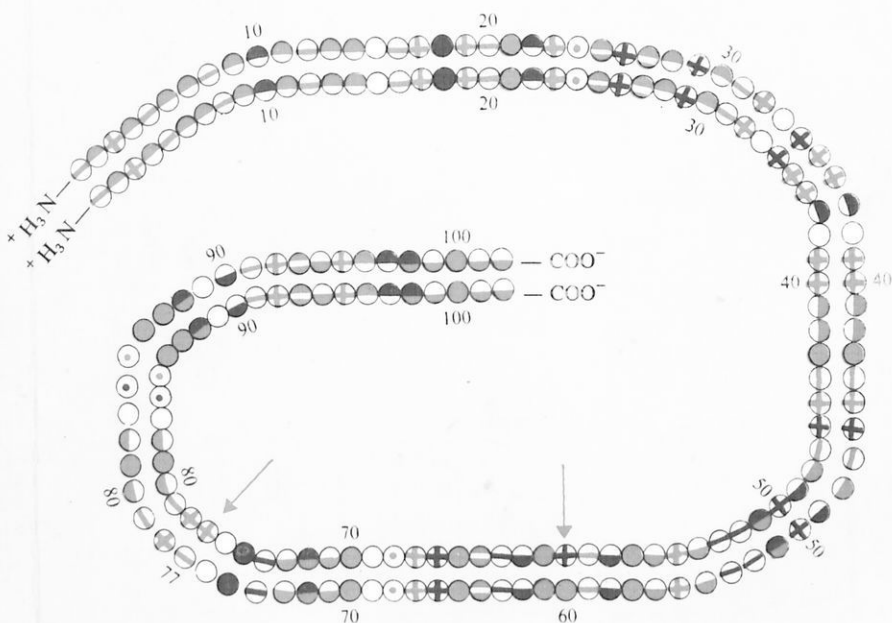


Κ. ΚΡΙΜΠΑ - Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ 1980

**ΜΑΘΗΜΑΤΑ
ΓΕΝΙΚΗΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

Κ. ΚΡΙΜΠΑ – Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ 1980

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 ἐνός 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 ὕλη ζωντανότερη. Αὐτές ὁμως τίς λεπτομέρειες δέ θά 'πρεπε βέβαια νά ἀπομνημονεύσει ὁ μαθητής (ὁπως 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 ὑπενθύμηση ὅσων διδάχτηκαν στή Γ' Γυμνασίου (Κεφάλαιο 3) ἀλλά μέ μεγαλύτερη ἐμβάθυνση. Τά Κεφάλαια 4 καί 5 ἀποτελοῦν νέα ὕλη, σημαντική, καί ἐκεῖ πρέπει νά δοθεῖ ἡ μεγαλύτερη σημασία. Τά Παραρτήματα δέν ἀποτελοῦν μέρος τῆς διδασκείας ὕλης ἀλλά βοηθήματα γιά τό μαθητή καί τό δάσκαλο. Ἡ συχνή χρησιμοποίησή τους, εἰδικά τοῦ Β', θά βοηθήσει ἰδιαίτερα στήν τακτοποίηση τῶν γνώσεων τοῦ μαθητή γιά τά εἶδη τῶν ζωντανῶν ὄντων. Σ' αὐτό τό Παράρτημα, ὑποδεικνύεται στά σχέδια ἡ μεγέθυνση ἢ σμίκρυνση μέ τήν ὁποία παριστάνεται κάθε ζωντανό ὄν.

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

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γνωρίσματα τών ἐμβίων ὄντων - Μηχανές

Δέν εἶναι εὐκόλο νά καθοριστῇ τί εἶναι ζωή, παρ' ὅλο πού καθέννας μας νομίζει, στηριζόμενος στήν πείρα του, πώς τὸ ξέρει. Συχνά ἀποδίδουμε διάφορα διακριτικά γνωρίσματα στά ἐμβια ὄντα (στούς ζωντανούς οργανισμούς) γιά νά τά ξεχωρίσουμε ἀπό τά χωρίς ζωή ἀνόργανα σώματα. Ὑπάρχουν ὁμως χαρακτηριστικά, πού πραγματικά καί ξεκαθαρισμένα, πετυχαίνουν τὸ ξεχώρισμα; Ἀς ἐξετάσουμε ἀπό πιό κοντά μερικά γνωρίσματα πού ἔχουν ἀποδοθεῖ, σάν χαρακτηριστικά, στά ἐμβια ὄντα.

α) **Ἡ κίνηση.** Ἡ κίνηση ὁμως, ἀπ' τή μιά μεριά, εἶναι χαρακτηριστικό μόνο ἑνός μέρους τών ἐμβίων ὄντων (λ.χ. τά περισσότερα φυτά καί οἱ μύκητες δέν ἔχουν κίνηση) καί ἀπ' τήν ἄλλη συναντιέται σέ πάρα πολλές περιπτώσεις ἀνοργάνων σωμάτων. Ἐτσι 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 ατόμου. Ἡ κίνηση λοιπόν, δέν ἀποτελεῖ διακριτικό χαρακτηριστικό τών ζωντανῶν οργανισμῶν.

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

Ἀποτελοῦνται ἀπό πολλά μέρη πού ξεχωρίζουν. Τὸ γυαλί, μιά πέτρα, τὸ ρυάκι φαίνονται περισσότερο ὁμοιογενῆ ἀπὸ τὸ φυτό μέ τίς ρίζες, τὸ

βλαστό και τὰ φύλλα του ή τή μέλισσα μέ τό κεφάλι της, τίς κεραίες της, τὰ μάτια της, τό θώρακά της, τὰ φτερά της, τὰ πόδια της, τήν κοιλιά της και τό κεντρί της ή άκόμα και άπό ένα μόνο κύτταρο. Σάν ένα λοιπόν χαρακτηριστικό τών ζωντανών οργανισμών εμφανίζεται ή μεγάλη **άνομοιομέρεια** και ή πολυπλοκότητα στίς δομές τους. Πρέπει άκόμα νά σημειωθεί πώς τά διάφορα τμήματά τους βρίσκονται τοποθετημένα μέ κάποια τάξη, κάποια **όργάνωση**: ό οισοφάγος καταλήγει στό στομάχι πού τό άκολουθεί τό λεπτό έντερο και αυτό τό παχύ έντερο. Ή όργάνωση αυτή επιτρέπει τήν πραγματοποίηση όρισμένων **λειτουργιών**. Ή τροφή λ.χ. πού μασιέται στό στόμα, καταπίνεται και όδηγείται στό στομάχι, όπου πολλαπλασιάζεται και χωνεύεται. Ή πέψη έξακολουθεί στό έντερο όπου και άπορροφούνται τά θρεπτικά συστατικά. Τελικά, ή **μάζα** πού δέ χωνεύτηκε και δέν άπορροφήθηκε, **άποβάλλεται**.

Ή άνομοιομέρεια και πολυπλοκότητα και ή όργάνωση και οί λειτουργίες δέν χαρακτηρίζουν όμως άποκλειστικά τά έμβια όντα μόνο. Μερικά άνόργανα σώματα μοιάζουν μέ 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, μέ ειδικά συστήματα γίνεται ή όδήγηση και τό φρενάρισμα ή ό φωτισμός. Ή άνομοιομέρεια, πολυπλοκότητα και όργάνωση τών διάφορων τμημάτων είναι ιδιότητες πού έχουν και οί μηχανές για νά μπορούν νά επιτελουν όρισμένη λειτουργία: τό αυτοκίνητο νά κινηθεί, ή θεριζοαλωνιστική μηχανή νά θερίσει και ν' άλωνίσει, ό ήλεκτρονικός ύπολογιστής νά κάνει ύπολογισμούς.

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

γ) **Ή μεταβολισμός**. Ή όργανισμός καταναλώνει ενέργεια όπως και μία μηχανή. Τό αυτοκίνητο λ.χ. ή ή θεριζοαλωνιστική μηχανή έξασφαλίζουν τήν **ανάγκαιά** για τή λειτουργία τους (κίνηση κτλ.) ενέργεια καίγοντας βενζίνη. Τό ήλεκτρικό ψυγείο ή ό ήλεκτρονικός ύπολογιστής, δυό άλλες μηχανές, χρησιμοποιούν ήλεκτρική ενέργεια, ήλεκτρικό ρεύμα. Κι ό όργανισμός βρίσκει τήν **ανάγκαιά** για τίς λειτουργίες του ενέργεια μέ άνάλογο τρόπο, καίγοντας ή διασπώντας όρισμένες χημικές ένώσεις. Ή μηχανισμός αυτός της παραγωγής ενέργειας λέγεται **καταβολισμός**. Είναι φανερό πώς ό καταβολισμός είναι φαινόμενο κοινό και για τούς όργανισμούς και για όρισμένες μηχανές, άφου και στίς δυό περιπτώσεις για τή λειτουργία τους καταναλώνεται ενέργεια πού παράγεται άπό τή διάσπαση χημικών ένώσεων.

Ο οργανισμός όμως κάνει κάτι άλλο: φτιάχνει ο ίδιος τὰ καύσιμά του από τις τροφές του. Σάν δηλαδή νά μπορούσε ένα αυτοκίνητο νά φτιάχνει τή βενζίνη του. Ο οργανισμός φτιάχνει σύνθετες χημικές ενώσεις είτε από άπλές είτε από άλλες σύνθετες. Κι όχι μόνο φτιάχνει τὰ καύσιμά του αλλά και τὰ υλικά από τὰ οποία αποτελείται ο ίδιος. Αυτή ή λειτουργία ονομάζεται **αναβολισμός**. Και για τόν αναβολισμό χρησιμοποιεί ενέργεια. Ένα μέρος αυτής τής ενέργειας αποθηκεύεται μέσα στά καύσιμα και, όταν χρειαστεί, απελευθερώνεται από αυτά μέ τόν καταβολισμό, όποτε τὰ καύσιμα σπάζουν πάλι σέ μικρότερα συστατικά. Όλη ή ενέργεια πού χρειάζονται οί ζωντανοί οργανισμοί προέρχεται σέ τελική ανάλυση απ' τήν ήλιακή ενέργεια μέ τό μηχανισμό τής **φωτοσύνθεσης**.

Ο αναβολισμός είναι λειτουργία πού δέν υπάρχει στίς μηχανές και χαρακτηρίζει τὰ έμβια όντα, άν και, θεωρητικά, τίποτα δέν αποκλείει τήν κατασκευή μηχανής μέ αναβολικές λειτουργίες.

Φαίνεται λοιπόν καθαρά πώς ο οργανισμός μοιάζει μέ μία **χημική μηχανή** πού χρησιμοποιεί χημικές ουσίες αντί για τροχούς ή γρανάζια, για νά μεταφέρει τήν ενέργεια.

Ο καταβολισμός κι ο αναβολισμός αποτελούν τὰ δύο τμήματα του **μεταβολισμού**, τής σύνθετης δηλαδή λειτουργίας τών ζωντανών οργανισμών κατά τήν έκδήλωση τής όποιας πραγματοποιείται ανταλλαγή ύλης και ενέργειας μέ τό **περιβάλλον**. Επειδή ο οργανισμός ανταλλάσσει ύλη και ενέργεια μέ τό περιβάλλον του λέμε πώς δέν είναι κλειστό αλλά **άνοικτό σύστημα**.

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

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα ήλεκτρικό ψυγείο. Η μηχανή του δουλεύει καταναλώνοντας ενέργεια για νά κρατά σέ χαμηλή θερμοκρασία τόν έσωτερικό (ψυκτικό) του χώρο. Αν αφήσουμε, όμως, ένα ψυγείο μέσα σ' ένα ζεστό δωμάτιο, χωρίς νά δουλεύει ή μηχανή του, θά δούμε πώς ή θερμοκρασία του ψυκτικού του χώρου θ' άρχίσει ν' ανεβαίνει και ύστερα από όρισμένο χρονικό διάστημα, θά γίνει ίδια μέ τή θερμοκρασία του δωματίου. Για νά μήν συμβεί αυτό, για νά διατηρηθεί, δηλαδή, χαμηλή ή θερμοκρασία του, πρέπει κάπου κάπου ή μηχανή του νά δουλεύει καταναλώνοντας ήλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή ενέργεια.

Τάση τής φύσεως είναι νά εξισώσει τή θερμοκρασία του ψυγείου μέ τή θερμοκρασία του δωματίου. Νά εξουδετερώσει τήν άνισότητα. Νά καταστρέψει τήν όργάνωση του ψυγείου. Μέ τήν κατανάλωση όμως ενέργειας ή μηχανή του ψυγείου εξασφαλίζει αυτή τήν επιθυμητή άνισότητα ανάμεσα

στή θερμοκρασία του ψυκτικού του θαλάμου καί στή θερμοκρασία του δω-
ματίου, εξασφαλίζει δηλαδή τή σταθερή κατάσταση στήν όποία βρίσκεται
ένα ψυγείο γιά νά λειτουργεί σάν ψυγείο.

Ἡ τάση τῆς φύσεως νά ἰσοπεδώνει τίς ἀνισότητες χαλάει τήν ὀργάνω-
ση: ἕνα σπίτι νά ἀντέξει στό χρόνο καί νά διατηρηθεῖ, χρειάζεται συν-
τήρηση, ἐπισκευές.

Ὅτι συμβαίνει μέ τό ψυγείο καί τό σπίτι, γίνεται καί μέ τόν ὀργανισμό.
Ἕνας ὀργανισμός χρειάζεται ἐνέργεια, γιά νά διατηρήσει σταθερή τήν
κατάστασή του. Αὐτή τήν ἐνέργεια τή χρησιμοποιεῖ γιά τίς διάφορες λει-
τουργίες του ὅπως λ.χ. γιά νά ἀποφεύγει τούς διώκτες του, νά ἀναπληρώνει
τίς φθορές του, νά ἐπισκευάζει τίς ζημιές του, νά κρατᾷ τήν κατάστασή του
σταθερή. Ἡ ιδιότητα αὐτή τοῦ ὀργανισμοῦ νά διατηρεῖ σταθερή – ὁμοία –
τήν κατάστασή του ὀνομάζεται **ὁμοιότητα**.

Γιά νά κλείσει μιά πληγή ὁ ὀργανισμός χρειάζεται ἐνέργεια. Γιά νά
διατηρήσει τή θερμοκρασία του, ὅταν κάνει κρύο, καίει πιά πολλά καύσιμα
καί παράγει θερμότητα. Ἀντίθετα, ὅταν κάνει ζέστη, παράγει κι ἀποβάλλει
ἰδρώτα (καί γι' αὐτό χρειάζεται ἐνέργεια), πού ἐξατμίζεται καί βοηθᾷ νά
διατηρηθεῖ χαμηλή ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος.

Γιά νά διατηρηθεῖ ὁ ὀργανισμός στή ζωή, δίνει μιά διαρκή μάχη: πρέ-
πει νά κρατήσῃ σταθερή τήν κατάστασή του παρ' ὅλες τίς ἀλλαγές πού
συμβαίνουν στό περιβάλλον του. Μέ τό περιβάλλον του, ὥστόσο, βρίσκε-
ται σέ διαρκή ἐπικοινωνία ἀνταλλάσσοντας ὕλη καί ἐνέργεια. Γιατί, ἂν
ἀποκλειστεῖ ἀπό τό φυσικό του περιβάλλον, πεθαίνει. Ὅλοι γνωρίζουμε
ὅτι ἀπό τό φυσικό μας περιβάλλον χρειαζόμαστε, λόγου χάρη, ὀξυγόνο καί
χωρίς αὐτό, δέν μπορούμε νά ζήσουμε.

Ἡ ὁμοιότητα παρατηρεῖται καί στίς μηχανές, λ.χ. στό ἠλεκτρικό ψυ-
γείο. Δέν εἶναι ἀποκλειστική ιδιότητα τῶν ὀργανισμῶν.

ε) **Ἡ ἐρεθιστικότητα**. Ὁ ὀργανισμός νοιώθει ὄχι μόνο τί συμβαίνει στό
περιβάλλον ἀλλά καί μέσα του, καί ἀντιδρᾷ κατάλληλα, χάρη σέ μιά ἰδι-
ότητά του πού τήν ὀνομάζουμε **ἐρεθιστικότητα**. Ἡ ἐρεθιστικότητα εἶναι
χαρακτηριστική ιδιότητα κάθε ἔμβιου ὄντος καί ἀποτελεῖ μέρος τῆς ὁμοι-
οστατικῆς ἰκανότητος τῶν ὀργανισμῶν.

Κάτι ἀνάλογο ὁμως συμβαίνει καί μέ τό ἠλεκτρικό ψυγείο. Μέ κάποιο
ὄργανο (λ.χ. θερμόμετρο) παρακολουθεῖται ἡ θερμοκρασία τοῦ ψυκτικοῦ
θαλάμου του. Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνεβεῖ πάνω ἀπό ἕνα ὀρισμένο ὄριο, μέ
κάποιο μηχανισμό μεταβιβάζεται ἀπό τό «θερμόμετρο» τό μήνυμα, ἡ δια-
ταγή, στή μηχανή τοῦ ψυγείου ν' ἀρχίσει νά δουλεῖ γιά νά κατεβάσει τή
θερμοκρασία τοῦ ψυκτικοῦ θαλάμου του στό ἐπιθυμητό, κι ἀπό μᾶς προκα-
θορισμένα, ὅρια. Τό θερμόμετρο καί οἱ συνδέσεις του μέ τή μηχανή τοῦ

ψυγείου αντίστοιχούν στά αίσθητήρια όργανα και τά νεύρα του πολυκύτταρου ζωικού όργανισμού.

Σάν συμπέρασμα από τά προηγούμενα θά μπορούσε νά ειπωθεί πώς καμιά ιδιότητα από αυτές πού μέχρι τώρα εξέτάσαμε, μέ εξαίρεση ίσως τόν αναβολισμό, δε διαφοροποιεί βασικά τούς ζωντανούς οργανισμούς από τά χωρίς ζωή άνόργανα σώματα, έκείνα τουλάχιστο πού όνομάζουμε μηχανές και είναι προϊόντα της ανθρώπινης τέχνης.

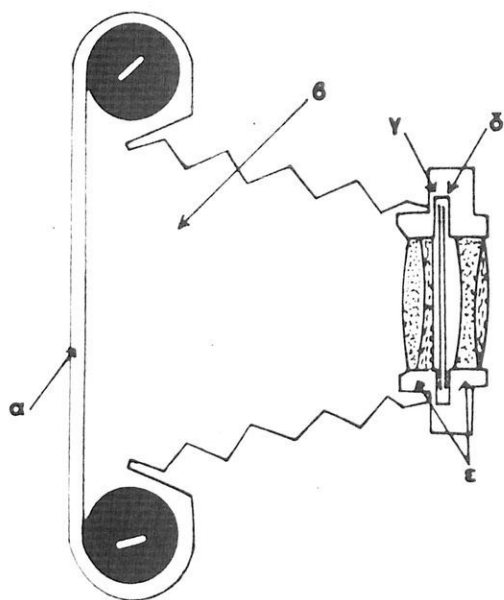
Κι όμως υπάρχουν δύο άκόμη, σημαντικές ιδιότητες πού χαρακτηρίζουν τά ζωντανά όντα, ή αναπαραγωγή και ή τελεονομία. Άραγε αυτές τά ξεχωρίζουν από τίς μηχανές;

στ) **Ή αναπαραγωγή.** Ή ιδιότητα της αναπαραγωγής είναι βασικό χαρακτηριστικό των ζωντανών οργανισμών. Κάθε ζωή προέρχεται μόνο από ζωή. Κατά την αναπαραγωγή ένας ή δύο οργανισμοί δίνουν γέννηση σ' ένα ή σέ περισσότερους νέους οργανισμούς **πού τούς μοιάζουν**. Αυτή ή ιδιότητα έχει βασική σημασία και θεωρείται από πολλούς πώς ξεχωρίζει τούς ζωντανούς οργανισμούς από τίς μηχανές. Γιατί τίς μηχανές τίς κατασκευάζει ό άνθρωπος ενώ τά ζωντανά όντα κατασκευάζουν μόνα τους τά όμοια τους.

Ίσως όμως δέν πρέπει νά θεωρηθεί πώς ή ιδιότητα αυτή διαφοροποιεί άπόλυτα τά ζωντανά όντα από τίς μηχανές γιά δύο λόγους. Πρώτα γιατί πολλοί ύποστηρίζουν μέ σοβαρά επιχειρήματα πώς ή ζωή γεννήθηκε κάποτε στή γη στόν Προκάμβριο αιώνα από μόνη της, όχι δηλαδή από άλλη ζωή: οί συνθήκες ήταν κατάλληλες γιά νά δημιουργηθούν από διάφορες χημικές ενώσεις τό πρώτο ή τά πρώτα ζωντανά όντα πού αποτέλεσαν τούς μακρινούς προγόνους όλων των άλλων. Έπειτα γιατί έχει άποδειχτεί μαθηματικά (άπό τό μαθηματικό von Neumann) ότι είναι δυνατό νά κατασκευαστεί μηχανή πού νά παρουσιάζει την ιδιότητα της αναπαραγωγής, δηλαδή του αυτοπολλαπλασιασμού της. Τά πιό άπλά μηχανήματα πού έχουν την ιδιότητα αυτή έχουν από καιρό κατασκευαστεί.

Άν ή ιδιότητα της αναπαραγωγής δε διαχωρίζει τούς ζωντανούς οργανισμούς από τίς μηχανές, ώστόσο μία λεπτομέρεια του μηχανισμού της φαίνεται ότι χαράζει πραγματικά μία ξεκάθαρη διαχωριστική γραμμή μεταξύ τους: **ό μηχανισμός αναπαραγωγής των ζώντων όντων βασίζεται πάντοτε και χωρίς εξαίρεση σέ μία κατηγορία χημικών ενώσεων, τά νουκλεϊκά όξέα.** Έτσι κάθε σύστημα πού έχει ιδιότητα αναπαραγωγής βασισμένη σέ νουκλεϊκά όξέα είναι ζωντανό, ενώ αν ή αναπαραγωγή του βασίζεται σέ άλλο μηχανισμό δέν είναι. Τό αντίστροφο επίσης ισχύει.

ζ) **Ή τελεονομία.** Ή λέξη τελεονομία είναι σύνθετη από τίς λέξεις τε-



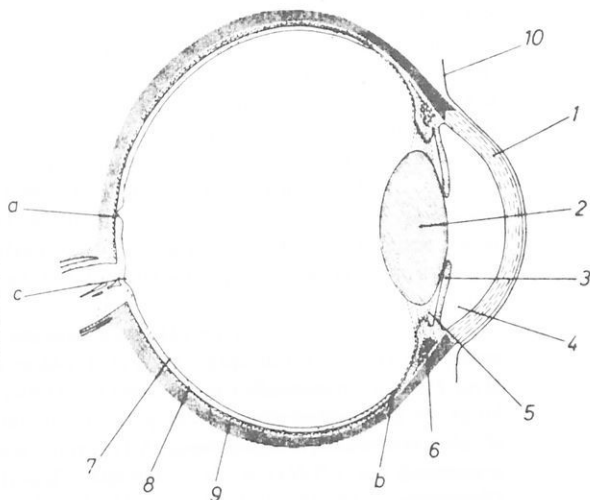
Εικόνα 1: Φωτογραφική μηχανή σε τομή: (α) τo φιλμ (β) o σκοτεινός θάλαμος (γ) και (δ) τo διάφραγμα και κλείστρο (ε) o φακός.

λος, πού ἐδῶ σημαίνει σκοπός, καί νόμος.

Ἡ τελεονομία στούς ζωντανούς ὀργανισμούς καί τίς μηχανές ἐκδηλώνεται στό γεγονός πῶς κι οἱ δυο αὐτές κατηγορίες ἀντικειμένων φαίνεται νά ἔχουν κάποιο σκοπό, νά ἔχουν γίνει γιά νά ἐκπληρώσουν, γιά νά ἐπιτελέσουν, κάποιο σκοπό.

Αὐτό φαίνεται ὁλοκάθαρα ἀπό τή δομή τους: ἔχει ἔτσι σχεδιαστεῖ πού νά πετυχαίνει τήν ἐκπλήρωση τοῦ σκοποῦ αὐτοῦ. Γι' αὐτό καί ὁμοιες ἢ ἀνάλογες δομές ἀντικατοπτρίζουν ὁμοιότητα στή λειτουργία καί τὸ σκοπό γιά τόν ὁποῖο εἶναι σχεδιασμένες. Παράδειγμα κλασικό ἢ ὁμοιότητα τῆς κατασκευῆς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς καί τοῦ ματιοῦ τῶν θηλαστικῶν: ἡ ὁμοιότητα τοῦ σκοποῦ πού ἐκπληρώνουν τά δυο αὐτά ἀντικείμενα εἶναι ἡ ἀποτύπωση ὁπτικῶν πληροφοριῶν. Γιά τὸ σκοπό αὐτόν ἡ φωτογραφική μηχανή ἔχει φακό, διάφραγμα, σκοτεινὸ θάλαμο, εὐαίσθητη φωτογραφική πλάκα (φίλμ) καί ἄλλα σχετικά ἐξαρτήματα. Ἀλλά καί τὸ μάτι τοῦ θηλαστικοῦ ἔχει παρόμοια κατασκευή: ἔχει καί αὐτό φακό (τόν κρυσταλλικὸ φακό), τήν ἱρίδα, πού ἀντιστοιχεῖ μέ τὸ διάφραγμα τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς, τόν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα πού ἀντιστοιχεῖ μέ τή φωτογραφική πλάκα κ.ο.κ.

Εικόνα 2: Τό ανθρώπινο μάτι σε τομή: (7) ο άμφιβληστροειδής – αντίστοιχος με το φίλμ (3) ή ίριδα – αντίστοιχη με το διαφράγμα (2) ο φακός – αντίστοιχος με το φακό της φωτογραφικής μηχανής.



Ἡ δομή ὁμως μιᾶς μηχανῆς καί ὁ τελικός σκοπός πού ἔχει νά ἐκπληρώσει εἶναι, σέ κάθε περίπτωση, ἀποτελέσματα ἐνεργειῶν πού βρίσκονται ἔξω ἀπό αὐτήν (ὁ τεχνίτης πού τήν ἐφτιαξε). Ἀντίθετα καί σέ ἀπόλυτη ἀντιδιαστολή ἡ δομή ἑνός ἔμβιου ὄντος δέν ὀφείλεται σέ κατασκευαστές ἔξω ἀπό αὐτό ἀλλά σέ αὐτό τό ἴδιο. Ὁ μοναδικός καί πάντα ἴδιος τελικός σκοπός του εἶναι νά ἐξασφαλίσει, μέ τήν ἀναπαραγωγή, τή διαίωσή του.

Ἐπισκοπώντας ὅλα τά προηγούμενα μπορούμε νά ποῦμε πώς τά ἔμβια ὄντα ξεχωρίζουν καί διαφέρουν ἀπ' τίς μηχανές, γιατί τελικός μοναδικός σκοπός τους εἶναι ἡ διαίωσή τους, πού πετυχαίνεται μέ τήν ἀναπαραγωγή, πού ὁ μηχανισμός της βασίζεται σέ νουκλεικά ὀξέα, ἐνῶ ὁ τελικός σκοπός τῶν μηχανῶν καθορίζεται κάθε φορά ἀπ' τόν ἄνθρωπο καί σέ περίπτωση ἀναπαραγωγῆς τους ὁ μηχανισμός της δέν ἔχει καμιᾶ σχέση μέ τά νουκλεικά ὀξέα.

1.2 Τά περιεχόμενα αὐτοῦ τοῦ βιβλίου

Τό βιβλίο αὐτό εἶναι χωρισμένο σέ δύο μέρη. Τό ἕνα, τό συντομότερο, ἀσχολεῖται μέ τή λειτουργία τοῦ ζωντανοῦ ὄντος, τῆς ζωντανῆς μηχανῆς

καί ειδικότερα της μικρότερης λειτουργικής καί μορφολογικής μονάδας της, τοῦ κυττάρου. Ἀπαντᾷ στό ἐρώτημα «πῶς λειτουργεῖ ὁ ὀργανισμός». Ἐξηγεῖ πῶς ζεῖ τό κύτταρο, ἡ στοιχειώδης αὐτή μονάδα ἀπό τήν ὁποία (ἂν ἐξαίρῃ κανεῖς τοὺς ιούς) ἀποτελοῦνται ὅλοι οἱ ζῶντα οἱ ὀργανισμοί. Γνωρίζοντας πῶς ζεῖ, δηλαδή πῶς λειτουργεῖ τό κύτταρο, καταλαβαίνουμε καλύτερα πῶς λειτουργοῦν καί οἱ πολυκύτταροι ὀργανισμοί, 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 της ἀνομοιομέρειας, πολυπλοκότητας, ὀργανώσεως, λειτουργίας (μεταβολισμοῦ) καί ὁμοιοστάσης στό ἐπίπεδο τοῦ κυττάρου.

Τό δεῦτερο καί μεγαλύτερο μέρος τοῦ βιβλίου ἀσχολεῖται μέ τήν ἀναπαραγωγή καί τήν τελεονομία. Ἀπαντᾷ σ' ἄλλου εἶδους ἐρωτήματα: γιατί εἶναι ἔτσι κατασκευασμένο τό ζῶντανό 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 της κληρονομικότητας) καί ἡ Ἐξέλιξη τῶν ὀργανισμῶν. Στό τέλος μιλάμε καί γιά τήν Οἰκολογία, κλάδο της Βιολογίας πού ἐξετάζει τοὺς ὀργανισμούς σέ σχέση μέ τό περιβάλλον πού ζοῦν, καί πού εἶναι τόσο ἐπίκαιρος, ἀφοῦ στά χρόνια μας ἡ ρύπανση καί καταστροφή τοῦ φυσικοῦ περιβάλλοντος ἔχουν πάρει ἐπικίνδυνη ἔκταση.

2. ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

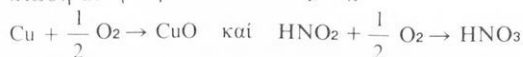
Είδαμε πώς ο οργανισμός είναι μία χημική μηχανή: αντί όμως στη μηχανή αυτή να κινούνται άξονες και τροχοί, όπως στο ρολόι, «κινούνται» χημικά μόρια. Τα μόρια αυτά αντιδρώντας μεταξύ τους παρέχουν και την ενέργεια που χρειάζεται. Έτσι η ενέργεια που χρησιμοποιεί ο οργανισμός είναι χημική ενέργεια.

2.1 Όξειδοαναγωγές και Ενέργεια

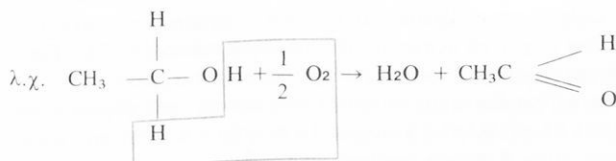
Δύο ειδών χημικές αντιδράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό: οι **οξειδώσεις** και οι **αναγωγές**.

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

- είτε πώς προσθέτονται, σε άτομα ή μόρια, άτομα οξυγόνου (ή περίπτωση αυτή λέγεται και **καύση**) λ.χ.

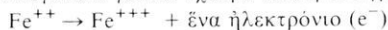


- ή πώς από μόρια αφαιρούνται άτομα υδρογόνου:



Στις περιπτώσεις αυτές μιλάμε για αφυδρογόνωση. Πολλές από τις οξειδώσεις στον οργανισμό είναι στην πραγματικότητα αφυδρογονώσεις.

Γενικότερα στίς 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. $\text{PbO} + \text{C} \rightarrow \text{Pb} + \text{CO}$ (το οξείδιο του μολύβδου γίνεται μεταλλικός μολύβδος).

● ή προσθέτονται άτομα υδρογόνου

λ.χ. $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ (υδρόθειο)

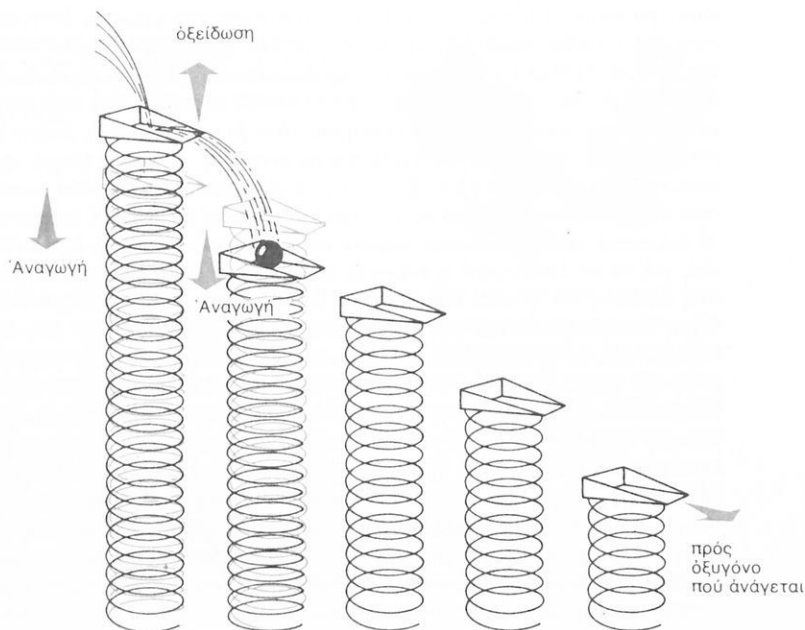
Γενικότερα στίς αναγωγές **προσθέτονται ηλεκτρόνια** κι έτσι αυτό που ανάγεται, είτε είναι άτομο είτε ρίζα, ελαττώνει το θετικό σθένος του, ή αυξάνει το αρνητικό του.

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

Οί οξειδώσεις και οί 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 στίς 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 τίς οξειδώσεις και το σπάσιμο των πολύπλοκων μορίων σε μικρότερα μόρια απελευθερώνεται ή ενέργεια που χρειάζεται ο οργανισμός. Αντίθετα, συνήθως οί αναγωγές χρειάζονται ενέργεια για να πραγματοποιηθούν. Ένα παράδειγμα μιάς σειράς οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων μās 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 μιάς σειράς οξειδοαναγωγών. Ένας αριθμός ούσιων παρουσιάζεται σάν μιά σειρά όρθιων ελατηρίων: κάθε χημική ούσια είναι κι ένα ελατήριο, διαφορετικού μήκους, που φέρνει πάνω του ένα καλαθάκι μέ κατάλληλο άνοιγμα. Τό ελατήριο που θά πιεστεί μ' ένα βάρος, όπως είναι ή μαύρη σφαίρα, θά μαζέψει δυναμική ενέργεια. Αυτή ή δυναμική ενέργεια θά ελευθερωθεί μόλις τό βάρος φύγει από πάνω του. Η σφαίρα συμβολίζει δυό ηλεκτρόνια μαζί, που πηδάνε από χημική



Εικόνα 3: Μηχανικό ανάλογο για μία σειρά οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων. Η μαύρη σφαίρα παριστάνει δύο ηλεκτρόνια που πηγαίνουν από μία σε άλλη χημική ένωση. Κάθε ένωση όταν δέν 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 (ελευθερώνεται) μόλις οξειδωθεί, μόλις χάσει τη σφαίρα (δώσει ηλεκτρόνια).

Κάθε αναγωγή για να γίνει χρειάζεται να προηγηθεί μία οξειδωση, 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: η σφαίρα έχει την τάση διαρκώς να πεφτει χαμηλότερα, να χάνει τμηματικά τη δυναμική της ενέργεια που σε κάθε ελατήριο ελευθερώνεται σαν κινητική ενέργεια. Το μηχανικό αυτό ανάλογο είναι

Συνολικά
 $\Delta G_{\text{ολ}} = \sum \Delta G_i$
 $\Delta G_{\text{ολ}} < 0$
 (αυτομόνη)

ιδιαίτερα καλό γιατί μᾶς δείχνει ἄλλες δύο πλευρές τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων τοῦ καταβολισμού. Ἄν παραδεχτοῦμε πὺς ἀριστερά ἢ ἀρχικὴ θέση τῆς σφαίρας (δηλαδὴ τοῦ ζευγαριοῦ τῶν ἠλεκτρονίων) δείχνει μὲ τὸ ὕψος στὸ ὁποῖο βρίσκεται τὴ δυναμικὴ ἐνέργεια ποὺ θὰ μετατραπεῖ σὲ κινητικὴ, κατεβαίνοντας σκαλί σκαλί τὰ ἐλατήρια, τότε βλέπουμε πὺς ἡ ἐνέργεια αὐτὴ σιγὰ σιγὰ, σταδιακὰ, μετατρέπεται σὲ κινητικὴ. Σὲ κάθε πηδῆμα τῆς σφαίρας, σὲ κάθε δηλαδὴ κατέβασμά της, ἐλευθερώνεται μιά μικρὴ ποσότητα κινητικῆς ἐνέργειας καὶ ἀντίστοιχα ἐλαττώνεται ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια. **Ἡ διάσπαση τῶν πολυπλοκῶν μορίων στὸν καταβολισμό καὶ ἡ ὀξειδωστὴ τους γιὰ νὰ ἀπελευθερωθεῖ ἡ ἐνέργεια ποὺ κρατοῦν μέσα στοὺς χημικοὺς τους δεσμοὺς δὲν γίνεται ἀπότομα, διὰ μιᾶς, ἀλλὰ σιγὰ σιγὰ, τμηματικά.** Ἔτσι, ἀπελευθερώνονται, κάθε φορά, μικρά ποσὰ ἐνέργειας. Ἄν γινόταν διαφορετικά, ἂν ἡ ἀπελευθέρωση γινόταν ἀπότομα, θὰ ἐκλύοταν μεγάλη ποσότητα θερμότητας, ποὺ θὰ σκότωνε τὸ κύτταρο. Οἱ ἀντιδράσεις ὅμως γίνονται ἔτσι ποὺ τὰ ποσὰ τῆς ἐνέργειας ποὺ ἐλευθερώνονται νὰ ἔναι μικρά, γίνονται κατὰ κάποιο τρόπο «ἐν ψυχρῷ». Γιὰ νὰ γίνει ὅμως αὐτὸ πρέπει οἱ ἀντίστοιχες χημικὲς οὐσίες ποὺ παίζουν τὸ ρόλο τῶν ἐλατηρίων τοῦ μηχανικοῦ μας ἀνάλογου, νὰ ἔναι τοποθετημένες σὲ κάποια ἀκριβὴ σειρά, ὅπως εἶναι τὰ ἐλατήρια στὸ παράδειγμά μας: πρῶτα τὰ ψηλότερα καὶ μετὰ τὰ χαμηλότερα. Ἔτσι ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ μὲ τὶς χημικὲς οὐσίες ποὺ δέχονται τὰ ἠλεκτρόνια στὰ μιτοχόνδρια τοῦ κυττάρου: εἶναι τοποθετημένες μὲ κάποια καθορισμένη σειρά, ἀποτελοῦν ἓνα εἶδος συστοιχίας (μπατταρίας).

2.2 Τὸ ATP

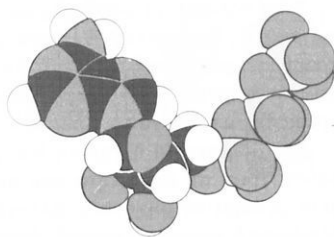
Ἡ σειρά τῶν ἐλατηρίων (τῆς εἰκόνας 3) ἀποτελεῖ τὸ μηχανικὸ ἀνάλογο μιᾶς συγκεκριμένης σειρᾶς χημικῶν ἀντιδράσεων τοῦ καταβολισμοῦ ποὺ ὅλες μαζί ὀνομάζονται **ὀξειδωτικὴ φωσφορυλίωση**.

Ὀξειδωτικὴ, γιατί γίνεται μιά σειρά ἀπὸ ὀξειδώσεις (κάθε φορά ποὺ φεύγει ἡ σφαῖρα ἀπὸ ἓνα ἐλατήριο καὶ τοῦτο ξεπετάγεται ἐλεύθερο). Οἱ ὀξειδώσεις αὐτὲς καταλήγουν στὸ νὰ σχηματιστεῖ νερό: Τὰ ἠλεκτρόνια καταλήγουν στὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα (ποὺ στὰ ζῶα δεσμεύεται στοὺς πνεύμονες καὶ μὲ τὴν κυκλοφορία φτάνει ὡς τὸ τελευταῖο κύτταρο) καὶ τὸ φορτίζον ἀρνητικὰ ἔτσι ποὺ νὰ μπορεῖ νὰ ἐνωθεῖ μὲ θετικὰ ἰόντα ὕδρογόνου καὶ νὰ σχηματιστεῖ νερό.

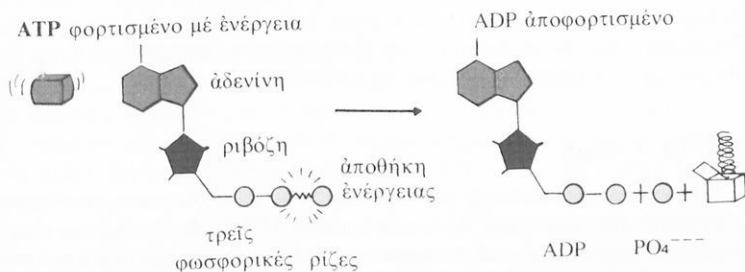
Φωσφορυλίωση, πάλι, λέγεται γιατί ἡ ἐνέργεια ποὺ ἐλευθερώνεται σὲ κάθε ὀξειδωσὴ χρησιμεύει γιὰ νὰ σχηματιστεῖ τὸ ATP. Ἀλλὰ τί εἶναι τὸ ATP;

Τὸ ATP (ἐῖ-τί-πί) εἶναι μιά διεθνὴς συντομογραφία γιὰ τὸ μακρὺ ὄνομα τοῦ χημικοῦ αὐτοῦ μορίου: **τριφωσφορικὴ ἀδενοσίνη** (Ἀδενοσίνη Τρι-

Εικόνα 4: Το ATP. Με μπλέ χρώμα τὰ άτομα τοῦ N, μέ κόκκινο τοῦ O, μέ μαῦρο τοῦ C, μέ κίτρινο τοῦ P, καί μέ ἄσπρο τοῦ H. Οἱ τρεῖς ρίζες τοῦ φωσφορικοῦ ὀξέος βρίσκονται στήν οὐρά τοῦ μορίου, στά δεξιά.



φ (Ph)ωσφορική). Τό μόριο αὐτό ἀποτελεῖται ἀπό ἄδενίνη (μιά χημική ἔνωση, μία ὀργανική βάση, πού θά συναντήσουμε ἀργότερα καί σάν μέρος τῆς κατασκευῆς τῶν νουκλεϊκῶν ὀξέων), ἀπό ριβόζη (μιά πεντόζη, δηλαδή ὕδα-τάνθρακα μέ πέντε ἄτομα ἄνθρακα, πού κι αὐτή ἀποτελεῖ μέρος τῆς κατασκευῆς ὀρισμένων νουκλεϊκῶν ὀξέων) καί τρεῖς ρίζες τοῦ φωσφορικοῦ ὀξέος. Αὐτές οἱ τρεῖς φωσφορικές ρίζες εἶναι ἐνωμένες στή σειρά καί σχηματίζουν ἓνα εἶδος οὐράς στό μόριο. Ἡ ἔνωση ἄδενίνης μέ ριβόζη λέγεται ἄδενোসίνη. Ὅταν ἡ τρίτη φωσφορική ρίζα (ἐκείνη πού βρίσκεται στήν ἀντίθετη μέ τήν ἄδενোসίνη θέση) (βλέπε εἰκόνα 4), ἀποχωριστεῖ ἀπό τό μόριο, δηλαδή ἀποσυνδεθεῖ ἀπ' τή δεύτερη, ἐλευθερώνεται πολλή ἐνέργεια. Ἡ σύνδεση δηλαδή τρίτης καί δεύτερης ρίζας γίνεται μέ δεσμό ὕψους ἐνέργειας. Χρειάζεται λοιπόν πολλή ἐνέργεια γιά νά ἐνωθεῖ μιά φωσφορική ρίζα σ' ἓνα μόριο διφωσφορικής ἄδενοσίνης (ADP, μόριο πού ἀποτελεῖται ἀπό ἄδενίνη, ριβόζη καί δύο μόνο φωσφορικές ρίζες). Μέ τήν ἔνωση αὕτη σχηματίζεται βέβαια ATP. Ἔτσι



Ἡ ἀποθηκευμένη ἐνέργεια στό δεσμό «ὕψους ἐνέργειας» συμβολίζεται πιο πάνω μ' ἓνα κουτί μέ ἐγκλειστο ἐλατήριο (δυναμική ἐνέργεια). Ὅταν σπάσει ὁ δεσμός αὐτός, ἡ ἐνέργεια ἐλευθερώνεται (ἄνοιγμα τοῦ κουτιοῦ καί ἀπελευθέρωση τοῦ ἐλατηρίου).

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.

Στη 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 μεταβολισμού, όπως θα δούμε. Δεν κάνει όμως πάντα αυτή τη μετατροπή, γιατί χρειάζεται και θερμική ενέργεια (για να ξεσταθεί όταν κρύνει) 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». Σάν τό νόμισμα που χρησιμοποιείται (ανταλλάσσεται) για να αποκτηθούν αγαθά, έτσι και η χημική ενέργεια του ATP ανταλλάσσεται με άλλου είδους ενέργεια, όταν χρειαστεί άλλου είδους ενέργεια ο οργανισμός.

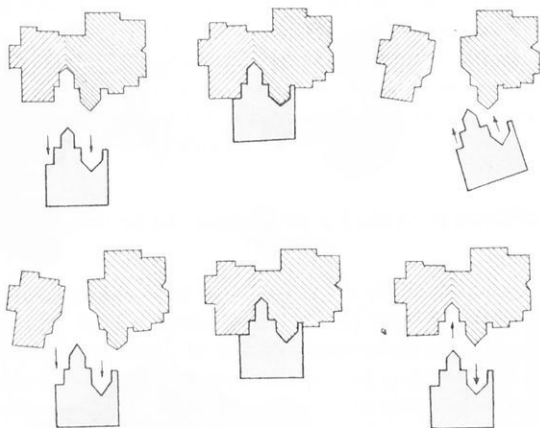
Η σημασία της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης για την ενεργειακή οικονομία λ.χ. του ανθρώπου φαίνεται καθαρά από το ότι ο ανθρώπινος οργανισμός (άτομο μέσου βάρους και ηλικίας που κάνει μετρια σωματική εργασία) παράγει σε 24 ώρες **συνολικά** (και φυσικά γρήγορα, πάλι, το διασπᾶ, δηλαδή διαρκώς παράγει και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

Τό ATP είναι μιᾶ ἀποθήκη μικροποσοτήτων ενέργειας γρήγορα και ἄμεσα χρησιμοποιήσιμης. Ὁ οργανισμός ὅμως ἔχει καί μεγαλύτερες ἀποθήκες ενέργειας ἀλλά πού δέν εἶναι τόσο γρήγορα χρησιμοποιήσιμες: τό ἄμυλο, τό γλυκογόνο, τά λίπη καί τίς πρωτεΐνες.

2.3 Τά Ἐνζυμα

Οἱ χημικές ἀντιδράσεις τοῦ μεταβολισμοῦ δέ θά πραγματοποιοῦνταν ἀπό μόνες τους, οὔτε κἂν θά ῥχιζαν, χωρίς **τά Ἐνζυμα**. Τά Ἐνζυμα εἶναι καταλύτες πού ἐπιταχύνουν ἢ διευκολύνουν τίς διαφορές χημικές ἀντιδράσεις, χωρίς ὅμως νά «φθείρονται» γιατί στό τέλος τῆς ἀντιδράσεως φαίνεται νά μὴν ἔχουν ἀλλάξει, σάν νά μὴν ἔχουν διόλου χρησιμοποιηθεῖ. Μικρές ποσότητές τους ἀρκοῦν γιά νά δράσουν. Γι' αὐτό καί τά ὀνομάζουν **βιοκαταλύτες**. Παράγονται ἀπό τά κύτταρα καί εἶναι μεγάλες ὀργανικές ἐνώσεις. Κάθε ἔνζυμο:

Εικόνα 5: Πώς δρουν τα ένζυμα. Έπάνω: Το ένζυμο (γαλάζιο χρώμα) προκαλεί το σπάσιμο μιάς οργανικής ένωσης σε δύο κομμάτια. Κάτω: Το ένζυμο συνθέτει από δύο ενώσεις μία νέα οργανική ένωση.

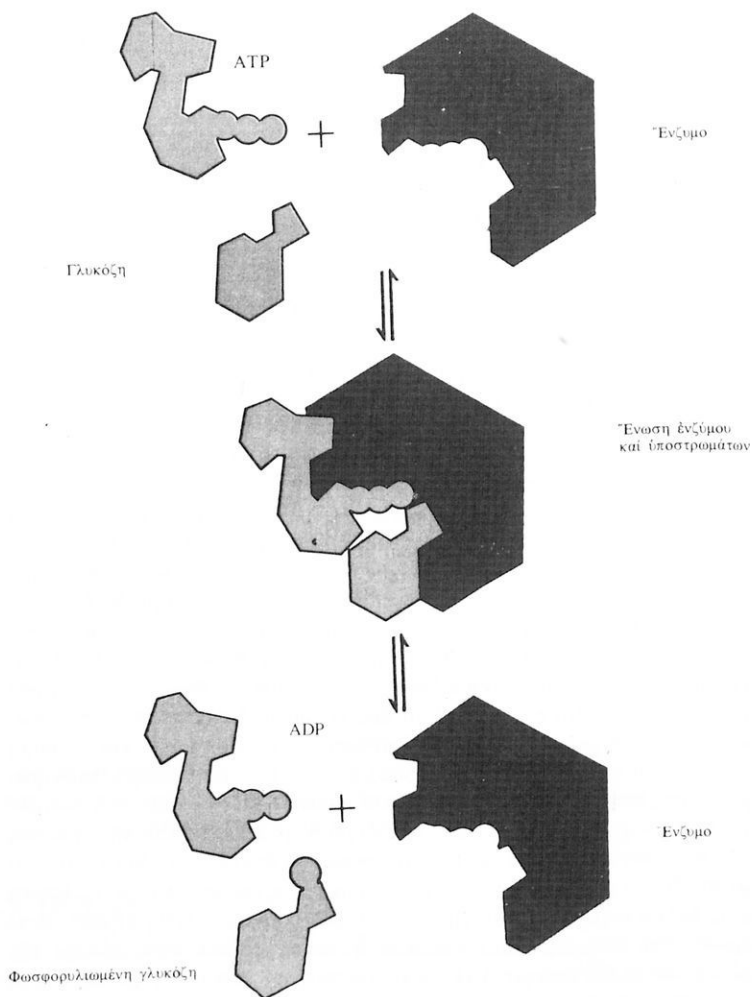


- είτε είναι μία πρωτεΐνη
- είτε αποτελείται από δύο κομμάτια: το μεγαλύτερο (άποένζυμο) είναι πρωτεΐνη και το μικρότερο (συνένζυμο) μία άλλη χημική ένωση.

Διευκολύνοντας και έτσι επιταχύνοντας τις χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού, τα ένζυμα αποτελούν τους ρυθμιστές των χημικών αλλαγών στο κύτταρο. Ένας σχηματικός τρόπος που δείχνει πώς δρουν τα ένζυμα φαίνεται στις εικόνες 5 και 6. Στην πρώτη εικόνα το ένζυμο (με το γαλάζιο χρώμα) σπάει μία οργανική ένωση σε δύο κομμάτια, ενώ στο κάτω μέρος της εικόνας το ίδιο ένζυμο από τα δύο κομμάτια ξανασυνθέτει την οργανική ένωση. Κάποια συναρμογή (ταίριασμα) στις επιφάνειες και τη δομή του ενζύμου και της χημικής ένωσης πάνω στην οποία επιδρά (υπόστρωμα), όπως στη συναρμογή κλειδιού και κλειδαριάς, φαίνεται να διευκολύνει τη δράση του ενζύμου, αφού το ένζυμο στην πρώτη φάση της δράσεώς του ένώνεται πρόσκαιρα με το υπόστρωμα, το αγκαλιάζει. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει και στην άλλη (εικ. 6) σχηματική παράσταση με τη δράση ενός άλλου ενζύμου. Το ένζυμο αυτό βοηθά στην ακόλουθη χημική αντίδραση: στη μεταφορά μιάς φωσφορικής ρίζας (ό τελευταίος κύκλος της ούρας του ATP) από το ATP (που γίνεται έτσι ADP) στη γλυκόζη (ένα σάκχαρο με 6 άτομα άνθρακα) που φωσφορυλιώνεται. Κι εδώ το σχήμα δείχνει πώς το ένζυμο αγκαλιάζει και φέρνει κοντά το ATP και τη γλυκόζη, βοηθώντας έτσι στην πραγματοποίηση της χημικής αντίδρασεως. Ένεργό κέντρο του ενζύμου είναι το μέρος του που μπορεί να χωθεί το υπόστρωμά του ή τα υποστρώματά του για να γίνει ή χημική αντίδραση. Ακριβώς επειδή το ενεργό κέντρο, το κέντρο δηλαδή υποδοχής, δεν είναι

substrate

active site



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

τό ίδιο για κάθε υπόστρωμα, έχουμε τη μεγάλη **ἐξειδίκευση** τῶν ἐνζύμων: Κάθε εἶδος ἐνζύμου καταλύει ὀρισμένο εἶδος χημικῆς ἀντιδράσεως κι ὄχι ὁποιαδήποτε. Ἡ κατάλυση τῆς ἀντιδράσεως εἶναι πολὺπλοκο φαινόμενο, πολὺ πιό σύνθετο ἀπ' ὅ,τι τό περιγράψαμε ἐδὼ ἀπλοϊκὰ (καί μόνο μερικά) μέ τὰ σχήματά μας, πού δείχνουν μόνο ἓνα μέρος του, σχετικό μέ τή συναρμογή τῶν ἐπιφανειῶν ἐνζύμου-ὑποστρώματος.

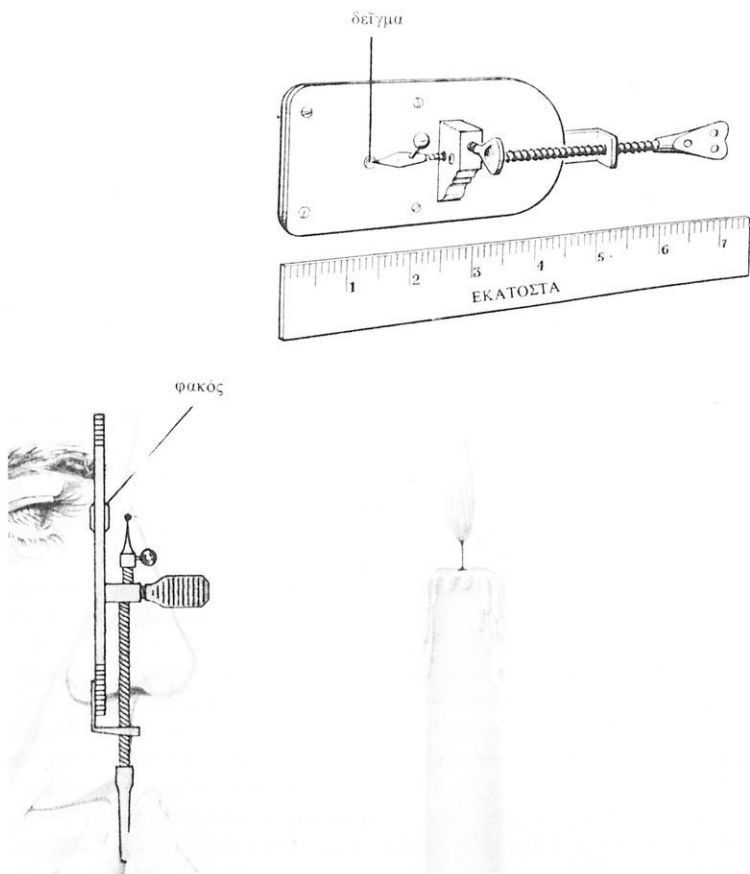
2.4 Ἡ Κυτταρική Θεωρία: τό κύτταρο εἶναι ἡ ἐλάχιστη μονάδα τῆς ζωῆς

Ἡ μικρότερη ζωντανή μονάδα εἶναι τό **κύτταρο**: ὅλοι οἱ ζωντανοί ὄργανισμοί, μέ ἐξαίρεση τοὺς ιούς, ἀποτελοῦνται ἀπό ἓνα (**μονοκύτταροι**) ἢ περισσότερα κύτταρα (**πολυκύτταροι**). Τά κύτταρα ἔχουν μικρό μέγεθος καί γι' αὐτό ἀνακαλύφθηκαν ὅταν πρωτοχρησιμοποιήθηκε τό μικροσκόπιο.

Δέν μπορεῖ νά καθοριστεῖ μέ ἀκρίβεια καί βεβαιότητα πότε κι ἀπό ποιούς βρέθηκε τό σύνθετο μικροσκόπιο, αὐτό πού ἀποτελεῖται ἀπό συνδυασμό φακῶν. Γιά πολὺ καιρό ἐφευρέτες του θεωρήθηκαν δύο Ὁλλανδοί (ὁ πατέρας κι ὁ γιός Janssen) στά 1590. Τώρα ὅμως φαίνεται πὼς ἔγινε ἀπό πιό πρὶν ἢ ἐφευρέσή του. Ἀλλωστε ἡ ἱστορία τοῦ μικροσκοπίου εἶναι μεπερδεμένη μέ τὴν ἐξέλιξη τοῦ τηλεσκοπίου, καί ἀναφέρεται πὼς κι ὁ Γαλιλαῖος (Galileo Galilei 1564-1642) μέ κατάλληλη προσαρμογή χρησιμοποίησε τό τηλεσκόπιο του καί γιά μικροσκοπικές παρατηρήσεις.

Τό ὄνομα τοῦ μικροσκοπίου προέρχεται ἀπό τὴν ἐλληνική γλῶσσα, μικρός καί σκοπεῖν (= νά παρατηρεῖ κανεῖς) καί τό ὅπως τό 1625 ὁ Giovanni Faber, ἓνας ἰταλός. Τό 1665 ὁ ἄγγλος Robert Hook (1635-1703) δημοσιεύει τό ἔργο του Micrographia ὅπου καί χρησιμοποιεῖ γιά πρώτη φορά τὴ λέξη κύτταρο. Ὁ Ὁλλανδός A. von Leeuwenhoek (1632-1723) μέ ἀπλά, δικῆς του κατασκευῆς, μικροσκόπια (ἦταν σπουδαῖος τεχνίτης στήν κατασκευὴ φακῶν) κάνει ἀνακαλύψεις πού θεωροῦνται θαυμαστές γιά τὴν ἐποχή του. Αὐτός παρατηρεῖ στό αἷμα του γιά πρώτη φορά τὰ ἐρυθρά αἷμσφαίρια καί παρατηρεῖ στό νερό μικροσκοπικά ὄντα (τά μικρόβια). Ὁ Χούκ σέ τομές, μέ πολὺ μικρὸ πάχος, φελλοῦ εἶδε σειρές κολλημένων κουτιῶν, τῶν κυττάρων (ὅπως τὰ ὀνόμασε). Σ' αὐτές τίς τομές φαίνονταν μόνο οἱ πλευρές (τά τοιχώματα) τῶν κυττάρων, πού εἶναι παχιές καί εὐδιάκριτες ἀπό τίς ἐναποθέσεις διάφορων οὐσιῶν φελλοῦ, ξύλου κ.ἄ. Γι' αὐτό γρήγορα φάνηκε πὼς ὅλα τὰ μέρη τῶν φυτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ κύτταρα. Στά ζῶα, ὅμως, τὰ περισσότερα κύτταρα δέν παρουσιάζουν ἐναποθέσεις, δέν εἶναι εὐδιάκριτα, κι ἔτσι γιά πολὺ καιρὸ ἀμφισβητήθηκε πὼς τὰ ζῶα ἀποτελοῦνται ἀπὸ κύτταρα.

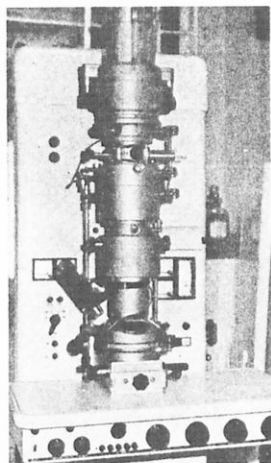
Δυὸ γερμανοί, ὁ ζωολόγος Σβάνν (Th. Schwann 1810-1882) καί ὁ βοτα-



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

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

Εικόνα 8: Τό σύνθετο μικροσκόπιο του Hooke.

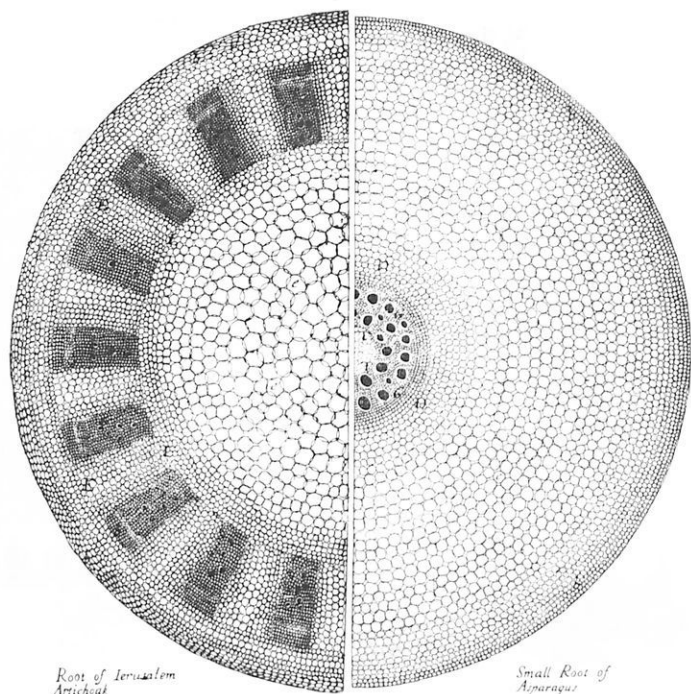


Εικόνα 9: Τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

M € 250000

ζωντανός οργανισμός. Ἡ κυτταρική θεωρία συμπληρώθηκε ἀργότερα, τό 1855, μέ τό ἀπόφθεγμα τοῦ γερμανοῦ βιολόγου Βίρχωφ (Rudolf Virchow 1821-1902) «κάθε κύτταρο προέρχεται μόνο ἀπό ἄλλο κύτταρο». Θά δοῦμε παρακάτω πώς αὕτη ἡ ἀρχή στερεώθηκε καί γενικεύθηκε καί γιά τοὺς μικροοργανισμούς ἀπό τόν Παστέρ.

Παρακάτω θά μελετήσουμε πῶς εἶναι φτιαγμένη καί πῶς λειτουργεῖ ἡ ζωντανή κυτταρική μονάδα: στό ἐπίπεδο τοῦ κυττάρου θά γνωρίσουμε μερικές σημαντικές μεταβολικές ἀντιδράσεις σάν αὐτές γιά τίς ὁποῖες μιλήσαμε μέχρι τώρα. Τά κύτταρα εἶναι πολύπλοκα: τά πιο μικρά κύτταρα υπολογίστηκε πῶς περιέχουν 3000 ὡς 6000 διάφορα εἶδη χημικῶν ἐνώσεων. Τά πιο μικρά κύτταρα εἶναι τά βακτήρια. Τά πιο μικρά βακτήρια εἶναι τά **μυκοπλάσματα** (παράσιτα φυτῶν καί παράσιτα στοὺς πνεύμονες τῶν πουλιῶν καί θηλαστικῶν) πού ἔχουν μέγεθος 0,1μ (= 1000Å). Ἐχει βρεθεῖ ἀπό υπολογισμούς πῶς γιά νά υπάρξει ὀργανωμένο κύτταρο πρέπει νά ἔχει τουλάχιστο αὐτό τό μέγεθος. Τό μέγεθος τῶν συνηθισμένων κυττάρων εἶναι 10μ

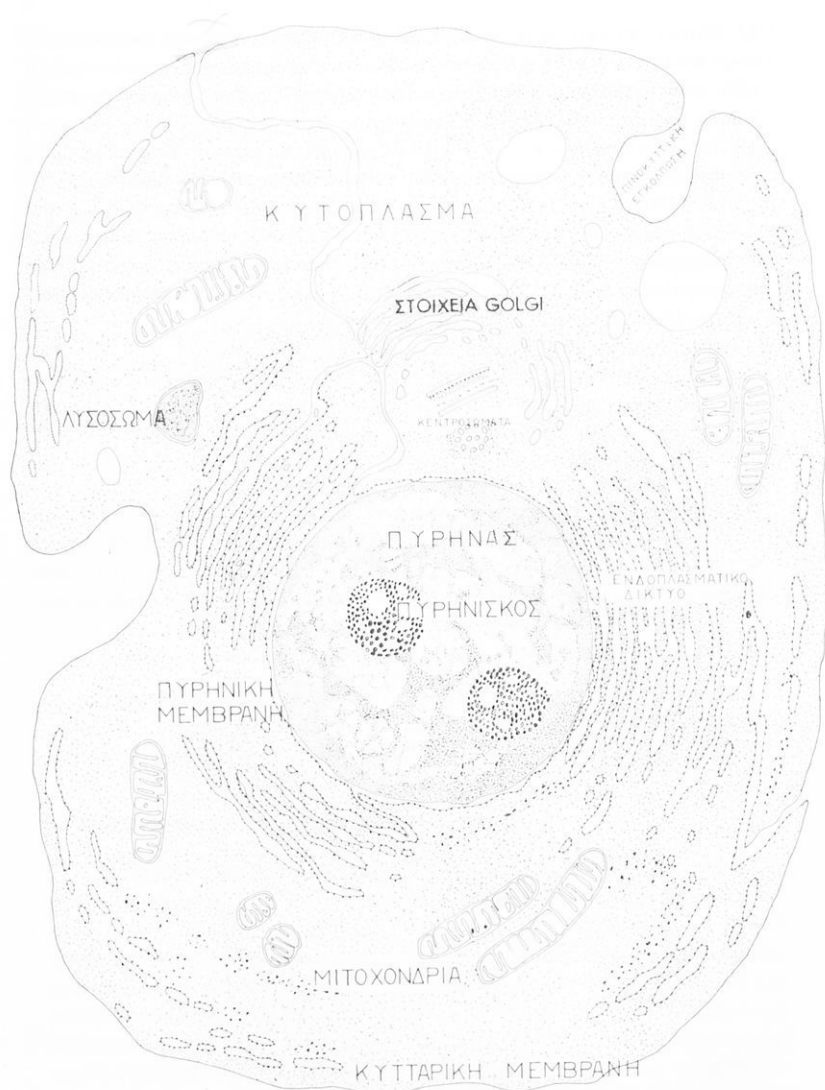


Εικόνα 10: Τομές δύο ριζών, αριστερά του κολοκασσιού (*Helianthus tuberosus*) δεξιά του παραγιού, όπως εικονίζονται από τον N. Grew που τις δημοσίευσε 20 χρόνια μετά τη *Micrographia* του Hooke.

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, εὐ = καλά και κάρυον = πυρήνας καρπών, ἐδῶ πυρήνας τοῦ κυττάρου). Προκαρυωτικά είναι τα βακτήρια και τα Κυανοφύκη, οργανισμοί πιο πρωτόγονοι από τους υπόλοιπους, τους ευκαρυωτικούς. Δέν έχουν σχηματισμένο πυρήνα στα κύτταρά τους. Θά τους εξετάσουμε μετά. Ἀντίθετα τα κύτταρα των ευκαρυωτικών οργανισμών είναι πιο πολύπλοκα και έχουν,



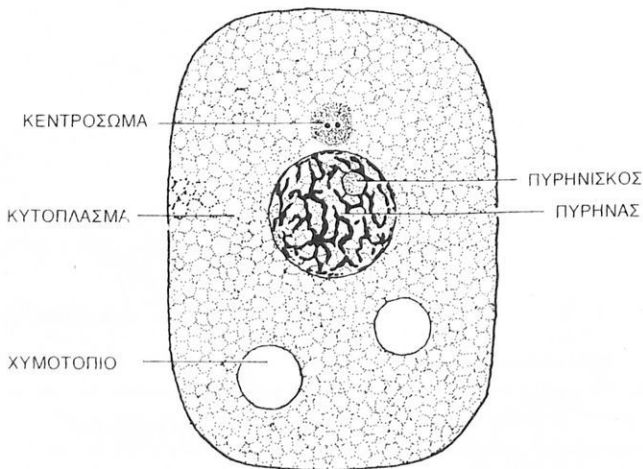
Εικόνα 11: Τό κυτταρο, όπως φαίνεται με τό ηλεκτρονικό μικροσκοπίο. Έδω γίνεται φανερό καί τό ένδοπλασματικό δίκτυο τοῦ κυτταροπλάσματος.

ξεκάθαρα, σχηματισμένο πυρήνα. Μιά παράσταση ενός «σχηματοποιημένου» κυττάρου δείχνει ή εικόνα 11. Λέμε «σχηματοποιημένο» γιατί πολλά είδη κυττάρων στους πολυκύτταρους οργανισμούς είναι **διαφοροποιημένα**, έπειδή επιτελούν διαφορετική λειτουργία. Έτσι έχουμε τὰ μυϊκά κύτταρα, τὰ νευρικά κύτταρα κ.ο.κ., πού έχουν διαφορετική μορφή. Μπορούμε όμως νά αφαιρέσουμε τίς ιδιαιτερότητες κάθε είδους κυττάρου καί νά κρατήσουμε μόνο τὰ κοινά γενικά χαρακτηριστικά, δείχνοντας συγχρόνως όλα τὰ τμήματα καί ὀργανίδια τοῦ κυττάρου. Ἡ εἰκόνα δείχνει τό κύτταρο μέ λεπτομέρειες πού φαίνονται μόνο μέ τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ὅργανο πού μεγαλώνει ὡς καί 100.000 φορές, ἐνῶ τό κανονικό μικροσκόπιο μπορεῖ νά μεγαλώσει ἕνα ἀντικείμενο ὡς 1.500 φορές.

Τό κύτταρο λοιπόν ἀποτελεῖται:

- ἀπό μία ἐξωτερική μεμβράνη, τήν **κυτταρική ἢ πλάσματική μεμβράνη** ἔξω ἀπό τήν ὁποία στά φυτικά κύτταρα ἔχουμε τό κυτταρικό τοίχωμα, σχηματισμένο ἀπό κυτταρίνη. Πάνω στό τοίχωμα αὐτό μπορεῖ νά ἀποτεθοῦν κι ἄλλες οὐσίες (ξύλο, φελλός κ.ἄ.).

- τό **κυτταρόπλασμα** ἢ **κυτόπλασμα** πού φαίνεται σάν μία παχύρρευστη καί ὁμοιογενές ὕλη στό συνηθισμένο μικροσκόπιο ἀλλά πού στό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνεται πιό πολύπλοκη γιατί μέσα της σχηματίζεται ὁλόκληρο δίκτυο ἀπό κανάλια, τό **ἐνδοπλασματικό δίκτυο**. Μέρος τοῦ δικτύου



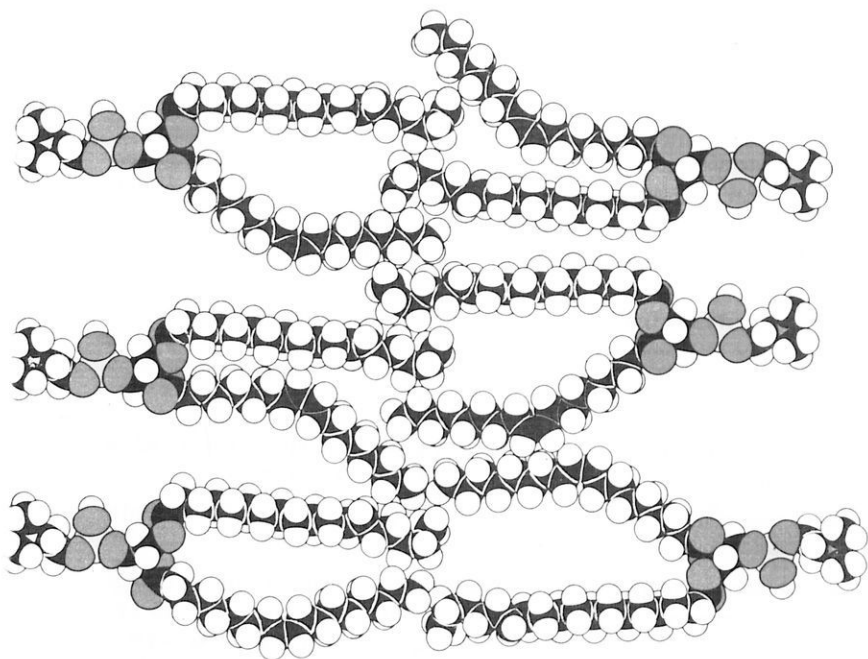
Εἰκόνα 12: Πῶς φαίνεται τό κύτταρο μέ τό συνηθισμένο μικροσκόπιο.

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

- τὰ **μιτοχόνδρια**, στρογγυλά ἢ σὲ σχῆμα μπασιουνοῦ.
 - τὰ **πλαστίδια**, στὰ φυτικά μόνο 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 πὺς τροποποιοῦν μερικὲς πρωτεΐνες, ὀρισμένες ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἐκκρίνονται ἀπὸ τὸ κύτταρο. Βοηθοῦν καὶ στὴν παραγωγή κυτταρικῶν μεμβρανῶν.
 - τὰ **λυσosώματα**, σάν κύστες ποὺ ἔχουν μέσα τους ἀποθηκευμένα ἔνζυμα. Χρησιμεύουν στὴν πέψη οὐσιῶν ποὺ «τρώγει» τὸ κύτταρο.
 - τὰ **χυμοτόπια**, χῶροι ποὺ περιέχουν νερὸ μὲ διαλυμένες διάφορες ὀργανικὲς καὶ ἀνόργανες οὐσίες.
 - Ὁ **πυρήνας** εἶναι τὸ πιὸ σημαντικὸ ὄργανο τοῦ κυττάρου. Διακρίνουμε τὴν **πυρηνικὴ** τοῦ **μεμβράνη** καὶ τὸν **πυρηνίσκο** τοῦ. Ὄταν τὸ κύτταρο διαιρεῖται, φαίνονται καθαρά καὶ τὰ **χρωματοσώματα** ποὺ περιέχει.
 - τὸ **κεντρόσωμα**, στὰ ζωικά μόνο κύτταρα.
- Θὰ ἐξετάσουμε παρακάτω πιὸ 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 **διαμερισματοποίηση**, μιὰ μεγάλῃ ἀνομοιομέρεια. Αὐτὴ τοῦ χρειάζεται γιὰ νὰ διεξαχθοῦν οἱ χημικὲς ἀντιδράσεις, πολλὲς ἀπὸ τὶς ὁποῖες γίνονται πάνω στὶς μεμβράνες. Εἶδαμε πὺς 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 ὁλόκληρῃ σειρά διαδοχικῶν χημικῶν ἀντιδράσεων (βαθμιαία πτώση τῆς σφαίρας). Ἡ τοποθέτηση τῶν χημικῶν ἐνώσεων σὲ ὀρισμένη σειρά πετυ-



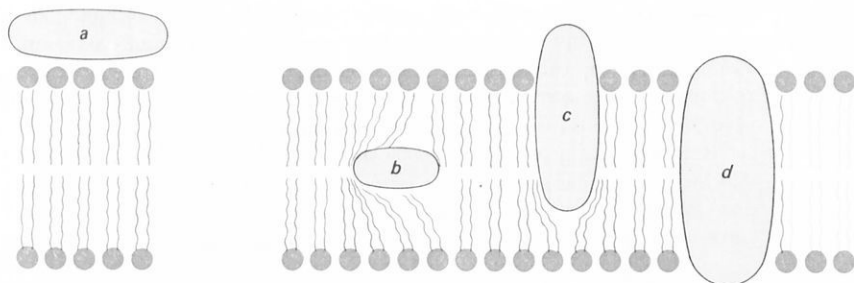
Εικόνα 13: Η διπλή στοιβάδα μορίων λιπιδίων (φωσφορολιπιδίων) που σχηματίζουν τη μεμβράνη. Κάθε μόριο έχει δυο ουρές από δυο μόρια λιπαρού όξέος.

χαίνει αν τοποθετηθούν μόνιμα οι ενώσεις αυτές σε μεμβράνες.

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

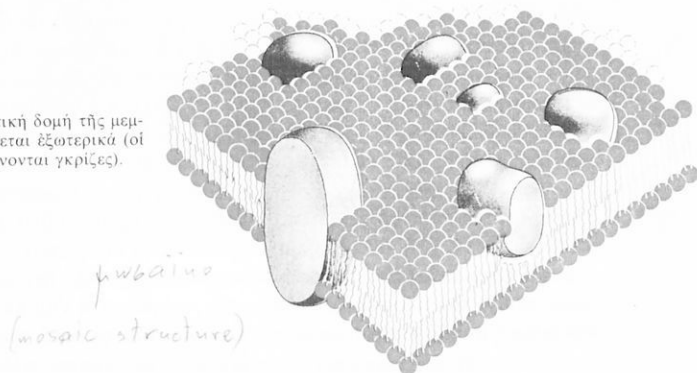
- πρώτα ξεχωρίζει το κύτταρο, από το περιβάλλον του, το «έξατομικεύει» του δίνει δηλαδή οντότητα.
- μετά επιτρέπει στο κύτταρο να συνδέεται με τα διπλανά του κύτταρα.
- τέλος επιτρέπει την **έκλεκτική διέλευση ουσιών**.

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 λιποδιαλυτές ενώσεις γιατί η μεμβράνη αποτελείται και από λιπίδια. Η μεμβράνη δεν είναι λοιπόν τό ίδιο διαπερατή για όλες τις ενώσεις, έχει δηλαδή μιά έκλεκτικότητα στο τί θα περάσει. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν

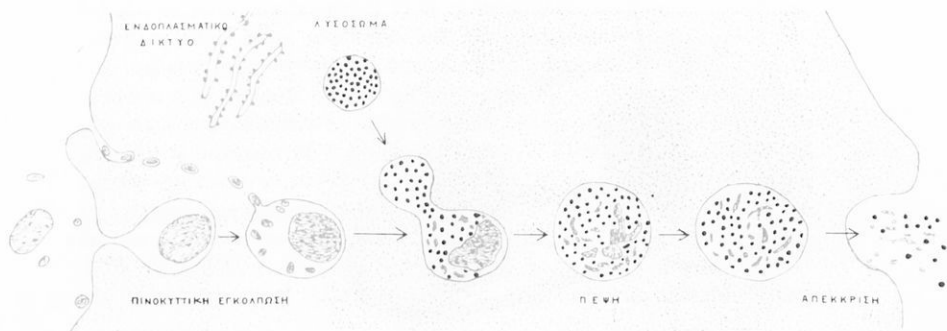


Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση της διπλής στοιβάδας των λιπιδίων και των πρωτεϊνών (κίτρινα σώματα) που άπαρτίζουν τη μεμβράνη.

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



Εικόνα 16: Φαγοκύτωση, πέψη και απέκκριση στο κύτταρο.

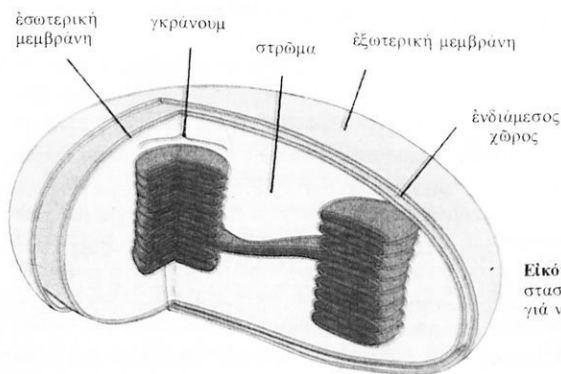


τό κύτταρο θέλει νά ένσωματώσει μεγάλα μόρια ή σώματα πού δέν μπορούν νά περάσουν άπ' τήν πλασματική μεμβράνη του δημιουργεί μιá ἐγκόλπωση στή μεμβράνη του καί ἐκεῖ μέσα τά κλείνει. Τά σακουλιάζει. Πρόκειται γιά τό φαινόμενο τῆς **φαγοκύτωσης**. Ὅταν ένσωματώνει μεγάλα μόρια διαλυμένα σέ ὑγρό, τό φαινόμενο ὀνομάζεται **πινोकύτωση**.

