφιά τής νά διατηρηθεί.

Όρισμένοι άπό τούς υγρότοπούς μας είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, όχι
μόνο γιά τον τόπο μας αλλά γιά όλη τήν Εύρώπη. Σημαντικά καί σπάνια
είδη πουλιών φωλιάζουν σ' αυτούς ή ξεκουράζονται κατά τίς μεταναστεύ-
σεις τους. Οι σπουδαιότεροι άπ' τούς υγρότοπούς μας πού πρέπει νά προ-
στατευθούν είναι:

- Τό Δέλτα του Έβρου.
- Ό κόλπος τής Άρτας μαζί μέ τό Δέλτα του Λούρου.
- Η μικρή Πρέσπα (έχει κηρυχτεί έθνικός Δρυμός χωρίς όμως νά
προστατεύεται πραγματικά).
- Η περιοχή τής λίμνης Βιστωνίδας (λίμνη του Πόρτο Λάγο) καί ή
λιμνοθάλασσα πού βρίσκεται μεταξύ Πόρτο Λάγο καί Φαναριού.
- Επίσης τό Δέλτα του ποταμού Λουδία καί Άλιάκμονα, του Νέστου,
οι έκβολές του Στρυμόνα κι οι λίμνες τ' Άχινου (Κερκινίτις), Λαγ-
καδά καί Βόλβη.

Παρ' όλο πού μερικά άπ' τά δάση μας έχουν κηρυχτεί «Έθνικοί Δρυ-
μοί» δηλ. προστατευόμενες περιοχές, δέν προστατεύονται πραγματικά.
Σπουδαία δάση, πού πρέπει νά προστατευθούν άποτελεσματικά είναι:

- τής Πίνδου - Βάλια Κάλντας, του Όλυμπου, του Παρνασσού, τής Οί-
της, του Αίνου τής Κεφαλονιάς, πού έχουν κηρυχτεί Έθνικοί Δρυμοί.
- Άλλα δάση καί δασωμένες περιοχές μέ μεγάλη άξία καί πού πρέπει νά
προστατευτούν είναι: ή Σαμαριά στην Κρήτη (Έθνικός Δρυμός), ό Χελμός
μαζί μέ τήν κοιλάδα των νερών τής Στυγός καί τήν περιοχή τής Ζαρού-
χλας, ή Ιραμμενη Όξυα στη Ρούμελη, τό Φαλακρό στην Άν. Μακεδονία,



Εικόνα 166: Ρύπανση από άργο πετρέλαιο σε μιά άκτι της Σαλαμίνας.

ή Δίρφη καί τό Ξεροβούνι στήν Εύβοια, τά δάση τῆς Ἀρκαδίας, τοῦ Ταυγέτου, τῆς Χαλκιδικῆς, τῆς Σάμου, τό παρθένο δάσος τῆς κεντρικῆς Ροδόπης κ.ἄ.

Ἡ δημιουργία πραγματικῶν Ἐθνικῶν Δρυμῶν καί θαλασσίων πάρκων καί ἡ προστασία πολλῶν μικρότερων βιωτικῶν κοινοτήτων μέ ιδιαίτερο βιολογικό ἐνδιαφέρον, σέ συνδυασμό μέ δραστικά μέτρα ἐναντίον τῆς ρυπάνσεως, **ἄν γίνουν ἐγκαιρα** καί μέ σύστημα, θά ἀντισταθμίσουν τήν ἐπερχόμενη κατάρρευση τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς χώρας μας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Λ Ε Ξ Ι Λ Ο Γ Ι Ο

- άβάκιο γαμετικῶν συνδυασμῶν:** άβάκιο, δηλαδή πίνακας, πού μᾶς βοηθά νά βροῦμε ὄλους τούς συνδυασμούς τῶν γαμετῶν καί τίς συχνότητες τῶν συνδυασμῶν αὐτῶν.
- άγγελιοφόρο RNA (ριβοζονουκλεϊκό ὄξύ):** εἶδος RNA πού ἔχει ἀντιγράψει πιστά τή μιά ἀπό τίς δύο ἄλυσίδες τοῦ DNA τῶν χρωματοσωμάτων καί πού ἀπό τόν πυρήνα πηγαίνει στό κυτταρόπλασμα γιά νά χρησιμεύσει σάν μήτρα (καλούπι) γιά τή σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν.
- άγέλη:** στά πτηνά καί θηλαστικά σύνολο ἀτόμων τοῦ ἴδιου εἴδους, πού ζοῦν μαζί.
- άγενής πολλαπλασιασμός:** μηχανισμός πολλαπλασιασμοῦ (ἀναπαραγωγῆς) πού δέ στηρίζεται στήν ὕπαρξη φύλων.
- άδενίνη:** ὀργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στή δομή τοῦ ATP, τοῦ DNA καί τοῦ RNA.
- ADP (εἶ-ντί-πί, διφωσφορική ἄδενosίνη):** χημική ἔνωση πού ἀποτελεῖται ἀπό ἄδενίνη, ριβόζη καί δύο ρίζες φωσφορικοῦ ὄξεος.
- ἀερόβια φάση ἀναπνοῆς:** ἡ φάση τῆς ἀναπνοῆς πού χρειάζεται ὄξυγόνο.
- Αἰθιοπική ζώνη:** Ζωογεωγραφική ζώνη πού περιλαμβάνει κυρίως μεγάλο μέρος τῆς Ἀφρικῆς.
- αἱμοσφαιρίνη:** χημική ἔνωση, κόκκινου χρώματος, τό μεγαλύτερο μέρος τῆς ὀποίας ἀποτελεῖται ἀπό πρωτεΐνη, καί πού βρίσκεται στά ἐρυθρά αἱμοσφαίρια. Δεσμεύει καί μεταφέρει τό ὄξυγόνο καί τό διοξειδίο τοῦ ἄνθρακα.
- αἱμοφιλία:** ἡ παθολογική κατάσταση ὀρισμένων ἀνθρώπων νά μὴν πῆξει τό αἷμα τους.
- ἄκμονας:** μικρό κόκαλο στό μέσα οὖς (αὐτί) τῶν θηλαστικῶν.
- ἀκτινωτή προσαρμοστική κλαδογένεση:** ἡ παραγωγή σέ σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (στή γεωλογική κλίμακα τοῦ χρόνου) ἀπό ἓνα ἢ λίγα εἶδη μιᾶς ὀλόκληρης βεντάλιας νέων εἰδῶν μέ προσαρμογές σέ διαφορετικούς τρόπους ζωῆς.
- ἀλληλεπίδραση:** ἀμοιβαία ἐπίδραση μεταξύ δύο (ἢ περισσότερων) μονάδων (ἀτόμων, εἰδῶν κ.ά.).
- ἀλληλόμορφος:** ἡ σταθερή κατάσταση στήν ὀποία βρίσκεται ἓνας γόνος. Σ'

- έναν πληθυσμό ατόμων μπορεί να βρισκομε κάθε γόνο σε πολλές καταστάσεις, δηλαδή κάθε γόνος μπορεί να έχει πολλούς άλληλόμορφους.
- άλπικός:** (προέρχεται από τη λέξη "Άλπεις): όρεινός.
- άλυσίδα τροφής:** νοητή άλυσίδα που ένώνει σε κάθε της κρίκο ένα θήραμα κι ένα θηρευτή του.
- άμινοξύ:** οργανική χημική ένωση που αποτελείται από άνθρακα, ύδρογόνο, όξυγόνο, άζωτο και μερικές φορές θείο. Δομικός λίθος των πρωτεϊνών.
- άμνιωτικό:** Σπονδυλωτό που τό έμβρυό του περιβάλλεται από άμνιον, δηλαδή βρίσκεται μέσα σ' ένα ύμενώδη σάκο γεμάτο ύγρό. Άμνιωτικά είναι τά Έρπετά, Πτηνά, και Θηλαστικά.
- άμυλοπλάστης:** πλαστίδιο, όπου γίνεται ή σύνθεση του άμυλου.
- άναβολέας:** μικρό κόκαλο στο μέσο ούς (αύτι) των θηλαστικών.
- άναβολισμός:** λειτουργίες του οργανισμού κατά τις όποιες χρησιμοποιείται ένέργεια για τη σύνθεση δομικών τους συστατικών και άλλων χημικών ένώσεων, στίς όποιες αποθηκεύεται ένέργεια.
- άναγένεση:** έξελικτική άλλαγή κατά την όποια μέ τό πέραςμα του χρόνου ένα είδος μεταβάλλεται σε άλλο είδος. Άντίθετα μέ την **κλαδογένεση** όπου ένα είδος χωρίζεται σε δυό (ή περισσότερα) νέα είδη. (Προσοχή: ή **άναγέννηση** είναι διαφορετικός όρος).
- άναγέννηση:** τό φαινόμενο να ξαναφτιάχνει ό οργανισμός ένα τμήμα του που άποκόπηκε.
- άναγωγή:** χημική αντίδραση κατά την όποια ένα στοιχείο ή μιá ένωση παίρνει ύδρογόνο ή τους άφαιρείται όξυγόνο. Γενικά όταν ένα στοιχείο ή μιá ένωση παίρνει ήλεκτρόνια.
- άναδιασταύρωση:** βλέπε λέξεις άνάδρομη διασταύρωση.
- άνάδρομη διασταύρωση:** διασταύρωση ατόμων της πρώτης θυγατρικής γενιάς μέ ένα από τους γονείς τους.
- άναερόβια φάση της άναπνοής:** ή φάση της άναπνοής που δέν χρειάζεται όξυγόνο.
- άνάλογα όργανα:** όργανα που έχουν ίδια λειτουργία και γι' αυτό παρουσιάζουν έπιφανειακή όμοιότητα χωρίς όμως να έχουν ίδια έξελικτική προέλευση.
- άναπαραγωγή:** ή ιδιότητα των ζωντανών όντων να παράγουν νέα πανομοιότυπά τους ζωντανά όντα.
- άναπνοή:** λειτουργία κατά την όποια τό ζωντανό όν έλευθερώνει ένέργεια διασπώντας οργανικές χημικές ένώσεις.
- Άνατολική ζώνη:** Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει την Ίνδια και κοντινές της χώρες.
- άνάφαση** (ή τρίτη φάση της μίτωσης): τό τρίτο στάδιο της κυτταρικής διαίρέσεως.

άνοιχτό σύστημα: αποτελείται από σύνολο υλικών τμημάτων σε επικοινωνία με το περιβάλλον με το οποίο ανταλλάσσει ύλη και ενέργεια.

άντίσωμα: πρωτεΐνη που κατασκευάζει ο οργανισμός για να καταπολεμήσει μία μικροβιακή (ή άλλη) εισβολή.

άπλοειδής αριθμός χρωματοσωμάτων: ο αριθμός των χρωματοσωμάτων στους γαμέτες, ο μισός αριθμός των χρωματοσωμάτων των σωματικών κυττάρων, ο αριθμός των ζευγαριών των χρωματοσωμάτων (= N).

άποβλάστηση: τρόπος άγενή πολλαπλασιασμού. Ένα τμήμα του οργανισμού αναπτύσσεται και μετά αποχωρίζεται και γίνεται νέος οργανισμός.

άπολίθωμα: απομεινάρια ζωντανών οργανισμών που έζησαν παλιά: είτε είναι αποτυπώματα, είτε σκληρά μέρη τους που η οργανική τους ουσία αντικαταστάθηκε από ανόργανα υλικά. Σπάνια είναι τμήματα οργανισμών ή οργανισμοί που δεν πετροποιήθηκαν αλλά διατηρήθηκαν στους πάγους ή ακόμα μέσα σε κεχριμπάρι.

άστερες: οι δύο άστεροειδείς σχηματισμοί που καθένας τους έχει κέντρο ένα από τους δύο πόλους της άτρακτου (στή μίτωση).

ATP (εϊ-τί-πί, τριφωσφορική άδενοσίνη): χημική ένωση που αποτελείται από άδενίνη, ριβόζη και τρεις ρίζες φωσφορικού όξέος. Τό ATP είναι τό ενεργειακό «νόμισμα».

άτρακτος: διάταξη σε σχήμα άδραχτιού, (άτρακτος = άδράχτι), που σχηματίζεται στη μετάφαση της κυτταρικής διαερέσεως.

Αύστραλιανή ζώνη: ή Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαβαίνει την Αύστραλία.

αυτόματη γένεση (θεωρία της): ό ύποθετικός (καί όπως τώρα γνωρίζουμε λανθασμένος) μηχανισμός παραγωγής ζωντανών όντων από μή ζωντανά υλικά.

αυτότροφος οργανισμός: οργανισμός που τρέφεται από ανόργανες μόνο ούσιες, κατασκευάζοντας μόνος του τίς ανάγκαίες σ' αυτόν οργανικές.

βακτηριοφάγος: ίός (φάγος) που παρασιτεί βακτήρια.

βασίλειο: ή μεγαλύτερη ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική.

βελτίωση (κληρονομική): προσπάθεια καλύτερέσεως όρισμένων χαρακτηριστικών των εκτρεφόμενων ζώων καί των καλλιεργούμενων φυτών με την άλλαγή των γονότυπων των άτόμων τους.

βένθος: τό σύνολο των ζωντανών όντων που ζούν στο βυθό της θάλασσας.

βιογενετικός νόμος (του Χαϊκελ): ή άποψη πώς ή όντογένεση συνοψίζει τη φυλογένεση.

Βιοχημεία: ή επιστήμη που μελετά τό φαινόμενο της ζωής στο επίπεδο των μορίων καί των χημικών αντιδράσεων.

βιοτική κοινότητα: τό σύνολο των ζωντανών όντων σε μία περιοχή.

- βλαστίδιο:** ένα από τα πρώτα στάδια της ζωής του έμβριου.
- γαλακτικό όξύ:** οργανική ένωση, όξύ. Παράγεται στα ζώα με την αναερόβια αναπνοή.
- γαμέτης:** κύτταρο που χρησιμεύει για τον έγγενή πολλαπλασιασμό του οργανισμού. Περιέχει το μισό αριθμό των χρωματοσωμάτων των σωματικών κυττάρων δηλαδή ένα χρωματόσωμα από κάθε ζευγάρι.
- γαστρίδιο:** στάδιο της ζωής του έμβριου στο οποίο γίνονται οι μετακινήσεις κυττάρων για να σχηματισθούν τα δέρματα.
- Γενετική:** ο κλάδος της Βιολογίας που μελετά τα φαινόμενα της κληρονομιότητας και της ποικιλομορφίας.
- γενετικός κώδικας:** ο κώδικας που μας δίνει τις αντίστοιχίες μεταξύ των διάφορων συνδυασμών που αποτελούν τρεις διαδοχικές βάσεις της αλυσίδας του RNA και των 20 αμινοξέων. Υπάρχουν τρεις συνδυασμοί βάσεων που δεν αντιστοιχούν σε αμινοξύ αλλά σημαίνουν τη λήξη του μηνύματος.
- γεννητικό πλάσμα:** το σύνολο των κυττάρων του οργανισμού που είναι ή πρόκειται να μετασχηματιστεί σε γαμέτες.
- γένος:** μικρή ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε γένος περιλαμβάνει περισσότερα είδη ή και μόνο ένα.
- γεωλογικοί αιώνες, περίοδοι ή διαπλάσεις, ύποπερίοδοι και εποχές:** χρονικές διαιρέσεις της Ιστορίας της Γης από τους γεωλόγους. Κάθε αιώνας [Αρχαϊκός, Προτεροζωϊκός, (κι οι δύο μαζί λέγονται Προκάμβριο), Παλαιοζωϊκός, Μεσοζωϊκός, Καινοζωϊκός] περιλαμβάνει περιόδους (ή διαπλάσεις), κάθε περίοδος περιλαμβάνει ύποπερίόδους και κάθε ύποπερίοδος εποχές (ή βαθμίδες).
- Γκοντβάνα:** ένα από τα δύο κομμάτια στα όποια χωρίστηκε η Παγγαία, το νότιο κομμάτι. Περιλαμβάνει τη Ν. Αμερική, Αφρική, Ινδία, Αυστραλία και Ανταρκτική.
- γκράνα (grana):** κατασκευάσματα μέσα στο χλωροπλάστη που τό καθένα τους (granum) μοιάζει με μία στήλη μεταλλικών κερμάτων.
- γλυκόζη:** υδατάνθρακας με 6 άτομα άνθρακα. Δομικός λίθος του γλυκογόνου και του άμυλου.
- γλυκόλυση:** (από τό γλυκός και λύση): τό τμήμα της αναπνοής κατά τό όποιο διασπάται ή γλυκόζη μέχρι νά προκύψει πυροσταφυλικό όξύ.
- γόνος:** ή μονάδα της κληρονομικότητας. Βρίσκεται στα χρωματοσώματα.
- γονότυπος:** ό τύπος των γόνων ενός άτομου – ή κληρονομική του δομή.
- γουανίνη:** οργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στην κατασκευή του DNA και του RNA.
- δαλτωνισμός:** ή άδυναμία που έχουν μερικοί άνθρωποι νά ξεχωρίζουν όρισμένα χρώματα.