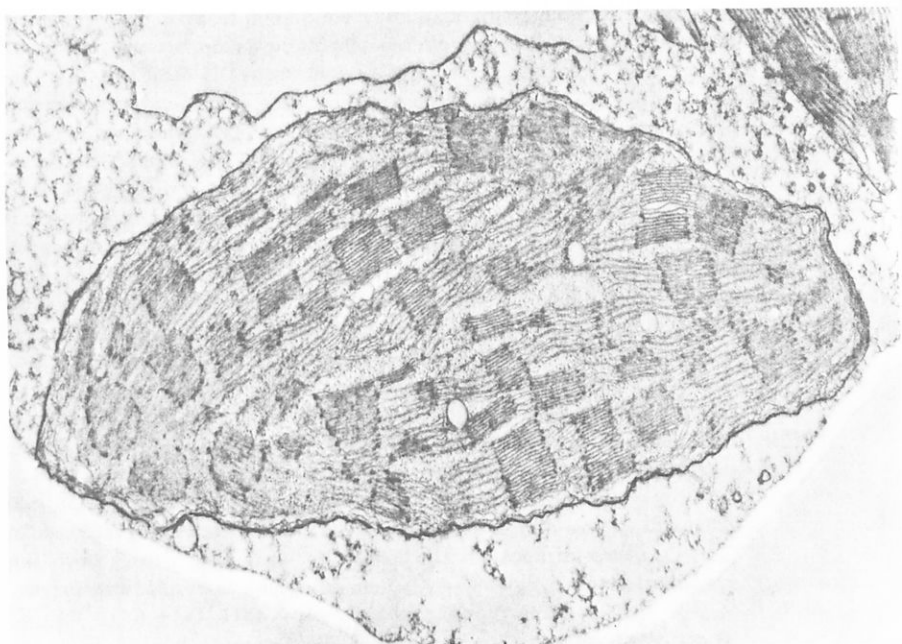
Ἡ πλασματική μεμβράνη ἀποτελεῖται ἀπό πρωτεΐνες καί δυό στρώματα ἀπό λιπίδια. Θά μπορούσε νά πεί κανένας πώς εἶναι ἕνα εἶδος σάντουιτς, ὅπως δείχνουν οἱ εἰκόνες 14 καί 15. Οἱ πρωτεΐνες εἶναι ἔτσι διαταγμένες ὥστε νά ἐπιτρέπουν στή μεμβράνη ἀρκετή ἐλαστικότητα.

2.7 Ἡ φωτοσύνθεση

Στό τμήμα τοῦ μεταβολισμοῦ πού ὀνομάζεται **ἀναβολισμός** πραγματοποιεῖται ἡ σύνθεση χημικῶν ἐνώσεων πού κλείνουν μέσα στοὺς δεσμούς τους ἐνέργεια. Οἱ χημικές αὐτές ἐνώσεις εἴτε ἀποτελοῦν ἀποθήκες ἐνέργειας εἴτε εἶναι δομικά συστατικά τοῦ ὀργανισμοῦ (ὅπως οἱ πέτρες ἀποτελοῦν τά δομικά συστατικά ἐνός πέτρινου σπιτιοῦ). Τά ζῶα καί γενικότερα οἱ ἑτερότροφοι ὀργανισμοί τρέφονται ἀπό ἄλλους ὀργανισμούς ἢ προϊόντα ἄλλων ὀργανισμῶν. Μέ τίς τροφές παίρνουν τίς πλούσιες σέ ἐνέργεια ὀργανικές ἐνώσεις. Οἱ ἐνώσεις αὐτές εἶναι συνήθως πολυμερή, δηλαδή ἀποτελοῦνται ἀπό πολλές μικρότερου μεγέθους χημικές ἐνώσεις: τό ἄμυλο καί τό γλυκογόνο ἀπό ἐξόζες, δηλαδή ὕδατάνθρακες μέ 6 μόνο ἄτομα ἄνθρακα (τέτοιες εἶναι λ.χ. ἡ γλυκόζη καί ἡ φρουκτόζη), οἱ πρωτεΐνες ἀπό τά ἄμινοξέα καί τά νουκλεϊκά ὀξέα ἀπό τά νουκλεοτίδια. Μέ τήν πέψη ὁ ὀργανισμός σπάζει τίς πολυμερεῖς ἐνώσεις τῶν τροφῶν στά χημικά μόρια πού τίς συνιστοῦν καί ξανασυνθέτει ἀπό τά μόρια αὐτά τά δικά του ἰδιαίτερα δο-



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

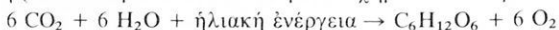


Εικόνα 18: Φωτογραφία χλωροπλάστη, όπως φαίνεται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

μικά συστατικά. "Άλλες πάλι ενώσεις τις μετατρέπει ή και τις καίει (τις οξειδώνει). 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 αυξήθηκαν με τη φωτοσύνθεση, ή αιολική (άνεμοι) ενέργεια κι η ενέργεια των υδατοπτώσεων σε τελική ανάλυση προέρχεται επίσης από την ήλιακή

ἐνέργεια. Ἡ ἡλιακὴ ἐνέργεια λοιπὸν εἶναι ἡ πηγὴ ἐνέργειας γιὰ τὴ συντήρηση, αὐξηση καὶ πολλαπλασιασμὸ τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν καὶ μετατρέπεται σὲ χημικὴ ἐνέργεια μὲ τὴ φωτοσύνθεση. Ἡ δέσμευση τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας γίνεται ἀπὸ τὶς χλωροφύλλες, πράσινες χρωστικές ποὺ βρίσκονται ὅπως εἶπαμε σὲ εἰδικὰ πλαστίδια, τοὺς χλωροπλάστες. Ὑπάρχουν καὶ ἄλλες χρωστικές (μπλέ, ροδόχρως κ.ἄ.) ποὺ μποροῦν νὰ φωτοσυνθέτουν σάν τὶς χλωροφύλλες καὶ ποὺ τὶς συναντᾶμε σὲ διάφορα φύκη (Κυανοφύκη, Ροδοφύκη κ.ἄ.). Τὸ πλαστίδιο εἶναι ὀργανίδιο ποὺ φαίνεται πὼς ἔχει καίποια αὐτονομία (ὅπως καὶ τὰ μιτοχόνδρια καὶ τὰ χρωματοσώματα): μπορεῖ καὶ πολλαπλασιάζεται. Κι αὐτὸ γιατί περιέχει ἓνα εἶδος νουκλεϊκῶν ὀξέων, περιέχει δηλαδὴ DNA (βλέπε καὶ 1.1 στ). Ὁ χλωροπλάστης ἔχει δύο μεμβράνες μιά ἐξωτερικὴ καὶ μιά ἐσωτερικὴ. Στὸ ἐσωτερικὸ του, μέσα σ' ἓνα ὑγρὸ (τὸ στρῶμα) ὑπάρχει ἓνα πολὺπλοκο σύστημα μεμβρανῶν ποὺ μοιάζει μὲ κλειστοὺς σάκους στοιβαγμένους, ὁ ἓνας πάνω στὸν ἄλλο, σὲ στήλες, ὅπως μιά στήλη μεταλλικῶν κεραμάτων. Οἱ στήλες αὐτές, ποὺ ἐπικοινωνοῦν μεταξὺ τους, ὀνομάζονται grana (γκράνα) καὶ περιέχουν τὶς χλωροφύλλες (υπάρχουν δύο εἶδων χλωροφύλλες).

Ὅταν φωτοσυνθῇ τὸ φυτό παίρνει ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα CO_2 , καὶ ἀπὸ τὸ ἔδαφος νερὸ H_2O καὶ μὲ αὐτὰ φτιάχνει γλυκόζη $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (ἓνα σάκχαρο) καὶ ἐλευθερώνει ὀξυγόνο, O_2 . Ἔτσι ἡ συνολικὴ ἀντίδραση (ἀποτέλεσμα πολλῶν ἐνδιάμεσων χημικῶν ἀντιδράσεων) εἶναι

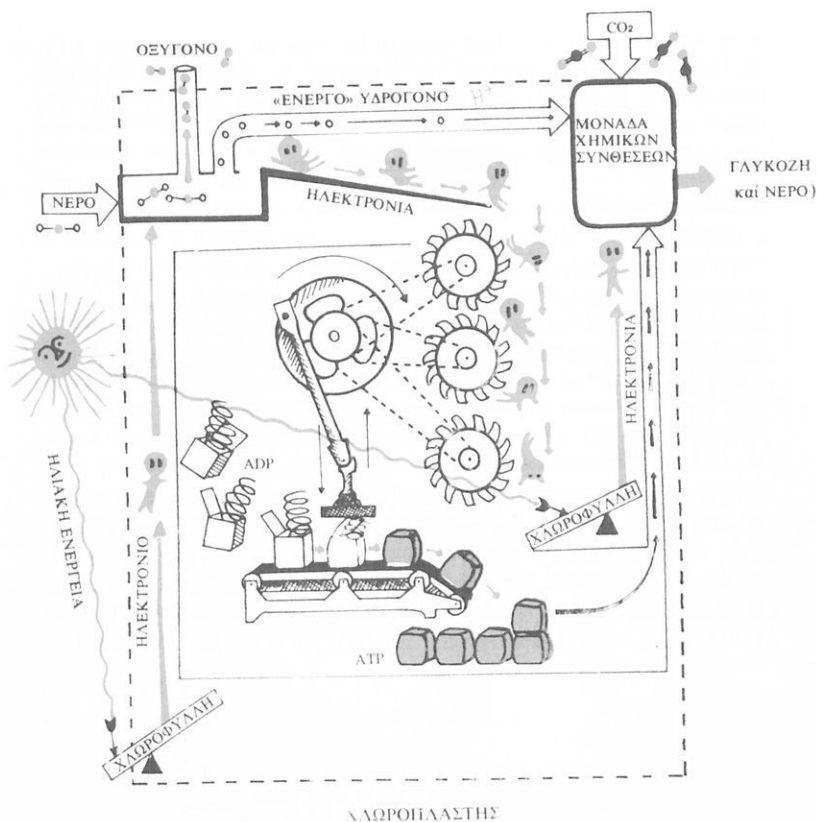


Ἡ φωτοσύνθεση μπορεῖ νὰ χωριστεῖ σὲ δύο στάδια:

- στὸ στάδιο τῶν φωτεινῶν ἀντιδράσεων
- καὶ στὸ στάδιο τῶν σκοτεινῶν ἀντιδράσεων.

Γιὰ νὰ γίνουν οἱ πρῶτες χρειάζεται ἀπαραίτητα φῶς. Μὲ τὶς φωτεινὲς ἀντιδράσεις γίνεται ἡ **φωτόλυση τοῦ νεροῦ**: τὸ νερὸ χωρίζεται στὸ ὀξυγόνο, ποὺ ἐλευθερώνεται στὴν ἀτμόσφαιρα, καὶ στὸ ὕδρογόνο ποὺ ἐνώνεται μὲ τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα γιὰ τὸ σχηματισμὸ τῆς γλυκόζης. Τὸ ὀξυγόνο ποὺ ἐλευθερώνεται προέρχεται ἀπὸ τὸ νερὸ (κι ὄχι ἀπὸ τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα).

Μιά μικρὴ ἰδέα τοῦ ἐξαιρετικὰ πολὺπλοκου μηχανισμοῦ τῆς φωτοσύνθεσης μᾶς δίνει τὸ ἀπλοϊκὸ σχῆμα ποὺ βέβαια δὲν χρειάζεται νὰ ἀπομνημονεύσετε καὶ ποὺ ἐλπίζουμε νὰ τὸ βρεῖτε διασκεδαστικό. Ἡ χλωροφύλλη λειτουργεῖ σάν τραμπάλα. Μόλις ἐπιδράσει τὸ φῶς ἐλευθερώνει ἠλεκτρόνια (εἶναι τὰ μπλέ ἀνθρωπάκια ποὺ ἐκτινάσσονται). Αὐτὰ τὰ ἠλεκτρόνια φέρνουν τὴν ἀπαραίτητὴ ἐνέργεια γιὰ νὰ σπάσουν τὰ μόρια τοῦ νεροῦ καὶ νὰ ἐλευθερωθεῖ τὸ ὀξυγόνο. Τὸ ὕδρογόνο τοῦ νεροῦ ὁδηγεῖται πρὸς τὸ μαῦρο ὀρθογώνιο πάνω δεξιά, ὅπου γίνονται πολὺπλοκες χημικὲς ἀντιδράσεις.



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 (άνοιχτό 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 δεξιοαναγωγές: από

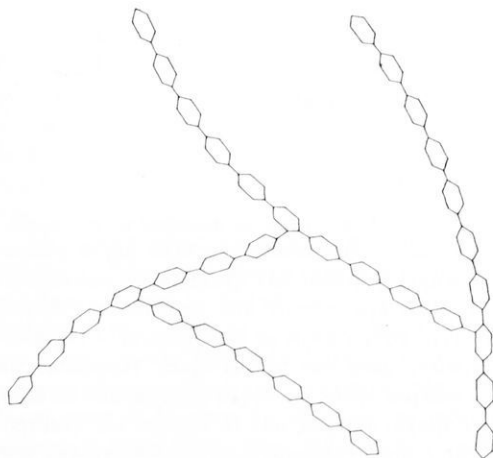
αυτές τις οξειδοαναγωγές ελευθερώνεται ενέργεια για να σχηματισθεί ATP. Τα ηλεκτρόνια τελικά χάρη σε νέα επέμβαση της ηλιακής ακτινοβολίας μεταφέρονται στο μαύρο ορθογώνιο (πάνω δεξιά) μαζί με ATP. Έτσι στο στάδιο των φωτεινών αντιδράσεων

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

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

2.8 Η αναπνοή

Είδαμε πώς για να διατηρηθεί στη ζωή το κύτταρο (κι ο πολυκύτταρος οργανισμός) χρειάζεται ενέργεια. Για να διατηρήσει σταθερή την κατάσταση του (ομοιόσταση), 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. Την ενέργεια αυτή τη βρίσκει αποθηκευμένη στους υδατάνθρακες, στα λίπη και στις πρωτεΐνες που απο-



Εικόνα 20: Τμήμα μορίου του αμόλου, που αποτελείται από πολλές έ-ξοδες.

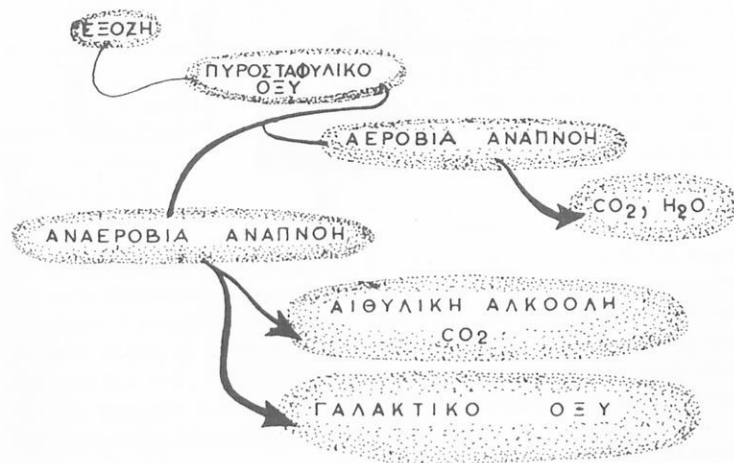
τελούν αποθήκες μεγάλων ποσών ενέργειας. Σπάζοντας, καί καιγοντας δηλαδή οξειδώνοντας τις ουσίες αυτές ελευθερώνει τη χημική ενέργεια που αποταμιεύτηκε στους χημικούς τους δεσμούς και την αποθηκεύει ξανά σε μικρότερα ποσά στο ATP, σ' αυτό το εύχρηστο «νόμισμα ενέργειας», που είναι στη διάθεσή του μόλις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

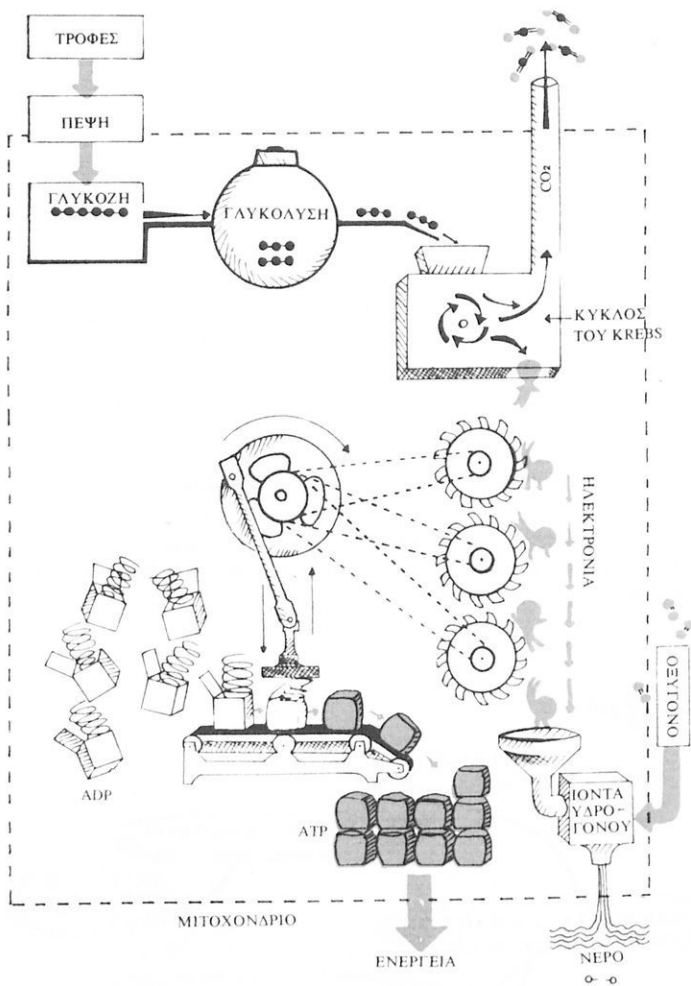
Οι υδατάνθρακες (τό άμύλο στα φυτά και το γλυκογόνο στα ζώα) αποτελούν για τον οργανισμό το μέσο αποθηκεύσεως ενέργειας: κάθε μόριο άμυλου ή γλυκογόνου αποτελείται από άλυσίδες (μέ ή χωρίς διακλαδώσεις) μορίων γλυκόζης (βλέπε εικόνα 20). Αυτές οι **πολυμερείς ενώσεις** (γιατί αποτελούνται από μία μεγάλη σειρά «δομικών λίθων», δηλαδή απλούστερων ενώσεων που συνδέονται μεταξύ τους) σπάνε σε γλυκόζη. Η γλυκόζη με μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (που πραγματοποιούνται χάρη στα ένζυμα) σπάει και καίγεται (οξειδώνεται) δίνοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό και ελευθερώνοντας ενέργεια. Η συνολική εξίσωση αυτών των διαδικασιών είναι η αντίστροφη της συνολικής εξισώσεως της φωτοσύνθεσης:



Η οξείδωση αυτή της γλυκόζης ή και άλλων ουσιών, ονομάζεται **ανάπνοη** και χωρίζεται σε τρία στάδια:

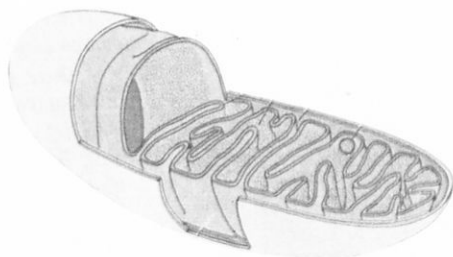
Εικόνα 21: Η ανάπνοη.





Εικόνα 22: Η άναπνοή.

Εικόνα 23: Τό μιτοχόνδριο, σχηματικά, σέ τομή.

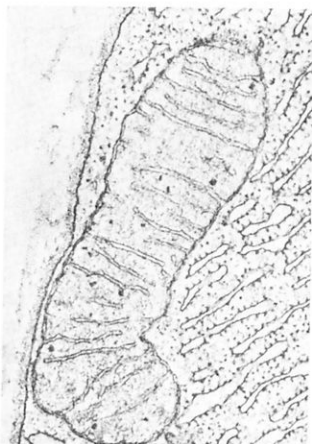


● **στό στάδιο τής γλυκόλυσης.** Σ' αυτό, μέ μιά σειρά αντιδράσεων, τό μόριο τής γλυκόζης πού έχει 6 άτομα άνθρακα χωρίζεται στό τέλος σέ δύο μόρια **πυροσταφυλικού όξέος** (πού έχει μόνο τρία άτομα άνθρακα). Σ' αυτό τό στάδιο δέ χρησιμοποιείται όξυγόνο: πρόκειται γιά τήν **άναερόβια φάση τής άναπνοής**.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

● Δυό δυνατότητες άνοίγονται μετά τή γλυκόλυση: είτε τό κύτταρο έχει στη διάθεσή του όξυγόνο καί προχωρεί στην **αερόβια φάση** τής άναπνοής, σπάζοντας τό πυροσταφυλικό όξύ σέ διοξειδίο του άνθρακα καί σέ ύδρογόνο (αυτό τό τελευταίο ένώνεται μέ τό όξυγόνο τής ατμόσφαιρας καί μäs δίνει νερό), είτε δέν έχει στη διάθεσή του όξυγόνο καί όλοκληρώνει τήν άναερόβια άναπνοή. Μετατρέπει τότε τό πυροσταφυλικό όξύ σέ **αιθυλική αλκοόλη** (φυτικοί όργανισμοί) ή σέ **γαλακτικό όξύ** (ζωικοί όργανισμοί). 'Η παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης (άπό ζυμομύκητες) όνομάζεται **ζύμωση**.

Μέ τήν όλοκλήρωση τής άναερόβιας άναπνοής (εικόνα 21) κάθε μόριο γλυκόζης σπάζοντας έλευθερώνει ένέργεια γιά νά σχηματιστούν 2 μόρια ATP. 'Αντίθετα, ή όλοκλήρωση τής άναπνοής, μέ 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** καί στην **όξειδωτική φωσφορυλίωση**. Στόν κύκλο του Krebs (βρέθηκε άπό τόν γερμανό βιοχημικό Hans Krebs, 1900 – ζεί 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 καί έλευθερώνοντας ήλεκτρόνια.



Εικόνα 24: Το μιτοχόνδριο όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

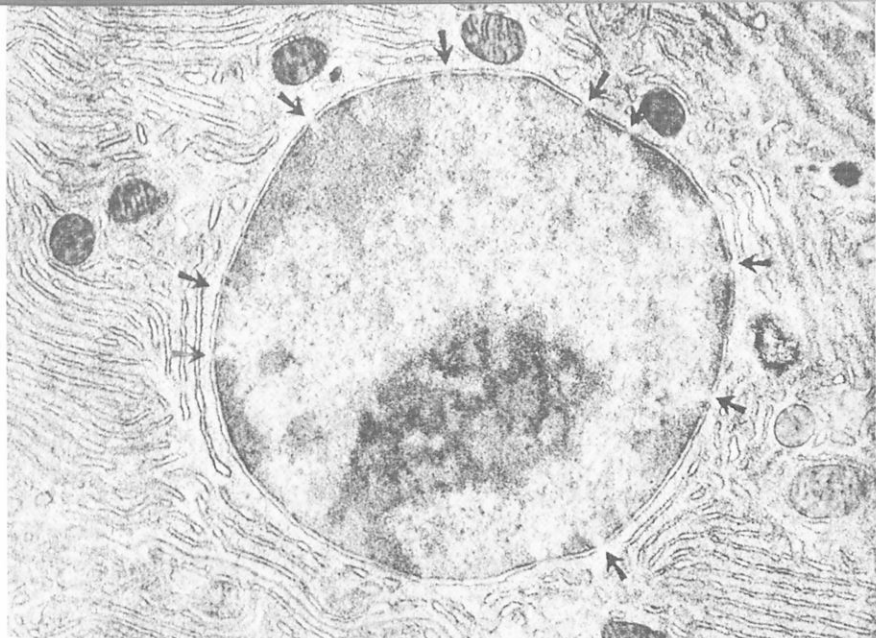
● Τήν τύχη αὐτῶν τῶν ἠλεκτρονίων περιγράψαμε στό κεφάλαιο τῶν ὀξειδοαναγωγῶν χρησιμοποιώντας σάν μηχανικό ἀνάλογο γιά τήν ἀπεικόνισή τους τή σφαῖρα πού πηδᾷ σέ μιά σειρά ἐλατήρια. Καί ἡ εἰκόνα 22 μᾶς δείχνει κάτι παρόμοιο: τά γαλάζια ἀνθρωπάκια (ἠλεκτρόνια) κινοῦν τροχοῦς (ἀντίστοιχα τῶν ἐλατηρίων) πού 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 τοὺς πνεύμονές τους. Κάθε ἄτομο ὀξυγόνου δέχεται δυό ἠλεκτρόνια καί ἐνώνεται μέ δυό ἰόντα ὕδρογόνου γιά νά σχηματίσει νερό.

Οἱ χημικές ἀντιδράσεις τῆς ὀξειδωτικῆς φωσφορυλίωσης γίνονται στό μιτοχόνδριο: αὐτά ἀποτελοῦν καί τοὺς 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. Ἐχει 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 τοὺς ἀποδέκτες τῶν ἠλεκτρονίων – ταχτικά τοποθετημένες, σάν μιά συστοιχία (μπατταρία) – βρίσκεται σέ μικροσκοπικά στρογγυλά σωμάτια πάνω στίς ἐσωτερικές ἀναδιπλώσεις τῆς μέσα μεμβράνης.

Μόλις ὁ ὁργανισμός χρειαστεῖ ἐνέργεια καταφεύγει στό ATP: λ.χ. ἡ κίνησή μας (μηχανικό ἔργο) ὀφείλεται σέ συστολές καί διαστολές τῶν μυῶν πού γίνονται ἐπειδὴ 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.

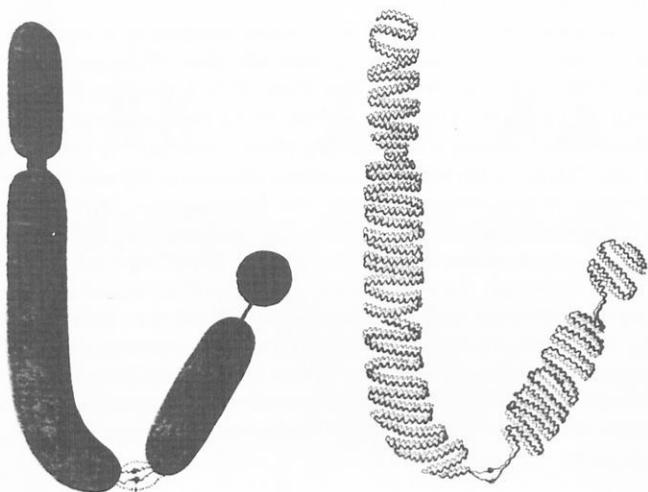
2.9 Ὁ πυρήνας τοῦ κυττάρου καί τὰ χρωματοσώματα

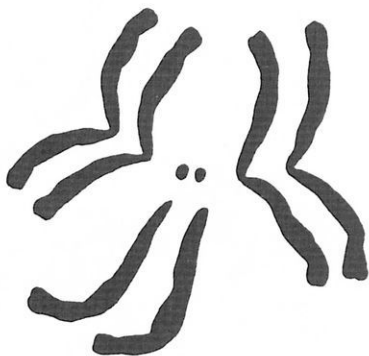
Ὁ πυρήνας εἶναι τό πῶ σημαντικό ὄργανίδιο τοῦ κυττάρου. Εἶναι τό ὄργανίδιο πού ἀποτελεῖ τό κέντρο ἀπ' ὅπου φεύγουν οἱ διαταγές γιά τή



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 πυρηνικός. Φαίνεται στο κυτταρόπλασμα και το ένδοπλασματικό δίκτυο.

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



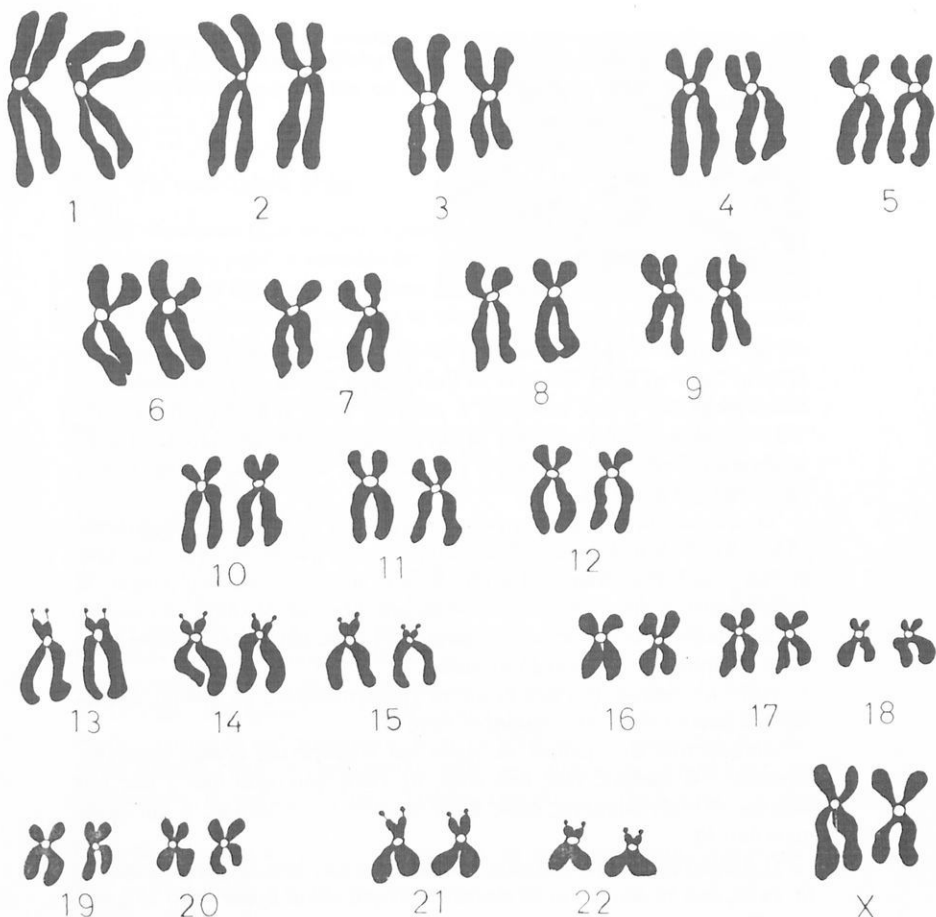


Εικόνα 27: Τα 8 χρωματοσώματα της δροσόφιλας αποτελούν τέσσερα ζευγάρια ομόλογων χρωματοσωμάτων.

λειτουργία του κυττάρου, αποτελεί δηλαδή την κεντρική έξουσία και τό επιτελείο προγραμματισμού του κυττάρου. Τό κύτταρο χωρίς πυρήνα δέν μπορεί νά ζήσει γιά πολύ. Είναι καταδικασμένο νά πεθάνει. Γι' αὐτό τά κύτταρα τῶν ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων τοῦ αἵματος, πού δέν ἔχουν πυρήνα – ἄν καί προέρχονται ἀπό κύτταρα μέ πυρήνα – ἔχουν ζωή σύντομη καί περιορισμένη (120 μέρες).

Ὁ πυρήνας εἶναι συνήθως σφαιρικός καί περιβάλλεται ἀπό τήν πυρηνική μεμβράνη. Ἡ μεμβράνη αὐτή εἶναι διπλή, ὅπως φαίνεται στό ἡλεκτρονικό μικροσκόπιο, καί φέρνει ἀνοίγματα μέ τά ὁποῖα ὁ πυρήνας ἐπικοινωνεῖ μέ τό κυτταρόπλασμα.

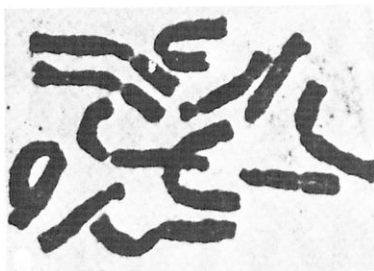
Ὅταν τό κύτταρο δέ βρίσκεται σέ κατάσταση διαιρέσεως ὁ πυρήνας φαίνεται συχνά σάν νά εἶναι ὁμοιογενής, ἀλλά δέν εἶναι. Περιέχει σωμάτια, τά χρωματοσώματα πού λέγονται ἔτσι γιατί, ὅταν ὁ πυρήνας διαιρεῖται, μπορούμε μέ ὀρισμένες χρωστικές οὐσίες νά τά βάψουμε ἔντονα. Τά χρωματοσώματα εἶναι ἐμφανή στίς διάφορες φάσεις (στάδια) τῆς κυτταρικής διαιρέσεως. Ὅταν τό κύτταρο δέ διαιρεῖται, (βρίσκεται δηλαδή σέ πυρηνική ἀκίνησία) τά χρωματοσώματα, παρ' ὅλο πού ὑπάρχουν, δέ γίνονται ὁρατά, γιατί βρίσκονται τελείως ξετυλιγμένα καί τό πάχος τους εἶναι τότε πολύ μικρό. Τά χρωματοσώματα ἀποτελοῦνται ἀπό ἕνα εἶδος νουκλεϊκοῦ ὀξέος, τό DNA (ντί-έν-ἔι, deoxyribonucleic acid, δεσοξυριβοζονουκλεϊκό ὀξύ) καί πρωτεΐνες (ίστόνες καί ὀξινες πρωτεΐνες). Ἡ ἱκανότητα διπλασιασμοῦ τους, δηλαδή τῆς ἀναπαραγωγῆς τους, βρίσκεται στό DNA. Καί τά πλαστίδια καί τά μιτοχόνδρια ἔχουν DNA καί γι' αὐτό ἔχουν αὐτονομία καί μποροῦν κι αὐτά νά διπλασιάζονται. Τά χρωματοσώματα ὅμως εἶναι ἐκεῖνα πού ἔχουν πιά χαρακτηριστική, ἀπ' ὅλα τ' ἄλλα ὀργανίδια, τήν ιδιότητα τῆς ἀναπαραγωγῆς.



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 χρωματοσωμάτων που βάφεται έντονα και που αποτελείται από τα νουκλεϊκά όξέα και τις πρωτεΐνες του χρωματοσώματος. Τα χρωματοσώματα έχουν σχήμα Λ, ή μπαστουνιού, 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 χρωματόσωμα νά κινεῖται, ὅταν γίνεται ἡ κυτταρική διαίρεση. Ἀπό τή θέση πού ἔχει τό κεντρόμερο ἀπάνω στό χρωματόσωμα, διακρίνουμε ἓνα ἢ δύο, μεγάλους ἢ μικροὺς, ἴσους ἢ ἀνίσους βραχίονες. Ἀπό τή θέση, λοιπόν, πού ἔχει τό κεντρόμερο, καθὼς καί ἀπὸ ἄλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, λ.χ. τό μέγεθός τους, διακρίνονται τό ἓνα χρωματόσωμα ἀπὸ τό ἄλλο.

Ὅλα τὰ κύτταρα σέ ἓναν ὀργανισμό ἔχουν τόν ἴδιο ἀριθμό χρωματοσωμάτων. Καί ὅλοι οἱ ὀργανισμοί, πού ἀνήκουν στό ἴδιο εἶδος, ἔχουν τόν ἴδιο ἀριθμό χρωματοσωμάτων. (Μιά ἐξαιρεση σ' αὐτὸν τὸν κανόνα μπορεῖ νά παρατηρηθεῖ σέ ἄτομα διαφορετικοῦ φύλου. Μπορεῖ, δηλαδή, νά ὑπάρχει κάποια διαφορά, συνήθως ἓνα χρωματόσωμα πάρα πάνω ἢ πάρα κάτω ἀνάμεσα σέ ἀρσενικό καί θηλυκό ἄτομο).

Αὐτὴ ἡ σταθερότητα, πού ἔχουν τὰ χρωματοσώματα σέ ἀριθμό, ἀποτελεῖ ἓνα βασικό καί πολὺ σημαντικό κανόνα.

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

Ὁ ἄνθρωπος σέ κάθε κύτταρο τοῦ σώματός του ἔχει 46 χρωματοσώματα, ἐκτός ἀπὸ τὰ ὠρία καί τὰ σπερματοζῶαρια. Αὐτά ἔχουν μόνο 23 χρωματοσώματα.

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

Τὰ χρωματοσώματα πού ἀνήκουν σέ ξεχωριστά ζευγάρια μπορεῖ 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 ὀρ-

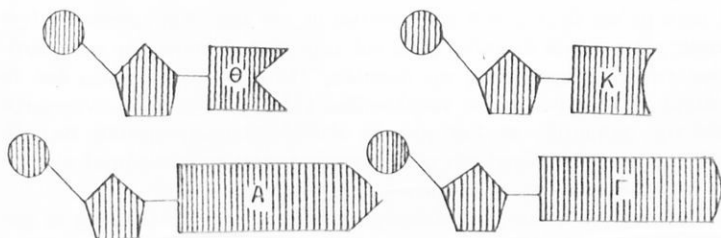
γανισμό ή στους οργανισμούς του ίδιου είδους, τα χρωματοσώματα των κυττάρων δεν είναι μόνο ίσα σε αριθμό, αλλά είναι και όμοια ανάμεταξύ τους.

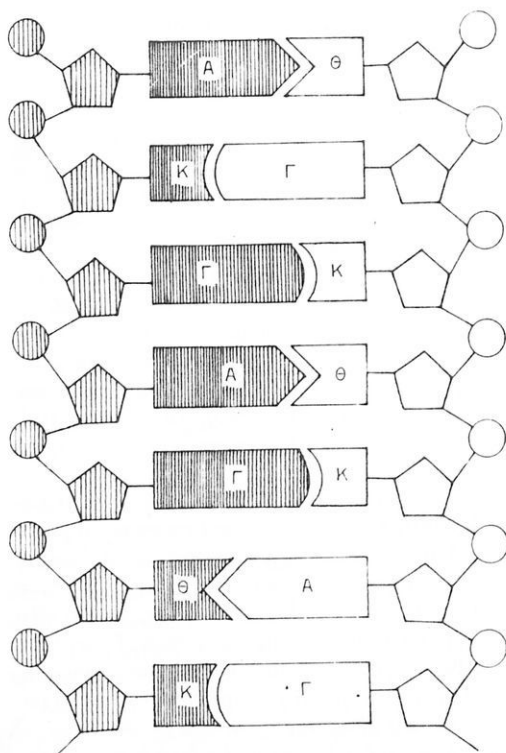
2.10 Τά νουκλεϊκά όξέα

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

Τά DNA, τά χαρακτηρίζει μία ιδιότητα, πού δέν τή συναντούμε σε καμία άλλη χημική ένωση: **ή ιδιότητα του αυτοπολλαπλασιασμού**. Δηλαδή έχουν τήν ικανότητα, κάτω από όρισμένες συνθήκες, και μέ τή βοήθεια άλλων χημικών παραγόντων, νά δημιουργούν πιστά αντίγραφα του τόσο πολύπλοκου μορίου τους. Τό DNA έχει σάν δομικούς λίθους 4 μόνο είδη νουκλεοτίδια. Άς τά χαρακτηρίσουμε μέ τά γράμματα Α, Θ, Κ, Γ, ανάλογα μέ τό είδος της οργανικής 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. Ό κάθε κρίκος, άς ποιμε, της μιάς άλυσίδας ένώνεται μέ ειδικό δέσιμο μέ τόν

Εικόνα 30: Τά τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων του DNA. Μέ τόν κύκλο συμβολίζεται τό φωσφορικό όξύ, μέ 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 πὼς ἡ βάση Α μπορεί νά ταιριάζει μόνο μέ τή Θ (καί ἀντίστροφα ἡ Θ μόνο μέ τήν Α). Ἐπίσης ἡ Κ ταιριάζει μόνο μέ τή Γ.

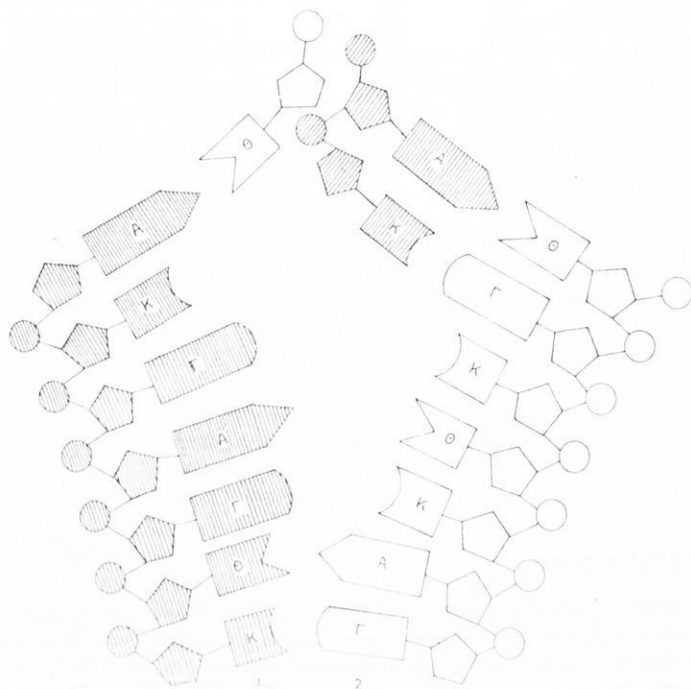
κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ἀλλά δέν ἐνώνεται στήν τύχη ὁποιοσδήποτε κρίκος τῆς μιᾶς ἄλυσίδας μέ ὁποιοδήποτε κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ὁ κρίκος Α (νουκλεοτίδιο) ἐνώνεται μόνο μέ τόν κρίκο Θ (νουκλεοτίδιο). Ὁ Κ μόνο μέ τόν Γ, (λ.χ. ὁ Α δέν ἐνώνεται μέ τόν Κ). Ἐτσι λοιπόν, ἂν ἔχει κανεῖς μόνο τή μιᾶ ἄλυσίδα, ξέρεي καί ποιᾶ εἶναι ἡ σειρά τῶν νουκλεοτιδίων στή συμπληρωματική τῆς ἄλυσίδας. Ἡ μονή ἄλυσίδα ἔλκει ἀπό τό διάλυμα τοῦ περιβάλλοντος νουκλεοτίδια καί τά ἐνώνει μέ τά ἀντίστοιχα δικά της, σχηματίζοντας ἔτσι μιᾶ νέα ἄλυσίδα συμπληρωματική. Δηλαδή κάθε μιᾶ ἄλυσίδα ἐνεργεῖ σάν μιᾶ μήτρα (καλούπι) πού καθοδηγεῖ τό σχηματισμό μιᾶς νέας συμπληρωματικῆς ἄλυσίδας.

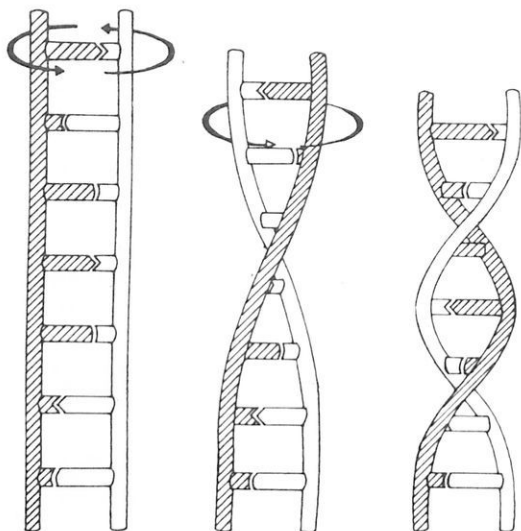
Γιά νά γίνει, λοιπόν, ἡ ἀναπαραγωγή τοῦ μορίου, πρέπει πρῶτα νά χωριστοῦν οἱ δύο ἄλυσίδες καί τότε ἡ καθεμίᾳ θά φτιάξει τή συμπληρωματική

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

Τά RNA μοιάζουν πολύ μέ τά DNA αλλά άποτελούνται πολλές φορές από μία άλυσίδα (είναι μονόκλωνα), άλλες φορές από δυό. Έχουν κι αυτά τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων, μόνο πού τό είδος τής μιάς βάσεώς τους διαφέρει, αντί γιά 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 άποτελούν τήν άλυσίδα του DNA πού χωρίστηκε. Τό κάθε κομμάτι παίρνει από τό περιβάλλον τά νουκλεοτίδια πού του ταιριάζουν κι έτσι τό ένα μόριο γίνεται δυό μόρια όμοια.





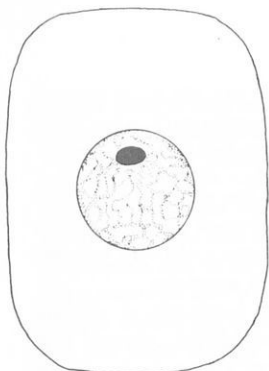
Εικόνα 33: Τό μόριο του DNA στο χώρο: ή έλικοειδής του μορφή. Συνήθως βρίσκεται στον οργανισμό με μορφή έλικα (όπως είναι δεξιά). Ξετυλίγεται μόνο όταν διπλασιάζεται (όπως στην εικόνα 32).

ϊδίες. 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 Α του DNA ένώνεται με τό U του RNA
 τό Θ του DNA ένώνεται με τό Α του RNA
 τό Κ του DNA ένώνεται με τό Γ του RNA
 τό Γ του DNA ένώνεται με τό Κ του RNA

2.11 Η μίτωση

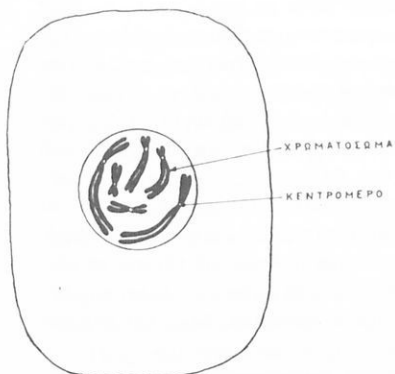
Κάθε κύτταρο προέρχεται από άλλο κύτταρο. Τό κύτταρο μπορεί να χωριστεί στα δυό, δίνοντας δυό νέα κύτταρα, που ονομάζονται **θυγατρικά κύτταρα**. Καί τό φαινόμενο της διαιρέσεως λέγεται κυτταρική διαίρεση ή **μίτωση**. Η μίτωση είναι ό μοναδικός και γενικός τρόπος πολλαπλασι-



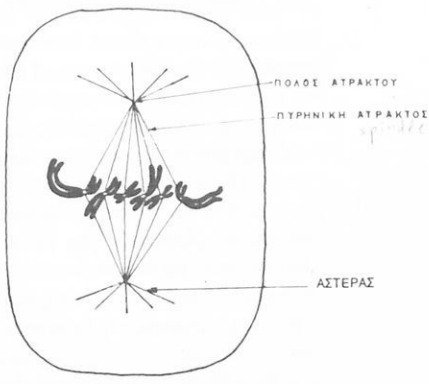
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΦΑΣΗ



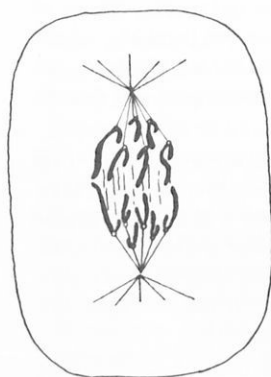
ΑΡΧΗ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ



ΤΕΛΟΣ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ



ΜΕΤΑΦΑΣΗ



ΑΝΑΦΑΣΗ



ΤΕΛΟΣ ΦΑΣΗΣ

Εικόνα 34: Η μίτωση.

ασμού τῶν κυττάρων. Κάθε ἄλλος τρόπος πολλαπλασιασμοῦ εἶναι παθολογικός καί γίνεται σέ παθολογικά κύτταρα (λ.χ. στά κύτταρα τοῦ καρκίνου).

Ἡ μίτωση χωρίζεται σέ στάδια: στίς τέσσερις φάσεις τῆς μίτωσης.

● Στὴν πρώτη φάση ἢ **πρόφαση**, τὸ κεντρόσωμα, ἓνα στρογγυλὸ ὄργανο, ποῦ βρίσκεται, ὅπως εἴπαμε, μόνο στά ζωικά κύτταρα καί ἔξω ἀπὸ τὸν πυρήνα τους, διαιρεῖται στά δύο. Τά δύο αὐτά τμήματα κινοῦνται χωριστά καί πάνε νά καταλάβουν τίς δύο ἀντίθετες ἅκρες τοῦ κυττάρου.

Στά φυτικά κύτταρα δὲν ὑπάρχει κεντρόσωμα, ὅμως καί τά κύτταρα αὐτά μποροῦν νά διαιροῦνται. Ἐνῶ ἡ πρόφαση προχωρεῖ, χάνεται σιγά σιγά ἡ ὁμοιομέρεια τοῦ πυρήνα καί ἐμφανίζονται τά χρωματοσώματα, μακριά καί λεπτά. Κάθε χρωματοσώμα εἶναι ἤδη χωρισμένο κατὰ μῆκος σέ δύο χρωματίδες, ποῦ ἐνώνονται στὸ κεντρόμερο.

● Στὴ δεύτερη φάση ἢ **μετάφαση**, ἡ πυρηνικὴ μεμβράνη διαλύεται καί σχηματίζεται ἡ ἄτρακτος. Ἡ ἄτρακτος, ποῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλές ἴνες καί ἔχει σχῆμα ἀδραχτιοῦ (ἀπὸ τὸ ὁποῖο καί παίρνει καί τὸ ὄνομά της, ἄτρακτος = ἀδράχτι) πιάνει μεγάλο μέρος στὸ χῶρο τοῦ κυττάρου. Τὸ κεντρόσωμα, ποῦ ἔχει στὸ μεταξὺ χωριστεῖ στά δύο, ἔχει καταλάβει τίς δύο ἅκρες τῆς ἀτράκτου, τοὺς δύο πόλους της. Οἱ ἴνες τῆς ἀτράκτου ἀρχίζουν ἀπὸ τὸ ἓνα κεντρόσωμα καί καταλήγουν στὸ ἄλλο, σὰν χορδές. Ἀλλὰ καί πολλές ἴνες ξεκινοῦν ἀπὸ τὰ κεντροσώματα χωρὶς νά καταλήγουν πουθενά. Σκορπίζουν μέσα στὸ κυτταρόπλασμα, σχηματίζοντας, μὲ κέντρο τὸ κεντρόσωμα, δύο ἀστέρια: τοὺς δύο ἀστέρες. Καί στά φυτικά κύτταρα, ποῦ δὲν ἔχουν κεντρόσωμα, ἡ ἄτρακτος σχηματίζεται κανονικά, ὅπως καί στά ζωικά.

Τά χρωματοσώματα, στὴν δεύτερη φάση, φαίνονται πιὸ παχιά, διακρίνονται πιὸ ἔντονα καί τοποθετοῦνται στὴ μέση τῆς ἀτράκτου, ἀπάνω σέ μιὰ ἐπίπεδη νοητὴ ἐπιφάνεια ποῦ ὀνομάζεται ἰσημερινὸ ἐπίπεδο. Ὅπως τὸ ἰσημερινὸ ἐπίπεδο τῆς γῆς, βρίσκεται κι αὐτὸ κάθετο στὴ μέση τῆς νοητῆς γραμμῆς, (στὸν ἄξονα νά ποῦμε) ποῦ ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς ἀτράκτου. Τὸ κεντρόμερο τοῦ κάθε χρωματοσώματος εἶναι ἐνωμένο μὲ μιὰ ἀπὸ τίς ἴνες τῆς ἀτράκτου.

● Στὴ τρίτη φάση ἢ **ἀνάφαση** κάθε κεντρόμερο χωρίζεται στά δύο. Ἐτσι οἱ δύο χρωματίδες τοῦ κάθε χρωματοσώματος ἀποχωρίζονται. Ἡ μιὰ ἔλκεται ἀπὸ μιὰ ἵνα τῆς ἀτράκτου πρὸς τὸν ἓνα πόλο καί ἡ ἄλλη μὲ παρόμοιο τρόπο πρὸς τὸν ἄλλο πόλο. Ἐτσι, ὅταν οἱ χρωματίδες φτάσουν στοὺς πόλους, κάθε πόλος θά ἔχει τὸν ἴδιο ἀριθμὸ καί τίς ἴδιες χρωματίδες. Οἱ χρωματίδες εἶναι τώρα τὰ καινούργια χρωματοσώματα τὸν δύο κυττάρων, ποῦ θά προκύψουν ἀπὸ τὴ μίτωση (τὴν κυτταρικὴν διαιρέση).

● Στὴν τελευταία φάση, τὴν **τελόφαση**, σχηματίζονται δύο πυρηνικές

μεμβράνες. Κάθε μιά περικλείει τὰ χρωματοσώματα πού βρίσκονται στὸν κάθε πόλο. Συγχρόνως τὰ χρωματοσώματα ἀρχίζουν νά γίνονται λιγότερο ὁρατά, ὥσπου ξεφεύγουν ἐντελῶς ἀπὸ τὴν παρατήρησή μας. Τὸ κύτταρο χωρίζεται στὰ δύο καὶ οἱ ἴνες τῆς ἀτράκτου σβήνουν. Ἔχουμε τώρα δύο θυγατρικά κύτταρα, ἔχουν τὸν ἴδιο ἀριθμὸ καὶ τὸ ἴδιο εἶδος χρωματοσώματα, ὅπως εἶχε τὸ μητρικὸ ἀπὸ τὸ ὁποῖο προῆρθαν, ἀφοῦ ἔχουν πάρει τὸ καθένα τους ἀπὸ μιά χρωματίδα ἀπὸ τὸ κάθε ἀρχικὸ χρωματοσῶμα.

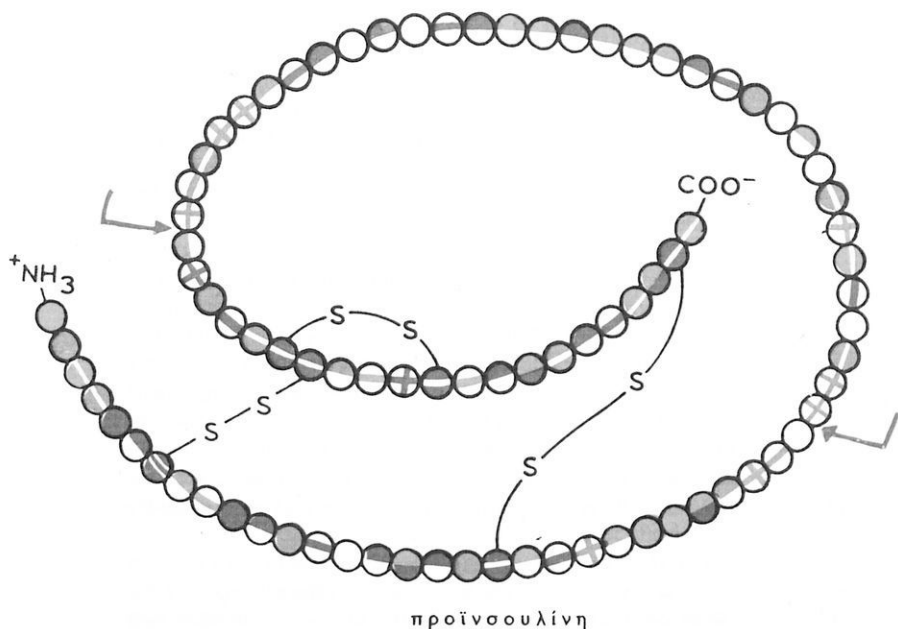
Στὸ στάδιο τῆς πυρηνικῆς ἀκινήσιος πού ἀκολουθεῖ, κάθε χρωματόσωμα, πού τώρα πιά δὲν εἶναι ὁρατό, πολλαπλασιάζεται. Δηλαδή χωρίζεται κατὰ μήκος σέ δύο χρωματίδες, γιὰ νά εἶναι ἔτοιμο ὅταν ἀρχίσει ἡ νέα διαιρέση, ἡ ἐπόμενη μίτωση. Ἔτσι τὸ στάδιο τῆς πυρηνικῆς ἀκινήσιος μπορεῖ νά χωριστεῖ σέ τρεῖς φάσεις: στὴν **πρώτη φάση** (τῇ G_1) ὅπου τὰ χρωματοσώματα δὲν ἔχουν ἀκόμα διπλασιαστεῖ, δὲν ἔχουν σχηματιστεῖ δύο χρωματίδες, στὴ **δεύτερη φάση** (τὴν S) ὅπου συντελεῖται ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA, ὥστε κάθε χρωματόσωμα νά σχηματίσει μιά δευτέρη χρωματίδα καὶ στὴν **τρίτη φάση** (τῇ G_2) στὴν ὁποία ἔχει τελειώσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA καὶ κάθε χρωματόσωμα ἀποτελεῖται πιά ἀπὸ δύο χρωματίδες.

Ἡ μίτωση ἀποτελεῖ ἕνα μηχανισμό πού συντελεῖται μὲ μεγάλη τάξη καὶ πού κρατᾷ σταθερὸ τὸν ἀριθμὸ καὶ τὸ εἶδος τῶν χρωματοσωμάτων στὰ κύτταρα τοῦ ἴδιου ὄργανισμοῦ. Ἀφοῦ κάθε πολυκύτταρος ὄργανισμός προέρχεται ἀπὸ ἕνα μόνο ἀρχικὸ κύτταρο, ὅλα του τὰ κύτταρα προέρχονται ἀπὸ τὶς ἀλλεπάλληλες διαιρέσεις αὐτοῦ τοῦ ἀρχικοῦ κυττάρου.

Πῶς διαιροῦνται τὰ χρωματοσώματα κατὰ μήκος σέ χρωματίδες;

Γὰ χρωματοσώματα, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτεΐνες καὶ DNA, διπλασιάζονται μὲ τὸν ἴδιο μηχανισμό, πού διπλασιάζεται τὸ DNA. Ὅπως τὸ μόριο DNA ἔχει δύο ἐνωμένες ἀλυσίδες οἱ ὁποῖες ἀποχωρίζονται καὶ πού ἡ καθεμιά τους ἐπιτρέπει τὴ σύνθεση μιᾶς συμπληρωματικῆς ἀλυσίδας, τὸ ἴδιο πρέπει νά συμβαίνει καὶ μὲ τὰ χρωματοσώματα, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ DNA. Μποροῦμε, δηλαδή νά θεωρήσουμε ὅτι ὅλο τὸ μήκος ἑνὸς χρωματοσώματος εἶναι τὸ μήκος ἑνὸς μορίου DNA, πού διπλασιάζεται.

Τὰ χρωματοσώματα παίζουν θεμελιακὸ ρόλο στὴ ζωὴ τοῦ κυττάρου. Ὁ πυρήνας οὐσιαστικὰ δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο ἀπὸ ἕνα σακοῦλι πού περιέχει χρωματοσώματα. Τὰ χρωματοσώματα εἶναι τὰ ἐνεργὰ στοιχεῖα τοῦ πυρήνα, καὶ ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω στὰ χρωματοσώματα βρίσκονται **καὶ οἱ μονάδες τῆς κληρονομικότητος**. Ἡ μίτωση μὲ τὴν ἀκρίβεια τοῦ μηχανισμοῦ τῆς διατηρεῖ τὸν ἀριθμὸ καὶ τὸ εἶδος τῶν κληρονομικῶν μονάδων ἀπὸ κύτταρο σέ κύτταρο. Γιατί ἔχει μεγάλη σημασία γιὰ νά ζήσει κάθε κύτταρο τοῦ ὄργανισμοῦ νά περιέχει ὅλες τὶς κληρονομικὲς αὐτὲς μονάδες.



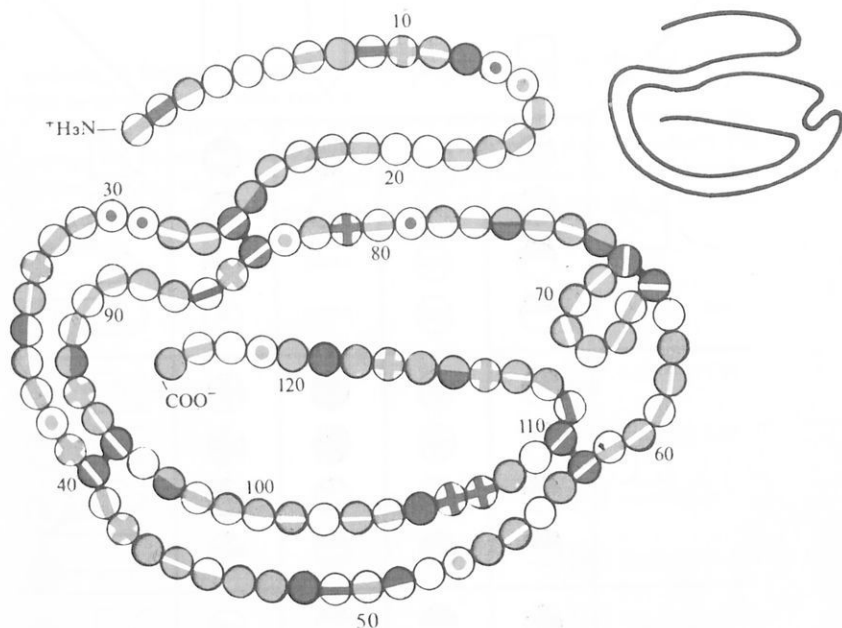
Εικόνα 35: Το μόριο μιås πρωτεϊνης (τῆς πρωϊνσουλίνης τοῦ χοίρου) πὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ ἀλυσίδα ἀμινοξέων. Κάθε εἶδος ἀμινοξὺ συμβολίζεται μὲ κύκλο διαφορετικοῦ χρώματος. Μὲ χημικοὺς δεσμοὺς μέρη τῆς ἀλυσίδας ἐνώνονται μεταξύ τους. Ἄν τὸ μόριο αὐτὸ κοπεῖ στὰ σημεῖα πὺ ὑπάρχουν τὰ βέλη, τὸ μεταξύ τους τμήμα εἶναι ἡ ἱνσουλίνη.

2.12 Ἡ σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν

Οἱ πρωτεΐνες μὲ τὸ ρόλο πὺ παίζουν στὸ φαινόμενο τῆς ζωῆς ἀποτελοῦν πολὺ σημαντικὲς χημικὲς ἐνώσεις: εἶναι ἀπ' τῆ μιὰ μεριά δομικὰ ὑλικά τοῦ κυττάρου καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη σάν ἐνζύμα ἐλέγχουν τὴ διεξαγωγή τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων.

Κάθε πρωτεΐνη χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν ἀμινοξέων πὺ τὴν ἀποτελοῦν, ἀπὸ τὸ εἶδος τους καὶ ἀπὸ τὴ σειρά διαδοχῆς (ἀλληλουχία) μὲ τὴν ὁποία ἔχουν ἐνωθεῖ. Τὰ ἀμινοξέα ὁποιασδήποτε πρωτεΐνης ἐνωμένα τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο μὲ ἓνα εἰδικὸ εἶδος δεσμῶν σχηματίζουν μιὰ μακριὰ ἀλυσίδα πὺ μπορεῖ μετὰ νὰ κουλουριάζεται καὶ νὰ παίρνει διάφορες μορφές.

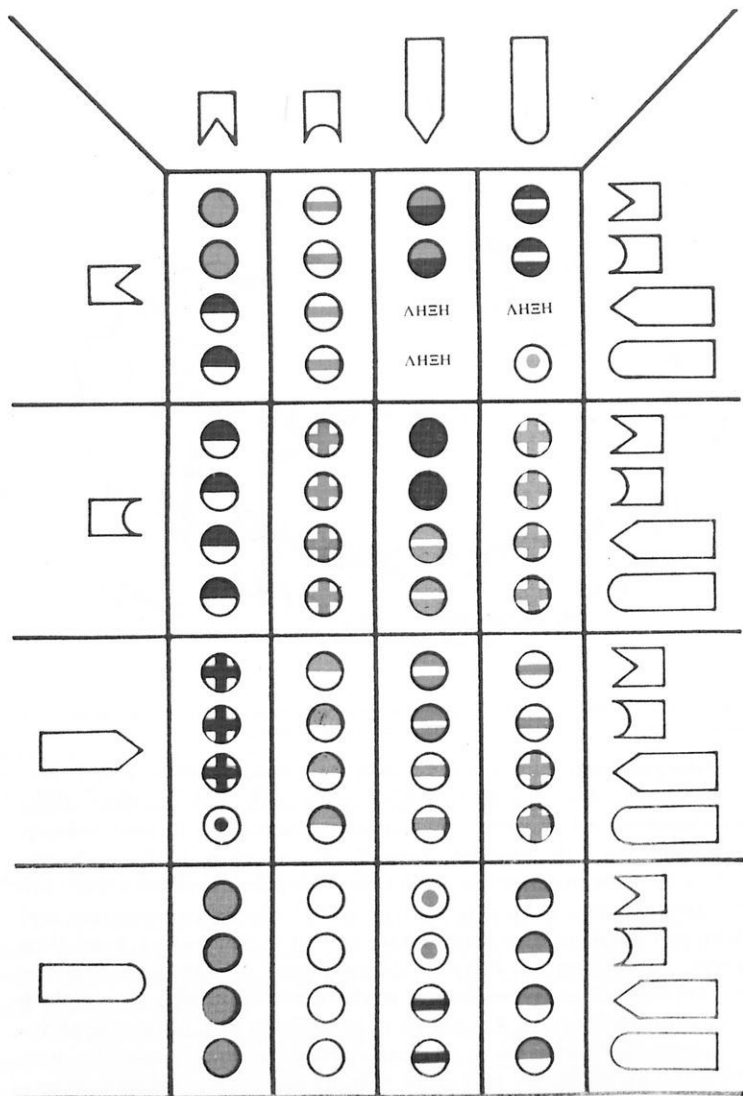
Εἶναι γνωστὸ πὺς ὑπάρχουν 20 εἰδῶν διαφορετικὰ ἀμινοξέα. Κάθε πρωτεΐνη λοιπὸν παρουσιάζει μιὰ «γραμμικὴ» διαφοροποίηση.



Εικόνα 36: Μία πρωτεΐνη, το ένζυμο ριβονουκλάση του χοίρου (ένζυμο που σπάζει το RNA). Σε τέσσερα μέρη ή άναδιπλωμένη 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 γραμμιάτων μεταβιβάζεται με τελείες και παύλες. Σε κάθε γράμμα αντιστοιχεί ένας ορισμένος συνδυασμός με τελείες και παύλες. Ή μεταβίβαση ενός μηνύματος γίνεται άφουδ μεταφραστεί ή φράση που είναι γραμμένη με γράμματα, σε φράση γραμμένη με τελείες και παύλες.

Γιά την πραγματοποίηση αυτής της μεταφράσεως χρησιμοποιείται ένας



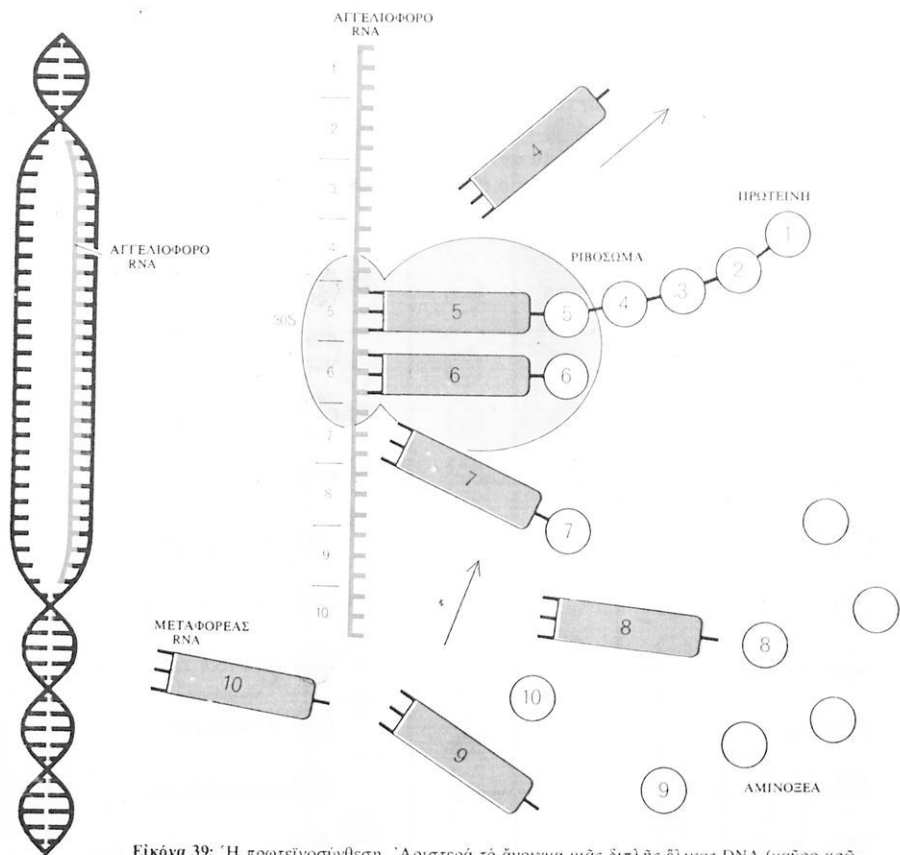
Εικόνα 37: 'Ο γενετικός κώδικας. Κάθε τριάδα βάσεων αντιστοιχεί σ' ένα αμινοξύ. 'Η πρώτη βάση κάθε τριάδας δείχνεται στην κάθετη γραμμή αριστερά, ή δεύτερη στην οριζόντια γραμμή πάνω κι ή τρίτη στην κάθετη γραμμή δεξιά. Τρεις τριάδες δεν αντιστοιχούν σέ αμινοξύ, αλλά υποδεικνύουν τή λήξη του μηνύματος.

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**.

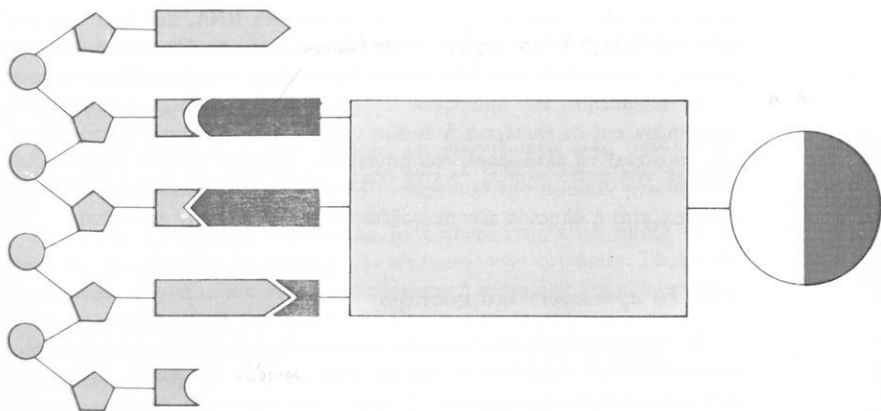
	Άλανίνη Ala		Ίστιδίνη His
	Αργινίνη Arg		Κυστεΐνη Cys
	Άσπαραγίνη Asn		Λευκίνη Leu
	Άσπαρτικό (= Άσπαραγινικό) όξύ Asp		Λυσίνη Lys
	Βαλίνη Val		Μεθειονίνη Met
	Γλουταμίνη Gln		Τρυπτοφάνη Trp
	Γλουταμικό (= Γλουταμινικό) όξύ Glu		Τυροσίνη Tyr
	Γλυκίνη Gly		Προλίνη Pro
	Θρεονίνη Thr		Σερίνη Ser
	Ίσολευκίνη Ile		Φαινυλαλανίνη Phe
	Ουρακίλη (ή Θυμίνη)		
	Κυτοσίνη		
	Άδενίνη		
	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. Αριστερά το άνοιγμα μιᾶς διπλῆς ἑλικας DNA (μαῦρο χρώμα) καὶ ἡ ἀντιγραφὴ ἐνὸς κλώνου τῆς σὲ ἀγγελιοφόρο RNA (κόκκινο). Τὸ ἀγγελιοφόρο RNA πηγαίνει στὸ κυτταρόπλασμα πάνω σὲ ριβοσώματα (στὴ μέση πάνω σ' ἓνα ριβόσωμα) ὅπου καὶ οἱ μεταφορεῖς RNA ἔρχονται νὰ τοποθετηθοῦν ἀπέναντι στὶς συμπληρωματικὲς βάσεις τους μεταφέροντας καὶ τὸ ἀμινοξὺ (ἀριθμὸς 6 στὴν εἰκόνα μας). Ἐκεῖ ὁ προηγούμενος μεταφορέας RNA θὰ κολλήσει στὸ ἀμινοξὺ 6 καὶ μιὰ σειρά ἀμινοξέων: τὸ 5 ποὺ ἔφερε ἀρχικὰ καὶ τὰ 4, 3, 2, 1 ποὺ τοῦ κόλλησε ὁ μεταφορέας 4 (ποὺ μόλις ἐλευθερώθηκε καὶ φεύγει). Ἡ εἰκόνα 40 δείχνει σὲ λεπτομέρεια πὼς ὁ μεταφορέας 6 τοποθετεῖται ἀπέναντι στὴν συμπληρωματικὴ τριάδα τῶν βάσεων τοῦ ἀγγελιοφόρου RNA.

Υπάρχουν ὅμως τεσσάρων εἰδῶν διαφορετικὰ εἶδη νουκλεοτιδίων ποὺ παίζουν τὸ ρόλο γραμμάτων στὸν κώδικα καὶ εἴκοσι διαφορετικὰ εἶδη ἀμινοξέων. Σὲ κάθε τριάδα συνεχόμενων νουκλεοτιδίων εἴπαμε πὼς ἀντιστοιχεῖ ἓνα ἀμινοξὺ. Οἱ δυνατοὶ ὅμως συνδυασμοὶ τῶν 4 νουκλεοτιδίων ἀνὰ 3



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

είναι 4^3 δηλαδή οι δυνατές διαφορετικές τριάδες νουκλεοτιδίων είναι 64. Υπάρχουν λοιπόν άμινοξέα που στο καθένα τους αντιστοιχούν περισσότερες από μία τριάδες νουκλεοτιδίων. (Σχήμα 37).

Η σύνθεση των πρωτεϊνών γίνεται στο κυτταρόπλασμα, πάνω στα ριβοσώματα του ενδοπλασματικού δικτύου. Το DNA των χρωματισμάτων 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 πώς το μήνυμα **μεταγράφεται** (ένα είδος αντιγραφής) σε ένα ειδικό RNA. Ένα τμήμα, δηλαδή, μιας από τις δυο άλυσίδες του DNA ξεχωρίζει και συνθέτει ένα πρόσκαιρο ταίρι του, μία συμπληρωματική του άλυσίδα, όχι όμως από DNA αλλά από RNA. Ξέρουμε πώς αυτό είναι δυνατό γιατί είδαμε προηγούμενα πώς 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** (αφού κουβαλά το μήνυμα που αντίγραψε) φεύγει από τον πυρήνα και κολλά στα ριβοσώματα του ενδοπλασματικού δικτύου. Κάθε άμινοξύ τοποθετείται απέναντι απ' τις τριάδες νουκλεοτιδίων του άγγελιοφόρου RNA που του αντιστοιχούν στο γενετικό κώδικα. Αυτή η τοποθέτηση των άμινοξέων πραγματοποιείται μ' ένα πολύπλοκο μηχανισμό: Κάθε άμινοξύ μεταφέρεται στο άγγελιοφόρο RNA μ' ένα

μεσάζοντα, ένα μικρό μόριο RNA, **τόν 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.

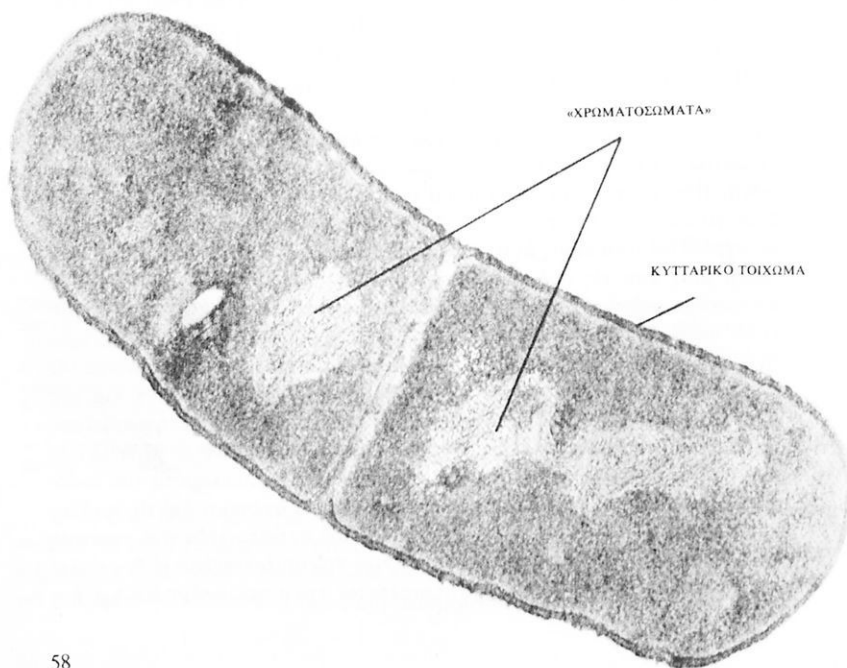
Η τοποθέτηση των αμινοξέων απέναντι στις αντίστοιχες τριάδες νουκλεοτιδίων και σε συνέχεια ή ένωση μεταξύ τους και ανεξαρτητοποίησή τους αποτελεί **τή μετάφραση** του μηνύματος από την γλώσσα των νουκλεοτιδίων στη γλώσσα των αμινοξέων. Έτσι, σε πολύ μεγάλη απλούστευση, σχηματίζεται η αλυσίδα των αμινοξέων 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 το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έδω το βακτήριο συμπληρώνει το χωρισμό του σε δύο βακτήρια.



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

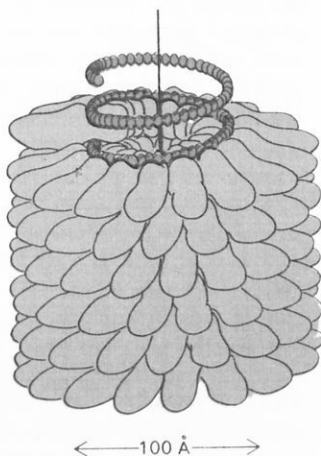
- δεν έχουν μιτοχόνδρια ή πλαστίδια.
- δεν έχουν ενδοπλασματικό δίκτυο. Τα ριβοσώματά τους βρίσκονται σκόρπια μέσ στο κυτταρόπλασμα, όπου γίνεται κι η σύνθεση των πρωτεϊνών.

Αντίθετα η δομή της εξωτερικής τους μεμβράνης είναι όμοια με τη δομή της πλασματικής μεμβράνης των ευκαρυωτικών κυττάρων. Τα βακτήρια φέρνουν συχνά κι ένα κυτταρικό τοίχωμα ή κάψα από πολυσακχαρίδια (ένώσεις που αποτελούνται από πολλά ενωμένα σάκχαρα).

Τό βακτηριακό κύτταρο και τό κύτταρο των Κυανοφυκών έχουν απλούστερη δομή από τά άλλα είδη κυττάρων, γιατί φαίνεται πώς είναι τά πρώτα που παρουσιάστηκαν στην Έξέλιξη και πώς από αυτά προήλθαν τά ευκαρυωτικά κύτταρα.

2.14 Οί ιοί

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



Εικόνα 42: Ο ιός της μωσαϊκωσης του καπνού σε σχηματική παράσταση. Με κόκκινο τό RNA (αυτός ό ιός δεν έχει DNA αλλά RNA) και με 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 τοῦ κυττάρου για να πολλαπλασιαστεί ό ιός. Καταργεί δηλαδή μερικά ή καί όλικά τόν έλεγχο πού άσκει στό κύτταρο ό πυρήνας του (ή τό DNA του) καί κατευθύνει όλη τή χημική μηχανή τοῦ κυττάρου για όφελός του. Τότε ό ιός είναι μολυσματικός καί πολλαπλασιάζεται σκοτώνοντας τό κύτταρο. Μπορεί όμως για μεγάλο διάστημα να συνυπάρχει στό κύτταρο χωρίς να τό βλάφτει 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 Πάστερ

Είδαμε πώς οι οργανισμοί αναπαράγονται δημιουργώντας όμοιους τους και πώς τα κύτταρα με μίτωση παράγουν τό καθένα τους δυό νέα κύτταρα. 'Η αναπαραγωγή είναι μιά χαρακτηριστική ιδιότητα τών ζωντανών όντων (καί μάλιστα μέ τήν παρατήρηση τής παραγράφου 1.1.στ). 'Η **ζωή προέρχεται μόνο από ζωή**.

Αντίθετα ό 'Αριστοτέλης υποστήριζε τήν αυτόματη γέννηση. Μέ «αυτόματα» ό 'Αριστοτέλης ήθελε νά πεί πώς ή άνόργανη ύλη μπορεί από μόνη της νά οργανωθεί σέ ζωντανή: Κατά τήν άποσύνθεση τής όργανικής ούσίας του έδάφους, ή μέσα στη λάσπη μπορούν νά γεννηθοούν από μόνοι τους οργανισμοί (μύγες, ποντίκια κ.ά.) κι όχι μόνο μέ τή φυλετική αναπαραγωγή. Οί άπόψεις αυτές του 'Αριστοτέλη διατηρήθηκαν όλο τό Μεσαίωνα άφου σ' όλα τά επιστημονικά θέματα οί γνώμες του 'Αριστοτέλη άποτελοΰσαν τότε τή μόνη άδιαμφισβήτηση αλήθεια. Στη Φυσική πρώτος ό Γαλιλαίος άμφισβήτησε τίς άπόψεις του 'Αριστοτέλη. Στη Βιολογία, πάλι δυό 'Ιταλοί τό 17ο καί 18ο αιώνα μέ πειράματα άπόδειξαν πώς ό 'Αριστοτέλης είχε άδικο γιά τήν αυτόματη γέννηση: ό Ρέντι (F. Redi 1626-1698) κι ό Σπαλλανζάνι (L. Spallanzani 1729-1799). 'Αν κι από τότε έγινε γενικά παραδεκτό πώς οί άνώτεροι οργανισμοί προέρχονται μόνο άπό όμοιούς τους, άπό άλλους άνώτερους οργανισμούς, ειδικά γιά τούς μικροοργανισμούς, γιά τά μικρόβια, μέχρι καί τόν περασμένο αιώνα πιστευόταν ή δυνατότητα παραγωγής τους καί μέ αυτόματη γέννηση. 'Ο Παστέρ (Louis Pasteur 1822-1895), γάλλος χημικός, άπόδειξε πειστικά ότι καί σ' αυτούς ισχύει ό κανόνας «ή ζωή προέρχεται μόνο άπό ζωή».