δέρματα (έμβρυολογικά): οί τρείς στρώσεις (στοιβάδες) κυττάρων πού σχηματίζονται σέ όρισμένο στάδιο τού έμβρύου μετά τό γαστρίδιο.

Κάθε δέρμα παρέχει τό ύλικό γιά νά σχηματιστούν διάφορα όργανα και ίστοί. (βλέπε λέξεις έκτόδερμα, μεσόδερμα, ένδόδερμα).

δεσοξυριβοζονουκλεϊκό όξύ: βλέπε λέξη DNA.

δεύτερη θυγατρική γενιά: τό σύνολο τών ατόμων πού προέρχεται από τή διασταύρωση τών ατόμων τής πρώτης θυγατρικής γενιάς, (σύμβολο F₂).

δευτερογενής καταναλωτής: είδος πού τρέφεται από τούς πρωτογενείς καταναλωτές (βλέπε λέξη), δηλαδή σαρκοφάγο.

διάσχιση: τό φαινόμενο σύμφωνα μέ τό όποίο ό γόνος πού προέρχεται από τόν πατέρα κι ό άντίστοιχος γόνος πού προέρχεται από τή μητέρα δέν άλληλοεπηρέάζονται αλλά ξαναβρίσκεται (ένας τους) σέ κάθε γαμέτη τού ατόμου «καθαρός», δηλαδή στήν ίδια κατάσταση πού ήταν στους γονείς του.

διαφοροποίηση: διαδικασία μέ τήν όποία τά διάφορα κύτταρα τού σώματος, άν και προέρχονται όλα από τό ζυγωτό, εξειδικεύονται λειτουργικά και γι' αυτό αλλάζουν και μορφολογικά.

διδασκτικός τύπος θεωριών: κατηγορία θεωριών πού πιστεύει πώς τό περιβάλλον άμεσα έντυπώνει μεταβολές στόν όργανισμό και πώς αυτές γίνονται κληρονομικές (άν και έπίκτητες) και καθιστούν τόν όργανισμό περισσότερο προσαρμοσμένο στό περιβάλλον πού τού τίς έντύπωσε. 'Η Θεωρία τού Λαμάρκ είναι διδασκτικού τύπου (τό περιβάλλον «διδάσκει» τόν όργανισμό κι έτσι τόν αλλάζει).

δίδυμα (άδελφια): άδελφια πού γεννιούνται από τήν ίδια κύηση. Μπορεί νά προέρχονται από ένα μόνο ζυγωτό (μονοζυγωτικά) ή από δύο διαφορετικά ζυγωτά κύτταρα (διζυγωτικά).

διζυγωτικά δίδυμα: βλέπε λέξη δίδυμα.

δίοικο είδος: είδος πού άποτελείται από δύο χωριστές κατηγορίες άτομα, τά άρσενικά και τά θηλυκά.

διπλοειδής αριθμός χρωματοσωμάτων: ό αριθμός τών χρωματοσωμάτων τών σωματικών κυττάρων, ή τών κυττάρων τού γεννητικού πλάσματος πρίν ύποστούν τή μείωση, ή άκόμη ό διπλάσιος αριθμός τών ζευγαριών τών χρωματοσωμάτων (= 2N).

διυβριδισμός: διασταύρωση στήν όποία διασχίζονται δύο διαφορετικοί γόνοι.

διφωσφορική άδενοσίνη: βλέπε λέξη ADP.

DNA (ντι-έν-εί, δεσοξυριβοζονουκλεϊκό όξύ). Κατηγορία νουκλεϊκών όξέων πού άποτελούνται από δύο συμπληρωματικές άλυσίδες νουκλεοτιδίων (δικλώνα) και πού βρίσκονται κυρίως στά χρωματοσώματα (άλλά και στά μιτοχόνδρια, και στά πλαστίδια). Οί γόνοι άποτελούνται

- από DNA. Το DNA έχει την ιδιότητα να αναπαράγεται.
- δούλωση:** φαινόμενο υποδουλώσεως μυρμηγκιών σε άλλου είδους μυρμηγκία. Μερικά είδη μυρμηγκιών αιχμαλωτίζουν άτομα (προνούμφες) άλλου είδους που όταν μεγαλώσουν τα χρησιμοποιούν σαν δούλους τους για να κάνουν διάφορες εργασίες.
- δρεπανοκυτταρική άναιμία:** κληρονομική άναιμία που οφείλεται στη διαφορετική αίμοσφαιρίνη (από την κανονική) που έχουν τα άρρωστα άτομα.
- έγγενής πολλαπλασιασμός:** μηχανισμός πολλαπλασιασμού που στηρίζεται στην ύπαρξη δυο φύλων και στην παραγωγή γαμετών.
- είδος:** βασική μονάδα της ταξινόμησης. Το είδος δεν ορίζεται μόνο με το κριτήριο της μορφολογικής ομοιότητας αλλά κυρίως με το μισιολογικό κριτήριο. Είναι αντικειμενική οντότητα ανεξάρτητη από τον ταξινόμο. Κάθε είδος κατέχει όρισμένη οικολογική φωλιά.
- έκλεκτικός τύπος θεωριών:** κατηγορία θεωριών που πιστεύει πως οι εξέλικτικές μεταβολές προέρχονται από επιλογή σε προϋπάρχουσα κληρονομική ποικιλομορφία του πληθυσμού. Η επίδραση του περιβάλλοντος πραγματοποιείται με το μηχανισμό της επιλογής. Η νεοδαρβινική ή συνθετική θεωρία είναι έκλεκτικού τύπου.
- έκτοδερμα:** το εξωτερικό δέρμα (βλέπε λέξη δέρματα) του έμβριου στο στάδιο μετά το γαστρίδιο. Από το δέρμα αυτό προέρχονται ή επιδερμίδα, το νευρικό σύστημα, τα αίσθητήρια όργανα, οι τρίχες, τα νύχια κ.ά.
- έλαιοπλάστης:** πλαστίδιο όπου γίνεται ή σύνθεση του ελαίου (λαδιού).
- Έμβρυολογία:** κλάδος της Βιολογίας που μελετά τα έμβρυακά στάδια της ζωής του οργανισμού.
- ενδόδερμα:** το εσωτερικό δέρμα (βλέπε λέξη δέρματα) του έμβριου στο στάδιο μετά το γαστρίδιο. Από το δέρμα αυτό προέρχεται ο πεπτικός άγωγός.
- ένδοπλασματικό δίκτυο:** πολύπλοκο δίκτυο άγωγών (καναλιών) που βρίσκεται μες στο κυτταρόπλασμα.
- ένεργό κέντρο (ένζυμο):** το μέρος του ένζυμου στο οποίο γίνεται ή επαφή με το υποστρώμα ή τα υποστρώματα με άποτέλεσμα τη διευκόλυνση της χημικής αντίδρασεως την οποία το ένζυμο καταλύει.
- ένζυμο:** οργανική χημική ένωση που είτε είναι εξολοκλήρου πρωτεΐνη είτε το μεγαλύτερο μέρος της είναι πρωτεΐνη και ή οποία επιταχύνει όρισμένη χημική αντίδραση, χωρίς να συμμετέχει στα τελικά προϊόντα της αντίδρασεως αυτής.
- Εξέλιξη:** το φαινόμενο να αλλάζουν μορφή τά έμβια όντα με το πέραςμα του χρόνου, είδη να μεταβάλλονται σε άλλα είδη (αναγένεση) ή είδη να διχάζονται σε δυο ή περισσότερα νέα είδη (κλαδογένεση), ή είδη να σβήνουν.

έξόζη: ύδατάνθρακας μέ έξι άτομα άνθρακα στό μόριό του.

έπιγένεση: έμβρυολογική θεωρία σύμφωνα μέ τήν όποία τά όργανα καί οί ίστοί του σώματος σχηματίζονται «έκ νέου» κάθε φορά κατά τό έμβρυακό μέρος τής ζωής του όργανισμού χάρη στίς δυνάμεις πού ένυπάρχουν μέσα στό ζωντανό κύτταρο (κι όχι από προσχηματισμένα τμήματα).

έπίκτητη ιδιότητα (ή έπίκτητο χαρακτηριστικό): ιδιότητα πού έχει ό όργανισμός αλλά δέν τήν κληρονόμησε από τούς γονείς του.

έπιλογή: ξεδιάλεγμα όρισμένων γονότυπων, από ένα πληθυσμό, στους όποιους μόνο επιτρέπουμε νά αναπαραχθούν (**τεχνητή έπιλογή**). Όταν όλοι οί γονότυποι δέν αφήνουν τόν ίδιο αριθμό απογόνων στή φύση, μιλάμε γιά **φυσική έπιλογή**.

έπιφυτο: φυτό πού φυτρώνει πάνω σ' άλλο φυτό (λ.χ. πάνω σέ μεγάλο δέντρο) χωρίς νά παρασιτεί σ' αυτό αλλά χρησιμοποιώντας το μόνο σαν ύπόβαθρο.

έρεθιστικότητα: ή ιδιότητα του όργανισμού νά πληροφορεΐται τί συμβαίνει έξω ή καί μέσα σ' αυτόν.

έρημος: οίκοσύστημα πού ή βλάστησή του είναι πολύ φτωχή: τό μεγαλύτερο μέρος τής επιφάνειάς του είναι άκάλυπτο από βλάστηση.

έρμαφρόδιτο άτομο: τό άτομο πού μπορεί νά παράγει καί άρσενικούς καί θηλυκούς γαμέτες. Η λέξη παράγεται από τίς λέξεις Έρμής καί Άφροδίτη.

έτεροζυγωτό: άτομο πού περιέχει δύο διαφορετικούς άλληλόμορφους ένός γόνου.

έτερότροφος όργανισμός: όργανισμός πού τρέφεται από όργανικές ουσίες πού παράγουν άλλοι όργανισμοί (λέγεται καί καταναλωτής).

έυκαρυωτικός: όργανισμός πού έχει κύτταρα (ή κύτταρο στους μονοκύτταρους) μέ διαμορφωμένο πυρήνα. Εύκαρυωτικοί είναι όλοι οί όργανισμοί έκτός από τά βακτήρια (στά όποια άνήκουν καί τά μυκοπλάσματα), τά Κυανοφύκη καί οί ίοί.

έυτροφισμός: μέ τήν απόπλυση τής γεωργικής γής από τίς βροχές μαζεύονται φωσφορικά λιπάσματα σέ λίμνες ή κλειστές θάλασσες, όπως μαζεύονται καί απόβλητα από τούς όχετούς μεγάλων πόλεων. Αυτές οί ουσίες είναι θρεπτικές γιά τά φύκη κι άλλα φυτά πού αναπτύσσονται τόσο όστε καταναλώνουν τό όξυγόνο καί δέν αφήνουν νά αναπνυχθούν τά ύδρόβια ζώα. Αυτή ή κατάσταση φυτικής ύπερπαραγωγής μέ σύγχρονη μείωση του ζωικού πλούτου όνομάζεται έυτροφισμός.

ζυγωτό κύτταρο: τό πρώτο κύτταρο από τό όποιο προέρχεται ό νέος όργανισμός. Σχηματίζεται μέ τήν ένωση δύο γαμετών, του άρσενικού καί του θηλυκού.

- ζύμωση:** χημικές αντιδράσεις άναερόβιας άναπνοής από ζυμομύκητες (λ.χ. με ζύμωση ο μούστος γίνεται κρασί).
- Ζωογεωγραφία:** κλάδος τής Βιολογίας πού μελετά τή γεωγραφική εξάπλωση και κατανομή τών ζωικών ειδών.
- ζωοπλαγκτό:** τό πλαγκτό (βλέπε λέξη) πού άποτελείται από μικροσκοπικά ζώα.
- ήμιόροφος:** ενδιάμεσο επίπεδο φυλλωσιās μεταξύ τού όρόφου (βλέπε λέξη) και τού εδάφους.
- θαλασσαιμία (ή μεσογειική άναιμία):** κληρονομικές άναιμίες πού όφείλονται σέ έλαττωματική παραγωγή τής αίμοσφαιρίνης.
- θήραμα:** τό είδος πού τρώγεται από ένα άλλο (τό όποιο όνομάζεται **θηρευτής** του).
- θηρευτής:** τό είδος πού τρώγει ένα άλλο (τό όποιο όνομάζεται **θήραμα**).
- θυγατρική γενιά:** βλέπε λέξεις **πρώτη θυγατρική γενιά** και **δεύτερη θυγατρική γενιά**.
- θυμίνη:** όργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στή δομή τού DNA.
- ιός:** μικροσκοπικό έμβιο όν χωρίς κυτταρική δομή, παράσιτο ζώων, φυτών, μυκήτων, μονοκυττάρων, άκόμα και βακτηρίων.
- ισημερινό πεδίο (ή ίσημερινό επίπεδο):** τό νοητό επίπεδο πού είναι κάθετο στή μέση τής νοητής γραμμής πού ένώνει τούς δυό πόλους τής άτράκτου στή μίτωση.
- ιστόνη:** βασικές (άντίθετο μέ τίς όξινες) πρωτεΐνες πού βρίσκονται στά χρωματοσώματα. Είναι πλούσιες στά άμινοξέα άργινίνη και λυσίνη.
- ιστός:** σύνολο κυττάρων μέ ίδια μορφολογία και ίδια λειτουργική άποστολή.
- Καινοζωικός:** γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). Άρχισε πρίν 63 έκατομμύρια χρόνια και συνεχίζεται ως σήμερα.
- Κάμβριο:** γεωλογική περίοδος (βλέπε λέξη) τού Παλαιοζωικού αιώνα. Άρχισε έδώ και 600 έκατομμύρια χρόνια και τελείωσε έδώ και 500 έκατομμύρια χρόνια. Διάρκεσε δηλαδή 100 έκατομμύρια χρόνια.
- καταβολισμός:** λειτουργίες τού όργανισμού κατά τίς όποιες παράγεται ένέργεια μέ τή διάσπαση και όξειδωση (βλέπε λέξη) όρισμένων όργανικών μορίων.
- καταναλωτής:** Τό είδος πού τρέφεται από άλλο ή άλλα είδη. Συνώνυμο τού έτερότροφος (βλέπε λέξη). Άντίθετο από τό **παραγωγός, αυτότροφος** (βλέπε λέξεις). Υπάρχουν **πρωτογενείς, δευτερογενείς** και **τριτογενείς** καταναλωτές (βλέπε λέξεις).
- κεντρόμερό:** εξειδικευμένο τμήμα τού χρωματοσώματος πού παίξει σημαντικό ρόλο στήν κίνηση τού χρωματοσώματος κατά τήν άνάφαση.

κεντρόσωμα: οργανίδιο των ζωικών μόνο κυττάρων. Βρίσκεται έξω από τον πυρήνα και παίζει ρόλο στην κυτταρική διαίρεση, στα κύτταρα των ζώων.

κλαδογένεση: εξέλικτική αλλαγή κατά την οποία ένα είδος χωρίζεται και δίνει γέννηση σε δυό ή περισσότερα νέα είδη, όπως ο κλάδος του δέντρου σε δυό ή περισσότερα κλαδιά. Ο όρος χρησιμοποιείται και για μεγαλύτερες μονάδες από τα είδη (λ.χ. μία τάξη δίνει γέννηση σε περισσότερες κ.ο.κ.). Διαφορετικός από την **αναγένεση** (βλέπε λέξη).

κληρονομικότητα: το φαινόμενο να μεταβιβάζουν οι γονείς στα τέκνα τους όρισμένα χαρακτηριστικά.

κοινωνία: ομάδα ατόμων που ανήκουν στο ίδιο είδος και είναι οργανωμένα με τρόπο που να συνεργάζονται. Η ύπαρξη αμοιβαίας επικοινωνίας μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους με σκοπό τη συνεργασία, και που ξεπερνά την απλή σεξουαλική δραστηριότητα, είναι κριτήριο για τον όρισμό της κοινωνίας.

κόκκος γύρης: ο άρσενικός γαμέτης στά φυτά.

Κρητιδική: γεωλογική περίοδος του Μεσοζωικού αιώνα. Άρχισε πριν 135 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 63 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 72 εκατομμύρια χρόνια.

κουσμισμός: ή κληρονομική δομή που εκδηλώνεται με σοβαρό αίμολυτικό επεισόδιο όταν τα άτομα που την έχουν φάνε άβραστα κουκιά.

κύκλος Krebs (ή **κύκλος κιτρικού οξέος**): στην αναπνοή ή καύση του μετασχηματισμένου πυροσταφυλικού οξέος (ένωμένου με συνένζυμο Α σε άκετυλοσυνένζυμο Α) με μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων. Από την καύση παράγεται CO₂ κι ελευθερώνονται ηλεκτρόνια.

κυριαρχία: φαινόμενο κατά το οποίο, στά ετεροζυγωτά άτομα για ένα γόνο, ο ένας αλληλόμορφος παρεμποδίζει την εμφάνιση του άλλου αλληλόμορφου στο φαινότυπο.

κυρίαρχος αλληλόμορφος: ο αλληλόμορφος που εμφανίζεται στο φαινότυπο των ετεροζυγωτών ατόμων και που παρεμποδίζει την εμφάνιση του άλλου.

κυτόπλασμα: βλέπε λέξη **κυτταρόπλασμα**.

κυτοσίνη: οργανική βάση. Το μόριό της συμμετέχει στη δομή του DNA και του RNA.

κυτοχρώματα: πρωτείνες, χημικοί ύποδοχείς ηλεκτρονίων (βλέπε λέξη). Παίζουν ρόλο ύποδοχέων στην **οξειδωτική φωσφορυλίωση** (βλέπε λέξη).

κυτταρική μεμβράνη: βλέπε λέξη πλασματική μεμβράνη.

κύτταρο: ή θεμελιώδης ζωντανή μονάδα. Από αυτήν αποτελούνται όλοι οι οργανισμοί πλύν των ιδών (από ένα κύτταρο οι **μονοκύτταροι**, από πολλά

- κύτταρα οί πολυκύτταροι οργανισμοί, βλέπε λέξεις).
- κυτταρόπλασμα ή κυτόπλασμα:** παχύρρευστη ουσία πού αποτελεί τό μεγαλύτερο μέρος του έσωτερικού του κυττάρου.
- λαμαρκισμός:** άποψη κατά την όποία ή "Εξέλιξη όφείλεται κυρίως στην ύποτιθέμενη (καί λανθασμένη) κληρονομικότητα των επίκτητων ιδιοτήτων.
- Λαυρασιατική ήπειρος:** τό βόρειο κομμάτι γής άπό τά δυό πού χωρίστηκε ή Παγγαία. Περιλάβαινε τή Β. "Αμερική, τήν Εύρώπη καί όλη σχεδόν τήν "Ασία.
- λειτουργία:** πραγματοποίηση όρισμένων φυσιολογικών αντιδράσεων άπό ένα κύτταρο ή άπό ένα ή περισσότερα όργανα γιά τήν εκπλήρωση όρισμένου σκοπού.'
- Λιθάνθρακοφόρος:** γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού αιώνα. "Αρχισε πριν 345 εκατομμύρια χρόνια καί τέλειωσε πριν 280 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 65 εκατομ. χρόνια. Περίοδος μεγάλων δασών, πού τώρα τά βρίσκουμε σαν λιθάνθρακες.
- λίπη:** κατηγορία οργανικών μορίων, πού αποτελούνται άπό τήν ένωση τριών μορίων λιπαρών οξέων με ένα μόριο γλυκερίνης ή άνάλογης ένωσης με τή γλυκερίνη.
- λυσόσωμα:** οργανίδιο του κυττάρου πού περικλείει ένζυμα.
- μακκία:** οίκουσύστημα των ξηροφυτικών εκτάσεων κυρίως γύρω άπό τή Μεσόγειο.
- μάρσιπος:** δερμάτινος σάκος των μαρσιποφόρων στον όποιο τά θηλυκά κρατούν τά μικρά τους.
- μείωση:** ό μηχανισμός παραγωγής κυττάρων με μισό αριθμό χρωματοσωμάτων γιά νά γίνουν γαμέτες. Στη μείωση παράγονται νέοι συνδυασμοί γόνων άπό τους δυό γονείς του άτόμου πού φτιάχνει τους γαμέτες.
- μεσόδερμα:** τό ενδιάμεσο έμβρυολογικό δέρμα (βλέπε λέξη) άπό τό όποιο προέρχονται τό αίμα καί τό κυκλοφορικό σύστημα, οί συνεκτικοί ιστοί καί τά κόκαλα, τό ουρογεννητικό σύστημα καί τό μυϊκό σύστημα.
- Μεσοζωϊκός:** γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). "Αρχισε πριν 230 εκατ. χρόνια καί τελείωσε πριν 63 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 167 εκατομμύρια χρόνια.
- μεταβολισμός:** ή σύνθετη λειτουργία του οργανισμού κατά τήν όποία χάρη σε χημικές αντιδράσεις παράγεται, άποθηκεύεται καί χρησιμοποιείται ένέργεια καί συνθέτονται τά δομικά ύλικά του οργανισμού.
- μεταγραφή:** ή αντιγραφή του γενετικού (κληρονομικού) μηνύματος πού φέρει τό DNA (δηλαδή ό γόνος) σε άγγελιοφόρο RNA (βλέπε λέξεις).
- μετάλλαξη:** ή άπότομη άλλαγή ενός άλληλόμορφου σ' έναν άλλο. Είτε γίνεται στη φύση άπό μόνη της (φυσική μετάλλαξη), ή με τήν επέμβαση

του ανθρώπου όταν χρησιμοποιήσει ακτινοβολίες ή χημικές ουσίες (τεχνητή μετάλλαξη).

μετάφωση (ή δεύτερη φάση της μίτωσης): το δεύτερο στάδιο της κυτταρικής διαιρέσεως.

μεταφορείς RNA: είδη RNA που μεταφέρουν τα αμινοξέα και τα τοποθετούν απέναντι στις τριάδες διαδοχικών βάσεων του άγγελιοφόρου RNA. Καθένα τους στη μία του μεριά έχει ένα τμήμα που «αναγνωρίζει» μία όρισμένη τριάδα βάσεων του άγγελιοφόρου RNA (γιατί το τμήμα αυτό αποτελείται από τις συμπληρωματικές βάσεις και έτσι βοηθά στην τοποθέτησή του απέναντι τους) και στο διαμετρικά αντίθετο τμήμα του μπορεί να δένει το αντίστοιχο αμινοξύ.

μετάφραση: ή μετατροπή του γενετικού μηνύματος από τη γλώσσα των 4 βάσεων των νουκλεοτιδίων στη γλώσσα των 20 αμινοξέων, δηλαδή η διαδικασία με την οποία από το άγγελιοφόρο RNA πραγματοποιείται η σύνθεση της αλυσίδας των αμινοξέων (της πρωτεΐνης).

μιμικρία: φαινόμενο κατά το οποίο ένα είδος Α μιμείται την εξωτερική εμφάνιση άλλου είδους Β, για να αποφύγει τη δίωξή του από το θηρευτή του, ο οποίος αποστρέφεται το είδος Β.

μιξολογικό κριτήριο: για την απόφαση αν δυο πληθυσμοί ανήκουν σε διαφορετικά είδη χρησιμοποιείται σαν κριτήριο το αν μπορούν να διασταυρώνονται και να ανταλλάσσουν μεταξύ τους γενετικό (κληρονομικό) υλικό.

μιτοχόνδριο: οργανίδιο του κυττάρου που λειτουργεί σαν σταθμός παραγωγής ενέργειας (δηλαδή στην εσωτερική επιφάνεια του οποίου διεξάγεται η οξειδωτική φωσφορυλίωση βλέπε λέξη).

μίτωση: ή διαίρεση του κυττάρου σε δυο θυγατρικά κύτταρα.

μονοζυγωτικά δίδυμα: βλέπε λέξη δίδυμα.

μόνοικο είδος: είδος που αποτελείται από έρμαφρόδιτα άτομα.

μονοϋβριδισμός: διασταύρωση στην οποία διασχίζεται ένας μόνο γόνος.

μορίδιο: ένα από τα πρώτα στάδια της ζωής του εμβρύου.

μυκοκλάσματα: ομάδα των πιο μικρών βακτηρίων. Παράσιτα στους πνεύμονες των θηλαστικών και πτηνών και παράσιτα φυτών.

ναύπλιος: προνυμφική (βλέπε λέξη) μορφή όστρακωτών.

Νεαρκτική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει τη Βόρεια Αμερική.

νεοδαρβινική θεωρία: βλέπε λέξη **συνθετική θεωρία**.

Νεοτροπική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει την Κεντρική και Νότια Αμερική.

Νησιωτική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει μερικά άπομο-

νωμένα από τις ηπειρούς νησιά (πολλά από τὰ ὅποια βρίσκονται στὸν Εἰρηνικὸ ὠκεανό).

νόθο: βλέπε λέξη ὑβρίδιο.

νουκλεϊκά ὀξεά (ἢ **νουκλεϊνικά ὀξεά**): χημικά μόρια πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὴν ἔνωση πολλῶν νουκλεοτιδίων. Μερικά μποροῦν νά ἀναπαράγονται. Χαρακτηρίζουν τὸ μηχανισμό ἀναπαραγωγῆς τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν.

νουκλεοτιδιο: χημικὴ ἔνωση πού ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ πεντόζη (ριβόζη ἢ δεσοξυριβόζη), φωσφορικό ὄξύ καί μιὰ ὀργανικὴ βάση (ἀδενίνη, θυμίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, οὐρακίλη).

ξανθοφύλλες: κίτρινες χρωστικές.

ξειστής: ὁ ὀργανισμὸς πού παρασιτεῖται ἀπὸ (πού φιλοξενεῖ) ἄλλον ὀργανισμό.

οἰκογένεια: ομάδα διαιρέσεως τῶν ζωντανῶν ὄντων στή Συστηματικὴ. Κάθε οἰκογένεια περιέχει γένη (βλέπε λέξη).

Οἰκολογία: κλάδος τῆς Βιολογίας (καί ὄχι τῆς Ἀρχιτεκτονικῆς), πού μελετᾷ τὶς σχέσεις ζωντανῶν ὀργανισμῶν μέ τὸ περιβάλλον τους.

οἰκολογικὴ φωλιά: ἡ «θέση» πού κατέχει ἓνα εἶδος στό οἰκοσύστημα (κυρίως ὡς πρὸς τὴ λειτουργία του).

οἰκοσύστημα: τὸ σύνολο τῶν ζωντανῶν ὄντων καί τῶν μὴ ζωντανῶν (ἀβίων) σωμάτων σέ μιὰ περιοχὴ.

ὄμοζυγωτό: (γιά ἓνα γόνου) ἄτομο πού περιέχει δύο φορές τὸν ἴδιον ἀλληλόμορφο αὐτοῦ τοῦ γόνου.

ὄμοιοθερμία: ἡ ἰκανότητα (ἢ ἰδιότητα) νά κρατιέται σταθερὴ (ὁμοία) ἡ θερμοκρασία τοῦ ὀργανισμοῦ.

ὄμοιοστάση: ἰδιότητα τοῦ ὀργανισμοῦ νά κρατᾷ ὁμοία τὴν κατάστασή του γιά ὀρισμένου εἴρους διαταραχές τοῦ περιβάλλοντος.

ὄμόλογα ὄργανα: ὄργανα μέ κοινὴ φυλογενετικὴ προέλευση καί γι' αὐτὸ μέ ἴδια βασικὴ δομὴ.

ὄμόλογα χρωματοσώματα: χρωματοσώματα πού ἀνήκουν στό ἴδιο ζευγάρι καί εἶναι γι' αὐτὸ ὁμοία μορφολογικά (ἐκτός ἀπὸ τὴν περίπτωση τῶν **φυλετικῶν χρωματοσωμάτων**, βλέπε λέξη).

ὄμοταξία: ομάδα διαιρέσεως τῶν ζωντανῶν ὄντων στή Συστηματικὴ. Κάθε ὄμοταξία περιέχει τάξεις (βλέπε λέξη).

ὄντογένεση: ἡ σειρὰ τῶν διαδοχικῶν καταστάσεων καί μορφῶν ἀπὸ τὸ ζυγωτὸ κύτταρο ὡς τὸ ἀκμαῖο ἄτομο.

ὄξειδοαναγωγή: Συνδυασμὸς ἀντιδράσεων **ὄξειδώσεως** καί **ἀναγωγῆς** (βλέπε λέξεις).

ὄξειδωση: χημικὴ ἀντίδραση κατὰ τὴν ὁποία σ' ἓνα στοιχεῖο ἢ μιὰ ἔνωση προσθέτεται ὄξυγόνο ἢ ἀπὸ μιὰ ἔνωση ἀφαιρεῖται ὕδρογόνο. Γενικά

- όταν από ένα στοιχείο ή μία ένωση αφαιρούνται ηλεκτρόνια.
- οξειδωτική φωσφορυλίωση:** στάδιο στην αερόβια αναπνοή μετά τον κύκλο του Krebs όπου πραγματοποιούνται οι τελικές οξειδώσεις, καθώς τα ηλεκτρόνια μεταβαίνουν από έναν σε άλλον υποδοχέα μέχρι, τελικά, το οξυγόνο. Η ενέργεια που ελευθερώνεται επιτρέπει τη φωσφορυλίωση του ADP σε ATP (βλέπε λέξεις).
- όργανισμός:** έμβιο όν, που αποτελείται από τμήματα τα οποία ονομάζουμε όργανα (πολυκύτταροι οργανισμοί) ή οργανίδια (μονοκύτταροι οργανισμοί).
- όργανο:** τμήμα του οργανισμού που αποτελείται από πολλά κύτταρα και πολλούς ιστούς και εκτελεί ορισμένη ή ορισμένες λειτουργίες.
- όργανο ανάλογο:** βλέπε λέξη **ανάλογα όργανα**.
- όργανο όμολογο:** βλέπε λέξη **όμολογα όργανα**.
- όργανο ύπολειμματικό:** βλέπε λέξη **ύπολειμματικό όργανο**.
- οργάνωση:** τοποθέτηση και σύνδεση των διάφορων τμημάτων ενός σώματος με κάποια τάξη.
- όροφος:** ή άπάνω φυλλωσιά του δάσους.
- ουρακίλη:** οργανική βάση. Το μόριο της συμμετέχει στη δομή του RNA.
- Παγγαία:** ή πρωταρχική ήπειρος που περιλάβαινε ένωμένες όλες τις στεριές των τωρινών ήπειρων.
- παγγένεση** (θεωρία της): θεωρία που διατύπωσε ο Ντάρβιν για να εξηγήσει πώς κατά την όντογένεση σχηματίζονται τα όργανα του σώματος. Η θεωρία είναι λανθασμένη.
- Παλαιαρκτική ζώνη:** Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει Ευρώπη, Βόρεια Αφρική κι Ασία (έκτός από την Ινδία και άλλες κοντινές της χώρες).
- Παλαιοζωικός:** γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). Ήρχισε πριν 600 εκατ. χρόνια, τελείωσε πριν 230 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 370 εκατομμύρια χρόνια.
- Παλαιοντολογία:** επιστήμη που ασχολείται με τους οργανισμούς των περασμένων γεωλογικών εποχών, μελετώντας τα απολιθώματα τους (βλέπε λέξη).
- παρωγός:** τό είδος που από άνόργανα συστατικά παράγει οργανική ύλη. Συνώνυμο του αυτότροφος (βλέπε λέξη).
- παρασιτισμός:** σχέση δυό οργανισμών κατά την οποία ό ένας (τό παράσιτο) ζει σε βάρος του άλλου (του ξενιστή) προκαλώντας του παθολογικές διαταραχές.
- παρθενογένεση:** διαδικασία παραγωγής άπογόνων που προέρχεται από τον έγγενή πολλαπλασιασμό, αλλά κατά την οποία τό ώάριο εξέλισσεται σε νέο οργανισμό χωρίς γονιμοποίηση.