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

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' τα μικρόβια, που πολλαπλασιάζονται και προκαλούν και το θόλωμα. Οί οπαδοί της αυτόματης γένεσης υποστήριζαν ότι τα μικρόβια γεννιούνται μόνο τους από το ζωμό του κρέατος. Βράζοντας το ζωμό σε κλειστό δοχείο μπορεί κανείς να τον αποστειρώσει: δεν παρουσιάζεται τότε θόλωμα, αν ο ζωμός μένει στο κλειστό δοχείο, ακόμα και πολύ χρόνο. Οί οπαδοί όμως της αυτόματης γένεσης υποστήριζαν πως στην περίπτωση αυτή ο αέρας αλλοιώνεται με το βρασμό και πως ο αλλοιωμένος αυτός αέρας δεν επιτρέπει την παρα-

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

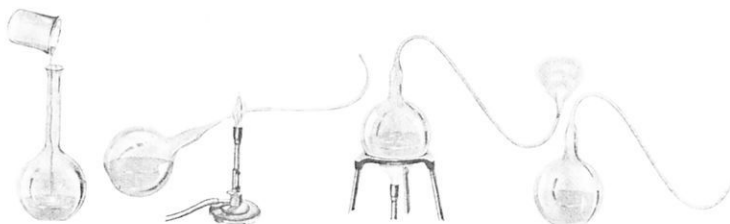
Ἄς ἀκούσουμε πῶς ὁ ἴδιος τά περιγράφει:

«Τοποθετῶ σ' ἓνα γυάλινο δοχεῖο μέ μακρὺ λαιμὸ καί κάτω στρογγυλὸ σά φλασκί [εἰκόνα 45] ἓνα ἀπὸ τ' ἀκόλουθα ὑγρὰ, πού ὅλα τους ἀλλοιώνονται πολὺ εὐκόλα, ὅταν ἔρθουν σέ ἐπεφῇ μέ τὸ συνηθισμένο ἀέρα: ἐκχύλισμα ζύμης, ἐκχύλισμα ζύμης μέ ζάχαρη, οὖρα, χυμὸ ζαχαρότεντων, ἐκχύλισμα πιπεριάς. Μετά, θερμαίνοντας, ἐπιμηκύνω τὸν λαιμὸ τοῦ δοχείου [καί τὸν λυγίζω] ἔτσι πού νά τοῦ φτιάξω διάφορες καμπύλες [χωρὶς νά τὸν κλείσω]. Μετά βράζω τὸ ὑγρὸ γιὰ μερικά λεπτά τῆς ὥρας ὅσπου νά βγαίνει ἐλεύθερα ὁ ἀτμός του ἀπὸ τὸ στενὸ ἄνοιγμα στήν ἄκρη τοῦ λαιμοῦ τοῦ δοχείου, καί δέν παίρνω καμιάν ἄλλη προφύλαξη. Μετά ἀφήνω τὸ δοχεῖο νά κρῶσει. Εἶναι ἀξιοσημεῖωτο καί σίγουρα προκαλεῖ ἐκπλήξη σέ καθένα πού ξέρει τὴν εὐαισθησία πού ἔχουν τά πειράματα τά σχετικά μέ τὴ λεγόμενη «αὐτόματη γένεση», ὅτι τὸ ὑγρὸ σ' ἓνα τέτοιο δοχεῖο παραμένει ἐπ' ἀόριστον ἀναλόιωτο...

...Θά περίμενε κανένας πῶς ὁ συνηθισμένος ἀέρας μπαίνοντας μέ ὀρμή στὰ πρῶτα λεπτά [τῆς ψύξης], θά εἰσχωροῦσε [στό δοχεῖο] ἐνῶ θά ἦταν ἐντελὸς

Εἰκόνα 44: Ὁ Louis Pasteur στό ἐργαστήριό του.





Εικόνα 45: Τό πείραμα τοῦ Pasteur . Πρῶτα ρίχνεται στό γυάλινο φιασκί θερπτικό υπόστρωμα, μετά ἐπιμηκύνεται ὁ λαίμος τοῦ φιασκιοῦ καί κάμπτεται, τέλος βράζεται τό περιεχόμενό του.

ἀναποστείρωτος. Αὐτό ἀληθεύει, ὁ ἀέρας ὅμως συναντᾷ ἓνα ὑγρό, πού ἡ θερμοκρασία του βρίσκεται ἀκόμα κοντά στό σημεῖο τοῦ βρασμοῦ [πού σκοτώνει τά μικρόβια]. Μετά ὁ ἀέρας μπαίνει ἀργότερα, κι ὅταν τό ὑγρό ψυχθεῖ ἀρκετά ἔτσι πού νά μὴν καταστρέφει τή ζωτικότητα τους [νά μὴν τά σκοτώνει], ἡ εἰσοδος τοῦ ἀέρα εἶναι ἀρκετά ἀργή ὥστε νά ἀφήνει στίς ὑγρές καμπύλες τοῦ λαίμου ὅλες τίς σκόνες [τά μικρόβια] τίς ἰκανές νά δράσουν [νά ἀναπτυχθοῦν] στά ἐκχυλίσματα...

... Ἄν μετά ἀπό ἀρκετοῦς μῆνες παραμονῆς τοῦ δοχείου στόν κλίβανο ἐπωάσεως τοῦ ἀφαιρέσουμε τό λαίμο σπάζοντάς τον, χωρίς κατά τά ἄλλα ν' ἀγγίξουμε τό δοχεῖο, μετά ἀπό 24, 36 ἢ 48 ὥρες οἱ μύκητες καί τά βακτήρια θ' ἀρξάνουν νά ἐμφανίζονται ἀκριβῶς ὅπως συμβαίνει ὅταν τό δοχεῖο ἀφεθεῖ [χωρίς στένεμα καί κάμψη τοῦ λαίμου του] στόν ἀέρα ἢ ὅταν μολυνθεῖ τό περιεχόμενό του μέ σκόνη τῆς ἀτμόσφαιρας».

Μετά τά πειράματα τοῦ Παστέρ ἐγκαταλείφθηκε τελείως ἡ θεωρία τῆς αὐτόματης γένεσης στους μικροοργανισμούς.

3.2 Τρόποι ἀναπαραγωγῆς

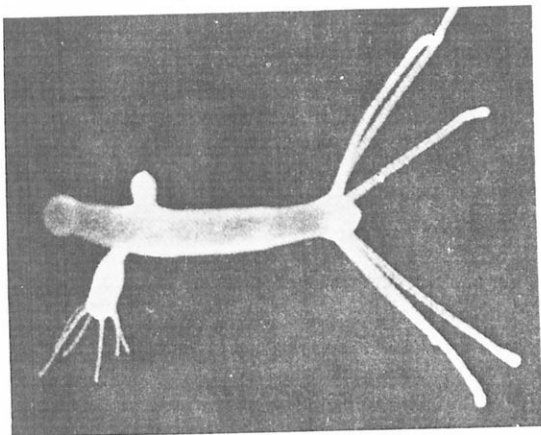
Ὑπάρχουν δυό τρόποι πολλαπλασιασμοῦ: ὁ ἀγενῆς κι ὁ ἐγγενῆς ἢ φυλετικός.

Στόν ἀγενῆ πολλαπλασιασμό ἓνα εἰδικό τμήμα ἑνός ὄργανισμοῦ ἢ ἓνα ὁποιοδήποτε τμήμα του μπορεῖ νά ἀναπτυχθεῖ σ' ἓνα νέο ἄτομο. Διακρίνουμε τρεῖς τρόπους ἀγενῆ πολλαπλασιασμοῦ.

● **μέ σπόρια.** Πολλά φυτά, μύκητες καί μικροοργανισμοί παράγουν σπόρια. Κάθε σπόριο ἂν βρεθεῖ σέ κατάλληλες συνθήκες μπορεῖ νά βλαστήσει.

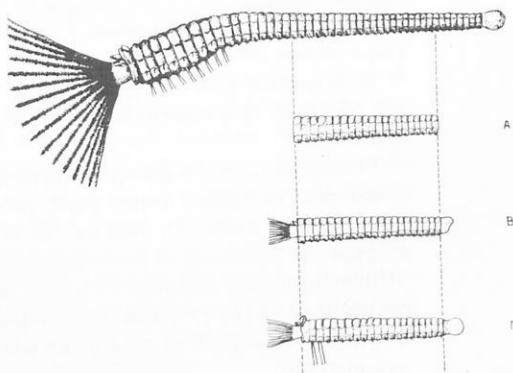
● **μέ ἓνα τμήμα τοῦ ὄργανισμοῦ πού ἀποχωρίζεται.** Στά ἀνώτερα φυτά, τά

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

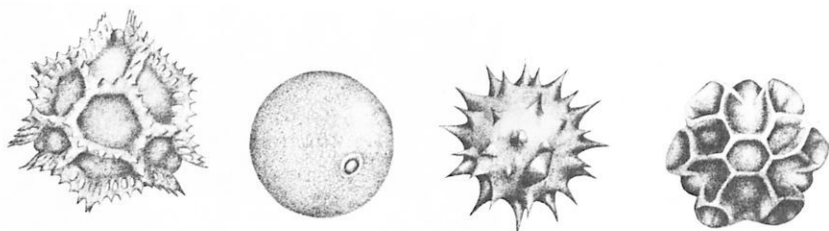


μοσχεύματα εἶναι παράδειγμα τέτοιου τρόπου πολλαπλασιασμοῦ. Ἄν κόψουμε ἓνα φύλλο μπεγκόνιας ἢ ἓνα μέρος κονδύλου πατάτας, ποῦ νά φέρνει ἀπάνω του ἓνα μάτι, καί τὰ φυτέψουμε, μπορεῖ νά βλαστήσουν καί νά δώσουν ὁλόκληρα φυτά. Ὁ σκώληκας (πλατυέλμινθος) *Planaria* μπορεῖ νά κοπεῖ σέ δεκάδα μικρά κομμάτια καί ἀπὸ τὸ καθένα νά σχηματιστεῖ ἓνα νέο ἄτομο.

● **μὲ ἀποβλάστηση.** Σέ ὀρισμένα ζῶα καί φυτά ἀπὸ τὸν ὄργανισμό τοῦ γονιοῦ φυτρώνει ἓνα τμήμα ποῦ ἀργότερα ἀποχωρίζεται. Αὐτὸ συμβαίνει στοὺς Σπόγγους, στὰ Κοιλεντερωτά (ὕδρα), στίς ἀγριοφράουλες κ.ἄ. Ὁ



Εικόνα 47: Ἡ ἀναγέννηση σ' ἓνα θαλάσσιο σκώληκα. Ἄν κόψουμε τίς δυὸ ἄκρες του, τὸ μεσαῖο τμήμα μπορεῖ νά φτιάξει καινούρια κεφαλὴ (ἀριστερά) καί οὐρά (δεξιά).



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

πολλαπλασιασμός τῶν ζυμομυκήτων θυμίζει πολύ ἀποβλάστηση.

Τὸ φαινόμενο **τῆς ἀναγέννησης** παρουσιάζει πολλές ὁμοιότητες με τὸν ἀγενή **πολλαπλασιασμό**. Μερικοὶ ὄργανισμοὶ ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ ἀντικαθιστοῦν (ἀναγεννῶντας το) ἓνα κομμάτι τοῦ σώματός τους ποὺ θὰ κοπεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει με τοὺς βραχίονες τοῦ θαλασσινοῦ ἀστερία ἢ τοὺς τρίτωνες τῶν ποταμίστων ὑδάτων ποὺ μποροῦν ν' ἀναγεννοῦν τὴν οὐρὰ τους.

Στὸν **ἐγγενή πολλαπλασιασμό** ὁ νέος ὄργανισμός προέρχεται ἀπὸ τὴν ἔνωση δυὸ εἰδικῶν κυττάρων, **τῶν γαμετῶν**, ποὺ τὸν ἓνα ὀνομάζουμε ἀρσενικό καὶ τὸν ἄλλο θηλυκό. Κατὰ τὴ γονιμοποίηση οἱ δυὸ 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 δυὸ διαφορετικὰ ἄτομα (**δίοικα εἶδη**).

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

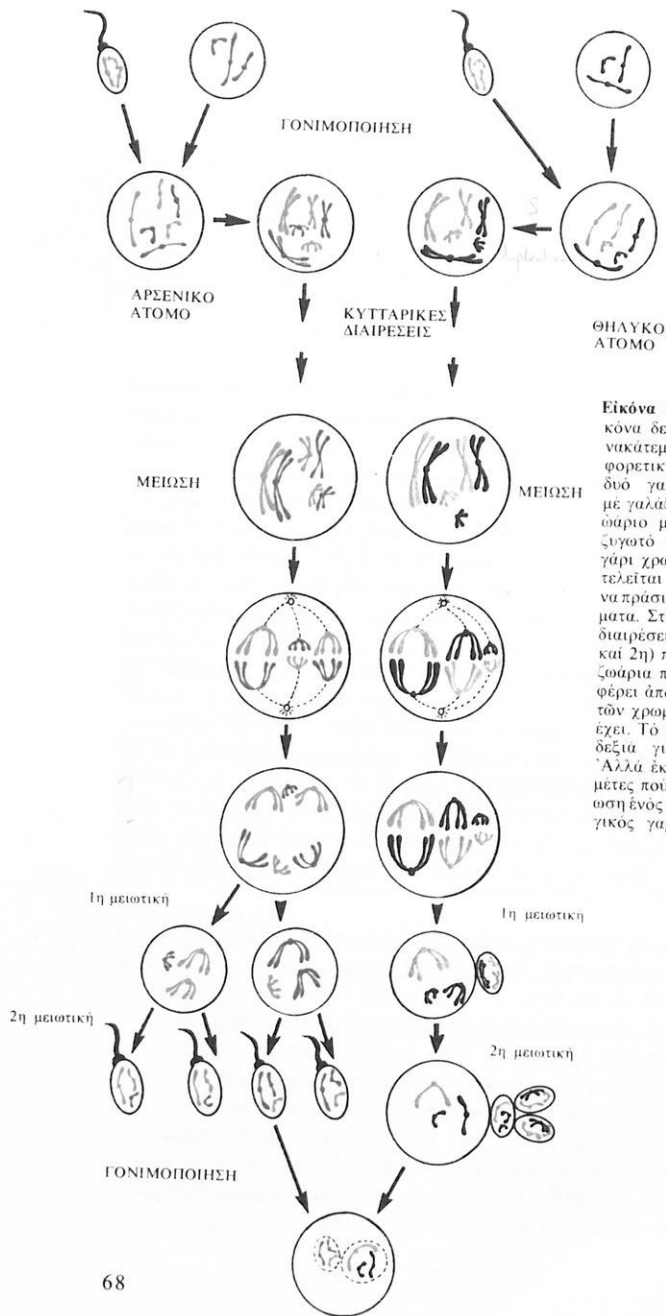
Μία παραλλαγή τοῦ φυλετικοῦ (ἐγγενῆ) **πολλαπλασιασμοῦ** εἶναι ἡ **παρθενογένεση**. Τὸ θηλυκὸ ἄτομο, χωρὶς γονιμοποίηση, μπορεῖ νὰ δώσει γέννηση σὲ ἄλλα ἄτομα. Οἱ γαμέτες τοῦ θηλυκοῦ αὐτοῦ ἀτόμου, **τὰ ῶαρια**, μποροῦν ἀπὸ μόνα τους νὰ ἀναπτυχθοῦν, ὅπως ἀκριβῶς **τὰ ζυγωτὰ κύτταρα**. Ἡ βασίλισσα τῶν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

3.3 Τό σωματικό και τό γεννητικό πλάσμα

Σύμφωνα με τίς απόψεις του αὐστριακοῦ βιολόγου Αὐγουστου Βάϊσμαν (Α. Weismann 1834-1914), οἱ γαμέτες καί τὰ κύτταρα πού θά δώσουν γαμέτες ἀνήκουν σέ μιά κατηγορία κυττάρων πού ὀνόμασε **γεννητικό πλάσμα**. Ἀντίθετα ὅλα τὰ ἄλλα κύτταρα τῶν ἰσθῶν τοῦ ὀργανισμοῦ ἀνήκουν στό **σωματικό πλάσμα**. Τό σωματικό πλάσμα φαίνεται νά μὴν ἐπηρεάζει τό γεννητικό: ὄχι πῶς τὰ χωρίζει στεγανά κανένα χώρισμα ἀλλά ὅποιαδήποτε ἀλλοίωση τῶν κυττάρων τοῦ σωματικοῦ πλάσματος, κατά τόν Weismann πάντοτε, δέν «μεταδίδεται» στοὺς γαμέτες.

1) Τὰ διάφορα κύτταρα τοῦ ὀργανισμοῦ πού θά ἀποτελέσουν τό **σωματικό πλάσμα, διαφοροποιοῦνται**, δηλαδή παίρνει τό καθένα τους ἄλλη μορφή καί ἐπιτελεῖ ἄλλη λειτουργία. Ἐνα διαφοροποιημένο κύτταρο δύσκολα ἀποδιφοροποιεῖται: ὁ προορισμός του εἶναι νά κάνει σωστά μιά ἢ περισσότερες ὀρισμένου εἶδους λειτουργίες (λ.χ. νευρικές ἢ μυϊκές κ.ἄ.) καί τελικὴ του κατάληξη εἶναι ὁ θάνατος. Ἀντίθετα οἱ γαμέτες (τό γεννητικό πλάσμα) εἶναι ἀδιαφοροποίητοι ἀλλὰ μὲ μεγάλες δυνατότητες: μπορεῖ δηλαδή οἱ «κυτταρικοὶ ἀπόγονοί τους» νά γίνουν διάφορα εἶδη ἰσθῶν. Ἀκόμη εἶναι, δυναμικά, ἀθάνατοι. Σέ ὀρισμένα ζῶα πολὺ νωρίς, στίς πρῶτες διαιρέσεις τοῦ ζυγωτοῦ, ξεχωρίζουν τὰ κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος, αὐτοῦ πού θά δώσει γαμέτες. Αὐτό συμβαίνει σ' ἓνα καβούρι, στὴν ἀσκαρίδα (τό παράσιτο σκουλήκι), στὰ ἔντομα κ.ἄ. Τὰ κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι δυναμικά ἀθάνατα, γιατί μπορεῖ νά θεωρηθοῦν πῶς δέν πεθαίνουν, ὅπως τὰ σωματικά κύτταρα. Τὰ κύτταρα τοῦ σωματικοῦ πλάσματος θά πεθάνουν ἀργά ἢ γρήγορα καί πάντως ὅλα τους μὲ τὸ θάνατο τοῦ πολυκύτταρου ὀργανισμοῦ. Ἀντίθετα τὰ κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι ἀθάνατα ἀφοῦ οἱ ὀργανισμοὶ πού προέρχονται ἀπὸ αὐτὰ παράγουν νέους γαμέτες πού μὲ τὴ σειρά τους θά δώσουν νέα ἄτομα πού θά ξαναδώσουν γαμέτες κ.ο.κ.

Φθαρτὸ λοιπὸν τό σωματικό πλάσμα καί διαφοροποιημένο. Δυναμικά ἀθάνατο τό γεννητικό πλάσμα. Τό σωματικό πλάσμα φαίνεται νά μὴν ἐπηρεάζει τό γεννητικό. Αὐτές ἦταν οἱ ἀπόψεις τοῦ Weismann πού ἔχουν μεγάλη δόση ἀλήθειας, ὅπως θά δοῦμε μιλώντας γιὰ τὰ ἐπίκτητα χαρακτηριστικά (στὴν παράγραφο 3.8). Ἀλλὰ εἶναι καί λίγο ἀκραίες γιατί μερικές φορές, κατά τό φαινόμενο λ.χ. τῆς ἀναγέννησης στὰ ζῶα ἢ κατὰ τὸν ἀγενὴ πολλαπλασιασμό στὰ φυτά, διαφοροποιημένα κύτταρα μπορεῖ νά ἀποδιφοροποιηθοῦν καί ν' ἀποκτήσουν τὴν ιδιότητα τῶν γαμετῶν, ἀφοῦ μποροῦν νά δώσουν γέννηση σέ τμῆμα ὀργανισμοῦ ἢ ἀκόμα καί σέ ὁλόκληρο νέο ὀργανισμό. Νά αὐξηθοῦν δηλαδή καί νά φτιάξουν τοὺς διάφορους ἰστούς καί τὰ διάφορα ὄργανα τοῦ νέου ὀργανισμοῦ.

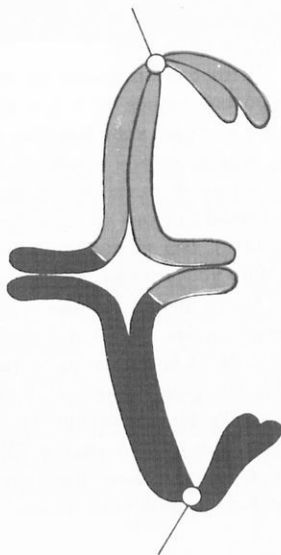


Εικόνα 49: Η μείωση. Η εικόνα δείχνει πώς γίνεται το άνακάτεμα χρωματοσωμάτων διαφορετικής προέλευσης. Έτσι δύο γαμέτες, σπερματοζώαριο με γαλάζια χρωματοσώματα, και ωάριο με πράσινα, δίνουν ένα ζυγωτό κύτταρο που κάθε ζευγάρι χρωματοσωμάτων του αποτελείται από ένα γαλάζιο κι ένα πράσινο ομόλογα χρωματοσώματα. Στη μείωση μετά από δύο διαιρέσεις ενός κυττάρου (1η και 2η) παράγονται 4 σπερματοζώαρια που το καθένα τους διαφέρει από το άλλο στα χρώματα των χρωματοσωμάτων που περιέχει. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει δεξιά για το θηλυκό άτομο. Αλλά εκεί ένας από τους 4 γαμέτες που παράγεται από τη μείωση ενός κυττάρου είναι λειτουργικός γαμέτης, ωάριο δηλαδή.

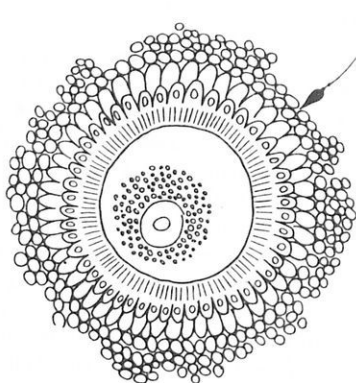
3.4 Ἡ μείωση καὶ ἡ γονιμοποίηση

Στους οργανισμούς πού ἔχουν δύο φύλα, τά καινούργια ἄτομα προέρχονται ἀπό τήν ἔνωση δύο γαμετῶν, ἑνός πού ἀνήκει στό ἀρσενικό φύλο καί ἑνός πού ἀνήκει στό θηλυκό. Ἡ ἔνωση τῶν δύο γαμετῶν καί τῶν πυρήνων τους λέγεται γονιμοποίηση. Ἀπό τήν ἔνωση αὕτη σχηματίζεται, ὅπως εἶπαμε, τό ζυγωτό κύτταρο, δηλαδή τό πρῶτο κύτταρο τοῦ νέου ὀργανισμοῦ. Ἀπό τόν πολλαπλασιασμό τοῦ κυττάρου αὐτοῦ προκύπτει ὅλος ὁ πολυκύτταρος ὀργανισμός. Εἶναι φανερό πῶς ὁ πυρήνας τοῦ ζυγωτοῦ κυττάρου περιέχει τά χρωματοσώματα τῶν πυρήνων καί τῶν δύο γαμετῶν. Ἄν οἱ γαμέτες ὅμως 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 ὅμως 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 στους 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 χiasma. Μεταξύ τμημάτων ἑνός ζευγαριοῦ χρωματοσωμάτων γίνεται ἀνταλλαγή ὁμοειδούς διαφορετικῆς προέλευσης. Ἐτσι δημιουργοῦνται ἐκτός ἀπό τήν ὁλόμαυρη καί τήν ὁλοκόκκινη χρωματίδα (τήν πατρική καί τή μητρική) καί δύο μεικτές, μία μαύρο-κόκκινη καί μία κόκκινο-μαύρη.



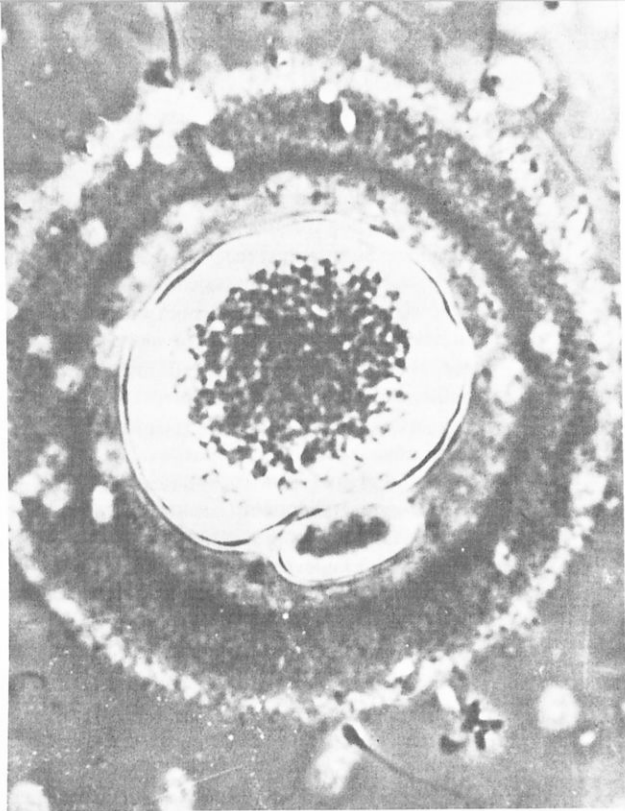
Εικόνα 51: Ἡ γονιμοποίηση στὸν ἄνθρωπο σχηματικά. Τὸ σπέρμα-τοζωάριο προσπαθεῖ νὰ εἰσχωρή-σει στὸ ὥαριο.

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 θά γίνουν γαμέτες ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κυτταρικές διαιρέσεις: δύο μίτωσεις. Ἔτσι, ὅταν ἀρχίσει νὰ λειτουργεῖ ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀπὸ ἓνα ἀρχικὸ κύτταρο, μὲ τὴν πρώτη διαίρεση παίρνουμε δύο, καὶ μετὰ τὴ δεύτερη διαίρεση τέσσερα κύτταρα (4 γαμέτες). Σ' αὐτὲς ὅμως τίς 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 ἔχουμε $46 \times 2 = 92$ 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 πῶς οἱ γαμέτες εἶναι **ἀπλοειδεῖς** (ἔχουν τὸ μισὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων, δηλαδή N χρωματοσώματα), ἐνῶ τὰ σωματικά κύτταρα εἶναι **διπλοειδῆ** (ἔχουν ὁλόκληρο τὸν ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων τοῦ εἶδους, δηλαδή $2N$ χρωματοσώματα).

Μὲ τὸν μηχανισμό 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 ζώου ἢ φυτοῦ. Κάθε γαμέτης περιέχει ἓνα μόνο χρωματόσωμα ἀπὸ κάθε τέτοιο ζευγάρι, καὶ ὅλα τὰ ζευγάρια ἀντιπροσωπεύονται μὲ ἓνα χρωματόσωμα στὸ γαμέτη. Ἔτσι ὄχι μόνον ὁ ἀριθμὸς (ἢ ποσότητα) ἀλλὰ καὶ τὸ εἶδος (ἢ ποιότητα) τῶν χρωματοσωμάτων μειώνεται στὸ μισὸ κατὰ τὸν πιὸ ἀκριβοδίκαιο τρόπο.

Εικόνα 52: Ἡ γονιμοποίηση
στον ἄνθρωπο σέ φωτογρα-
φία παρμένη με τὸ μικρο-
σκόπιο. Σπέρματοζωάρια πε-
ρικυκλώνουν τὸ ὥαριο χωρίς
ἀκόμα νά ἔχουν εἰσχωρή-
σει.



Ἡ μείωση λοιπόν ἐπιτρέπει τή διατήρηση τῆς σταθερότητας τοῦ ἀριθμοῦ τῶν χρωματοσωμάτων καί τοῦ εἶδους τους ἀπό γενιά σέ γενιά. Μέ τή μείωση ὁμως πραγματοποιεῖται καί κάτι ἄλλο, ἓνα ἀνακάτεμα τῶν χρωματοσωμάτων. Καί νά γιατί:

Κατά τή γονιμοποίηση ὁ ἀρσενικός γαμέτης ἐνώνεται, ὅπως εἶπαμε, μέ τό θηλυκό. Τό ζυγωτό κύτταρο, πού προέρχεται ἀπό τή γονιμοποίηση, ἔχει τόν κανονικό ἀριθμό χρωματοσωμάτων: τά μισά χρωματοσώματα προέρχονται ἀπό τόν ἀρσενικό γαμέτη καί τά ἄλλα μισά ἀπό τό θηλυκό. Κι ἐπειδὴ ὅλα τά κύτταρα τοῦ νέου ὀργανισμοῦ προέρχονται μέ διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις ἀπό τό ζυγωτό κύτταρο, εἶναι φανερό πώς ὅλα τά κύτταρα τοῦ ὀργανισμοῦ ἔχουν τά ἴδια χρωματοσώματα. Κάθε ζευγάρι ὁμόλογων χρωματοσωμάτων σέ κάθε κύτταρο ἀποτελεῖται λοιπόν ἀπό ἓνα χρωματόσωμα πού προήλθε ἀπό τόν ἀρσενικό γαμέτη (σέ τελική ἀνάλυση ἀπό

τόν πατέρα) καί ένα πού προήλθε από τό θηλυκό γαμέτη (σέ τελική ανά-
λυση από τή μητέρα). "Όταν ό νέος αυτός οργανισμός κάμει γαμέτες, όταν
δηλαδή όρισμένα κύτταρά του ύποστούν τή μείωση, τότε θά φτιάξει γαμέ-
τες πού καθένas 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 πιο συνηθι-
σμένο είναι άλλα νά 'ναι πατρικά κι άλλα μητρικά, δηλαδή στους γαμέτες
του νά πραγματοποιηθεί ένα ανακάτεμα χρωματισμών διαφορετικής
προελεύσεως. Πολλές φορές, μάλιστα, κατά τή μείωση, μ' ένα μηχανισμό
πού λέγεται **χίασμα** καί πού επιτρέπει τήν άμοιβαία ανταλλαγή τμημάτων
τους μεταξύ δυό όμόλογων χρωματισμών, τό ανακάτεμα αυτό δέν
άφορά μόνο όλόκληρα χρωματόσωματα άλλα καί κομμάτια τους. Αυτό τό
ανακάτεμα είναι ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα τής μείωσης: θά δοθε-
πως ή κληρονομική ούσία, οι γόνοι, βρίσκονται στά χρωματισμάτα καί
τό ανακάτεμα αυτό τής κληρονομικής ούσίας επιτρέπει τή δημιουργία νέων
συνδυασμών κληρονομικών ιδιοτήτων.

3.5 'Η ιστορία των γεννητικών κυττάρων

Στά Σπονδυλωτά (έπομένως καί στον άνθρωπο) οι γαμέτες σχηματίζον-
ται μέσα σέ ειδικά όργανα, τους γενετήσιους αδένες, τους όρχεις στά άρ-
σενικά καί τίς ωοθήκες στά θηλυκά. Οι γαμέτες σχηματίζονται στους αδέ-
νες άλλα δέν προέρχονται από αυτούς: σ' αυτούς **μεταναστεύουν** πολύ νω-
ρίς «οί κυτταρικοί πρόγονοί» τους, τά κύτταρα του γεννητικού πλάσματος,
αυτά πού θά μεταμορφωθούν σέ γαμέτες. Σχεδόν από τήν άρχή τής ζωής
του ατόμου τά κύτταρα του γεννητικού πλάσματος ξεχωρίζουν από τά άλλα
κύτταρα, τά κύτταρα του σωματικού πλάσματος καί μόλις σχηματιστούν οι
γενετήσιοι αδένες (άπό τά κύτταρα του σωματικού πλάσματος) μετανα-
στεύουν καί έγκατασταίνονται εκεί. Έτσι οι γενετήσιοι αδένες περιέχουν
καί άλλα κύτταρα εκτός από τά γεννητικά. Οι όρχεις λ.χ. έχουν καί τά
κύτταρα πού 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 καί μετασχηματίζονται στά
άρσενικά άτομα σέ **σπερματογονίες** καί στά θηλυκά άτομα σέ **ωογονίες**.
Μετά από άλλες κυτταρικές διαιρέσεις στά άρσενικά άτομα οι σπερματο-
γονίες μετατρέπονται σέ **σπερματοκύτταρα 1ης τάξεως**. Αυτά θά ύποστούν
τίς δυό διαιρέσεις τής μειώσεως. Μετά τήν πρώτη διáίρεση θά όνομαστούν
σπερματοκύτταρα 2ης τάξεως καί μετά τή δεύτερη διáίρεσή **σπερματίδες**.
Οί σπερματίδες θά ύποστούν μιá σειρά μεταβολές γιά νά γίνουν **σπερματο-**

ζωάρια. Οί μεταβολές αυτές συνίστανται κυρίως στο χάσιμο του μεγαλύτερου μέρους του κυτταροπλάσματος και στή δημιουργία της ούρας. Το σπερματοζωάριο αποτελείται από την **κεφαλή** του, που περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου, το **ενδιάμεσο σῶμα**, που περιέχει κυτταρόπλασμα, μιτοχόνδρια και τὰ υπολείμματα του κεντροσώματος, και από τὸ **μαστιγιο-οὐρά** του.

Οί ὡογονίες ἔχουν μιὰ κάπως διαφορετική εξέλιξη: αὐξάνονται πολὺ σέ μέγεθος γιὰ νά μεταμορφωθοῦν σέ **ὠοκύτταρα 1ης τάξεως**. Ἡ αὐξησις ὀφείλεται στή δημιουργία καὶ ἀποθήκευση τροφῶν γιὰ τὸ ἐμβρυο (λεκίθου) καὶ ἐξακολουθεῖ πολὺ ἐντονότερη μέχρι τὸ στάδιο τῆς πρώτης διαιρέσεως τῆς μειώσεως (**ὠοκύταρο 2ης τάξεως**). Αὐτὴ καὶ ἡ ἐπόμενη διαιρέσις, ὅπως εἶπαμε, εἶναι ἄνισες. Κάθε φορὰ ἀποβάλλεται ἓνα μικρὸ κύτταρο (**πολικὸ σῶμα**) καὶ κρατιέται ἡ κύρια μάζα τοῦ ἀρχικοῦ κυττάρου σ' ἓνα μόνον κύτταρο πού μετὰ τὴ δευτέρη διαιρέσις εἶναι τὸ **ῥάριο**. Οἱ ἀποθηκευμένες τροφές ἀρκοῦν γιὰ τὴν ἀνάπτυξη ἑνὸς μόνου ἐμβρύου: αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος τῶν δυὸ ἄνισων διαιρέσεων στή μείωσις τῶν θηλυκῶν γενετήσιων κυττάρων.

Ὅπως μάθαμε στὴν Ἀνθρωπολογία ὑπάρχει ἓνας κύκλος, συνήθως 28 ἡμερῶν στή γυναῖκα πού ρυθμίζεται ἀπὸ τὴν ἑκκρίσις δυὸ διαφορετικῶν εἰδῶν ὁρμονῶν: τῶν **οἰστρογόνων** (μὲ κύριο ἀντιπρόσωπο τὴν οἰστραδιόλη) καὶ τῆς **προγεστερόνης**.

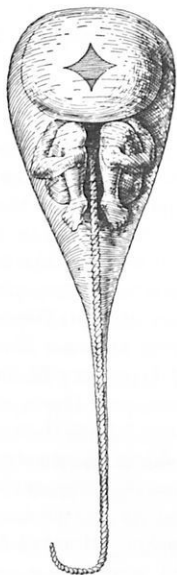
Στὴ 14ῃ μέρᾳ τὸ ῥάριο ἐλευθερώνεται στή μήτρα καὶ μπορεῖ νά γονιμοποιηθεῖ. Ἄν σέ δυὸ μέρες δὲ γονιμοποιηθεῖ, πεθαίνει. Ἡ γονιμοποίηση τοῦ ῥαρίου θά δώσει τὸ ζυγωτὸ κύτταρο ἀπ' τὸ ὁποῖο θά προέλθει ὁ νέος ὁργανισμός. Σέ σπάνιες περιπτώσεις, μετὰ τὴν πρώτη διαιρέσις τοῦ ζυγωτοῦ κυττάρου σέ δυὸ, ξεχωρίζουν καὶ ξεκολλᾶνε τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο τελείως τὰ δυὸ αὐτὰ κύτταρα σχηματίζοντας δυὸ ξεχωριστὰ ἐμβρυα: τότε γεννιοῦνται τὰ **μονοζυγωτικά** (ἢ μονοωικά, ὅπως τὰ λένε μερικοὶ) **δίδυμα**, τὰ δίδυμα πού προέρχονται ἀπὸ ἓνα μόνον ἀρχικὸ ζυγωτὸ κύτταρο. Εἶναι τοῦ ἴδιου φύλου καὶ μοιάζουν πολὺ μεταξὺ τους γιατί ἔχουν ἀκριβῶς τὰ ἴδια χρωματοσώματα, δηλαδή, ὅπως θά δοῦμε παρακάτω, τοὺς ἴδιους γόνους, τίς ἴδιες κληρονομικὲς καταβολές. Τὰ συνηθισμένα δίδυμα εἶναι τὰ **διζυγωτικά**, προέρχονται δηλαδή ἀπὸ δυὸ διαφορετικὰ ῥάρια τῆς γυναίκας πού ἐλευθερώθηκαν συγχρόνως καὶ γονιμοποιήθηκαν ἀπὸ δυὸ διαφορετικὰ σπερματοζωάρια. Τὰ δίδυμα αὐτὰ μοιάζουν ὅπως καὶ τὰ συνηθισμένα ἀδελφία, καὶ μπορεῖ νά ν' αἶναι τοῦ ἴδιου ἢ διαφορετικοῦ φύλου. Ἡ πολυδιδυμία (πολυζυγωτική) στὸν ἄνθρωπο εἶναι σπάνια (τρίδυμα, τετράδυμα κ.ο.κ.) ἀλλὰ φαίνεται πὼς ὀρισμένους εἰδούς ὁρμονοθεραπείες τῶν γυναικῶν μπορεῖ ν' αὐξήσουν πολὺ τὴ συχνότητά τους.

3.6 Προσχηματισμός καί ἐπιγένεση

Ένα πυκνό μυστήριο ἐκάλυπτε τὸ μηχανισμό τῆς δημιουργίας τοῦ νέου ἀτόμου ἀπὸ τὸ ζυγωτὸ κύτταρο ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὴ γονιμοποίηση. Πῶς εἶναι δυνατό, ἀναρωτιόντουσαν, ἀπὸ τὸ κύτταρο τοῦτο, ποὺ φαίνεται ὁμοιομ' ὁποιοδήποτε ἄλλο κύτταρο, νὰ δημιουργοῦνται τὰ διάφορα ὄργανα καὶ οἱ διάφοροι ἴστοι τοῦ ὁργανισμοῦ; Πῶς εἶναι δυνατό, χωρὶς νὰ ὑπάρχει ἀπὸ τὰ πρὶν κάτι καλὰ καθορισμένο στὸ ζυγωτὸ κύτταρο (ἢ στοὺς γαμέτες ποὺ ἐνώθηκαν γιὰ νὰ τὸ φτιάξουν), νὰ ἀναπτύσσεται ἓνα ἄτομο ὁμοιο μὲ ὅλα τὰ ἄτομα τοῦ εἴδους του, μὲ ἴδια κατασκευὴ, σὰν νὰ ἀποτελεῖ ἐπανάληψη τοῦ ἴδιου σχεδίου; Στὸν ἄνθρωπο λ.χ. νὰ βρίσκουμε σὲ κάθε ἄτομο τὸν ἴδιο ἀριθμὸ δοντιῶν, τὸν ἴδιο ἀριθμὸ δακτύλων ἐνῶ στὸν ἄστερ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ βραχιόνων; Ἦταν λοιπὸν λογικὸ νὰ ὑποθέσουν πῶς κάτι καθορισμένο ἀπὸ τὰ πρὶν ὑπῆρχε στοὺς γαμέτες ἢ στὸ ζυγωτὸ κύτταρο: αὐτὸ τὸ κάτι

νόμισαν ὀρισμένοι παλαιοὶ βιολόγοι πῶς τὸ εἶδαν στοὺς ἀνθρώπινους γαμέτες μὲ τὰ πρωτόγονα μικροσκόπιά τους. Ἦταν μιά μικρογραφία ἀνθρώπου, τὸ ἀνθρωπάκι (homunculus), ποὺ βρισκόταν στὸ κεφάλι τοῦ ἀνθρώπινου σπερματοζωαρίου. Γι' αὐτοὺς τοὺς παρατηρητὲς ἡ ἀνάπτυξη δὲν ἦταν τίποτα ἄλλο παρὰ τὸ ὅτι τὸ ἀνθρωπάκι αὐτὸ μεγάλωνε κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐμβρυϊκῆς ἀναπτύξεως, ἓνα μεγάλωμα ποὺ ἐμοιαζε μὲ τὸ φούσκωμα ἐνὸς μπαλλοῦνι: τὸ ἀνθρωπάκι μεταμορφωνόταν σὲ ἄνθρωπο.

Βέβαια ἡ βελτίωση τῶν μικροσκοπιῶν γρήγορα ἀπόδειξε πῶς δὲν ὑπῆρχε ἀπὸ τὰ πρὶν προσχηματισμένο ἀνθρωπάκι στοὺς γαμέτες ἢ στὸ ζυγωτὸ κύτταρο. "Ἀλλωστε μιά τέτοια ἐξήγηση καταλήγει καὶ σὲ δυσκολίες ποὺ δὲ φαίνονται ἴσως ἀπ' τὴν ἀρχή. Λ.χ. ἂν ὄντως ὑπῆρχε τὸ ἀνθρωπάκι θὰ ἔπρεπε νὰ ἔχει καὶ γαμέτες προσχηματισμένους καὶ στοὺς γαμέτες του νὰ ἔναι προσχηματισμένα ἄλλα μικρότερα ἀνθρωπάκια κ.ο.κ. "Ὅπως στὸ ρωσικὸ παιχνίδι ποὺ ἀνοίγει κανεὶς μιά κούφια ξύλινη κούκλα καὶ βρίσκει μέσα της μιά ἄλλη ξύλινη κούκλα ποὺ τὴν ἀνοίγει καὶ βρίσκει μιά τρίτη. Τὰ πρὶν πολὺπλοκα τέτοια παιχνίδια δὲν ξεπερνοῦν τίς δώδεκα κούκλες. Ἐδῶ ὅμως θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπάρχει ἀπειρία ἀπὸ ἀνθρωπάκια τὸ ἓνα μέσα στοὺς γαμέτες τοῦ ἄλλου, τόσα πολλὰ ὅσες ὅλες οἱ γενιὲς ἀνθρώπων ποὺ πρόκειται νὰ ὑπάρξουν.



Εἰκόνα 53: Τὸ ἀνθρωπάκι στὸ κεφάλι τοῦ σπερματοζωαρίου, ὅπως τὸ ζωγράφισαν παλαιοὶ βιολόγοι.



Εικόνα 54: Το παιχνίδι με τις ρώσικες κουκλές. Δείχνονται στη σειρά έξι κουκλές που το μέγεθος τους μειώνεται λίγο λίγο από την πρώτη ως την έκτη. Καθεμιά τους είναι κούφια κι έτσι μπορούν να μπουδν ή μια μες στην άλλη. Ίσως, όταν άνοιχτεί ή πρώτη φανερώσει μέσα της τη δεύτερη, κι όταν άνοιχτεί κι ή δεύτερη φανερώσει μέσα της την τρίτη, κ.ο.κ. μέχρι που να φανεί ή μικρότερη, ή έκτη.

Σάν αντίδραση σ' αυτή τήν πίστη σέ **προσχηματισμένο** πρότυπο του οργανισμού στους γαμέτες, δημιουργήθηκε ή άποψη πώς τίποτα προσχηματισμένο δέν υπάρχει στο ζυγωτό κύτταρο: μιά δύναμη (μυστηριώδης κι αυτή) τό ώθει νά ακολουθήσει μιά ορισμένη πορεία αναπτύξεως, ώστε νά δημιουργηθεί ό νέος οργανισμός. Αυτή ή άποψη, ή **επιγένεση**, ότι κάθε φορά γίνεται ξανά και «έκ νέου» ό καινούργιος οργανισμός, συμφωνεί μέ τίς μικροσκοπικές παρατηρήσεις αλλά δέ λύνει καί ικανοποιήτικά τό πρόβλημα, αντικαθιστώντας τό άνυπαρκτο ανθρώπακι μέ μιά μυστηριώδη δύναμη.

Μιά προσπάθεια νά λυθεί αυτό τό πρόβλημα έκανε κι ό μεγάλος βιολόγος του περασμένου αιώνα ό Τσάρλς Ντάρβιν (Charles Darwin 1809 - 1882, πού συχνά τόν ονομάζουμε στά έλληνικά Κάρολο Δαρβίνο καί γιά τόν όποιο θά μιλήσουμε σέ έκταση στο έπόμενο τμήμα του βιβλίου γιά τήν Έξέλιξη, στο κεφάλαιο 4).

Ό Ντάρβιν κατάλαβε πώς γιά νά ακολουθηθεί μιά πορεία αναπτύξεως καθορισμένη, πρέπει νά υπάρχει κάποιον προκαθορισμένο πρότυπο. Ήξερε όμως πώς τό πρότυπο αυτό δέν ήταν όρατό. Υπόθεσε λοιπόν πώς ήταν τόσο μικρό πού νά μήν μπορεί νά παρατηρηθεί στο μικροσκόπιο. Μετά κατάλαβε πώς τό πρότυπο αυτό θά 'πρεπε νά μήν κλείνει μέσα του κι άλλα πρότυπα, γιατί τότε θά κατάληγε σέ αδιέξοδο. Υπόθεσε λοιπόν πώς κάθε όργανο του σώματος «κατασκευάζει» μικρά όμοιώματά του πού κυκλοφορούν μέσα στο αίμα καί καταλήγουν στους γαμέτες. Όταν μαζευτεί μια πλήρης σειρά προτύπων από όλα τά όργανα του σώματος, τότε σχηματίζεται ένας ώριμος γαμέτης πού μπορεί νά λάβει μέρος σέ γονιμοποίηση καί νά δώσει γέννηση σ' ένα πλήρη οργανισμό. Έτσι άπόφευγε ό Ντάρβιν τό πρόβλημα τό σχετικό μέ τά προσχηματισμένα ανθρώπακια πού βρίσκεται τό ένα μέσα στο άλλο, γιατί κάθε φορά τά όργανα του σώματος είχαν τήν ικανότητα νά σχηματίζουν νέα μικροσκοπικά όμοιώματά τους. Ή θεωρία του Ντάρβιν, πού τήν ονόμασε προσωρινή υπόθεση της **παγγένεσης** έρχεται σέ άμεση αντίθεση μέ τίς άπόψεις του Βάϊσμαν. Ξέρουμε σήμερα πώς δέν είναι σωστή, ή νεώτερη όμως εξήγηση του σημαντικού αυτού προβλήματος παρουσιάζει αρκετές όμοιότητες μέ τήν εξήγηση πού έδωσε ό Ντάρβιν.

Θά δούμε, δηλαδή, παρακάτω, πώς τήν ανάπτυξη (καί άλλωστε καί όλη τή λειτουργία του οργανισμού) καθορίζουν (καί έλέγχουν) κληρονομικές μονάδες, οί γόνοι πού αποτελούν κατιτί προσχηματισμένο. Όχι όμως προσχηματισμένες μικρογραφίες οργάνων αλλά ένα είδος σχεδίου γιά τήν ανάπτυξη καί τή λειτουργία του οργανισμού. Οί γόνοι δέν προέρχονται από τά διάφορα όργανα του σώματος, καί σ' αυτό έχει δίκιο ό Βάϊσμαν, αλλά «φτιάχνουν όργανα». Έχουν επί πλέον τήν ιδιότητα νά διπλασιάζον-

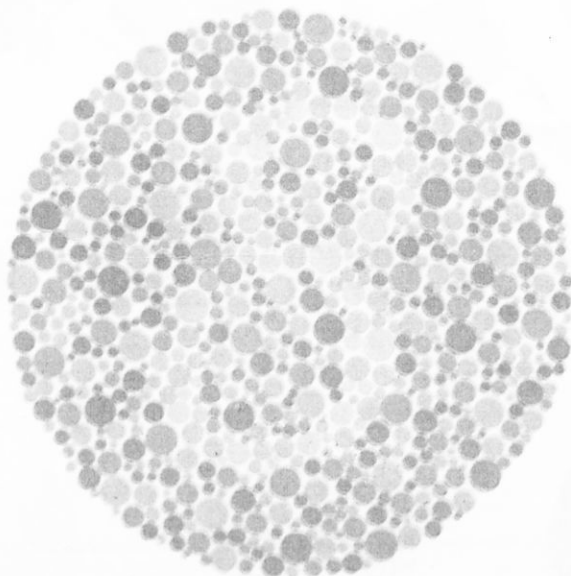
ται κι έτσι δέν χρειάζονται νά κλείουν μέσα τους κι άλλα μικρότερά τους προσχηματισμένα πρότυπα, σάν τίς ρωσικές κούκλες.

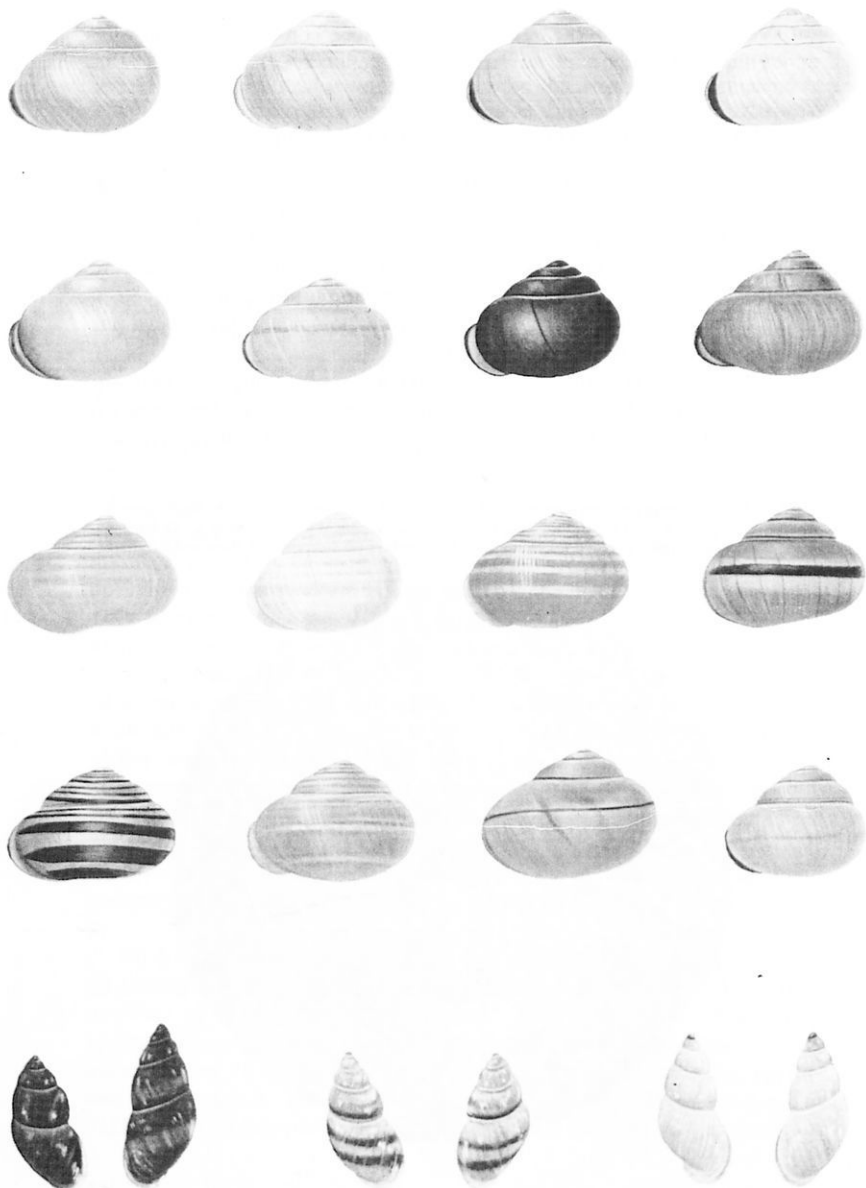
3.7 Ποικιλομορφία στους πληθυσμούς καί κληρονομικότητα

“Αν εξετάσουμε προσεκτικά τά άτομα ενός πληθυσμοῦ θά ἀντιληφθοῦμε ὅτι, ἐνῶ ἔχουν ὅλα μιά γενική ὁμοιότητα, σέ μικρολεπτομέρειες διαφέρουν μεταξύ τους. Δέν εἶναι ἀπόλυτα ὅμοια. Τοῦτο γίνεται πολύ φανερό στους ἀνθρώπινους πληθυσμούς ὅπου τό χρῶμα τῶν μαλλιῶν, τῶν ματιῶν, τό σχῆμα καί ἡ μορφή τοῦ σώματος, οἱ ομάδες 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 ζώων καί τῶν φυτῶν. Ἡ φαινομενική ὁμοιομορφία τους συνήθως ὀφείλεται στό ὅτι δέν ἔχουν ἀρκετά ἐξεταστῇ τά άτομα τοῦ πληθυσμοῦ. Ὁ καθένας γνωρίζει

Εἰκόνα 55: Κληρονομικές διαφορές στους ἀνθρώπους. Οἱ περισσότεροι ἄντρες διαβάζουν τόν ἀριθμό 8 στήν εἰκόνα. Ὅσοι ὁμως ἔχουν δαλτωνισμό διαβάζουν τόν ἀριθμό 3. Ὁ δαλτωνισμός εἶναι ἓνα 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 αριστερόστροφα στο δεύτερο είδος (*Partula suturalis*).



Εικόνα 57: Ποικιλομορφία στα περιστέρια. Αριστερά το αγριοπερίστερο 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. Η εικόνα δείχνει τρεις τύπους δακτυλικών αποτυπωμάτων (τόξα, κόλπους, στρόβιλους). Η ποικιλομορφία αυτή έχει κληρονομική βάση.

καλύτερα τὰ ἀντικείμενα μὲ τὰ ὁποῖα ἀσχολεῖται. Ἐτσι ἄρκετοὶ φιλόζωοι ἢ ὀρνιθολόγοι μποροῦν νὰ ξεχωρίσουν τόσο μορφολογικά ὅσο καὶ ἀπὸ τίς διαφορὲς στὴ συμπεριφορὰ τους πολλὰ πουλιὰ πού ἀνήκουν στὸ ἴδιο εἶδος λ.χ. σπίνους, ἐνῶ φαίνονται ὅμοια γιὰ ἓναν ἄπειρο παρατηρητὴ.

Αὐτὴ ἡ τεράστια ποικιλομορφία πού παρατηρεῖται στοὺς πληθυσμούς ἀποτελεῖ μιά πρώτη βασικὴ παρατήρηση. Μιά ἄλλη βασικὴ παρατήρηση πού τὴ συμπληρώνει εἶναι ὅτι τὰ τέκνα μοιάζουν μὲ τοὺς γονεῖς τους, οἱ ἀπόγονοι μὲ τοὺς προγόνους τους, τὰ ἄτομα πού ἔχουν συγγένεια «ἐξ αἵματος» μοιάζουν μεταξὺ τους. Ἡ ὁμοιότητα μεταξὺ συγγενῶν ἀτόμων, μεταξὺ τέκνων καὶ γονιῶν, ἀποτελεῖ τὸ φαινόμενο τῆς κληρονομικότητας.

Γνωρίζουμε ὅτι τὰ τέκνα ἀνήκουν στὸ ἴδιο βιολογικὸ εἶδος μὲ τοὺς γονεῖς τους, στὴν ἴδια φυλὴ (τέκνα λευκῶν εἶναι λευκά, μογγόλων εἶναι μογγόλοι κ.ο.κ.). Ἀλλὰ καὶ σέ ὁρισμένα εἰδικὰ χαρακτηριστικά τὰ τέκνα μοιάζουν μὲ τοὺς γονεῖς τους σάν νὰ τοὺς μεταβίβασαν οἱ γονεῖς τὰ χαρακτηριστικά τους αὐτά.

Ἡ **Γενετικὴ** εἶναι ὁ κλάδος τῆς Βιολογίας πού μελετᾷ τὴν κληρονομικότητα καὶ τὴν ποικιλομορφία πού παρατηρεῖται στοὺς πληθυσμούς. Ἀκριβῶς μὲ τὸ μηχανισμό τῆς κληρονομικότητας θὰ ἀσχοληθοῦμε παρακάτω.

3.8 Ποιὲς ιδιότητες κληρονομοῦνται; Κληρονομοῦνται οἱ ἐπίκτητες ιδιότητες;

Τὰ τέκνα ἔχουν ὁρισμένα χαρακτηριστικά ὅμοια μὲ τὰ ἀντίστοιχα χαρακτηριστικά τῶν γονιῶν τους, λ.χ. δυὸ γονεῖς μὲ γαλανά μάτια θὰ ἔχουν παιδιὰ μὲ γαλανά μάτια. Στὴν κοινὴ γλώσσα λέμε ὅτι τὰ τέκνα κληρονόμησαν τὰ χαρακτηριστικά αὐτά ἀπὸ τοὺς γονεῖς τους. Ὅλα ὅμως τὰ χαρα-

κτηριστικά δέν κληρονομούνται. Ὑπάρχουν ὀρισμένα χαρακτηριστικά ἢ ἰδιομορφίες τίς ὁποῖες ἀποκτᾷ ἓνα ἄτομο κατὰ τή διάρκειά τῆς ζωῆς του καί πού δέν τίς ἔχει κληρονομήσει ἀπό τούς γονεῖς του. Ὅταν κλείσει ἓνα τραῦμα σχηματίζεται μιᾷ οὐλή. Τέτοιες οὐλές δέν κληρονομούνται ἀπό τούς γονεῖς, οὔτε κληρονομούνται στούς ἀπογόνους. Πρόκειται γιά μιᾷ κατηγορία ἰδιοτήτων πού ὀνομάζονται **ἐπίκτητες ἰδιότητες**.

Ὅταν ἓνας ἀθλητής ἀσκηθεῖ πολύ στό τρέξιμο ἢ στήν πεζοπορία, οἱ μῦς τῶν ποδιῶν του ἀναπτύσσονται πιό πολύ. Ἐνα ὄργανο ἀναπτύσσεται μέ τήν ἄσκηση του. Ὁ ἀθλητής ἀναπτύσσει μεγαλύτερο μυϊκό σύστημα.

Ὁ καρδιοπαθής ἀναπτύσσει πολλές φορές ὑπερτροφία τῆς καρδιάς γιά νά μπορεῖ ἡ ἐλαττωματική του καρδιά νά ἀντεπεξέρχεται στίς ἀνάγκες τοῦ ὀργανισμοῦ του. Ὁ ὁδηγός αὐτοκινήτου ἀποκτᾷ μέ τήν ἐξάσκησή του μεγαλύτερη πείρα καί ἰκανότητα ὁδηγήσεως.

Κληρονομούνται οἱ ἐπίκτητες ἰδιότητες; Ναι, πίστευαν τόν περασμένο αἰῶνα οἱ μεγάλοι βιολόγοι, ὅπως ὁ γάλλος Λαμάρκ (Lamarck 1744-1829) πού ἐγίνε γνωστός γιατί ὑποστήριξε ὅτι ὑπάρχει ὀργανική ἐξέλιξη, δηλαδή ὅτι τά εἶδη τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν προέρχονται ἀπό ἄλλα παρόμοια εἶδη. Ὁ Λαμάρκ πίστευε ὅτι, ὅταν μιᾷ ἐπίκτητη ἰδιότητα ἀποκτηθεῖ, μπορεῖ νά κληρονομηθεῖ ἀπό τό ἄτομο πού τήν ἀπόκτησε στούς ἀπογόνους του.

Ἔτσι ἄλλωστε ἐξηγοῦσε καί τήν ἐξέλιξη: θεωροῦσε ὅτι ὁ μηχανισμός τῆς ἐξελίξεως στηρίζεται στήν κληρονομικότητα τῶν ἐπίκτητων ἰδιοτήτων. Σήμερα ὀνομάζουμε ἀντιλήψεις παρόμοιες μέ τοῦ Λαμάρκ **λαμαρκισμό**.

Καί ὁ Ντάρβιν πίστευε στήν κληρονομικότητα τῶν ἐπίκτητων ἰδιοτήτων. Ὑποστήριξε κι αὐτός ὅτι ὑπάρχει ὀργανική ἐξέλιξη, νόμιζε ὅμως ὅτι ἓνας διαφορετικός μηχανισμός ἐξηγεῖ γιατί καί πῶς πραγματοποιεῖται. Συγχρόνως ὅμως δέν παράλειπε νά ἐκδηλώνει τήν πίστη του στήν κληρονομικότητα τῶν ἐπίκτητων ἰδιοτήτων, (ἄλλωστε ἡ θεωρία του τῆς παγγένεσης πρότεινε καί ἓνα μηχανισμό κληρονομικότητας τῶν ἐπίκτητων ἰδιοτήτων). Ὑπῆρχε λοιπόν γιά τήν κληρονομικότητα τῶν ἐπίκτητων ἰδιοτήτων μιᾷ γενική παραδοχή. Ἡ ἐπιστήμη ὅμως δέ βασίζεται σέ γενικές παραδοχές, ὅταν δέν ἀποδεικνύονται πειραματικά. Μέ πειράματα δηλαδή καταβάλλεται προσπάθεια νά ἀποδειχτεῖ ἢ νά διαψευστεῖ κάθε ὑπόθεση, κάθε θεωρία. Ὁ αὐστριακός βιολόγος Βάϊσμαν πειραματίστηκε μέ ποντικούς γιά νά δεῖ κατὰ πόσο κληρονομούνται οἱ ἐπίκτητες ἰδιότητες. Τούς ἔκοβε τίς οὐρές καί μετά τούς διασταύρωνε. Στά τέκνα τους ἔκανε ἀκριβῶς τό ἴδιο πράγμα. Κατὰ τή διάρκεια 22 γενιῶν ποτέ δέν παρατήρησε μείωση τοῦ μήκους τῆς οὐράς σέ ποντικό. Συμπέρανε λοιπόν ὅτι οἱ ἐπίκτητες ἰδιότητες δέν κληρονομούνται.

Ἀπό τήν ἐποχή τοῦ Weismann μέχρι τώρα γίνηκαν πολλά παρόμοια

πειράματα: σέ κανένα δέν αποδείχτηκε ὅτι οἱ ἐπικτήτες ιδιότητες κληρονομούνται.

Εἶναι ἐπίσης γνωστό ὅτι σέ πολλούς λαούς γίνεται ἡ περιτομή ἐπὶ γενιῶν. Ποτέ ὁμως δέν παρατηρήθηκε νά γεννηθοῦν ἄτομα πού νά μὴ χρειάζεται νά ὑποστοῦν περιτομή. Τό ἴδιο ἰσχύει γιά τόν παρθενικό ὕμνα τῶν γυναικῶν, γιά διάφορες παραμορφώσεις πού ἄτομα ἡμιάγριων λαῶν δημιουργοῦν στό πρόσωπό τους ἀπό νεαρή ἡλικία, ἐκρίζωνοντας δόντια, ἢ τρυπώντας τή μύτη τους ἢ τά αὐτιά τους, ἢ τέλος παραμορφώνοντας τά χεῖλη τους. Τά ἐπικτήτα αὐτά χαρακτηριστικά δέν κληρονομήθηκαν.

3.9 Πῶς κληρονομούνται τὰ διάφορα χαρακτηριστικά

Τό δειλινό ἢ νυχτολούλουδο (τοῦ ὁποίου τό ἐπιστημονικό ὄνομα εἶναι *Mirabilis jalapa*) μπορεί 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 παλὶ 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 ἂν πάρουμε γύρη ἀπό τό πρῶτο φυτό καί ἐπικονιάσουμε τό στίγμα τοῦ στίλου τοῦ δεύτερου φυτοῦ ἢ καί τό ἀντίστροφο, θά πάρουμε φυτά πού θά ἀνήκουν στήν **πρῶτη θυγατρική γενιά** (σύμβολο F_1). Τά δύο ἄτομα πού διασταυρώνονται ἀποτελοῦν τήν **πατρική γενιά** (σύμβολο P).

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

Ὅλα τὰ φυτά τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιάς ἔχουν ἄνθη μέ χρῶμα ρόδινο. Τί μπορούμε νά ὑποθέσουμε; Ὅτι ἡ κληρονομική οὐσία (τό γεννητικό πλάσμα) τῶν φυτῶν πού ἔχουν λευκά ἄνθη ἀναμειχτήκε μέ τήν κληρονομική οὐσία τῶν φυτῶν μέ κόκκινα ἄνθη καί ὅτι γενικά ἡ κληρονομική οὐσία συμπεριφέρθηκε σάν ὑγρό πού ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀναμειξεως τῶν ὑγρῶν: Πραγματικά, ἂν πάρω ἓνα διάλυμα μέ κόκκινο χρῶμα κι ἓνα ἄλλο μέ λευκό καί τὰ ἀναμειξῶ, μπορεί 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 αὐτὴ ὑπόθεση. Ἄς διασταυρώσουμε τὰ φυτά τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιάς μέ ἓναν ἀπό τοὺς γονεῖς τους λ.χ. αὐτόν πού ἔχει λευκά ἄνθη.

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

δρομη διασταύρωση. "Αν ή κληρονομική ουσία συμπεριφέρεται σάν υγρό που ακολουθεί τους νόμους της αναμείξεως των υγρών θά περιμένουμε νά πάrouμε από αυτή τή διασταύρωση φυτά που όλα θά έχουν λουλούδια μέ χρώμα ενδιάμεσο μεταξύ του ρόδινου του ενός γονέα και του λευκού του άλλου. "Όμως τούτο δέν είναι και τό πειραματικό μας αποτέλεσμα. Τά μισά φυτά που θά προκύψουν θά 'χουν λευκά άνθη και τά άλλα μισά ρόδινα.

Πρέπει λοιπόν νά παραδεχτούμε ότι ή κληρονομική ουσία δέν συμπεριφέρεται σάν υγρό που αναμιγνύεται αλλά μάλλον σάν μονάδα. Κάθε φυτό της πρώτης θυγατρικής γενιάς πήρε λ.χ. μία κόκκινη μονάδα από τόν ένα γονέα του και μία λευκή μονάδα από τόν άλλο γονέα του. "Έχει άνθη μέ ρόδινο χρώμα. "Όταν όμως διασταυρωθεί μέ τό λευκό του γονέα, βλέπουμε ότι αυτές οι δύο μονάδες δέν αλλοιώθηκαν, δέν επηρέασαν ή μία τήν άλλη: τό φυτό της πρώτης θυγατρικής γενιάς φαίνεται νά δίνει δύο ειδών γαμέτες, ένα μέ τή «λευκή» μονάδα κι ένα μέ τήν «κόκκινη» μέ τήν ίδια αναλογία, οι όποιοι ενώνονται στην ανάδρομη διασταύρωση μέ μία λευκή μονάδα, που προέρχεται από τό φυτό μέ λευκά άνθη, για νά δώσουν γέννηση αντίστοιχα σε δύο είδη φυτών μέ ρόδινα άνθη και μέ λευκά άνθη.

Γιά νά συμπληρώσουμε τήν υπόθεσή μας αυτή, μπορούμε νά θεωρήσουμε ότι κάθε φυτό έχει δύο μονάδες που καθορίζουν τό χρώμα του 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 της γύρης (τόν ένα γαμέτη) και μία από τό ώάριο (τόν άλλο γαμέτη), που ενώνονται στη γονιμοποίηση για νά σχηματίσουν τό άτομο.

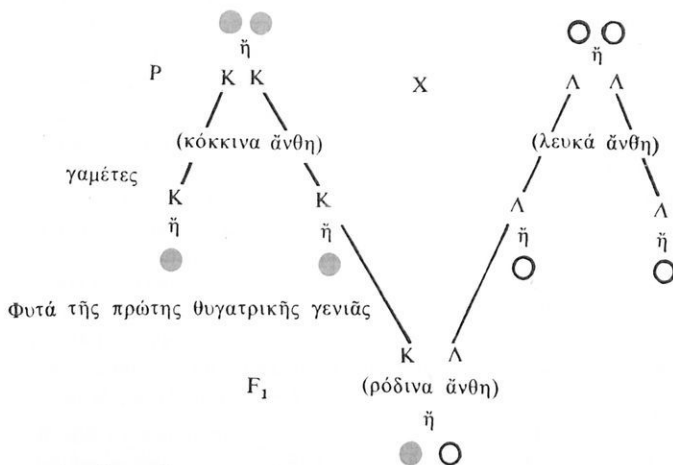
Δηλαδή κάθε φυτό έχει δύο μονάδες από τις όποιες ή μία προέρχεται από τόν πατέρα του κι ή άλλη από τήν μητέρα του. "Όταν πρόκειται κι αυτό νά δώσει γαμέτες θά περάσει μία μόνο μονάδα σε κάθε γαμέτη του, γι' αυτό κι οι μισοί γαμέτες των φυτών μέ ρόδινα άνθη θά έχουν τή λευκή μονάδα, ενώ οι άλλοι μισοί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

Πρόκειται για τό φαινόμενο της **διάσχισης της κληρονομικής ουσίας**: τά ρόδινα φυτά δίνουν γαμέτες που έχουν ανεπηρέαστες και αναλλοίωτες τις μονάδες τους στην κατάσταση ακριβώς που βρίσκονταν μέσ στους πατρικούς γαμέτες, όταν έγινε ή γονιμοποίηση και σχηματίστηκε τό ζυγωτό κύτταρο του φυτού μέ ρόδινα άνθη.

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

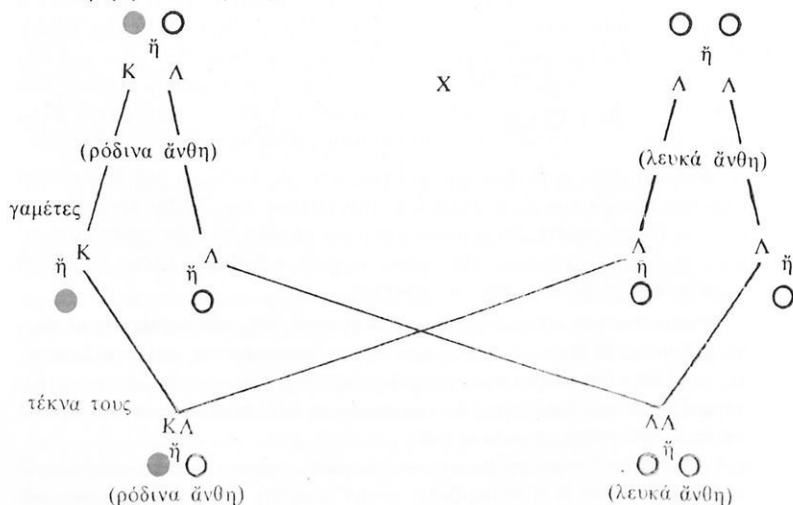
1η διασταύρωση

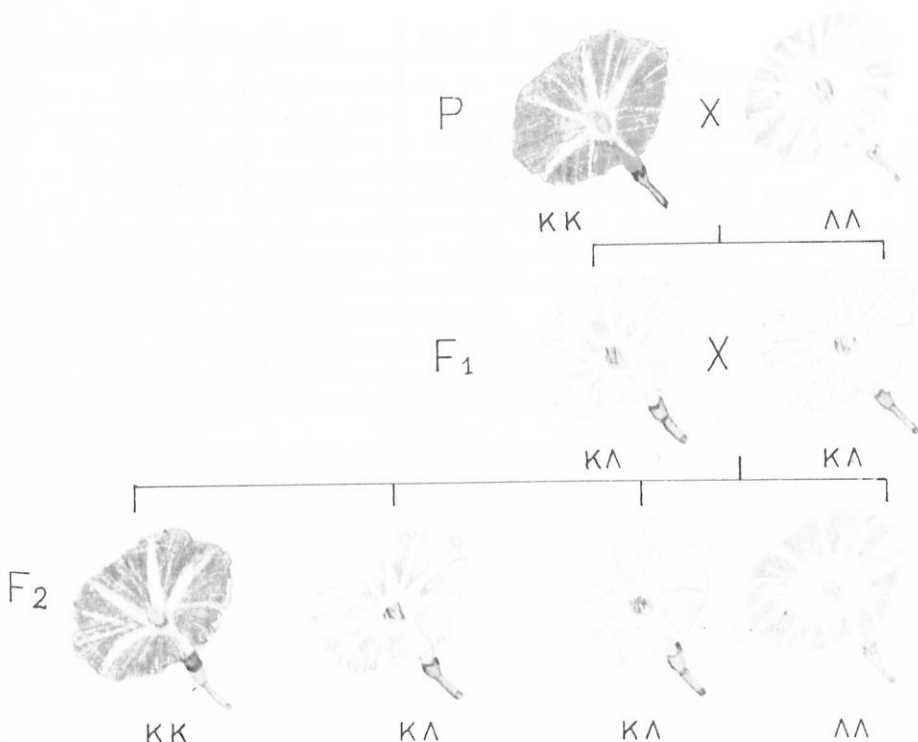
Φυτά της Πατρικής γενιάς μεταξύ τους.



2η διασταύρωση

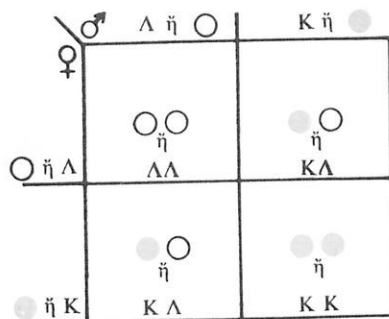
Η Ανάδρομη διασταύρωση





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

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



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

Ύπό μιά τέτοια διασταύρωση θά πρέπει νά πάρουμε τριών ειδών άτομα:

Ύτομα μέ λευκά άνθη Λ Λ ή ○ ○

Ύτομα μέ κόκκινα άνθη Κ Κ ή ● ●

Ύτομα μέ ρόδινα άνθη Κ Λ ή ● ○

Οί άναλογίες αυτών των άτόμων είναι:

1 Λ Λ πρός 2 Κ Λ πρός 1 Κ Κ

άφου τά Λ Λ καί τά Κ Κ βρίσκονται μόνο σ' ένα κελλί τοῦ 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) καί τά 25% κόκκινα άνθη (Κ Κ).

Τά άναμενόμενα αυτά άποτελέσματα είναι ίδια άκριβώς μέ αυτά πού μās δίνει τό πείραμα τής διασταύρωσως. Ύρα ή θεωρία μας είναι σωστή.

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

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

Ύ διασχισή είναι τό φαινόμενο σύμφωνα μέ τό όποίο δύο διαφορετικές μονάδες πού βρίσκονται στό ίδιο φυτό, δέν άλληλοεπηρεάζονται ή άλλοιώνονται μέσα του, αλλά ξαναπαρουσιάζονται στους γαμέτες του στην ίδια κατάσταση καί μέ τήν ίδια καθαρότητα, όπως ήταν καί στους γαμέτες των γονιων του.

3.10 Όρολογία

Τή μονάδα της κληρονομικότητας την ονομάζουμε **γόνιο**. 'Ο 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 άλλαλόμορφους του γόνου για τó χρώμα είτε όμοιους (φυτά μέ λευκά άνθη, Λ Λ, ή μέ κόκκινα άνθη, Κ Κ), όπότε δίνει ένα είδος γαμετών (μέ Λ ή Κ) και όνομάζεται **όμοζυγώτó**, είτε διαφορετικούς (φυτά μέ ρόδινα άνθη, ΚΛ) όπότε δίνει δυό διαφορετικά είδη γαμετών και όνομάζεται **έτεροζυγώτó**.

Η κληρονομική σύνθεση του φυτού (άν δηλαδή θά είναι όμοζυγώτó Κ Κ ή όμοζυγώτó Λ Λ ή έτεροζυγώτó Κ Λ) όνομάζεται **γονότυπóς** του.

3.11 'Ο Μέντελ και οί νόμοι του

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

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

Τό έτος 1866 δημοσίευσε τά αποτελέσματα των πειραμάτων του, πού 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 στόν άνθρωπο οί νόμοι του Μέντελ και ό μηχανισμός της κληρονομικότητας πού διατύπωσε.

Τά συμπεράσματα του Μέντελ διατυπώθηκαν σε 4 νόμους, πού αποτελούν πορίσματα των όσων είπαμε προηγουμένως για τη συμπεριφορά των γόνων.

- Πρώτος νόμος, **ό νόμος της όμοιομορφίας**: Τά νόθα της πρώτης θυγατρικής γενιάς είναι μεταξύ τους όμοια. 'Ισχύει μόνο όταν τά πατρικά φυτά είναι όμοζυγώτα.
- Δεύτερος νόμος, **ό νόμος της αυτότέλειας**: Οί αρχικοί χαρακτήρες, κι αν ακόμα βρίσκονται ένωμένοι στά 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 αναμειχτηκαν στην πρώτη θυγατρική γενιά, διαχωρίζονται πάλι στις επόμενες γενιές.

● Ο τέταρτος νόμος: Αναφέρεται σ' ένα φαινόμενο που ακόμα δε μελετήσαμε, στην **κυριαρχία**.

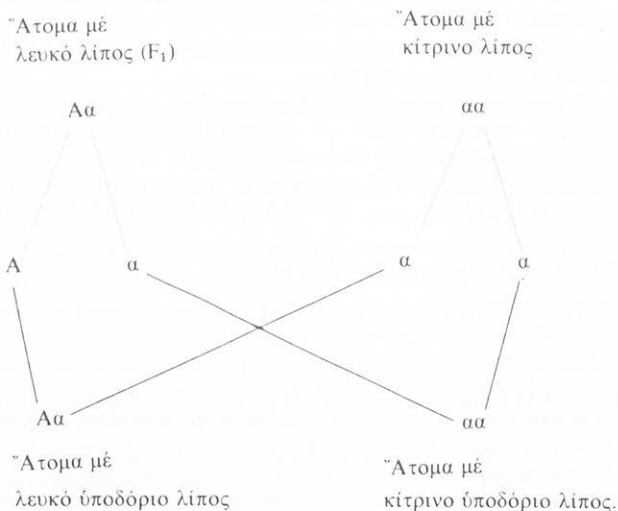
3.12 Κυριαρχία

Αν εξετάσει κανείς το χρώμα του λίπους που βρίσκεται κάτω από το δέρμα στα πρόβατα ή στα κουνέλια, θα παρατηρήσει ότι υπάρχουν ζώα με λευκό υποδόριο λίπος και άλλα με κίτρινο. Το χαρακτηριστικό αυτό κληρονομείται.

Αν πάρουμε κουνέλια που ανήκουν σε μία φυλή, που αποτελείται από άτομα με λευκό μόνο υποδόριο λίπος, και τα διασταυρώσουμε με κουνέλια με κίτρινο υποδόριο λίπος, θα πάρουμε στην πρώτη θυγατρική γενιά κουνέλια με λευκό υποδόριο λίπος. Κι όμως η διαφορά λευκού και κίτρινου υποδόριου λίπους οφείλεται σ' ένα γόνο που μπορεί να παρουσιαστεί με δυο αλληλόμορφους: Τα ζώα με κίτρινο υποδόριο λίπος είναι όμοιοι γιατί τον ένα αλληλόμορφο (aa), ενώ τα λευκά πάλι της πατρικής γενιάς

είναι όμοζυγωτά για τον άλλο άλληλόμορφο (AA). Τά νόθα της πρώτης θυγατρικής γενιάς είναι έτεροζυγωτά (Aa), έχουν όμως λευκό υποδόριο λίπος σάν τούς γονείς τους AA. Ό άλληλόμορφος A **κυριαρχεί, είναι κυρίαρχος**, πάνω στον άλληλόμορφο a καί δέν τόν άφήνει νά εκδηλωθεί στά έτεροζυγωτά άτομα. Ό άλληλόμορφος a ονομάζεται τότε **υπολειπόμενος**.