- πεντόζη:** ύδατάνθρακας με πέντε άτομα άνθρακα στο μόριό του.
- περιβάλλον** (έξωτερικό): καθετί που βρίσκεται έξω από τον οργανισμό, (που τον περιβάλλει).
- Πέρμιο** (ή Πέρμια περίοδος): γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού αιώνα. Ήρξε πριν 280 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 230 εκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 50 εκατομμύρια χρόνια.
- πλαγκτό:** μικροσκοπικά ζωντανά όντα που ζουν στη θάλασσα. Ή όνομασία προήρθε από την ελληνική όμηρική λέξη πλαγκτός (= πλητόμενος, περιπλανώμενος) επειδή θεωρείται ότι οί όργανισμοί αυτοί (άκομη κι όσοι έχουν μαστίγια) περιπλανώνται, μεταφέρονται παθητικά από τά κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας (βλέπε και λέξεις **ζωοπλαγκτό**, **φυτοπλαγκτό**).
- πλασματική μεμβράνη** (κυτταρική μεμβράνη): μεμβράνη που περιβάλλει τό κύτταρο.
- πλαστίδιο:** όργανίδιο του κυτάρου στο όποιο λαβαίνουν χώρα χημικές αντίδράσεις. (Πλαστίδια είναι οί χλωροπλάστες, χρωμοπλάστες, άμυλοπλάστες, έλαιοπλάστες).
- Πλειστόκαινος:** γεωλογική ύποπερίοδος της Τεταρτογενής περιόδου του Καινοζωικού αιώνα.
- πληθυσμός:** σύνολο ατόμων του ίδιου είδους που ζούν στην ίδια περιοχή.
- ποικιλομορφία** (σέ πληθυσμό): ή ποικιλία μορφών σ' έναν πληθυσμό. Γενετική ποικιλομορφία ή ύπαρξη περισσότερων από ένα άλληλόμορφων σ' έναν ή περισσότερους γόνους.
- πόλος άτράκτου:** τό όξυ άκρο της άτράκτου. Ή υπάρχουν δύο τέτοια άκρα σέ μία κανονική άτρακτο.
- πολυμερή** (πολυμερείς ένώσεις): χημικές ένώσεις που άποτελούνται από την ένωση μεγάλου αριθμού χημικών μορίων άπόλυτα ή περίπου όμοιων (που άνήκουν δηλαδή στην ίδια κατηγορία μορίων λ.χ. άμινοξέα).
- Προκάμβριο:** έτσι όνομάζεται συνήθως ό Ήρχαϊκός αιώνας και ό Προτεροζωικός αιώνας μαζί, δηλαδή ό,τι ύπάρχει πριν από την Κάμβριο περίοδο, πριν δηλαδή 600 εκατομμύρια χρόνια.
- προκαρωτικοί:** όργανισμοί χωρίς σχηματισμένο πυρήνα στά κύτταρά τους (βακτήρια, κυανοφύκη). Βλέπε και λέξη **εύκαρωτικός**.
- προνύμφη:** ένα από τά στάδια της όντογένεσης (βλέπε λέξη) πριν από τό άκμαίο στά όστρακωτά, άρθρόποδα και άλλα ζώα.
- προσαρμογή:** ή ιδιότητα του όργανισμου νά είναι έτσι κατασκευασμένος ώστε νά μπορεί νά επιβιώσει στο περιβάλλον του και ν' άφήσει άπογόνους. Τό «ταίριασμα» του όργανισμου με τό περιβάλλον του.
- προσχηματισμός** (ή **προύπόσταση**): Ή έμβρυολογική θεωρία σύμφωνα με

τήν όποία όργανα καί τμήματα τού σώματος κατά τήν έμβρυακή ανάπτυξη δέ γίνονται έκ νέου αλλά από σχηματισμένα άπό πρίν πρότυπα μέσ στό ζυγωτό κύτταρο (ή στους γαμέτες).

πρόφαση (ή πρώτη φάση τής μίτωσης): τό πρώτο στάδιο τής κυτταρικής διαιρέσεως.

πρωτεΐνη: πολυμερής (βλέπε λέξη) χημική ένωση πού άποτελείται άπό τήν ένωση πολλών άμινοξέων.

πρώτη θυγατρική γενιά: τό σύνολο τών άτόμων πού παράγονται άπό τή διασταύρωση άτόμων τής πατρικής γενιάς (σύμβολο F_1).

πρωτογενής καταναλωτής: καταναλωτής (βλέπε λέξη) πού τρέφεται άπό παραγωγό ή παραγωγούς (βλέπε λέξη).

πυρήνας: όργανίδιο τού κυττάρου, συνήθως σφαιρικό, πού περιέχει τά χρωματοσώματα.

πυρηνική άκίνησία: στάδιο όπου τό κύτταρο δέ διαιρείται (βλέπε λέξεις φάση G_1 , φάση S , φάση G_2).

πυρηνική μεμβράνη: μεμβράνη πού περιβάλλει τόν πυρήνα τού κυττάρου.

πυρηνίσκος: σφαιρικό σωματίδιο μέσ στόν πυρήνα τού κυττάρου, πού περιέχει RNA.

πυροσταφυλικό όξύ: όργανικό όξύ μέ τρία άτομα άνθρακα πού προκύπτει άπό τή γλυκόλυση.

ριβοζονουκλεϊκό όξύ: βλέπε λέξεις RNA.

ριβόσωμα: μικρό στρογγυλό σωματίδιο πού βρίσκεται στους άγωγούς τού ένδοπλασματικού δικτύου τού κυττάρου (στά βακτήρια στό κυτταρόπλασμα), στά μιτοχόνδρια καί στους χλωροπλάστες. Παίζει ρόλο στή σύνθεση τών πρωτεϊνών γιατί πάνω του άκουμπά τό άγγελιοφόρο RNA.

RNA (άρ - έν - εί, ριβοζονουκλεϊκό όξύ). Κατηγορία νουκλεϊκων όξέων μονόκλωνων ή καί δίκλωνων. Εϊδη τού RNA είναι τό άγγελιοφόρο RNA, οί μεταφορείς RNA, τό ριβοσωμικό RNA.

σαβάννα: ξηροφυτικό οϊκοσύστημα γύρω άπό τά τροπικά δάση.

σαπρόφυτα: όργανισμοί πού τρέφονται άπό όργανικές ούσιες, (άπό νεκρά φυτά, λείψανα ζώων, έκκρίσεις κτλ.) καί όχι κατευθείαν άπό άλλους ζωντανούς όργανισμούς.

Σιλούρια: γεωλογική περίοδος τού Παλαιοζωϊκού. Άρχισε πρίν 500 έκατ. χρόνια, τελείωσε πρίν 405 έκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 95 έκατομμύρια χρόνια.

σημνος: άγέλη (βλέπε λέξη) πτηνών. Χρησιμοποιείται καί γιά νά ύποδηλώσει τό σύνολο τών μελισσών μιās κυμέλης (γύρω άπό μία βασίλισσα).

σπερματοζωάριο: ό άρσενικός γαμέτης στά ζώα.



- σπόριο:** στους πολυκύτταρους οργανισμούς ειδικό τμήμα τους για τον άγενή πολλαπλασιασμό, στους μονοκύτταρους στάδιο τους, όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος δέν είναι ευνοϊκές για τή διχοτόμησή τους (στάδιο μέ παχιά τοιχώματα και μικρής μεταβολικής δράσεως).
- στοιχεία Golgi:** οργανίδιο του κυττάρου πού παίζει ρόλο στην απέκκριση κυτταρικών εκκριμάτων (λ.χ. πρωτεΐνες) στο έξωτερικό του κυττάρου και πού βοηθά στο σχηματισμό τής πλασματικής μεμβράνης και τής μεμβράνης τών λυσοσωμάτων.
- συνθετική θεωρία** (ή νεοδαρβινική θεωρία): θεωρία σύμφωνα μέ τήν όποία ή Έξέλιξη όφείλεται σέ τυχαίες μεταλλαγές και άνασυνδυασμό τών γόνων κατά τή φυλετική άναπαραγωγή (μηχανισμός παραγωγής γενετικής ποικιλομορφίας) και σέ φυσική έπιλογή αúτης τής ποικιλομορφίας.
- συνομοταξία** (ή **Φύλο**): όμάδα διαιρέσεως τών ζωντανών όντων στή Συστηματική. Κάθε συνομοταξία περιέχει όμοταξίες (βλέπε λέξη).
- Συστηματική** (ή **Ταξινομική**): κλάδος τής Βιολογίας πού μελετά τήν κατάταξη τών οργανισμών.
- σφύρα:** όστάριο στο μέσο ούς (αúτι) τών θηλαστικών.
- σωματικό πλάσμα:** τό σύνολο όλων τών κυττάρων του οργανισμού εκτός από αúτους πού είναι ή θά μετασχηματισθούν σέ γαμέτες.
- τάϊγκα:** οίκουσύστημα, τό δάσος τών βόρειων κωνοφόρων.
- τάξη:** όμάδα διαιρέσεως τών ζωντανών όντων στή Συστηματική. Κάθε τάξη περιέχει οίκουγένειες (βλέπε λέξη).
- Ταξινομική:** βλέπε λέξη **Συστηματική**.
- τελεονομία:** ή ιδιότητα τών ζωντανών οργανισμών νά 'ναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε νά πραγματοποιοúν ένα σκοπό (= τέλος).
- τελόφαση** (ή τέταρτη φάση τής μίτωσης): τό τέταρτο και τελευταίο στάδιο τής κυτταρικής διαιρέσεως.
- τέχνημα** (= τεχνούργημα): προϊόν ανθρώπινης κατασκευής, τής ανθρώπινης τέχνης.
- τούντρα:** οίκουσύστημα πού βρίσκεται κυρίως κοντά στο βόρειο πόλο.
- Τριαδική:** έποχή γεωλογική του Μεσοζωικού αιώνα. Άρχισε πριν 230 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 181 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 49 εκατομμύρια χρόνια.
- τριτογενής καταναλωτής:** καταναλωτής (βλέπε λέξη) πού τρέφεται από δευτερογενείς καταναλωτές.
- τριφωσφορική άδενοσίνη:** βλέπε λέξη ATP
- τυπολογία** (τυπολογική σκέψη): ή άποψη ότι τά είδη αποτελοúν άντιγραφές άναλλοίωτων τύπων.
- ύβριδιο:** τό άποτέλεσμα τής διασταυρώσεως δυο άτόμων, πού άνήκουν σέ

- διαφορετικές ομάδες (φαινότυπους, ποικιλίες, φυλές κτλ.).
- υβριδισμός:** ή διασταύρωση δύο ατόμων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες (φαινότυπους, ποικιλίες, φυλές κτλ.).
- υδατάνθρακες:** κατηγορία οργανικών χημικών ενώσεων που αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο και στίς όποιες ή αναλογία των ατόμων υδρογόνου και οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα ή ίδια που υπάρχει και στο νερό (2:1).
- υποβάθμιση του περιβάλλοντος:** ή χειροτέρευση του περιβάλλοντος για τους ζωντανούς οργανισμούς.
- υπολειμματικό όργανο:** υπολείμματα οργάνου που εκφυλίστηκε γιατί έπαψε να χρησιμοποιείται και παράμεινε σαν άπλη φυλογενετική ανάμνηση.
- υπολειπόμενος αλληλόμορφος:** ο αλληλόμορφος του οποίου ή εμφάνιση στο φαινότυπο παρεμποδίζεται από τον κυρίαρχο αλληλόμορφο (βλέπε λέξη) στα έτεροζυγωτά άτομα.
- υπόστρωμα:** (ένζύμου) χημική ουσία για την μετατροπή της οποίας δρα το ένζυμο καταλύοντας την αντίστοιχη αντίδραση.
- υπόστρωμα** (θρεπτικό): θρεπτικό υλικό για να αναπτυχθεί κάποιος οργανισμός.
- φαινότυπος:** τό πώς μās φαίνεται ο οργανισμός.
- φάση G₁ της πυρηνικής ακινησίας:** τό τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ακινησίας όπου δέν έχει αρχίσει ο διπλασιασμός του DNA.
- φάση G₂ της πυρηνικής ακινησίας:** τό τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ακινησίας όπου έχει τελειώσει ο διπλασιασμός του DNA.
- φάση S της πυρηνικής ακινησίας:** τό τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ακινησίας κατά τό οποίο συντελείται ο διπλασιασμός του DNA.
- φερομόνη:** πτητική χημική ουσία που χρησιμεύει για την επικοινωνία μεταξύ ζώων του ίδιου είδους.
- φρουκτόζη:** υδατάνθρακας μέ έξι άτομα άνθρακα.
- φρύγανα:** ξηροφυτικό οικοσύστημα κυρίως γύρω από τή Μεσόγειο.
- φυλετικά χρωματοσώματα:** ζευγάρι, συνήθως, χρωματοσωμάτων που καθορίζουν τό φύλο του οργανισμού (τό X και τό Y).
- φυλετική αναπαραγωγή:** αναπαραγωγή που στηρίζεται στην ύπαρξη φύλων (λ.χ. άρσενικού και θηλυκού).
- Φύλο:** βλέπε λέξη **συννομοταξία**.
- φυλογενετική συγγένεια:** συγγένεια λόγω κοινής εξελικτικής προελεύσεως.
- φυλογενετικό δέντρο:** σχεδιάγραμμα δέντρου που άπεικονίζει την εξελικτική ιστορία του οργανισμού.
- φυλοσύνδετη κληρονομικότητα:** κληρονομική συμπεριφορά των γόνων που βρίσκονται στα φυλετικά χρωματοσώματα (φυλοσύνδετος γόνος).
- φυσική επιλογή:** βλέπε **επιλογή**.

- Φυτογεωγραφία:** κλάδος της Βιολογίας που μελετά τη γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση των φυτικών ειδών.
- φυτοπλαγκτό:** τό μέρος του πλαγκτού (βλέπε λέξη) που αποτελείται από φυτικούς οργανισμούς (διάτομα, δινομαστιγωτά κ.ά.)
- φωσφορλίωση:** βλέπε λέξη **οξειδωτική φωσφορλίωση**.
- φωτόλυση του νερού:** από τις πρώτες φάσεις της φωτοσύνθεσης κατά την οποία διασπάζεται τό νερό σε ύδρογόνο και οξυγόνο.
- φωτοσύνθεση:** λειτουργία του φυτού που καταλήγει στη σύνθεση υδατάνθρακα από ανόργανες ενώσεις (νερό και διοξείδιο του άνθρακα) μέ την ενέργεια του ήλιακού φωτός.
- χημικός ύποδοχέας ηλεκτρονίων:** ουσία που μπορεί νά ανάγεται (νά δέχεται ηλεκτρόνια) και νά οξειδώνεται (νά χάνει αυτά τά ηλεκτρόνια).
- χίασμα:** φαινόμενο κατά τό οποίο στη μείωση γίνεται ανταλλαγή υλικού μεταξύ δύο χρωματίδων, μιās που προέρχεται από τόν πατέρα και μιās που προέρχεται από τή μητέρα του ατόμου.
- χλωροπλάστης:** πλαστίδιο που περιέχει χλωροφύλλη κι όπου γίνεται ή φωτοσύνθεση.
- χλωροφύλλη:** πράσινη χρωστική ουσία που βρίσκεται στους χλωροπλάστες και που δεσμεύει τήν ήλιακή ενέργεια για νά γίνει ή φωτοσύνθεση.
- χρωματόσωμα:** σωματίδιο του πυρήνα που βάφεται έντονα και περιέχει τούς γόνους. Αποτελείται από DNA και πρωτεΐνες.
- χρωματόσωμα Y:** ένα φυλετικό χρωματόσωμα.
- χρωματόσωμα X:** ένα φυλετικό χρωματόσωμα.
- χρωμοπλάστης:** πλαστίδιο που περιέχει χρωστικές (όχι χλωροφύλλη) και δίνει τό χρώμα λ.χ. στά πέταλα των λουλουδιών.
- χυμοτόπι:** χώρος μέσ στό κυτταρόπλασμα γεμάτος νερό, όπου βρίσκονται διαλυμένες διάφορες χημικές ουσίες.
- ώαριο:** ό θηλυκός γαμέτης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

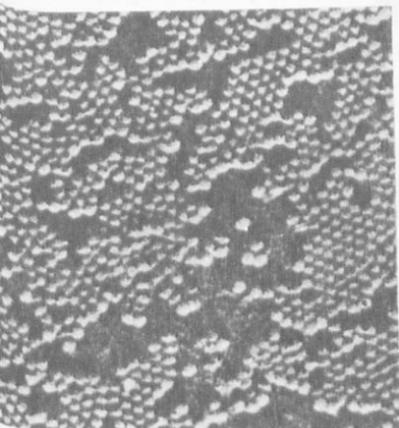
Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΝΤΩΝ

Σε αυτό τό Παράρτημα κάνουμε πίο ολοκληρωμένη γνωριμία μέ τά ζωντανά όντα, δίνοντας μιά πολύ σύντομη καί άπλουστευμένη κατάταξη τους. Παρουσιάζουμε δηλαδή συστηματικές ομάδες πού μπορεί νά μήν άντιστοιχούν ακριβώς σέ μιά αύστηρή σημερινή ταξινομική κατάταξη. Συνήθως σταματάμε, δηλαδή, σέ κάτι άντιστοιχο μέ τά Φύλα (ή ομάδες Φύλων), μερικές όμως φορές φτάνουμε κι' ώς τήν Τάξη άνάλογα μέ τό ένδιαφέρον πού παρουσιάζουν τά είδη τών ομάδων στις όποίες αναφερόμαστε. Στην κατάταξη αύτη δέν παρουσιάζονται οι όργανισμοί πού τους γνωρίζουμε μόνο από άπολιθώματα. Τά όνόματα τών ζωντανών όντων καί τών ταξινομικών ομάδων τους πού αναφέρονται τόσο στό κείμενο όσο καί σ' αύτό τό Παράρτημα δέν βρισκόνται σάν λήμματα στό Λεξιλόγιο (Παράρτημα Α).

ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΟΝΗΡΩΝ σύνολο 3.230 είδη σέ έξι Φύλα. Ίοί καί μονοκύτταροι προκαρυωτικοί όργανισμοί.

Ι. Ίοί. Άκυτταρικοί όργανισμοί πάρα πολύ μικρού μεγέθους πού φαίνονται μόνο μέ τό ήλεκτρονικό μικροσκόπιο. Άποτελοϋνται από νουκλεικό όξύ καί πρωτεϊνικό κάλυμμα. Πολλαπλασιάζονται σάν ένδοκυτταρικά παράσιτα όλων τών άλλων όργανισμών. Περίπου 200 είδη.

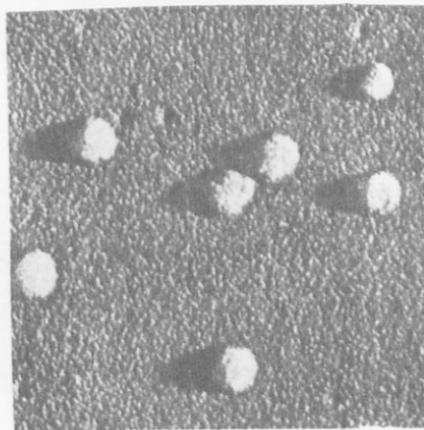
Ίος πολιομεγέλιτιδας (×82000)



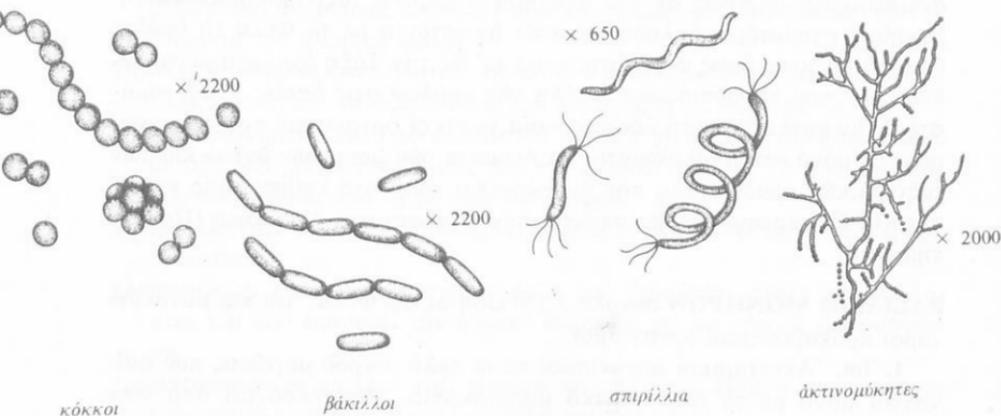
βικτηριοσφαιρας T4



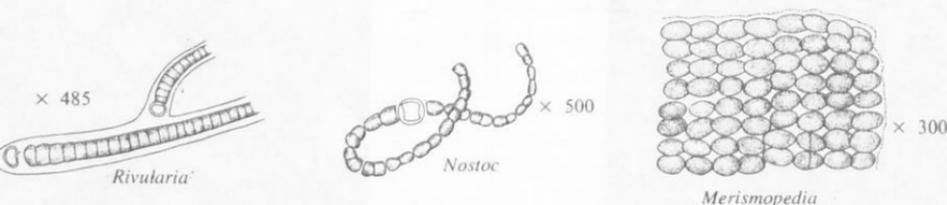
Ίος γρίπης (×61000)



2. Βακτήρια (ή Σχιζομύκητες). Πολύ μικροί (συνήθως 1-5μ) κυτταρικοί προκαρυωτικοί οργανισμοί, συνήθως μονοκύτταροι, που φαίνονται με το μικροσκόπιο. Οί περισσότεροι δέν έχουν χλωροφύλλη αλλά και μεταξύ αυτών που δέν έχουν μερικοί είναι αυτότροφοι, γιατί οξειδώνουν ενώσεις του θείου ή του σιδήρου ή του άζώτου. Οί περισσότεροι πάντως είναι ετερότροφοι και πολλοί προκαλούν ασθένειες. Όταν δέν είναι μοναχικοί τούς βρίσκουμε μαζεμένους σάν άλυσίδες ή σάν άποικίες (σπιρίλια, κόκκοι, βάκιλλοι). Ειδικά οί άκτινομύκητες είναι σάν λεπτές διακλαδιζόμενες κλωστές. 1.630 είδη.

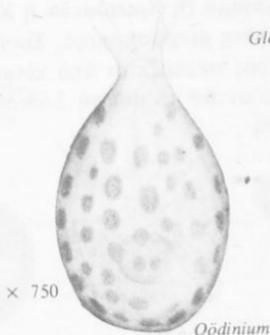
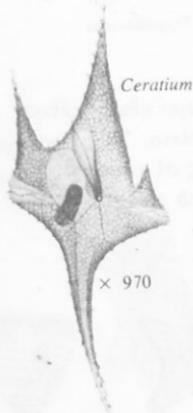
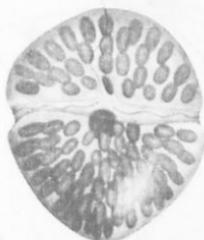
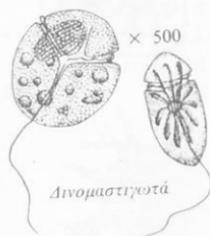


3. Κυανοφύκη (ή Μυζόφυτα). Προκαρυωτικοί κυτταρικοί οργανισμοί. Μοναχικά κύτταρα ή άποικίες σάν κλωστές ή σάν επίπεδες επιφάνειες. Δέν έχουν πλαστίδια. Η χλωροφύλλη τους συχνά καλύπτεται από άλλες χρωστικές. Ύδρόβια αλλά μερικά βρίσκονται και στο έδαφος ή σε φυτά. 1.400 είδη.



ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΠΡΩΤΙΣΤΩΝ σύνολο 28.350 είδη σε δέκα φύλα. Μονοκύτταροι, εύκαρλωτικοί οργανισμοί.

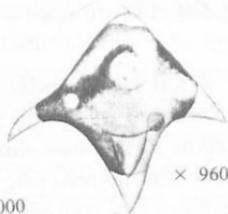
4. Μαστιγοφόρα. Μονοκυτταρικά ή και σε άποικίες εύκαρλωτικά μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά ζωντανά όντα που μετακινούνται με τη βοήθεια ενός μαστίγιου. Μερικά είναι αυτότροφα και περιέχουν χλωροφύλλη (*Euglena*, δινομαστιγωτά). Αυτά έθεωρούντο πώς ανήκουν στα φυτά. Άλλα είναι έτερότροφα και έθεωρούντο πώς ανήκουν στα ζώα (λ.χ. τά τρυπανοσώματα). Οί άποικιακές μορφές τους θεωρούνται μερικές φορές σαν ένδιάμεσες μεταξύ Πρωτίστων και πολυκυττάρων Φυτών άπ' τή μιά μεριά, Πρωτίστων και Σπόγγων άπ' τήν άλλη. 2000 είδη.





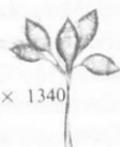
× 1000

Chlamydomonas



× 960

Brachiomonas



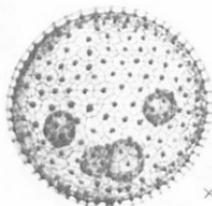
× 1340

Codonisa



×

Pandorina



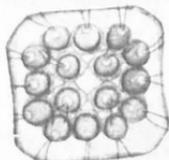
× 120

Volvox



× 750

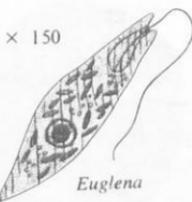
Dinobryon



× 585

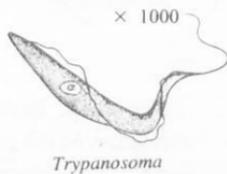
Gonium

διάφορα άλλα
μαστιγοφόρα



× 150

Euglena



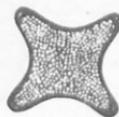
× 1000

Trypanosoma

5. Διάτομα (ή Χρυσόφουτα ή Χρυσά Φύκη). Μονοκύτταρα ευκαρυωτικά και συνήθως μικροσκοπικά. Συνήθως με κελύφη από πυρίτιο. Ή χλωροφύλλη τους σκεπάζεται από κίτρινες χρωστικές. Συνήθως οι τροφές τους αποταμιεύονται με μορφή λαδιοῦ. Τά συναντάμε και στό φυτοπλαγκτό. 5.700 είδη.

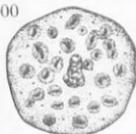


× 375



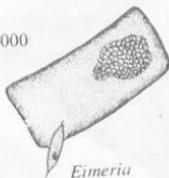
6. **Σπορόζωα.** Μονοκύτταρα ευκαρυωτικά μικροσκοπικά. Συνήθως δέν μετακινούνται από μόνα τους, σε μερικά τους όμως στάδια μπορεί νά μετακινούνται με ψευδοπόδια ή μαστίγια. Παράσιτα με πολύπλοκους κύκλους ζωής. 2.000 είδη.

× 2000



Plasmodium vivax

× 1000

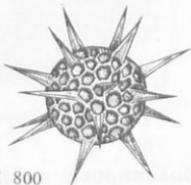


Eimeria

Ἀριστερά: Σπορόζωα μέσα στον ξενιστή τους.
Δεξιά: Σπορόζωο μπαίνει μέσα στον ξενιστή του.

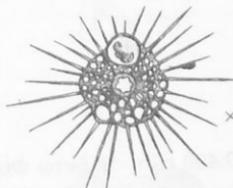
7. **Ριζόποδα (ή Σαρκόδινα).** Μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά ευκαρυωτικά. Πολλά είδη κατασκευάζουν πολύπλοκα κελύφη ή σκελετικές δομές, άλλα είναι γυμνά. Μετακινούνται με ψευδοπόδια. 8000 είδη.

× 800



Actinophrys

× 400



τριμημοτόφορα

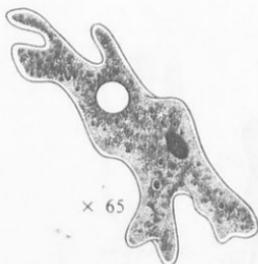
× 5



× 340

Arcella discoides

× 65



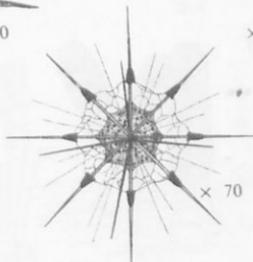
Ameba proteus

× 250



Ameba radiosa

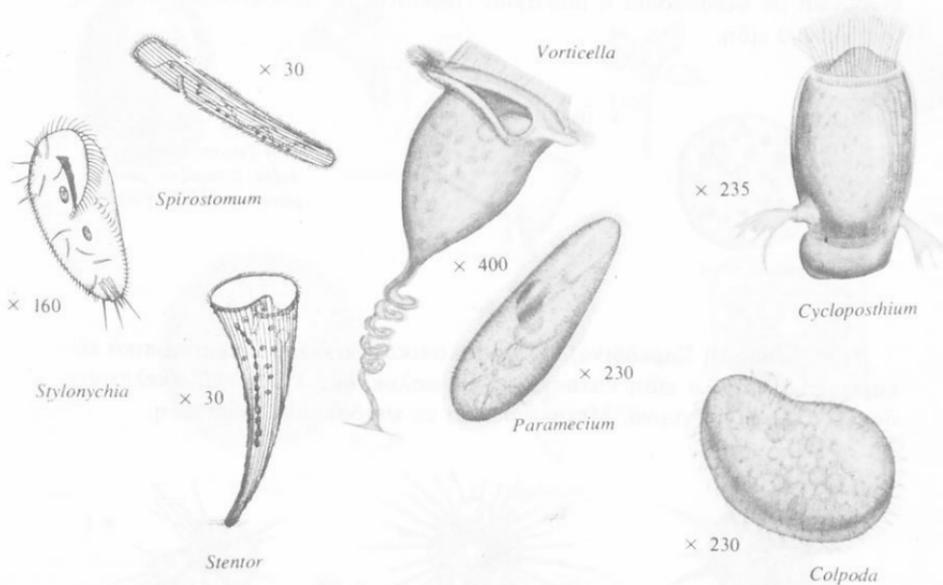
× 130



Acanthometra elastica

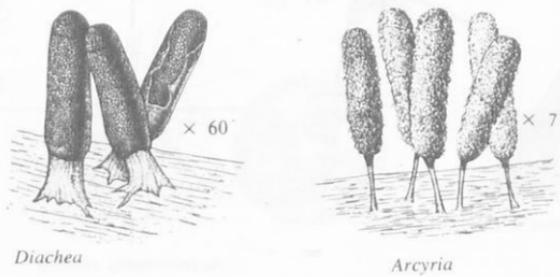
Diffugia urceolata

8. Βλεφαριδοφόρα. Μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά εύκαρυωτικά. Μετακινούνται με βλεφαρίδια. 5000 είδη.

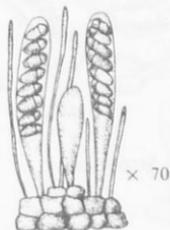
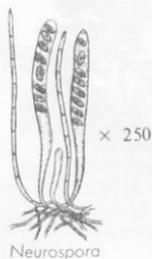
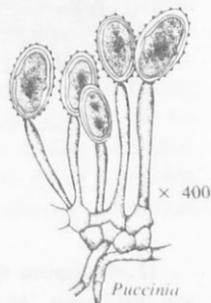
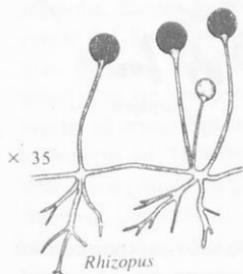


ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΥΚΗΤΩΝ 40.400 είδη σε οκτώ Φύλα. Πολυπύρνοι εύκαρυωτικοί οργανισμοί, κύτταρα με τοιχώματα που δεν έχουν ή έχουν μικρή διαφοροποίηση, απουσία χλωροφύλλης.

9. Μυξομύκητες. Μάζα πρωτοπλάσματος με εκατοντάδες πυρήνες που περικλείεται με πλασματική μεμβράνη. Φαίνονται και μακροσκοπικά. Τρώνε όπως οι άμοιβάδες μ' ένα είδος πινοκύττωσης. Αναπαράγονται με σπόρια όπως οι άλλοι μύκητες. Βρίσκονται πάνω σε φυτά που αποσυνθέτονται σε υγρά μέρη. 400 είδη.



10. Μύκητες. Όπως και οι προηγούμενοι δέν έχουν χλωροφύλλη και είναι κατ' αρχήν σαπρόφυτα. Πολυκύτταρα με ομάδες κυττάρων σαν κλωστές - τό μυκήλιο. Δέν έχουν άγγεϊα (δπως ξύλου κ.λ.π.). Τά πιό πολλά είναι σαπρόφυτα, μερικά είναι παράσιτα ζώων ή φυτών. 40.000 είδη (σύμφωνα με άλλες εκτιμήσεις 75.000 είδη). Μεταξύ άλλων ξεχωρίζουμε τούς **Άσκομύκητες** πού κάνουν άσκούς (σάκκους) με (8 συνήθως) σπόρια για νά πολλαπλασιαστούν και τούς **Βασιδιομύκητες** τά γνωστά μας μανιτάρια. Συχνά οι Άσκομύκητες μαζί με Κυανοφύκη ή Χλωροφύκη συμβιώνουν, φτιάχνοντας τούς λειχήνες.



ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΦΥΤΩΝ 328.315 είδη σέ έξι φύλα. Πολυκύτταροι εϋκαρυωτικοί οργανισμοί, κύτταρα με τοιχώματα και με φωτοσυνθετικές χρωστικές (δπως είναι ή χλωροφύλλη) σέ πλαστίδια.

11. Ροδόφυτα ή Ροδοφύκη (= κόκκινα φύκη). "Όλα σχεδόν μακροσκοπικά και θαλάσσια. Ή χλωροφύλλη καλύπτεται από κόκκινες χρωστικές. Πολύπλοκοι κύκλοι ζωής με άναπαραγωγικά κύτταρα χωρίς μαστίγιο. Άποταμίευση τροφής σέ άλλες μορφές ύδατανθράκων και όχι σέ άμυλο. 2.500 είδη.



Corallina



Agardhiella



Porphyra

12. Φαιόφυτα ή Φαιοφύκη (= καφέ φύκη). "Όλα σχεδόν μακροσκοπικά και θαλάσσια. Ή χλωροφύλλη καλύπτεται από καφέ χρωστικές. Άποταμίευση τροφής σέ άλλες μορφές ύδατανθράκων και όχι σέ άμυλο. 900 ως 1.000 είδη.



Comanophyton



Sargassum

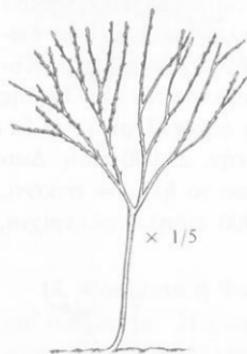


Ectocarpus

15. Τραχεόφυτα. Έχουν άγγεία μέσ άπ' τά όποία κυκλοφοροϋν τό νερό κι' οί θρεπτικές οϋσίες. Έχουν διαδοχή φάσεων αλλά τό σποριόφυτο είναι τό πιό έκδηλο ένώ τά γαμετόφυτα είναι συχνά μικροσκοπικά (κόκκος γύρης, ώάριο) και έξαρτώνται άπό τό σποριόφυτο. 296.640 είδη.

Χωρίζονται σέ **Ψιλοψίδα** (όπως τό Ψίλοτο, 4 είδη), σέ **Σφενοψίδα** [όπως τό πολυκόμπι ή άλογοουρά (ίππουρις) 32 είδη], σέ **Λυκοψίδα** (όπως τό λυκοπόδιο 1.100 είδη) και σέ **Πτεροψίδα**. Τά **Πτεροψίδα** χωρίζονται σέ 3 τάξεις: στά **Πτεριδόφυτα** (τίς φτέρες 10.000 είδη), στά **Γυμνόσπερμα** (όπου άνήκουν κι' όλα τά Κωνοφόρα (Έλατα, πεύκα) 640 είδη) και στά **Άγγειόσπερμα** (περίπου 286.000). 'Η χώρα μας είναι ιδιαίτερα πλούσια σέ είδη

Ψιλοψίδα



Psilotum

Σφενοψίδα



Equisetum (πολυκόμπι)

Λυκοψίδα



Lycopodium

Πτεριδόφυτα (φτέρες)



Γυμνόσπερμα



γκίγκο



κωνοφόρο

(6.000 είδη περίπου ενώ άλλες χώρες στην Εὐρώπη έχουν 2.000 είδη). Τά Ἀγγειόσπερμα ἀποτελοῦνται ἀπὸ 300 οἰκογένειες καί εἶναι τά φυτά μέ τά λουλούδια. Ἄλλα εἶναι **δικοτυλήδονα** κι' ἄλλα **μονοκοτυλήδονα**. Τά **δικοτυλήδονα** ἔχουν φύλλα μέ νεῦρα πού διακλαδίζονται φτιάχνοντας ἕνα δίχτυ. Τά ἄνθη τους ἔχουν τμήματα (σέπαλα, πέταλα κ.λ.π.) πού εἶναι συνήθως 4 ἢ 5 ἢ πολλαπλάσιά τους. Οἱ σπόροι ἔχουν δύο κοτυληδόνες. Τά

Ἀγγειόσπερμα: Δικοτυλήδονα



ἀγριοτριανταφυλλιά



σινάπι



καπουτσίνος
(δέλφινιο)



βαλανιδιά



μοσχομπίζελο



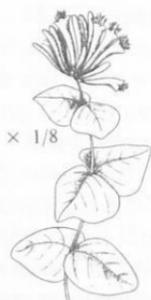
σκιαδόφορο



πολεμώνιο



φασκομηλιά



αιγόκλημα



άντιρρινο



μαργαρίτα

μονοκοτυλήδωνα έχουν σπόρους με μία κοτυληδόνα, άνθη με τμήματα συνήθως 3 ή πολλαπλάσια του 3, νεύρα παράλληλα στα φύλλα τους. Δίνουμε μερικά φυτά χαρακτηριστικά των δυό αυτών υποτάξεων που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες. Στά **Δικοτυλήδωνα**: φυτά της οικογένειας της βαλανιδιάς (Fagaceae), της νεραγκούλας (Ranunculaceae), των Σταυρανθών (Cruciferae), των Ροδωδών (Rosaceae), των Ψυχανθών (Leguminosae), των Σκαιοφόρων (Umbelliferae), της οικογένειας των Χειλανθών (του θυμαριού, Labiatae), των Συνθέτων (της μαργαρίτας, Compositae) κ.ά. Στά **Μονοκοτυλήδωνα**: φυτά της οικογένειας των Άγρωστωδών (του σταριού, Gramineae), της άμαρυλλιάς (Amatyllidaceae), των Ίριδων (Iridaceae), των κρίνων (Liliaceae) των Όρχεοειδών (Orchidaceae) κ.ά.

Άγγειόσπερμα: Μονοκοτυλήδωνα



σαγγιτάρια



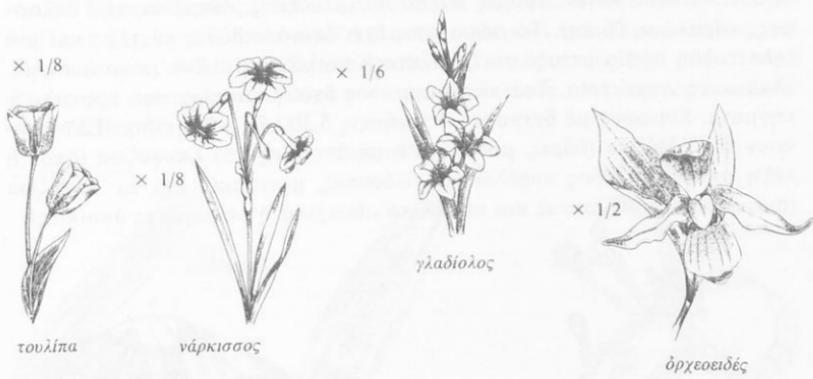
στάρι



σπαθόχορτο

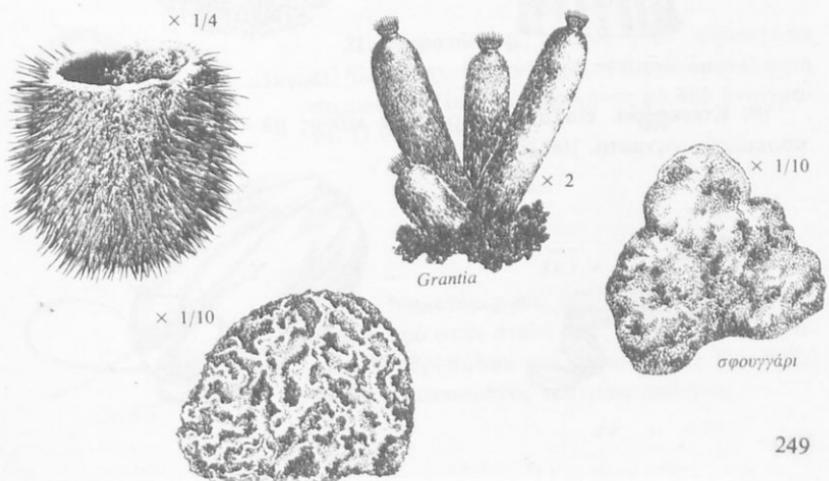


κοιμηλίνα

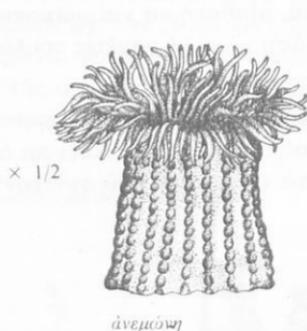


ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΤΩΝ ΖΩΩΝ. Σύνολο 1.043.150 εἶδη σὲ 29 ἢ 22 Φύλα ἀνάλογα μὲ διάφορες κατατάξεις. Μερικά Φύλα ἔχουν λίγα εἶδη (Μικρότερα Φύλα). Ἐδῶ θὰ μιλήσουμε μόνο γιὰ 19 Φύλα, τὰ πιό σημαντικά. Πολυκύτταροι ὄργανισμοί μὲ εὐκαρυωτικά κύτταρα χωρὶς τοιχώματα, χωρὶς πλαστίδια καὶ χωρὶς χλωροφύλλη. Διαφοροποιημένα κύτταρα καὶ στὶς ἀνώτερες μορφές ἰδιαίτερα πολὺπλοκα συστήματα (νευρικά, αἰσθητήρια καὶ μυϊκοκινητικά). Ἀναπαραγωγὴ φυλετικὴ, ἀπλοειδῆς φάση μόνο μὲ γαμέτες τουλάχιστον στὰ περισσότερα καὶ ἀνώτερα Φύλα.

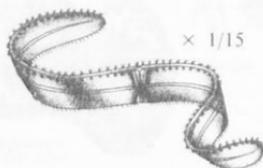
16. Σπόγγοι (ἢ Ποριφερα). Τὰ περισσότερα θαλάσσια. Ἀκμαῖα προσδεμένα σὲ στερεὸ ἀντικείμενο. Τὰ τοιχώματα τοῦ σώματος ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο στοιβάδες κυττάρων. Ὑπαρξὴ πόρων στὰ τοιχώματα πού συνδέονται μὲ σύστημα ἐσωτερικῶν ἀγωγῶν. 4.800 εἶδη.



17. Κοιλεντερωτά. Κυρίως θαλάσσια (μέδουσες, άνεμώνες της θάλασσας, κοράλλια, ύδρες). Το σώμα τους έχει δύο στοιβάδες κύτταρα και μία ζελατινώδη ουσία μεταξύ τους. Πεπτική κοιλότητα μ' ένα μόνο άνοιγμα. Ἀκτινωτή συμμετρία. Στά πλοκάμια τους έχουν κύτταρα που προκαλούν νήγματα. Σύμφωνα με διάφορες εκτιμήσεις 5.300 ως 9.200 είδη. Ἐδῶ ἀνήκουν τὰ Ὑδρόζωα (ύδρες, μοναχικά ἢ σέ ἀποικίες), τὰ Σκυφόζωα (ἀπό τή λέξη σκύφος = εἶδος κυπέλου, οἱ μέδουσες, μοναχικά) καί τὰ Ἀνθόζωα (άνεμώνες τῆς θάλασσας καί κοράλλια μοναχικά ἢ σέ μεγάλες ἀποικίες).



18. Κτενοφόρα. Θαλάσσια μοιάζουν κάπως μέ τίς μέδουσες, μά δέν προκαλοῦν νήγματα. 100 εἶδη.



19. Πλατουέλμινθες (από πλατύς, γιατί οι περισσότεροι είναι πλατυσμένοι και έλμινς = σκουλήκι). Άλλα ζούν παρασιτικά (Τρηματώδεις και Κεστώδεις) κι' άλλα όχι (Στροβιλιστικοί). Τό σώμα τους έχει άμφίπλευρη συμμετρία και τρεις στοιβάδες κύτταρα, ό πεπτικός τους άγωγός ένα άνοιγμα. 12.700 είδη.

Στροβιλιστικοί



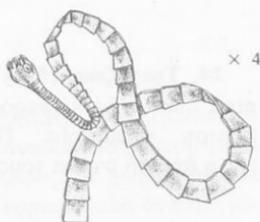
Πζανάρια

Τρηματώδεις

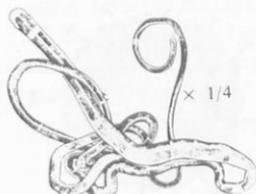


δίστομο

Κεστώδεις



ταινία



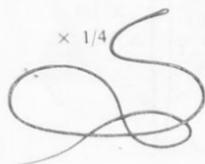
Cerebratulus

20. Νεμερτινοί. Κυρίως θαλάσσιοι σκώληκες, πλατυσμένοι, με σώμα πού δέν χωρίζεται σε δακτύλιους. Πεπτικός άγωγός με δύο άνοιγματα (στόμα και έδρα). 800 είδη.



άσκαριδα

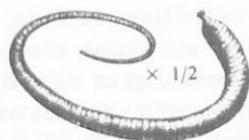
21. Νηματώδεις. Άλλοι ζούν παρασιτικά κι' άλλοι όχι. Κυλινδρικό σώμα με άμφίπλευρη συμμετρία. Πεπτικός σωλήνας με δύο άνοιγματα. 11.000 είδη.



Gordius

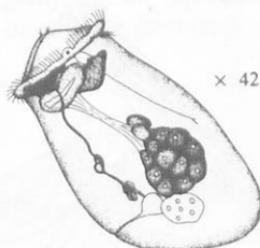
22. Νηματόμορφοι. Περίπου 200 είδη σκώληκων πού στην άτελή τους μορφή είναι παράσιτα Άρθροπόδων και άκμαία ζούν έλεύθερα. Πολύ περιορισμένος πεπτικός σωλήνας.

23. **Άκανθοκέφαλα.** 100 περίπου είδη σκωλήκων που στην άτελή τους μορφή είναι παράσιτα Άρθροπόδων και άκμαία είναι παράσιτα Σπονδυλωτών. Δέν έχουν πεπτικό σωλήνα. Στο κεφάλι τους φέρουν άκανθες.



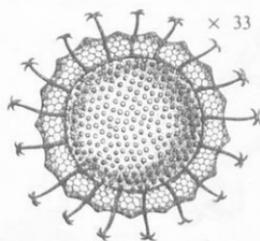
Oncicola

24. **Τροχόζωα (ή Τροχέλμινθες).** Μικροσκοπικά ζώα γλυκού νερού ή θαλάσσιου. Άμφιπλευρη συμμετρία. Πολυάριθμα βλεφαρίδια γύρω από τό στόμα τους. 1.500 είδη.



Asplanchna

25. **Βρυόζωα.** Τά πιά πολλά θαλάσσια, ζούν σέ άποικίες. Τό στόμα τους περιτριγυρίζεται από στεφάνι από πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχήμα U. 3.750 είδη.



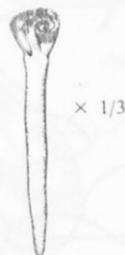
Cristatella

26. **Βραχιόποδα.** Θαλάσσια. Συμμετρικά κελύφη που άπαρτίζονται από δυό τμήματα και που περικλείουν τό σώμα του ζώου που έχει ένα ζευγάρι «βραχιόνες». 120 είδη.



Lingula

27. **Φορωνιδοειδή.** Θαλάσσια. Ζούν σέ σωλήνες από λάσπη. Έχουν ένα ζευγάρι «βραχιόνες» με πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχήμα U. 15 είδη.



Phoronis

28. Χαιτόγναθα. Θαλάσσια. Έπιπλέον η κολυμπούν. Μέ αμφίπλευρη συμμετρία. Ίσιος πεπτικός σωλήνας. 50 είδη.



Sagitta

29. Μαλάκια. Θαλασσινά, γλυκού νερού ή χερσαία. Μέ αμφίπλευρη συμμετρία ή άσυμμετρικά. Ό «μανδύας» είναι μιά αναδίπλωση ίστού γύρω από τό σώμα τους πού εκκρίνει ένα άνθρακικό κέλυφος. Δέ χωρίζονται σέ δακτύλιους. Πεπτικό σύστημα, κυκλοφορικό καί νευρικό καλά αναπτυγμένα. 107.000 είδη. Περιλαμβάνουν πολλές όμοταξίες: τά **Άμφίνευρα** (θαλασσινά, όπως ό χιτών), τά **Γαστερόποδα** (θαλασσινά, γλυκού νερού καί χερσαία, όπως τό σαλιγκάρι, τό κέλυφος όταν ύπάρχει είναι περιστραμμένο), τά **Σκαφόποδα** (θαλασσινά), τά **Πελεκύποδα** ή **Έλασματοβραγχιώτά** (θαλασσινά ή γλυκού νερού όπως τά μύδια, οί πίννες, τά κυδώνια) τά **Κεφαλόποδα** (θαλασσινά μέ έξωτερικά ή έσωτερικά κελύφη: ναυτίλοι, οί έξαφανισθέντες άμμωνίτες, σουπιές, καλαμάρια, χταπόδια).