Ότι πραγματικά αυτό συμβαίνει φαίνεται άν κάνουμε τήν ακόλουθη ανάδρομη διασταύρωση: άν διασταυρώσουμε τά ζώα της πρώτης θυγατρικής γενιάς μέ ζώα πού έχουν κίτρινο υποδόριο λίπος. Τά μισά άτομα πού θά πάρουμε θά έχουν λευκό υποδόριο λίπος καί τά άλλα μισά κίτρινο. Όπως δείχνει καί τό σχήμα, τά άτομα μέ τό λευκό λίπος είναι έτεροζυγωτά, ενώ 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 απογόνους λευκούς, ενώ τά έτεροζυγωτά λευκά δίνουν δυό ειδών παιδιά: τά μισά έχουν λευκό, ενώ τά άλλα μισά κίτρινο λίπος.

• Τέταρτος νόμος, **ό νόμος της κυριαρχίας**: Μερικές φορές ένα χαρακτηριστικό κατα τήν έκδίωσή του επικρατεί σ' ένα άλλο.

3.13 Οί γόνοι συνθέτουν ένζυμα

Μέ τό νά δώσουμε ένα όνομα σ' ένα φαινόμενο σημαίνει πώς αναγνωρίσαμε τήν ύπαρξή του όχι όμως καί πώς τό εξηγήσαμε.

Στήν περίπτωση του χρώματος του υποδόριου λίπους των κουνελιών γνωρίζουμε σέ τί όφειλεται τό φαινόμενο τής κυριαρχίας. Τά κουνέλια είναναι φυτοφάγα καί μέ τά φύλλα πού τρώνε εισάγουν στό σῶμα τους διάφορες χρωστικές, ὅπως είναναι ἡ πράσινη χλωροφύλλη ἢ καί οἱ κίτρινες ξανθοφύλλες. Οἱ ξανθοφύλλες, στά κουνέλια μέ λευκό λίπος, σπάνε σέ μικρότερα κι ἄχρωμα συστατικά ἀπ' τή δράση ἑνός ἐνζύμου πού διαθετόναι τά κουνέλια αὐτά. Τά κουνέλια μέ τό κίτρινο λίπος δέν ἔχουν τό ἐνζύμο: Οἱ ξανθοφύλλες σ' αὐτά δέ διασπώνται καί, ἐπειδή είναναι λιποδιαλυτές, συγκεντρώνονται στό λίπος τους καί τό χρωματίζουν κίτρινο. Ὁ γόνος λοιπόν του χρώματος του λίπους φαίνεται νά ἐλέγχει τή σύνθεση ἑνός ἐνζύμου: ὁ κυρίαρχος ἀλληλόμορφος Α φτιάχνει τό ἐνζύμο, ἐνῶ ὁ ὑπολειπόμενος α δέν μπορεῖ νά τό φτιάξει. Ἡ παρουσία καί μιᾶς μόνο μανάδας Α στά ἐτεροζυγωτά ἄτομα Αα ἀρκεῖ γιά νά συντεθεῖ τόση ποσότητα ἐνζύμου ὥστε τά κουνέλια νά ἔχουν λευκό χρῶμα.

Σήμερα γνωρίζουμε ὅτι οἱ γόνιμοι ρυθμίζουν τήν κληρονομικότητα τῶν διαφορῶν χαρακτηριστικῶν καί δρῶν φτιάχνοντας ἐνζύμα καί εἰδικά τό πρωτεϊνικό τους τμήμα ἢ φτιάχνοντας δομικές πρωτεΐνες, δηλαδή πρωτεΐνες, ἀπό τίς ὁποῖες ἀποτελεῖται τό σῶμα (μυοσίνη στό μυϊκό σύστημα, αἱμοσφαιρίνη στό αἷμα κ.ἄ.).

3.14 Γονότυπος καί Φαινότυπος

Τό παράδειγμα του χρώματος του υποδόριου λίπους στά κουνέλια μᾶς

Εἰκόνα 61: Οἱ γονότυποι τῶν κουνελιῶν γιά τό χρῶμα του υποδόριου λίπους τους (ΑΑ καί αα) καί οἱ φαινότυποι τους στά διάφορα περιβάλλοντα (μέ διαφορετικές διατροφές).

	Κουνέλι μέ γόνους γιά κίτρινο λίπος	Κουνέλι μέ γόνους γιά λευκό λίπος
Καρῶτα καί πράσινα τμή- ματα αὐτῶν	 Κίτρινο Λίπος	 Λευκό Λίπος
Τροφή χωρίς ξανθοφύλλες	 Λευκό Λίπος	 Λευκό Λίπος

δείχνει και κάτι άλλο: ότι δυο άτομα μπορεί να έχουν διαφορετικό γονότυπο, όπως τα ομοζυγωτά ΑΑ και τα ετεροζυγωτά 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, ήθολογικά (συμπεριφοράς) κ.ά.

Τα κουνέλια έχουν σχετικά με το χρώμα του υποδόριου λίπους τους δυο φαινότυπους: το λευκό και τον κίτρινο. Έχουν όμως τρεις δυνατούς γονότυπους, τον ΑΑ, τον Αα και τον 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 τον καθορίζουμε με διασταυρώσεις: από το τι παιδιά μπορεί να κάνει το άτομο. Έτσι μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα ομοζυγωτά ΑΑ και τα ετεροζυγωτά 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, θα '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, θα έχουν λευκό υποδόριο λίπος, ενώ τα κουνέλια αα θα έχουν κίτρινο υποδόριο λίπος στην πρώτη περίπτωση και λευκό στη δεύτερη.

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

Όπως για να χτιστεί ένας τοίχος χρειάζονται και δομικά υλικά (πέτρες κ.ά.) και εργασία, έτσι για να διαμορφωθεί ένας φαινότυπος χρειάζεται και ένας γονότυπος κι ένα περιβάλλον. Τοίχος χωρίς δομικά 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 δυο 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 πως οι γόνοι δεν είναι προσχηματισμένες μικρογραφίες οργανών των γονέων. Το λευκό υποδόριο 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.

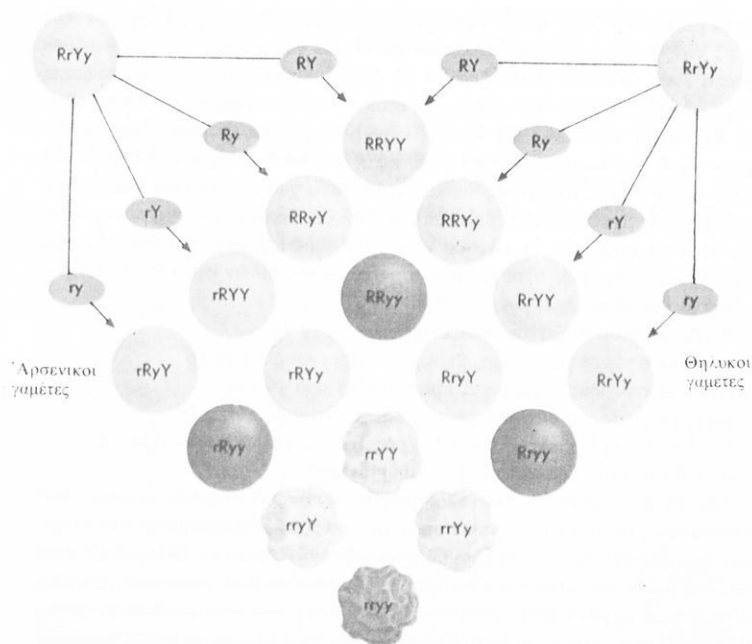
3.16 Διυβριδισμός.

Ο Μέντελ μελέτησε πώς κληρονομούνται έφτά διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του μπιζελιού (σπόρος λείος ή ρυτιδιασμένος, το χρώμα του σπόρου, το ύψος του φυτού κ.ά.). Όλα τα χαρακτηριστικά έδειχναν δυο διαφορετικούς φαινότυπους. Ο σπόρος λ.χ. μπορούσε να 'ναι σε όρισμένα φυτά λείος και σε άλλα ρυτιδιασμένος, το 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 δυο αλληλόμορφους.

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

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

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



Εικόνα 62: Το άβακιο των γαμετικών συνδυασμών για να βρεθούν τα φυτά της F_2 στά μιζέλια 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 F_1 φυτά με γονότυπο $RrYy$, δηλαδή έτεροζυγωτά και για τον γόνο R και για το γόνο Y . Γιατί το πρώτο φυτό θα κάνει γαμέτες Ry και το δεύτερο rY . Κάθε γαμέτης έχει ένα μόνο αλληλόμορφο από κάθε γόνο, από κάθε όμως γόνο: έχει δηλαδή ένα αλληλόμορφο από το γόνο R (είτε τον R είτε τον r) και **συγχρόνως** ένα αλληλόμορφο από το γόνο Y (είτε τον Y , είτε τον y). Το διπλό έτεροζυγωτό φυτό της F_1 θα έχει λείους και κίτρινους σπόρους αφού είναι $RrYy$.

Τώρα τί θα γίνει αν διασταυρωθούν μεταξύ τους δυο φυτά της F_1 ; Η λύση μας δίνεται από την εικόνα 62. Κάθε φυτό κάνει τέσσερα είδη γαμετών, δηλαδή όλους τους δυνατούς συνδυασμούς γαμετών. Οί μισοί γαμέτες θα έχουν το R και οί άλλοι μισοί το r . Τό ίδιο οί μισοί γαμέτες το Y και οί

άλλοι μισοί τό y . Θά 'χουμε τέσσερις τύπους γαμετών τούς RY , Ry , rY και ry , **μέ τήν ίδια συχνότητα: λέμε τότε ότι οί δύο γόνοι διασχίζονται ανεξάρτητα ό ένας από τόν άλλο.** (Τούτο δέ συμβαίνει σ' όλες τίς περιπτώσεις ενός ζευγαριού γόνων. Θά μπορούσε δηλαδή νά γίνονται πιό 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 y , άν εξετάζαμε τόν κάθε γόνο χωριστά). "Όταν δύο γόνοι διασχίζονται ανεξάρτητα ό ένας από τόν άλλο, όπως σ' ατή τήν περίπτωση, όταν τά φυτά τής F_1 κάνουν τεσσάρων ειδών γαμέτες κι όταν έχουμε κυριαρχία, όπως έδω, τότε παράγονται τεσσάρων ειδών φυτά όπως δείχνει ή εικόνα πού είναι ένα πλαγιαστό άβάκιο.

Φυτά μέ σπόρους λείους και κίτρινους 9 στά 16

φυτά μέ σπόρους ρυτιδιασμένους και κίτρινους 3 στά 16

φυτά μέ σπόρους λείους 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 **διωβριδισμού**.

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

3.17 Γόνος μέ τρείς άλληλόμορφους: Όμάδες 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 αποτελέσματα, έπειδή δημιουργούν θρόμβους αίματος πού φράζουν άγγεία του κυκλοφορικού συστήματος. Τό αίμα αποτελείται από κύτταρα (όπως είναι τά έρυθροκύτταρα, τά λευκά αίμοσφαίρια κ.ά.) και από τόν όρό. Τά έρυθροκύτταρα, όταν κολλήσουν μεταξύ τους (**συγκόλληση**) σχηματίζουν τούς θρόμβους. Στίς μη επιτρεπτές μεταγγίσεις ό σχηματισμός των θρόμβων πραγματοποιείται εξαιτίας τής αντίδράσεως των αντιγόνων πού ένώνονται μέ αντίσώματα. Τά αντιγόνα και αντίσώματα είναι όργανικές χημικές ένώσεις μέ μεγάλα μό-

ρια. Τα αντιγόνα βρίσκονται στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων και τα αντισώματα στον όρο του αίματος. Όποιοδήποτε αντιγόνο όμως δεν ένωνεται με οποιοδήποτε αντίσωμα, ώστε να αρχίσει η διαδικασία σχηματισμού θρόμβου. Υπάρχει μεγάλη εξειδίκευση, όπως στην περίπτωση κλειδιών και κλειδωνιών: κάθε κλειδί δεν ανοίγει οποιαδήποτε κλειδωνιά και μια κλειδωνιά δεν ανοίγεται από οποιοδήποτε κλειδί.

Δυό ειδών αντιγόνα, το Α και το Β, και δυό ειδών αντισώματα, το αντι-Α και το αντι-Β, επιτρέπουν την κατάταξη των ατόμων σε τέσσερις κατηγορίες, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας.

ομάδα αίματος	αντιγόνα ερυθροκυττάρων		αντισώματα όρου	
	A	B	αντι-Α	αντι-Β
O	-	-	+	+
A	+	-	-	+
B	-	+	+	-
AB	+	+	-	-

Με το σημείο + υποδεικνύουμε την ύπαρξη και με το σημείο - την έλλειψη του αντιγόνου ή αντισώματος. Οί ομάδες αίματος χαρακτηρίζονται από το είδος αντιγόνων των ερυθροκυττάρων: κανένα στην Ο, και τα δυό στην AB, μόνο το ένα στην Α ή στη Β, ανάλογα με το είδος του αντιγόνου. Ο όρος κάθε ατόμου περιέχει τα αντισώματα εκείνα που δεν προκαλούν συγκόλληση στο άτομο. Έτσι τα άτομα της ομάδας Α έχουν στον όρό τους αντι-Β, τα άτομα Β έχουν αντι-Α, τα άτομα Ο έχουν και αντι-Α και αντι-Β, ενώ τα άτομα AB δεν έχουν κανένα από τα δυό αντισώματα.

Όταν μεταγγίζουμε μεγάλη ποσότητα αίματος ή μετάγγιση μπορεί να γίνει με ασφάλεια μόνο αν και τα δυό άτομα, ο δέκτης κι ο δότης, ανήκουν στην ίδια ομάδα αίματος. Τίς περισσότερες φορές κάνουμε και μία γρήγορη δοκιμασία μεταξύ των αμάτων τους για να ελέγξουμε πώς πραγματικά δεν πραγματοποιείται συγκόλληση (ή συγκόλληση οφείλεται κυρίως σε άσυμβατότητα ομάδων αίματος ΑΒΟ, μπορεί όμως να οφείλεται και σε άλλου είδους ομάδες αίματος για τις οποίες δε μιλήσαμε). Αν η ποσότητα αίματος που μεταγγίζεται είναι μικρή, τότε έχουμε περισσότερους επιτρεπτούς συνδυασμούς μεταγγίσεων, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας. Με το σημείο + δηλώνονται οι επιτρεπτές μεταγγίσεις και με το - οι άσυμβατες και επικίνδυνες. Η άρχη εδώ είναι η ακόλουθη: Ο κίνδυνος προέρχεται από τη συγκόλληση των ερυθροκυττάρων του δότη από τον όρο του δέκτη. Λ.χ. ένας δότης Α που τα ερυθροκύτταρά του έχουν αντιγόνο Α δεν επιτρέ-

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

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

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

Οί ομάδες αίματος κληρονομούνται: ένας γόνος πού μπορεί νά βρísκεται σέ τρείς διαφορετικές καταστάσεις, νά 'χει δηλαδή τρείς άλληλόμορφους, καθορίζει τήν ομάδα αίματος του ατόμου. Κάθε άτομο βέβαια έχει δυό μόνο αντίγραφα του γόνου, είτε όμοια (όμοζυγώτ), είτε διαφορετικά (έτεροζυγώτ). Έξετάζοντας όμως πολλά άτομα θά βρούμε πώς υπάρχουν τρείς άλληλόμορφοι του γόνου: οί περισσότεροι γόνοι βρίσκονται σέ παραπάνω από μιά ή δυό καταστάσεις και ή περίπτωση του γόνου των ομάδων αίματος ABO μέ τρείς άλληλόμορφους δέν αποτελεί εξαίρεση. Οί τρείς 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 αποδειχτεί ότι ό πατέρας του είναι ένα συγκεκριμένο άτομο (άφου λ.χ. κι όποιοδήποτε άτομο τής ίδιας ομάδας θά 'χει παρόμοια παιδιά μέ μιά όρισμένη μητέρα) αλλά σέ ευνοϊκές περιπτώσεις μπορεί νά αποδειχτεί ότι κάποιον άτομο δέν μπορεί νά 'ναι πατέρας ενός παιδιού. Μιά τέτοια περίπτωση είναι ή ακόλουθη: αν τό παιδί κι ή μητέρα είναι τής ομάδας O, κι ό ύποτιθέμενος πατέρας AB, τό άβάκιο δείχνει πώς μιά διασταύρωση AB μέ O δίνει μόνο παιδιά ομάδας A και ομάδας B.

$\sigma \backslash \varphi$	i	i
I^A	$I^A i$	$I^A i$
I^B	$I^B i$	$I^B i$

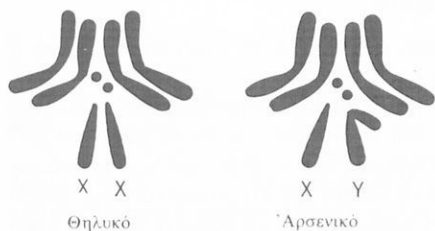
Δοκιμάστε μόνοι σας την περίπτωση τό παιδί νά 'ναι Α, ή μητέρα Α κι ό πατέρας Β (προσοχή υπάρχουν πολλές περιπτώσεις διασταυρώσεων $A \times B$ άφού τό Α μπορεί νά 'χει ένα άπό δύο διαφορετικούς γονότυπους, τό ίδιο και τό Β. Θά πρέπει νά κάνετε 4 άβάκια!).

3.18 'Η κληρονομικότητα τοῦ φύλου.

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

'Από τή διασταύρωση άρσενικών μέ θηλυκά άτομα (πού είναι κι ή μόνη δυνατή στά είδη πού αποτελούνται άπό δύο διαφορετικά φύλα) παίρνουμε πάλι δύο είδων άτομα άρσενικά και θηλυκά στην ίδια όμως αναλογία. Αυτή ή αναλογία, ένα πρὸς ένα, μάς θυμίζει τίς αναλογίες πού παίρνουμε άπό τήν ανάδρομη διασταύρωση, όταν δηλαδή ένα άτομο έτεροζυγωτό ΚΛ διασταυρωθεί μ' ένα όμοζυγωτό ΛΛ. Γιατί άπό 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 στό ότι τό ένα φύλο είναι «έτεροζυγωτό» γιά ένα «γόνο» και τό άλλο φύλο «όμοζυγωτό» γι' αυτόν τό «γόνο». Κάτι τέτοιο συμβαίνει, μόνο πού δέν πρόκειται γιά ένα άπλό γόνο αλλά γιά ένα ζευγάρι όμόλογα χρωματοσώματα. Παρατηρώντας τά χρωματοσώματα τών άρσενικών και τών θηλυ-



Εικόνα 63: τά χρωματοσώματα της θηλυκής (XX) και άρσενικής (XY) δροσόφιλας.



Εικόνα 64: Τά φυλετικά χρωματοσώματα στον άνθρωπο (X και Y) ►

κων δροσόφιλων βλέπουμε πώς διαφέρουν σ' ένα ζευγάρι. Τό αρσενικό σ' αυτό τό ζευγάρι έχει δύο άνόμοια χρωματοσώματα (νά λοιπόν πού έχουμε μιá άπόκλιση από τόν κανόνα ότι όλα τά χρωματοσώματα χωρίζονται σέ ζευγάρια όμοιων χρωματοσωμάτων). Αυτά τά χρωματοσώματα του άρσενικού τά όνομάζουμε XY. Τό θηλυκό έχει γι' αυτό τό ζευγάρι δύο όμοια χρωματοσώματα, είναι δηλαδή XX. Τά χρωματοσώματα αυτού του ζευγαριού όνομάζουμε φυλετικά χρωματοσώματα, γιατί καθορίζουν τό φύλο. Τό άρσενικό δηλαδή κάνει σέ σχέση μέ τά φυλετικά χρωματοσώματα δύο είδών γαμέτες: τούς μισούς γαμέτες μέ X καί τούς άλλους μισούς μέ Y. Άντίθετα 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 καί γιά τόν άνθρωπο καί γιά τά θηλαστικά.** Τά άτομα XX είναι θηλυκά ενώ όσα έχουν XY είναι άρσενικά.

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

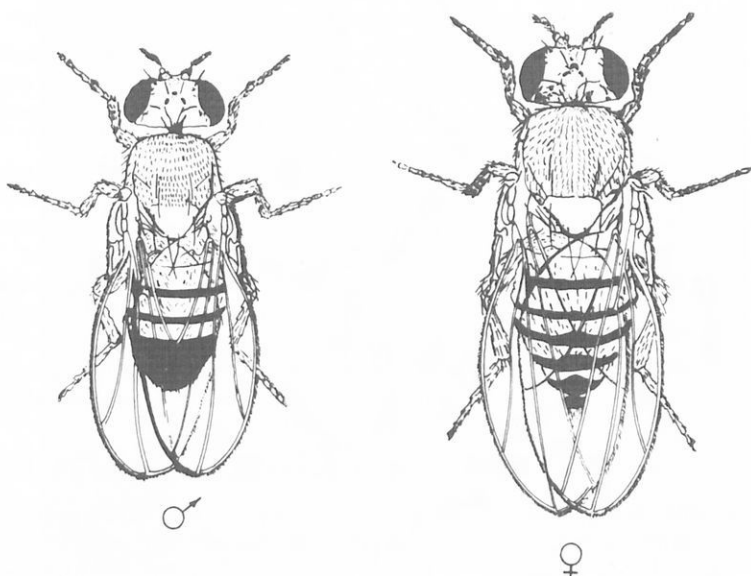
3.19 Γόνοι καί χρωματοσώματα

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

Στά μιτζέλια ό Μέντελ μελέτησε έφτά χαρακτηριστικά πού όφείλονται σέ έφτά διαφορετικούς γόνους. Στη δροσόφιλα, μιá μικρή μύγα πού πετά γύρω από τό μούστο, τά σάπια φρούτα καί τό ξύδι, καί πού άποτέλεσε σπουδαίο πειραματικό ύλικό γιά τή μελέτη της κληρονομικότητας, γνωρίζουμε πάνω από 1000 γόνους καί ύπολογίζουμε ότι υπάρχουν 10.000 περίπου διαφορετικοί γόνοι. Περισσότεροι (μερικές δεκάδες χιλιάδων) πρέπει νά υπάρχουν στόν άνθρωπο. Τά κατώτερα όντα έχουν λιγότερους γόνους (οί ίοί έχουν μιá δεκάδα ή λίγες δεκάδες γόνων). Κάθε γόνος έλέγχει μέσ στόν όργανισμό μιá όρισμένη χημική αντίδραση συνθέτοντας είτε μιá δομική πρωτεΐνη ή ένα ένζυμο κι έτσι έπηρεάζει τό φαινότυπο του οργανισμού.

Άλλά σέ ποιό μέρος των γαμετών βρίσκονται καί 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

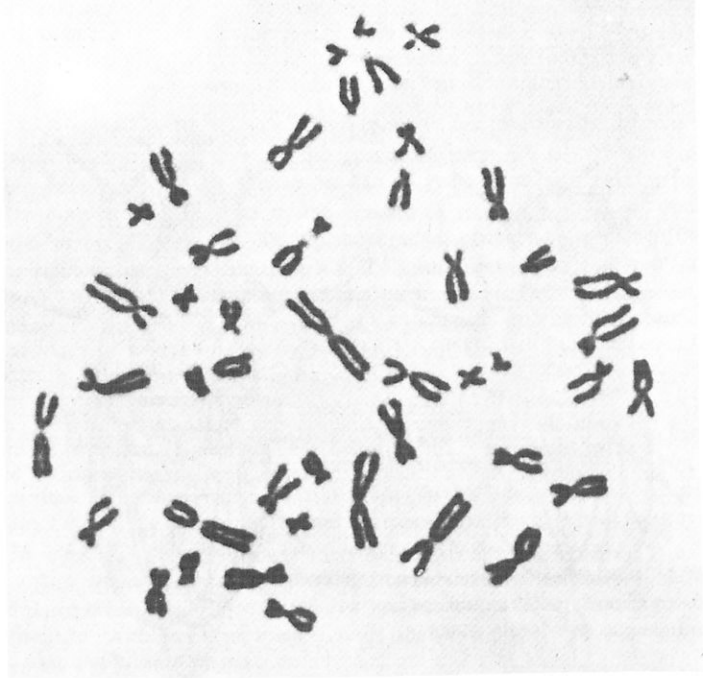


Εικόνα 65: Άρσενική και θηλυκή δροσόφιλα.

τό ζυγωτό κύτταρο φέρνει και τα δύο χρωματοσώματα καθε ζευγαριού. Τό ένα προέρχεται από τη μητέρα του και τό άλλο από τόν πατέρα του. Έτσι συμβαίνει και μέ τούς γόνους: ό καθένας βρίσκεται σέ όλα τά κύτταρα δυό φορές, έκτός από τούς γαμέτες στους όποιους βρίσκεται μία φορά μόνο.

Υπάρχει λοιπόν μία αναλογία συμπεριφοράς στους γόνους και στά χρωματοσώματα, όμοιότητα πού φάνηκε και από τη συμπεριφορά των φυλετικών χρωματοσωμάτων. Μέ πολύπλοκα αλλά και εξαιρετικά ακριβή πειράματα ό άμερικανός καθηγητής της ζωολογίας Μόργκαν (T.H. Morgan 1866-1945) κι ό μαθητής του Μπρίτζες (C. Bridges 1889-1938) απόδειξαν, στίς άρχές του αιώνα μας, πώς οί γόνοι βρίσκονται στά χρωματοσώματα. Κάθε χρωματόσωμα φέρνει ένα μεγάλο αριθμό γόνων στό μήκος του κάθε βραχιονιά του. Δυό γόνοι πού διασχίζονται άνεξάρτητα ό ένας από τόν άλλο βρίσκονται σέ διαφορετικά χρωματοσώματα.

Τούτο μās θυμίζει ένα μακρύ σκοινί όπου έχουν δεθεί πολλοί κόμποι. Κάθε κόμπος δέ μετακινείται πάνω στό σκοινί, αλλά πιάνει μία όρισμένη και άκριβή θέση. Έτσι γίνεται μέ τούς διάφορους γόνους στό χρωματόσωμα. Ή διαφοροποίηση του χρωματοσώματος είναι λοιπόν γραμμική, γίνεται δηλαδή στό μήκος των βραχιόνων του.



Εικόνα 66: Τα χρωματοσώματα μίας γυναίκας. Κάθε χρωματοσώμα φαίνεται χωρισμένο κατά μήκος σε δύο χρωματίδες.



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

Τά όμόλογα χρωματοσώματα έχουν βραχίονες μέ τό ίδιο μήκος, τό κεντρόμερό τους κατέχει τήν ίδια θέση στό μήκος του χρωματοσώματος καί 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 καί στό άλλο όμόλογο χρωματοσώμα μ' έναν άλλο άλληλόμορφο. Θά βρίσκεται όμως πάντα στήν καθορισμένη θέση.

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

Μιά τέτοια χαρτογράφηση έχει γίνει γιά τά χρωματοσώματα του καλαμποκιού, της δροσόφιλας καί άλλων ειδών ζώων καί φυτών καί γιά ένα τουλάχιστο άπό τά χρωματοσώματα του ανθρώπου.

3.20 Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα

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

σματος των χρωμάτων, δηλαδή το X του φέρνει το Δ, το παρακάτω άβ-
κιο δείχνει τι παιδιά περιμένουμε να γεννηθούν από αυτό το ζευγάρι και
μέ ποιές συχνότητες.

$\begin{array}{c} \text{♀} \\ \text{♂} \end{array}$	X^{Δ}	X^{δ}
X^{Δ}	$X^{\Delta}X^{\Delta}$ ♀ KANONIKH	$X^{\Delta}X^{\delta}$ ♀ KANONIKH
Y	$X^{\Delta}Y$ ♂ KANONIKOS	$X^{\delta}Y$ ♂ ΔΑΛΤΩΝΙΚΟΣ

Όλα τα κορίτσια θα είναι κανονικά (τά μισά όμοζυγωτά ΔΔ, τά άλλα μισά έτεροζυγωτά Δδ) καθώς και τά μισά από τά άγόρια (Δ), τά άλλα όμως μισά άγόρια θα είναι δαλτωνικά (δδ). Ό φαινότυπος εξαρτάται και από τό φύλο (φυλοσύνδετο χαρακτηριστικό). Τά άγόρια παίρνουν τό Y από τόν πατέρα τους και τό X από τή μητέρα τους: έτσι κληρονομούν μόνο από τή μητέρα τους τό δαλτωνισμό ή τήν ικανότητα κανονικής μόνο άναγνωρί-
σεως των χρωμάτων. Αντίθετα τά κορίτσια παίρνουν ένα X από τόν πα-
τέρα τους κι ένα X από τή μητέρα τους, κληρονομούν δηλαδή τό χαρακτη-
ριστικό αυτό κι από τούς δυό γονείς τους. Οί άντρες πού έχουν δαλτωνισμό
βρίσκονται σέ μεγαλύτερη συχνότητα (περίπου 0,06 ή 6%), γιατί άρκεϊ τό
ένα τους μόνο X νά 'χει τό δ. Αντίθετα οί γυναίκες μέ δαλτωνισμό είναι
πιό σπάνιες: χρειάζεται νά βρεθούν δυό X πού και τά δυό τους νά 'χουν τό
δ. Γι' αυτό κι ή συχνότητά τους ίσοϋται μέ τό τετράγωνο τής συχνότητας
των άντρων = (0,06) (0,06) ή (0,06)² = 0,0036 δηλαδή περίπου 4%.

Τέτοια φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά υπάρχουν πολλά. Στίς γάτες ό
καφετής ή μαύρος χρωματισμός έλέγχεται από ένα γόνο μέ δυό άλληλό-
μορφους, τόν K και M αντίστοιχα, πού βρίσκεται στό χρωματόσωμα X. Οί
γάτοι είναι χρώματος καφέ ή χρώματος μαύρου, ενώ οί γάτες μπορεί νά
είναι καφέ ή μαύρες ή καφέ-μαύρες (νά παρουσιάζουν δηλαδή κηλίδες
καφέ και κηλίδες μαύρες). Αυτές οί τελευταίες είναι και οί έτεροζυγωτές.
Όλα τά γατιά μέ καφέ και μαύρες κηλίδες είναι θηλυκά και μπορείτε μέ
άσφάλεια, γνωρίζοντάς το, νά κερδίσετε ένα στοίχημα μέ φίλο σας πού δέν
διάβασε τά φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά. Τό άσπρο χρώμα οφείλεται σέ
άλλους γόνους πού παρεμποδίζουν τήν εκδήλωση του χρωματισμού του
γόνου στό X. Άλλοι γόνοι πάλι κάνουν τό ζώο τιγρωτό, έντονου ή άπαλού
χρωματισμού κ.ά.

Ἡ αἱμοφιλία (ἢ αἱμορροφιλία) στὸν ἄνθρωπο εἶναι κληρονομικὴ, καὶ (τουλάχιστο ὀρισμένη μορφή της) φυλοσύνδετη. Πρόκειται γιὰ τὴν παθολογικὴ κατάσταση νὰ μὴν μπορεῖ νὰ πῆξει τὸ αἷμα κι οἱ πληγές νὰ αἱμορροοῦν. Ὁ γόνος τῆς αἱμοφιλίας ἔχει δυὸ ἀλληλόμορφους τὸν Α, κανονικὸ καὶ κυρίαρχο, καὶ τὸν α, τῆς αἱμοφιλίας καὶ ὑπολειπόμενο. Τὰ αἱμοφιλικὰ ἀγόρια κληρονόμησαν ἀπὸ τὴν ἑτεροζυγωτὴ μητέρα τους τὸ Χ μὲ τὸν ἀλληλόμορφο α. Παρόμοια κληρονομικότητα παρουσιάζει κι ἓνα πολὺ πῶς συχνὸ χαρακτηριστικὸ, στὴ χώρα μας, ἀπὸ τὴ σπάνια αἱμοφιλία, πού ὅμως δὲν θὰ ἔπρεπε νὰ τὸ χαρακτηρίσουμε παθολογικὸ: ὁ κυαμισμός. Πολλὰ ἄτομα, ἀγόρια κυρίως ἢ ἄντρες, ὅταν φᾶνε ἄβραστα κουκιά (ἢ ἔρθουν σὲ ἐπαφὴ μὲ ναφθαλίνη ἢ ἓνα ἀνθελονοσιακὸ φάρμακο, τὴν πριμακίνη) παθαίνουν σοβαρὸ αἱμολυτικὸ ἐπεισόδιο: τὰ ἐρυθρά τους αἵμοσφαίρια σπᾶνε καὶ ξεχύνεται στὸν ὁρὸ τοῦ αἵματος ἡ αἱμοσφαιρίνη. Μιά γρήγορη ἀφαίμαξη καὶ σύγχρονη μετὰγγιση τὰ σώζει ἀπὸ τὸ θάνατο. Τὰ ἄτομα αὐτὰ ἔχουν ἓνα ὑπολειπόμενο ἀλληλόμορφο στὸ μοναδικὸ Χ τους, ἂν εἶναι ἄρσενικά, ἢ εἶναι ὁμοζυγωτὰ γιὰ τὸν ὑπολειπόμενο ἀλληλόμορφο, ἂν εἶναι θηλυκά. Ἄν ἀποφεύγουν τίς οὐσίες πού τοὺς προκαλοῦν αἱμολυτικὰ ἐπεισόδια εἶναι ὑγιέστατα καὶ ὑπάρχουν ἐνδείξεις ὅτι εἶναι καὶ ἀνθεκτικότερα στὴν ἔλנוσσία.

Γιὰ δυὸ ἄλλες παθολογικὲς κληρονομικὲς καταστάσεις, δυστυχῶς συχνές στὴ χώρα μας, ὄχι ὅμως 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 πρωτεῖνες καὶ ἓνα εἶδος νουκλεϊκοῦ ὀξέος πού, ὅπως ἔχουμε πεῖ, ὀνομάζεται DNA. Ἀπὸ ποιά 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 κληρονομικὰ του χαρακτηριστικὰ καὶ νὰ μοιάσει ἔτσι μὲ τὸ βακτήριο πού τοῦ ὅδωσε τὸ DNA. Τίς ἀλλαγμένες του ιδιότητες 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 μεγάλῃ ποικιλία μορφῶν πού ἔτσι μπορεῖ νὰ πάρει τὸ μόριο τοῦ DNA ἐξηγεῖ πῶς εἶναι δυνατό

όλοι οι γόνοι κι όλοι οι άλληλόμορφοί τους νά αποτελούνται από DNA.

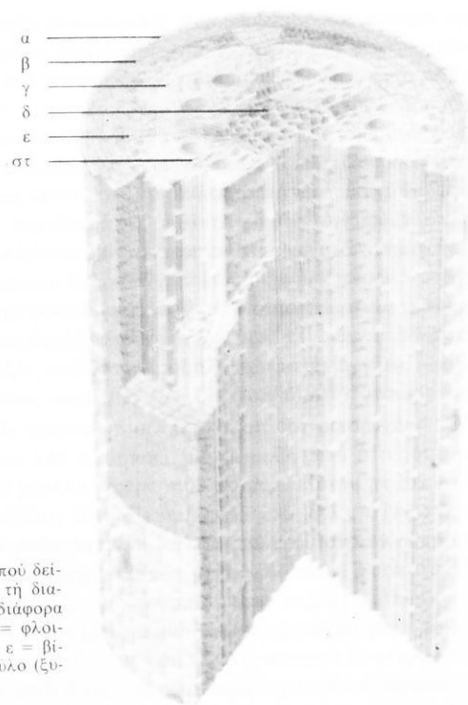
Όπως και τά χρωματοσώματα, έτσι και τό DNA πού περιέχουν, πολλαπλασιάζεται, δηλαδή διπλασιάζεται σέ αριθμό, μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση. Κάθε γόνος περιέχεται σ' ένα μέρος ενός χρωματοσώματος, γι' αυτό κάθε κύτταρο του οργανισμού, εκτός από τους γαμέτες, περιέχει δύο φορές κάθε γόνο. Κάθε διπλοειδές κύτταρο του ίδιου οργανισμού. Και τούτο γιατί οι γόνοι είναι σταθεροί. Δέν αλλάζουν κατάσταση σέ κάθε κυτταρική διαίρεση. "Αν οι γόνοι δέν ήσαν σταθεροί, δέ θά μπορούσαμε νά παρατηρήσουμε ούτε τό φαινόμενο της διάσχισης ούτε καν τό φαινόμενο της κληρονομικότητας.

Ο γόνος λοιπόν συμπεριφέρεται σάν μονάδα, είναι σταθερός και κατέχει όρισμένη θέση σέ ένα χρωματοσώμα. Μπορεί νά διπλασιάζεται, όπως τό χρωματοσώμα πάνω στό όποιο βρίσκεται, γιατί αποτελείται από DNA πού έχει την ικανότητα νά διπλασιάζεται. Διπλασιάζεται μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση (φάση S της πυρηνικής άκινησίας), αλλά τό είδος του παραμένει τό ίδιο, σταθερό. Κάθε γόνος δίνει παρόμοιους γόνους, κάθε άλληλόμορφος δίνει ίδιους άλληλόμορφους. Τέλος ό γόνος επηρεάζει τό φαινότυπο συνθέτοντας μιά πρωτεΐνη ή ένα ένζυμο. Στό δεύτερο κεφάλαιο είδαμε πώς τό DNA, δηλαδή ό γόνος, παρέχει τή μήτρα πάνω στην όποία γίνεται ή σύνθεση των πρωτεϊνών. Τώρα συγκεφαλαιώνοντας μπορούμε νά πούμε: "Η γενετική πληροφορία πού έχουν μέσα τους οι γόνοι, και 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) και 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 **Εμβρυολογία** είναι ό κλάδος της Βιολογίας πού εξετάζει τά εμβρυακά στάδια της ζωής του οργανισμού, πώς δηλαδή από τό ζυγωτό κύτταρο κατασκευάζεται ό οργανισμός. Τίς πιό θεαματικές της προόδους τίς έχει κάνει στην μελέτη των ζώων, άσπόνδουλων ή σπονδυλωτών.

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



Εικόνα 68: Μία τομή βλαστού που δείχνει (με τα διάφορα χρώματα) τη διαφοροποίηση των κυττάρων σε διάφορα είδη ιστών: α = επιδερμίδα, β = φλοιός, γ = κάμβιο, δ = έντεριων, ε = βίβλος (ή θωώδης μοίρα), στ = ξυλο (ξύλωδης μοίρα).

καταλήγει νά αποκτήσει ο οργανισμός τρεις στοιβάδες κυττάρων, τρία δέρματα: τὸ **ἐκτόδερμα**, τὸ **μεσόδερμα**, καὶ τὸ **ἐνδόδερμα**. Ἀπὸ αὐτά τὰ τρία δέρματα σχηματίζονται οἱ διάφοροι ἱστοί καὶ τὰ ὄργανα τοῦ οργανισμοῦ. Γιατί ὁ πολυκύτταρος οργανισμός δέν ἀποτελεῖ μιά ἀπλή συνάθροιση τῶν κυττάρων. Τὰ κύτταρά του χωρίζονται σὲ ομάδες καὶ κάθε ομάδα 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 ὁρμόνης, ἀναπτύσσει περισσότερο ἐκεῖνα τὰ ὄργανα πού τοῦ χρειάζονται γιὰ τὴν παραγωγή της. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο ἀλλάζει καὶ ἡ μορφή του. Οἱ ομάδες τῶν κυττάρων πού ἐκτελοῦν τὴν ἴδια ἢ τίς ἴδιες λειτουργίες καὶ πού ἔχουν τὴν ἴδια μορφολογία, ὀνομάζονται ἱστοί. Τὰ ὄργανα εἶναι τμήματα τῶν πολυκύτταρων οργανισμῶν, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς ἱστούς καὶ ἐκτελοῦν μιά πολύπλοκη ἐργασία. Τὸ σπύδι, ἡ καρδιά, τὰ ἔντερα, τὸ μάτι

είναι ὄργανα τῶν σπονδυλωτῶν. Τά φύλλα, ἡ ρίζα εἶναι ὄργανα τῶν φυτῶν. Οἱ λειτουργίες τοῦ ὀργανισμοῦ γίνονται πῶς καλὰ, πῶς ἀποτελεσματικά μέ τῇ διαφοροποίησιν τῶν κυττάρων σέ ἴστούς καί τῇ συνάθροισιν πολλῶν ἰστῶν σέ ὄργανα.

Ἄς πάρουμε σάν παράδειγμα τήν ἀνθρώπινη κοινωνία. Στούς πρωτόγονους λαούς τό κάθε ἄτομο κάνει, μόνο του, ὅσες περισσότερες ἐργασίες μπορεῖ. Ψάχνει γιά τήν τροφή του, φτιάχνει τά ρούχα του, στήνει τό σπίτι του, πολεμáει γιά νά ὑπερασπίσει τόν ἑαυτό του καί τοὺς δικούς του. Στίς ἀναπτυγμένες κοινωνίες γίνεται τό ἀντίθετο. Ἄλλοι ἀσχολοῦνται μέ τή δι-οίκηση, ἄλλοι μέ τήν ἐκπαίδευση, ἄλλοι μέ τῇ γεωργία, τήν ἰατρική, μέ τά φάρμακα, μέ τό ἐμπόριο κτλ. Τά ἐπαγγέλματα ἔχουν διαχωριστεῖ. Γιά νά φτιαχτεῖ ἓνα σπίτι καί γιά νά γίνει καλό, ἐργάζονται πολλοί ἄνθρωποι μέ διάφορα ἐπαγγέλματα: ἐργολάβοι, οἰκοδόμοι, ἤλεκτρολόγοι, ὑδραυλικοί, μαραγκοί καί τόσοι ἄλλοι.

Οἱ ἀπαιτήσεις τοῦ πολιτισμένου ἀνθρώπου εἶναι πῶς μεγάλες. Ὁ δια-φορισμός στά ἐπαγγέλματα μᾶς ἐπιτρέπει τήν καλύτερη ἀπόδοση σέ ποι-ότητα καί τῇ μεγαλύτερῃ σέ ποσότητα. Ἄλλιῶς θά ἀποδώσει ἓνας εἰδικευ-μένος τεχνίτης λ.χ. στά κεραμικά εἶδη: θά φτιάξει καλύτερα καί περισσό-τερα ἀπό ἓναν πού δέν ἀσχολεῖται μόνο μέ αὐτὴ τήν τέχνη.

Ἔτσι καί ἡ διαφοροποίηση τῶν κυττάρων ἐπιτρέπει τήν καλύτερη ἀπό-δοση καί τῇ λιγότερῃ σπατάλῃ σέ ἐνέργεια. Ἄλλά, ὅταν ὑπάρχει διαφορο-ποίηση, ὑπάρχει ἀναγκαστικά ἀνομοιομέρεια καί ὀργάνωση, σέ ὁλόκληρο τόν πολὺπλοκο ὀργανισμό.

Μέ ποιὸ ὅμως μηχανισμό συντελεῖται ἡ διαφοροποίηση; Αὐτό τό ἐρώ-τημα μᾶς φέρνει πίσω στίς θεωρίες τοῦ προσχηματισμοῦ καί τῆς ἐπιγένε-σης. Γνωρίζουμε τώρα πὼς ὅλη ἡ πορεία ἀναπτύξεως τοῦ πολυκύτταρου ὀργανισμοῦ καθορίζεται ἀπὸ τοὺς γόνους. Οἱ γόνοι δέν εἶναι μικροσκοπικά ὁμοιώματα ὀργάνων, ἰστῶν, χαρακτηριστικῶν ἀλλὰ σταθμοὶ ἐλέγχου τῆς λειτουργίας τοῦ ὀργανισμοῦ καί τῆς πορείας τῆς ἀναπτύξεώς του. Σέ τε-λικὴ ἀνάλυση φτιάχνουν ἐνζυμα, κλειδιά τῶν ἀντιδράσεων τοῦ μεταβολι-σμοῦ. Χωρὶς ἐνζυμα οἱ περισσότερες ἀπὸ τίς χημικὲς ἀντιδράσεις τοῦ μεταβολισμοῦ δέν πραγματοποιοῦνται. Οἱ γόνοι ἀποτελοῦν «τὸ πρόγραμ-μα» ἢ «τὸ σχέδιο» τῆς ἀναπτύξεως τοῦ ὀργανισμοῦ. Ἔτσι τοὺς ὀνόμασε ἓνας μεγάλος βιολόγος. Οἱ γόνοι μποροῦν καί νά διπλασιάζονται κι ἔτσι γιά τῇ σημερινῇ βιολογίᾳ δέν ὑπάρχει τό πρόβλημα πού εἶχαν οἱ παλιοὶ ἐρευνητές.

Ἐπάρχει ὅμως τό πρόβλημα γιά τῇ διαφοροποίησιν. Τώρα μόλις ἀρχί-ζουμε νά γνωρίζουμε ἀρκετά γιά τὸ μηχανισμό τῆς πού καί, σ' αὐτόν οἱ γόνοι παίζουν τόν κύριον ρόλο. Τό κύτταρο πού ἐπιτελεῖ ὀρισμένη λειτουρ-γία ἀλλάζει μορφολογικά ἀλλὰ κυρίως **βιοχημικά**. Στὸ κύτταρο αὐτὸ γίνον-

τα διαφορετικές χημικές αντιδράσεις απ' ό,τι γίνονται σέ άλλο κύτταρο πού έπιτελεί άλλη λειτουργία. Παράγονται άλλες ουσίες. **Υπάρχουν άλλα ένζυμα.** Ορισμένοι γόνοι «μιλούν», δηλαδή «παράγουν» πρωτεΐνες σέ ορισμένα κύτταρα, ενώ σέ κύτταρα άλλων ιστών δέ «μιλούν» αὐτοί αλλά άλλοι γόνοι. Κάθε κύτταρο, μέ τόν άκριβή μηχανισμό τής μιτωτικής διαιρέσεως έχει τά ίδια άκριβώς χρωματοσώματα καί τούς ίδιους άκριβώς γόνους μ' όποιοδήποτε άλλο κύτταρο τού οργανισμού, (έκτός από τούς γαμέτες). "Όμως σ' όλα τά κύτταρα όλοι οί γόνοι δέ λειτουργούν τό ίδιο. 'Η διαφορετική «λειτουργία» τών γόνων σέ κύτταρα διάφορων ιστών είναι καί 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 τού 'Ινστιτούτου Pasteur, τού Ζάκ Μονό (J. Monod 1910-1976), Ζακόμπ (F. Jacob 1920 - ζει στίς μέρες μας) καί Λβόφ (A. Lwoff 1902 - ζει στίς μέρες μας).

3.23 'Η Μετάλλαξη

Είπαμε ότι οί γόνοι διακρίνονται γιά τή σταθερότητά τους. Κάθε άλλη-λόμορφος, όταν διπλασιάζεται σέ κάθε κυτταρική διαίρεση, δίνει γέννηση σέ δύο άλληλόμορφους όλόιδιους μέ τόν έαυτό του.

'Ακριβώς στή σταθερότητα αὐτή όφείλεται καί τό φαινόμενο τής κληρονομικότητας. 'Η 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 κάποιον λάθος στήν άντιγραφή του. Πρόκειται γιά τό φαινόμενο τής **μετάλλαξης**.

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

Σέ τελική άνάλυση όλη ή κληρονομική ποικιλομορφία πού ύπάρχει στούς πληθυσμούς προέρχεται από τή μετάλλαξη καί άνασυνδυάζεται μέ τή φυλετική άναπαραγωγή.

Διακρίνουμε δύο είδη μετάλλαξης: τή φυσική, πού συμβαίνει χωρίς νά έπεμβαίνει ό άνθρωπος καί πού έχει συχνότητα πολύ μικρή (όπως άναφέραμε πρίν) καί τήν τεχνητή, πού προκαλείται από διάφορους παράγοντες φυσικούς ή χημικούς, πού ό άνθρωπος χρησιμοποιεί γιά νά αλλάζει τή δομή τού DNA επιδρώντας πάνω του.

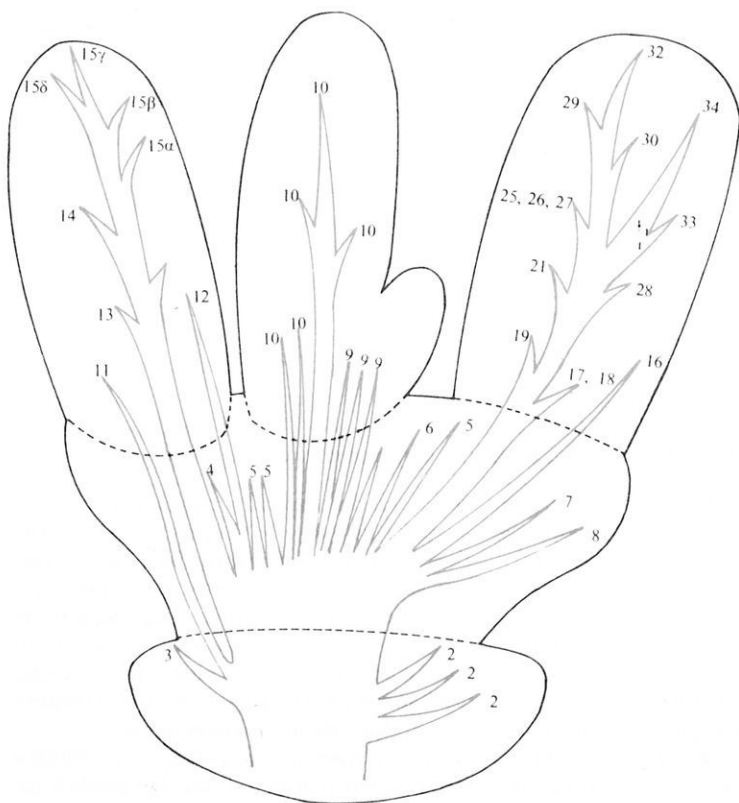
Οἱ ἀκτίνες Χ (Ραϊντγκεν) τῶν ἀκτινολόγων, ἡ ραδιενέργεια, οἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες καί διάφορες χημικές οὐσίες προκαλοῦν μεταλλάξεις μέ μεγάλη συχνότητα. Στή μετάλλαξη ἡ ἀλλαγὴ τῶν ἀλληλόμορφων εἶναι τυχαία. Τά ἄτομα πού ἔχουν καινούργιους ἀλληλόμορφους δέν εἶναι κατ' ἀνάγκη καλύτερα προσαρμοσμένα ἀπὸ τὰ ἄλλα ἄτομα. Τό γεγονός εἶναι τελείως τυχαῖο, οἱ ἀλλαγές εἶναι τυχαῖες.

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 ζούν σήμερα. Καί είναι βέβαιο πώς υπάρχουν κι άλλα είδη που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφτεί. "Αν συνυπολογίσουμε και τα είδη των οργανισμών που έζησαν σε προηγούμενες γεωολογικές εποχές, και που τώρα πιά δεν ζούν αλλά τά γνωρίζουμε μόνο από τά απολιθώματά τους, θά δοῦμε πώς ό συνολικός αριθμός είναι πολύ μεγαλύτερος.

Στά χρόνια του Μ. 'Αλεξάνδρου ό 'Αριστοτέλης γνώριζε μόνο 500 είδη ζώων κι ό μαθητής του Θεόφραστος 450 είδη φυτών. Στο 18ο αιώνα ό μεγάλος σουηδός συστηματικός Λινναίος (C. Linnaeus 1707-1778) περιέγραψε 4000 είδη ζώων και 7000 είδη φυτών. Αυτοί οι αριθμοί μας φαίνονται βέβαια άσήμαντοι μπροστά στά 1.443.445 είδη που αναφέρει ό 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 βασιλεία (των Ζώων και των Φυτών) αλλά σε πέντε:

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



Εικόνα 69: Το φυλογενετικό δέντρο. Οί αριθμοί αντιστοιχούν σε ταξινομικές ομάδες που αναφέρονται στο Παράρτημα Β. (2 = Βακτήρια, 3 = Κυανοφύκη, 4 = Μαστιγοφόρα, 5 = Διάτομα, 6 = Σπορόζωα, 7 = Ριζόποδα, 8 = Βλεφαριδοφόρα, 9 = Μυξομυκητες, 10 = Μυκητες, 11 = Ροδοφύκη, 12 = Φαιοφύκη, 13 = Χλωροφύκη, 14 = Βρυόφυτα, 15 = Τραχεοφυτα, 15α = Φτέρες, 15β = Γυμνόσπερμα, 15γ = Δικοτυλήδονα, 15δ = Μονοκοτυλήδονα, 16 = Σπόγγοι, 17 = Κοιλεντερωτά, 18 = Κτενοφόρα, 19 = Πλατιελμίνθες, 21 = Νηματώδεις, 25 = Βρυόζωα, 26 = Βραχιόποδα, 27 = Φορονιδοειδή, 28 = Χαιτόγναθα, 29 = Μαλάκια, 30 = Δακτυλιοσκόληκες, 32 = Αρθρόποδα, 33 = Έχινόδερμα, 34 = Χορδωτά). Οί ομάδες φαίνονται χωρισμένες με μαύρες γραμμές στα 5 Βασίλεια. Οί ιοί δεν αναφέρονται, γιατί είναι άγνωστη ή 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	3.230
2. Βασίλειο Πρωτίστων, Protista	
Σύνολο	28.350
3. Βασίλειο Μυκήτων, Fungi	
3.1 Μύκητες	40.000
3.2 Μυξομύκητες	400
Σύνολο	40.400
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	328.315
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 Δακτυλιοσκόληκες	8.500
5.7 Βρυόζωα	3.750
5.8 Νηματώδεις	11.000
5.9 Τροχόζωα	1.500
5.10 Νεμερτίνιοι	800
5.11 Πλατελμίνθες	12.700
5.12 Κοιλεντερωτά	5.300
5.13 Σπόγγοι	4.800
5.14 Μικρότερα Φύλα	800
Σύνολο	1.043.150
Γενικό Σύνολο	1.443.445

- στο Βασίλειο τῶν **Φυτῶν** (μέ τά διάφορα ἄλλα φύκη, βρύα, φτέρες, κωνοφόρα, μονοκοτυλήδονα, δικοτυλήδονα).
- καί στο Βασίλειο τῶν **Ζώων** (μέ τούς σπόγγους, τά κοράλια, τά διάφορα εἶδη ἐλμίνθων (= σκωλήκων), τά ἐχινόδερμα, τά μαλάκια, τά ἀρθρόποδα, τά σπονδυλωτά, κ.ἄ.).

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

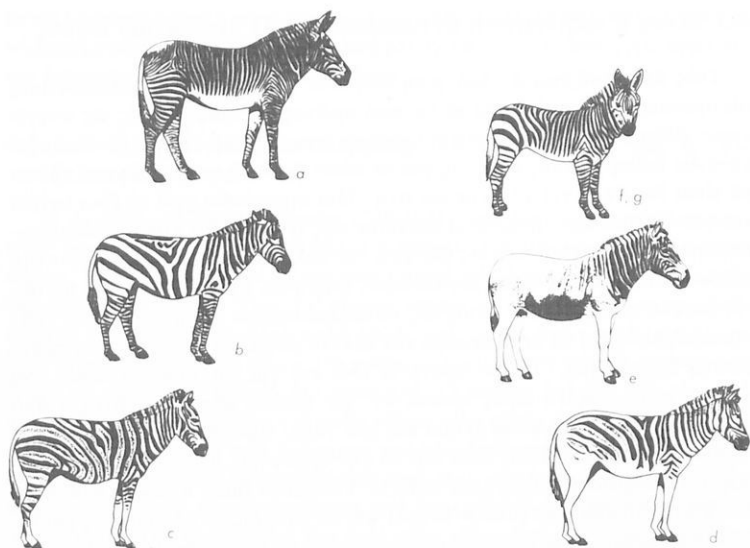
Ὑπάρχουν λοιπόν πάρα πολλά εἶδη ὀργανισμῶν. Καί, ὅπως εἶδαμε πρὶν, ἀκόμα καί τά ἄτομα πού ἀνήκουν σ' ἓνα εἶδος δέν εἶναι ἀπόλυτα ὁμοία μεταξύ τους. Νά δύο πολύ βασικές καί ἀξιοσημεῖωτες παρατηρήσεις.

4.2. Λίγα λόγια γιά τήν ταξινόμηση

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

Τά διάφορα εἶδη, πάλι, μποροῦν ν' ἀποτελέσουν μεγαλύτερες ομάδες.

Εἶδη πού μοιάζουν μεταξύ τους ὅπως ὁ σκύλος, τό τσακάλι κι ὁ λύκος μποροῦν νά καταγοῦν στο ἴδιο γένος. Ἀλλωστε 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 Ἀνθρωπος ὁ σοφός, τό καλαμπόκι *Zea mais* κ.ο.κ. Διάφορα γένη μποροῦν νά ἀποτελοῦν μιά ἐνρύτερη ἐνότητα τήν οἰκογένεια. Ἔτσι οἱ σκύλοι, τά τσακάλια, οἱ λύκοι, οἱ ἀλεποῦδες καί ἄλλα ζῶα ἀνήκουν στήν οἰκογένεια τῶν CANIDAE. Μιά ἢ περισσότερες οἰκογένειες ἀποτελοῦν μιά τάξη. Ἡ οἰκογένεια τῶν σκύλων, ἡ οἰκογένεια τῶν γάτων, ἡ οἰκογένεια τῶν ἀρκουδῶν καί ἄλλες φτιάχνουν τήν τάξη τῶν Σαρκοφάγων (CARNIVORA). Πάνω ἀπό τίς τάξεις εἶναι ἡ ὁμοταξία, πῶ



Εικόνα 70: Τά διάφορα είδη ζέβρας ξεχωρίζουν μορφολογικά και από τό μέγεθός τους και από τίς γραμμώσεις τους. α. *Equus grevyi*, β, γ και δ. *Equus burchelli*, ε. *Equus quagga*, ς, και γ. *Equus zebra*. Τό δεύτερο είδος περιλαμβάνει τρείς διαφορετικές φυλές. Άλλά και κάθε άτομο έχει γραμμώσεις πού τό χαρακτηρίζουν ατομικά (δπως στόν άνθρωπο τά δαχτυλικά αποτυπώματα).

πάνω ή **Συνομοταξία** ή **Φύλο** και τέλος τό **Βασίλειο**. Σ' αὐτήν τήν ἱεραρχική κατάταξη κάθε μεγαλύτερη ἐνότητα περιλαμβάνει, κάτω ἀπό τό ἐπίπεδό της, πιο μικρές. Κάθε ἐνότητα ξεχωρίζει ἀπό οποιαδήποτε ἄλλη ἴδιου ἱεραρχικοῦ ὕψους ἀπό ὀρισμένα χαρακτηριστικά πού τήν διαφοροποιοῦν. Ἔτσι λ.χ. τά Θηλαστικά διαφέρουν ἀπό τά Ἑρπετά γιατί ἔχουν τρίχες, κέρατα καί νύχια, γιατί (ἐκτός ἀπό ἐλάχιστες ἐξαιρέσεις) τά μικρά τους γεννιοῦνται ζωντανά ἀφοῦ περάσουν μέρος τῆς ζωῆς τους, τό ἐμβρυϊκό μέρος, μέσα στή μήτρα, γιατί τά θηλυκά θηλάζουν τά μικρά τους καί γι' αὐτό ἔχουν μαστούς, γιατί εἶναι ὁμοιόθερμα, (ἔχουν δηλαδή μηχανισμό πού κρατεῖ σταθερή τή θερμοκρασία τους), γιατί τό κάτω σαγόνι τους ἀποτελεῖται ἀπό ἓνα κόκαλο ἐνῶ μέσα στό αὐτί τους ἔχουν τρία μικρά ὀστά, τόν ἄκμονα, τή σφύρα καί τόν ἀναβολέα. Στά Ἑρπετά τά ἀντίστοιχα τοῦ ἄκμονα καί τῆς σφύρας δέν βρίσκονται στό αὐτί ἀλλά εἶναι κόκαλα τῆς ἀρθρώσεως τῆς κάτω γνάθου τους.

4.3 Είναι ή ταξινόμηση άντικειμενική; Ή έννοια του είδους

Πώς αποφασίζεται άν δυό γένη άνήκουν στην ίδια ή σέ διαφορετικές οικόγένειες; Πώς σκέφτεται αυτός πού πρώτος καθορίζει αυτές τίς συγγένειες; Βέβαια στηρίζεται στίς όμοιότητές τους. Άλλά επειδή δέν υπάρχει κανένας καθορισμένος κανόνας για τό πόσο όμοια ή πόσο άνόμοια πρέπει νά είναι δυό γένη για νά άνήκουν στην ίδια οικόγένεια (καί τό ίδιο ισχύει καί για τίς ανώτερες βαθμίδες) φαίνεται πώς ή κατάταξη είναι ύποκειμενική, δηλαδή έξαρτάται από τίς απόψεις του μελετητή πού κατασκευάζει τήν όμαδοποίηση των ειδών σέ μεγαλύτερες ένότητες. Γι' αυτό οί ένότητες αυτές μπορεί νά θεωρηθοϋν φτιαχτές, κατασκευάσματα του μυαλου μας, χρησιμα άσφαλώς για νά προχωροϋμε τήν μελέτη μας αλλά χωρίς κανένα πραγματικό άντίκρυσμα. Ίσχυει άραγε τό ίδιο καί για τό είδος; Άμέσως έδω μας φαίνεται πώς τό είδος πρέπει νά 'χει κάποια φυσική όνότητα από δικού του. Στο κάτω κάτω άκόμα καί μία γάτα, νομίζουμε πώς είναι ίκανή νά αναγνωρίσει μία άλλη γάτα καί νά τήν ξεχωρίσει από ένα σκύλο ή ένα πουλί. (Άλήθεια γιατί τό λέμε αυτό;). Ύπάρχουν όμως κι έδω προβλήματα. Έτσι στο είδος «σκύλος» άνήκει καί τό μικρό ζώο της ράτσας τσιουάουα πού μόλις είναι μεγαλύτερο από τήν παλάμη μας όπως καί τό τεράστιο σκυλί της ράτσας του Άγίου Βερνάρδου πού ξεπερνά στο μπόι τό πρόβατο. Πώς αυτά τά ζώα άνήκουν στο ίδιο είδος, ένω ό λαγός καί τό κουνέλι, πού τόσο μοιάζουν, άνήκουν σέ διαφορετικά είδη;

Ή λύση στο πρόβλημα είναι πώς για τόν καθορισμό του είδους δέν πρέπει νά βασίζεται κανένας άπόλυτα στά μορφολογικά κριτήρια όπως παλιότερα έπίστευαν. Τό μόνο άπόλυτο κριτήριο είναι τό **μυξιολογικό**, άν μπορούν δηλαδή τά άτομα μιας όμάδας πού χαρακτηρίζουμε σάν είδος νά άναμειγνύουν τούς γόνους τους, άν μπορούν δηλαδή νά διασταυρώνονται. Όχι όμως νά διασταυρώνονται όπως τό άλογο μέ τό γαϊδούρι, όπου ή διασταύρωση δίνει άπόγονο τό μουλάρι, στείρο άτομο, αλλά νά δίνουν άπογόνους γόνιμα άτομα. Μεταξύ δυό διαφορετικών ειδών δέν μπορεί νά περάσει κληρονομικό ύλικό, δέν μπορούν νά άνταλλαγοϋν γόνοι. Για νά άνταλλαγοϋν θά 'πρεπε στην προηγούμενη περίπτωση τό μουλάρι νά ήταν γόνιμο καί νά μπορούσε λ.χ. νά διασταυρωθεί μέ τό άλογο κι έτσι νά μεταφέρει στον πληθυσμό των άλόγων τούς γόνους του πληθυσμού των γαϊδουριών πού έχει (οί μισοί γόνοι του μουλαριού είναι γόνοι γαϊδουριού).

Έτσι ή έννοια του είδους άποκτā μία όντότητα δικιά της, πραγματική, άνεξάρτητη από τόν μελετητή έπιστήμονα. Καί έχει κάποιο βαθύτερο νόημα ή χρησιμοποίηση του μυξιολογικού κριτηρίου: Κάθε όμοιότητα όφείλεται σέ όμοιότητα γόνων, σέ όμοιότητα κληρονομικού ύλικού. Μόλις μπει κάποιο φράγμα μεταξύ δυό όμάδων όντων έτσι πού νά μήν μπορούν νά

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

4.4 Δυό διαφορετικές ἀντιλήψεις: Έ Τυπολογική καί ή Έξελικτική σκοπιά

Ό Λινναίος, ό Γκαίτε (Goethe 1749-1832), πού έκτός από μέγάλος ποιητής ήταν καί βοτανικός, καί άλλοι πίστευαν στήν ιδέα του ἀναλλοιώτου είδους. Ό Λινναίος 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 σαν τό πατρών πού έχουν οί μοδίστρες καί τό αντιγράφουν). Έπάρχει δηλαδή σύμφωνα μέ αυτές τίς απόψεις μία ιδέα του κάθε είδους σαν αυτές τίς «ουράνιες» ιδέες πού νόμιζε ό Πλάτων πώς υπάρχουν καί των όποιών είμαστε έμεις καί τά διάφορα αντικείμενα ἀντανακλάσεις καί λίγο πολύ σωστές ή μακρινές ἀπεικονίσεις. Μιά τέτοια ἀντίληψη στή Βιολογία ονομάζεται **τυπολογική**: στηρίζεται στήν πεποίθηση ότι γιά κάθε είδος υπάρχει κάποιος τύπος ἀναλλοίωτος στό πέρασμα του χρόνου καί ότι τά άτομα πού ανήκουν σ' αυτό τό είδος είναι καλά ή κακά αντιγράφα του. Οί διαφορές δηλαδή μεταξύ των ατόμων ενός είδους είναι ἀποτέλεσμα κακής αντιγραφής: πρόκειται γιά μία άσήμαντη λεπτομέρεια μπροστά στήν ύπαρξη του καθαρού τύπου.

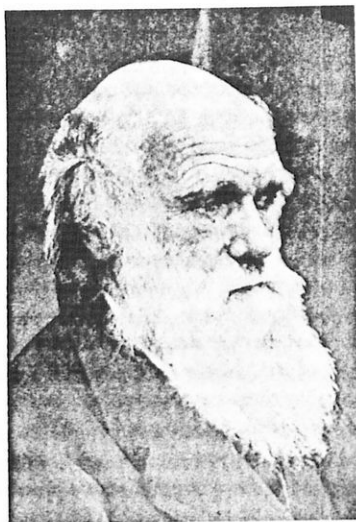
Μέ την έπικράτηση όμως της θεωρίας της Έξελίξεως μία τέτοια άποψη, γιά ένα ἀναλλοίωτο πρότυπο, δέν είναι πιά δυνατή. Τά άτομα πού ανήκουν σ' ένα είδος μπορεί νά παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές, κι αυτές οί διαφορές είναι πραγματικές καί σημαντικές, καί σ' αυτές στηρίζεται, όπως θά δοΰμε, καί ή δυνατότητα της αλλαγής 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 ανακατεΰουν τους γόνους τους, αφού μπορούν νά διασταυρώνονται καί νά γεννούν γόνιμους απογόνους. Άκριβώς στήν έπικράτηση της θεωρίας της Έξελίξεως οφείλεται καί μία νέα αντιμετώπιση των άνωτερων κατηγοριών της Συστηματικής, του γένους, της οίκογένειας, της τάξεως κτλ. Αυτές οί ομάδες ἀπεικονίζουν τίς **φυλογενετικές συγγένειες**, δηλαδή πόσο κοντά, άπ' την άποψη της Έξελίξεως, είναι τά διάφορα είδη. Μές στήν πορεία της Έξελίξεως από 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 τον κορμό του σέ κλάδους, τους 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 (εἴτε οἰκογένειες εἶναι, εἴτε τάξεις κ.ο.κ.), σέ σύγκριση μέ ἄλλες πού δέν τήν ἀπαρτίζουν.

4.5 Ὁ Darwin καί τό ταξίδι του

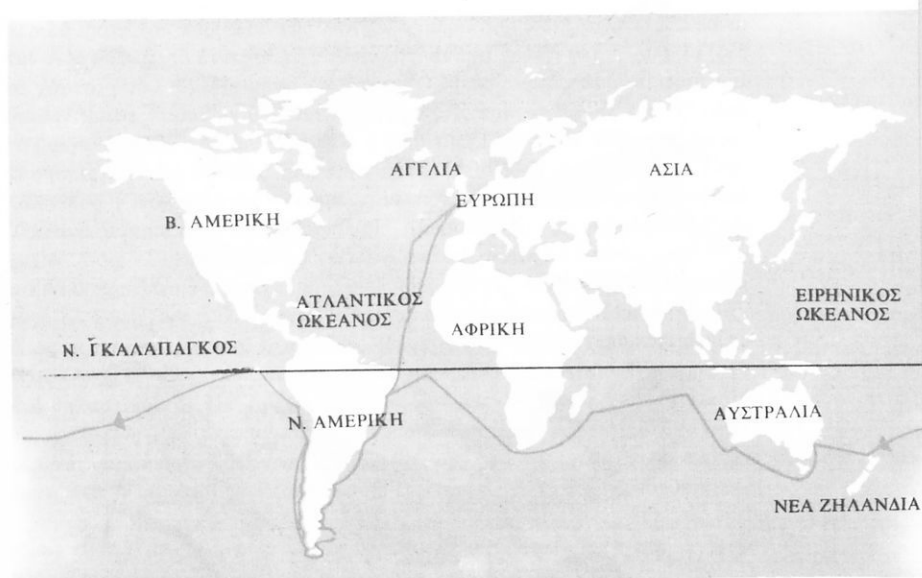
Σύμφωνα μέ τήν θεωρία τῆς Ἐξελιξέως τὰ εἶδη δέν παραμένουν ἀναλλοίωτα: μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου ἀλλάζουν μορφή. Ἔτσι τὰ εἶδη πού ζοῦν σήμερα προῆλθαν ἀπό ἄλλα εἶδη πού προϋπῆρξαν. Ὅμαδες συγγενῶν εἰδῶν προῆλθαν ἀπό ἓνα ἀρχικό εἶδος. Γυρνώντας ἀντίστροφα στήν πορεία τοῦ χρόνου ἀπό τὰ μικρά κλαδιά μεταβαίνουμε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

Τό ὄνομα τοῦ ἀγγλου 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-



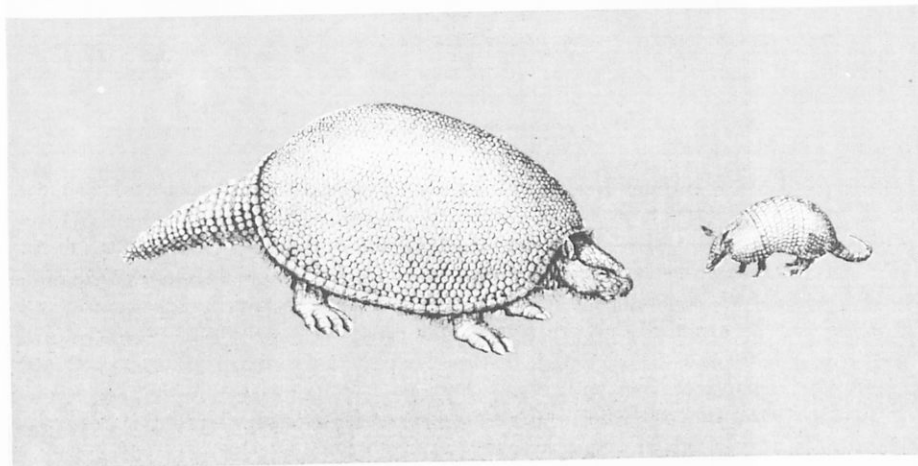
Ch. Darwin

Εἰκόνα 71: Ὁ Τσάρλς Ντάρβιν καί ἡ ὑπογραφή του.



Εικόνα 72: Η διαδρομή του ταξιδιού του Μπήγκλ.

Εικόνα 73: Γλυπτόδοντας (άριστερά) και Αρμαντίλιο (δεξιά).



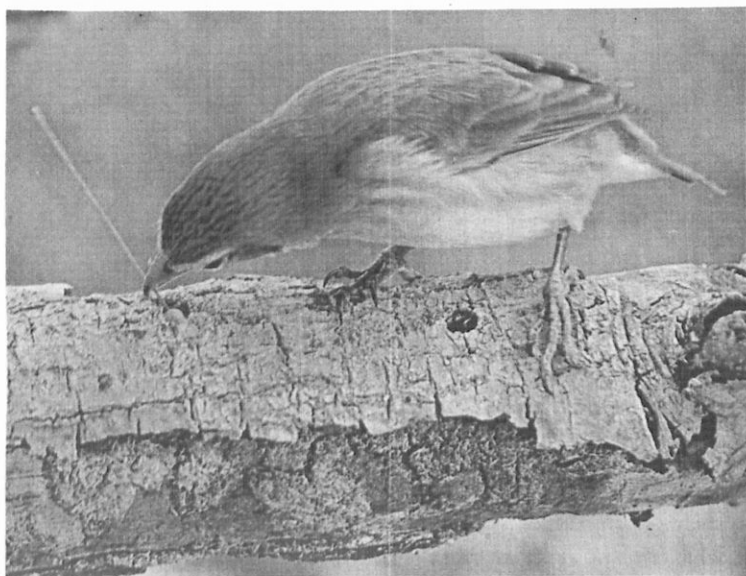


Εικόνα 74: Τα είδη των σπίνων στα νησιά Γκαλάπαγκος.

νόμενο της Έξελιξεως. Ὁ γάλλος ζωολόγος Μπουφόν (Buffon 1707-1788), ὁ ἴδιος ὁ παππὺς τοῦ Ντάρβιν, ὁ Ἔρασμος Ντάρβιν (1731-1802) στὸ βιβλίο του «Ζωονομία», καὶ κυρίως ὁ Λαμάρκ (Lamarek 1744 - 1829). Ὁ Λαμάρκ σέ ἓνα σημαντικό βιβλίο του, τὴν «Ζωολογικὴ Φιλοσοφία», ἀσχολήθηκε εἰδικὰ μὲ τὴν Έξελιξη. Τό δημοσίευσε τὴ χρονιά τῆς γεννήσεως τοῦ Ντάρβιν, τό 1809. Τὴ χρονιά 1831, μόλις πού εἶχαν ἀποκτήσει οἱ Ἕλληνες τὴν ἀνεξαρτησία τους, ὁ νεαρός Ντάρβιν, εἴκοσι δυὸ χρόνων, μπαρκάρει στὸ ἐξερευνητικὸ πλοῖο Μπήγκλ (Beagl = ἰχνηλάτης, ὄνομα μιᾶς ράτσας λαγωνικοῦ μὲ κοντὰ πόδια καὶ κρεμαστά αὐτιά) σάν ζωολόγος, βοτανικός καὶ γεωλόγος, γιὰ ἓνα πολὺ μακρινό, πεντάχρονο ταξίδι. Τό δρομολόγιο

περιλάμβανε τόν περίπλου της Νότιας 'Αμερικής, τόν Ειρηνικό 'Ωκεανό, τήν Αυστραλία, τά άνοιχτά της 'Αφρικής, κι επιστροφή στήν 'Αγγλία (δές τό χάρτη) άπ' όπου ξεκίνησε τό πλοίο. 'Ο Ντάρβιν μάζευε ζώα, φυτά και άπολιθώματα, παρατηρούσε και κατέγραφε τίς παρατηρήσεις του. Σ' αυτό τό μακρινό ταξίδι του γεννήθηκε κι ή ιδέα της 'Εξελίξεως. Ειδικά οί παρατηρήσεις του στή Νότια 'Αμερική και στά νησιά του άρχιπελάγους Γκαλάπαγκος ['Αρχιπέλαγος = σύμπλεγμα πολλών νησιών] στόν Ειρηνικό 'Ωκεανό, μακριά από τίς άκτές της Ν. 'Αμερικής, τόν έντυπωσίασαν. Γράφει ό ίδιος: «Στή διάρκεια του ταξιδιού μου μέ τό Μπήγκλ πε στηκα ανακαλύπτοντας στίς πάμπες [πεδιάδες της Ν. 'Αμερικής] άπολιθώματα μεγάλων ζώων πού καλύπτονταν μέ κατασκευάσματα πού μοιάζουν πανοπλίες, όπως τά σημερινά ζωντανά άρμαντίλις, [δές τήν εικόνα πού αναπαρασταίνει τό έξαφανισμένο είδος γλυπτόδοντα και τό σημερινό άρμαντίλιο. Είναι και τά δυό θηλαστικά της Ν. 'Αμερικής], κατά δεύτερο λόγο μέ τόν τρόπο πού πολύ συγγενικά είδη ζώων αντικαθιστούν τό ένα τό άλλο όσο προχωρούμε κατά τό νοτιά της Νοτιοαμερικανικής ήπειρου, κατά τρίτο λόγο από τόν νοτιοαμερικανικό χαρκτήρα των περισσότερων ζωντανών υπάρξεων του άρχιπελάγου Γκαλάπαγκος

Εικόνα 75: Ένα είδος σπίνου των νησιών Γκαλάπαγκος χρησιμοποιεί ένα άγκάθι σαν εργαλείο γιά νά βγαζει άπ' τά ξερά δέντρα τά σκουλήκια των έντόμων πού τρώει.





Εικόνα 76: Ίγκουάνα των νησιών Γκαλάπαγκος.

καί ειδικότερα από τόν τρόπο πού σέ κάθε νησί διάφεραν ελαφρά ή μιά από τήν άλλη. Κανένα από τά νησιά δέ φαίνεται νά εἶναι πολύ παλιό από τή γεωλογική ἄποψη. 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 'χε δεῖ στό Ἑκουαδór. Ἀλλά 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 χρησιμοποιοῖ 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 χελώνες καί πολλά ἄλλα ζῶα τῶν νησιῶν Γκαλάπαγκος: ἀπό νησί σέ νησί οἱ μορφές ἄλλαζαν, παρᾶμεναν ὁμως παραπλήσιες.

Ὁ Ντάρβιν μετὰ ἀπό πολλά χρόνια, στά 1859, δημοσίευσε τό περίφημο βιβλίο του «Ἡ Γέννηση τῶν Εἰδῶν μέ τή Φυσική Ἐπιλογή», ὅπου παράθετε ὅλες τίς παρατηρήσεις πού 'χε 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.

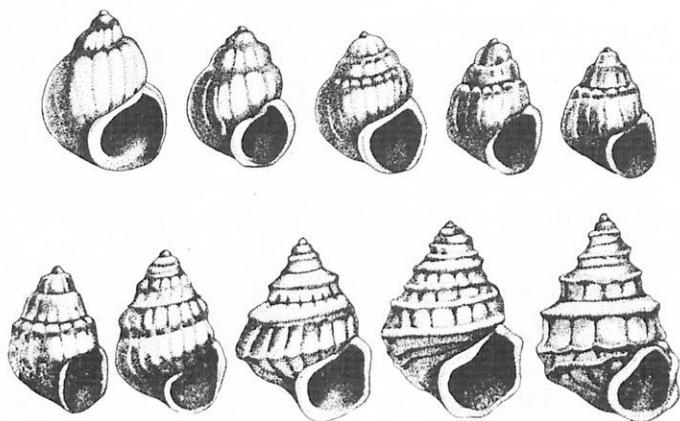
Οἱ παρατηρήσεις αὐτές κι ἄλλες πολλές πού προστέθηκαν ἀργότερα ἔπεισαν τοὺς βιολόγους ὅτι πραγματικά τά εἶδη προέρχονται ἀπό ἄλλα εἶδη.

4.6 Ἐνδείξεις γιά τήν ἐξέλιξη: τά ἀπολιθώματα

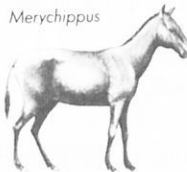
Τά ἀπολιθώματα εἶναι ἀπομεινάρια ζωντανῶν ὀργανισμῶν πού ἔζησαν πολύ παλιά: εἴτε ἀποτυπώματα, εἴτε μέρος τοῦ ὀργανισμοῦ τους, συνήθως σκληρό μέρος (ξιλο, ὄστρακο, κόκαλο) πού ἔγινε πέτρα γιατί ἡ ὀργανική οὐσία του ἀντικαταστάθηκε σιγά σιγά ἀπό ἀνόργανα ὑλικά πού ἔφταναν διαλυμένα στό νερό τοῦ ἐδάφους.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



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



Εικόνα 78: Μιά εκπληκτική σειρά μορφών που βρέθηκαν σε διαδοχικά γεωλογικά στρώματα του Πλειόκαινου δείχνει πώς μεταβλήθηκε σιγά σιγά το είδος *Paludina neumayri* στο είδος *Tolotoma hoernesii*.

ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΣ		ΓΕΝΟΣ	ΠΟΔΙ	ΔΟΝΤΙ
ΕΥΓΥΡΟΝΟΣ		<i>Equus</i> 		
ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟΣ		<i>Hipparion</i> 		
ΜΕΙΟΚΑΙΝΟΣ		<i>Merychippus</i> 		
ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟΣ		<i>Meshippus</i> 		
ΗΩΚΑΙΝΟΣ		<i>Hyracotherium</i> 		
		X 1/70	X 1/20	X 1/2

Εικόνα 79: Ἀλλαγές στο ὕψος, στά δάχτυλα τοῦ ποδιοῦ καί στά δόντια σέ διάφορα εἶδη ἀλόγων καί προγόνων τους ποῦ ζήσανε παλιά (*Hyracotherium*, *Meshippus*, *Merychippus*, *Hipparion*) καί στο σημερινό μας ἀλόγο (*Equus*).

Ἡ μελέτη τῶν ἀπολιθωμάτων μᾶς προσφέρει πολλές ἐνδείξεις γιὰ τὴν Ἐξέλιξη. Ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν εἶχε παρατηρήσει πὼς τὸ τωρινὸ ἄρμαντίλιο βρίσκεται στὸ ἴδιο μέρος ὅπου παλιά ζοῦσε ὁ μεγαλύτερος ἀλλὰ πολὺ ὁμοίος του γλυπτόδοντας. Σὲ πολὺ εὐνοϊκές περιστάσεις μπορεῖ νὰ ἀνακαλυφθοῦν συνεχεῖς σειρές μορφῶν καὶ ἔτσι νὰ γίνεи κατανοητὸ πὼς ἓνα εἶδος ἄλλαξε σιγὰ σιγὰ μορφή. Τέτοιο παράδειγμα μᾶς δείχνει ἓνα σαλιγκάρι, ἡ *Paludina*. Τὰ διάφορα στρώματα τῶν ἰζημάτων τῶν λιμνῶν ὅπου ζοῦσε ἡ *Paludina* ἐναποθέτονταν τὸνα πάνω στ' ἄλλο κλείνοντας μέσα τους τίς μορφές αὐτοῦ τοῦ σαλιγκαριοῦ. Οἱ νεώτερες μορφές εἶναι μέσα στα νεώτερα γεωλογικὰ στρώματα (πού ἂν δὲ διαταραχθοῦν ἢ ἀναστραφοῦν βρίσκονται πιὸ κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια).

Ἀπὸ μεγάλες συλλογές ἀπολιθωμάτων ἀλόγων μποροῦμε νὰ συμπεράνουμε πὼς τὰ σημερινὰ ἄλογα πού ἔχουν ἓνα μόνο δάχτυλο στὸ πόδι τους προήλθαν ἀπὸ μορφές ἀρχικά μὲ πέντε δάχτυλα κι ἀργότερα μὲ τρία γιὰ νὰ καταλήξουν στὸ ἓνα δάχτυλο τοῦ σημερινοῦ ἀλόγου: τὰ ἄλλα δάχτυλα ἐκφυλίστηκαν. Τὸ *Hipparion* (ἵππριο = μικρὸς ἵππος) πού ἔζησε στὴν Ἀττική (Πικέρμι) στὴν Πλειόκαινο ὑποπερίοδο εἶχε τρία δάχτυλα. Συγχρόνως στὰ ἄλογα ἄλλαξε καὶ ἡ μορφή τῶν γομφίων δοντιῶν τους (βλέπε εἰκόνα 79).

Θά μποροῦσαν νὰ ἀναφερθοῦν καὶ πολλὰ ἄλλα παραδείγματα πού ἐνισχύουν τὴν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως.

4.7 Ἡ ἱστορία τῆς ζωῆς ὅπως τὴ δείχνουν τὰ ἀπολιθώματα

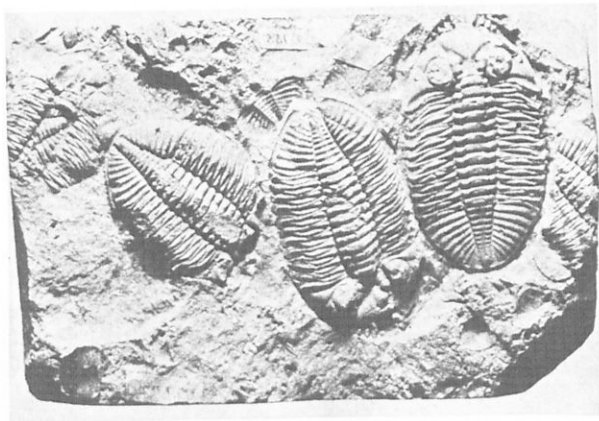
Ἀπὸ τὰ ἀπολιθώματα κι ἀπὸ διάφορες ἄλλες ἐνδείξεις καὶ σημερινές παρατηρήσεις μποροῦμε νὰ ἐπιχειρήσουμε νὰ ἀναπλάσουμε τὴν ἱστορία τῆς ζωῆς στὸν πλανήτη μας.

Πολλοὶ βιολόγοι πιστεύουν πὼς πολὺ παλιά οἱ συνθῆκες ἦταν τέτοιες (ἐλλειψη ὀξυγόνου στὴν ἀτμόσφαιρα πού κυρίως τὴν ἀποτελοῦσαν ὕδατμοί, μεθάνιο CH_4 καὶ ἀμμωνία NH_3), ὥστε ἀπὸ τὴν ἀνόργανη ὕλη σιγὰ σιγὰ νὰ παραχθεῖ ἡ πρώτη ζωντανή ὕλη: πρῶτα δηλαδὴ νὰ συντεθοῦν ἀπὸ τὸ μεθάνιο, τὴν ἀμμωνία καὶ τοὺς ὕδατμούς, μὲ τὴ βοήθεια τῆς ἐνέργειας τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων τῶν κεραυνῶν, διάφορα εἶδη ὀργανικῶν μορίων. Μετὰ τὰ μόρια αὐτὰ διαλυμένα μὲς στὸ νερὸ τῶν λιμνῶν καὶ τῶν ὠκεανῶν θά σχηματίσαν ἓνα εἶδος «σοῦπας» μὲς στὸ ὁποῖο γεννήθηκε ἡ πρώτη ζωντανή μονάδα.

Πολλὰ βέβαια παραμένουν ἄγνωστα γιὰ τὴ γέννηση τῆς ζωῆς. Πάντως εἶναι βέβαιο πὼς κάτω ἀπὸ τίς σημερινές συνθῆκες ἡ ζωὴ δὲν μπορεῖ νὰ γεννηθεῖ ἀπὸ μὴ ζωντανὰ συστατικά, ἀπὸ μόνη τῆς, ἀλλὰ προέρχεται μόνο ἀπὸ ἄλλη ζωή, ὅπως ἀπόδειξε κι ὁ Pasteur. Ἡ ζωὴ λοιπὸν γεννήθηκε στὴ



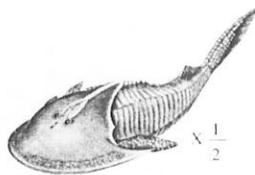
Εικόνα 80: Ένας γραπτόλιθος.



Εικόνα 81: Απολιθώματα τριλοβιτών.

θάλασσα. Αυτό γίνεται φανερό κι από τα πρώτα απολιθώματα άβέβαια ακόμη για τον **Προκάμβριο** αιώνα, αλλά καθαρά στην **Κάμβριο** περίοδο και στις επόμενες, όπου ξέρουμε πώς ζούσαν βακτήρια, Κυανοφύκη (δηλαδή προκαρυωτικοί οργανισμοί), θαλάσσια Πρωτόζωα με κελύφη (όπως οι φουσουλίνες που μοιάζουν με σπειριά σταριού), αλλά και φύκη και μύκητες καθώς και διάφορα άσπόνδυλα ζώα, που με τον καιρό γίνονται πολυπληθή. Για τα άσπόνδυλα, χαρακτηριστικά είναι οι σπόγγοι, οι γραπτόλιθοι κι οι τριλοβίτες. Οι γραπτόλιθοι μοιάζουν με τίς μέδουσες: φέρνουν ένα θολωτό δίσκο για να επιπλέουν κι από κάτω τους έχουν στρογγυλούς σάκους για την αναπαραγωγή. Οι τριλοβίτες είναι αρθρώποδα που φαίνονται να 'χουν τρεις λοβούς, τρία μέρη: κεφαλοθώρακα, κοιλιά και ουρά: έρπουν στο βυθό και κυριολεκτικά τόν «σαρώνουν» για να βρουν την τροφή τους. Άλλα αρθρώποδα είναι οι σκορπιοί που πρώτοι βγαίνουν από τη θάλασσα στη στεριά, πάντως όμως μετά την εμφάνιση των χερσαίων φυτών. Λίγο αργότερα εμφανίζονται τα πρώτα ψάρια: στην αρχή τα ψάρια ήταν σαν τούς άγναθους ιχθύες (χωρίς δηλαδή σαγόνα, όπως είναι η σημερινή λάμπραινα που επιφανειακά μόνο μοιάζει με το χέλι). Τέτοιο ψάρι ήταν ο κεφαλασπίς που φέρνει θωρακισμένες πλάκες στο μέρος της κεφαλής του. Άργότερα εμφανίστηκαν οι πλακόδερμοι ιχθύες: αυτά τα ψάρια είχαν σαγόνα που φτιάχτηκαν από το πρώτο ζευγάρι βραγχιακών σχισμών, (δηλαδή των πλαγίων σχισμάτων απ' όπου μπαίνει το νερό στα βράγχια του ψαριού για την αναπνοή του). Οι πλακόδερμοι ιχθύες έχουν

Εικόνα 82: Ψάρια που τα γνωρίζουμε μόνο από απολιθώματά τους. Πλακώδερμοι ιχθύες (όμοια με) Κεφαλασπίς, Κλιματίος και Δινιχθύς. Ο Κλαδοσελάχος άνηκει στους Χονδρίχθες.



Cephalaspis

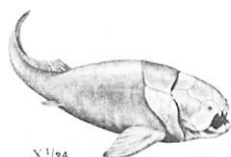


Climatius



X 1/200

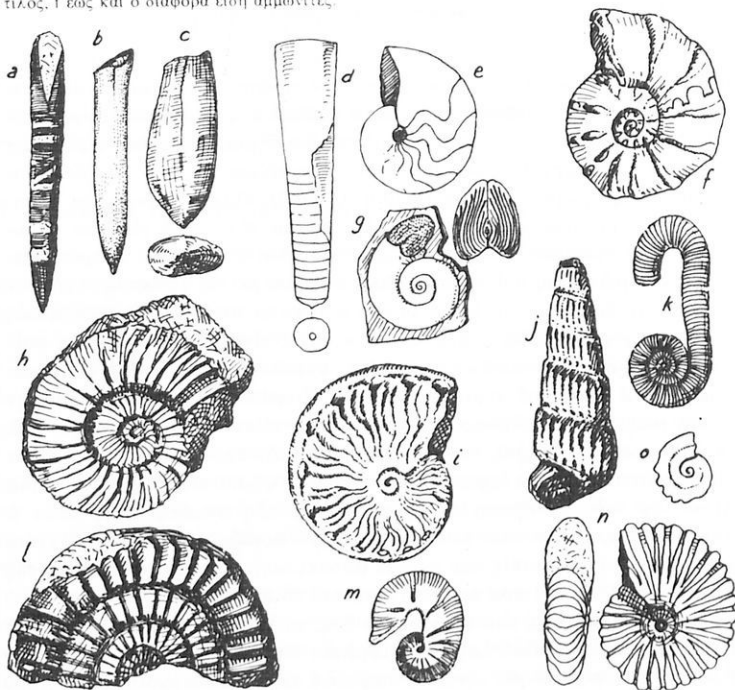
Dinichthys

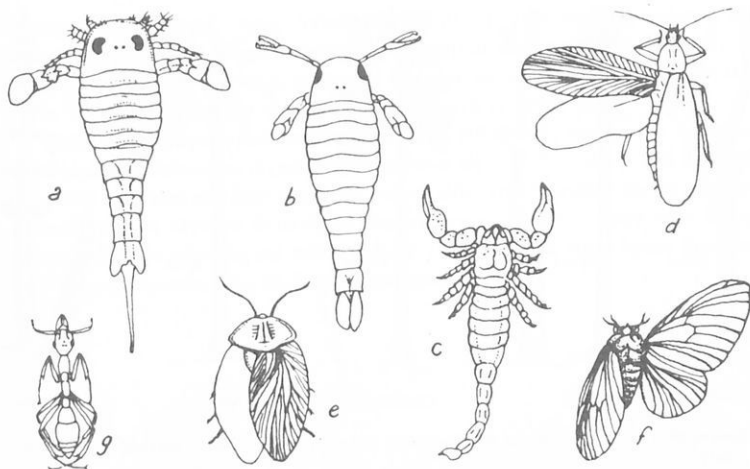


X 1/24

Cladoseleache

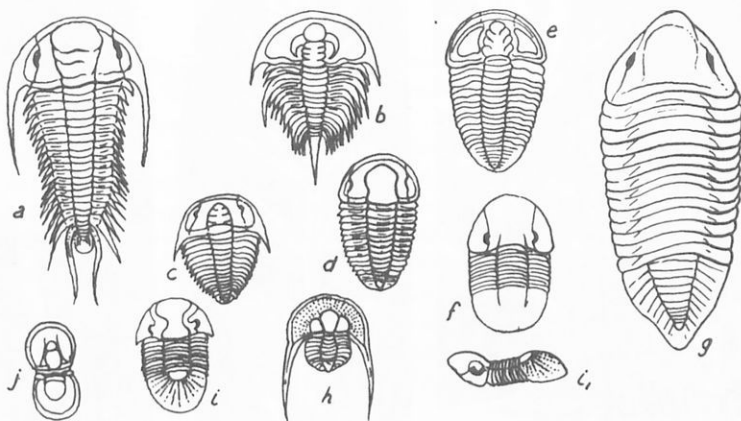
Εικόνα 83: Απολιθωμένα Κεφαλόποδα (Μολυβία): α, β, γ, Βελεμνίτες, δ, Όρθοκερας, ε Ναυτίλος, ι έως κ, ο διάφορα είδη άμμοιτών.

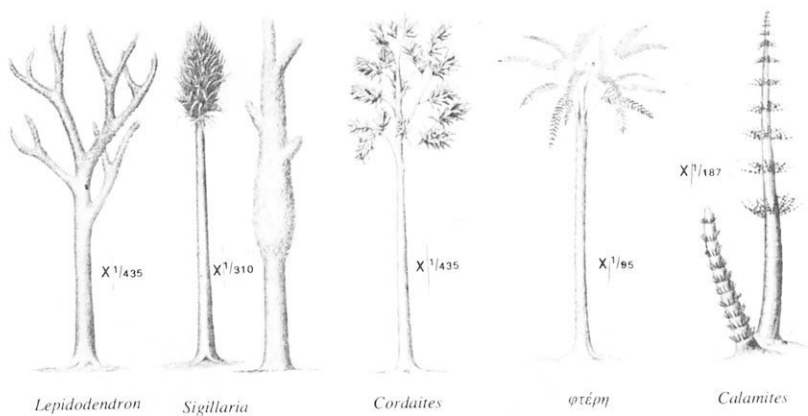




Εικόνα 84: Ἀπολιθωμένα Μεροστόματα (ὁμοταξία πού δέν ὑπάρχει πιά ἐξόν ἀπό τοὺς Ξιφόσους πού τοὺς κατατάσσουν μερικοὶ μαζί με τὰ Ἀραχνίδια) α Ἐϋρύπτερος, β Πτερυγότης, Ἀπολιθωμένος σκορπιός (c) καὶ διάφορα ἀπολιθωμένα Ἐντομα (d, e, f, g).

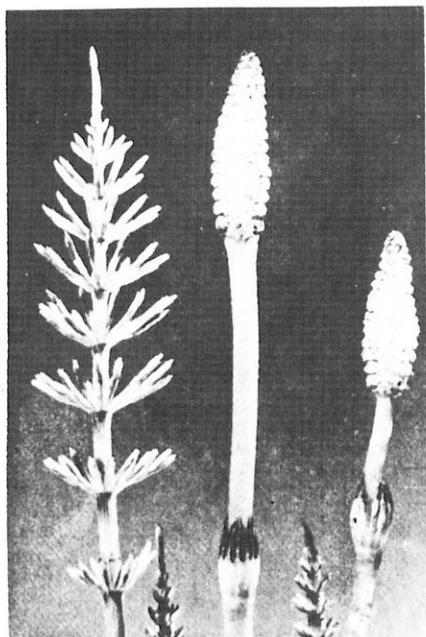
Εικόνα 85: Διάφορα εἶδη τριλοβιτῶν.





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

Εικόνα 87: Δυό ζωντανόι αντιπρόσωποι πρωτόγονων φυτών: τó Λυκοπόδιο (*Lycopodium*) καί τó πολυκόμπι (*Equisetum*).



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

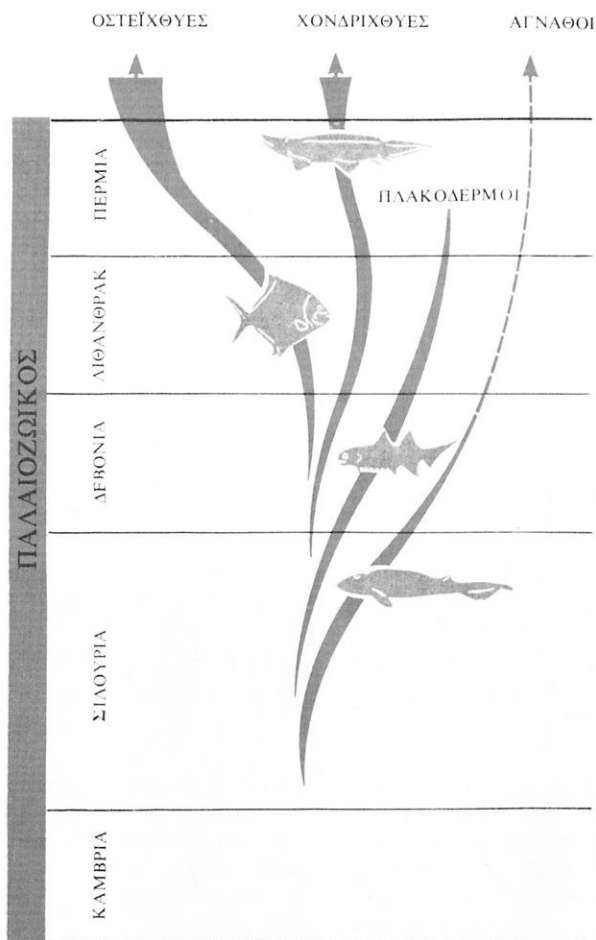
Μιά ομάδα ψαριών, οί κοιλάκανθοι (ένα είδος τους άκόμα καί σήμερα ζεί στη Μαδαγασκάρη) είχαν περύγια πάνω σέ λοβούς, κατιτί πού θυμίζει τά πόδια τών πρώτων άμφιβίων. Τά παλιά είδη κοιλάκανθων φαίνεται πώς μπορούσαν γιά λίγο νά αναπνέουν άτμοσφαιρικό όξυγόνο (σάν κάτι άλλα ψάρια πού ζούν σήμερα καί πού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



Εικόνα 88: Αναπαράσταση δύο απολιθωμάτων εντόμων από τη Λιθανθρακοφόρο. Τό άριστερό είναι κατσαρίδα.

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

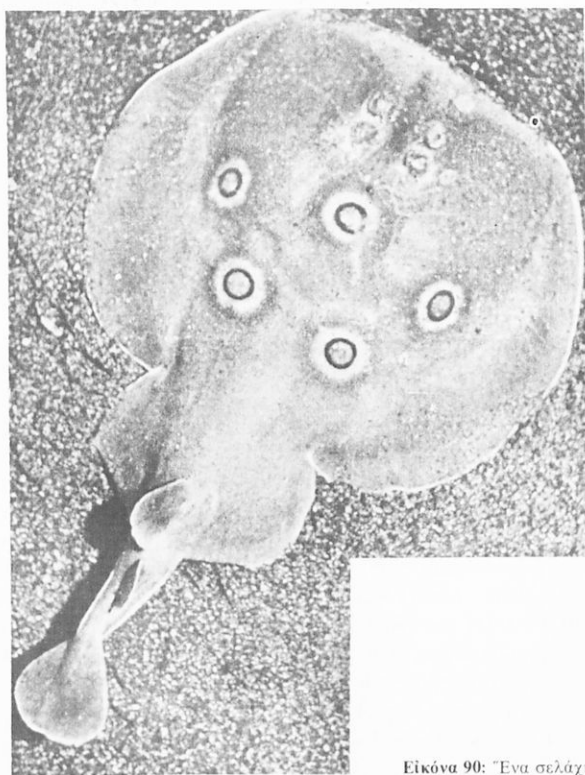
Στή Λιθανθρακοφόρο περίοδο πληθαίνουν τά μεγάλα δάση, τά δέντρα όμως έχουν μικρότερο ύψος άπ' ό,τι τά δέντρα τών σημερινών τροπικών δασών. Από τά δάση αυτά σχηματίστηκαν οί λιθανθρακες. Μαζί μέ τήν παρουσία τών άμφιβίων έχουμε καί τά πρώτα έντομα καί τά χερσαία σαλιγκάρια.



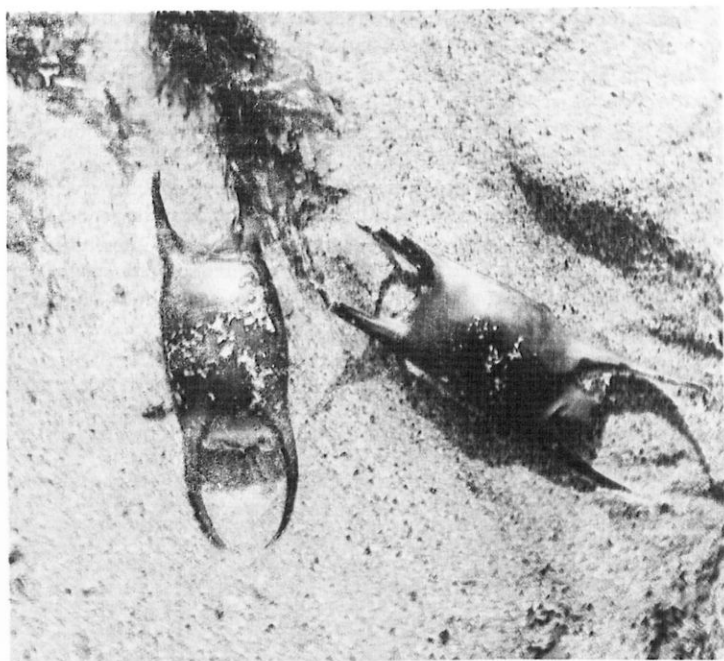
Εικόνα 89: Γενεαλογία των ψαριών.

Στό τέλος του **Παλαιοζωικού** αιώνα εμφανίζονται τά έρπετά πού προέρχονται από τά άμφίβια. Τά έρπετά ξεχωρίζουν από τά άμφίβια γιατί γεννούν αυγά με κελύφη καί τά έμβρυά τους περιβάλλονται από μιά μεμβράνη, τήν **άμνιωτική**.

Πρόκειται γιά προσαρμογές στό χερσαίο περιβάλλον πού επιτρέπουν τήν προστασία τών ἐμβρύων ἀπό ἐχθρούς τους καί ἀπό τήν ἀποξήρανση. Τά ἀμφίβια βρίσκονται ἀκόμα μ' ἓνα πόδι στό ὑδάτινο περιβάλλον: ἐκεῖ ἐξελίσσονται οἱ προνυμφικές τους μορφές, ἐνῶ τά ἀκμαῖα εἶναι σχεδόν χερσαῖα. Τά ἐρπετά ἔχουν πιά γίνει τελείως χερσαῖα. Ἀναπτύσσουν διάφορες μορφές: ἄλλα ὀπλίζονται μέ μεμβράνες σάν τόν πτερανόδοντα γιά νά πετάξουν, ἄλλα παίρνουν μορφές ψαριῶν καί ξαναγυρίζουν στό νερό σάν τήν ἔλασμόςαυρο καί τόν ὀφθαλμόςαυρο, ἄλλα γίνονται χερσαῖα φυτοφάγα κι ἄλλα σαρκοφάγα. Ἀπό τά ἐρπετά ζοῦνε σήμερα μόνο οἱ χελῶνες, τά φίδια, οἱ σαῦρες, ὁ σφενόδοντας («ζωντανό ἀπολίθωμα» πού ζεῖ στή Ν. Ζηλανδία) κι οἱ κροκόδειλοι. Ἀλλά ὑπῆρχαν πολύ περισσότερα ἐρπετά

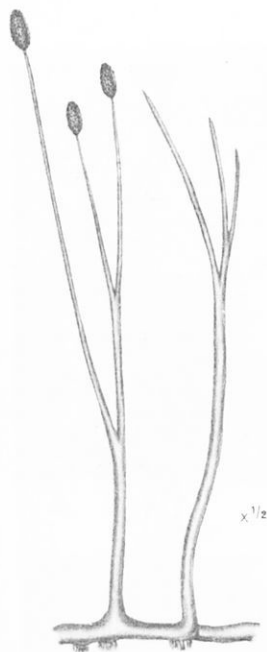


Εἰκόνα 90: Ἕνα σελάχι.



ΕΙΚΟΝΑ 91: Αύγα σελαχίου

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 εκείνο τό μηχανισμό πού επιτρέπει νά κρατιέται σταθερή ή θερμοκρασία του σώματός τους σ' αντίθεση μέ τὰ υπόλοιπα έρπετά καί τὰ άμφίβια πού είναι ποικιλόθερμα. Ή όμοιοθερμία άποτελεί σπουδαία προσαρμογή στό χερσαίο περιβάλλον: οί άλλαγές της θερμοκρασίας στό περιβάλλον αυτό είναι πολύ μεγαλύτερες άπ' ό,τι στό νερό. Συγχρόνως ή όμοιοθερμία επιτρέπει στό ζώο νά μήν πέφτει σέ ύπολειψήγία, όπως οί σαύρες σέ συνθήκες έλαττωμένης θερμοκρασίας, αλλά νά μπορεί έξίσου καλά νά δρά άνεξάρτητα από τίς συνθήκες της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

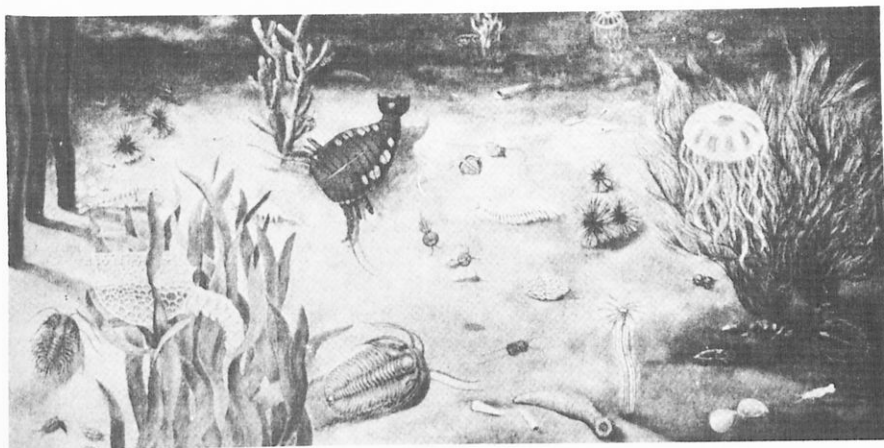


◀ **Εικόνα 92:** Το πρώτο γνωστό χερσαίο φυτό, ένα Ψίλοτο, ή Ρύνια.



Εικόνα 93: Πάνω ένα ψάρι με πτερύγια πάνω σε λοβούς (όπως ο κοιλακανθός) και κάτω ένας μακρινός άπογονός του, ένα πρωτόγονο αμφίβιο της Δεβονιας περιόδου.

Εικόνα 94: Μιά θάλασσα στην Κάμβριο περίοδο: Δεξιά μια μέδουσα πάνω σε φύκια, στο μέσο ένα μεροστομα και ένας τριλόβιτης.





Εικόνα 95: Μιά θάλασσα στη Σιλουέριο περίοδο. Δύο εύρωπτεροι κυριαρχούν. Θαλάσσια σαλιγκάρια και φυτά.

Εικόνα 96: Δεβόνια θάλασσα με άγναθα ψάρια και με μερικά ψάρια πιο εξελιγμένα.





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



◀
Εικόνα 98: Μία δεντρώδης
φτέρη που ζει σήμερα στη
νήσο Ταβα.

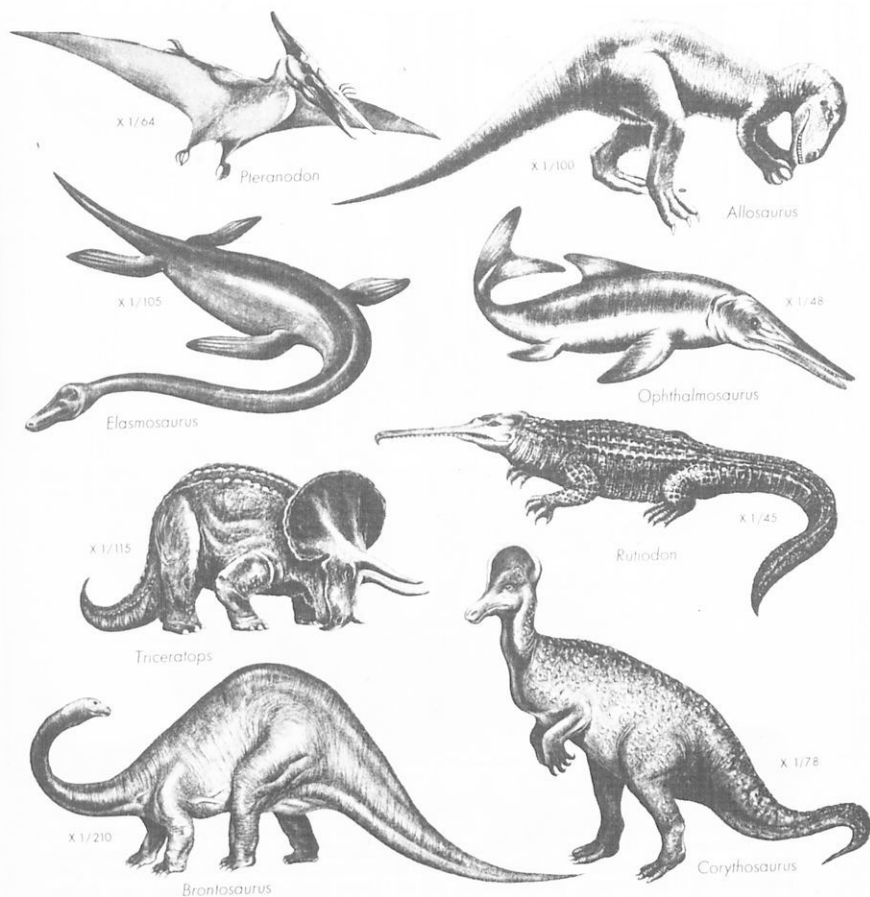


Εικόνα 99: Ἀριστερά μία Κυκάδα πού ζεῖ σήμερα στήν Αὐστράλια. Δεξιά λεπτομέρεια τῶν ὀργάνων τῆς πού φέρουν τοὺς σπόρους.

Ὁ πλοῦτος τῶν μορφῶν τῶν δεινόσαυρων καί τό τεράστιο μέγεθος ὀρισμένων ἀπό αὐτοὺς ἔχουν ἐξάψει τή φαντασία τοῦ κοινοῦ. Εἶναι γνωστοί οἱ διπλόδοκοι (ἦταν ἀπό τά μεγαλύτερα ζῶα, χορτοφάγα μέ μᾶκρος 26-35 μέτρα), οἱ βροντόσαυροι (χορτοφάγα μέ μᾶκρος 20 καί ὕψος 10 μέτρα καί βάρος 50 τόνους), οἱ ἀτλαντόσαυροι (τά πιό μεγάλα ζῶα πού βάδισαν ποτέ στή γῆ μέ μᾶκρος 32 καί ὕψος 10 μέτρα), οἱ σαρκοφάγοι δεινόσαυροι: ἀλλόδοσαυροι, τυραννόσαυροι κ.ἄ.

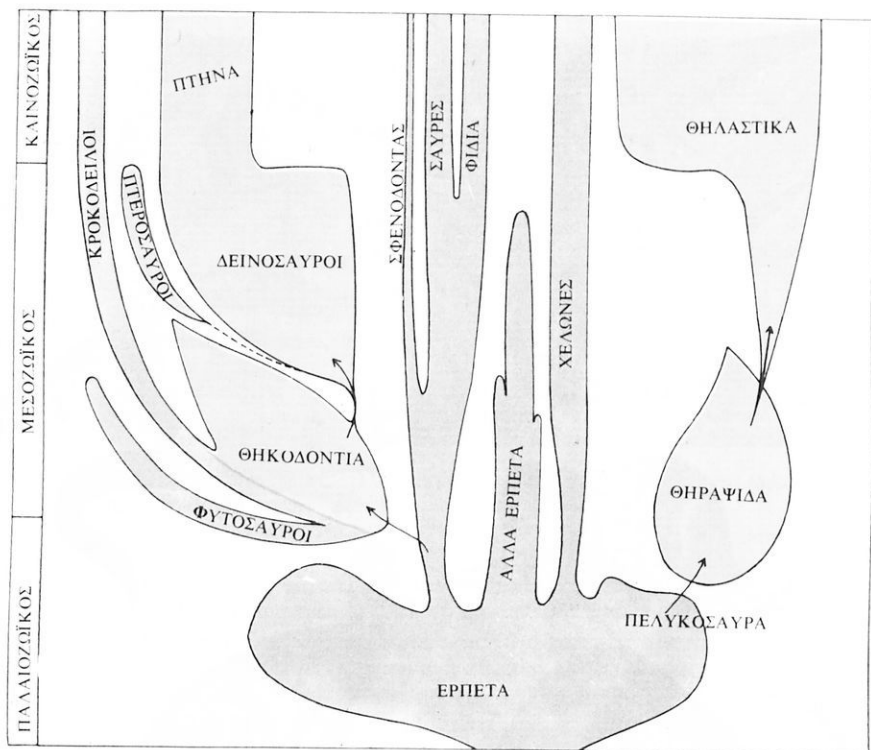
Ἀπό τοὺς δεινόσαυρους προέρχονται καί τά πτηνά. Ὁ Ἀρχαιοπτερυγας, τό πρῶτο πουλί, εἶναι ἓνας φτερωτός δεινόσαυρος πού ὁμως ἔχει πραγματικά φτερά. Στά φυτά οἱ Κυκάδες καί τά Κωνοφόρα ἀντικαθιστοῦν τά πρῶτα δέντρα. Μέ τήν παρακμή τῶν ἐρπετῶν πού ἀκολουθεῖ καί ἰδιαίτερα μέ τήν παρακμή τῶν δεινοσαύρων ἀναπτύσσονται τά θηλαστικά καί τά πτηνά. Κατακτοῦν κάθε γωνιά πού ἐγκατάλειψαν τά Ἑρπετά. Ὁ **Καινοζωικός** αἰώνας εἶναι ὁ αἰώνας τῶν Θηλαστικῶν καί τῶν Ἀγγειοσπέρμων, δηλαδή τῶν φυτῶν πού ἔχουν λουλούδια. Τό ζεστό κλίμα εὐνοεῖ τήν ἀνάπτυξη ἐνός τροπικοῦ δάσους παντοῦ, ἀργότερα ὁμως τό δάσος ὑποχωρεῖ ὅταν τό κλίμα κρυώνει. Τά δέντρα συχνά παραχωροῦν τή θέση τους σέ θάμνους καί σέ χόρτα.

Τά θηλαστικά μέ τή σειρά τους ἀναπτύσσουν μίαν ὀλάκαιρη ποικιλία μορφῶν καί τάξεων, μία βεντάλια: μία δεκαπενταριά ἀπό τίς τριανταπέντε τέτοιες τάξεις δείχνει ἡ Εἰκόνα 128. Ἡ εἰκόνα δέν δείχνει τίς πιό πρωτόγο-



Εικόνα 100: Διάφορα Έρπετά του Μεσοζωϊκού αιώνα (πτερανόδοντας, αλλόσαυρος, ελασμό-
σαυρος, οφθαλμόσαυρος, τρικεράτωψ, ρυτιόδοντας, βροντοσαυρος, κορυθόσαυρος).

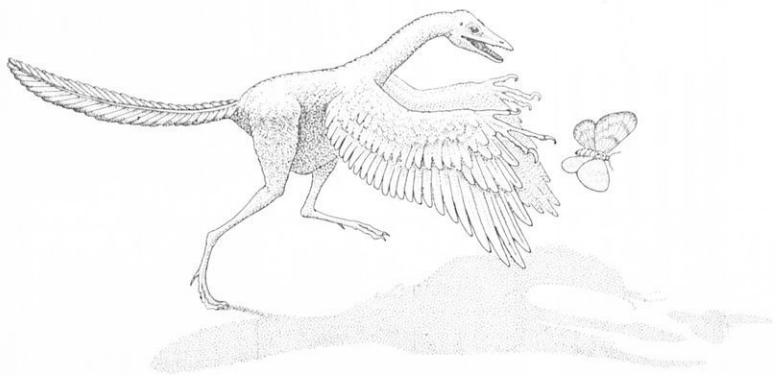
νες μορφές που ακόμη και σήμερα ζουν: τὰ Μονοτρήματα (τῆς Αὐστραλίας, Ν. Ζηλανδίας καὶ Ν. Γουινέας) πού γεννοῦν αὐγά ἀλλὰ θηλάζουν τὰ μικρά τους, καὶ τὰ Μαρσιποφόρα (τῆς Αὐστραλίας καὶ τῆς Ἀμερικῆς) πού προστατεύουν τὰ μικρά τους στό μάρσιπο (ἓνα εἶδος τσέπης, δερμάτινου σάκου στήν κοιλιά τους).



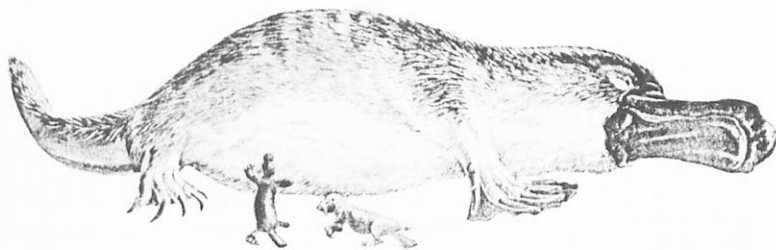
Εικόνα 101: Μία σχηματική παράσταση της προελεύσεως των διάφορων Ἀμνιωτικών Σπονδυλωτών βασισμένη σε νεώτερες έρευνες. Με γκριζο χρώμα συμβολίζονται οι ομάδες που είναι ποικιλοθερμες και με ρόδινο οι ομάδες που είναι ομοιοθερμες. Τά Θηραψίδα (Therapsida) πρόγονοι των Θηλαστικών, τά Θηκοδόντια (Thecodontia) πρόγονοι των Δεινοσαύρων, οί Δεινόσαυροι, οί Πτερόσαυροι, τά Θηλαστικά και τά Πτηνά (που προέρχονται από τους Δεινοσαύρους) είναι ομοιοθερμα.



Εικόνα 102: Ὁ σφενόδοντας, μοιάζει με σαύρα μά ανήκει ταξινομικά σε μία αρκετά διαφορετική ομάδα. Είναι τό μόνο ζώο που ζεί σήμερα από αυτή την ομάδα: Ένα «ζωντανό απολιθωμα».



Εικόνα 103: Ο Άρχαιοπτερυξ, το πρώτο πτηνό, (φαίνονται καθαρά τά φτερά του), από την Τουρασική περίοδο. Πολύ συγγενεύει με μικρούς Δεινόσαυρους που δεν μπορούσαν να πετάξουν.



Εικόνα 104: Ένα μονοτρήμα, ο Πρεστούς ή Ορνιθορριγός, θηλάζει τα μικρά του.

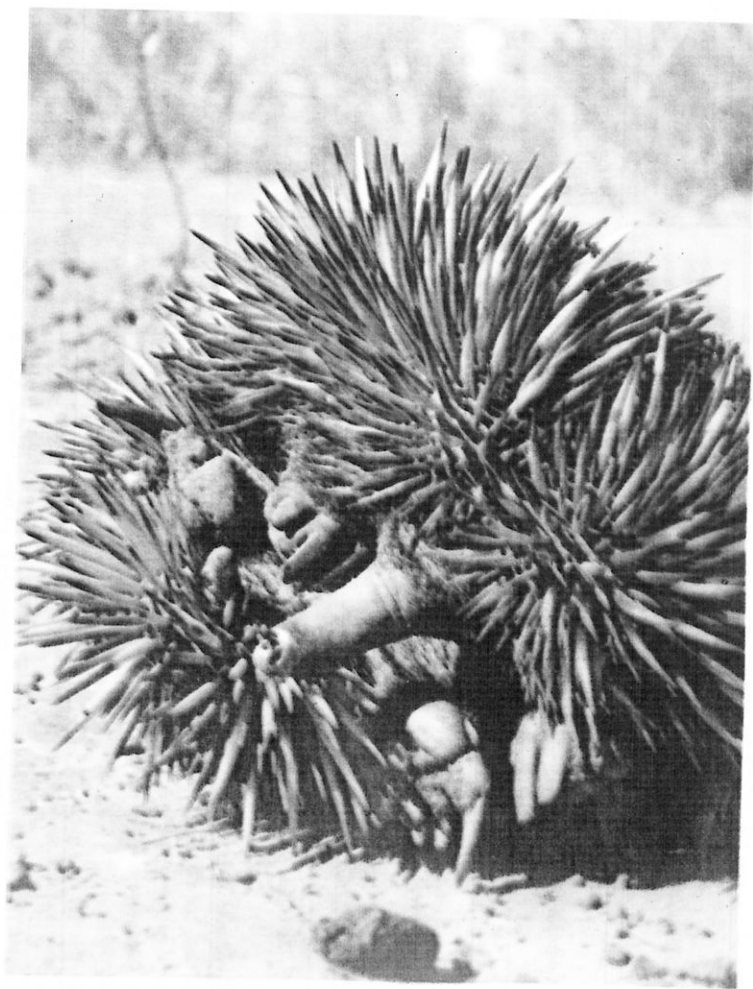
Τα καθαυτά θηλαστικά προέρχονται από μορφές σαν τά σημερινά Έντομοφάγα. Τελευταίος από τά θηλαστικά κάνει την εμφάνισή του κι ο άνθρωπος που ανήκει στην τάξη των Πρωτευόντων (όπως με πολύ ύπερηφάνεια την δνόμασε) μαζί με 192 είδη διαφόρων πιθηκών που ζούν σήμερα. Ο Πίνακας 4.2 δίνει περιληπτικά την ιστορία της Έξελίξεως των έμβιων όντων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

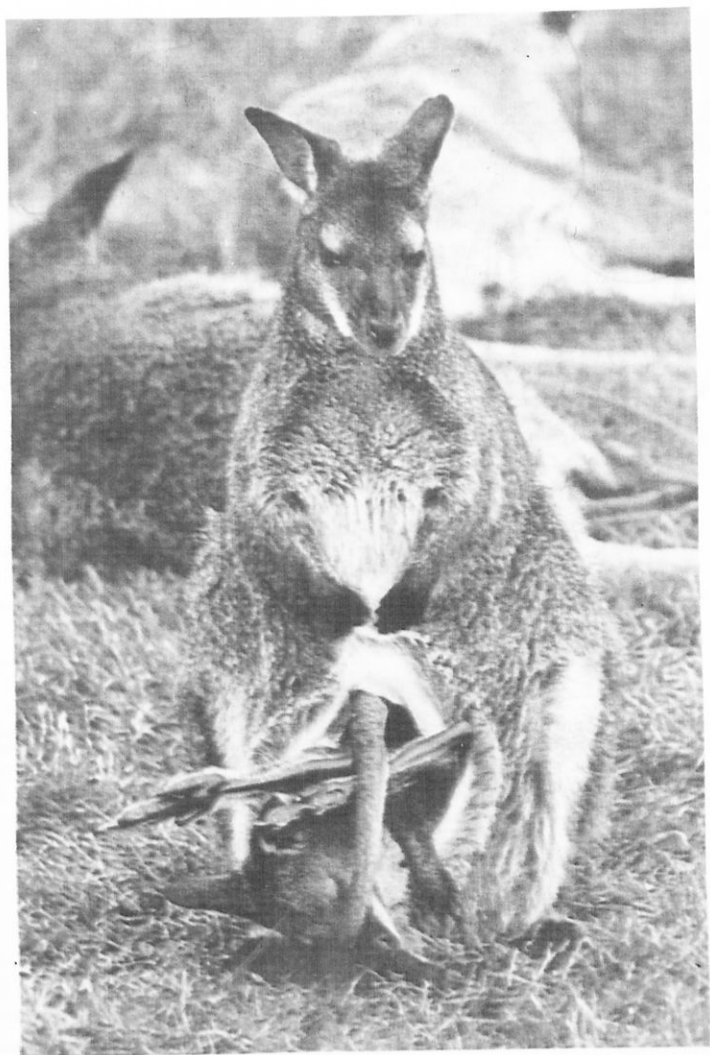
Οι μεγάλοι γεωλογικοί αιώνες (πόσο διάρκεσε ο καθένας) και οι γεωλογικές περιόδοι (πόσα χρόνια πριν άπ' τις μέρες μας άρχισαν). Τι είδους οργανισμοί ύπάρχαν κατά τη διάρκεια τους και τι κλίμα επικρατούσε. Όλα με μεγάλη απλοποίηση. Οι αριθμοί σε εκατομμύρια χρόνια. Ειδικά γιά τους αιώνες Προτεροζωϊκό και Αρχαϊκό οι χρόνοι είναι άβυσσοι (διαφορετικοί στους διάφορους έρευνήτες) και πρέπει να άντιμετωπίζονται με μεγάλη επιφύλαξη. Η άσφαλέστερη μέχρι σήμερα εκτίμηση του χρόνου που σχηματίστηκε ο στερεός φλοιός της γής (και πού βρίσκεται με βάση τη σχέση των ισοτόπων του μολύβδου σε σύγκριση με τη ραδιενέργια διάσπαση του ούρανίου) είναι 4530±40 εκατομμύρια χρόνια άπό σήμερα.

Αίώνας	Περίοδος	Φυτά	Ζώα	Κλίμα - Γεωλογικές παρατηρήσεις
Καινοζωϊκός 63 Ο αιώνας των Θηλαστικών και των Άγγειοσπέρμων.	0	Φυτικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. Σχηματίζεται ή τυφή.	Ο ζωικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. Δεσπόζουν τα θηλαστικά στα όποια προσθήκεται και ο άνθρωπος. Πολλά μεγάλα θηλαστικά εξαφανίζονται.	Παγετώνες και ένδοιμες θερμές περιόδοι στο Β. ήμισιο. Η Ελλάδα παίζει τη σημερινή της μορφή. Σχηματισμός του Αιγαίου.
	0,7-1,8 Τριτογενής	Άγγειοσπέρμα και Κοινοφόρα έχουν κατακτήσει όλη την ξηρά. Τροπικά δάση.	Εκρηκτική ανάπτυξη των θηλαστικών. Γρήγορη εξέλιξη των πτηνών. Νοσηλεύτες άφθονοι στις θαλάσσιες. Τα Έρπετα παρυχωρούν τη θέση τους στα θηλαστικά και πτηνά.	~10 έδα του Πικερμίου. ~26 Αιγίδα. Ήπιο κλίμα. Όλοκληρωση του σχηματισμού των σημερινών ηπείρων βορών ("Άλπεις, Άπαλάτ κ.ά.)
	63±2	Πολλά Γυμνόσπερμα εξαφανίζονται. Αρχίζει ή ανάπτυξη των Άγγειοσπέρμων.	Εξαφανίζονται πολλά άθροίσματα Έρπετων, οι άμμιοντες, οι βελανιγίες. Οι Λειονομητοί πάντα σε άκμή. Θηλαστικά και πτηνά συνεχίζουν την ανάπτυξη τους.	Αρχίζει ή διαδικασία του σχηματισμού των σημερινών ηπείρων βορών. Ζεστό και ήπιο κλίμα. Παγετώνες στην Αυστραλία.
Μεσζωϊκός 167 Ο αιώνας των Έρπετων και των Γυμνόσπέρμων.	135±5 Τουρσική	Δεσπόζουν Κυκλάδες και Κοινοφόρα.	Πρώτα προτόγονα πτηνά. Εμφανίζονται οι Όστράκιδες. Άκμή των Λειονομητών.	Ζεστό όκεανό κλίμα διαδέχεται το προηγούμενο μέτρια ζεστό.

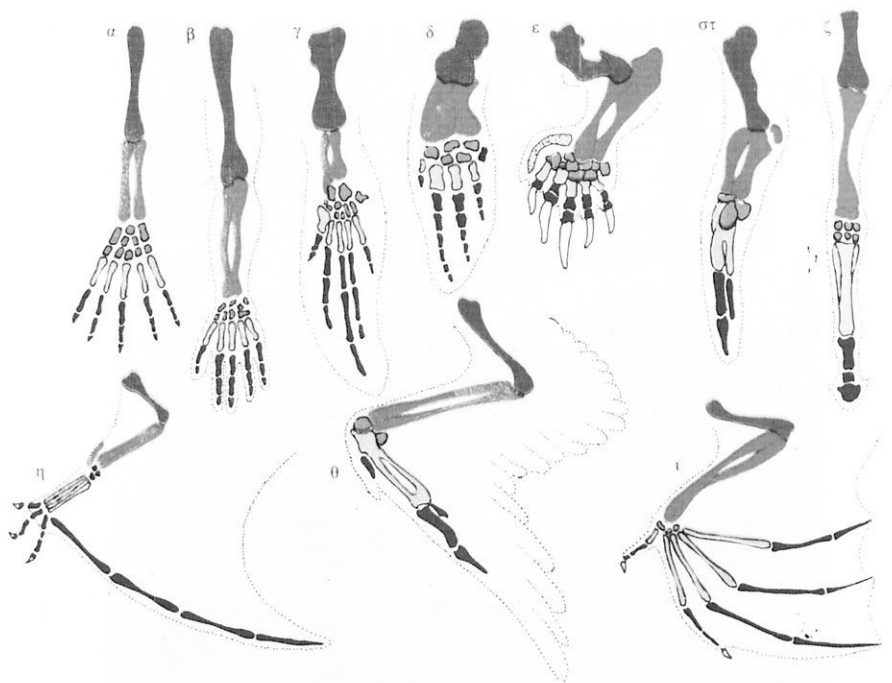
Προτεροφωικός αιώνας (Αλκυόγκιον) 1800-2100	Αρχαϊκός αιώνας 800-1100	Τριαδική	Εμφανίζονται τα Κοινοφώρα.	Εμφανίζονται παλαιά είδη. Εμφανίζονται τα πρώτα Γυμνοσπερμα.	Πρώτα Θηλαστικά. Εμφάνιση των Δεινοσαυρών. Τα Έρπετα αρχίζουν να είναι κυρίαρχες μορφές ζωής. Άμμονιτες - Βελέμνιτες.	Ξερό και ζεστό κλίμα
Παλαιozoικός 370 Ο αιώνας των τριλοβιτών και των περιδοφίτων.		Πέρμα	Εμφανίζονται παλαιά είδη. Εμφανίζονται τα πρώτα Γυμνοσπερμα.	Εμφανίζονται παλαιά είδη. Εμφανίζονται τα πρώτα Γυμνοσπερμα.	Έρπετα και Άμφιβια εξελίσσονται γρήγορα. Τα Έντομα παίρνουν εξελιγμένες μορφές. Εξασθενίζουν οι τριλοβίτες - τα μεροστομάτια (ειρύτεροι, ξιφοστούροι) εξαπλώνονται.	Ξερό κλίμα στέππας. Παγετώνες στο Ν. ημισφαίριο.
		Λιθανθρακοφόρα	Μεγάλα δάση περιδοφίτων, που έκαναν τους λιθανθρακές σκεπάζουν την ξηρά. (Καλαμίτες, δεινδροειδείς στέρες, Σιγγυλάριες, Λεπιδόδεντρα).	Μεγάλα δάση περιδοφίτων, που έκαναν τους λιθανθρακές σκεπάζουν την ξηρά. (Καλαμίτες, δεινδροειδείς στέρες, Σιγγυλάριες, Λεπιδόδεντρα).	Πρώτα Έρπετα, γιγαντιαία έντομα, Φουσσουλίνες. Οι τριλοβίτες αρχίζουν να εξασθενίζουν.	Κλίμα ύγρο και ζεστό στο Β. ημισφαίριο. Ψυχρό στο Νοτιο.
		Δεβόνια	Για πρώτη φορά η ξηρά έχει μεγάλα φυτά που μοιάζουν με δέντρα: Ψιλοδοφύτα, δεινδροειδείς στέρες κ.ά.	Για πρώτη φορά η ξηρά έχει μεγάλα φυτά που μοιάζουν με δέντρα: Ψιλοδοφύτα, δεινδροειδείς στέρες κ.ά.	Εμφανίζονται και εξελίσσονται γρήγορα οι άμμονιτες. Πρώτα άμφιβια, τα ψάρια εξελίσσονται σε διάφορους τύπους. Ζωά αρχίζουν να βγαίνουν στη στεριά.	Ζεστό και καυμιά φορά τροπικό κλίμα.
		Σιλουρία	Πρώτα χερσαία φυτά.	Πρώτα χερσαία φυτά.	Με τη μορφή των πρώτων ψαριών εμφανίζονται τα σπονδυλωτά. Οι γραπτόλοιθοι είναι τα χαρακτηριστικά ζώα της περιόδου. Κοράλια, κεφαλοποδα, εχινόδερμα, έλσματοβράγχια.	Ήπιο κλίμα.
		Κάμβριο	Φυκή	Φυκή	Στην πρωτόγονη θάλασσα αναπτύσσονται τα σπουδαιότερα άφροίματα των σπονδυλιών. Δεν υπάρχουν ακόμα σπονδυλωτά. Τριλοβίτες τα χαρακτηριστικά ζώα για την περίοδο. Βραχιοποδα, σπόνγγοι, τα πρώτα γαστερόποδα (μαλάκια).	Κλίμα ψυχρό έως εύκρατο.
Προτεροφωικός αιώνας (Αλκυόγκιον) 1800-2100	Αρχαϊκός αιώνας 800-1100	600±50	Η ζωή εμφανίζεται στη θάλασσα και τα πρώτα της ίχνη είναι	Η ζωή εμφανίζεται στη θάλασσα και τα πρώτα της ίχνη είναι	Ασπόνδυλα (λ.χ. άκτινόζωα, σκονόληκτα, ιχθύοισα - πανίδα της Επιασπία στην Αίστρία).	Παγετώνες αλλά και κάθε τι που κλίμα.
			Φυκή	Φυκή	Δεν υπάρχουν έμβια όντα τουλάχιστο με όργανωση τέτοια που να αφήνουν με βεβαιότητα διαπιστωμένα απολιθώματα.	Σχηματίζεται ο στερεός φλοιός της Γης. (45,90±40). Οι πρώτες ήπειροι κι οι πρώτοι όκεανοί.



Εικόνα 105: Ή εχιδόνα (δέν έχει σχέση ούτε με το ψίδι, την όχιά, όπως δηλώνει το όνομα της, ούτε με το σκαντζόχοιρο), ένα μονοτρημα, φαίνεται εδώ κουλουριασμένη.



Εικόνα 106: Ένα θηλυκό καγκουρώ. Στο μάρσιπό του μέσα με ακροβατικές κινήσεις μπαίνει το αρκετά μεγάλο πιά παιδί του.



Εικόνα 107: Ὁμόλογα ὄργανα: τὰ μπροστινά ἄκρα διάφορων σπονδυλωτῶν. Μὲ ὁμοιο χρῶμα φαίνονται τὰ ὁμόλογα ὀστά. α = μιά-σχηματική παράσταση τοῦ ἄκρου στὰ σπονδυλωτά, β = χέρι ἀνθρώπου, γ = πρόσθιο ἄκρο θαλάσσιου χελώνας, δ = δελφινιοῦ, ε = τυφλοπόντικα, στ = πηγούνιου (πτηνοῦ), ζ = ἀλόγου, η = πτεροδάκτυλου (ἐρπετοῦ ποῦ πετοῦσε, δέν ζεῖ πιά), θ = ὀρνίθας, ι = νυχτερίδας.

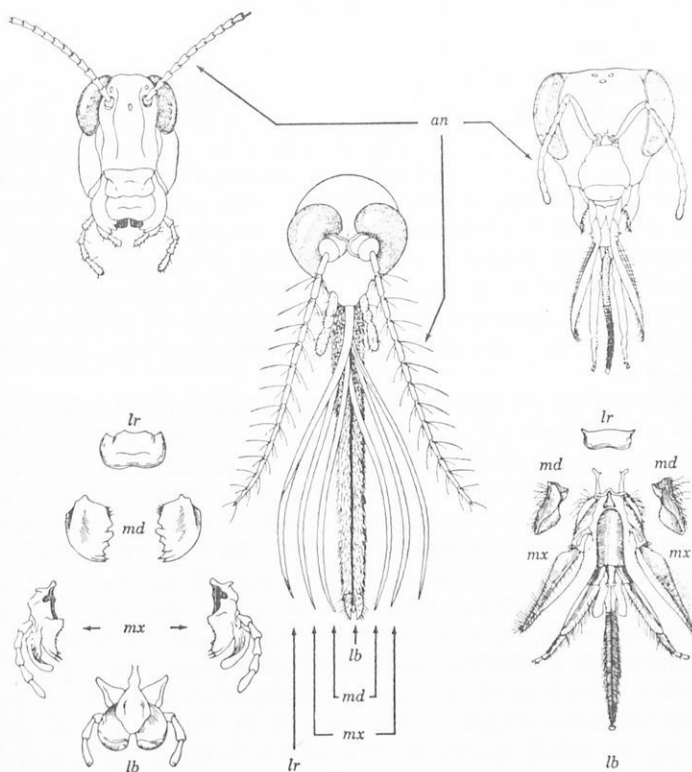
4.8 Ὁμόλογα, ἀνάλογα καὶ ὑπολειμματικά ὄργανα

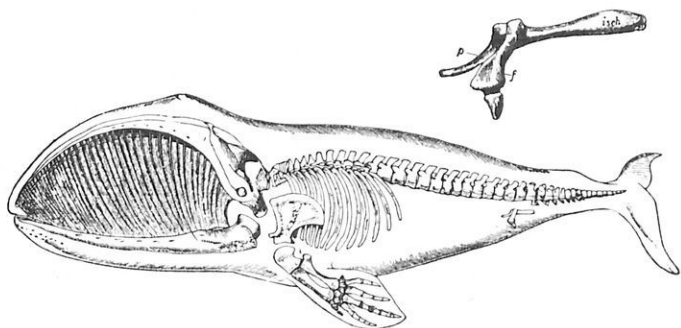
Ἡ συγκριτική μελέτη τῆς μορφολογίας καὶ τῆς ἀνατομίας τῶν διάφορων ζώων καὶ φυτῶν πλουτίζει μὲ σοβαρὲς ἐνδείξεις τὴν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως. Σὲ πολλὰ «συγγενή» ζωντανὰ εἶδη βρίσκουμε **ὁμόλογα** ὄργανα ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια βασικὴ δομὴ ἄσχετα ἂν χρησιμεύουν γιὰ διαφορετικὲς λειτουργίες ἢ ἔχουν διαφορετικὲς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

τά πόδια του αλόγου, οι φτεροϋγες 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 άρκετά παραλλάξει. Δές λ.χ. στην εικόνα 108 πόσο διαφέρουν τα στοματικά τμήματα μιας ακρίδας, που μασσά χόρτο, ενός κουνουπιού, που τρυπά το δέρμα για να ρουφήξει το αίμα, και μιας μέλισσας.

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

Εικόνα 108: Ομόλογα όργανα: στοματικά μέρη εντόμων. Αριστερά μιας ακρίδας, στη μέση ενός κουνουπιού και δεξιά μιας 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 μεγέθυνση.

τελούν όμως το ίδιο έργο: στη νυχτερίδα έχουμε δέρμα διπλωμένο μεταξύ των τεσσάρων δαχτύλων του χεριού που έχουν πολύ επιμηκυνθεί (το πέμπτο δάχτυλο έχει νύχι σαν άρπάγη για να κρεμιέται το ζώο στις σπηλιές), ενώ στη φτερούγα του πουλιού ή πτητική επιφάνεια αποτελείται από φτερά. Τα κόκαλα είδαμε πως είναι τα ίδια μόνο που στη φτερούγα του πουλιού τα δάχτυλα είναι άτροφικά. Η όμοια λειτουργία κάνει όμοια και την μορφολογία τους. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τη μορφή της φάλαινας, του δελφινιού και του καρχαρία: ενώ όλα τους δεν έχουν τόσο συγγενική προέλευση, έχουν όμως ίδιο τρόπο ζωής, κολυμπούν στη θάλασσα και γι' αυτό έχουν παρόμοια μορφή, δηλαδή υδροδυναμικό σώμα που βοηθά στο κολύμπι.

Η μελέτη της συγκριτικής ανατομίας μας προσφέρει κι άλλες ενδείξεις. Είναι χαρακτηριστική η προέλευση των τριών οσтарίων που βρίσκονται στο μέσο αυτί: της σφύρας, του άκμονα και του αναβολέα. Η συγκριτική μελέτη των Έρπετων και των έμβρυϊκών σταδίων των θηλαστικών βοηθά να διαλευκανθεί αυτή η προέλευση. Η σφύρα κι ο άκμονας στα έρπετα αποτελούν τα οστά της άρθρωσης της κάτω γνάθου. Στα Έρπετα η κάτω γνάθος αποτελείται από περισσότερα οστά, ενώ στα θηλαστικά από ένα μόνο κόκαλο. Η σφύρα προέρχεται από την κάτω γνάθο, ενώ ο άκμονας από την πάνω γνάθο. Ο αναβολέας υπάρχει και στο αυτί των Έρπετων και προέρχεται από κόκαλο της πρώτης βραγχιακής σχισμής των ψαριών.

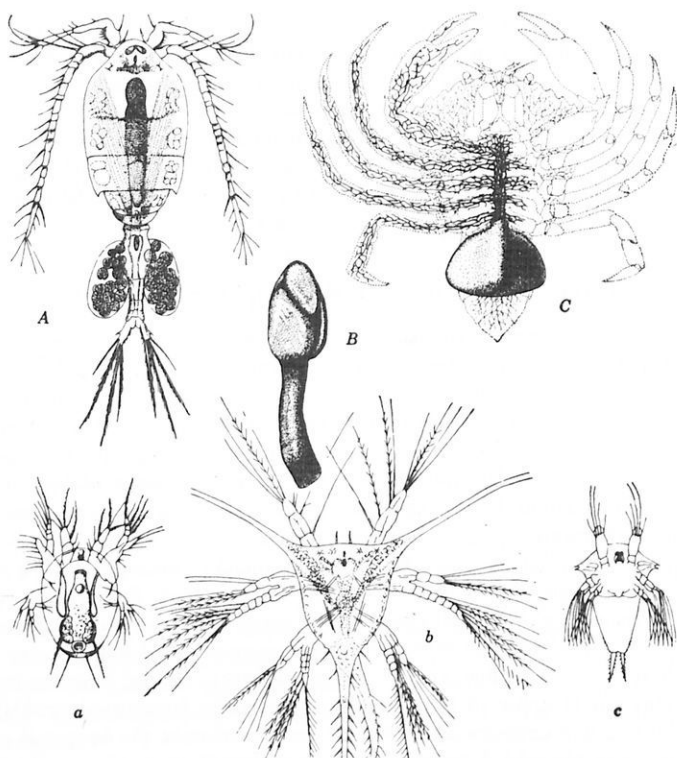
Μέσα στην κοιλιά της φάλαινας, του υδρόβιου αυτού θηλαστικού, βρίσκουμε υπολείμματα οργάνων, όπως τα οστά της λεκάνης και των (άνυπαρκτων εξωτερικά) κάτω άκρων. Τα κάτω άκρα βέβαια δε χρησιμοποιούν-

ται πιά αλλά ακόμα δέν ἔχουν ἐξαφανιστεῖ. Ἡ παρουσία τους εἶναι μιά ἀπόδειξη ὅτι ἡ φύλαίνα προῆρθε ἀπό τετράποδα θηλαστικά. Κάτι ἀνάλογο συμβαίνει καί μέ τόν κόκκυγα τοῦ ἀνθρώπου πού μᾶς θυμίζει τήν οὐρά: στό ἀνθρώπινο ἔμβρυο ἀναπτύσσεται μιά οὐρά πού ὅμως στήν ἔκτι βδομάδα τῆς ἐγκυμοσύνης ἀποτελεῖ πιά **ὑπολειμματικό** ὄργανο ἀλλά καί μιά ἀνάμνηση ζωολογικῶν συγγενειῶν τοῦ ἀνθρώπου. Σέ τέτοιες παρατηρήσεις στηρίχθηκε κι ὁ γερμανός ζωολόγος Χαϊκελ (Haeckel 1834-1919) γιά νά διατυπώσει αὐτό πού μεγαλόστομα ἀποκάλεσε «Βιογενετικό νόμο».

4.9 Ὁ Χαϊκελ κι οἱ ἀπόψεις του γιά τήν ὀντογένεση

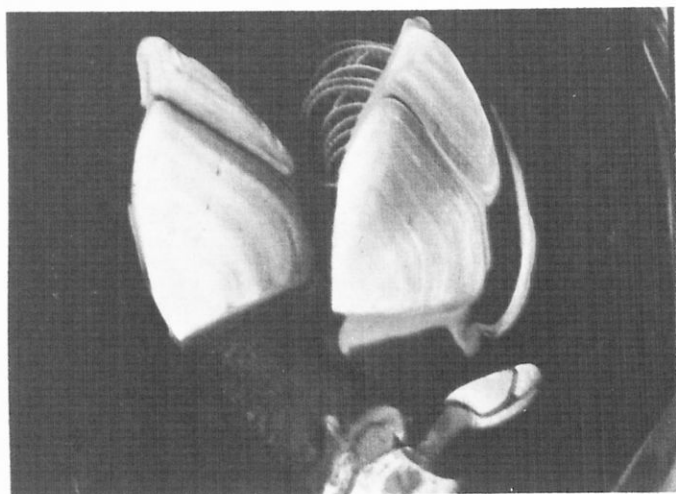
Ἀπό τά 1821 ἕνας ἐμβρυολόγος ἔγραφε «Τά ἔμβρυα τῶν ἀνώτερων ὀργανισμῶν διαβαίνουν, πρὶν ὀλοκληρώσουν τήν ἀνάπτυξή τους, ἀπό μιά διαδοχὴ σταδίων... Τά ἔμβρυα τῶν ἀνώτερων ὀργανισμῶν, τῶν θηλαστικῶν καί ἐιδικότερα τοῦ ἀνθρώπου, περνοῦν ἀπό στάδια πού λίγο πολύ μοιάζουν τόσο ὡς πρὸς τή μορφή τῶν διάφορων ὀργάνων τους ὅσο καί ὡς πρὸς ὅλο τους τό σῶμα... στά κατώτερα ζῶα». Πραγματικά τό ζυγωτό κύτταρο μοιάζει μέ ἕνα μονοκύτταρο ὀργανισμό. Σ' ἕνα στάδιο πού τό χωρισμένο πιά σέ πολλά κύτταρα ἔμβρυο ἀποτελεῖται ἀπό δυό στρώσεις (δυό στοιβάδες) κυττάρων θά ἔλεγε κανεῖς πὼς θυμίζει τήν ὕδρα ἢ τό κοράλι, δηλαδή κοιλεντερωτό. Τό πιό ἐκπληκτικό ὅμως ἦταν ἡ ἀνακάλυψη πὼς τά ἔμβρυα τῶν θηλαστικῶν (καί τοῦ ἀνθρώπου) σ' ἕνα στάδιο φέρουν στό λαιμό τους βραγχιακές σχισμές, ὅπως τά ψάρια (πού ἀπό τέτοιες σχισμές ἀναπνέουν, δηλαδή ἀφήνουν τό νερό νά μπεῖ ὡς τά βράγχια, τά σπάραγνά τους). Τέτοιες παρατηρήσεις ὤθησαν τόν Ντάρβιν νά ὑποθέσει πὼς οἱ ἀνώτεροι ὀργανισμοὶ προήλθαν ἐξελικτικά ἀπό κατώτερους. Ὁ Χαϊκελ ὅμως διατύπωσε τόν ἀφορισμό «Ἡ ὀντογένεση (δηλαδή ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ὀργανισμοῦ) εἶναι σύντομη ἐπανάληψη τῆς φυλογένεσης (δηλαδή τῆς ἐξελικτικῆς του ἱστορίας, τῆς ἱστορίας τῆς προελεύσεώς του κατὰ τήν Ἑξέλιξη)». Ὁ Χαϊκελ κι οἱ μαθητές του ὑποστήριξαν ἀκραῖες ἀπόψεις πού δέ συμμερίζονται σήμερα οἱ βιολόγοι. Δέν εἶναι ἀλήθεια πὼς πάντα ἡ ὀντογένεση ἀνακεφαλαιώνει τή φυλογένεση. Τά ἔμβρυα ἀλλάζουν πορεία ἀναπτύξεως κατὰ τήν ἐξέλιξη τοῦ εἶδους καί αὐτές οἱ ἀλλαγές δέν εἶναι πάντοτε ἀνακεφαλαιώση τῆς ἱστορίας τῆς προελεύσεως τοῦ εἶδους τους. Ὅμως εἶναι ἀλήθεια πὼς πολλές φορές γιά νά γίνει ἕνα ὄργανο διαφορετικό ἀπ' ὅ,τι ἦταν προηγούμενα στήν ἐξελικτική ἱστορία τοῦ ὀργανισμοῦ, ὁ ὀργανισμός ἀκολουθεῖ στήν ἐμβρυϊκὴ του φάση μιά πορεία ὅμοια μέ αὐτήν πού ἀκολούθησε παλιά καί πρὸς τό τέλος τήν ἀλλάζει ὥστε καί τό τελικὸ ἀποτέλεσμα νά ἔναι διαφορετικό. Ὑπάρχει λοιπὸν καί κάποια ἀλήθεια στὶς ἀπόψεις τοῦ Χαϊκελ.

Παράδειγμα λαμπρὸ τῆς χρησιμοποήσεως τῶν ἀπόψεων τοῦ Χαϊκελ



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

στη Συστηματική είναι ή ταξινόμηση στά Όστρακωτά διάφορων πολύ αλλοιωτικών από αυτά μορφών. Στά Όστρακωτά ανήκουν οί γαρίδες, τά καβούρια καί άλλα ζώα όπως είναι οί κύκλωπες: ή εικόνα 110 δείχνει στο Α έναν κύκλωπα. Ή προνυμφική μορφή του κύκλωπα (τό μικρό πού θά γίνει κύκλωπας) ονομάζεται ναύπλιος (α της εικόνας). Ύψηρχαν ζώα πού δέν ήξεραν οί ζωολόγοι πού νά τά κατατάξουν: ένα ήταν ή Λεπάς (B στην εικόνα). Τό πόδι της στερεώνεται μόνιμα σε στερεά αντικείμενα πού επιπλέουν π.χ. ναυάγια, θαλάσσιες χελώνες. Μοιάζει μάλλον μέ κάποιο είδος σκόληκα παρά μέ όστρακωτό. Κι όμως ή προνυμφική του μορφή (b της

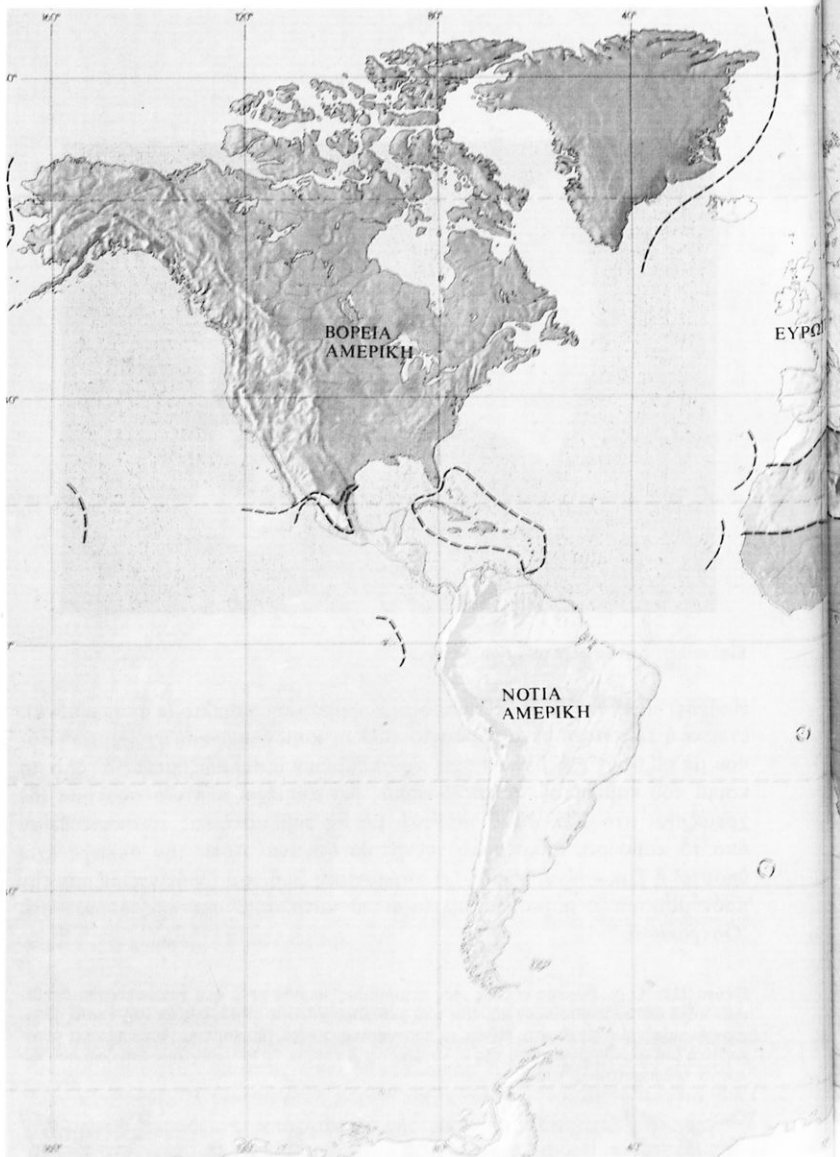


Εικόνα 111: Δυό διαφορετικά είδη Λεπάδων.

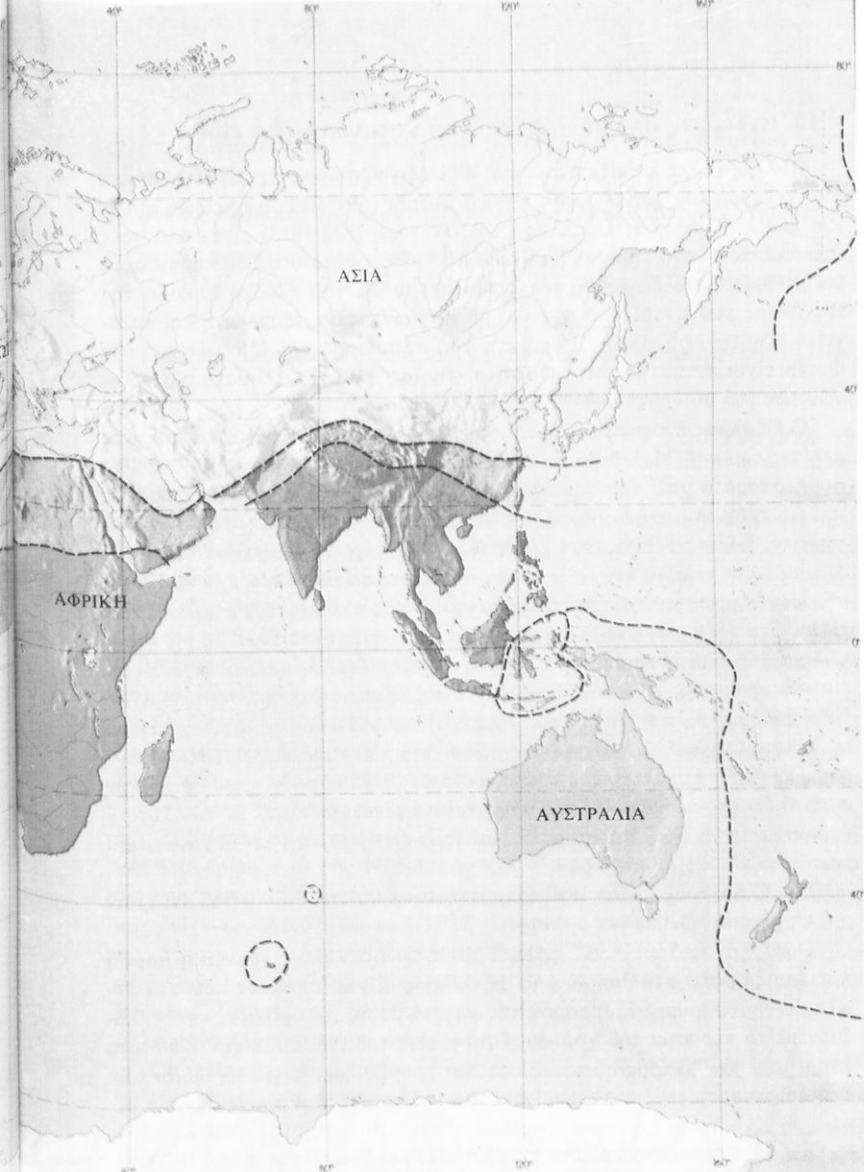
εικόνας) είναι ναύπλιος. Ίδια προνυμφική μορφή, ναύπλιο (c στην εικόνα), έχει κι ή Σακουλίνα, ένα παράσιτο πολλών καβουριών που έχει μορφή σάκου με ριζοειδείς εκβλαστήσεις που μπαίνουν διακλαδιζόμενες σ' όλο το κορμί του καβουριού. Αυτός ο σάκος δεν περιέχει πεπτικό σύστημα (δεν χρειάζεται στο ζώο, αφού τρέφεται με τις εκβλαστήσεις του κατευθείαν από το καβούρι), αλλά μόνο γεννητικά όργανα. Αυτή την αλλαγή έχει υποστεί ή Σακουλίνα, επειδή ζει παρασιτική ζωή, και αν δε γνωρίζαμε την προνυμφική της μορφή αποκλείεται να καταλαβαίναμε πώς ανήκει στα Όστρακωτά.

Εικόνα 112: Ο βιολογικός κύκλος μιας πεταλούδας: άκμαα μετά από γονιμοποίηση αποθέτουν αυγά απ' όπου βγαίνουν κάμπιες που μεταμορφώνονται σε νύμφες απ' τις οποίες βγαίνουν άκμαα. Ή δοντογένεση, ειδικά το προνυμφικό στάδιο της κάμπιας, δεν αποτελεί αναγκαστικά μία άκριβη ανάμνηση της φυλογένεσης: ή κάμπια προσαρμόστηκε στη ζωή που κάνει, να τρώει φυτικούς ιστούς.





Εικόνα 113: Οι μεγάλες Ζωογεωγραφικές Ζώνες. Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα ή Νεοτροπική, με καφέ ή Νευρκτική, με κίτρινο ή Παλαιαρκτική, με μαύρι ή Ανατολική, με κόκκινο ή Αιθιοπική, με γαλάζιο ή Αυστραλιανή, με πορτοκαλί ή νησιωτική και με γκριζο οι ενδιάμεσες ή μεταβατικές ζώνες.



4.10 Ένδειξεις από τη γεωγραφική κατανομή των ειδών

Πολλές άλλες ενδείξεις για την Έξέλιξη μᾶς προσφέρει καί ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς ἐξάπλωσης καί κατανομῆς τῶν διάφορων εἰδῶν φυτῶν καί ζῶων. Ὁ ἄγγλος Οὐάλλας (A.R. Wallace 1823-1913) εἶναι ἀπό τοὺς πρώτους πού ἀσχολήθηκαν ἰδιαίτερα μὲ τὸ θέμα αὐτὸ στὰ ζῶα καί γι' αὐτὸ θεωρεῖται κι ὁ θεμελιωτὴς τῆς **Ζωογεωγραφίας**, τοῦ κλάδου δηλαδὴ τῆς Βιολογίας πού ἐξετάζει τὰ σχετικὰ μὲ τὴ γεωγραφικὴ ἐξάπλωση καί κατανομή τῶν ζωικῶν εἰδῶν. Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς καί ἐξάπλωσης τῶν Φυτῶν εἶναι ἀντικείμενο τῆς **Φυτογεωγραφίας**. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν τῶν δυὸ αὐτῶν κλάδων εἶναι συμπληρωματικά.