Άμφίνευρα



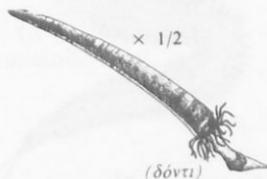
χιτών

Γαστερόποδα



(σαλιγκάρι)

Σκαφόποδα



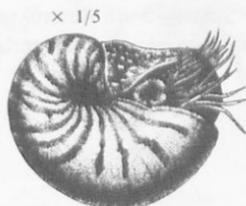
(δόντι)

Έλασματοβράγγια



(άχινάδα)

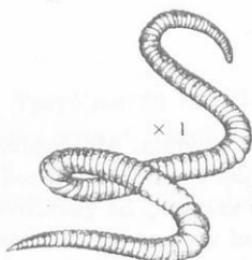
Κεφαλόποδα



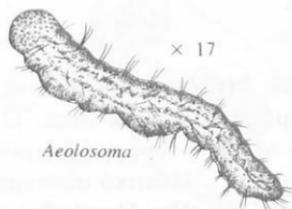
(ναυτίλος)

30. **Δακτυλιοσκώληκες (Annelida)**. Θαλάσσια, γλυκού νερού ή χερσαία με άμφίπλευρη συμμετρία. Σώμα χωρισμένο σε τμήματα: τούς δακτύλιους. Τά εξαρτήματα λείπουν ή όταν υπάρχουν δέν είναι άρθρωμένα. Νευρικό σύστημα (σχοινίο) κοιλιακό. 8.500 είδη. (έδω ανήκουν οί **Πολύχαιτοι** θαλάσσιοι σκώληκες, **Όλιγόχαιτοι** γλυκού νερού ή χερσαίοι σκώληκες καί οί **Βδέλλες**).

Όλιγόχαιτοι

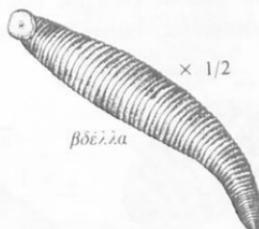
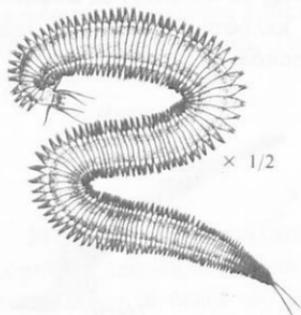


σκουλήκι τής γής (σκουληκαντέρα)



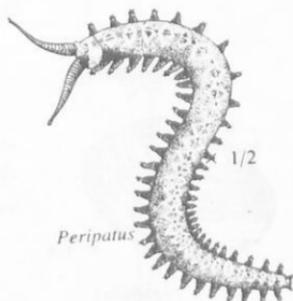
Aeolosoma

Πολύχαιτοι



βδέλλα

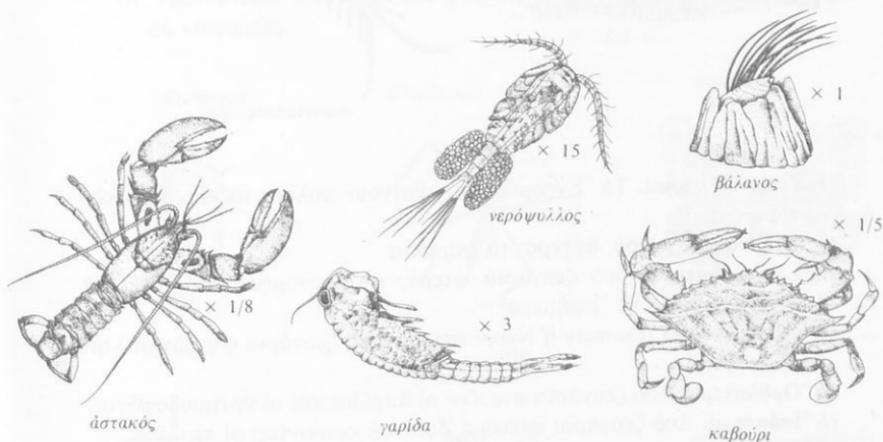
31. **Όνυχοφόρα**. Χερσαία, τροπικά, σάν σκουλήκια με ζευγάρια ποδιών καί ὄχι ξεκάθαρο χωρισμό σε δακτύλιους. Μοιάζουν με Δακτυλιοσκώληκες καί με Άρθρόποδα. 80 είδη.



Peripatus

32. **Ἀρθρόποδα.** Χερσαῖα, γλυκοῦ νεροῦ ἢ θαλάσσια μὲ ἀμφίπλευρη συμμετρία καὶ σῶμα χωρισμένο σὲ δακτύλιους πού συχνά συγχωνεύονται. Ἀρθρωμένα ἐξαρτήματα. Τό σῶμα καί τὰ ἐξαρτήματα σκεπάζονται μὲ ἀρθρωμένο ἐξωσκελετό. Τό νευρικό σχοινίο εἶναι κοιλιακό. 838.000 εἶδη. Περιλαβαίνουν τίς ἐξῆς Ὁμοταξίες:

Ὁμοταξία Ὀστρακοτῶν (ἀστακοί, караβίδες, γαρίδες, καβούρια, λεπάδες, σακκουλίνες κ.ἄ.).

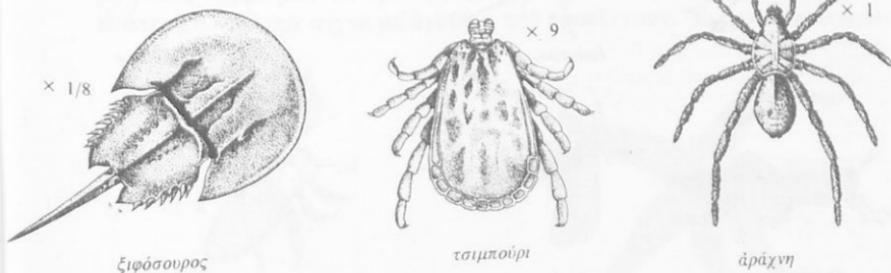


Ὁμοταξία Ἀραχνίδια (τσιμπούρια, ἀράχνες, σκορπιοί).

Ὁμοταξία Μερροστόματα (ξιφόσουροι).

Μερροστόματα

Ἀραχνίδια



Όμοταξία Διπλόποδα (ζούλοι).

Όμοταξία Χειλόποδα (σαρανταποδαρούσες)

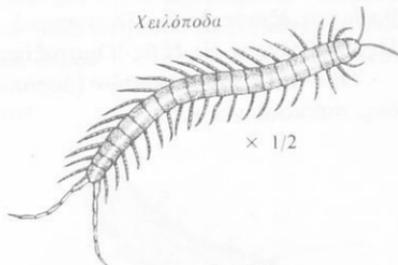
Διπλόποδα



× 1/2

ζούλος

Χειλόποδα



× 1/2

σαρανταποδαρούσα

Όμοταξία Έντομα. Τά Έντομα περιλαβάνουν πολλές τάξεις. Μερικές από αυτές είναι:

τά **Θυσάνουρα**, μικρά, άφτερα: τά ψαράκια

τά **Έφμηρόπτερα**, δυό ζευγάρια φτερά, οί προνύμφες ύδρόβιες, τά άκμαία πετούν: τά Έφήμερα.

τά **Όδοντόγναθα** (Odonata ή Νευρόπτερα): Δυό ζευγάρια φτερών οί λιμπελλούλες.

τά **Όρθόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: οί άκρίδες καί οί κρεμμυδοφάγοι.

τά **Ίσόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών. Ζοϋν σέ κοινωνίες: οί τερμίτες.

τά **Ανόπλουρα**. Χωρίς φτερά: οί ψείρες.

Θυσάνουρα



× 3

ψαράκι

Έφμηρόπτερα



× 1/2

έφήμερο

Όδοντόγναθα



× 1/2

λιμπελλούλα

Όρθόπτερα



× 1/2

άκριδα

Ίσόπτερα



× 2

τερμίτης

Ανόπλουρα



× 10

ψείρα

τά **Όμοπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: οί άφίδες (μελίγκρες).
 τά **Έτερόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: οί βρωμούσες.
 τά **Λεπιδόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών μέ λέπια: οί πεταλοΰδες (προ-
 νύμφες τους είναι οί κάμπιες).
 τά **Δίπτερα**. Ένα ζευγάρι φτερών: οί μύγες, τά κουνούπια, ή δροσόφιλα.
 τά **Κολεόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών, τό πάνω είναι σκληρό: τά σκα-
 θάρια, οί χρυσόμυγες.
 τά **Υμενόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: μέλισσες, σφήκες. Πολλά ζοϋν
 σέ κοινώνιες.

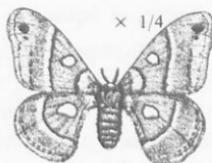
Όμοπτερα



Έτερόπτερα



Λεπιδόπτερα



πεταλοΰδα

Δίπτερα



μύγα

Κολεόπτερα



σκαθάρι

Υμενόπτερα



σφήκα

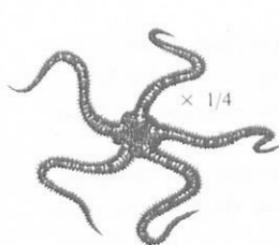
33. **Έχινόδερμα ή Έχινოდέρματα**. Όλα θαλάσσια. Τά άκμαία έχουν άκτινωτή συμμετρία. Οί προνύμφες έχουν άμφίπλευρη συμμετρία. Έχουν έσωτερικό σκελετό συχνά μέ άγκάθια πού προεξέχουν. Ένα σύστημα άγω-



κρinoειδές

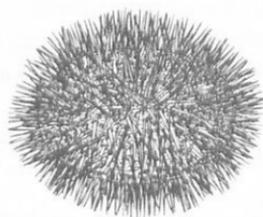


άστερίας



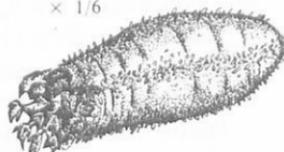
ὄφιουρος

× 1/2



ἀχινόζ

× 1/6



ὄλοθουρία

γῶν γεμάτων νερό (σάν ὑδραυλικό σύστημα) τοὺς ἐπιτρέπει νά κινούνται καί νά πιάνουν τήν τροφή τους. 6.000 εἶδη. Ἐδῶ ἀνήκουν τά **Κρινοειδή**, οἱ **ἀστερίες**, οἱ **ὄφιουροι**, οἱ **ἀχινόι** καί οἱ **ὄλοθουρίες**.

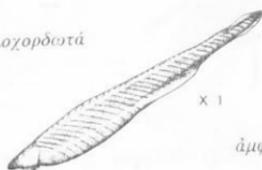
34. Χορδωτά. Θαλάσσια, γλυκοῦ νεροῦ καί χερσαία. Μέ ἀμφίπλευρη συμμετρία. Ραχιαῖος νευρικός ἀγωγός (δηλαδή μέσα κούφιος) καί μία νωτιαία χορδή ἀπό κάτω του πού μπορεί νά χαθεῖ ἢ νά ἀντικατασταθεῖ (μέ σπονδυλική στήλη στά Σπονδυλωτά) κατά τήν ἀνάπτυξη τοῦ ζῶου. Ἄρκετά ζευγάρια βραγχιακῶν σχισμῶν (πού μπορεί νά χαθοῦν κατά τήν ἀνάπτυξη). Μεταμέρεια δηλαδή κάποια διαίρεση σέ τμήματα (αὐτό φαίνεται στοὺς μῦς καί στά πλευρά τῶν σπονδυλωτῶν). 43.000 ὡς 47.000 εἶδη ὑποφύλο **Χιτωνόζωα** (Tunicata). Θαλάσσια (τά ἀσκίδια) 1.300 εἶδη ὑποφύλο **Κεφαλοχορδωτά**. Θαλάσσια (ὁ ἀμφίοξυς) 28 εἶδη ὑποφύλο **Σπονδυλωτά**. Ἡ νωτιαία χορδή ἀντικαταστάθηκε μέ σπονδυλική στήλη. Σ' αὐτό ἀνήκουν

Χιτωνόζωα



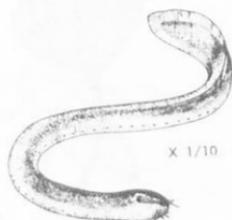
ἀσκίδιο

Κεφαλοχορδωτά



ἀμφίοξυς

Ἄγναθα



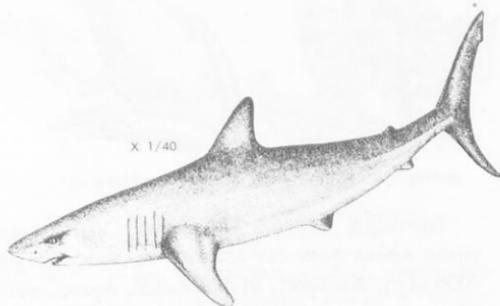
× 1/10

ὁμοταξία Ἄγναθα δέν ἔχουν γνάθους, ψάρια θαλάσσια, χόνδρινος σκελετός, δίχωρη καρδιά. Ἡ λάμπραινα. 10 εἶδη.

όμοταξια Χονδρίθους. Χόνδρινος σκελετός. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια. Τά σελάχια κι' οί καρχαρίες. 600 είδη.



σελάχι

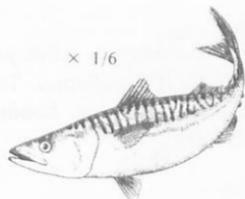


καρχαρία

όμοταξια Όστειθους. Σκελετός από όστά. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια ή γλυκού νερού. 20.000 είδη.



$\times \frac{1}{12}$ κοιλιάκανθος



$\times \frac{1}{6}$

σκομπρί



$\times \frac{1}{7}$

χέλι

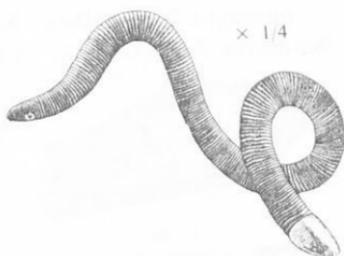
όμοταξια Άμφιβια. Προνύμφες ύδρόβιες με βράγχια, άκμαία χερσαία με πνεύμονες. Τρίχωρη καρδιά, 2 ζευγάρια πόδια (σε μερικά είδη λείπουν). Βάτραχοι, φρύνοι. 2800 είδη.



φρόνος

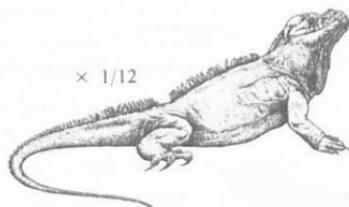


ὕλα (δεντροβάτραχος)



καικιλία

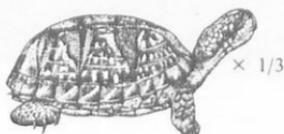
ὁμοταξία Ἑρπετά. Πνεύμονες. Ἀμνιωτικά. Αὐγά με κελύφη. Δυό ζευγάρια πόδια ὅταν δέν λείπουν τελείως. Τρίχωρη καρδιά. Λέπια στό σῶμα. 7000 εἶδη. Χελῶνες, κροκόδειλοι, σφενόδοντας, φίδια, σαῦρες.



ἰγκουάνα



φίδι



χελώνα

ὁμοταξία Πτηνά. Τά λέπια γίνανε φτερά. Ἀμνιωτικά. Αὐγά με σκληρό κέλυφος. Τά μπροστινά πόδια γίνανε φτεροῦγες. Ὁμοιόθερμα. Τετράχωρη καρδιά. 9.000 εἶδη (στρουθοκάμηλοι, κιοί, βουτηχάρες, ἔρωδιοί, γερα-



χελιδόνι



Ρέα (άμερικανική στρουθοκάμηλος)



παραδείσιο πουλί:
τό πουλί λύρα

νοί, πελαργοί, φαλακροκόρακες ή λαγγόνες, πελεκάνοι, κύκνοι, χήνες, πάπιες, νερόκοττες, κορμοράνοι, γεράκια, κουκουβάγιες, όρνια ή γύπες, άετοι, περιστέρια, τρυγόνια, όρνια, φασιανοί, καλημάνες, σκαλίστρες, χαραδριοί, τουρλίδες, μεκάτσες, γαϊταρίφια, γλάροι, χελιδόνια, όρντύκια, πέρδικες, κούκοι, κοράκια, τσαλαπετεινοί, ψαροφάγοι, δρυκολάπτες, κορδαλοί, γαλιάντρες, κίσσες, καρακάξες, συκοφάγοι, σιταρήθρες, τσοπανάκοι, τρυποκάρυδα, παπαδίτσες, άηδόνια, τσίχλες, κότσυφοι, τριτριλί, σουσουράδες, σπίνιοι, φλώροι, καρδερίνες κ.ά.).