Ὁ Οὐάλλας ἔγινε γνωστός καί γιὰ κάτι ἄλλο: ἀπὸ τίς ζωογεωγραφικὲς μελέτες του στὴ Μαλαισία ἔφτασε ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸν Ντάρβιν στὰ ἴδια συμπεράσματα μαζί του καί ὡς πρὸς τὴν πραγματικότητα τῆς Έξελίξεως καί ὡς πρὸς τὸ μηχανισμό μὲ τὸν ὁποῖο γίνεται ἡ Έξέλιξη. Νά τί γράφει σχετικὰ ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν: «...καί ὁ κ. Οὐάλλας, πού βρίσκεται τώρα στὸ Μαλαικὸ ἀρχιπέλαγος καί μελετᾷ τὴ φυσικὴ ἱστορία τοῦ τόπου, ἔχει καταλήξει στὰ ἴδια ἀκριβῶς γενικὰ συμπεράσματα σχετικὰ μὲ τὸ θέμα τῆς καταγωγῆς τῶν εἰδῶν. Στὰ 1858 μοῦ ἔστειλε ἓνα ὑπόμνημα πάνω σ' αὐτὸ τὸ θέμα, μὲ τὴν παράκληση νὰ τὸ διαβιβάσω στὸν σέρ Τσάρλς Λάβελλ. Ἐκεῖνος πάλι τὸ ἔστειλε στὴ Λινναῖα [δνομασία πρὸς τιμὴ τοῦ Λινναίου] Ἐταιρία καί δημοσιεύθηκε στὸν τρίτο τόμο τοῦ δελτίου της. Ὁ σέρ Τσάρλς Λάβελλ κι ὁ δόκτωρ Χούκερ, πού κι οἱ δυὸ ἦταν κάπως πληροφορημένοι γιὰ τὸ ἔργο μου – ὁ δεύτερος μάλιστα εἶχε διαβάσει ἀπόσπασμα τοῦ χειρογράφου μου πού ἔγραψα τὸ 1844 – μοῦ ἔκαναν τὴν τιμὴ νὰ θεωρήσουν πὼς θὰ 'ταν σκόπιμο νὰ δημοσιευτοῦν μαζί μὲ τὸ ἐξαίρετο ὑπόμνημα τοῦ κ. Οὐάλλας καί μερικὰ σύντομα ἀποσπάσματα ἀπ' τὰ χειρόγρατά μου».

Τὸν ἄλλο χρόνο, στὰ 1859, δημοσιεύθηκε καί τὸ βιβλίο τοῦ Ντάρβιν γιὰ τὴ γένεση τῶν εἰδῶν.

Ὁ γεωλόγος Λάβελλ (C. Lyell 1797-1875) ἦταν μιὰ σημαντικὴ μορφή πού ἔπαιξε ρόλο στὴ θεωρία τῆς Έξελίξεως. Εἶναι ὁ πρῶτος πού στὴ Γεωλογία ὑποστήριξε πὼς ἡ μορφή τῆς γῆς, τὰ βουνά, οἱ κοιλάδες κτλ. ἀλλάζουν μὲ τὸ πέρασμα τοῦ χρόνου. Οἱ απόψεις τοῦ Λάβελλ εἶχαν βαθύτητα ἐπηρεάσει τὸν Ντάρβιν, ὅταν εἴκοσι δύο χρόνων ἔφευγε γιὰ τὸ ταξίδι του. Στὴ διάρκεια τοῦ ταξιδιοῦ συμβουλευόταν διαρκῶς τὸ βιβλίο τοῦ Λάβελλ.

Οἱ Ζωογεωγράφοι χωρίζουν τὴ γῆ σὲ ἑξὶ μεγάλες ζώνες.

- Στὴν **Παλαιαρκτική**, πού περιλαμβάνει τὴν Εὐρώπη, τὴ Βόρειο Ἀφρικὴ καί τὴν Ἀσία ἐκτὸς ἀπὸ τὴν Ἰνδία.
- στὴ **Νεαρκτική**, πού περιλαμβάνει τὴ Βόρεια Ἀμερικὴ.

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

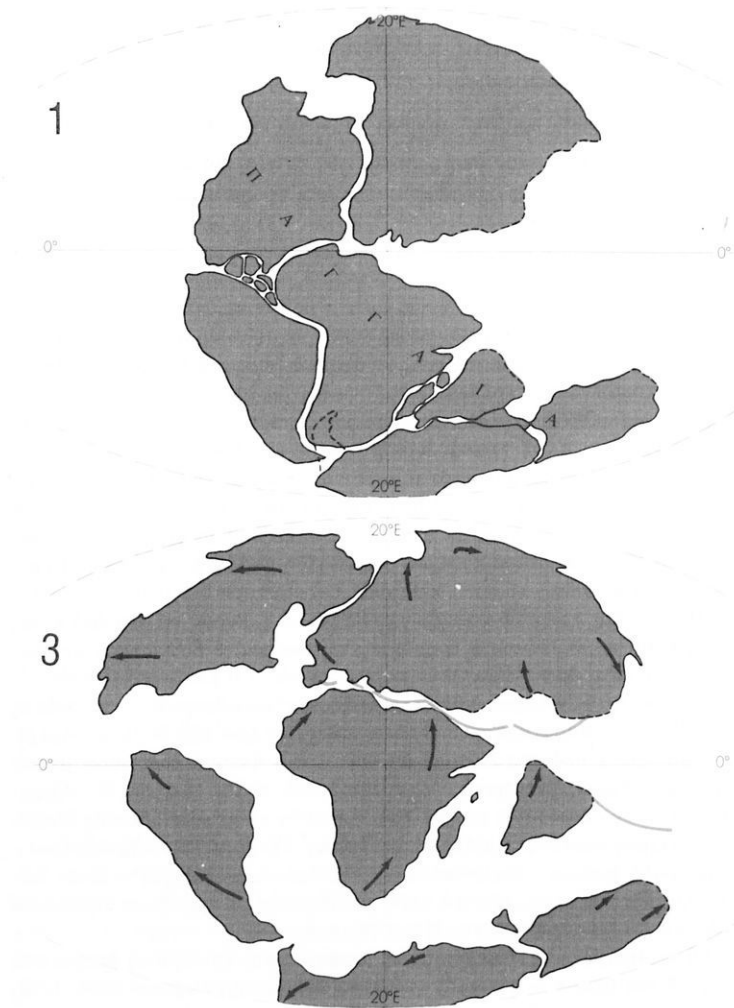
Σ' αὐτές τίς μεγάλες περιοχές πολλοί προσθέτουν καί μιὰ ἔβδομη, τή **νησιωτική**, πού περιλαμβάνει πολλά νησιά, κυρίως τοῦ Εἰρηνικοῦ. Προσθέτουν ἀκόμα ἐνδιάμεσες ζώνες μεταξύ δυό περιοχῶν.

Ἀς σημειωθεῖ πὼς οἱ Φυτογεωγράφοι χωρίζουν τή γῆ σέ ζώνες πού διαφέρουν λίγο, ἀλλά γενικά συμπίπτουν μέ τίς Ζωογεωγραφικές ζώνες. Κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται ἀπό τά δικά της ζῶα καί φυτά. Ἀ.χ. μόνο στην Αὐστραλία βρίσκει κανεῖς τά Μονοτρήματα, τά περίεργα καί πρωτόγονα εἶδη θηλαστικῶν πού γεννοῦν αὐγά ἀλλά θηλάζουν τά μικρά τους. Ἐκεῖ βρίσκει κανεῖς καί Μαρσιποφόρα, μερικά εἶδη ἀπό τά ὅποια εἶναι τά γνωστά μας καγκουρά.

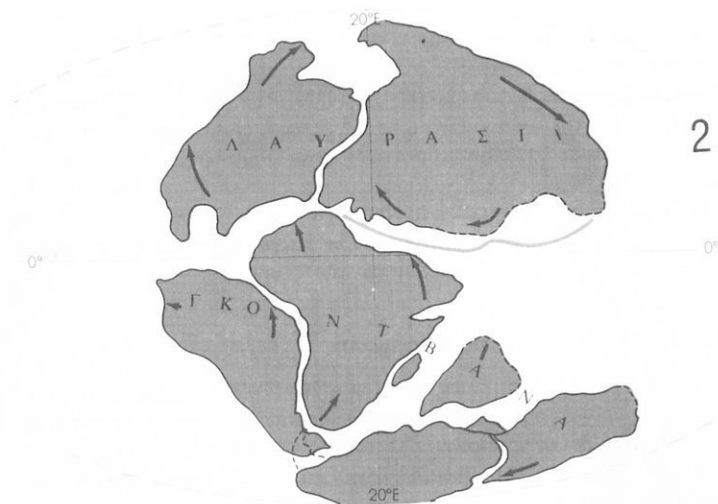
Τά ζῶα καί τά φυτά κάθε ζώνης δύσκολα φτάνουν σέ μιὰ ἄλλη: τίς ζώνες χωρίζουν θάλασσες ἢ ἔρημοι (λ.χ. ἡ Σαχάρα) ἢ βουνά (λ.χ. τά Ἰμαλάια). Δέν εἶναι ὁμως ἀδύνατο νά παρατηρηθοῦν καί μεταναστεύσεις.

Ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς κατανομῆς τῶν ζῶων ἔφερε στό φῶς πολλές ἀξιοσημειώτες παρατηρήσεις: Πρῶτα-πρῶτα, τά ζῶα τῆς Βόρειας Ἀμερικῆς διαφέρουν ἀπό τῆς Νότιας, ἂν καί οἱ δυό ἡπειροὶ ἐνώνονται μ' ἓνα διάδρομο στεριάς (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 πὼς διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τίς ἄλλες ζώνες. Στήν Αὐστραλία δέν ὑπῆρχαν, πρὶν τά φέριε ὁ ἄνθρωπος διόλου ἄλλα θηλαστικά ἀλλὰ μόνο Μαρσιποφόρα καί Μονοτρήματα.

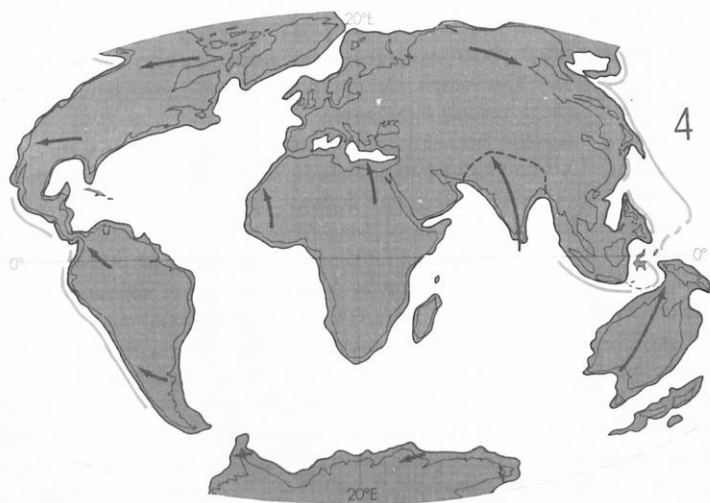
Οἱ περίεργες αὐτές παρατηρήσεις ἐρμηνεύονται καλά μέ τή θεωρία πού τό 1915 διατύπωσε ὁ γερμανὸς γεωλόγος Βέγγενερ (Wegener 1880 - 1930) γιὰ τή μετατόπιση τῶν σημερινῶν ἡπείρων, θεωρία πού σήμερα συμπληρώνεται ἀπὸ τίς νεώτερες ἀπόψεις γιὰ τίς τεκτονικὲς πλάκες. Μιὰ σύντομη περιγραφή τῆς θεωρίας δίνουν τά τέσσερα σχήματα πού δείχνουν πὼς ἦταν στήν Πέριοδο, τήν Τριαδική καί τήν Κρητιδική ἡ κατανομή τῆς στεριάς καί πὼς εἶναι σήμερα. Ἡ ἐνιαία στεριά τῆς παλιᾶς ἡπείρου Παγγαίας (Παν-Γαῖα = ὅλη ἡ Γῆ) χωρίστηκε σέ δυό κομμάτια: τήν Λαυρασι-



Εικόνα 114: Στο τέλος της Πέρμιας εποχής (έδώ και 230 εκ. χρόνια) οι ηπειροί ενωμένες σχηματίζουν την Παγγαία (πρώτο σχήμα). Στην Τριαδική (210 εκ. χρόνια) άρχισε ο άποχωρισμός που κατέληξε στο τέλος της Τριαδικής στο σχηματισμό της Λαυρασίας και της Γκοντβανας (δευτερο σχήμα). Στην Ίουρασική και Κρητιδική οι Αμερικές χωρίζονται και πηγαίνουν δυτικά, (το τρίτο σχήμα δείχνει την κατάσταση στο τέλος της Κρητιδικής, πριν 63 εκ. χρόνια). Τα Ίμαλάια σχηματίζονται όταν η Ίνδια προσκρούει κι' ενώνεται με την Άσία. Το τέταρτο σχήμα δείχνει τη σημερινή κατανομή της ξηράς.



2



4

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

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

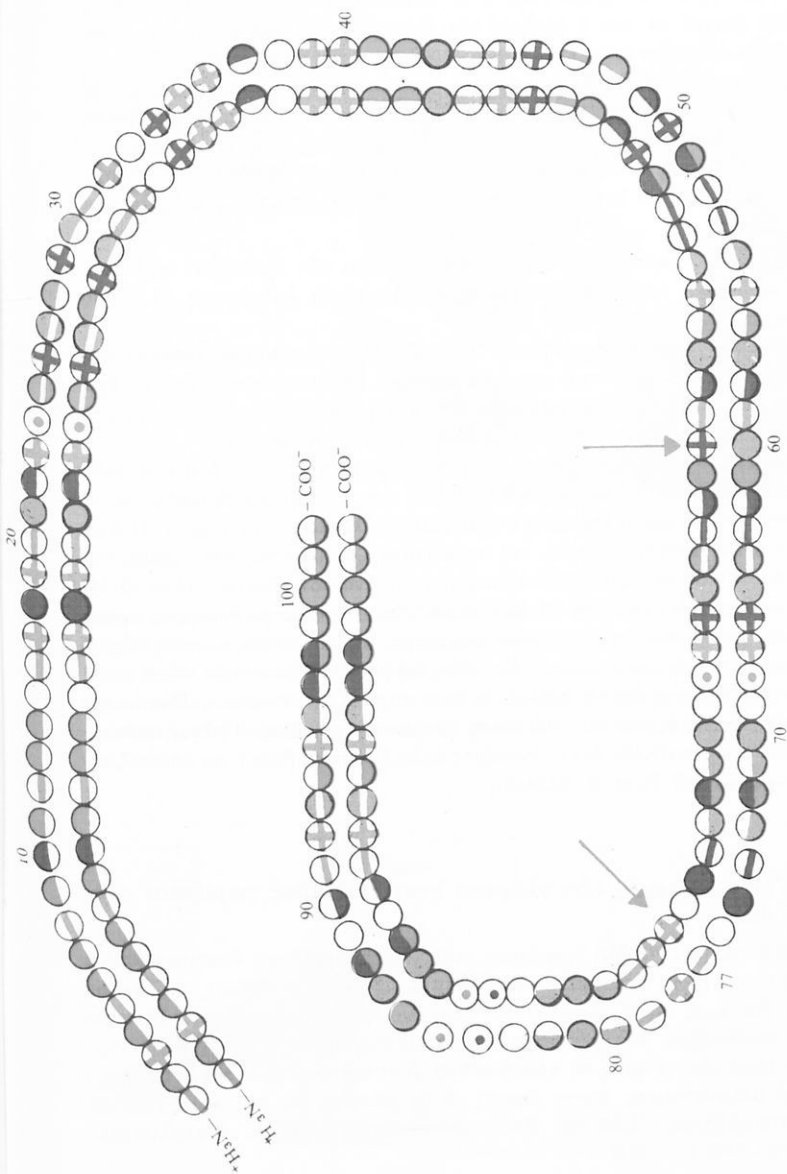
4.11 'Αποδείξεις από τη Βιοχημεία

Η βαθύτερη ένότητα όλων των ζωντανών όντων φανερώνεται με εκπληκτική ευκρίνεια στον τρόπο κατασκευής και λειτουργίας τους στο επίπεδο των χημικών τους μορίων. [Ο κλάδος της Χημείας που εξετάζει τις χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού στους ζωντανούς οργανισμούς ονομάστηκε **Βιοχημεία**].

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

Ακόμα μεγαλύτερη έκπληξη προκαλεί ότι όλα τα ζωντανά είδη χρησιμοποιούν τον ίδιο **γενετικό κώδικα**, δηλαδή το ίδιο σύστημα μεταφράσεως με το οποίο οι τριάδες διαδοχικών βάσεων της αλυσίδας του RNA αντιστοιχούν στα διάφορα είδη αμινοξέων. Αυτή η ομοιότητα του γενετικού κώδικα και μόνο θα ήταν αρκετή απόδειξη για να δεχτούμε τελεσίδικα την κοινή προέλευση όλων των ζωντανών οργανισμών: είναι πράγματι τελείως απίθανο να χρησιμοποιείται τυχαία ο ίδιος γενετικός κώδικας.

Γνωρίζουμε πως οι γόνοι αποτελούνται από DNA, και πως το DNA μεταγράφεται σε RNA. Αυτό το RNA, όπως είπαμε, αποτελεί το καλούπι πάνω στο οποίο γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών. Οι γόνοι λοιπόν έμμεσα συνθέτουν πρωτεΐνες. Με τις πρωτεΐνες που συνθέτουν επηρεάζουν, καθορίζουν το φαινότυπο του οργανισμού. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται αρχικά από μία ή περισσότερες μακριές αλυσίδες αμινοξέων που μπορεί μετά να διπλώνονται παίρνοντας διάφορα σχήματα. Κάθε πρωτεΐνη δε χαρακτηρίζεται μόνο από τον **αριθμό** των αμινοξέων που περιέχει ή αλυσίδα της, αλλά και από τα **είδη** των αμινοξέων και τη σειρά διαδοχής τους. Όλα όμως τα μόρια μιās συγκεκριμένης πρωτεΐνης έχουν τα ίδια είδη αμινοξέων στην ίδια σειρά διαδοχής τους. Κι επειδή υπάρχουν είκοσι διαφορετικά



Εικόνα 115: Διό ομόλογες ιστόνες (η IV) στο ήμισυ του βοδιού και στο μπιζέλι διαφέρουν μόνο σε δύο αμινοξέα, στις θέσεις 60 και 77, αν και από- τελούνται καθένα τους από 102 αμινοξέα στη σειρά. Ο συμβολισμός των αμινοξέων βρίσκεται στην εικόνα 38. Η έξω σειρά παριστάνει την ιστόνη του βοδιού και η μέσα του μπιζέλιου.

εἶδη ἀμινοξέων μπορούμε εὐκολά νά καταλάβουμε (συνδυασμοί) πόσο μεγαλύτερος μπορεί νά 'ναι ὁ ἀριθμός τῶν διαφορετικῶν πρωτεϊνῶν πού ἔχουν λ.χ. 124 ἀμινοξέα 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 ὀξειδωαναγωγές: εἶναι ὑποδοχεῖς ἠλεκτρονίων στήν ὀξειδωτική φωσφορλίωση), τό ἴδιο οἱ ἱστόνες (πρωτεΐνες πού βρίσκονται στά χρωματοσώματα).

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

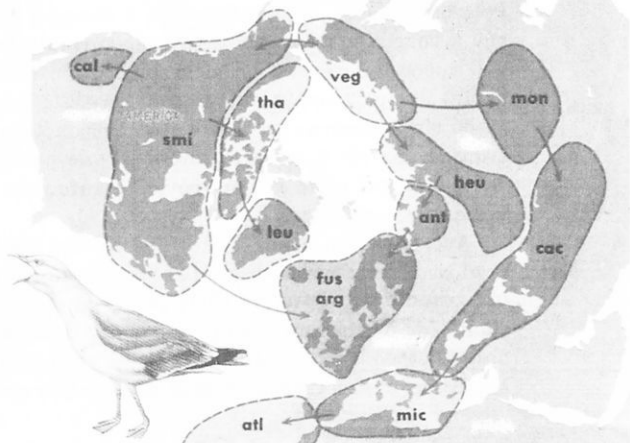
Ξεκινᾶμε ἀπό τίς ὁμοιότητες. Ἐνα εἶδος ἱστόνης πού μελετήθηκε στό βόδι, στό χοῖρο καί στόν ποντικό βρέθηκε ἀπόλυτα ὅμοιο (ἂν καί ἔχει πάνω ἀπό ἑκατό ἀμινοξέα). Ἀκόμα πῶς ἐκπληκτικό, ἡ ἴδια ἱστόνη στά μπιζέλια διαφέρει μόνο σέ δύο ἀμινοξέα ἀπό ἐκείνη τοῦ βοδιοῦ.

Κι οἱ αἰμοσφαιρίνες δείχνουν μεγάλες ὁμοιότητες. Στόν ἄνθρωπο κάθε μόριο τους ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἄλυσίδες τύπου α καί δύο ἄλυσίδες τύπου β: ὑπάρχουν δηλαδή δύο εἶδη διαφορετικῶν ἄλυσίδων ἀμινοξέων. Ἡ ἄλυσίδα τύπου α στόν ἄνθρωπο καί στόν χιμπατζῆ εἶναι τελείως ὅμοιες, ἐνῶ τοῦ ἀνθρώπου καί τοῦ γορίλλα διαφέρουν σ' ἓνα μόνο ἀμινοξύ (ἀπό τά 141 πού περιέχει ἡ ἄλυσίδα). Ἡ ἴδια ἄλυσίδα τοῦ ἀνθρώπου διαφέρει, καθὼς ἀπομακρυνόμαστε, στή φυλογενετική σειρά, ἀπ' τόν ἄνθρωπο, σέ 12 ὥς 25 ἀμινοξέα ἀπό ἄλλες ὁμόλογες ἄλυσίδες διάφορων θηλαστικῶν, ἀλλά σέ 71 ἀμινοξέα ἀπό τήν ὁμόλογη ἄλυσίδα ἐνός ψαριοῦ, τοῦ κυπρίνου. Παρόμοιες παρατηρήσεις ἔγιναν 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 γιατί 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 δύο εἶδη γλάρων πού συχνάζουν καί στόν τόπο μας, (κυρίως τό πρῶτο εἶδος): ὁ ἀσημόγλαρος (*Larus argentatus*) καί ὁ μελανόγλαρος (*Larus fuscus*). Στήν Εὐρώπη τά δύο αὐτά εἶδη δε διασταυρώνονται. Ἐδῶ καί εἴκοσι πέντε περίπου χρόνια ἀνακαλύφθηκε

Εικόνα 116: Γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών και υποειδών των άσημόγλων και μελανόγλων. Με τρία γράμματα συμβολίζεται το λατινικό όνομα του υποειδούς κάθε πληθυσμού. Στην Ευρώπη δυό, όχι 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, 'Ασίας και Β. 'Αμερικής σταματώντας γύρω στους πόλους. 'Υπάρχουν πολλοί πληθυσμοί μελανόγλου στην 'Ασία που οι περιοχές εξαπλώσεώς τους συνεχίζονται κι ενώνονται με τούς πληθυσμούς του άσημόγλου της Βόρειας 'Αμερικής. Οί όρνιθολόγοι τούς ξεχώρισαν σέ υπο-



Εικόνα 117: 'Ο άσημόγλουρος, *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 αὐτή ή άλυσίδα τών πληθυσμών μάς δίνει τήν έννοια ένός είδους, οί βορειοαμερικανικοί πληθυσμοί (άσημόγλαροι) πού πρόσφατα σχετικά ήρθαν στήν Εὐρώπη (πιθανότατα άκολουθώντας πλοία) δέ διασταυρώνονται μέ τούς γηγενείς μελανόγλαρους. Άπό τόν καιρό τών παγετώνων μείνανε οί δυό πληθυσμοί χωρισμένοι και άνάπτυξαν ένα φραγμό στήν άνταλλαγή γόνων. Η γεωγραφική άπομόνωση δυό πληθυσμών μπορεί μέ τά πολλά χρόνια νά καταφέρει τή δημιουργία τέτοιων φραγμών.

Άπό τήν άλλη μεριά γίνεται φανερό πώς άφού τά είδη εξελίσσονται είναι φυσικό και άναμενόμενο (άν και σπάνιο) νά πετύχει κανείς ένδιάμεσες καταστάσεις, όταν ένα είδος χωρίζεται δίνοντας γέννηση σέ δυό νέα είδη. Τότε ο χωρισμός δέν έχει άπόλυτα όλοκληρωθεί. Η περίπτωση τού άσημόγλαρου και τού 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' αὐτό τό συμπέρασμα καταλήγουμε εύκολα άν εξετάσουμε διάφορα χαρακτηριστικά τών σημερινών ζώων και φυτών: τά διάφορα αὐτά χαρακτηριστικά άποτελοῦν προσαρμογές στόν τρόπο ζωής τού οργανισμού. Και τά χαρακτηριστικά αὐτά προήλθαν άπό μία μακριά εξελικτική πορεία.

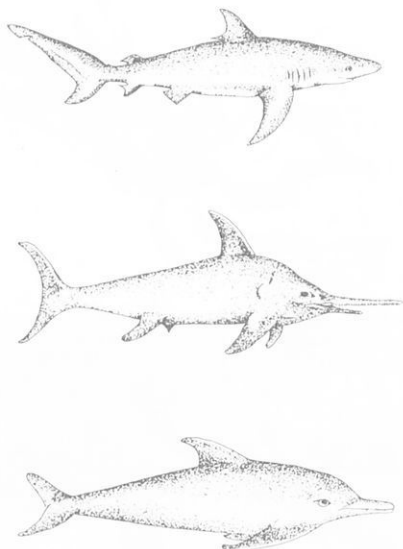
Νά τέτοιες προσαρμογές.

- Τό δελφίني (θηλαστικό), ο Ιχθυόσαυρος (έρπετό πού τώρα πιά δέ ζει) κι ο καρχαρίας (ψάρι) έχουν καταπληκτική όμοιότητα στή μορφή τού σώματός τους: τό σχήμα αὐτό λύνει τά προβλήματα πού θέτει ή γρήγορη κολύμβηση (τριβές, στροβιλισμοί τού νερού, προώθηση τού σώματος κ.ά.).

- Τά Σπονδυλωτά πού πετοῦν, άνάπτυξαν επιφάνειες πού σάν άλεξίπτωτα κρατάνε τό σώμα στόν άέρα ή και πού τίς κουνάνε γιά νά προωθηθοῦν: τά πουλιά φτεροῦγες, μερικοί σκίουροι (*Pteromys*) και μερικά μαρσιποφόρα (*Petaurus*) έχουν δερμάτινες επιφάνειες μεταξύ τών μπροστινών και πιασινών ποδιών τους, οί νυχτερίδες άνάλογες επιφάνειες μεταξύ τών δαχτύλων τους κτλ.

- Τά δόντια τών θηλαστικών αλλάζουν σχήμα μέγεθος και αριθμό άνάλογα μέ τή δίαιτά τους: τό λιοντάρι είναι σαρκοφάγο, έχει ισχυρούς κυνό-

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



δοντες, που λείπουν από τά μεγάλα χορτοφάγα. Με τούς κυνόδοντες τό λιοντάρι σκοτώνει τό θήραμά του.

- Τά ήμερόβια άρπαχτικά πουλιά έχουν ισχυρότατη όραση γιά νά έντοπίζουν από μακριά τά θηράματά τους.

- Οί λαγοί τρέχουν γρήγορα γιά ν' αποφύγουν τά σαρκοφάγα (λύγκες κ.ά) που τούς τρώνε.

- Τά θηλαστικά και τά έντομα που ζούν μέσα στό χώμα σέ λαγούμια έχουν μετασχηματισμένα τά μπροστινά τους πόδια σάν φυτάρια γιά νά σκάβουν: οί τυφλοπόντικες κι οί κρεμμυδοφάγοι.

- Μερικές πεταλούδες κι άλλα έντομα παρουσιάζουν τό φαινόμενο της **μimικρίας**: ένα είδος πτηνού μπορεί νά τρώει ένα είδος πεταλούδας και νά αποστρέφεται ένα άλλο είδος. Τότε μερικά ή όλα τά άτομα του είδους που αποτελεί τό θήραμα έχουν κληρονομικά πάρει όψη που νά μοιάζει μέ τά άτομα του είδους που αποστρέφεται τό πτηνό. Έτσι μπορούν νά επιβιώσουν.

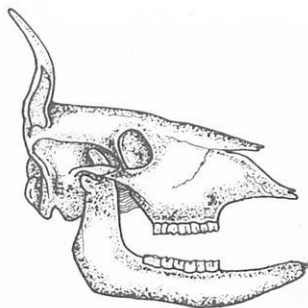
- Τά κέρατα, τά νύχια, τά δόντια χρησιμοποιούνται σάν άμυντικά μέσα στό ζώα, επίσης οί ηλεκτρικές έκκενώσεις μερικών ψαριών των τροπικών



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

χωρών. Οί δηλητηριώδεις ουσίες (άλκαλοειδή, κυάνιο) ή ενοχλητικές (αί-
θήρια έλαια) ή άγkáθια άποτελούν μέσα άμυνας τών φυτών από τά φυτοφά-
γα.

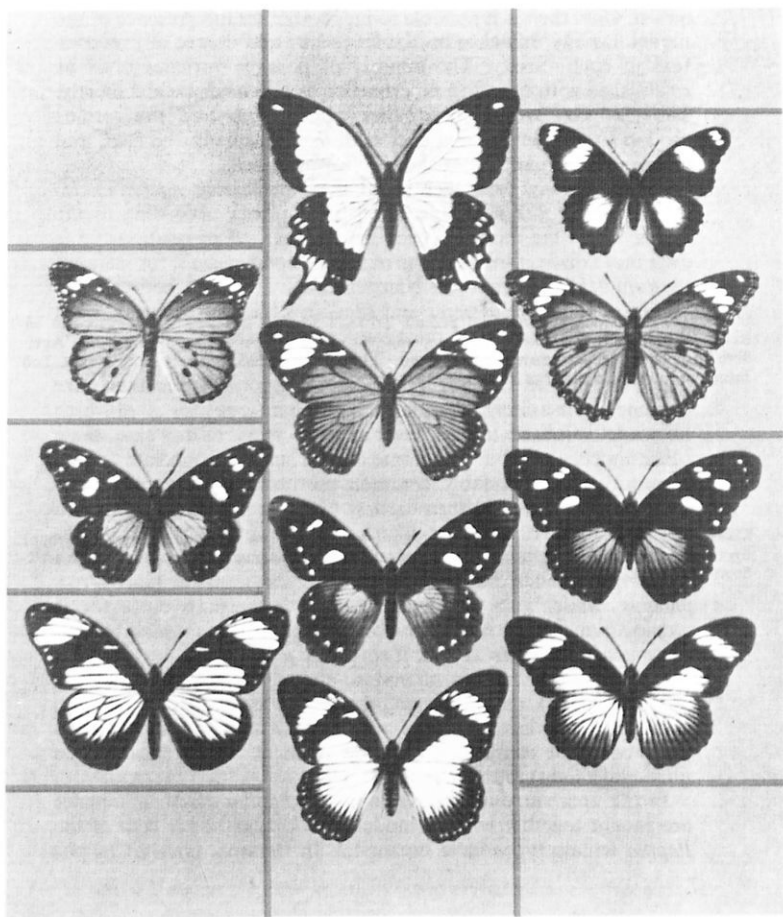
● Οί έλικες (μετασχηματισμένα φύλλα), οί έναέριες ρίζες πού κολλούν τό
φυτό σέ κάθετες επιφάνειες, οί βλαστοί πού συμπλέκονται άποτελούν
προσαρμογές τών αναρριχητικών φυτών.



Εικόνα 120: Κρανία λιονταριού και βοδιού. Τό λιοντάρι έχει μεγάλους κυνόδοντες για να σκοτώνει τα θηράματά του και γομφίους κατάλληλους για να ξεσκίζει τις σάρκες τους. Αντίθετα τό βόδι έχει όλα τά δόντια του επίπεδα γιατί μ' αυτά άλέθει τά χόρτα πού βόσκει. Τού λείπουν οί κυνόδοντες και οί πάνω κοπτήρες.

Εικόνα 121: Ό τυφλοπόντικας (Θηλαστικό) και ή γρυλλόταλα η κρεμμυδοφάγος (Έντομο) έχουν και τά δυό μπροστινά πόδια σάν φυτάρια, προσαρμοσμένα στό σκάψιμο. Κάτω μεγέθυνση τού μπροστινού ποδιού τού κρεμμυδοφάγου.



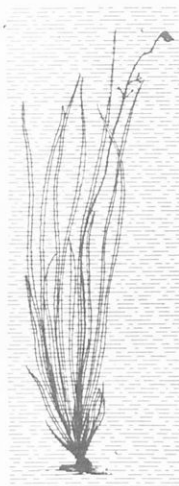
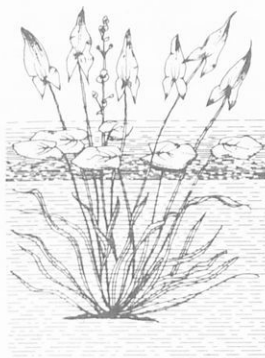


Εικόνα 122: Μυμικρία. Τα άτομα ενός είδους αφρικανικής πεταλούδας μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές (οι τρεις μορφές αριστερά). Αυτό το είδος προκαλεί απέχθεια στα πουλιά γιατί έχει κακή γεύση. Ένα άλλο είδος μιμείται τις τρεις αυτές μορφές για να γλυτώσει από τα πουλιά που το καταδιώκουν: τρεις από 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 τόν ίδιο λόγο (τέσσερις μορφές δεξιά).



Εικόνα 123: Ἀναρριχητικά φυτά. Πολλά φυτά στηρίζονται σέ τοίχους, βράχους, κορμούς ή κλαδιά ἄλλων φυτῶν κι ὄχι στό δικό τους κορμό. Κάθε εἶδος ἔχει τό δικό του τρόπο στηρίξεως. Α: ἐναέριες ρίζες, Β: ἑλικες, C: βλαστοί πού συμπλέκονται.

Εικόνα 124: Ἡ Σαγγιτάρια, ὅταν φυτρώνει στό χῶμα ἔχει φύλλα βελιοειδή, μέσ τό νερό μακριά καί ὅταν μέρος της εἶναι μέσ στό νερό καί μέρος της ἐναέριο ἔχει τριῶν εἰδῶν φύλλα. Τά φύλλα μέσ στό νερό δέν ἔχουν ἐφυμενίδα καί μποροῦν νά ἀπορροφῶν θρεπτικά συστατικά καί νά μὴ σπᾶνε ὅταν τό νερό κινεῖται γιὰτί δέν παρουσιάζουν σημαντική ἀντίσταση. Ἀντίθετα τά ἐναέρια φύλλα στέκουν ὀρθά γιά νά δέχονται τίς ἡλιακές ἀκτίνες ὅσο πῶς εἶναι δυνατό.



● Τά φύλλα της Σαγιττάριας (*Sagittaria sagittifolia*), του ύδροχαρούς φυτού που φυτρώνει και στη χώρα μας κι έχει φύλλα που είναι χτυπητό παράδειγμα προσαρμογής. Τό σχήμα τών φύλλων της διαφέρει, όταν βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του νερού (στρογγυλά), ή μέσ στο νερό (μακρόστενα) και άπορροφούν θρεπτικά συστατικά. Άντίθετα τά έναέρια φύλλα είναι σάν βέλη και είναι προσαρμοσμένα νά στέκουν όρθια και νά δέχονται τίς ήλιακές ακτίνες.

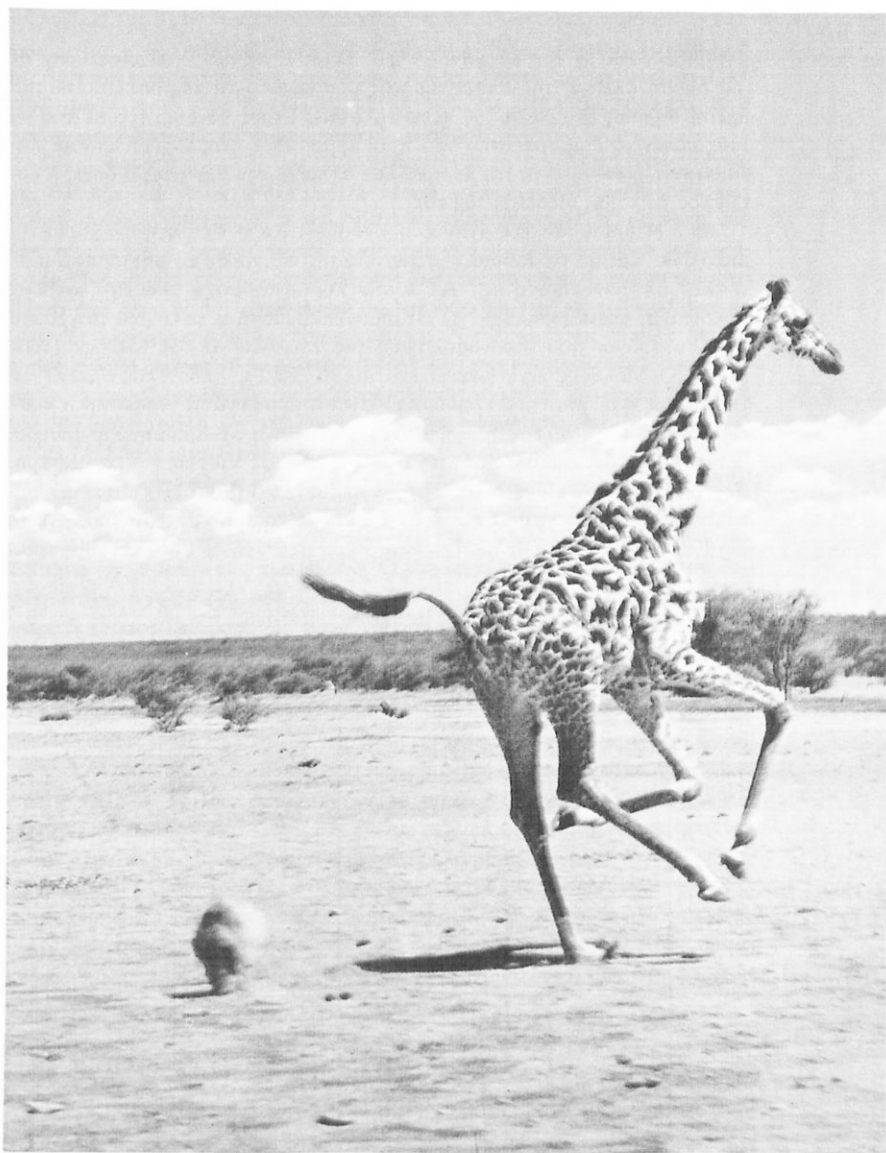
Μπορούν νά άναφερθούν πάρα πολλά παραδείγματα προσαρμογών. Όπου και νά στρέψουμε τό βλέμμα μας θά δούμε προσαρμογές ζωντανών όργανισμών.

4.14 Λαμάρκ και Ντάρβιν

Κι ό Λαμάρκ κι ό Ντάρβιν είχαν πολύ έντυπωσιαστεί άπό τά φαινόμενα της προσαρμογής πού επιτρέπουν στά ζωντανά όντα νά επιβιώνουν. Πρώτος ό Λαμάρκ προσπάθησε νά εξηγήσει τό μηχανισμό της Έξελίξεως, πώς δηλαδή γίνεται ή διαδικασία της άλλαγής της μορφής: Όταν τό περιβάλλον αλλάζει, τότε γιά νά επιζήσει ό όργανισμός πρέπει κι αυτός ν' αλλάξει. Μιά έσωτερική θέληση και μία προσπάθεια του δημιουργούν καινούργιες συνήθειες. Αυτές οί συνήθειες τόν αναγκάζουν νά χρησιμοποιεί περισσότερο όρισμένα όργανα ή νά μή χρησιμοποιεί άλλα. Κατά τόν Λαμάρκ τά όργανα πού χρησιμοποιούνται ισχυροποιούνται και μεγαλώνουν. Αυτή ή ισχυροποίηση κληρονομείται στους άπογόνους του.

Έτσι ό Λαμάρκ βασίζει τη θεωρία του σέ δύο άρχές: ότι ή χρήση ισχυροποιεί τό όργανο κι ή άχρηστία τό καταστρέφει κι ότι τά επίκτητα χαρακτηριστικά κληρονομούνται. Άς δούμε πώς ό ίδιος περιγράφει τόν τρόπο πού οί καμηλοπαρδάλεις άπόκτησαν μακρύ λαιμό και μακριά μπροστινά πόδια: «Μιλώντας γιά συνήθειες, είναι άξιοπερίεργο νά παρατηρήσει κανείς τό τί έπακολουθεί ειδικότερα στή μορφή και στο ύψος στήν καμηλοπάρδαλη. Γνωρίζουμε πώς αυτό τό ζώο, τό μεγαλύτερο άπό τά θηλαστικά, κατοικεί στο έσωτερικό της Άφρικής και σέ τόπους [σαβάννες] όπου ή γη, σχεδόν πάντα ξερή και χωρίς χόρτα, τό αναγκάζει νά βόσκει τά φυλλώματα τών δέντρων και νά προσπαθεί διαρκώς νά τά φτάσει. Άποτέλεσμα αυτής της μακραίνωσης συνήθειας όλων τών άτόμων του είδους είναι ότι τά μπροστινά πόδια γίνανε πιο μακριά άπό τά πισινά και ό λαιμός μάκρυνε τόσο πού ή καμηλοπάρδαλη μπορεί νά φτάσει έξι μέτρα ύψος σηκώνοντας τό κεφάλι της χωρίς όμως νά σταθεί όρθια πάνω στα πισινά της πόδια».

Σήμερα γνωρίζουμε πώς οί επίκτητες ιδιότητες δέν κληρονομούνται και γι' αυτό ή θεωρία του Λαμάρκ δέν είναι σωστή. Μπορεί δηλαδή ένα όργανο νά ισχυροποιηθεί μέ τη χρήση του (ένας δρομέας έχει άσφαλώς πιο δυνατά πόδια άπό έναν παράλυτο) αλλά αυτές οί επίκτητες άλλαγές δέν

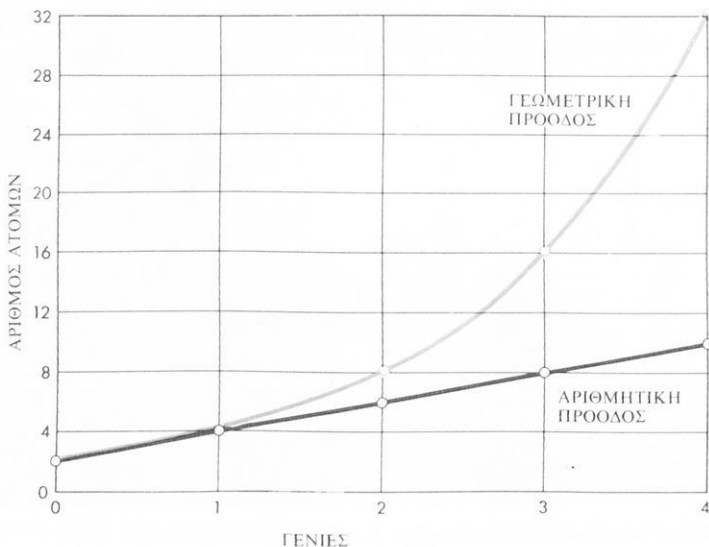


Εικόνα 125: Μιά καμηλοπάρδαλη τρέχει μέσ στην 'Αφρικανική σαβάννα.

μεταβιβάζονται στους απογόνους του. Τέτοιες θεωρίες που πιστεύουν σε μία άμεση αλλαγή της κληρονομικής ουσίας από το περιβάλλον, σε μία άμεση δηλαδή επίδραση του περιβάλλοντος στους γόνους, τέτοια που να τους κάνει να διαμορφώνουν πιο προσαρμοσμένα άτομα ονομάζονται **λαμαρκιανές ή διδακτικές** (το περιβάλλον αλλάζει τον οργανισμό όπως ο δάσκαλος το παιδί, διδάσκοντάς το).

Κι ο Ντάρβιν πίστευε στην κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών. Καί με τη θεωρία της παγγένεσης εξηγοῦσε τό μηχανισμό μιᾶς τέτοιας κληρονομικότητας. Ἀλλά τήν κύρια προσοχή του τήν ἔστρεψε ἄλλου: στή **φυσική ἐπιλογή**. Ὁ Ντάρβιν ἐπηρεάστηκε πολύ ἀπό τά γραφτά ἑνός συγχρόνου του οἰκονομολόγου, τοῦ Μάλθους (R. T. Malthus 1766-1834). Ὁ Μάλθους εἶχε γράψει ἕνα μικρό βιβλίο, ὅπου ὑποστήριζε τήν ἄποψη πὼς ἡ αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ γίνεται σύμφωνα μέ γεωμετρική πρόοδο, ἐνῶ ἡ αὐξηση τῆς τροφῆς γίνεται σύμφωνα μέ ἀριθμητική πρόοδο. Ἔτσι, κατὰ τὸν Μάλθους σύντομα θά φτάναμε σέ κρίσεις ἐλλείψεως τροφῆς. Γιατί ἂν κάθε ἄνθρωπος ἀφήνει περισσότερο ἀπὸ ἕνα παιδί, ἂν δηλαδή κάθε ζευγάρι ἀφήνει πλεονάζοντα ἀπὸ δύο παιδιά, καί στήν ἄλλη γενιά αὐτά τά παιδιά ἀφήσουν πάλι περισσότερα ἀπὸ δύο σέ κάθε ζευγάρι τους,

Εἰκόνα 126: Διαφορά μεταξύ ἀριθμητικῆς καί γεωμετρικῆς 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 τό σπειριάκι 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 γής.

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 στήν Αγγλία (δηλαδή ή νέα περίοδος παραγωγής αγαθών μέ βιομηχανικό τρόπο) επέτρεψε ως τώρα νά μήν έπαληθευθούν οί άπαισιόδοξες προβλέψεις τού Μάλθους.

Ο Ντάρβιν όμως είχε πολύ επηρεαστεί από τόν Μάλθους. Σκέφτηκε πώς τά ζώα καί τά φυτά παράγουν άρα πολλούς απογόνους: κάθε ζευγάρι ζώα όποιουδήποτε 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 στήν 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 έπιζούν 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.** Έπιζούσαν 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 ύπηρεζε 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.

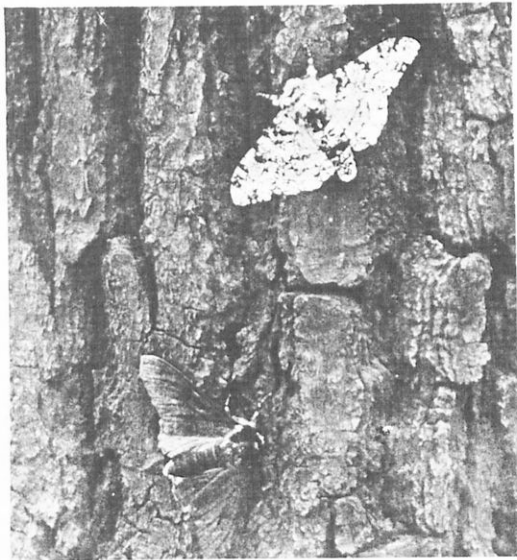
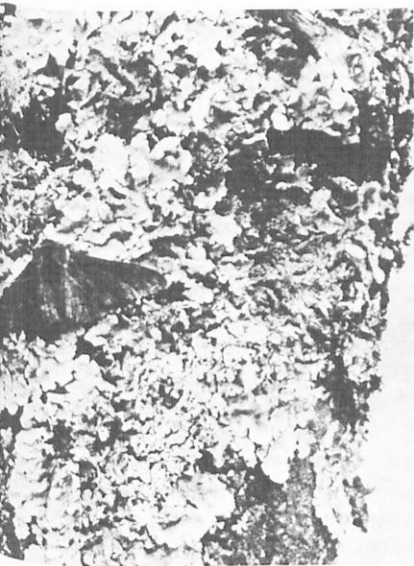
Γιατί ή φυσική επιλογή μπορεί νά εξηγήσει τήν προσαρμογή. Σ' ένα πληθυσμό είδαμε πώς υπάρχει ποικιλομορφία: τά άτομα του ίδιου είδους διαφέρουν. Κι αυτή ή ποικιλομορφία των φαινοτύπων βασίζεται πολλές φορές σέ διαφορές γονοτύπων, σέ κληρονομικές δηλαδή, διαφορές. Μέ τή φυσική επιλογή συγκρατούνται στόν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

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

"Ας δοϋμε μερικά παραδείγματα φυσικής επιλογής:

- Στην Άγγλία πρίν αναπτυχθεί ή βιομηχανία, οί πεταλοϋδες ενός όρισμένου είδους (*Biston betularia*) ήταν άσπρες. Τά μαϋρα άτομα ήταν σπάνια καί οί συλλέκτες έντομολόγοι τά άγόραζαν 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 αλλαγή του χρώματος, δηλαδή της μορφής των ατόμων ενός είδους (ένα μικρό βήμα εξέλιξης), άποδείχτηκε πώς όφειλόταν στή φυσική επιλογή. Στην Άγγλία, κατά τήν ανάπτυξη της βιομηχανίας, χρησιμοποιήθηκε τό κάρβουνο σάν πηγή ένεργειας. Οί καπνιές μαύρισαν γρήγορα τίς επιφάνειες των σπιτιών καί των δέντρων. Τό μαϋρο χρώμα άποτέλεσε καλύτερο καμουφλάζ γιά τίς μαϋρες πεταλοϋδες: τά πουλιά βλέπανε τώρα πολύ πío εύκολα τίς λευκές πεταλοϋδες πάνω στίς μαϋρες επιφάνειες καί τίς έτρωγαν. Άντίθετα στά δάση, πρίν φτιαχτούν εργοστάσια, οί λευκές πεταλοϋδες δέν ξεχώριζαν όταν κάθονταν πάνω στους άσπριδερούς λειχηνες στους κορμούς των δέντρων. Μέ τήν αλλαγή του περιβάλλοντος έγινε κι ή αλλαγή του χρώματος των πεταλοϋδων, άφου τά πουλιά έτρωγαν έκλεκτικά τίς λευκές πεταλοϋδες.



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

● Τό δεύτερο παράδειγμα ἀναφέρεται σέ μιά βιοχημική ἀλλαγὴ. Μετά τό δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο ἄρχισαν νά χρησιμοποιοῦνται ἔντομοκτόνα ἐναντίον τῶν μυγῶν κι ἄλλων βλαπτικῶν ἑντόμων. Στὴν ἀρχὴ τὰ ἔντομοκτόνα τίς σκότωναν. Μὲ τὰ χρόνια οἱ μύγες ἄρχισαν νά γίνονται ἀνθεκτικές σέ ὀρισμένα ἔντομοκτόνα. Ἡ ἀνθεκτικότητα ὀφείλεται στὴν παρουσία μιᾶς μετάλλαξης σ' ἓνα ἀπὸ τοὺς χιλιάδες διαφορετικοὺς γόνους τοῦ ἀτόμου. Μὲ τὴ μετάλλαξη δημιουργήθηκε ἓνας νέος ἀλληλόμορφος πού κάνει ἀνθεκτικά 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 ἀνθεκτικότητα στὰ ἀντιβιοτικά τῶν παθογόνων βακτηρίων.

Πῶς δημιουργεῖται ἡ ποικιλομορφία στοὺς πληθυσμούς; Πού βρέθηκαν οἱ ἀλληλόμορφοι πού κάνουν μαύρες τίς πεταλούδες ἢ ἀνθεκτικὲς τίς μύγες; Τόσο ἡ ἀνθεκτικότητα στὸ ἔντομοκτόνο στίς μύγες ὅσο καὶ τὸ μαύρο χρῶμα τῶν πεταλούδων εἶναι κληρονομικά χαρακτηριστικά πού προήλθαν

από μετάλλαξη και πού ακόλουθα επιλεγήκανε. Ἡ ποικιλομορφία στους πληθυσμούς προέρχεται βασικά από τή μετάλλαξη και αὐξάνει μέ τό ἀνακάτωμα και ἀνασυνδυασμό τοῦ γενετικοῦ ὕλικου κατά τή φυλετική ἀναπαραγωγή, τόν ἐγγενή πολλαπλασιασμό. Αὐτό τό ἀνακάτωμα γίνεται, ὅπως ἔχουμε πᾶν κατά τήν παραγωγή τῶν γαμετῶν, στή μείωση, και κατά τή δημιουργία νέων ἀτόμων, στή γονιμοποίηση, φτιάχνοντας 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 τούς δύο.

Ὅλες οἱ μεταλλάξεις δέ δίνουν «καλούς» ἀλληλόμορφους. Τό ἀντίθετο μάλιστα. Οἱ περισσότερες μεταλλάξεις φαίνεται πῶς δημιουργοῦν «κακούς» 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 τούς παράγοντες πού τίς προκαλοῦν: τίς ἀκτινοβολίες ἀπό ραδιενέργεια.

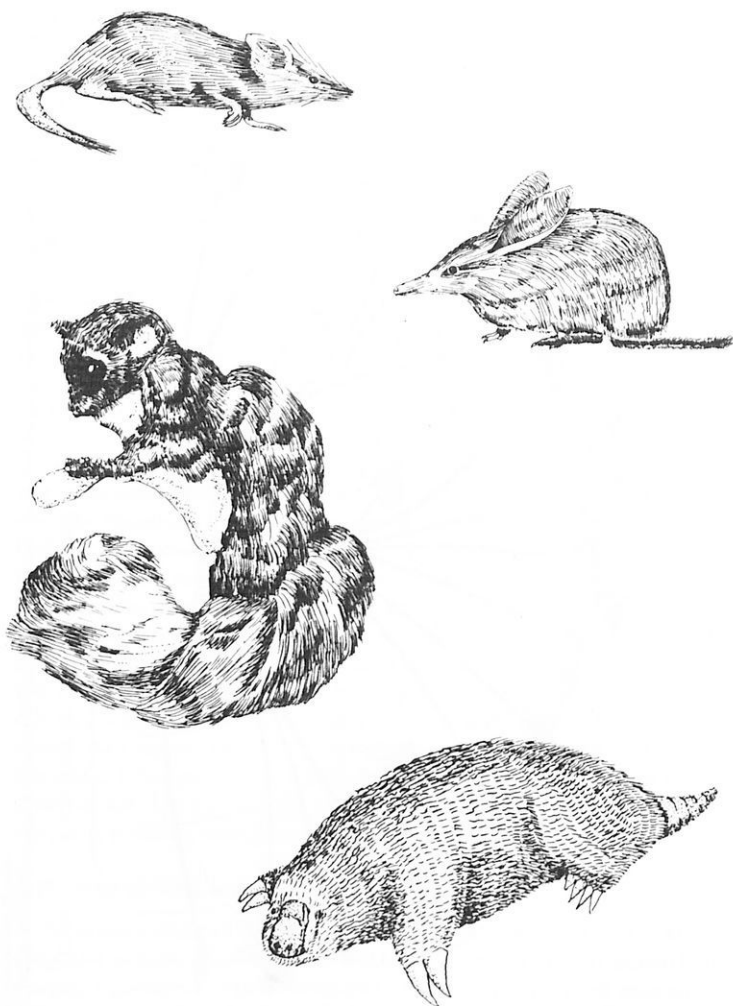
Ἡ μετάλλαξη, πού διαρκῶς δημιουργεῖ νέα κληρονομική ποικιλομορφία, ἡ φυλετική ἀναπαραγωγή, πού ἐπιτρέπει νέους συνδυασμούς κληρονομικῶν ἰδιοτήτων πού ὑπάρχουν χώρια σέ διάφορα ἄτομα, και ἡ φυσική ἐπιλογή, πού κάνει τά ἄτομα πιο προσαρμοσμένα στό περιβάλλον, ἀποτελοῦν τούς τρεῖς σημαντικούς παράγοντες τοῦ μηχανισμοῦ τῆς Ἐξελίξεως: αὐτό πιστεύει ἡ νεοδαρβινική (πρός τιμή τοῦ Ντάρβιν) ἡ 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 δείχνει πῶς οἱ ἀλλαγές γίνονται ἀπό ἐπιλογή μέρους τοῦ κληρονομικοῦ ὕλικου πού ὑπάρχει ἀπό πρὶν 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 ἡ νεοδαρβινική θεωρία, δημιουργεῖ μεγάλες διαφορές. Ἐτσι σιγά σιγά μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου ἕνας πληθυσμός γίνεται τελείως διαφορετικός: ἕνα εἶδος ἄλλαξε κι ἔγινε ἄλλο εἶδος. Παράδειγμα ἡ *Paludina*. Μιά τέτοια πορεία μέσ στό χρόνο λέγεται ἀναγένεση (προσοχή! διαφέρει ἀπό τήν ἀναγέννηση, τό φαινόμενο πού σέ ὁρισμένα ζῶα ξαναγεννιοῦνται ὄργανα τοῦ σώματος πού κόπηκαν).



Εικόνα 128: 'Ακτινωτή' προσαρμοστική κλαδογένεση των Θηλαστικών: οι διαφορές μορφές προέρχονται από μία κοινή σχηματίζοντας μία βεντάλια στο φυλολογικό δέντρο.



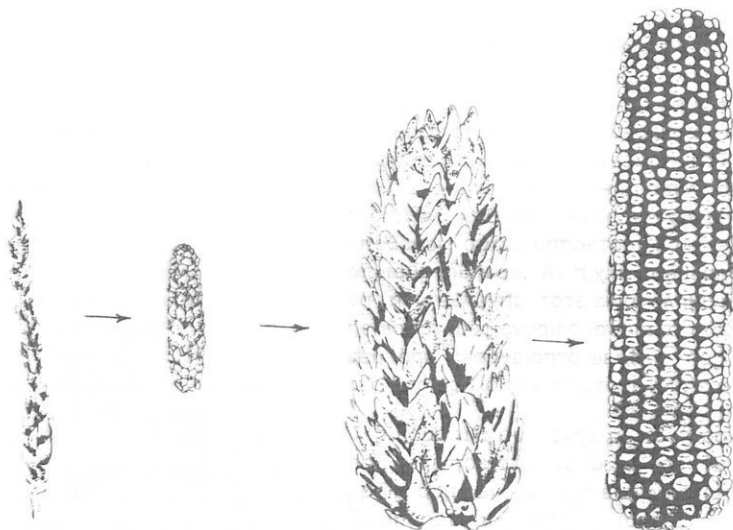
Εικόνα 129: Διάφορα μαρσιποφόρα της Αυστραλίας εξειδικεύονται σε τρόπους ζωής που στις άλλες ηπείρους καλύπτουν διάφορες τάξεις θηλαστικών. Βρίσκουμε λοιπόν «ποντίκι», «λαγούς», «σκιουρούς» και «τυφλοπόντικους» μαρσιποφόρα που μοιάζουν με τα αντίστοιχα μη μαρσιποφόρα θηλαστικά.

Διαφορετική είναι ή **κλαδογένεση**: έδω ένα είδος διχάζεται και μās δίνει δυό ή περισσότερα νέα είδη. Τό είδαμε νά γίνεται στην περίπτωση τών γλάρων. Άπό ένα έναίιο πληθυσμό φαίνεται με τά χρόνια νά γεννιούνται δυό είδη, ό άσημόγλαρος κι ό μελανόγλαρος, δυό είδη πού άκόμα δέν έχουν καλά καλά ξεχωρίσει. Ή κλαδογένεση, πού πήρε τ' όνομά της άπό τήν παρομοίωση με τούς κλάδους του δέντρου πού διχάζονται γιά νά δώσουν δυό μικρότερα κλαδιά, φαίνεται καθαρά και στά φαινόμενα της **άκτινωτής προσαρμοστικής κλαδογένεσης**, όταν δηλαδή σέ σύντομο σχετικό (βέβαια στη γεωλογική κλίμακα του χρόνου) διάστημα άπό ένα ή λίγα συγγενικά είδη παράγεται μιá όλόκληρη βεντάλια νέων ειδών με διαφορετικές προσαρμογές, προσαρμογές σέ διαφορετικούς τρόπους ζωής. Αυτό λ.χ. παρουσιάστηκε στους πρώτους αιώνες της ζωής τών θηλαστικών αλλά φαίνεται καθαρά και στην περίπτωση τών Μαρσιποφόρων της Αυστραλίας. Ή παντελής έλλειψη στη χώρα αυτή τών καθαυτό θηλαστικών άφησε ελεύθερο τό πεδίο στά Μαρσιποφόρα νά αναπτύξουν πολλά είδη με όλους σχεδόν τούς τρόπους ζωής πού σέ άλλα μέρη έχουν τά διάφορα είδη τών θηλαστικών: έτσι έχουμε Μαρσιποφόρα πού μοιάζουν με ποντικούς, άλλα πού μοιάζουν με σκίουρους, άλλα με Έντομοφάγα, άλλα είδη με άλλα φυτοφάγα θηλαστικά και άλλα με τά σαρκοφάγα κ.ο.κ. Είναι άξιοσημείωτο πώς οι μορφές τών «ποντικών», «σκιούρων», και άλλων ζώων της Αυστραλίας μοιάζουν πολύ με 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 εξήγηση, είναι δημιούργημα της φυσικής επιλογής.

4.17 Ή Βελτίωση

Ό ίδιος ό Ντάρβιν είχε παρατηρήσει πώς ό άνθρωπος κατάφερε με τήν τεχνητή επιλογή πού εφαρμόζει νά φτιάξει διάφορες ράτσες τών καλλιεργούμενων φυτών και τών κατοικίδιων ζώων. Όπως στη Φύση ή φυσική μετάλλαξη, ή διασταύρωση και ή φυσική επιλογή είναι οι κύριοι παράγοντες δημιουργίας νέων πληθυσμών, νέων φυλών, νέων ειδών έτσι και στίς προσπάθειες κληρονομικής βελτιώσεως 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.

Ή βελτίωση της παραγωγής μπορεί νά γίνει με δυό τρόπους: με βελτίωση τών συνθηκών του περιβάλλοντος (λ.χ. καλύτερο και περισσότερο λίπασμα στά φυτά ή καλύτερες συνθήκες έκτροφής στα ζώα) ή με 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 Χ 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 η χρησιμοποίηση ορισμένων 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, συχνότε-

τα, «κακούς» ἀλληλόμορφους, πού σέ όμοζυγωτή κατάσταση προκαλδύν κληρονομικές ασθένειες. Τέτοιες ασθένειες είναι ή δρεπανοκυτταρική αναιμία κι ή θαλασσαιμία. Πρόκειται για ασθένειες του αίματος, ειδικότερα αλλοιώσεις της αίμοσφαιρίνης. Τά όμοζυγωτά άτομα για τόν κακό ἀλληλόμορφο δέν έχουν κανονική αίμοσφαιρίνη και πάσχουν από σοβαρή αναιμία. Τά άτομα αυτά έχουν και τούς δύο γονείς τους έτεροζυγωτούς, πού φέρνουν έναν «κανονικό» ἀλληλόμορφο κι έναν «κακό». Τά έτεροζυγωτά άτομα είναι ύγιή και μάλιστα πιο ανθεκτικά στην έλονοσία, μπορούν όμως αν παντρευτούν με όμοιά τους, να κάνουν τό 1/4 των παιδιών με την παθολογική κατάσταση της σοβαρής αναιμίας. Είναι δυνατό με κατάλληλη διαφώτιση αλλά και εξέτάσεις να ανακαλυφθούν τά έτεροζυγωτά άτομα για τη θαλασσαιμία (και βέβαια και για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία) και να τά πείσουμε να μην 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 ἐφημερίδες, στά περιοδικά, στήν τηλεόραση καί στό ραδιόφωνο τά τελευταία χρόνια κι ὅλο περισσότερο μιλοῦν γιά τήν **Οἰκολογία**. Ὅχι μόνο βιολόγοι ἀλλά καί οἰκονομολόγοι καί ἀρχιτέκτονες συζητοῦν γιά οἰκολογικά προβλήματα, ὁρισμένοι μάλιστα θεωροῦν ὅτι εἶναι οἰκολόγοι. Κι ὅμως ἀπό τή γέννησή της καί μέχρι σήμερα ἡ Οἰκολογία εἶναι κλάδος τῆς Βιολογίας πού ἐξετάζει τόν ὁργανισμό σέ συσχέτιση μέ τό περιβάλλον πού ζεῖ καί τίς σχέσεις πολλῶν ὁργανισμῶν τοῦ ἴδιου εἴδους μεταξύ τους ἢ καί διαφορετικῶν εἰδῶν σέ συσχέτισμό καί μέ τόν τόπο πού ζοῦν. Ὁ Χαϊκελ πρῶτος τῆς ἔδωσε τό ὄνομά της ἀπό τήν ἑλληνική λέξη οἶκος, γιατί τό σπίτι ἀποτελεῖ ἕνα σημαντικό τμήμα τοῦ περιβάλλοντος τοῦ πολιτισμένου ἀνθρώπου.

Ἡ Οἰκολογία μπορεῖ λοιπόν νά ἀσχοληθεῖ μέ ἕνα μόνο ἄτομο ἢ μέ ἕνα ὁρισμένο εἶδος ἔμβιου ὄντος ἢ καί μέ μιά ὁμάδα ὁργανισμῶν πού εἶναι τοῦ ἴδιου εἴδους ἢ καί διαφορετικῶν εἰδῶν καί πού συνδέονται μεταξύ τους. Πολλά ἄτομα τοῦ ἴδιου εἴδους πού ζοῦν μαζί, ἀποτελοῦν ἕναν πληθυσμό. Ἔτσι λ.χ. σέ μιά θαμνώδη περιοχή τά ἄτομα ἀπό κάθε εἶδος φυτό, κάθε εἶδος ποντίκι, κάθε εἶδος φίδι καί γεράκι, ἀποτελοῦν ἀντίστοιχους πληθυσμούς. Οἱ πληθυσμοί δέν εἶναι ἀνεξάρτητοι μεταξύ τους: τά τρωκτικά τρέφονται ἀπό φυτά, τά φίδια ἀπό τρωκτικά, τά γεράκια τρῶνε τρωκτικά καί φίδια.

Ὅλοι οἱ πληθυσμοί πού ἀποτελοῦν τά βιωτικά, δηλαδή τά ζωντανά μέρη τῆς περιοχῆς, συγκροτοῦν μιά βιωτική κοινότητα στήν ὁποία τά

άτομα του ενός πληθυσμού επιδροὺν ἀπάνω στά άτομα ενός ἄλλου πληθυσμού. Τέλος ἡ βιωτική κοινότητα μαζί μέ τά στοιχεῖα τῆς περιοχῆς, πού δέν εἶναι ζωντανά (ἔδαφος, ἀέρας, νερό, πέτρες κ.ἄ.), τά ἀβιωτικά, ὅπως τά λένε, ἀποτελοῦν μιὰ μεγαλύτερη ἐνότητα, πού τά τμήματά της παρουσιάζουν ἀναμεταξύ τους κάποια συνοχή. Τήν ἐνότητα αὐτή τήν ὀνομάζουμε **οἰκοσύστημα**.

Μέ τήν περιορισμένη ἔννοια πού τῆς δίνεται συχνά ἡ Οἰκολογία δέν περιλαμβάνει καί τήν ἐξέταση τῶν σχέσεων τοῦ ἀνθρώπου ἢ τῶν ἀνθρώπινων πληθυσμῶν μέ τό περιβάλλον τους. Ὁ ἀνθρώπος δέν εἶναι ἓνα ἀπλό θηλαστικό καί διαφέρει ἀπό τά ἄλλα ζῶα.

● Μπορεῖ νά ἀναπτύξει συμβολική γλώσσα (καί γραφή) κι ἔτσι νά μεταδίδει τίς γνώσεις του, τίς ἐμπειρίες του, τίς σκέψεις του, τά συναισθηματά του καί τίς ἀνάγκες του.

● Μπορεῖ νά «κληρονομεῖ», ὄχι μέ τόν «μεντελιανό» μηχανισμό καί μέ τούς γόνους του, ἀλλά μέ τήν ἐκμάθηση, τίς μεθόδους καί τίς γνώσεις του ἀπό γενιά σέ γενιά. Μπορεῖ συγχρόνως νά ἀνακαλύπτει νέες γνώσεις καί νά λύνει πολύπλοκα προβλήματα. Ἐχει δηλαδή παιδεία πού τοῦ ἐπιτρέπει νά ἐξελισσεται πολύ πιο γρήγορα ἀπ' ὅ,τι θά τοῦ ἐπέτρεπε ὁ νεοδαρβινικός μηχανισμός.

● Γι' αὐτό κατάφερε νά γίνει σέ μεγαλύτερο βαθμό ἀπό τά ἄλλα θηλαστικά ἀνεξάρτητος ἀπό τό φυσικό του περιβάλλον: Καλλιεργεῖ ἐδῶ καί 9.000 χρόνια τή γῆ καί ἐκτρέφει ζῶα γιά τήν τροφή του, δηλαδή δημιουργεῖ πάλι στό φυσικό ἓνα δικό του «τεχνητό» οἰκοσύστημα, τό γεωργικό, ἔχει ἀναπτύξει βιομηχανία πού παράγει ἀγαθά σέ μεγάλη κλίμακα, ἔχει τεχνολογία κι ἐπιστήμη πού τοῦ δίνουν τέτοιες δυνατότητες, ὅσες ποτέ κατένενα ζῶο δέν ἀπότρεξε ὡς τώρα. Ἐχει πολιτισμό.

Σ' αὐτά καί σ' ἄλλα πολλά διαφέρει ὁ ἀνθρώπος ἀπό τά ἄλλα ζῶα. Ἐπειδὴ ὅμως τίς τελευταῖες δεκαετίες οἱ ἐπιδράσεις τοῦ ἀνθρώπου στό φυσικό περιβάλλον εἶναι πολύ σημαντικές, δέν μπορούμε νά τίς ἀγνοήσουμε στή μελέτη τῆς Οἰκολογίας.

Τό περιβάλλον καθορίζει τό εἶδος καί τόν ἀριθμό τῶν ζώντων ὄντων πού μποροῦν νά ἀναπτυχθοῦν σέ ἓνα οἰκοσύστημα. Μποροῦμε νά ξεχωρίσουμε σέ τέσσερις κατηγορίες τούς παράγοντες τοῦ περιβάλλοντος ἐνὸς ὀργανισμοῦ.

Τό κλίμα: Ἐδῶ ἐξετάζεται ἡ ἐπίδραση τοῦ φωτός, τῆς θερμοκρασίας, τῆς βροχοπτώσεως καί τῆς ὑγρασίας καί τῶν μεταβολῶν τους, ὅπως καί ἡ ἐπίδραση τῶν ὑπόλοιπων κλιματικῶν παραγόντων. Ἐπίσης ἂν τό οἰκοσύστημα εἶναι στεριανό ἢ συγκροτεῖται σέ ὑγρό περιβάλλον, γλυκοῦ νεροῦ, ὑφάλμου ἢ θαλάσσιου.

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

Τά ἄλλα ζῶα καί τὰ φυτά, εἴτε τοῦ ἴδιου εἴδους εἴτε 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. Ἀλλά εἶδη μπορεῖ νά ἀποτελοῦν φυσικούς ἐχθρούς τρώγοντας ἢ παρασιτώντας ἕναν ὄργανισμό. Ἐδῶ κατατάσσουμε καί τὰ παθογόνα αἷτια γιά διάφορες ἀσθένειες.

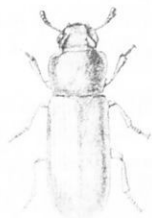
Ὁ Χῶρος, ὅπου ἕνας ὄργανισμός ζεῖ, ἀποτελεῖ τόν τέταρτο παράγοντα. Τό κουνέλι χρειάζεται ἐδαφος πού νά μπορεῖ νά τό σκάβει, νά κάνει τρύπες γιά νά κρυφτεῖ. Δέν μπορεῖ νά ζήσει σέ πετρώματα σκληρά πού δέν τοῦ ἐπιτρέπουν νά φτιάξει τρύπες. Τό πουλί χρειάζεται δέντρο γιά νά κάνει τή φωλιά του.

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

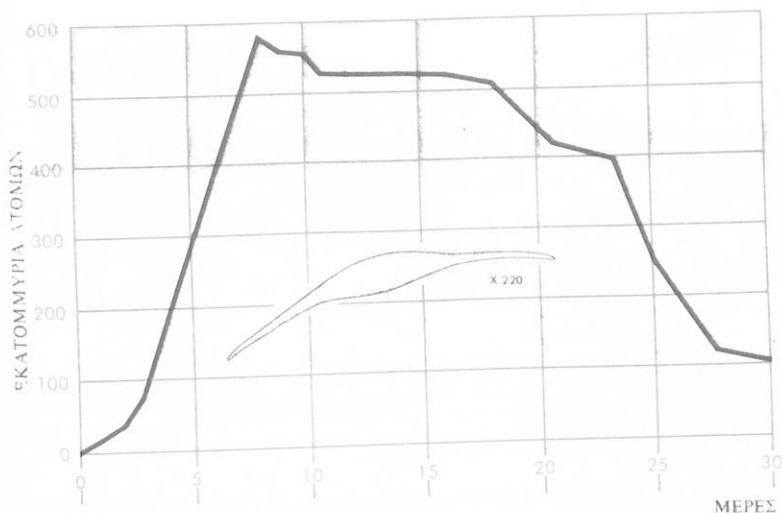
5.2 Οἱ ἄλλοι ὄργανισμοί τοῦ ἴδιου εἴδους: ὁ πληθυσμός

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 τὰ ἄτομα τοῦ ἄλλου φύλου πού θά συζευχθοῦν. Σ' αὐτόν τόν ἀνταγωνισμό νικοῦν, ἐπιβιώνουν καί ἀφήνουν πιο πολλοὺς ἀπογόνους τὰ πιο δυνατά ἢ τὰ πιο ἱκανά, πάντως τὰ πιο *προσαρμοσμένα στίς συνθήκες τῆς ζωῆς* πού ζοῦν. Γίνεται δηλαδή μιὰ φυσική *ἐπιλογή*. Ἀλλες φορές πάλι ὁ ἀριθμός ἀτόμων εἶναι τόσο μεγάλος πού οὔτε γιά τὰ πιο 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-

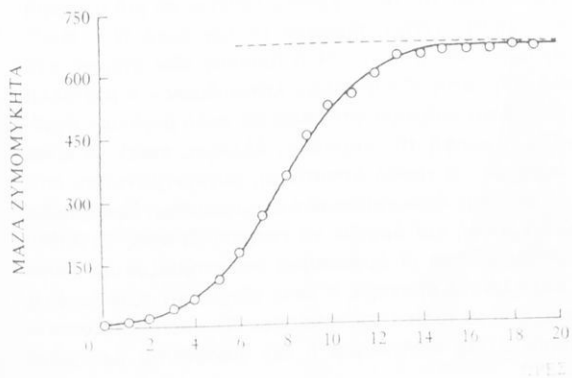


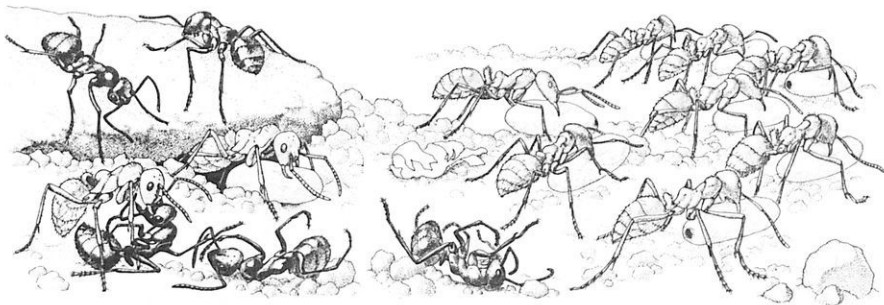
Εἰκόνα 131: Τό *Tribolium confusum* (ἔχει μήκος 3 χιλιοστia περίπου).



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

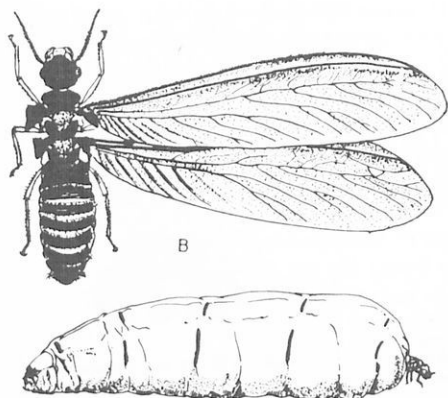
Εικόνα 133: Ή σιγμοειδής καμπύλη της αύξησης του πληθυσμού ζυμομυκήτων σέ μία καλλιέργεια.



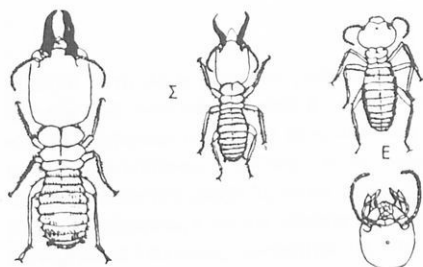


Εικόνα 134: Ἡ δούλωσις. Ἄτομα ἑνὸς εἴδους μυρμηγκίων (τὰ ανοιχτόχρωμα, Πολυεργός) ἐπιτίθενται καὶ λεηλατοῦν μιά φωλιά ἀτόμων ἄλλου εἴδους (σκοῦρα μυρμηγκία, Φόρμικα). Ὅσα ἀντιστέκονται στοὺς ἐπιδρομεῖς σκοτώνονται ἀπὸ αὐτοὺς. Συγχρόνως οἱ ἐπιδρομεῖς μεταφέρουν με τὶς δαγκανὲς τους τὰ «κουκουλῖα» δηλαδὴ τὶς νυμφεὲς τῆς Φόρμικας. Ὅταν στη φωλιά τοῦ Πολυεργοῦ βγοῦνε ἀπὸ τὰ κουκουλῖα οἱ Φόρμικες θὰ νομίζουν πὺς εἶναι Πολυεργοί, καὶ θὰ ὑπηρετοῦν σαν δοῦλοι τοὺς Πολυεργούς.

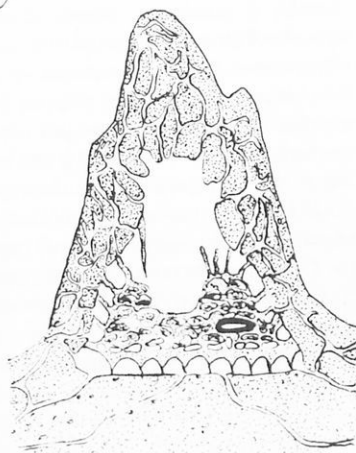
μῶν ἢ βακτηρίων σ' ἓνα ἐργαστηριακὸ πείραμα. Ἄν βάλομε σ' ἓνα μπουκάλι (ἢ δοκιμαστικὸ σωλήνα) ζωμὸ κρέατος (θρεπτικὸ ὑπόστρωμα) καὶ τὸ μολύνουμε μὲ βακτήρια μποροῦμε νὰ παρακολουθήσουμε μὲ διάφορες μεθόδους πόσο αὐξάνονται τὰ βακτήρια. Τὸ ἴδιο πείραμα μποροῦμε νὰ πραγματοποιήσουμε μὲ διάτομα (μικροσκοπικοὺς ὁργανισμοὺς). Ἡ, πάλι, ἂν σ' ἓνα κουτί μὲ ἄλευρι βάλομε αὐτὰ τὰ σκαθάρια πού τὸ τρῶνε καὶ πού τὰ ὀνομάζουμε συνήθως «ψεῖρες τοῦ ἄλευριτοῦ» (*Tribolium confusum*). Σ' ὅλες αὐτὲς τὶς περιπτώσεις ἡ καμπύλη τῆς αὐξήσεως εἶναι ἡ ἴδια. Στὴν ἀρχὴ τὰ ἄτομα εἶναι λίγα καὶ ἡ τροφή ἄφθονη: ἡ αὐξηση ἀκολουθεῖ τὴ γεωμετρικὴ πρόοδο, λέμε πὺς εἶναι ἐκθετικὴ ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων αὐξάνεται, σὲ συνάρτηση μὲ τὸ χρόνο, σάν νὰ ἦταν ὁ χρόνος ἐκθέτης σὲ μιά σταθερὴ ποσότητα, δηλαδὴ 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 μιὰ σταθερὴ – ἡ βάση τῶν φυσικῶν λογαριθμῶν – a μιὰ ἄλλη σταθερὴ καὶ t ὁ χρόνος. Ἐτσι γρήγορα φτάνουμε σὲ πολὺ μεγάλους ἀριθμοὺς ἀλλὰ καὶ γρήγορα ἡ μορφή τῆς καμπύλης ἀλλάζει, παύει νὰ εἶναι ἐκθετικὴ, ἡ αὐξηση φρενάρει: ἡ τροφή λιγοστεύει, συγκεντρώνονται στὸ χῶρο προϊόντα τοξικά ἀπὸ τὴν ἀπέκκριση τῶν ὁργανισμῶν. Ἡ καμπύλη φτάνει γρήγορα σὲ μιὰ κορυφὴ καὶ ἀρχίζει νὰ κατρακυλᾷ πρὸς τὸ μηδέν ὅσο ἡ τροφή ἐλαττώνεται κι ὅσο οἱ ὁργανισμοὶ δηλητηριάζονται. Αὐτὸ βέβαια συμβαίνει σ' ἓνα κλειστὸ σύστημα, σ' ἓναν πληθυσμὸ στὸν ὁποῖο ἡ τροφή δὲν ἀνανεώνεται, πού τὰ τοξικά του προϊόντα δὲν «μεταβολίζονται» δηλαδὴ δὲν τὰ διασποῦν ἄλλοι ὁργανισμοὶ ἢ δὲν διασπῶνται ἀπὸ μόνα τους.