όμοταξία **Θηλαστικά**, τά λέπια γίναν τρίχες. Άμνιωτικά. Μαστοί που στά θηλυκά έκκρίνουν γάλα. 4 είδη δοντιών (κοπιτήρες, κυνόδοντες, πρόγμοφιοι, γόμοφιοι). Τετράχωρη καρδιά. 4.500 ώς 5.000 είδη.

τάξη **Μονοτρήματα**, γεννούν αυγά αλλά θηλάζουν.



άρνιόθρημος



τάξη **Μαρσιποφόρα**, μάρσιπος (καγκουρό, κοάλα)

καγκουρό



κοάλα



ό διάβολος
της Τασμανίας



βόμπατ (ένας μαρσιποφόρος
«χοίρος»)



μπάντικος
(ένα μαρσιποφόρο
«τροκτικό»).



ίπτάμενος φαλαγγιστής (ένας μαρσιποφόρος
«σκίουρος» που πετά) *Petaurus*

τάξη Έντομοφάγα, (τυφλοπόντικι, σκαντζόχοιροι)



τυφλοπόντικας

τάξη Δερμόπτερα, (Γαλεοπίθηκοι)
τάξη Χειρόπτερα, (νυχτερίδες)

νυχτερίδα



τάξη Πρωτεύοντα, (πίθηκοι, άνθρωπος)



μακροτάριος

$\times 1/10$



λόρις



κῆβος



$\times 1/2$

$\times 1/12$





λεμούριοι (τέσσερα διαφορετικά είδη)



βαβουίνος



γορίλλας

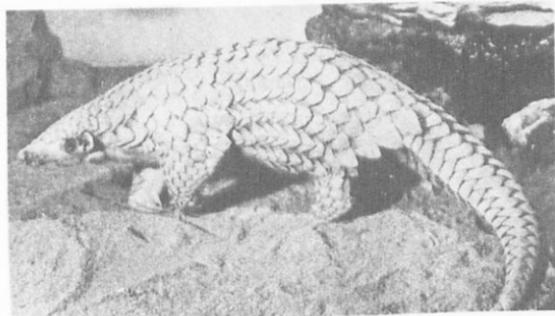


χιμπατζής

ούραγκουτάγκος



τάξη **Νωδά**, (χωρίς δόντια, άρμαντίλλιο)
τάξη **Φολιδωτά**, (παγκολίνος)



$\times \frac{1}{10}$ παγκολίνος (μίνης)

τάξη **Λαγόμορφα**, (λαγοί)



τάξη **Τρωκτικά**, (ποντικοί, άρουραϊοι, βερβερίτσες ή σκίουροι)



τάξη **Κητώδη**, (δελφίνοι, φάλαινα)



τάξη **Σαρκοφάγα**, (άρκούδα, άλεπου, άσβός, γάτα, τίγρης, λιοντάρι)



ύαινα

τάξη **Πτερυγιόποδα**, (φώκια)
τάξη **Σωληνόδοντα**, (όρυκτερόποδας)



$\times \frac{1}{25}$ όρυκτερόποδας

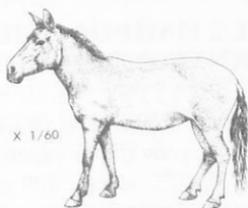
τάξη **Προβοσκιδοειδή**, (έλέφαντας)
τάξη **Ύρακοειδή**
τάξη **Σειρηνοειδή**

σειρήνα



τάξη Περισσοδάκτυλα, (ἄλογο, γαϊδούρι, ρινόκερος, τάπιρος)

ἄλογο τοῦ Πρζεβάλσκι



x 1/60

τάξη Ἀρτιοδάκτυλα, (χοῖρος, ἵπποπόταμοι, καμήλες, μυρμηκαστικά: βόδι, πρόβατο, ἐλάφι κ.ἄ.).



x 1/30

ἀγριόχοιρος



x 1/100

ἵπποπόταμος



x 1/40

ἴμπαλα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΒΙΟΜΟΡΙΑ

Στους οργανισμούς βρίσκονται πολλά είδη χημικών ενώσεων: Ύπολογίζεται πώς σ' ένα βακτήριο υπάρχουν μόρια νερού, 20 περίπου ανόργανα ιόντα (Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Cl^- , PO_4^{---} κ.ο.κ), 200 είδη υδατάνθρακες και ουσίες που μετασχηματίζονται σ' αυτούς (πρόδρομοί τους), 100 είδη αμινοξέα και πρόδρομοί τους, 200 είδη νουκλεοτιδία και πρόδρομοί τους, 50 είδη λιπίδια και πρόδρομοί τους, 200 είδη άλλων μικρών μορίων (δργανικά όξέα, κινόνες κ.ά.), 2000 ως 3000 είδη πρωτεϊνών, 1000 είδη νουκλεϊκά όξέα. Όλοι οι γόνιοι του βακτηρίου, περίπου 1000, βρίσκονται σ' ένα μόνο δίκλωνο νήμα (μόριο) DNA. Κάθε γόνος είναι ένα τμήμα αυτού του τεραστιου μόριου. Ένώ υπάρχει ένα μόριο DNA υπάρχουν πολλά είδη μορίων RNA: 1000 περίπου μόρια αγγελιοφόρου RNA, 40 μόρια μεταφορέα RNA, 2 μόρια ενός RNA για την κατασκευή των ριβοσωμάτων.

Νά μερικές πληροφορίες για τις πιο σημαντικές κατηγορίες των βιομορίων:

1. Πρωτεΐνες. Περιέχουν C, H, O, N, και μερικές φορές S. Προέρχονται από την ένωση πολλών **αμινοξέων** στη σειρά, σε μία αλυσίδα που μετά μπορεί να αναδιπλώνεται (βλέπε τό σχήμα για τή ριβονουκλεάση). Ορισμένες πρωτεΐνες **απαρτίζονται** από πιο πολλές από μία αλυσίδες. Η σειρά των αμινοξέων στην αλυσίδα καθορίζεται από τό DNA (από τό γόνιο). Οι περισσότερες πρωτεΐνες είναι ένζυμα ή τό μεγαλύτερο μέρος ένζυμου (άπο-ένζυμο), άλλες είναι δομικά συστατικά του κυττάρου (των μυϊκών ινών ή άκτινη και ή μυοσίνη, άλλες των κυτταρικών τοιχωμάτων κ.λ.π.).

2. Λιπίδια. Περιέχουν C, H, O και μερικές φορές N ή και P. Αδιάλυτα στό νερό. Πολλά λιπίδια προέρχονται από την ένωση ενός μορίου **γλυκερίνης** μέ τρία μόρια **λιπαρών όξέων (τριγλυκερίδια)**. Μερικές φορές ή γλυκερίνη αντικαθίσταται από **σφιγγοσίνη**. Σε πολλά λιπίδια βρίσκεται **φώσφορος (φωσφορολιπίδια)**. Και όταν φωσφορολιπίδια περιέχουν **χολίνη** έχουμε τις **λεκιθίνες**.

Τά τριγλυκερίδια αποτελούν αποθήκες ενέργειας. Από αυτά προέρχεται και τό συνένζυμο A. Τά φωσφορολιπίδια αποτελούν υλικό των μεμβρανών (δες και εικόνα): ή μη διαλυτότητά τους στό νερό παίζει ρόλο στόν έλεγχο τής περατότητας των μεμβρανών.

3. Ύδατάνθρακες. Μόρια που αποτελούνται από C, H και O συνηθως στις αναλογίες 1 προς 2 προς 1. Τά άπλά σάκχαρα μπορούν νάχουν στό

μόριοι τους 3 άτομα άνθρακα (**τριόζες**), 5 άτομα άνθρακα (**πεντόζες** όπως ή **ριβόζη** και ή **δεσοξυριβόζη**), 6 άτομα άνθρακα (**έξόζες** όπως ή **γλυκόζη** και ή **φρουκτόζη**). Τά πολυσακχαρίδια αποτελούνται από περισσότερα μόρια απλών σακχάρων ένωμένα: ή **σακχαρόζη** από δυό έξόζες, τό **άμυλο** από χιλιάδες έξόζες, τό ίδιο τό **γλυκογόνο** και ή **κυτταρίνη**.

Κυτταρίνη και πεκτίνη χρησιμοποιούνται για τήν κατασκευή προστατευτικών τοιχωμάτων του κυττάρου. Τό γλυκογόνο και τό άμυλο αποτελούν άποθήκες ενέργειας.

4. Νουκλεϊκά όξέα. Για τή δομή τους μιλήσαμε στό Κεφάλαιο 2. Τό DNA (και σε μερικούς ίους τό RNA) αποτελούν τό γενετικό ύλικό. Τό DNA βρίσκεται σ' όλα τά όργανίδια του κυττάρου που μπορούν να αναπαράχθουν από μόνα τους: χρωματοσώματα, μιτοχόνδρια, πλαστίδια. Τό RNA είναι πολλών ειδών: είτε άγγελιοφόρο, που μεταφέρει τό γενετικό μήνυμα του DNA στό κυτταρόπλασμα για να συντεθεί ή πρωτεΐνη πάνω του, είτε μεταφορέας που όδηγει τό άμινοξύ να τοποθετηθεί στό άγγελιοφόρο RNA άπέναντι στην αντίστοιχη τριάδα διαδοχικών βάσεων, είτε ριβοσωματικό, δηλαδή συστατικό (μαζί με πρωτεΐνες) των ριβοσωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Για τὸν Καθηγητὴ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Γνωρίσματα τῶν ἐμβίων ὄντων – Μηχανές	7
1.2 Τὰ περιεχόμενα αὐτοῦ τοῦ βιβλίου	13
2. ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	15
2.1 Ὄξειδοαναγωγές καὶ Ἐνέργεια	15
2.2 Τὸ ATP	18
2.3 Τὰ Ἐνζύμα	20
2.4 Ἡ Κυτταρική Θεωρία: τὸ κύτταρο εἶναι ἡ ἐλάχιστη μονάδα τῆς ζωῆς	23
2.5 Σύντομη περιγραφή τοῦ κυττάρου	26
2.6 Ἐξωτερικὴ καὶ ἐσωτερικὴς μεμβράνης	29
2.7 Ἡ φωτοσύνθεση	32
2.8 Ἡ ἀναπνοή	36
2.9 Ὁ πυρήνας τοῦ κυττάρου καὶ τὰ χρωματοσώματα	40
2.10 Τὰ νουκλεϊκά ὀξέα	45
2.11 Ἡ μίτωση	48
2.12 Ἡ σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν	52
2.13 Τὸ προκαρυωτικὸ κύτταρο	58
2.14 Οἱ ἴοι	59
3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	61
3.1 Τὰ πειράματα τοῦ Παστέρ	61
3.2 Τρόποι ἀναπαραγωγῆς	64
3.3 Τὸ σωματικὸ καὶ τὸ γεννητικὸ πλάσμα	67
3.4 Ἡ μείωση καὶ ἡ γονιμοποίηση	69
3.5 Ἡ ἱστορία τῶν γεννητικῶν κυττάρων	72
3.6 Προσχηματισμὸς καὶ ἐπιγένεση	74
3.7 Ποικιλομορφία στους πληθυσμούς καὶ κληρονομικότητα	77
3.8 Ποιᾶς ἰδιότητες κληρονομοῦνται, Κληρονομοῦνται οἱ ἐπίκτητες ἰδιότητες;	80
3.9 Πῶς κληρονομοῦνται τὰ διάφορα χαρακτηριστικὰ	82
3.10 Ὁρολογία	87
3.11 Ὁ Μέντελ καὶ οἱ νόμοι του	87
3.12 Κυριαρχία	88
3.13 Οἱ γόνιμοι συνθέτουν ἐνζύμα	89
3.14 Γονότυπος καὶ Φαινότυπος	90
3.15 Κληρονομικότητα καὶ περιβάλλον	91
3.16 Διυβριδισμὸς	92
3.17 Γόνος μὲ τρεῖς ἀλληλομόρφους: Ὁμάδες αἵματος ABO	94
3.18 Ἡ κληρονομικότητα τοῦ φύλου	97

3.19	Γόνιμοι και χρωματοσώματα	98
3.20	Φυλοσυνδετή κληρονομικότητα	101
3.21	Γόνιμοι και DNA	103
3.22	Ἡ διαφοροποίηση	104
3.23	Ἡ μετάλλαξη	107
4.	Ἡ ΕΞΕΛΙΞΗ	109
4.1	Πόσα εἶδη ζωντανῶν ὀργανισμῶν ὑπάρχουν	109
4.2	Λίγα λόγια γιὰ τὴν ταξινομήση	112
4.3	Εἶναι ἡ ταξινομήση ἀντικειμενική; Ἡ ἔννοια τοῦ εἶδους	114
4.4	Δυὸ διαφορετικὲς ἀντιλήψεις: Ἡ Τυπολογικὴ κι ἡ Ἐξελικτικὴ σκοπιὰ	115
4.5	Ἡ Darwin και τὸ ταξίδι του	116
4.6	Ἐνδείξεις γιὰ τὴν ἐξέλιξη: τὰ ἀπολιθώματα	121
4.7	Ἡ ἱστορία τῆς ζωῆς ὅπως τὴ δείχνουν τὰ ἀπολιθώματα	124
4.8	Ὁμόλογα, ἀνάλογα και ὑπολειμματικὰ ὄργανα	144
4.9	Ἡ Χαϊκὴλ και οἱ ἀποψεις του γιὰ τὴν ὄντογενεση	147
4.10	Ἐνδείξεις ἀπὸ τὴ γεωγραφικὴ κατανομὴ τῶν εἰδῶν	152
4.11	Ἀποδείξεις ἀπὸ τὴ Βιοχημεία	156
4.12	Ἡ περιπτώση τῶν γλαρών: ὅταν ἓνα εἶδος χωρίζεται στὰ δυὸ	158
4.13	Ἡ προσαρμογὴ	160
4.14	Λαμάρκ και Ντάρβιν	166
4.15	Ἡ νεοδαρβινικὴ ἢ συνθετικὴ θεωρία	169
4.16	Ἀναγένεση και Κλαδογένεση	172
4.17	Ἡ Βελτίωση	175
5.	ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	178
5.1	Οἰκολογία: ἡ μελέτη τοῦ ὀργανισμοῦ σε σχέση με τὸ περιβάλλον του	178
5.2	Οἱ ἄλλοι ὀργανισμοὶ τοῦ ἴδιου εἶδους: ὁ πληθυσμὸς	180
5.3	Σχέσεις μεταξύ ὀργανισμῶν διαφορετικῶν εἰδῶν	187
5.4	Θηραμα-θηρευτὴς και ἀλυσίδες τροφῆς	190
5.5	Οἰκολογικὴ φωλιά – νόμος τοῦ Γκάουζε	200
5.6	Οἰκοσυστήματα τοῦ νεροῦ και τῆς στεριάς	200
5.7	Ἡ καταστροφὴ τοῦ περιβάλλοντος	208
5.8	Ἡ ρύπανση τοῦ περιβάλλοντος, ἡ ὑποβαθμίση τῶν οἰκοσυστημάτων και ἡ προστασία τῆς φύσεως στὴ χώρα μας	212
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΔΕΞΙΛΟΓΙΟ	219
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Ἡ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤῶΝ ΖΩΝΤΑΝῶΝ ὄΝΤῶΝ	237
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ- ΤΕΡΑ ΒΙΟΜΟΡΙΑ	268
	Πίνακας Περιεχομένων	270



0020657996

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

ΕΚΔΟΣΗ Ε': 1981 (1) ΑΝΤΙΤΥΠΑ 80.000 ΣΥΜΒΑΣΗ 3536/ 9-1-81

ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Π. ΟΚΤΩΡΑΤΟΣ - Κ. ΚΟΥΚΙΑΣ Ο.Ε.

A

K 06