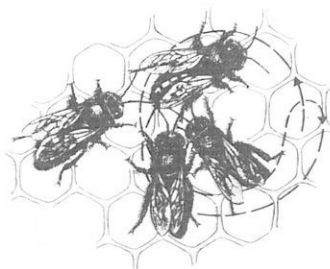


Εικόνα 135: Διάφορες μορφές
τερμιτών που ζούν στην ίδια
κοινωνία. Βασίλισσες (B) πρίν
γονιποποιηθούν κι όταν γεν-
νούν αυγά, στρατιώτες (Σ) και
ἐργάτριες (Ε). Μεγέθυνση του
κεφαλιού μίας ἐργάτριας.

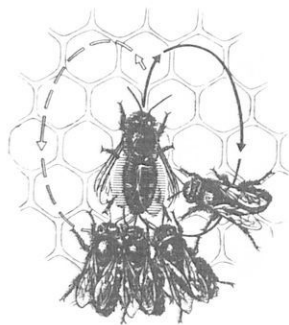


Εικόνα 136: Τομή μιάς φωλιάς κοινωνίας
ἀφρικανικὸν τερμιτῶν.





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.

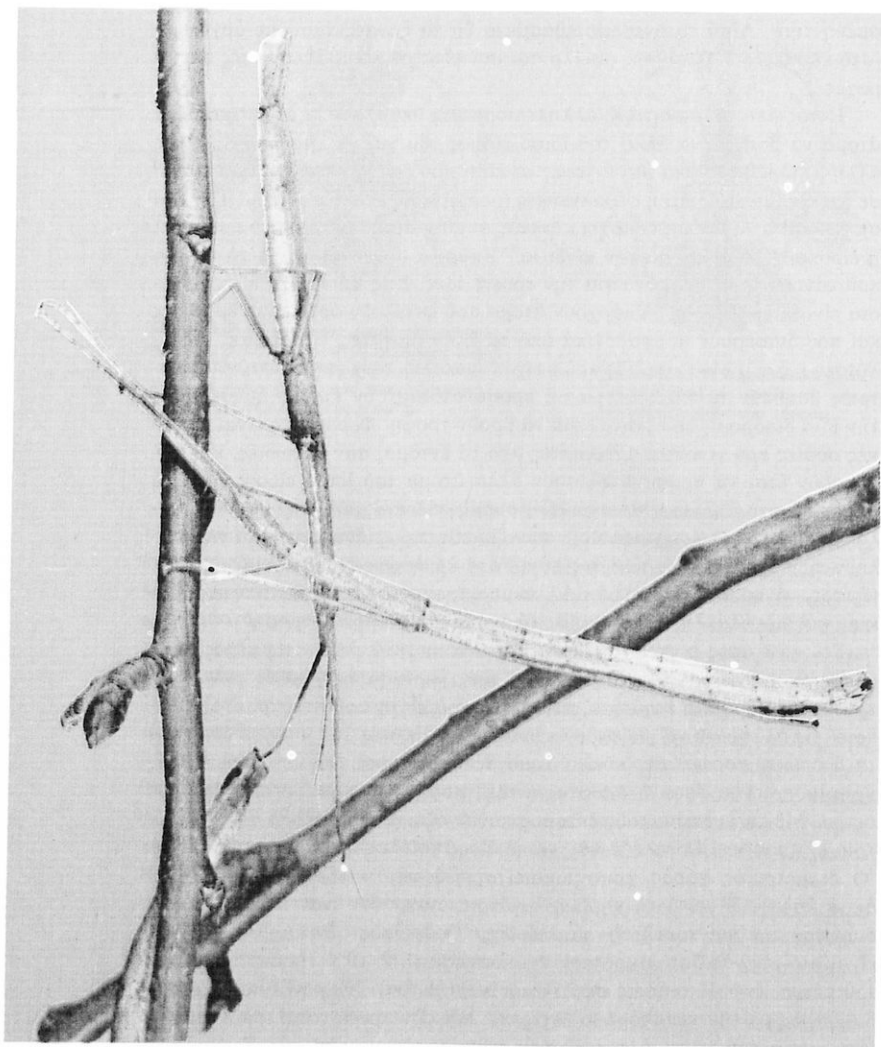
Στή φύση οί πληθυσμοί δέν είναι συνήθως συστήματα κλειστά, δηλαδή τά τοξικά τους προϊόντα μεταβολίζονται ή απομακρύνονται άπ' αυτούς, ένδ περιοδικά τους προσφέρεται μιά όρισμένη ποσότητα τροφής. Κάτι τέτοιο προσπαθούμε στό έργαστήριο νά μιμηθούμε χρησιμοποιώντας τό «χημειοστάτη», ένα όργανο σάν μπουκάλι 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 αυξανόμενο, δηλαδή μπορούμε νά έχουμε έναν πληθυσμό σταθερού μεγέθους. Μετά την έκθετική αύξηση βλέπουμε κι εδώ ένα φρενάρισμα καί τό φτάσιμο του πληθυσμού σέ μιά μέγιστη τιμή που την κρατά ό πληθυσμός γιά πολύ χρόνο. 'Η καμπύλη της αύξήσεως θυμίζει τό λατινικό γράμμα S καί γι' αυτό ονομάζεται σιγμοειδής.

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

σμένη τιμή. Αυτά τὰ ἀνεβοκατεβάσματα θά τὰ ξαναξετάσουμε ἀργότερα (στό κεφάλαιο 5.4) πάντως ὀφείλονται συνήθως σέ περιβαλλοντικές διαταραχές.

Ἐκτός ἀπό τίς ἀρνητικές ἀλληλεπιδράσεις ὑπάρχουν κι οἱ θετικές: ἕνα ἄτομο νά βοηθᾷ ἕνα ἄλλο τοῦ ἴδιου εἶδους του γιά νά ζήσει. Οἱ θετικές ἀλληλεπιδράσεις εἶναι πιο ἔντονες σέ εἶδη πού ζοῦν σέ **σμήνη**, (πούλι) ἢ σέ **ἀγέλες** (θηλαστικά) ἢ σέ **κοινωνίες** (μυρμήγκια, μέλισσες, τερμίτες). Στά σμήνη καί στίς ἀγέλες ὑπάρχει κάποιος συντονισμός, κάποιο ἄτομο ὁδηγεῖ ἢ εἰδοποιεῖ τὰ ἄλλα γιά τόν κίνδυνο. Ὑπάρχει συνεργασία γιά τό κυνήγι πού κάνουν τὰ σαρκοφάγα γιά τήν τροφή τους. Στίς κοινωνίες ἡ συνεργασία εἶναι μεγαλύτερη. Ὑπάρχουν ἄτομα πού ἐκτελοῦν ὀρισμένες ἐργασίες καί πού διαφέρουν μορφολογικά ἀπό τὰ ἄλλα (ἐργάτες, στρατιώτες, βασιλίσσες κ.ο.κ.). Μέ μυρωδιές πού ἀφήνει ἡ κοιλιά τους (**φερομόνη**) οἱ ἐργάτριες βοηθοῦν τὰ ἄλλα ἄτομα νά προσανατολιστοῦν καί νά ξανακάνουν τήν ἴδια διαδρομή πού ἔκαναν γιά νά βροῦν τροφή. Φερομόνες εἶναι πτητικές οὐσίες πού γίνονται ἀντιληπτές ἀπό τὰ ἔντομα, σάν μυρωδιές, καί πού μποροῦν ἔτσι νά προσανατολίσουν ἄλλα ἄτομα τοῦ ἴδιου εἶδους, λ.χ. τὰ ἄρσενικά στό θηλυκό. Μερικά εἶδη μυρμηγκιῶν αἰχμαλωτίζουν ἄλλα ἄλλου εἶδους καί τὰ χρησιμοποιοῦν σάν δούλους τους (**δούλωσι**) γιά νά ἐκτελοῦν τίς ἐργασίες πού συνήθως κάνουν οἱ ἐργάτριες (νά τρέφουν τίς προνύμφες, νά καθαρίζουν κτλ.). Ἄλλα μυρμήγκια τὰ «στρατιωτικά μυρμήγκια» κάνουν ὁλόκληρες ἐπιδρομές ὅλα μαζί γιά νά βροῦν τροφή.

Στίς μέλισσες ὁ φόν Φρίς (Karl von Frisch 1886 – ζεῖ στίς μέρες μας), αὐστριακός ἔντομολόγος, ἀνακάλυψε τοὺς περίφημους χορούς τῶν ἐργατριῶν. Μέ χορό μιά ἐργάτρια, πού βρῆκε μιά πηγή ἀφθονῆς τροφῆς, εἰδοποιεῖ τίς ἄλλες γιά νά μαζέψουν κι αὐτές. Οἱ εἰκόνες 137 καί 138 δείχνουν τὰ δυό εἶδη χορῶν, τόν κυκλικό καί τό διαμετρικό. Ὁ κυκλικός χορός χρησιμοποιεῖται ὅταν ἡ ἀπόσταση τῆς τροφῆς εἶναι μικρότερη ἀπό 100 μέτρα. Μέ τή μυρωδιά τοῦ νέκταρος πού βγάζει ἀπό τό στόμα της ἡ ἐργάτρια πληροφορεῖ ἐπί πλέον καί γιά τό εἶδος τοῦ λουλουδιοῦ πού βόσκησε. Ὁ διαμετρικός χορός χρησιμοποιεῖται γιά τήν ὑπόδειξη μεγαλύτερων ἀποστάσεων. Σ' αὐτό τό χορό ἡ ἐργάτρια διαγράφει ἕναν κύκλο καί μιά διάμετρό του καί κουνᾷ τήν κοιλιά της. Ὁ ἀριθμός τῶν κινήσεων αὐτῶν εἶναι πιο συχνός ὅσο μικρότερη ἡ ἀπόσταση (λ.χ. 10 κινήσεις σέ 25" γιά 150 μέτρα, ἐνῶ 4 κινήσεις σέ 25" γιά 2.000 μέτρα). Ἡ γωνία πού κάνει ἡ διάμετρος μέ τήν κατακόρυφο ἐπιτρέπει καί τόν προσανατολισμό: εἶναι ἡ ἴδια γωνία πού κάνει ἡ κατεύθυνση τῆς τροφῆς μέ τήν κατεύθυνση τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων.

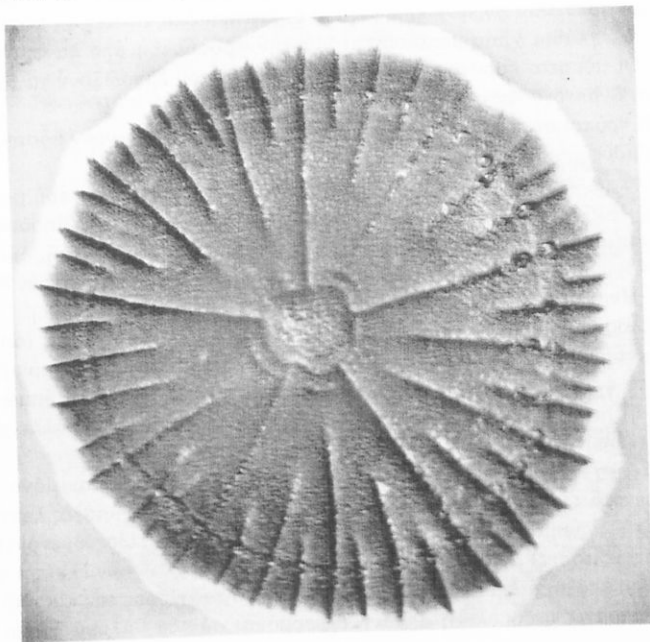


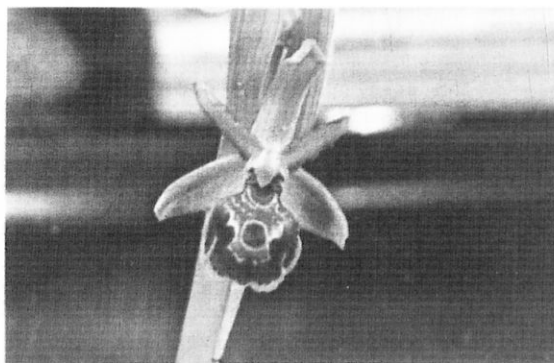
Εικόνα 139: Ένα έντομο που ανήκει σε μία ομάδα που ονομάζεται Φάσματα, ο Βάκιλλος του Ροσσί (*Bacillus rossii*), μοιάζει με κλαδιά δέντρου σε πληρή άκίνηση. Χαρακτηριστική περιπλοκή καμουφλαζ που πετυχαίνεται με το σχήμα του σώματος και το χρώμα του έντομου. Έτσι αποφεύγει τα πουλιά που το τρώνε. Στην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

5.3 Σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών

Μεταξύ ατόμων που ανήκουν σε διαφορετικά είδη μπορεί να υπάρχουν διάφορου είδους αλληλεπιδράσεις. Ένα συνηθισμένο είδος αρνητικής σχέσεως είναι το **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 αντίστασεως στα παθογόνα μικρόβιά τους, παράγουν **αντισώματα**. 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 ζουν 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 διώκτες τους.

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





Εικόνα 141: Όρχεοειδές ένδημικο της χώρας μας (*Ophrys sphecodes* ssp. *hebes*).

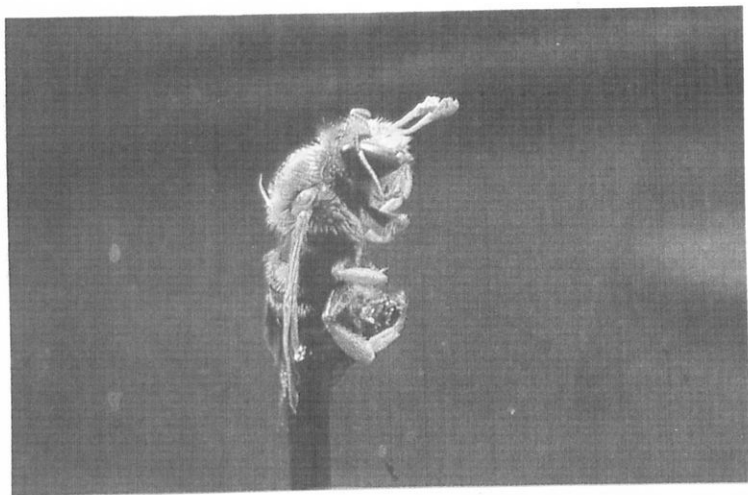
“Άλλες πεταλούδες κι άλλα έντομα παρουσιάζουν τό φαινόμενο της μικρίας γιά τό όποιο επίσης μιλήσαμε. Οί μηχανισμοί άμυνας είναι πολλοί. Ή φυγή, τά νύχια, τά δόντια μπορούν νά χρησιμοποιηθοούν όπως και οί ηλεκτρικές έκκενώσεις στίς μουδιάστρες (σελάχια, ψάρια τών δικών μας και τών τροπικών χωρών). Στά φυτά οί δηλητηριώδεις ουσίες, οί έννοχλητικές, τά άγκάθια χρησιμοποιούνται γιά τήν προφύλαξη άπό τά φυτοφάγα ζώα. Οί μύκητες παράγουν **άντιβιοτικά**, ουσίες πού έμποδίζουν τά βακτήρια νά άναπτυχθοούν.

Οί τρόποι αυτοί άντιστάσεως, άμυνας, καμουφλάζ δείχνουν πόσους μηχανισμούς μπορεί νά δημιουργήσει ή φυσική έπιλογή.

Ένα άλλο άρνητικό είδος σχέσεως είναι ό **παρασιτισμός**, πού μοιάζει πολύ (μερικοί τή θεωρούν και ταυτόσημη) μέ τή σχέση θηράματος-θηρευτή. Άποβαίνει πάντα σέ βάρος του ένός είδους, του **ξενιστή**, άπό τόν όποιο τρέφεται τό παράσιτο. Τά παθογόνα μικρόβια, πού προκαλοούν ασθένειες, είναι κι αυτά παράσιτα.

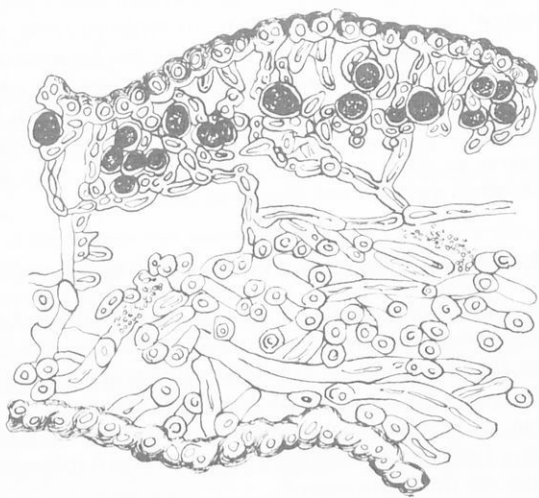
Τέλος μπορεί νά ύπάρχει ένα είδος θετικής άλληλεξαρτήσεως (συμβολής) μεταξύ άτόμων διαφορετικών ειδών: τά έντομόφιλα φυτά έπικονιάζονται άπό έντομα, τών όποίων ή παρουσία είναι άναγκαία γιά τή διαιώνισή τους. Γι' αυτό οί μέλισσες αϋξαιίνουν τή γονιμότητα πολλών καλλιεργουμένων φυτών.

Τά όρχεοειδή (σερنيκοβότανα, σαλέπια) γονιμοποιούνται μόνο άπό όρισμένα έντομα. Ό Ντάρβιν άπό τά 1860 γνώριζε τίς θαυμαστές λεπτομέρειες της γονιμοποίησής τους. Τό άρσενικό έντομο (είδος ύμενόπτερου σάν τίς μέλισσες) στήν περίπτωση πολλών ειδών όρχεοειδών έλκεται γιαντί τό άνθος άπό τή μιά μεριά μοιάζει μέ τό θηλυκό του είδους του και άπό τήν άλλη παράγει σεξουαλική όρμόνη (φερομόνη) σάν τά θηλυκά άτομα του

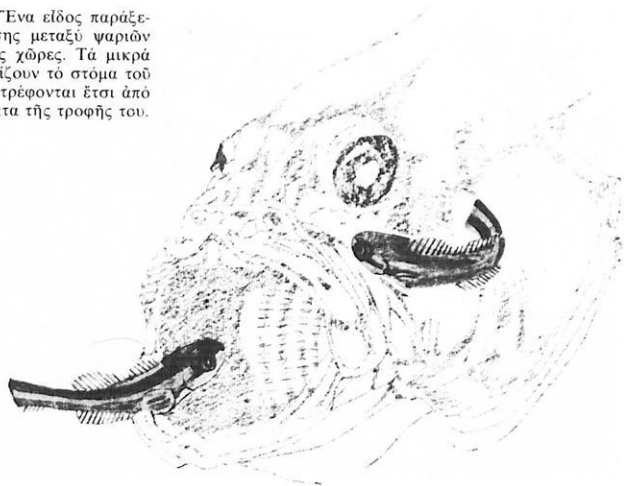


Εικόνα 142: Άρσενικό ύμενόπτερο με κολλημένα στο κεφάλι του δύο κερατάκια: είναι τα γυρεοφόρα συγκροτήματα ενός όρχεοειδούς με το οποίο έκανε ψευδοσυνουσία.

Εικόνα 143: Τομή λειχήνα. Με μαύρο είναι ζωγραφισμένο το φύκος, με λευκό ο μύκητας.



Εικόνα 144: Ένα είδος παράξενης συμβίωσης μεταξύ ψαριών στις τροπικές χώρες. Τα μικρά ψάρια καθαρίζουν το στόμα του μεγάλου και τρέφονται έτσι από τα υπολείμματα της τροφής του.

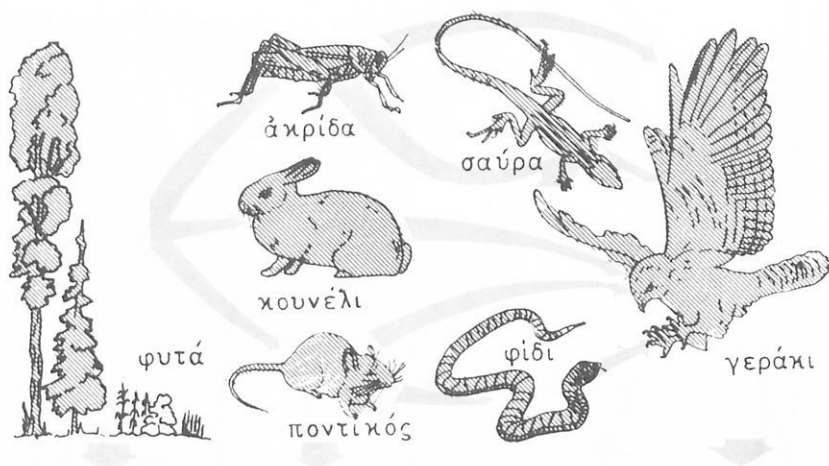


ειδους του. Με τίς κινήσεις που κάνει κατά την ψευδοσυνουσία για να γονιμοποιήσει το ήδηθεν θηλυκό του καταλήγει ν' αγγίξει με το κεφάλι του ή την κοιλιά του τους άνθρες. Με ένα καταπληκτικό μηχανισμό κολλούν στο μέρος του σώματος του έντομου που τους άγγιξε γυρεοφόρα συγκροτήματα (μάζες από γύρη). Μόλις το έντομο επισκεφτεί άλλο άνθος το γονιμοποιεί με τη γύρη που μ' αυτόν τον περίεργο τρόπο μεταφέρει.

Η συμβίωση είναι τέλος μία σχέση δυό διαφορετικών οργανισμών που ζούν ό ένας δίπλα στον άλλο, για κοινή τους όφέλεια. Τά άζωτόλογα βακτήρια με τά ψυχανθή αποτελούν ένα παράδειγμα. Οί λειχήνες αποτελούνται από ένα φύκος κι ένα μύκητα, που συμβιών. Ένα είδος πουλιού συμβιώνει με τό ρινόκερο και κάθετα διαρκώς στην πλάτη του: τρώει τά παράσιτα που ζούν στο δέρμα του ζώου.

5.4 Θήραμα, θηρευτής κι άλυσίδες τροφής

Η ταξινόμηση των οργανισμών, τό σύστημα δηλαδή της κατατάξεως, που υιοθετήσαμε στην άρχή του Κεφαλαίου για την Έξέλιξη (4.1), κοντά στ' άλλα βασίζεται και στο διαφορετικό τρόπο διατροφής των οργανισμών. Έτσι τά τρία κύρια κλαδιά του (Φυτά, Μύκητες και Ζώα) που βγαίνουν από τον κεντρικό κορμό (Μονήρη, Πρώτιστα) δείχνουν και τρεις διαφορετικούς τρόπους διατροφής: τό φωτοσυνθετικό (αυτοτροφικό), τό σαπροφυτικό και τον έτεροτροφικό.



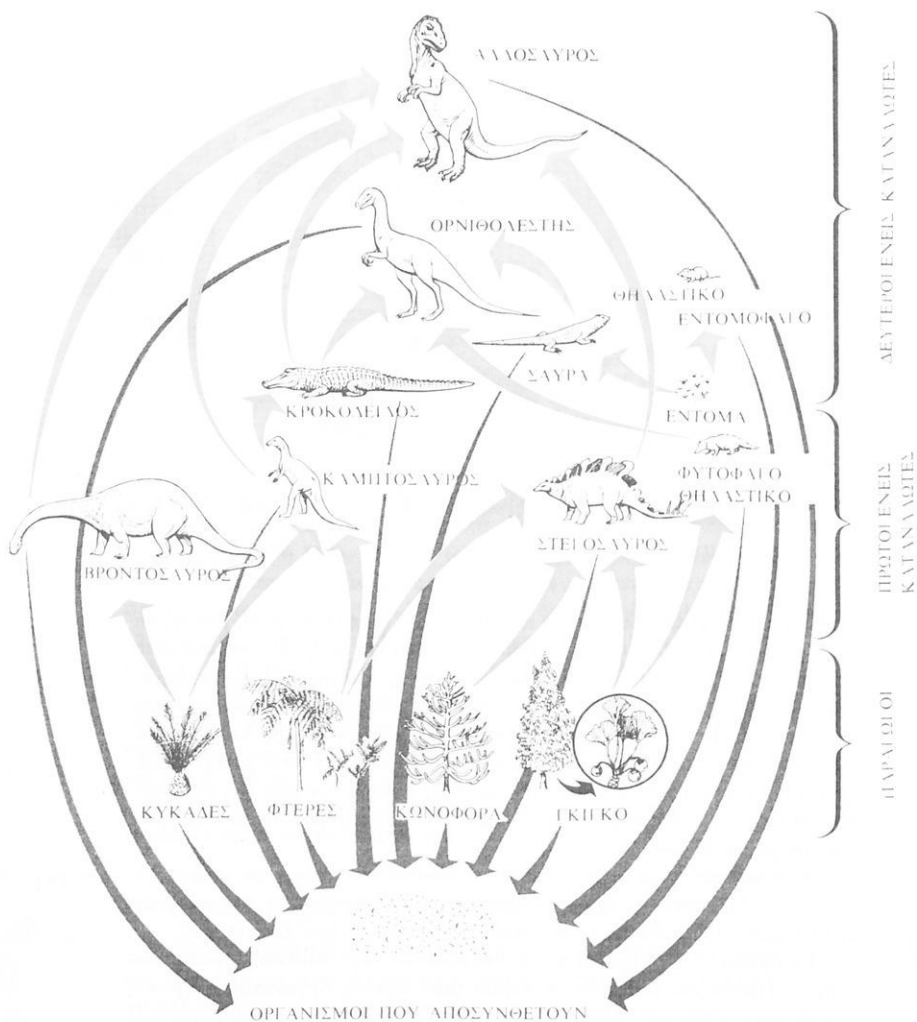
ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΠΟΣΥΝΘΕΤΟΥΝ

Εικόνα 145: 'Αλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα.

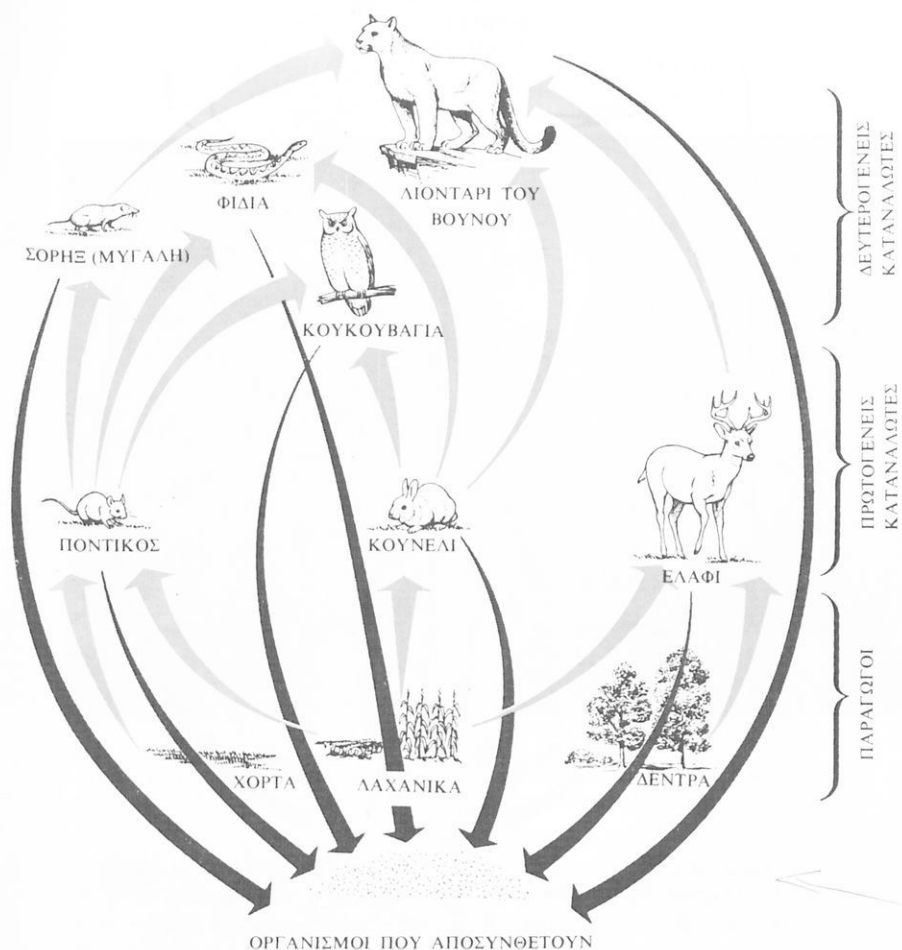
Τά πράσινα φυτά αλλά και τά πράσινα, φαιά (καφέ), κίτρινα, ροδόχροα φύκη και τά κυανοφύκη φωτοσυνθέτουν: μέ νερό και διοξειδίο του άνθρακα και παίρνοντας ενέργεια από τίς ήλιακές ακτίνες, κατασκευάζουν τίς οργανικές τους ουσίες. Τίς ανόργανες ουσίες πού χρειάζονται τίς παίρνουν από τό έδαφος ή τή θάλασσα. Μερικά βακτήρια μπορούν επίσης από ανόργανες ουσίες νά κατασκευάσουν οργανικές (είναι κι αυτά **αυτότροφα**): παίρνουν τήν ενέργεια από δξειδώσεις (καύσεις) ανοργάνων ουσιών, (άζωτούχων, θειούχων, σιδηρούχων και άλλων). Οί αυτότροφοι οργανισμοί δέν ζούν σέ βάρος άλλων.

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

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



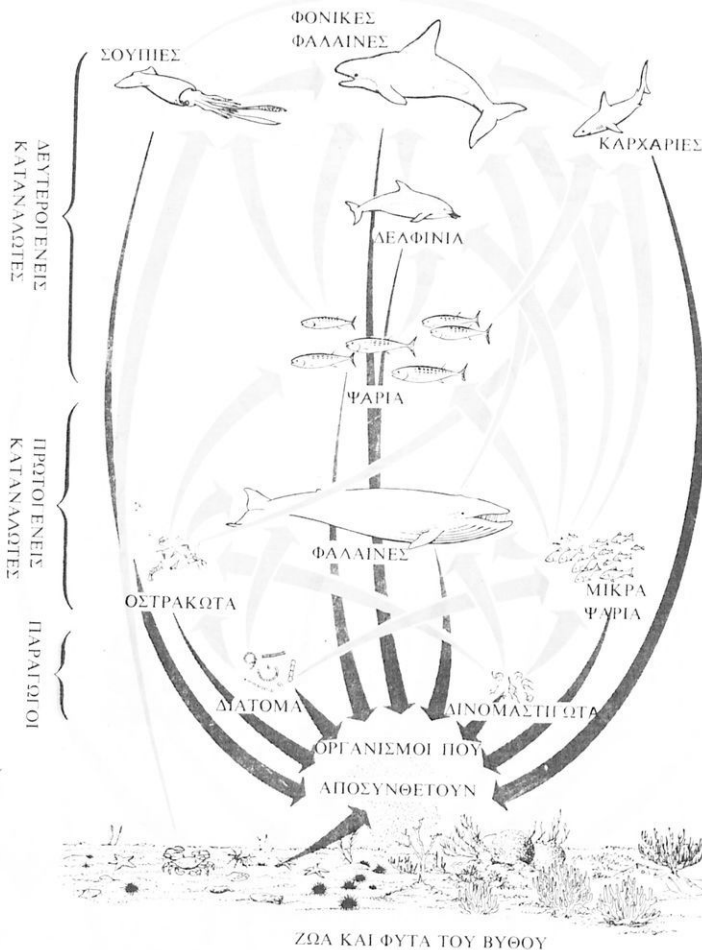
Εικόνα 146: Άλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα με δεινόσαυρους. Άπ' ό,τι πληροφορίες έχουμε κάπως έτσι θα 'πρεπε στην Ίουρασική περίοδο νά 'ναι οι σχέσεις θηραματος-θηρευτή.



Εικόνα 147: Πλέγμα άλυσίδων τροφής πύο πολύπλοκο από εκείνο τής εικόνας 145.

Σέ μιά βιωτική κοινότητα τά διάφορα είδη συνδέονται μεταξύ τους μέ σχέσεις θηράματος καί θηρευτή. "Αν ενώσουμε μέ τόξα μεταξύ τους τά διάφορα είδη πού τρώγονται μέ αυτά πού τά τρώνε, θά μπορέσουμε νά σχηματίσουμε τίς άλυσίδες τροφής. "Ένα τμήμα μιάς τέτοιας άλυσίδας είναι ή σειρά: φυτό-τροφτικό-φίδι-γεράκι. "Ενώνοντας μέ τόξα όλα τά είδη πού τρώγονται καί πού τρώνε, σχηματίζοντας δηλαδή όλες τίς άλυσίδες τής τροφής, φτιάχνουμε ένα πολύπλοκο πλέγμα, πού έχει σχήμα πυραμίδας. Στή βάση αυτής τής πυραμίδας βρίσκονται τά αυτότροφα φυτά. "Υστερα έρχονται οί φυτοφάγοι οργανισμοί. "Αμέσως μετά οί σαρκοφάγοι, δηλαδή

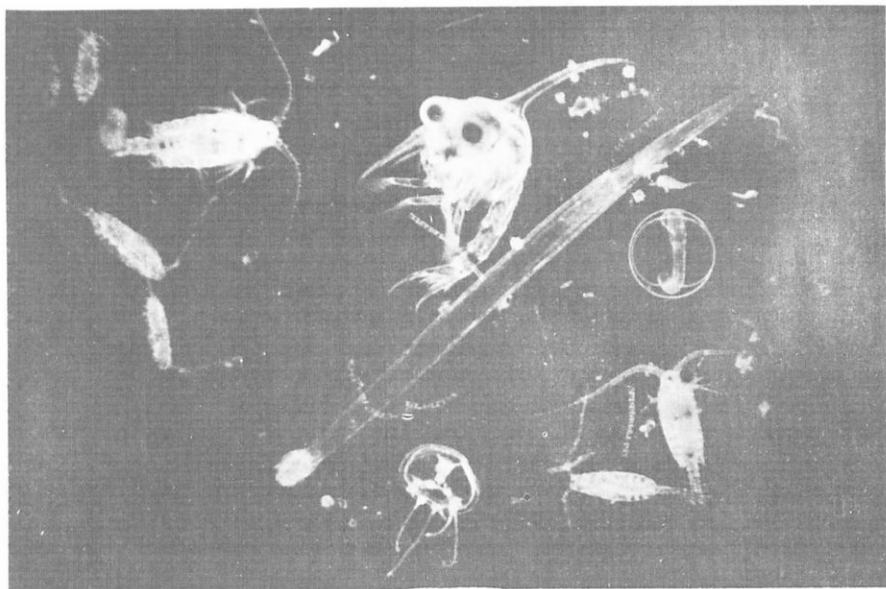




Εικόνα 148: Άλυσίδες τροφής στους ωκεανούς.

όλοι οι έτερότροφοι οργανισμοί (αυτοί που έχουν σαν τροφή τους άλλους οργανισμούς). Η κάθε μία 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,

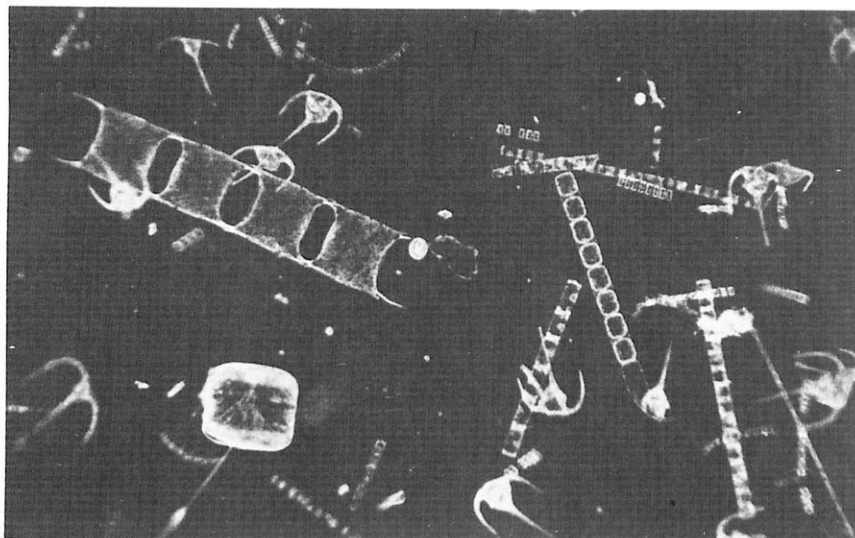


Εικόνα 149: Ζωοπλαγκτό. Πάνω στο μέσο μία προνύμφη καβουριοῦ, ἀπὸ κάτω ἕνας σκόλη-
κας. Βλέπει κανεῖς καὶ πέντε μικρὰ ὀστρακωτά (κωπήποδα) δύο κάτω δεξιὰ τὰ ἄλλα πάνω
ἀριστερά. Κάτω στη μέση μία προνύμφη ἄλλου θαλάσσιου ζώου σάν μικρὴ μεδούσα.

γεράκια...) (δευτερογενεῖς καταναλωτές). Μερικές φορές υπάρχουν καὶ **τρι-
τογενεῖς καταναλωτές**: σαρκοφάγα πού τρῶνε ἄλλα σαρκοφάγα. Ἔτσι ἂν
ἐξαιρέσουμε τοὺς ὁργανισμοὺς πού ἀποσυνθέτουν, τοὺς σαπροφυτικούς
(βακτήρια, μύκητες), βλέπουμε πὼς τὸ πλέγμα αὐτὸ ἔχει 3 ἢ 4 σκαλιὰ:
παραγωγοὶ καὶ δύο- τρεῖς τάξεις καταναλωτῶν.

Ἕνα ἄλλο πλέγμα μποροῦμε νὰ κατασκευάσουμε, ἀπὸ ὅσες γνώσεις
ἔχουμε, γιὰ τὴν ἐποχὴ τῶν δεινοσαύρων: Τὰ φυτὰ (κυκάδες, φτέρες, κωνο-
φόρα, γκίγκο) τρώγονται ἀπὸ διάφορα εἶδη φυτοφάγων ζῶων (βραγχόσαυ-
ροι, καμπτόσαυροι, στεγόσαυροι, ἔντομα, μικρὰ φυτοφάγα θηλαστικά).
Αὐτὰ πάλι μὲ τὴ σειρὰ τους τρώγονται ἀπὸ σαρκοφάγα πού ἀποτελοῦν
ἕνα-δύο σκαλιὰ (γιατί τὸ ἴδιο σαρκοφάγο μπορεῖ νὰ τρῶει φυτοφάγο καὶ
συγχρόνως ἄλλο σαρκοφάγο).

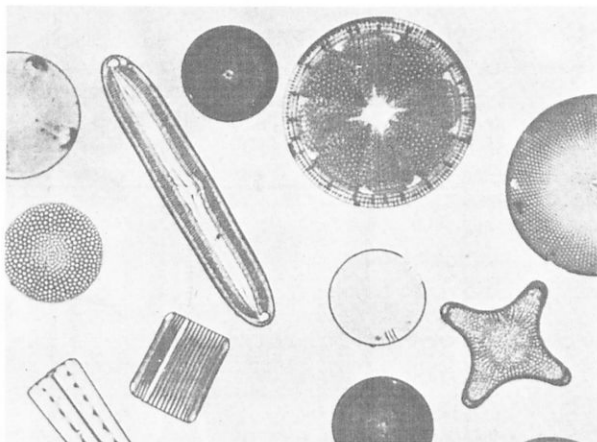
Στοὺς ὠκεανούς μποροῦμε νὰ βροῦμε ἴσαμε 5 σκαλιὰ. Τὸ περιβάλλον
τῶν ὠκεανῶν εἶναι τὸ πιὸ σταθερὸ καὶ τὸ πιὸ παραγωγικόν. Τοὺς παραγω-
γούς ἀποτελοῦν διάφορα φύκη ἀλλὰ κυρίως δύο λογίων ὁργανισμοί: διά-



Εικόνα 150: Φυτοπλαγκτό: Διάτομα και δινωμαστιγωτά. Τά δινωμαστιγωτά μοιάζουν με άξινες. Όλα τὰ ἄλλα εἶναι διάτομα.

τομα (μονοκύτταροι ὀργανισμοί πού ἀνήκουν στά φύκη, μποροῦν νά φωτοσυνθέτουν κι ἔχουν περιβλήματα ἀπό πυρίτιο πού παίρνουν πολὺ ὁμορφες, διακοσμητικές καί συμμετρικές μορφές) καί **δινωμαστιγωτά** (ἔχουν δυό μα- στίγια καί πολλὰ ἀπὸ αὐτά φωτοσυνθέτουν, στήν εἰκόνα εἶναι ἐκεῖνα πού μοιάζουν μέ μικρές στρογγυλεμένες ἄξινες, μέ κάπως χοντρύτερο τό ση- μεῖο πού ἐνώνεται τό «χέρι» μέ τό «σίδερο τῆς ἄξινας»). Ὑπάρχουν πολλὰ εἶδη διατόμων καί δινωμαστιγωτῶν ἀλλά σημαντικότερο εἶναι πὼς ὑπάρ- χουν πολλὰ ἄτομά τους: 85% τῆς φωτοσύνθεσης στὸν πλανήτη μας γίνεται ἀπὸ αὐτά, (τό ὑπόλοιπο 15% ἀπὸ τὰ χερσαῖα φυτά, κυρίως στά δάση). Ἀποτελοῦν μέρος τοῦ **πλαγκτοῦ** (λέξη πού προέρχεται ἀπὸ τό ἐλληνικό ρῆμα πλανῶμαι, γιατί παρασύρονται ἀπὸ τὰ θαλάσσια ρεύματα) καί ειδικό- τερα τό **φυτοπλαγκτό**. Αὐτό τρώγεται ἀπὸ τό **ζωοπλαγκτό** (προνύμφες κα- βουριῶν, λ.χ. κύκλωπες, pronύμφες ἄλλων ὀστρακοτῶν λ.χ. ναύπλιοι, μι- κροὶ σκόλῃκες, μέδουσες καί λογῆς λογῆς μικρές ἢ pronυμφικές μορφές διάφορων ζώων), κι ἀπὸ **μικρά ψάρια**, ἀκόμα κι ἀπὸ **φάλαινες**. Τό ζω- οπλαγκτό καί τὰ μικρά ψάρια τρώγονται ἀπὸ **μεγαλύτερα ψάρια**. Τά **δελφί- νια**, οἱ **καρχαρίες** καί οἱ **μεγάλες σουπιές**, τρῶνε τὰ μεγαλύτερα ψάρια. Τέ-

Εικόνα 151: Διάτομα που δείχνουν τα ωραιότερα συμμετρικά σχήματά τους ($\times 610$).



λος οί φονικές φάλαινες τρώνε τούς καρχαρίες, τίς μεγάλες σουπιές, τά δελφίνια καί τά ψάρια. Στό βυθό βακτήρια, καβούρια κι ἄλλοι ὀργανισμοί ἀποσυνθέτουν καί τρώνε τά πτώματα. Αὐτοί οί ὀργανισμοί πού ζοῦν στό βυθό ὀνομάζονται **βένθος**.

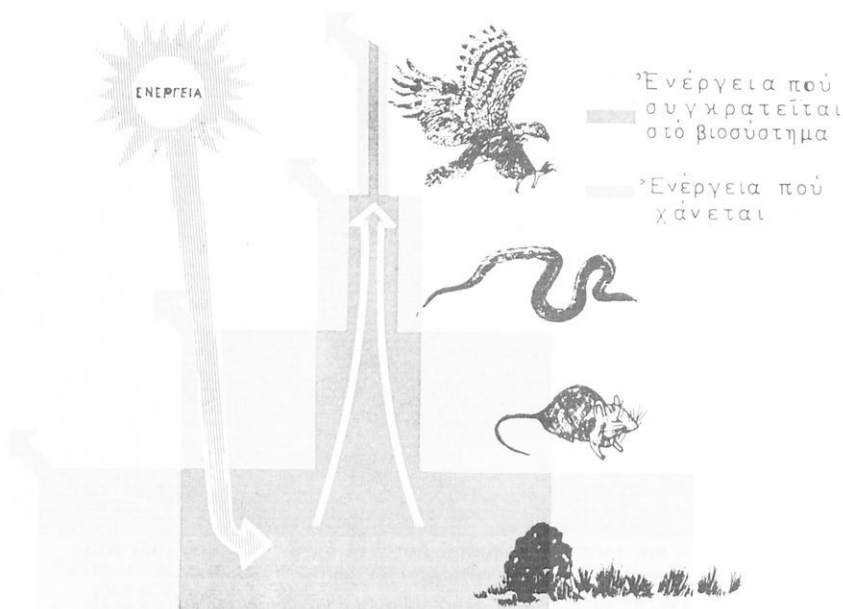
Ὅπως βλέπουμε τά πλέγματα περιλαμβάνουν καί ἀναστομώσεις καί εἶναι ἄρκετά πολὺπλοκα: ἓνα εἶδος τρέφεται συχνά ἀπὸ περισσότερα εἶδη ὀργανισμῶν.

Ἕνας φυτοφάγος ὀργανισμός γιὰ νὰ μπορέσει νὰ ζήσει χρειάζεται σάν τροφή πολὺ μεγαλύτερη μάζα φυτικοῦ ὕλικου ἀπὸ ὅ,τι εἶναι ἡ δική του ἢ μάζα.

Σέ κάθε σκαλί τοῦ πλέγματος ἡ ζωντανή μάζα τῶν ὀργανισμῶν ἐλαττώνεται πρὸς τὴν κορυφή τῆς πυραμίδας. Γι' αὐτὸ τελειώνει κι ἡ ἀλυσίδα, γιατί δὲν ὑπάρχει ἄρκετὴ ζωντανή μάζα ὕλικου γιὰ νὰ τραφεῖ ἄλλος ὀργανισμός ἀπὸ τὸ τελευταῖο σκαλί. Ὑπολογίστηκε ὅτι σέ κάθε σκαλί (τροφικὸ ἐπίπεδο) στοὺς ὠκεανούς τῆς γῆς κάθε χρόνο παράγεται μάζα (πὺλ) μετρίετα σέ ἑκατομμύρια 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

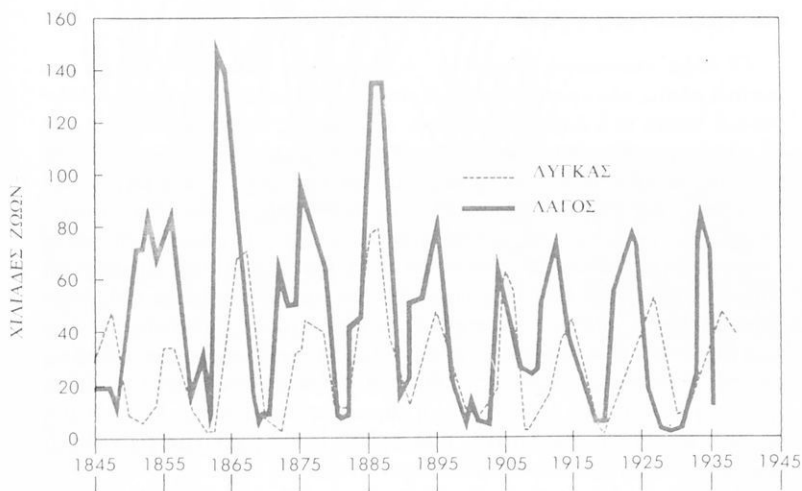
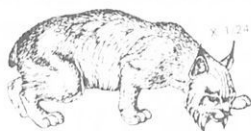
Οἱ τροφικές ἀλυσίδες μᾶς δείχνουν πῶς μεταφέρεται ἡ ἐνέργεια ἀπὸ σκαλί σέ σκαλί. Ἡ ἡλιακὴ ἐνέργεια δὲν χρησιμοποιεῖται ὅλη ἀπὸ τά φυτά



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

παρά μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό που χρησιμεύει για σύνθεση των οργανικών ενώσεων, στίς όποιες και αποθηκεύεται. Άλλα και τα φυτοφάγα ζώα χρησιμοποιούν μόνο ένα μικρό μέρος ήλιακής ενέργειας, που έχει εναποτεθεί στίς φυτικές οργανικές ενώσεις. Σε κάθε σκαλί της αλυσίδας ή ενέργεια που χρησιμοποιείται διαρκώς ελαττώνεται. Έτσι μπρομέ να δομέ την αλυσίδα της τροφής σάν μιά σειρά από φαινόμενα, όπου διαρκώς ελαττώνεται τό ποσόν της ενέργειας που χρησιμοποιείται.

Αυτή είναι ή αντιμετώπιση της τροφικής αλυσίδας από την ενεργειακή άποψη. Άλλά και ή ύλη αλλάζει μέσα στην τροφική αλυσίδα. Τά αμετάβλητα χημικά στοιχεία μετακινούνται διαρκώς στίς ενώσεις στίς όποιες απαντούνται: από τίς ανόργανες μεταβαίνουν σε οργανικές και ξανά σε ανόργανες ενώσεις. Έχουμε τούς κύκλους μεταβολής της ύλης γιά διάφορα στοιχεία που διαρκώς, μέ τό χρόνο, παρουσιάζονται σε διαφορετικά τμήματα του οικοσυστήματος. Τέτοιοι κύκλοι είναι του άνθρακα, του άζώτου, του φωσφόρου. Ίδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει τό όξυγόνο. Ή



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

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

Οί τροφικές αλυσίδες μας δείχνουν και κάτι άλλο. "Αν ελαττωθεί υπερβολικά ο πληθυσμός ενός είδους, επέρχεται μία ανισορροπία στη βιοκοινότητα. Το παράσιτο ενός φυτού μπορεί να ζήσει 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 ελέγχουν το μέγεθος του πληθυσμού του.

Οί παλμικές (πάνω, κάτω) μεταβολές του αριθμού των ζώων μπορούν έτσι να εξηγηθούν. Οί λαγοί τρώγονται από τούς λύγκες που αυξάνονται αλλά τότε οί λαγοί ελαττώνονται. Με την ελάττωση των λαγών ή έλλειψη τροφής γίνεται αίσθητή κι οί λύγκες μειώνονται. Τότε είναι πού οί λαγοί

παίρνουν την πάνω βόλτα και έχοντας λίγους διώκτες αυξάνονται πάλι. Το 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 γούνες.

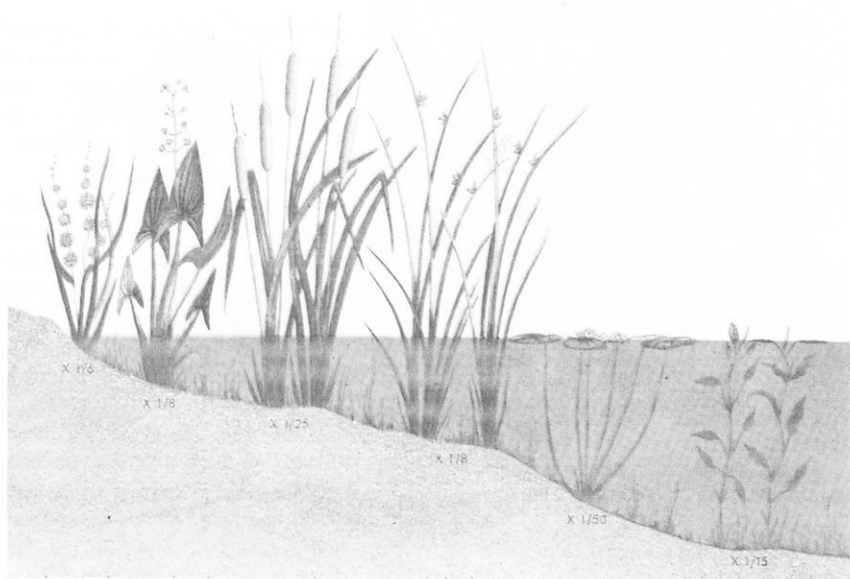
5.5 Οικολογική φωλιά - νόμος του Γκάουζε

Οί αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών ειδών μοιάζουν με συνεκτική ουσία, που κρατά ενωμένους τους πληθυσμούς των διάφορων ειδών όπως η λάσπη κι ο άσβεστος κρατούν κολλημένες τις πέτρες ενός τοίχου. Οί πληθυσμοί των διάφορων ειδών μας δίνουν την εικόνα ενός ενιαίου συνόλου, της βιοτικής κοινότητας, όπως οί κτισμένες πέτρες μας δίνουν την εικόνα του τοίχου. Κάθε πέτρα, κάθε πληθυσμός κατέχει στο οικοσύστημα μία όρισμένη θέση, μία **οικολογική φωλιά**. Η οικολογική φωλιά δεν αναφέρεται τόσο στην τοπογραφική εντόπιση όσο στη λειτουργική: Όπως σέ μία ανθρώπινη κοινωνία κάθε επαγγελματική ομάδα ανθρώπων χαρακτηρίζεται από μία δραστηριότητα και επιτελεί μία όρισμένη λειτουργία (άλλος είναι δηλαδή οδηγός, άλλος αγρότης, μαραγκός, πρέσβης, εργάτης, δάσκαλος, γιατρός κτλ.) έτσι και σ' ένα οικοσύστημα κάθε είδος τρώγει όρισμένα άλλα και τρώγεται ή παρασιτείται από άλλα. Αυτή είναι ή αληθινή έννοια της οικολογικής φωλιάς, της θέσεως που κατέχει κάθε είδος στο οικοσύστημα.

Ο ρώσος βιολόγος Γκάουζε (G. F. Gause, ζει στίς μέρες μας) διατύπωσε ένα σημαντικό νόμο: Στο ίδιο οικοσύστημα δεν μπορεί νά υπάρξουν δυό είδη που νά πιάνουν ακριβώς την ίδια οικολογική φωλιά. Τό ένα, τό πιό προσαρμοσμένο, θά κάνει τό άλλο νά εξαφανιστεί χάρι στο μηχανισμό της φυσικής επιλογής. Η όρθότητα του νόμου του Γκάουζε διαμφισβητείται σήμερα από μερικούς βιολόγους, κανένας όμως δεν διαμφισβητεί τή δράση της φυσικής επιλογής **που είναι εκείνη που φτιάχνει έτσι καλά προσαρμοσμένα μεταξύ τους τά διάφορα είδη του οικοσυστήματος**, ώστε οί αλληλεπιδράσεις τους νά κρατάνε σέ μεγάλη συνοχή όλο τό οικοσύστημα.

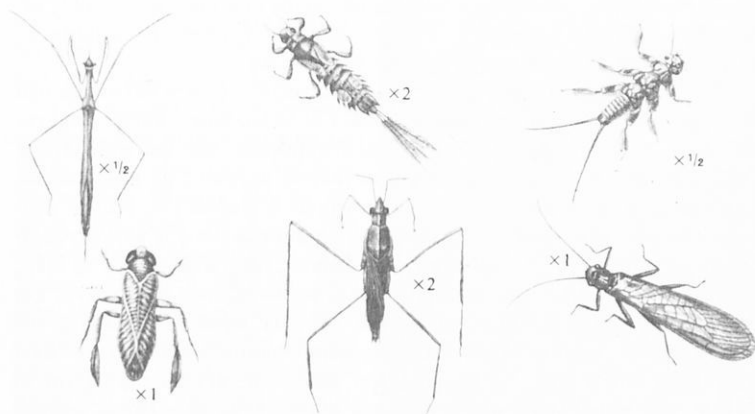
5.6 Οικοσυστήματα του νερού και της στεριάς

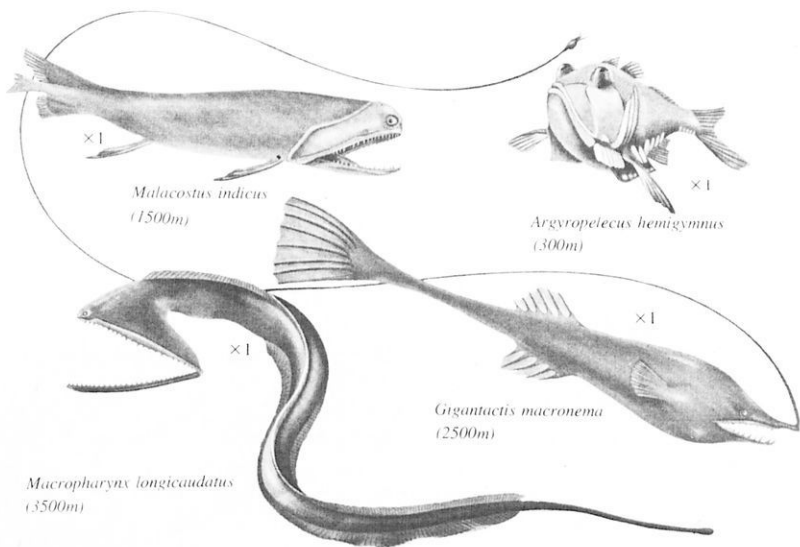
Όταν λέμε πώς τό οικοσύστημα περιλαμβάνει τά ζωντανά και άβια συστατικά σ' ένα τόπο δεν καθορίζουμε μέ σαφήνεια τά τοπογραφικά του όρια. Πραγματικά ή τοποθέτηση των όρίων του είναι αυθαίρετη αφού κανένα οικοσύστημα δεν είναι κλειστό: όλα στην επιφάνεια του πλανήτη μας



Εικόνα 154: Ύδρόβια φυτά σε μικρή λίμνη. Από αριστερά στα δεξιά: σπαργάνιο, σαγγιτάρια, ψαθί (τύφα), βούτημο (σκίρπος), Βικτώρια και ποταμογειτόνας. Όλα φυτρώνουν αυτοφυή στην Ελλάδα εκτός από τη Βικτώρια που είναι κυρίως τροπικό φυτό.

Εικόνα 155: Ύδρόβια έντομα του γλυκού νερού.





Εἰκὼνα 156: Μερικὰ ψάρια ποὺ ζοῦν στὰ μεγάλα βάθη τῶν ὠκεανῶν. Ὅλα τοὺς εἶναι μικρὰ ζῶα.

ἐνώνονται καὶ ἀποτελοῦν ἓνα πολὺ μεγάλο (τὸ μεγαλύτερο), τὸ οἰκοσύστημα τῆς γῆς.

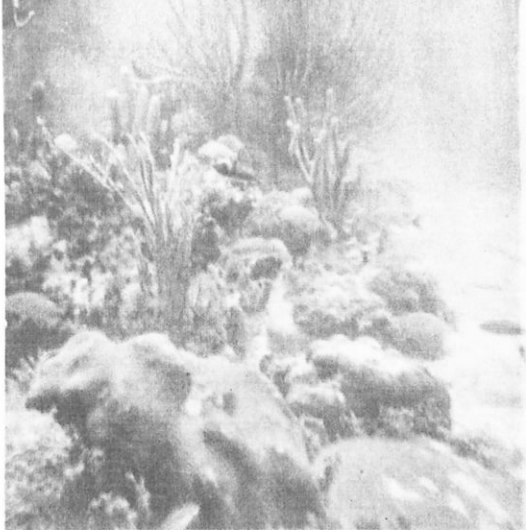
Παρ' ὅλα αὐτὰ συνηθίζεται νὰ ξεχωρίζονται διάφορες κατηγορίες οἰκοσυστημάτων ἀνάλογα μὲ τὸ ἂν εἶναι χερσαῖα ἢ ὑδάτινα, μὲ βάση τὸ κλίμα τοὺς, τὴ βλάστησή τοὺς καὶ τὴν πανίδα τοὺς.

Τὰ οἰκοσυστήματα τοῦ νεροῦ μποροῦν νὰ χωριστοῦν στὰ **θαλάσσια**, στὰ **ὕφάλμυρα** καὶ σ' ἐκεῖνα τοῦ **γλυκοῦ νεροῦ**. Γιὰ τὰ θαλάσσια καὶ τὰ ὠκεάνια μιλήσαμε πρὶν. Θὰ ἔπρεπε μόνο νὰ παρατηρήσουμε πὺς καὶ στὰ μεγάλα βάθη τῶν θαλασσῶν βρίσκονται ψάρια μικροῦ μεγέθους μὲ εὐθραστοὺς σκελετοὺς καὶ περιεργὰ σχήματα ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα 156. Πολλὰ βγάζουν φῶς ποὺ χρησιμεύει νὰ προσελκύει τὸ θήραμά τοὺς ἢ νὰ ἀναγνωρίζονται μεταξὺ τοὺς, ἢ νὰ φοβίζονται τοὺς διώκτες τοὺς, ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος καὶ τὸν τρόπο παραγωγῆς τοῦ φωτός ποὺ φωταυγάζουν. Τὰ ὠκεάνια καὶ θαλάσσια οἰκοσυστήματα εἶναι τὰ πρὶν πλοῦσια ἀφοῦ οἱ συνθήκες τοῦ περιβάλλοντος εἶναι καὶ οἱ πρὶν σταθερὲς (θερμοκρασία, νερὸ, ἅλατα). Ἐκεῖ γεννήθηκε καὶ ἡ ζωή. Τὸ πλουσιότερο θαλάσσιο οἰκοσύστημα εἶναι οἱ **ὕφαλοι τῶν Κοραλλίων**: στοὺς ὑφάλους αὐτοὺς ἓνας δλόκληρος κόσμος

ψαριῶν, ὀστρακωτῶν, μαλάκίων, ἐχينوδέρμων, σκωλήκων, κολυμπᾶ, τρώει καὶ τρώγεται. Πολλὰ ἀπὸ τὰ ψάρια τοὺς ἔχουν θεαματικά χρώματα.

Τὰ παράλια τῶν θαλασσῶν ἀλλὰ κυρίως οἱ χερσαῖοι ὑγρότοποι εἶναι τὰ μέρη πού φωλιάζουν, τρῶνε, ζοῦν τὰ ὑδρόβια πουλιά. Στούς χερσαίους ὑγρότοπους μποροῦμε νά ξεχωρίσουμε τὰ τρεχούμενα ὕδατα τῶν ποταμῶν καὶ τὰ στεκούμενα τῶν ἐλῶν, τῶν πολὺ μικρῶν λιμνῶν καὶ τῶν λιμνῶν. Οἱ πολὺ μικρὲς λίμνες συνήθως δὲν κρατοῦν πολὺ καιρό: ὁ βυθὸς τοὺς γεμίζει μὲ φυτικά ἀλλὰ καὶ ζωικά κατάλοιπα καὶ στο τέλος γεμίζουν τελειῶς μὲ χῶμα. Στὶς λίμνες βρίσκει κανεὶς διάτομα, δινομαστιγώτα, τροχοζῶα, φύκια, πρωτόζωα δηλαδή πλαγκτό μαζί μὲ ὑδρόβια ἔντομα (κουνούπια, λιμπελλοῦλες), μαλάκια, ὀστρακωτά, βατράχια, νερόφιδα, ψάρια, χελῶνες, ὑδρόβια πουλιά (ἐρωδιούς, πελεκάνους, βουτηχτάρεις, ἀγριοπαππες) καὶ διάφορα φυτά (νούφαρα, καλάμια, κάρεξ, Σαγιττάρειες κ.ά.).

Τὰ **χερσαῖα οἰκοσυστήματα** χωρίζονται σὲ καμμιά δεκαριά μεγάλες κατηγορίες. Γύρω ἀπὸ τοὺς πάγους τοῦ Βόρειου Πόλου καὶ μόνο στὴν ἄκρη τῆς Χιλῆς, στὴ Γῆ τοῦ Πυρός, δηλαδή πρὸς τὸ Ν. Πόλο, ὑπάρχει ἡ **τούντρα**. Λίγο φῶς, λίγο νερό τὸ χειμῶνα κι αὐτὸ σὲ μορφή πάγου κάνουν τὴ ζωή πολὺ δύσκολη τοὺς χειμερινοὺς μῆνες. Τὸ νερό μὲς στοῖς ἔδαφος εἶ-



Εἰκόνα 157: Ὑφαλοὶ Κοραλλίων.

Εἰκόνα 158: Τροπικὸ δάσος.

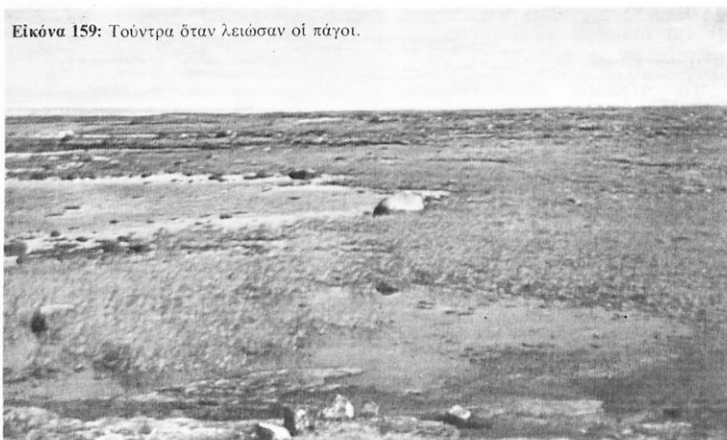


γαι παγωμένο. Όταν λειώνουν οί πάγοι δημιουργούνται σειρές από λίμνες καί έλη. Τά φυτά (χορτάρια, λειχήνες, βρύα, μερικά δέντρα νάνοι λ.χ. ιτιές λίγων εκατοστών!) πρέπει στους λίγους μήνες τοῦ καλοκαιριοῦ νά τραφοῦν καί νά διαιωνισθοῦν. Καί τά ζῶα πού μποροῦν ν' ἀντέξουν τίς ἀκραίες αὐτές συνθήκες εἶναι λίγα: νερόκοτες, ἀρκτικές ἀλεπούδες, ὕσπροι λαγοί, λευκές κουκουβάγιες κ.ἄ. Μετά τήν τούντρα, νοτιότερα στό βόρειο ἡμισφαίριο βρίσκουμε τήν **τάιγκα**, τό μεγάλο Βόρειο δάσος τῶν κωνοφόρων μέ τούς κάστορες, τά ἐλάφια του, τούς σκίουρους του, τά πουλιά του καί τά ἄλλα ζῶα του. Νοτιότερα (δές τόν χάρτη) βρίσκει κανεῖς τό **δάσος τῶν Φυλλοβόλων δέντρων**. Τά πλατύφυλλα αὐτά δέντρα μέ τά φύλλα τους κοντά στήν κορυφή τους δημιουργοῦν σάν μιά στέγη, τόν **δρόφο**. Ἀπό κάτω ὁμως κι ἄλλα δέντρα ἢ θάμνοι, πού ἀγαποῦν τή σκιά ἢ μποροῦν νά ζήσουν μέ λιγοστό φῶς μποροῦν νά ἀναπτυχθοῦν: ἔχουμε ἕναν **ἡμιόροφο**. Τό δάσος σφύζει ἀπό ζωή: ἔντομα, θηλαστικά, πουλιά.

Τόσο στό βόρειο ὅσο καί στό νότιο ἡμισφαίριο ὑπάρχουν τεράστια **λειβάδια** στό ἴδιο γεωγραφικό πλάτος περίπου μέ τό δάσος τῶν πλατύφυλων φυλλοβόλων. Αὐτά τά λειβάδια μέ τά χορτάρια τους παίρνουν διάφορα ὀνόματα: **στέπες** στήν Ἀσία, **πραιρίες** στήν Β. Ἀμερική, **πάμπες** στή Ν. Ἀμερική, **βέλτ** στήν Ἀφρική. Στά λειβάδια αὐτά τρέφονται πολλά φυτοφάγα θηλαστικά (ὅπως τά μηρυκαστικά).

Πρός τό βόρειο μέρος τῆς Μεσογείου καί τό νότιό της (τό ἴδιο στή Ν. Ἀφρική, στήν Αὐστραλία, στή Χιλή) τό κλίμα εἶναι ξηρό. Ἡ βλάστηση εἶναι ξηροφυτική, **φρύγανα** καί **μακκίες** πού ἀποτελοῦνται ἀπό χαμηλά θαμνώδη δέντρα, ἢ θάμνους μέ ἀγκάθια καί μέ μικρά φύλλα. Ἐδῶ τό καλοκαίρι ἡ βλάστηση ξεραίνεται, ἐνῶ τήν ἀνοιξη καί τό φθινόπωρο μέ τίς βροχές ὑπάρχει εὐνοϊκή περίοδος γιά τήν ἀνάπτυξή της.

Εἰκόνα 159: Τούντρα ὅταν λειώσαν οἱ πάγοι.



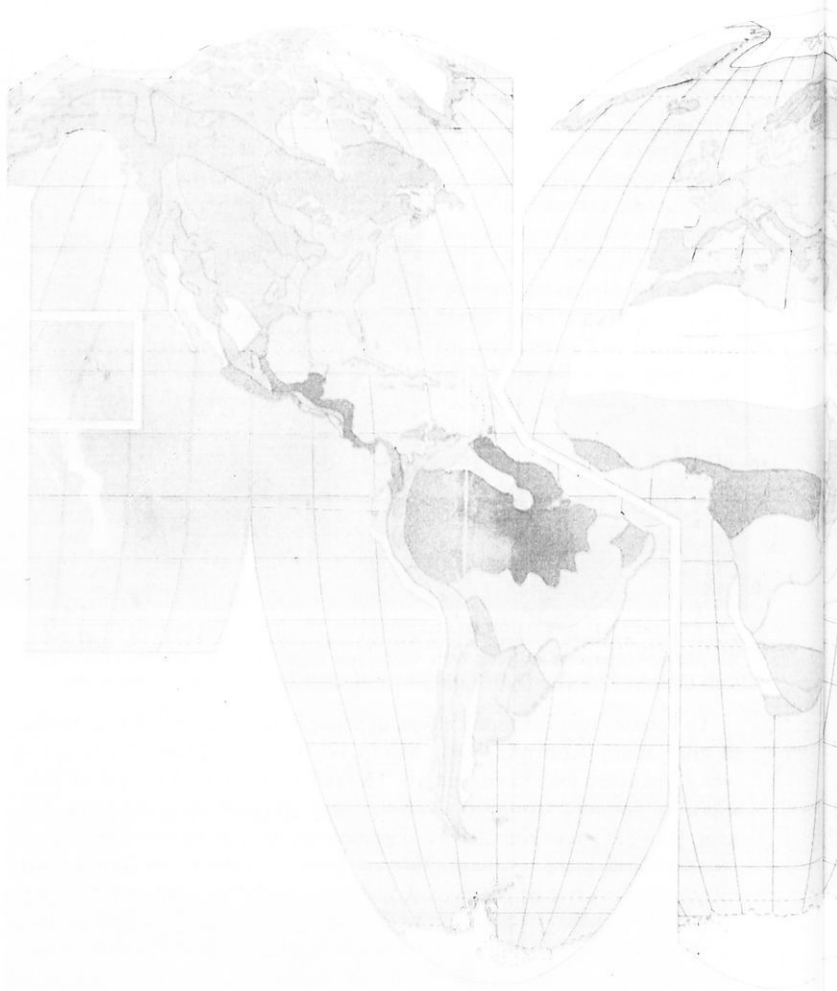


Εικόνα 160: Άριστερά η τάιγκα (δάσος Κωνοφόρων), στη μέση το δάσος των φυλλοβόλων του μέσου γεωγραφικού πλάτους, δεξιά το τροπικό δάσος. Το ύψος των δέντρων διαφέρει, όπως και ο πλούτος των ζωντανών μορφών που περιέχουν τα τρία αυτά οικοσυστήματα.

Οί **ξηρμοί** είναι διάφορων ειδών, άλμυρές ή όχι, άμμόδεις ή όχι, πάντως με πολύ άραιή βλάστηση, τόση, που τό άκάλυπτο από βλάστηση τμήμα νά 'ναι μεγαλύτερο από τό καλυμμένο. Τό νερό λιγοστό αλλά μπορεί σέ μερικές μόνο έρήμους νά πέφτει πολύ και μετά γρήγορα νά εξατμίζεται. Κάκτοι, θάμνοι ξηροφυτικοί, είναι τά χαρακτηριστικά φυτά μερικών έρήμων.

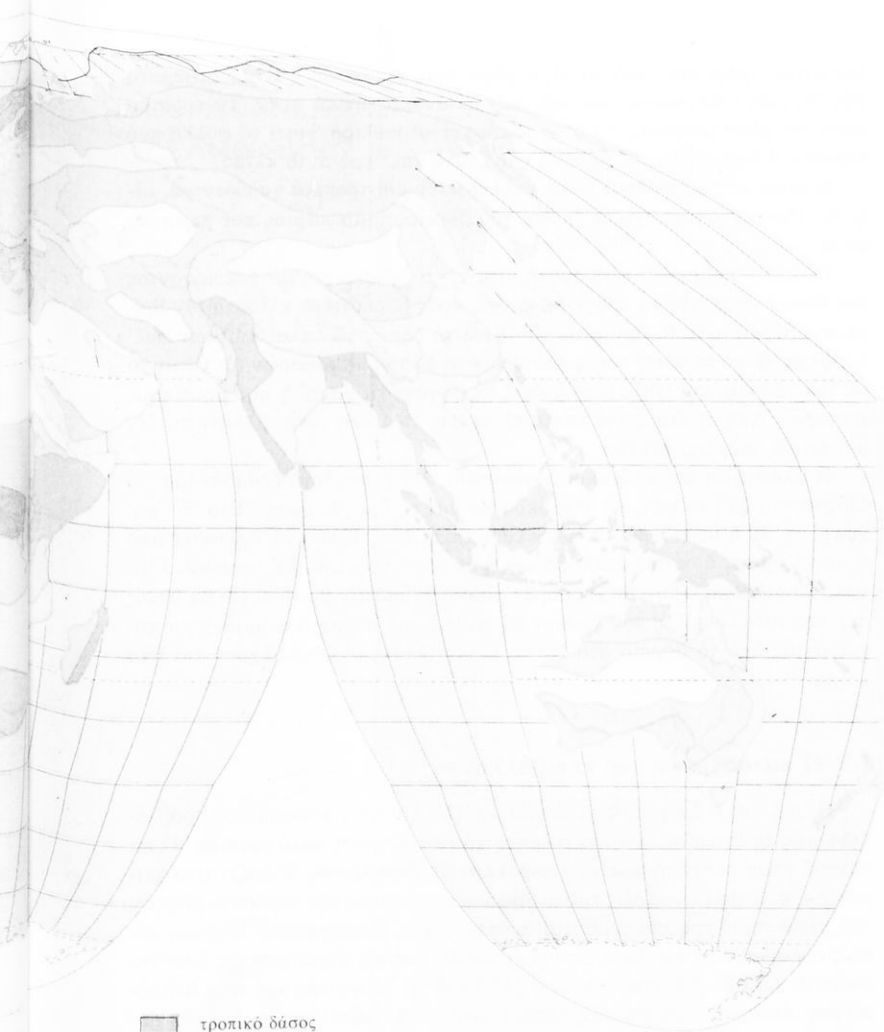
Οί **σαβάννες** είναι χαρακτηριστικοί βιότοποι (τόποι που ζούν οργανισμοί): Τά δέντρα είναι άραιά και χορτάρια λειβαδιού γεμίζουν τό χώρο. Έδω ζούν τά μεγάλα θηλαστικά της Άφρικής και της Ίνδίας: άντιλόπες, καμηλοπαρδάλεις, έλέφαντες, ρινόκεροι, βούβαλοι. Λιοντάρια και τίγρεις αποτελούν τους θηρευτές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

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



Εικόνα 161: Η γεωγραφική κατανομή των μεγάλων κατηγοριών οικοσυστημάτων.

- τούντρα
- тайга
- δάσος φυλλοβόλων μέσου γεωγραφικού πλάτους
- λειβάδια (παιριές, στέπες, βέλτ, πάμπες)
- μακκίες και φρύγανα



- τροπικό δάσος
- τροπικό δάσος φυλλοβόλων
- τροπικό δάσος χαμόδενδρων
- τροπικό λειβάδι και σαβάννα
- έρημος
- άλπικα
- παντοτεινό χιόνι

παράσιτα, τρέφονται από τό λίγο χῶμα στις κουφαλές ἢ στά κοιλωματα τῶν δέντρων) βρίσκονται παντοῦ μαζί μέ ἀναρριχητικά φυτά. Τά τροπικά δάση δέν εἶναι **ζοῦγκλες**: τό ἔδαφός 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 ἡμισφαίριου πού περιγράφσαμε.

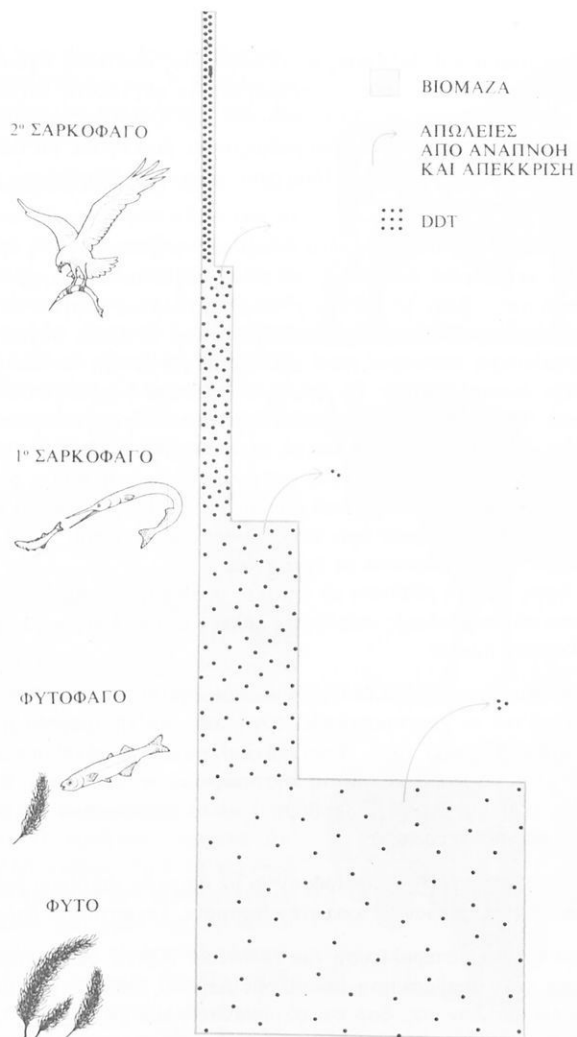
Τά ἀλπικά (ὄρενά) οἰκοσυστήματα εἶναι ἐνδιαφέροντα: ἀνεβαίνοντας ἓνα βουνό εἶναι σάν νά προχωρᾷ κανεῖς πρὸς βορειότερα κλίματα (ἂν βρίσκεται βέβαια στό Β. ἡμισφαίριο). Ἔτσι τό δάσος τῶν πλατύφυλλων φυλλοβόλων δίνει τή θέση του, ψηλότερα, στό δάσος κωνοφόρων (ἀντίστοιχο μέ τήν τάϊγκα), καί ψηλότερα ἀκόμα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

Ἡ βλάστηση καί οἱ ζωικοὶ ὄργανισμοὶ τῶν χερσαίων οἰκοσυστημάτων ἐξαρτῶνται ἀπὸ τό φῶς, τή θερμοκρασία καί τή βροχόπτωση. Ἔτσι ἡ βροχόπτωση κι ἡ θερμοκρασία συντελοῦν ὥστε ἓνας τόπος νά καλυφτεῖ ἀπὸ τροπικό δάσος ἢ δάσος φυλλοβόλων ἢ νά γίνει τούντρα. Γι' αὐτό καί λίγο πολὺ τά διάφορα εἶδη τῶν χερσαίων οἰκοσυστημάτων βρίσκονται σέ ζῶνες περίπου σάν λουρίδες πού ζώνουν τή γῆ καί πού συναντᾶμε διαδοχικά πηγαίνοντας ἀπὸ τό Βόρειο στό Νότιο Πόλο. Αὐτές οἱ ζῶνες ἔχουν καί ἴδιο κλίμα.

5.7 Ἡ καταστροφή τοῦ περιβάλλοντος

Ἡ ζωὴ καί ὁ ἄνθρωπος κινδυνεύουν. Πολλοὶ νέοι «προφήτες» προβλέπουν πῶς τά ἐπόμενα πενήντα ἢ ἑκατὸ χρόνια θά εἶναι πολὺ κρίσιμα. Γιατί παντοῦ στὸν πλανήτη μας **τό περιβάλλον ὑποβαθμίζεται**, ἀλλάζει στό χειρότερο, ἀπὸ τίς ἐπιδράσεις τοῦ ἀνθρώπου καί κυρίως τήν τεράστια αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ του καί τεράστια ἀνάπτυξη τῆς βιομηχανίας. Χημικὲς οὐσίες ρυπαίνουν τό περιβάλλον: προέρχονται ἀπὸ τίς βιομηχανικὲς δραστηριότητες (ἀπόβλητα ἐργοστασίων) ἀλλὰ καί τίς γεωργικὲς καί τοὺς ἀνθρώπινους οἰκισμούς. Οἱ χημικὲς αὐτές οὐσίες δέ **μεταβολίζονται**, δηλαδή δέν ἀλλάζουν μέ τήν παρεμβολὴ 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, χάρι στα λιπάσματα, ἀναπτύσσονται τόσο καί καταναλώνουν τόσο ὀξυγόνο πού τά ψάρια καί γενικά οἱ ζωικοὶ ὀργανισμοὶ νά μὴν μποροῦν νά ζήσουν.



Εικόνα 162: Το διάγραμμα δείχνει πώς το DDT μαζεύεται σε διαρκώς μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε μία απλή αλυσίδα τροφής. Με γαλάζιο χρώμα συμβολίζεται η μάζα των οργανισμών και με μαύρες κουκκίδες το DDT. Η μισή ποσότητα της μεταφερόμενης βιομάζας από το ένα στο άλλο σκαλί της πυραμίδας χάνεται με την απέκκριση και την αναπνοή: μαζί της όμως χάνεται αναλογικά πολύ λίγο DDT (βλέπε τα γαλάζια βέλη). Γι' αυτό το λόγο στα ανώτερα σκαλιά της πυραμίδας το 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, απορρυπαντικά, άλλες τοξικές ουσίες. Έτσι υποβαθμίζονται βιολογικά. Οί θάλασσες όμως μαζί με τα δάση αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την ανανέωση του όξυγόνου.

● Μία τοξική ουσία, όπως λ.χ. ένα έντομοκτόνο μπορεί με τις τροφικές αλυσίδες να μεταφερθεί από είδος σε είδος αυξάνοντας συγχρόνως τη συγκέντρωσή του. Έτσι το DDT λ.χ. μέσ στις λίμνες μπαίνει σε μικρή ποσότητα στο φυτοπλαγκτό. Το ζωοπλαγκτό που το τρώει συγκεντρώνει DDT σε μεγαλύτερη ποσότητα γιατί χρειάζεται για τροφή του πολύ μεγαλύτερη μάζα φυτοπλαγκτού. Τα ψάρια συγκεντρώνουν το DDT ακόμα περισσότερο. Όταν φτάσει στα ύδρobia πουλιά τότε η συγκέντρωση είναι πολύ μεγάλη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα άρπαχτικά πουλιά στα χερσαία οικοσυστήματα. Το DDT έχει και μία φυσιολογική δράση: παίζει ρόλο στο μεταβολισμό του άσβεστιου κι έτσι εμποδίζει να γίνουν γερά τα κελύφη των αυγών. Τα αυγά σπάζουν πριν εκκολαφθούν οι νεοσσοί. Έτσι αποδεκατίζονται και καταστρέφονται τα άρπαχτικά.

Έκτος όμως από τη ρύπανση με χημικές ουσίες ή χρησιμοποίηση από τον άνθρωπο σε υπερβολικές ποσότητες ξύλων, νερού, εδάφους καταστρέφουν τα οικοσυστήματα.

● Οί υγρότοποι (περιβάλλοντα ιδιαίτερα πλούσια σε ζωντανά όντα), αποστραγγίζονται για να χρησιμοποιηθεί ή γη τους για τη γεωργία ή για να χρησιμοποιηθεί το νερό τους. Έτσι γη και νερό όχι μόνο ρυπαίνονται αλλά σπανίζουν. Η έντατικοποίηση της γεωργίας, ή έντατικοποίηση της βιομηχανίας (και κυρίως της υδροβόρου) και ο αυξανόμενος πληθυσμός χρειάζονται περισσότερο νερό.

● Δάση και γεωργική γη καταστρέφονται με διαρκώς ταχύτερο ρυθμό για να χρησιμοποιηθεί τό έδαφός τους για οικισμούς, εργοστάσια, δρόμους.

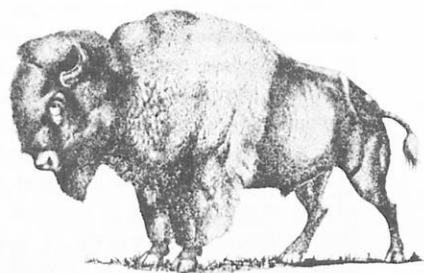
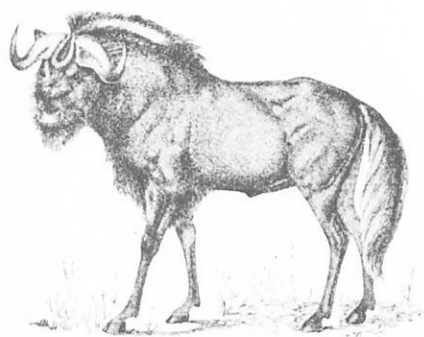
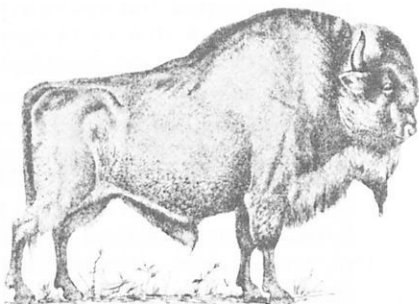
● Η υπερθήρευση, υπεραλίευση (με πλαστικά δίχτυα και δυναμίτη), ή υπερξύλευση και υπερβόσκηση αποτελούν μεγάλες απειλές για τό ζωικό και φυτικό περιβάλλον μας, όσο και οί ρυπάνσεις από χημικές ουσίες (που δηλητηριάζουν τις βιωτικές κοινωνίες και είναι οί πιο σοβαρές απειλές). Έτσι πριν από πέντε χρόνια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

Από τότε πολλά από τα είδη αυτά εξαφανίστηκαν και ο κατάλογος πλουτίστηκε με καινούργια που ως τότε δεν κινδύνευαν.

Η εξαφάνιση ενός είδους, δεν φτωχαίνει μόνο τη φυσική κοινωνία αλλά και την αποσταθεροποιεί: Τα τμήματα της φυσικής κοινωνίας είναι αλληλένδετα, όπως τα όργανα του σώματος. "Αν αφαιρεθεί μία πέτρα από μία πέτρινη οικοδομή μπορεί να μη συμβεί τίποτα. "Αν όμως αφαιρεθούν περισσότερες, όλο το οικοδόμημα μπορεί να καταρρεύσει.

Ο άνθρωπος με τη γεωργία, από τη νεολιθική εποχή, άρχισε να κατασκευάζει ένα τεχνητό οικοσύστημα, το γεωργικό, απ' όπου εξάρτησε κατά κύριο λόγο την ικανοποίηση των τροφικών του αναγκών. Κι όμως παραμένει ακόμα στενά δεμένος με το φυσικό οικοσύστημα: "Οχι μόνο γιατί μέρος της τροφής του με την αλιεία και τη θήρα τό προσπορίζεται από αυτό, όχι μόνο γιατί σημαντικά τεχνολογικά πλεονεκτήματα (λ.χ. τα αντιβιοτικά) προήλθαν αρχικά απ' αυτό, αλλά κυρίως γιατί τό τεχνητό οικοσύστημά του δεν είναι στεγανό: Μέ χίλιους δυό τρόπους, συνδέεται κι εξαρτάται από τό φυσικό οικοσύστημα (ή κτηνοτροφία του εξαρτάται κυρίως από τη φυσική κοινωνία, ή παραγωγή όξυγόνου σχεδόν όλοκληρωτικά απ' αυτή κ.ο.κ.). Μία καταστροφή του φυσικού οικοσυστήματος σημαίνει αναπόφευκτη καταστροφή του ανθρώπου, άφου φαίνεται αδύνατο νά τελειοποιηθεί τό γεωρ-



Εικόνα 163: Τρία είδη ζώων που σώθηκαν από την εξαφάνιση: τα δύο πρώτα, ο ευρωπαϊκός Βίσωνας (πάνω) και ο αφρικανικός γκνού με άσπρη ουρά (στή μέση), βρίσκονται μόνο σε ζωολογικούς κήπους. Ο άμερικανικός Βίσωνας (κάτω) ζει σε προστατευμένα κοπάδια.

γικό οικοσύστημα έτσι πού νά γίνει άπολυτα στεγανό.

Ποιά είναι τά αίτια γιά τή γενική αύτή κρίση, τήν άποσταθεροποίηση του οικοσυστήματος καί τήν εξάντληση τών φυσικών πόρων; Βασικά είναι δύο.

- Ο ρυθμός μέ τόν όποιο αύξάνεται ό άνθρωπος πληθυσμός.
- Ο ρυθμός μέ τόν όποιο αύξάνεται ή παραγωγή άγαθών.

Είμαστε πολλοί, καί ό καθένας μας διαρκώς καταναλώνει περισσότερα άγαθά. Η τεράστια αύξηση του πληθυσμού καί τής βιομηχανικής παραγωγής άγαθών, φτάνει κιόλας σέ τέτοια όρια ώστε νά μήν μπορεί νά θεωρηθεί ή φύση σάν μιά άποθήκη άνεξάντλητων ποσοτήτων πρώτων ύλών, άνεξάντλητου ζωικού καί φυτικού κεφαλαίου. Δέν μπορούμε πιά νά πιστεύουμε πώς ή φύση είναι άπειρη σέ χώρο καί σταθερότητα, έτσι πού οί μικροεπεμβάσεις του ανθρώπου νά μήν αφήνουν ίχνη καί ν' άποτελούν μιά μικρή χρωματισμένη σταγόνα μέσα στόν άνοιχτό πόντο. Αυτό γινόταν ως τώρα, ως τή γενιά τών πατεράδων μας. Τώρα τά πράγματα άλλαξαν: Η φύση μās φαίνεται πώς μίκρυνε γιατί μεγάλώσαμε ύπερβολικά. Ξεπερνάμε τά 3,5 δισεκατομμύρια: τόσος είναι συνολικά ό πληθυσμός τής γής. Ύπολογίζουν ότι στό έτος 2000 θά έχουμε ξεπεράσει άρκετά τά 7 δισεκατομμύρια. Καί νά σκεφτεί κανείς πώς έδω καί 150 χρόνια ό άνθρωπος πληθυσμός δέν έφτανε τό ένα δισεκατομμύριο, ένω πριν από 2000 χρόνια, δέν ξεπερνούσε τά 135 έκατομμύρια. Αυτοί οί άριθμοί μās δίνουν μιά εικόνα του γεωμετρικού ρυθμού μέ τόν όποιο αύξάνεται ό πληθυσμός: Κάθε 33 χρόνια περίπου, όπως είπαμε, διπλασιάζεται.

Μά δέν αύξάνει μόνο γρήγορα ό πληθυσμός: Κάθε 9 περίπου χρόνια διπλασιάζεται ή οικονομική ανάπτυξη.

Σάν φάρμακο καί σωτήριο αντίδοτο πολλοί προτείνουν σκληρά μέτρα. Νά σταματήσει ή αύξηση του πληθυσμού. Νά σταματήσει ή ανάπτυξη. Νά κρατηθούμε στά έπίπεδα πού μπορεί άκόμη νά άνεχθεί τό φυσικό περιβάλλον. Νά κάνουμε ό,τι είναι δυνατό γιά νά περισώσουμε ό,τι μπορεί νά περισωθεί. Άλλοι, πιό αισιόδοξοι πιστεύουν ότι ή νέα τεχνολογία μπορεί νά μās σώσει. Πάντως οί κίνδυνοι είναι φανεροί καί σέ κάθε περίπτωση είναι σκόπιμο καί άναγκαίο νά σεβόμαστε καί νά προστατεύουμε τό φυσικό μας περιβάλλον πού συνεχώς ύποβαθμίζεται. Έτσι σεβόμαστε καί προστατεύουμε τούς συνανθρώπους μας καί τόν έαυτό μας.

5.8 Η ρύπανση του περιβάλλοντος, ή ύποβάθμιση τών οικοσυστημάτων καί ή προστασία τής φύσεως στή χώρα μας

Τόσο τά πρωτογενή όσο καί όλα τά δευτερογενή αίτια τής ρύπανσεως του περιβάλλοντος καί τής ύποβαθμίσεώς του, πού λεπτομερειακά άναφέρ-

θηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (5.7), βρίσκονται, δυστυχώς, σε πλήρη και καταστροφική δράση και στη 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:

- Τα λύματα της βιομηχανίας και τα απόβλητα των οικισμών των περιοχών της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, που ρίχνονται, χωρίς κανένα προηγούμενο καθαρισμό, στη θάλασσα, καταστρεψαν κιόλας σε μεγάλο βαθμό το Σαρωνικό (και έντονότερα τον κόλπο της Ελευσίνας) και το Θερμαϊκό. Την καταστροφή συμπληρώνει η ρύπανση απ' τα πετρέλαια (μεγάλη κίνηση πετρελαιοφόρων, ναυαγία τους και ατυχήματα, διυλιστήρια, μαρίνες).

- Η καταστροφή αρχίζει να επεκτείνεται και σε άλλους, ειδικότερα κλειστούς, κόλπους της χώρας (λ.χ. Παγασητικός) και σε πάρα πολλές απ' τις ακτές μας, τις τόσο όμορφες, ή μικροβιακή μόλυνση και η ρύπανσή τους (πετρέλαια, πίσσες, σκουπίδια) κάνουν αδύνατο, επικίνδυνο ή αηδιαστικό και δυσάρεστο το κολύμπι. (Οί τσουχτρες που συμπληρώνουν, ώρισμένες εποχές, το κακό, είναι αποτέλεσμα της διαταράξεως του γενικότερου οικοσυστήματος της Μεσογείου).

- Η ατμόσφαιρα στην Αθήνα, στην Ελευσίνα, τη Μεγαλόπολη, την Πτολεμαΐδα, έχει επικίνδυνα ρυπανθεί απ' τα αέρια λύματα της βιομηχανίας, τα κάθε λογής καυσαέρια (βιομηχανία, αυτοκίνητα, θέρμανση), τη σκόνη και την αιθάλη.

- Η ρύπανση της ατμόσφαιρας της Αθήνας έφτασε τα τελευταία χρόνια να ξεπεράσει, μερικές φορές, το διπλάσιο και τριπλάσιο του ανώτατου επιτρεπόμενου (απ' το Διεθνή Όργανισμό Υγείας) όριου ρυπάνσεως. Έτσι ή Αθήνα έπαψε από καιρό να είναι «ϊοστέφανος» και «διαμαντόπετρα στής γης το δαχτυλίδι». Η περιοχή της, εξαιτίας της ιδιαίτερα μεγάλης συγκεντρώσεως βιομηχανίας και πληθυσμού, έχει πάθει τη μεγαλύτερη ρύπανση (ατμόσφαιρα - θάλασσα) σε σχέση με τις άλλες περιοχές της χώρας.

Αποτέλεσμα της έντονης ρυπάνσεως της ατμόσφαιρας της Αθήνας με διοξείδιο του θείου είναι (εκτός των μεγάλων κινδύνων για την υγεία των κατοίκων της) και η διάβρωση των μαρμάρων των μνημείων της Ακροπόλεως. Απ' τη διάβρωση αυτή τα μνημεία έπαθαν τα τελευταία 25 χρόνια



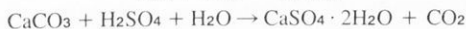
Εικόνα 164: Οι σημαντικότερες περιοχές που πρέπει να προστατευτούν στη χώρα μας. *Υγράτοποι (με κόκκινο χρώμα) 1 Δέλτα του Έβρου, 2 κόλπος Άρτας και εκβολές του Λούρου, 3 Μικρή Πρέσπα, 4 Δέλτα του Νέστου, 5 Δέλτα του Λουδία και Δέλτα του Αλιάκμονα, 6 Έκβολές του Στρυμόνα, 7 Λίμνη του Πόρτο Λάγο και περιοχή του Φαναριού, 8 Λίμνη του Άχινου (Κερκινίτης), 9 Λίμνες Λαγκαδά και Βόλβης, 10 Λίμνη Δοϊράνη, 11 Λίμνη Όστροβου. Δρυφοί (με πράσινο χρώμα) 12 Φαλακρό Άν. Μακεδονίας (Γρανιτής), 13 Παρθένο Δάσος της Κεντρ. Ροδόπης, 14 Άθως, 15 Δάση Χαλκιδικής, 16 Όλυμπος, 17 Χαράδρα του Βίκου, 18 Δάση της Πίνδου (και Βάλια Κάλντα), 19 Γραμμένη Όζυα, 20 Οίτη, 21 Παρνασσός, 22 Αίψη Είβορας, 23 Αίγος Κεφαλληνίας, 24 Χέλμος, 25 Αρκαδικά Δάση, 26 Ταβερτος, 27 Δάση Σάμου, 28 Σαμαριά.



Εικόνα 165: Ο θαλασσευτός (*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) οξειδώνεται και γίνεται με την υγρασίαθειικό όξύ (H_2SO_4) που προσβάλλει το μάρμαρο (CaCO_3) και το μετατρέπει σε ένυδρο γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) που απολεπίζεται και έτσι, σιγά σιγά, το μάρμαρο κατατρώγεται.

Οί χημικές αντιδράσεις της καταστροφής είναι



Οί λίμνες της Καστοριάς και των Ίωαννίνων έχουν κιόλας υποβαθμιστεί και σε μεγάλο βαθμό καταστραφεί, κυρίως απ' τα απόβλητα των παρόχθιων οικισμών.

Ὁ Πηνειὸς ἔχει ἀπὸ καιρὸ δηλητηριαστῇ ἀπ' τὰ βιομηχανικά λύματα μιᾶς μονάχα βιομηχανίας.

Ἡ ρύπανση σέ συνδυασμὸ μέ:

- 1) τὴν υπεραλίευση τῶν θαλασσῶν μας καὶ τὴν παράνομη ἀλίεια (δυναμίτης), καὶ τὸ ἄγριο κυνήγι στὴν ξηρά,
- 2) τὴν υπερβόσκηση, συνέπεια τῆς ἐντάσεως τῆς κτηνοτροφίας καὶ τῆς ἐλαττώσεως τῶν βοσκοτόπων,
- 3) τὴν ἀποξήρανση καὶ ἀποστράγγιση ὑγροτόπων καὶ λιμνῶν (π.χ. Ἀγυλινίτσας, Κάρλας, Στυμφαλίας, Φενεοῦ, Ξυνιάδας κ.ἄ.) μὲ σκοπὸ τὴ γεωργικὴ ἀξιοποίηση,
- 4) τὴ συνεχῶς αὐξανόμενη χρῆση παρασιτοκτόνων στὴ γεωργία γιὰ τὴν προστασία καὶ αὐξηση τῆς γεωργικῆς παραγωγῆς,
- 5) τὴν κατάληψη καὶ καταστροφή, ἀπὸ βιολογικὴ ἀποψη, μεγάλων ἐκτάσεων γιὰ οἰκισμοὺς, δρόμους, βιομηχανία, σκουπιδοτόπους κτλ.
- 6) τίς πυρκαγιές τῶν δασῶν, πού πολλές φορές εἶναι σκόπιμες, ἔχει προκαλέσει (καὶ συνεχίζει) καταστροφές βιωτικῶν κοινοτήτων καὶ υποβάθμιση τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς χώρας, μὲ ἀποτέλεσμα πολλὰ εἶδη τῆς πανίδας καὶ χλωρίδας μας νά κινδυνεύουν νά ἐξαφανιστοῦν καὶ πολλὰ νά ἔχουν κιόλας ἐξαφανιστεῖ σὲ ὀρισμένες περιοχές.

Ἔτσι λ. χ.:

● Ὁ ἀριθμὸς τῶν πουλιῶν πού ζοῦν στὸν τόπο μας διαρκῶς ἐλαττώνεται καὶ 100 περίπου εἶδη βρίσκονται σὲ κίνδυνο νά ἐκλείψουν. Λ.χ. ὁ ἀγριογάλος καὶ ἡ σουλτανπουλάδα ἔχουν σχεδὸν τελειῶς χαθεῖ καὶ ἡ χαμωτίδα σπάνια παρατηρεῖται. Ὁ ἀργυροπελεκάνος πού ἄλλοτε κλωσσόυσε στὸ δέλτα τοῦ Ἀξιοῦ, τοῦ Ἑβρου καὶ τοῦ Ἀχελώου, στίς ἐκβολές τῶν ποταμῶν πού χύνονται στίς ἀκτές τῆς Ἠπείρου καὶ στίς ἄλλοτε λίμνες τῶν Γιαννιτῶν καὶ τοῦ Ἀρτζάν (Μακεδονία), σήμερα, ἀποδεκατισμένος, φωλιάζει μόνον στὴν Ἄρτα καὶ στὴ μικρὴ Πρέσπα.

Ὅμοια ἔχουν ἀποδεκατιστεῖ τὰ ἀρπακτικά (ἀετοὶ γεράκια), ἀπ' τὰ ὁποῖα τὸ γεράκι μαυροπετρίτης εἶναι ἐνδημικὸ τῶν νησιῶν τοῦ Αἰγαίου.

● Τὸ κυνήγι γενικά ἔγινε πιά σπάνιο.

● Πολλὰ θηλαστικά τῆς πανίδας μας κινδυνεύουν. Ἡ φώκια π.χ. ἀπειλεῖται μὲ ἀφανισμό.

● Πολλὰ εἶδη ψαριῶν τῶν θαλασσῶν μας κινδυνεύουν νά ἐξαφανιστοῦν ἀπ' ὀρισμένες περιοχές, ὅπως ὁ ροφός, ἡ στύρα, τὸ στουρηγόνι, ἡ μουδιάστρα, ἡ κατσούλα κ.ἄ. Ἡ κατσούλα χάθηκε τελειῶς ἀπὸ τὸ Σαρωνικόν.

● Τὰ θαλασσινά (στρεΐδια, κυδώνια, καλόγνωμες κτλ.) ὄχι μόνον ἐλαττώ-

θηκαν σε πολλές περιοχές, αλλά έχουν μολυνθεί απ' τη ρύπανση και έγιναν φορείς για σοβαρές αρρώστιες (τυφοειδής πυρετός, παρατυφικές λοιμώξεις, λοιμώδης ήπατιτίδα).

Σε ακόμα μεγαλύτερο κίνδυνο βρίσκεται η χλωρίδα μας. Δεκάδες είδων έχουν κιόλας χαθεί και πάρα πολλά (και μάλιστα ενδημικά της χώρας μας) κινδυνεύουν, όπως πολλά όρχεοειδή και πάνα από 300 άλλα είδη, διάφορων οικογενειών. Μερικά είδη φαρμακευτικά, όπως π.χ. ο δίκταμος (έρωντας) της Κρήτης ή η γεντιανή (άφθονη άλλοτε στην περιοχή των Πρεσπών) κινδυνεύουν να εξαφανιστούν επειδή τα μαζεύουν, για εμπορικούς σκοπούς, με ληστρικό τρόπο.

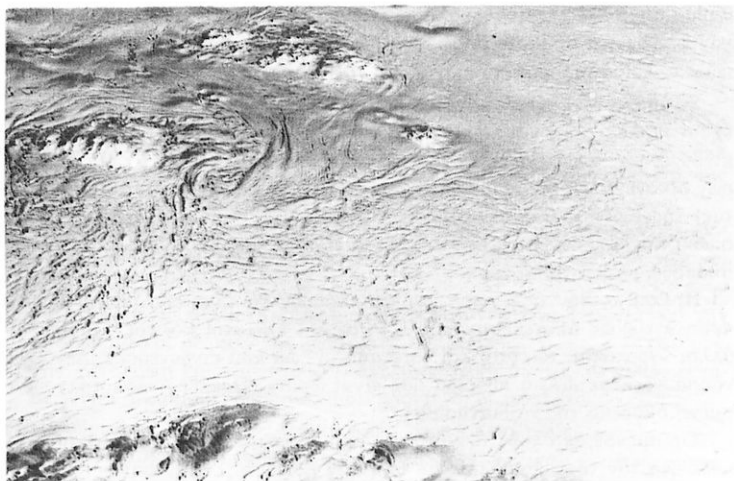
Πρέπει λοιπόν στη χώρα μας να παρθούν τό ταχύτερο μέτρα για να προστατευθούν άποτελεσματικά οι άκτες, οι κλειστοί κόλποι, λίμνες και άλλοι ύγρότοποι, τά δάση και τά φυτά και ζώα πού κινδυνεύουν. Δέν έχει νόημα νά λέμε πώς ή πατρίδα μας είναι ωραία. Πρέπει ή πολυτραγουδισμένη όμορφιά της νά διατηρηθεί.

Όρισμένοι από τούς ύγρότοπους μας είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, όχι μόνο για τόν τόπο μας αλλά για όλη τήν Εύρώπη. Σημαντικά και σπάνια είδη πουλιών φωλιάζουν σ' αὐτούς ή ξεκουράζονται κατά τίς μεταναστεύσεις τους. Οί σπουδαιότεροι απ' τούς ύγρότοπους μας πού πρέπει νά προστατευθούν είναι:

- Τό Δέλτα τοῦ Έβρου.
- Ό κόλπος τῆς Άρτας μαζί μέ τό Δέλτα τοῦ Λούρου.
- Ή μικρή Πρέσπα (έχει κηρυχτεί έθνικός Δρυμός χωρίς όμως νά προστατεύεται πραγματικά).
- Ή περιοχή τῆς λίμνης Βιστωνίδας (λίμνη τοῦ Πόρτο Λάγο) και ή λιμνοθάλασσα πού βρίσκεται μεταξύ Πόρτο Λάγο και Φαναριοῦ.
- Ήπίσης τό Δέλτα τοῦ ποταμοῦ Λουδία και Άλιάκμονα, τοῦ Νέστου, οί έκβολές τοῦ Στρυμόνα κι οί λίμνες τ' Άχινου (Κερκινίτις), Λαγκαδά και Βόλβη.

Παρ' όλο πού μερικά απ' τά δάση μας έχουν κηρυχτεί «Έθνικοί Δρυμοί» δηλ. προστατευόμενες περιοχές, δέν προστατεύονται πραγματικά. Ζπουδαία δάση, πού πρέπει νά προστατευθούν άποτελεσματικά είναι:

- τῆς Πίνδου - Βάλια Κάλντας, τοῦ Όλυμπου, τοῦ Παρνασσοῦ, τῆς Οἴτης, τοῦ Αἰνίου τῆς Κεφαλονιάς, πού έχουν κηρυχτεί Έθνικοί Δρυμοί.
- Άλλα δάση και δασωμένες περιοχές μέ μεγάλη άξία και πού πρέπει νά προστατευτοῦν είναι: ή Σαμαριά στήν Κρήτη (Έθνικός Δρυμός), ό Χελμός μαζί μέ τήν κοιλάδα τῶν νερῶν τῆς Στυγός και τήν περιοχή τῆς Ζαρούχλας, ή Ιραμμένη Όξυά στη Ρούμελη, τό Φαλακρό στήν Άν. Μακεδονία,



Εικόνα 166: Ρύπανση από άργο πετρέλαιο σε μια άκτι της Σαλαμίνος.

ή Δίρφη καί τό Ξεροβούνι στην Εύβοια, τά δάση τής Ἀρκαδίας, τοῦ Ταῦ-
γέτου, τής Χαλκιδικῆς, τής Σάμου, τό παρθένο δάσος τής κεντρικῆς Ροδό-
πης κ.ἄ.

Ἡ δημιουργία πραγματικῶν Ἐθνικῶν Δρυμῶν καί θαλασσίων πάρκων
καί ἡ προστασία πολλῶν μικρότερων βιωτικῶν κοινοτήτων μέ ἰδιαίτερο
βιολογικό ἐνδιαφέρον, σέ συνδυασμό μέ δραστικά μέτρα ἐναντίον τῆς ρυ-
πάνσεως, **ἂν γίνουν ἔγκαιρα** καί μέ σύστημα, θά ἀντισταθμίσουν τήν ἐπερ-
χόμενη κατάρρευση τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς χώρας μας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

άβάκιο γαμετικών συνδυασμών: άβάκιο, δηλαδή πίνακας, που μᾶς βοηθά νά βροῦμε όλους τούς συνδυασμούς τῶν γαμετῶν καί τίς συχνότητες τῶν συνδυασμῶν αὐτῶν.

ἀγγελιοφόρο RNA (ριβοζονουκλεϊκό ὄξύ): εἶδος RNA πού ἔχει ἀντιγράψει πιστά τή μιά ἀπό τίς δυό ἄλυσίδες τοῦ DNA τῶν χρωματοσωμάτων καί πού ἀπό τόν πυρήνα πηγαίνει στό κυτταρόπλασμα γιά νά χρησιμεύσει σάν μήτρα (καλούπι) γιά τή σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν.

ἀγέλη: στά πτηνά καί θηλαστικά σύνολο ατόμων τοῦ ἴδιου εἶδους, πού ζοῦν μαζί.

ἀγενής πολλαπλασιασμός: μηχανισμός πολλαπλασιασμοῦ (ἀναπαραγωγῆς) πού δέ στηρίζεται στήν ὑπαρξη φυλῶν.

ἀδενίνη: ὀργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στή δομή τοῦ ATP, τοῦ DNA καί τοῦ RNA.

ADP (εἰ-ντι-πι, διφωσφορική ἀδενοσίνη): χημική ἔνωση πού ἀποτελεῖται ἀπό ἀδενίνη, ριβοζη καί δυό ρίζες φωσφορικοῦ ὀξέος.

ἀερόβια φάση ἀναπνοῆς: ἡ φάση τῆς ἀναπνοῆς πού χρειάζεται ὀξυγόνο.

Αἰθιοπική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη πού περιλαμβάνει κυρίως μεγάλο μέρος τῆς Ἀφρικῆς.

αἰμοσφαιρίνη: χημική ἔνωση, κόκκινου χρώματος, τό μεγαλύτερο μέρος τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται ἀπό πρωτεΐνη, καί πού βρίσκεται στά ἐρυθρά αἰμοσφαίρια. Δεσμεύει καί μεταφέρει τό ὀξυγόνο καί τό διοξειδίο τοῦ ἀνθράκα.

αἰμοφιλία: 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 ὁλόκληρης βεντάλιας νέων εἰδῶν μέ προσαρμογές σέ διαφορετικούς τρόπους ζωῆς.

ἀλληλεπίδραση: ἀμοιβαία ἐπίδραση μεταξύ δυό (ἢ περισσότερων) μονάδων (ατόμων, εἰδῶν κ.ἄ).

ἀλληλόμορφος: ἡ σταθερή κατάσταση στήν ὁποία βρίσκεται ἓνας γόνος. Σ'

έναν πληθυσμό ατόμων μπορεί να βρισκομε κάθε γόνο.σέ πολλές καταστάσεις, δηλαδή κάθε γόνος μπορεί να έχει πολλούς άλληλομορφους.

άλπικός: (προέρχεται από τή λέξη "Άλπεις): όρεινός.

άλυσίδα τροφής: νοητή άλυσίδα πού ένώνει σέ κάθε της κρίκο ένα θήραμα κι ένα θηρευτή του.

άμινοξύ: όργανική χημική ένωση πού αποτελείται από άνθρακα, ύδρογόνο, όξυγόνο, άζωτο και μερικές φορές θείο. Δομικός λίθος τών πρωτεϊνών.

άμνιωτικό: Σπονδυλωτό πού τó 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 (αυτί) τών θηλαστικών.

άναβολισμός: λειτουργίες του όργανισμού κατά τίς όποιες χρησιμοποιείται ένέργεια γιά τή σύνθεση δομικών τους συστατικών και άλλων χημικών ένώσεων, στίς όποιες αποθηκεύεται ένέργεια.

άναγένεση: έξελικτική άλλαγή κατά τήν όποια μέ τó πέραςμα του χρόνου ένα είδος μεταβάλλεται σέ άλλο είδος. Άντίθετα μέ τήν **κλαδογένεση** όπου ένα είδος χωρίζεται σέ δύο (ή περισσότερα) νέα είδη. (Προσοχή: ή **άναγέννηση** είναι διαφορετικός όρος).

άναγέννηση: τό φαινόμενο να ξαναφτιάχνει ό όργανισμός ένα τμήμα του πού άποκόπηκε.

άναγωγή: χημική αντίδραση κατά τήν όποια ένα στοιχείο ή μία ένωση παίρνει ύδρογόνο ή τούς άφαιρείται όξυγόνο. Γενικά όταν ένα στοιχείο ή μία ένωση παίρνει ήλεκτρόνια.

άναδιασταύρωση: βλέπε λέξεις άνάδρομη διασταύρωση.

άνάδρομη διασταύρωση: διασταύρωση ατόμων τής πρώτης θυγατρικής γενιάς μέ ένα από τούς γονείς τους.

άναερόβια φάση τής άναπνοής: ή φάση τής άναπνοής πού δέν χρειάζεται όξυγόνο.

ανάλογα όργανα: όργανα πού έχουν ίδια λειτουργία και γι' αυτό παρουσιάζουν επιφανειακή όμοιότητα χωρίς όμως να έχουν ίδια έξελικτική προέλευση.

άναπαραγωγή: ή ιδιότητα τών ζωντανών όντων να παράγουν νέα πανομοιότυπά τους ζωντανά όντα.

άναπνοή: λειτουργία κατά τήν όποια τό ζωντανό όν έλευθερώνει ένέργεια διασπώντας όργανικές χημικές ένώσεις.

Άνατολική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη πού περιλαμβάνει τήν Ίνδια και κοντινές της χώρες.

άνάφαση (ή τρίτη φάση τής μίτωσης): τό τρίτο στάδιο τής κυτταρικής διαίρέσεως.

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

αντίσφωμα: 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).

αποβλάστηση: τρόπος άγενη πολλαπλασιασμού. Ένα τμήμα του οργανισμού αναπτύσσεται και μετά αποχωρίζεται και γίνεται νέος οργανισμός.

απολίθωμα: 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 δέν 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-τι-πί, τριφωσφορική άδενοσίνη): χημική ένωση που αποτελείται από άδενίνη, ριβόζη και τρεις ρίζες φωσφορικού όξeos. Το ATP είναι το ένεργειακό «νόμισμα».

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

Αυστραλιανή ζώνη: ή Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει την Αυστραλία.

αυτόματη γένεση (θεωρία της): ο ύποθετικός (και όπως τώρα γνωρίζουμε λανθασμένος) μηχανισμός παραγωγής ζωντανών όντων από μη ζωντανά υλικά.

αυτότροφος όργανισμός: όργανισμός που τρέφεται από ανόργανες μόνο ουσίες, κατασκευάζοντας μόνος του τις αναγκαίες σ' αυτόν οργανικές.

βακτηριοφάγος: ιός (φάγος) που παρασιτεί βακτήρια.

βασιλείο: ή μεγαλύτερη όμάδα διαίρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική.

βελτίωση (κληρονομική): προσπάθεια καλύτερέσεως όρισμένων χαρακτηριστικών των εκτρεφόμενων ζώων και των καλλιεργούμενων φυτών με την αλλαγή των γονότυπων των ατόμων τους.

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

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

Βιοχημεία: ή έπιστήμη που μελετά το φαινόμενο της ζωής στο έπίπεδο των μορίων και των χημικών αντιδράσεων.

βιωτική κοινότητα: το σύνολο των ζωντανών όντων σε μία περιοχή.

βλαστίδιο: ένα από τα πρώτα στάδια της ζωής του έμβριου.

γαλακτικό όξύ: οργανική ένωση, όξύ. Παράγεται στά 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 κληρονομότητας και της ποικιλομορφίας.

γενετικός κώδικας: ο κώδικας που μας δίνει τις αντιστοιχίες 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 στά 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: ύδατάνθρακας με 6 άτομα άνθρακα. Δομικός λίθος του γλυκογόνου και του άμυλου.

γλυκόλυση: (από τό γλυκύς και λύση): τό τμήμα της άναπνοής κατά τό όποιο διασπάται ή γλυκόζη μέχρι νά προκύψει πυροσταφυλικό όξύ.

γόνος: ή μονάδα της κληρονομικότητας. Βρίσκεται στά χρωματοσώματα.

γονότυπος: ό τύπος των γόνων ενός άτομου – ή κληρονομική του δομή.

γουανίνη: οργανική βάση. Τό μόριο της συμμετέχει στην κατασκευή του DNA και του RNA.

δαλτωνισμός: ή άδυναμία που έχουν μερικοί άνθρωποι νά ξεχωρίζουν όρισμένα χρώματα.

δέρματα (έμβρυολογικά): οί τρεῖς στρώσεις (στοιβάδες) κυττάρων πού σχηματίζονται σέ ὀρισμένο στάδιο τοῦ ἐμβρύου μετά τό γαστρίδιο. Κάθε δέρμα παρέχει τό ὑλικό γιά νά σχηματιστοῦν διαφoρα ὄργανα καί ἱστοί. (βλέπε λέξεις ἐκτόδερμα, μεσόδερμα, ἐνδοδερμα).

δεσοξυριβοζονουκλεϊκό ὀξύ: βλέπε λέξη DNA.

δεύτερη θυγατρική γενιά: τό σύνολο τῶν ἀτόμων πού προέρχεται ἀπό τή διασταύρωση τῶν ἀτόμων τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιάς, (σύμβολο F₂).

δευτερογενής καταναλωτής: εἶδος πού τρέφεται ἀπό τοὺς πρωτογενεῖς καταναλωτές (βλέπε λέξη), δηλαδή σαρκοφάγο.

διάσχιση: τό φαινόμενο σύμφωνα μέ τό ὅποιο ὁ γόνος πού προέρχεται ἀπό τόν πατέρα κι ὁ ἀντίστοιχος γόνος πού προέρχεται ἀπό τή μητέρα δέν ἀλληλοεπηρεάζονται ἀλλά ξαναβρίσκεται (ένας τους) σέ κάθε γαμέτη τοῦ ἀτόμου «καθαρός», δηλαδή στήν ἴδια κατάσταση πού ἦταν στοὺς γονεῖς του.

διαφοροποίηση: διαδικασία μέ τήν ὅποια τὰ διάφορα κύτταρα τοῦ σώματος, ἄν καί προέρχονται ὅλα ἀπό τό ζυγωτό, ἐξειδικεύονται λειτουργικά καί γι' αὐτό ἀλλάζουν καί μορφολογικά.

διδακτικός τύπος θεωριῶν: κατηγορία θεωριῶν πού πιστεῖται πῶς τό περιβάλλον ἄμεσα ἐντυπώνει μεταβολές στόν ὀργανισμό καί πῶς αὐτές γίνονται κληρονομικές (ἄν καί ἐπίκτητες) καί καθιστοῦν τόν ὀργανισμό περισσότερο προσαρμοσμένο στό περιβάλλον πού τοῦ τίς ἐντύπωσε. Ἡ Θεωρία τοῦ Λαμάρκ εἶναι διδακτικοῦ τύπου (τό περιβάλλον «διδάσκει» τόν ὀργανισμό κι ἔτσι τόν ἀλλάζει).

δίδυμα (ἀδελφία): ἀδελφία πού γεννιοῦνται ἀπό τήν ἴδια κύηση. Μπορεῖ νά προέρχονται ἀπό ἓνα μόνο ζυγωτό (μονοζυγωτικά) ἢ ἀπό δύο διαφορετικά ζυγωτά κύτταρα (διζυγωτικά).

διζυγωτικά δίδυμα: βλέπε λέξη δίδυμα.

δίοικο εἶδος: εἶδος πού ἀποτελεῖται ἀπό δύο χωριστές κατηγορίες ἄτομα, τὰ ἄρσενικά καί τὰ θηλυκά.

διπλοειδής ἀριθμός χρωματοσωμάτων: ὁ ἀριθμός τῶν χρωματοσωμάτων τῶν σωματικῶν κυττάρων, ἢ τῶν κυττάρων τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος πρὶν ὑποστοῦν τή μείωση, ἢ ἀκόμη ὁ διπλάσιος ἀριθμός τῶν ζευγαριῶν τῶν χρωματοσωμάτων (= 2N).

δωβριδισμός: διασταύρωση στήν ὅποια διασχίζονται δύο διαφορετικοί γόνοι.

διφωσφορική ἄδενοσίνη: βλέπε λέξη ADP.

DNA (ντί-έν-εί, δεσοξυριβοζονουκλεϊκό ὀξύ). Κατηγορία νουκλεϊκῶν ὀξέων πού ἀποτελοῦνται ἀπό δύο συμπληρωματικές ἄλυσίδες νουκλεοτιδίων (δίκλωνα) καί πού βρίσκονται κυρίως στά χρωματοσώματα (ἀλλά καί στά μιτοχόνδρια, καί στά πλαστίδια). Οἱ γόνοι ἀποτελοῦνται

από DNA. Το DNA έχει την ιδιότητα να αναπαράγεται.

δούλωση: φαινόμενο υποδουλώσεως μυρμηγκιών σε άλλου είδους μυρμηγκία. Μερικά είδη μυρμηγκιών αιχμαλωτίζουν άτομα (προνύμφες) άλλου είδους που όταν μεγαλώσουν τα χρησιμοποιούν σαν δούλους τους για να κάνουν διάφορες εργασίες.

δρεπανοκυτταρική αναιμία: κληρονομική αναιμία που οφείλεται στη διαφορετική αιμοσφαιρίνη (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 μιξιολογικό κριτήριο. Είναι αντικειμενική οντότητα ανεξάρτητη από τον ταξινομο. Κάθε είδος κατέχει ορισμένη οικολογική φωλιά.

έκλεκτικός τύπος θεωριών: κατηγορία θεωριών που πιστεύει πως οι εξελικτικές 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 αισθητήρια 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.

ένδοδερμα: το έσωτερικό δέρμα (βλέπε λέξη δέρματα) του έμβριου στο στάδιο μετά το γαστρίδιο. Από το δέρμα αυτό προέρχεται ο πεπτικός άγωγός.

ένδοπλασματικό δίκτυο: πολύπλοκο δίκτυο άγωγων (καναλιών) που βρίσκεται μες στο κυτταρόπλασμα.

ένεργό κέντρο (ένζυμο): το μέρος του ένζυμου στο οποίο γίνεται ή επαφή με το υπόστρωμα ή τα υποστρώματα με αποτέλεσμα τη διευκόλυνση της χημικής αντίδρασης 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 ορισμένη χημική αντίδραση, χωρίς να συμμετέχει στα τελικά προϊόντα της αντίδρασης αυτής.

Εξέλιξη: το φαινόμενο να αλλάζουν μορφή τα έμβια όντα με το πέρασμα του χρόνου, είδη να μεταβάλλονται σε άλλα είδη (ανάγνεση) ή είδη να διχάζονται σε δυο ή περισσότερα νέα είδη (κλαδογένεση), ή είδη να σβήνουν.

έξοξη: ύδατάνθρακας μέ έξι άτομα άνθρακα στό μόριό του.

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

έπίκτητη ιδιότητα (ή επίκτητο χαρακτηριστικό): ιδιότητα πού έχει ό οργανισμός 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**.

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

έρεθιστικότητα: ή ιδιότητα του οργανισμού νά πληροφορεΐται τί συμβαίνει έξω ή και μέσα σ' αυτόν.

έρημος: οίκουσύστημα 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 και άρσενικούς και θηλυκούς γαμέτες. 'Η λέξη παράγεται από τίς λέξεις Έρμής και Άφροδίτη.

έτεροζυγωτό: άτομο πού περιέχει δύο διαφορετικούς άλληλόμορφους ενός γόνου.

έτερότροφος οργανισμός: οργανισμός πού τρέφεται από οργανικές ουσίες πού παράγουν άλλοι οργανισμοί (λέγεται και καταναλωτής).

εύκαρυωτικός: οργανισμός πού έχει κύτταρα (ή κύτταρο στους μονοκύτταρους) μέ διαμορφωμένο πυρήνα. Εύκαρυωτικοί είναι όλοι οί οργανισμοί έκτός από τά βακτήρια (στά όποία άνήκουν και τά μυκοπλάσματα), τά Κυανοφύκη και οί ιοί.

εύτροφισμός: μέ τήν απόπλυση τής γεωργικής γής από τίς βροχές μαζεύνονται φωσφορικά λιπάσματα σέ λίμνες ή κλειστές θάλασσες, όπως μαζεύνονται και άπόβλητα από τούς όχετούς μεγάλων πόλεων. Αυτές οί ουσίες είναι θρεπτικές γιά τά φύκη κι άλλα φυτά πού αναπτύσσονται τόσο ώστε καταναλώνουν τό όξυγόνο και δέν αφήνουν νά αναπτυχθούν τά ύδρόβια ζωα. Αυτή ή κατάσταση φυτικής υπερπαραγωγής μέ σύγχρονη μείωση του ζωικού πλούτου ονομάζεται εύτροφισμός.

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

ζύμωση: χημικές αντιδράσεις αναερόβιας αναπνοής από ζυμομύκητες (λ.χ. μέ ζύμωση ο μούστος γίνεται κρασί).

Ζωογεωγραφία: κλάδος της Βιολογίας που μελετά τη γεωγραφική εξάπλωση και κατανομή των ζωικών ειδών.

ζωοπλαγκτό: τό πλαγκτό (βλέπε λέξη) που αποτελείται από μικροσκοπικά ζώα.

ήμιόροφος: ενδιάμεσο επίπεδο φυλλωσιάς μεταξύ του όρόφου (βλέπε λέξη) και του εδάφους.

θαλασσαιμία (ή μεσογειακή αναιμία): κληρονομικές αναιμίες που οφείλονται σε ελαττωματική παραγωγή της αιμοσφαιρίνης.

θήραμα: τό είδος που τρώγεται από ένα άλλο (τό όποιο ονομάζεται **θηρευτής** του).

θηρευτής: τό είδος που τρώγει ένα άλλο (τό όποιο ονομάζεται **θήραμα**).

θυγατρική γενιά: βλέπε λέξεις **πρώτη θυγατρική γενιά** και **δεύτερη θυγατρική γενιά**.

θυμίνη: οργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στη δομή του DNA.

ιός: μικροσκοπικό έμβιο όν χωρίς κυτταρική δομή, παράσιτο ζώων, φυτών, μυκήτων, μονοκυττάρων, άκόμα και βακτηρίων.

ισημερινό πεδίο (ή ισημερινό επιπεδο): το νοητό επίπεδο που είναι κάθετο στη μέση της νοητής γραμμής που ένώνει τούς δυό πόλους της άτράκτου στη μίτωση.

ιστόνη: βασικές (άντιθετο μέ τίς όξινες) πρωτεΐνες που βρίκονται 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) του Παλαιοζωικού αιώνα. Άρχισε έδω και 600 έκατομμύρια χρόνια και τελείωσε έδω και 500 έκατομμύρια χρόνια. Διάρκεσε δηλαδή 100 έκατομμύρια χρόνια.

καταβολισμός: λειτουργίες του οργανισμού κατά τίς οποίες παράγεται ενέργεια μέ τη διάσπαση και όξείδωση (βλέπε λέξη) όρισμένων οργανικών μορίων.

καταναλωτής: Τό είδος που τρέφεται από άλλο ή άλλα είδη. Συνώνυμο του έτερότροφου (βλέπε λέξη). Άντίθετο από τό **παραγωγός, αυτότροφος** (βλέπε λέξεις). Υπάρχουν **πρωτογενείς, δευτερογενείς** και **τριτογενείς** καταναλωτές (βλέπε λέξεις).

κεντρόμερο: εξειδικευμένο τμήμα του χρωματοσώματος που παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση του χρωματοσώματος κατά την άνάφηση.

κεντρόσωμα: ὀργανίδιο τῶν ζωικῶν μόνο κυττάρων. Βρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ παίζει ρόλο στὴν κυτταρική διαίρεση, στὰ κύτταρα τῶν ζώων.

κλαδογένεση: ἐξελικτική ἀλλαγὴ κατὰ τὴν ὁποία ἓνα εἶδος χωρίζεται καὶ δίνει γέννηση σὲ δυὸ ἢ περισσότερα νέα εἶδη, ὅπως ὁ κλάδος τοῦ δέντρου σὲ δυὸ ἢ περισσότερα κλαδιά. Ὁ ὅρος χρησιμοποιεῖται καὶ γιὰ μεγαλύτερες μονάδες ἀπὸ τὰ εἶδη (λ.χ. μιὰ ταξὶ δίνει γέννηση σὲ περισσότερες κ.ο.κ.). Διαφορετικὸς ἀπὸ τὴν **ἀναγένεση** (βλέπε λέξη).

κληρονομικότητα: τὸ φαινόμενο νὰ μεταβιβαζοῦν οἱ γονεῖς στὰ τέκνα τους ὀρισμένα χαρακτηριστικά.

κοινὴνία: ὁμάδα ἀτόμων πού ἀνήκουν στὸ ἴδιο εἶδος καὶ εἶναι ὀργανωμένα μὲ τρόπο πού νὰ συνεργάζονται. Ἡ ὕπαρξη ἀμοιβαίας ἐπικοινωνίας μεταξὺ ἀτόμων τοῦ ἴδιου εἴδους μὲ σκοπὸ τὴ συνεργασία, καὶ πού ξεπερνᾷ τὴν ἀπλή σεξουαλική δραστηριότητα, εἶναι κριτήριον γιὰ τὸν ὀρισμὸ τῆς κοινῆς.

κόκκος γύρης: ὁ ἀρσενικὸς γαμέτης στὰ φυτά.

Κρητιδική: γεωλογικὴ περίοδος τοῦ Μεσοζωικοῦ αἰῶνα. Ἀρχισε πρὶν 135 ἑκατ. χρόνια, τέλειωσε πρὶν 63 ἑκατ. χρόνια, δηλαδὴ διάρκεσε 72 ἑκατομύρια χρόνια.

κυαμισμός: ἡ κληρονομικὴ δομὴ πού ἐκδηλώνεται μὲ σοβαρὸ αἰμολυτικὸ ἐπείσπδιο ὅταν τὰ ἄτομα πού τὴν ἔχουν φάνε ἄβραστα κουκιά.

κύκλος Krebs (ἢ **κύκλος κιτρικοῦ ὀξέος**): στὴν ἀναπνοὴ ἡ καύση τοῦ μετασχηματισμένου πυροσταφυλικοῦ ὀξέος (ἐννομένου μὲ συνένζυμο Α σὲ ἀκετυλοσυνένζυμο Α) μὲ μιὰ σειρά πολὺπλοκῶν χημικῶν ἀντιδράσεων. Ἀπὸ τὴν καύση παράγεται CO₂ καὶ ἐλευθερώνονται ἠλεκτρόνια.

κυριαρχία: φαινόμενο κατὰ τὸ ὁποῖο, στὰ ἑτεροζυγῶτα ἄτομα γιὰ ἓνα γόνον, ὁ ἓνας ἀλληλόμορφος παρεμποδίζει τὴν ἐμφάνιση τοῦ ἄλλου ἀλληλόμορφου στὸ φαινότυπο.

κυρίαρχος ἀλληλόμορφος: ὁ ἀλληλόμορφος πού ἐμφανίζεται στὸ φαινότυπο τῶν ἑτεροζυγῶτων ἀτόμων καὶ πού παρεμποδίζει τὴν ἐμφάνιση τοῦ ἄλλου.

κυτόπλασμα: βλέπε λέξη **κυτταρόπλασμα**.

κυτοσίνη: ὀργανική βάση. Τὸ μόριό της συμμετέχει στὴ δομὴ τοῦ DNA καὶ τοῦ RNA.

κυτοχρώματα: πρωτεΐνες, χημικοὶ ὑποδοχεῖς ἠλεκτρονίων (βλέπε λέξη). Παίζουν ρόλο ὑποδοχέων στὴν ὀξειδωτικὴ φωσφορύλιση (βλέπε λέξη).

κυτταρική μεμβράνη: βλέπε λέξη **πλάσματική μεμβράνη**.

κύτταρο: ἡ θεμελιώδης ζωντανὴ μονάδα. Ἀπὸ αὐτὴν ἀποτελοῦνται ὅλοι οἱ ὀργανισμοὶ πλὴν τῶν ἰῶν (ἀπὸ ἓνα κύτταρο οἱ **μονοκύτταροι**, ἀπὸ πολλὰ

- κύτταρα οί **πολυκύτταροι** οργανισμοί, βλέπε λέξεις).
- κυτταρόπλάσμα ή κυτόπλάσμα:** παχύρευστη ούσια που αποτελεί τό μεγαλύτερο μέρος του έσωτερικού του κυττάρου.
- λαμαρκισμός:** άποψη κατά την όποία ή Έξελιξη όφειλεται κυρίως στην ύποτιθεμένη (και λανθασμένη) κληρονομικότητα των έπίκτητων ιδιοτήτων.
- Λαυρασιατική ήπειρος:** το βορειο κομμάτι γής από τά δυό που χωρίστηκε ή Παγγαία. Περιλάβαινε τη Β. Άμερική, την Εύρωπη και όλη σχεδόν την Άσία.
- λειτουργία:** πραγματοποίηση όρισμένων φυσιολογικών αντίδράσεων από ένα κύτταρο ή από ένα ή περισσότερα όργανα για την εκπλήρωση όρισμένου σκοπού.
- Λιθανόρακοφόρος:** γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού αιώνα. Άρχισε πριν 345 έκατομμύρια χρόνια και τέλειωσε πριν 280 έκατομμύρια χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 65 έκατομ. χρόνια. Περίοδος μεγάλων δασών, που τώρα τά βρίσκουμε σαν λιθάνθρακες.
- λίπη:** κατηγορία οργανικών μορίων, που αποτελούνται από την ένωση τριών μορίων λιπαρών όξέων μέ ένα μόριο γλυκερίνης ή ανάλογης ένωσης μέ τη γλυκερίνη.
- λυσόσωμα:** οργανίδιο του κυττάρου που περικλείει ένζυμα.
- μακία:** οικοσύστημα των ξηροφυτικών εκτάσεων κυρίως γύρω από τη Μεσόγειο.
- μάρσιπος:** δερμάτινος σάκος των μαρσιποφόρων στόν όποιο τά θηλυκά κρατούν τά μικρά τους.
- μείωση:** ό μηχανισμός παραγωγής κυττάρων μέ μισό αριθμό χρωματοσωμάτων για νά γίνουν γαμέτες. Στη μείωση παράγονται νέοι συνδυασμοί γόνων από τούς δυό γονείς του ατόμου που φτιάχνει τούς γαμέτες.
- μεσόδερμα:** τό ενδιάμεσο έμβρυολογικό δερμα (βλέπε λέξη) από τό όποιο προέρχονται τό αίμα και τό κυκλοφορικό σύστημα, οί συνεκτικοί ιστοί και τά κόκαλα, τό ούρογεννητικό σύστημα και τό μυϊκό σύστημα.
- Μεσοζωϊκός:** γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). Άρχισε πριν 230 έκατ. χρόνια και τελείωσε πριν 63 έκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 167 έκατομμύρια χρόνια.
- μεταβολισμός:** ή σύνθετη λειτουργία του οργανισμού κατά την όποία χάρη σέ χημικές αντίδράσεις παράγεται, άποθηκεύεται και χρησιμοποιείται ένέργεια και συνθέτονται τά δομικά ύλικά του οργανισμού.
- μεταγραφή:** ή αντίγραφη του γενετικού (κληρονομικού) μηνύματος που φέρει τό DNA (δηλαδή ό γόνος) σέ **άγγελιοφόρο RNA** (βλέπε λέξεις).
- μετάλλαξη:** ή άπότομη αλλαγή ενός αλληλόμορφου σ' έναν άλλο. Είτε γίνεται στη φύση από μόνη της (**φυσική μετάλλαξη**), ή μέ την επέμβαση

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

μετάφαση (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 αγγελιοφόρου RNA. Καθένα τους στη μία του μεριά έχει ένα τμήμα που «αναγνωρίζει» μία ορισμένη τριάδα βάσεων του αγγελιοφόρου 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 ή διαδικασία με την οποία από το αγγελιοφόρο RNA πραγματοποιείται ή 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.

μιξιολογικό 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: όργανο του κυττάρου που λειτουργεί σαν σταθμός παραγωγής ενέργειας (δηλαδή στην εσωτερική επιφάνεια του οποίου διεξάγεται ή όξειδωτική 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.

μυκοπλάσματα: 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 απομο-

νομένα από τις ηπείρους νησιά (πολλά από τα όποια βρίσκονται στον Ειρηνικό ωκεανό).

νόθο: βλέπε λέξη ύβριδιο.

νουκλεϊκά όξέα (ή **νουκλεϊνικά όξέα**): χημικά μόρια που αποτελούνται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων. Μερικά μπορούν να αναπαράγονται. Χαρακτηρίζουν το μηχανισμό αναπαραγωγής των ζωντανών οργανισμών.

νουκλεοτιδιο: χημική ένωση που αποτελείται από μία πεντόζη (ριβόζη ή δεσοξυριβόζη), φωσφορικό όξύ και μία οργανική βάση (άδενίνη, θυμίνη, γουανίνη, κυτρίνη, ούρακίλη).

ξανθοφύλλες: κίτρινες χρωστικές.

ξενιστής: ό οργανισμός που παρασιτείται από (πού φιλοξενεί) άλλον οργανισμό.

οικογένεια: ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε οικογένεια περιέχει γένη (βλέπε λέξη).

Οικολογία: κλάδος της Βιολογίας (και όχι της Αρχιτεκτονικής), που μελετά τις σχέσεις ζωντανών οργανισμών με τό περιβάλλον τους.

οικολογική φωλιά: ή «θέση» που κατέχει ένα είδος στο οικοσύστημα (κυρίως ως προς τη λειτουργία του).

οικοσύστημα: τό σύνολο των ζωντανών όντων και των μη ζωντανών (άβίων) σωμάτων σε μία περιοχή.

όμοζυγωτό: (για ένα γόνο) άτομο που περιέχει δύο φορές τόν ίδιο άλληλόμορφο αυτού τού γονου.

όμοιοθερμία: ή ικανότητα (ή ιδιότητα) να κρατιέται σταθερή (όμοια) ή θερμοκρασία τού οργανισμού.

όμοιόσταση: ιδιότητα τού οργανισμού να κρατά όμοια την κατάστασή του για όρισμένου εύρους διαταραχές τού περιβάλλοντος.

όμόλογα όργανα: όργανα με κοινή φυλογενετική προέλευση και γι' αυτό με ίδια βασική δομή.

όμόλογα χρωματοσώματα: χρωματοσώματα που άνήκουν στο ίδιο ζευγάρι και είναι γι' αυτό όμοια μορφολογικά (έκτός από την περίπτωση των φυλετικών χρωματοσωμάτων, βλέπε λέξη).

όμοταξία: ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε όμοταξία περιέχει τάξεις (βλέπε λέξη).

όντογένεση: ή σειρά των διαδοχικών καταστάσεων και μορφών από τό ζυγωτό κύτταρο ως τό άκμαίο άτομο.

όξειδοαναγωγή: Συνδυασμός αντιδράσεων όξειδώσεως και αναγωγής (βλέπε λέξεις).

όξειδωση: χημική αντίδραση κατά την όποία σ' ένα στοιχείο ή μία ένωση προσθέτεται όξυγόνο ή από μία ένωση αφαιρείται ύδρογόνο. 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).

οργανισμός: έμβιο όν, που αποτελείται από τμήματα τα όποια ονομάζουμε όργανα (πολυκύτταροι οργανισμοί) ή οργανίδια (μονοκύτταροι οργανισμοί).

όργανο: τμήμα του οργανισμού που αποτελείται από πολλά κύτταρα και πολλούς ιστούς και εκτελεί όρισμένη ή όρισμένες λειτουργίες.

όργανο ανάλογο: βλέπε λέξη **ανάλογα όργανα**.

όργανο όμόλογο: βλέπε λέξη **όμόλογα όργανα**.

όργανο υπολειμματικό: βλέπε λέξη **υπολειμματικό όργανο**.

οργάνωση: τοποθέτηση και σύνδεση των διάφορων τμημάτων ενός σώματος με κάποια τάξη.

όροφος: ή άπάνω φυλλωσιά του δάσους.

ουρακίλη: όργανική 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 ό Ντάρβιν για νά εξηγήσει πώς κατά την όντογένεση σχηματίζονται τά όργανα του σώματος. Η θεωρία είναι λανθασμένη.

Παλαιαρκτική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαβαίνει Εύρώπη, Βόρεια Αφρική κι Ασία (εκτός από την Ινδία και άλλες κοντινές της χώρες).

Παλαιοζωικός: γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). Άρχισε 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 τά απολιθώματα τους (βλέπε λέξη).

παραγωγός: τό είδος που από άνόργανα συστατικά παράγει όργανική ύλη. Συνώνυμο του αυτότροφος (βλέπε λέξη).

παρασιτισμός: σχέση δύο οργανισμών κατά την όποία ό ένας (τό παράσιτο) ζει σε βάρος του άλλου (του ξενιστή) προκαλώντας του παθολογικές διαταραχές.

παρθενογένεση: διαδικασία παραγωγής απογόνων που προέρχεται από τον έγγενή πολλαπλασιασμό, αλλά κατά την όποία τό ώάριο εξελίσσεται σε νέο οργανισμό χωρίς γονιμοποίηση.

πεντόζη: ύδατάνθρακας με πέντε άτομα ανθρακα στο μόριό του.

περιβάλλον (έξωτερικό): καθετί που βρίσκεται έξω από τον οργανισμό, (που τον περιβάλλει).

Πέρμιο (ή Πέρμια περίοδος): γεωλογική περίοδος του Παλαιozoϊκού αιώνα. Ήρchiσε πρίν 280 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πρίν 230 εκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 50 εκατομμύρια χρόνια.

πλαγκτό: μικροσκοπικά ζωντανά όντα που ζούν στη θάλασσα. Ή όνομασία προήρθε από την έλληνική όμηρική λέξη πλαγκτός (= πληττόμενος, περιπλανώμενος) έπειδη θεωρείται ότι οι οργανισμοί αυτοί (άκόμη κι όσοι έχουν μαστίγια) περιπλανώνται, μεταφέρονται παθητικά από τά κύματα στην έπιφάνεια της θάλασσας (βλέπε και λέξεις **ζωοπλαγκτό**, **φυτοπλαγκτό**).

πλάσματική μεμβράνη (κυτταρική μεμβράνη): μεμβράνη που περιβάλλει το κυτταρο.

πλαστίδιο: όργανίδιο του κυττάρου στο όποιο λαβαίνουν χώρα χημικές αντίδράσεις. (Πλαστίδια είναι οι χλωροπλάστες, χρωμοπλάστες, άμυλοπλάστες, έλαιοπλάστες).

Πλειστόκαινος: γεωλογική ύποπερίοδος της Τεταρτογενής περιόδου του Καινοζωϊκού αιώνα.

πληθυσμός: σύνολο ατόμων του ίδιου είδους που ζούν στην ίδια περιοχή.

ποικιλομορφία (σε πληθυσμό): ή ποικιλία μορφών σ' έναν πληθυσμό. Γενετική ποικιλομορφία ή ύπαρξη περισσότερων από ένα άλληλόμορφων σ' έναν ή περισσότερους γόνους.

πόλος άτράκτου: τό όζυ άκρο της άτράκτου. Ή υπάρχουν δυό τέτοια άκρα σε μία κανονική άτρακτο.

πολυμερή (πολυμερείς ένώσεις): χημικές ένώσεις που άποτελούνται από την ένωση μεγάλου άριθμού χημικών μορίων άπολυτα ή περίπου όμοιων (που άνηκουν δηλαδή στην ίδια κατηγορία μορίων λ.χ. άμυνοξέα).

Προκάμβριο: έτσι όνομάζεται συνήθως ό Ήρχαϊκός αιώνας και ό Προτεροζωϊκός αιώνας μαζί, δηλαδή ό,τι ύπαρχει πρίν από την Καμβριο περίοδο, πρίν δηλαδή 600 εκατομμύρια χρόνια.

προκαρυωτικοί: όργανισμοί χωρίς σχηματισμένο πυρήνα στα κυτταρά τους (βακτήρια, κυανοφύκη). Βλέπε και λέξη **εύκαρυωτικός**.

προνύμφη: ένα από τα σταδια της όντογενέσης (βλέπε λέξη) πρίν από τό άκμαίο στα όστρακωτά, άρθροποδα και άλλα ζώα.

προσαρμογή: ή ιδιότητα του όργανισμού νά είναι έτσι κατασκευασμένος ώστε νά μπορεί νά έπιβιώσει στο περιβάλλον του και ν' άφήσει άπογόνους. Τό «ταιριασμα» του όργανισμού με τό περιβάλλον του.

προσχηματισμός (ή **προϋπόσταση**): Ή έμβρυολογική θεωρία σύμφωνα με

την όποια όργανα και τμήματα του σώματος κατα την έμβρυακή ανάπτυξη δε γίνονται έκ νεου άλλα από σχηματισμένα από πριν προτυπα μες στο ζυγωτό κυτταρο (ή στους γαμέτες).

πρόφαση (ή πρώτη φάση της μίτωσης): το πρώτο στάδιο της κυτταρικής διαιρέσεως.

πρωτεΐνη: πολυμερης (βλεπε λέξη) χημική ένωση που αποτελείται από την ένωση πολλών αμινοξέων.

πρώτη θυγατρική γενιά: το σύνολο των ατόμων που παράγονται από τη διασταύρωση ατόμων της πατρικής γενιάς (σύμβολο F_1).

πρωτογενής καταναλωτής: καταναλωτής (βλέπε λέξη) που τρέφεται από παραγωγό ή παραγωγούς (βλέπε λέξη).

πυρήνας: όργανίδιο του κυττάρου, συνήθως σφαιρικό, που περιέχει τά χρωματοσώματα.

πυρηνική άκινήσια: στάδιο όπου το κύτταρο δε διαιρείται (βλέπε λέξεις φάση G_1 , φάση S , φάση G_2).

πυρηνική μεμβράνη: μεμβράνη που περιβάλλει τον πυρήνα του κυττάρου.

πυρηνίσκος: σφαιρικό σωματίδιο μες στον πυρήνα του κυττάρου, που περιέχει RNA.

πυροσταφυλικό όξύ: όργανικό όξύ με τρία άτομα άνθρακα που προκύπτει από τη γλυκόλυση.

ριβοζονουκλεϊκό όξύ: βλέπε λέξεις RNA.

ριβόσωμα: μικρό στρογγυλό σωματίδιο που βρίσκεται στους άγωγούς του ένδοπλασματικού δικτύου του κυττάρου (στά βακτήρια στο κυτταρόπλασμα), στά μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες. Παίζει ρόλο στη σύνθεση των πρωτεϊνών γιατί πάνω του άκουμπά το άγγελιοφόρο RNA.

RNA (άρ - εν - εί, ριβοζονουκλεϊκό όξύ). Κατηγορία νουκλεϊκών όξεων μονόκλωνων ή και δίκλωνων. Εϊδη του RNA είναι το άγγελιοφόρο RNA, οί μεταφορείς RNA, το ριβοσωμικό RNA.

σαβάννα: ξηροφυτικό οϊκοςύστημα γύρω από τά τροπικά δάση.

σαπρόφυτα: όργανισμοί που τρέφονται από όργανικές ουσίες, (άπό νεκρά φυτά, λείψανα ζώων, έκκρίσεις κτλ.) και όχι κατευθειάν από άλλους ζωντανούς όργανισμούς.

Σιλούρια: γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού. Άρχισε πρίν 500 έκατ. χρόνια, τελείωσε πρίν 405 έκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 95 έκατομμύρια χρόνια.

σμήνος: άγέλη (βλέπε λέξη) πτηνών. Χρησιμοποιείται και για νά ύποδηλώσει το σύνολο των μελισσών μιās κυψέλης (γύρω από μιά βασίλισσα).

σπερματοζώαριο: 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 δεν είναι ευνοϊκές για τη διχοτόμησή τους (στάδιο με παχιά τοιχώματα και μικρής μεταβολικής δράσεως).

στοιχείο Golgi: οργανίδιο του κυττάρου που παίζει ρόλο στην απέκκριση κυτταρικών εκκρίμάτων (λ.χ. πρωτεΐνες) στο εξωτερικό του κυττάρου και που βοηθά στο σχηματισμό της πλασματικής μεμβράνης και της μεμβράνης των λυσοσωμάτων.

συνθετική θεωρία (ή νεοδαρβινική θεωρία): θεωρία σύμφωνα με την οποία η Έξέλιξη οφείλεται σε τυχαίες μεταλλαγές και ανασυνδυασμό των γόνων κατά τη φυλετική αναπαραγωγή (μηχανισμός παραγωγής γενετικής ποικιλομορφίας) και σε φυσική επιλογή αυτής της ποικιλομορφίας.

συννομοταξία (ή **Φύλο**): ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε συννομοταξία περιέχει όμοταξίες (βλέπε λέξη).

Συστηματική (ή **Ταξινομική**): κλάδος της Βιολογίας που μελετά την κατάταξη των οργανισμών.

σφύρα: όστριο στο μέσο ούς (αυτί) των θηλαστικών.

σωματικό πλάσμα: το σύνολο όλων των κυττάρων του οργανισμού εκτός από αυτούς που είναι ή θα μετασχηματισθούν σε γαμέτες.

τάϊγκα: οικοσύστημα, το δάσος των βόρειων κωνοφόρων.

τάξη: ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε τάξη περιέχει οικογένειες (βλέπε λέξη).

Ταξινομική: βλέπε λέξη **Συστηματική**.

τελεονομία: η ιδιότητα των ζωντανών οργανισμών να 'ναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να πραγματοποιούν ένα σκοπό (= τέλος).

τελόφαση (ή τέταρτη φάση της μίτωσης): το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της κυτταρικής διαιρέσεως.

τέχνημα (= τεχνούργημα): προϊόν ανθρώπινης κατασκευής, της ανθρώπινης τέχνης.

τουόντρα: οικοσύστημα που βρίσκεται κυρίως κοντά στο βόρειο πόλο.

Τριαδική: εποχή γεωλογική του Μεσοζωικού αιώνα. Ήρξε πριν 230 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 181 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 49 εκατομμύρια χρόνια.

τριτογενής καταναλωτής: καταναλωτής (βλέπε λέξη) που τρέφεται από δευτερογενείς καταναλωτές.

τριφωσφορική αδενοσίνη: βλέπε λέξη **ATP**

τυπολογία (τυπολογική σκέψη): η άποψη ότι τα είδη αποτελούν αντιγραφές αναλλοίωτων τύπων.

ύβριδιο: το αποτέλεσμα της διασταυρώσεως δύο ατόμων, που ανήκουν σε

διαφορετικές ομάδες (φαινότυπους, ποικιλίες, φυλές κτλ.).

ύβριδισμός: ή διασταύρωση δυο ατόμων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες (φαινότυπους, ποικιλίες, φυλές κτλ.).

υδατάνθρακες: κατηγορία οργανικών χημικών ενώσεων που αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο και στις οποίες 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 άλληλομορφος: ο άλληλομορφος του οποίου ή εμφάνιση στο φαινότυπο παρεμποδίζεται από τον κυρίαρχο άλληλομορφο (βλέπε λέξη) στα έτεροζυγωτά άτομα.

υπόστρωμα: (ένζυμου) χημική ουσία για την μετατροπή της οποίας δρᾷ το ένζυμο καταλύοντας την αντίστοιχη αντίδραση.

υπόστρωμα (θρεπτικό): θρεπτικό υλικό για να αναπτυχθεί κάποιος οργανισμός.

φαινότυπος: το πῶς μᾶς φαίνεται ο οργανισμός.

φάση G₁ της πυρηνικής ἀκίνησις: το τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ἀκίνησις όπου δέν ἔχει ἀρχίσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.

φάση G₂ της πυρηνικής ἀκίνησις: το τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ἀκίνησις όπου ἔχει τελειώσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.

φάση S της πυρηνικής ἀκίνησις: το τμήμα του στάδιου της πυρηνικής ἀκίνησις κατά τό ὁποῖο συντελεῖται ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.

φερομόνη: πτητική χημική οὐσία πού χρησιμεύει γιά τήν ἐπικοινωνία μεταξύ ζώων τοῦ ἴδιου εἴδους.

φρουκτόζη: υδατάνθρακας μέ ἕξι ἄτομα ἄνθρακα.

φρύγανα: ξηροφυτικό οἰκοσύστημα κυρίως γύρω ἀπό τή Μεσόγειο.

φυλετικά χρωματοσώματα: ζευγάρι, συνήθως, χρωματοσωμάτων πού καθορίζουν τό φύλο τοῦ οργανισμοῦ (τό X καί τό Y).

φυλετική ἀναπαραγωγή: ἀναπαραγωγή πού στηρίζεται στήν ὕπαρξη φύλων (λ.χ. ἀρσενικοῦ καί θηλυκοῦ).

Φύλο: βλέπε λέξη συνομοταξία.

φυλογενετική συγγένεια: συγγένεια λόγω κοινῆς ἐξελικτικῆς προελεύσεως.

φυλογενετικό δέντρο: σχεδιάγραμμα δέντρου πού ἀπεικονίζει τήν ἐξελικτική ἱστορία τοῦ οργανισμοῦ.

φυλοσύνδετη κληρονομικότητα: κληρονομική συμπεριφορά τῶν γόνων πού βρίσκονται στά φυλετικά χρωματοσώματα (φυλοσύνδετος γόνος).

φυσική ἐπιλογή: βλέπε ἐπιλογή.

Φυτογεωγραφία: κλάδος της Βιολογίας που μελετά τη γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση των φυτικών ειδών.

φυτοπλαγκτό: τó μέρος του πλαγκτού (βλέπε λέξη) που αποτελείται από φυτικούς οργανισμούς (διάτομα, δινομαστιγωτά κ.ά.)

φωσφορυλίωση: βλέπε λέξη **οξειδωτική φωσφορυλίωση**.

φωτόλυση του νερού: από τις πρώτες φάσεις της φωτοσύνθεσης κατά την οποία διασπάται τó νερό σέ υδρογόνο και οξυγόνο.

φωτοσύνθεση: λειτουργία του φυτού που κατάληγει στη σύνθεση υδατανθρακα από ανόργανες ενώσεις (νερό και διοξείδιο του άνθρακα) με την ενέργεια του ήλιακού φωτός.

χημικός υποδοχέας ηλεκτρονίων: ουσία που μπορεί νά ανάγεται (νά δέχεται ηλεκτρόνια) και νά οξειδώνεται (νά χάνει αυτά τά ηλεκτρόνια).

χίασμα: φαινόμενο κατά τó όποιο στη μείωση γίνεται ανταλλαγή ύλικού μεταξύ δυό χρωματίδων, μις που προέρχεται από τόν πατέρα και μις που προέρχεται από τή μητέρα του άτόμου.

χλωροπλάστης: πλαστίδιο που περιέχει χλωροφύλλη κι όπου γίνεται ή φωτοσύνθεση.

χλωροφύλλη: πράσινη χρωστική ουσία που βρίσκεται στους χλωροπλάστες και που δεσμεύει τήν ήλιακή ενέργεια γιά νά γίνει ή φωτοσύνθεση.

χρωματόσωμα: σωματίδιο του πυρήνα που βάφεται έντονα και περιέχει τούς γόνους. Αποτελείται από DNA και πρωτεΐνες.

χρωματόσωμα Υ: ένα φυλετικό χρωματόσωμα.

χρωματόσωμα Χ: ένα φυλετικό χρωματόσωμα.

χρωμοπλάστης: πλαστίδιο που περιέχει χρωστικές (όχι χλωροφύλλη) και δίνει τó χρώμα λ.χ. στά πέταλα τών λουλουδιών.

χυμοτόπιο: χώρος μέσ στο κυτταρόπλασμα γεμάτος νερό, όπου βρίσκονται διαλυμένες διάφορες χημικές ουσίες.

ώαριο: ό θηλυκός γαμέτης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

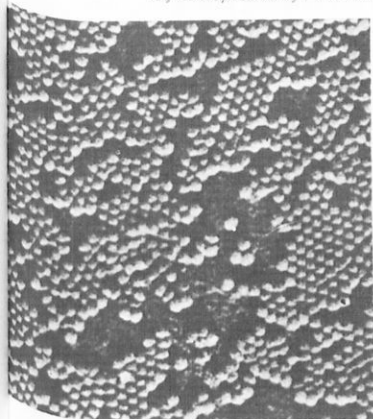
Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΝΤΩΝ

Σε αυτό τό Παράρτημα κάνουμε πιά ολοκληρωμένη γνωριμία μέ τά ζωντανά ὄντα, δίνοντας μιά πολύ σύντομη καί ἀπλουστευμένη κατάταξη τους. Παρουσιάζουμε δηλαδή συστηματικές ομάδες πού μπορεί νά μήν ἀντιστοιχοῦν ἀκριβῶς σέ μιά αὐστηρή σημερινή ταξινομική κατάταξη. Συνήθως σταματᾶμε, δηλαδή, σέ κάτι ἀντίστοιχο μέ τά Φύλα (ἢ ομάδες Φυλῶν), μερικές ὁμως φορές φτάνουμε κι' ὥς την Ταξη ἀνάλογα μέ τό ἐνδιαφέρον πού παρουσιάζουν τά εἶδη τῶν ὁμάδων στίς ὁποῖες ἀναφερόμαστε. Στήν κατάταξη αὕτη δέν παρουσιάζονται οἱ ὀργανισμοί πού τους γνωρίζουμε μόνο ἀπό ἀπολιθώματα. Τα ὀνόματα τῶν ζωντανῶν ὄντων καί τῶν ταξινομικῶν ὁμάδων τους πού ἀναφέρονται τόσο στό κείμενο ὅσο καί σ' αὐτό τό Παράρτημα δέν βρίσκονται σάν λήμματα στό Λεξιλόγιο (Παράρτημα Α).

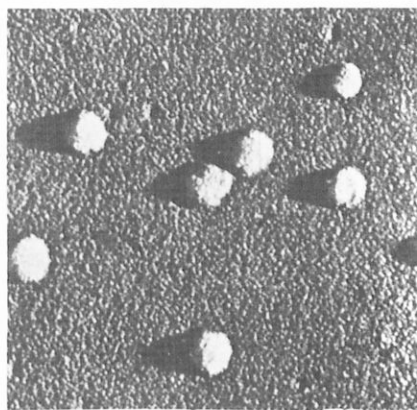
ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΟΝΗΡΩΝ σύνολο 3.230 εἶδη σέ ἑξί Φύλα. Ἰοί καί μονοκύτταροι προκαρυωτικοί ὀργανισμοί.

1. **Ἰοί.** Ἀκυτταρικοί ὀργανισμοί πάρα πολύ μικροῦ μεγέθους πού φαίνονται μόνο μέ τό ἠλεκτρονικό μικροσκόπιο. Ἀποτελοῦνται ἀπό νουκλεϊκό ὀξύ καί πρωτεϊνικό κάλυμμα. Πολλαπλασιάζονται σάν ἐνδοκυτταρικά παράσιτα ὁλῶν τῶν ἄλλων ὀργανισμῶν. Περίπου 200 εἶδη.

Ἰός πολυομεγέτιδας ($\times 82000$)



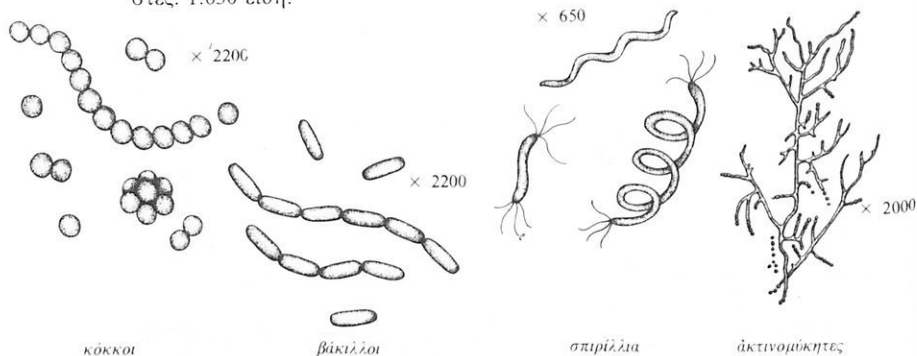
Ἰός γρίπης ($\times 61000$)



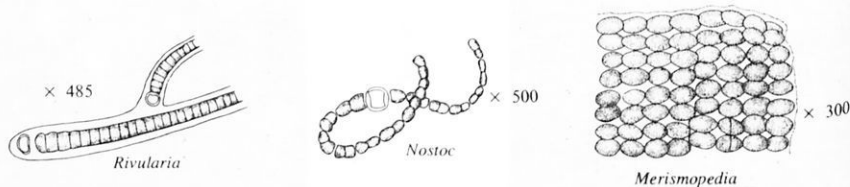
βακτηριοφάγος T4



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 καί μεταξú αυτών που δέν έχουν μερικοί είναι αυτότροφοι, γιατί ðξειδώνουν ένώσεις του θείου ή του σιδήρου ή του άζώτου. Οί περισσότεροι πάντως είναι έτερότροφοι καί πολλοί προκαλούν άσθένειες. Όταν δέν είναι μοναχικοί τους βρίσκουμε μαζεμένους σάν άλυσίδες ή σάν άποικίες (σπιρίλια, κόκκοι, βάκιλλοι). Ειδικά οί άκτινομύκητες είναι σάν λεπτές διακλαδιζόμενες κλωστές. 1.630 είδη.

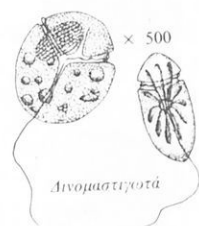


3. Κυανοφύκη (ή Μυξόφυτα). Προκαρυωτικοί κυτταρικοί οργανισμοί. Μοναχικά κύτταρα ή άποικίες σάν κλωστές ή σάν επίπεδες επιφάνειες. Δέν έχουν πλαστίδια. Η χλωροφύλλη τους συχνά καλύπτεται από άλλες χρωστικές. Ύδροβια αλλά μερικά βρίσκονται καί στο έδαφος ή σε φυτά. 1.400 είδη.



ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΠΡΩΤΙΣΤΩΝ σύνολο 28.350 είδη σε δέκα φύλα. Μονοκύτταροι, ευκαρυωτικοί οργανισμοί.

4. Μαστιγοφόρα. Μονοκυτταρικά ή και σε άποικίες ευκαρυωτικά 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. τα τρυπανοσώματα). Οί άποικιακές μορφές τους θεωρούνται μερικές φορές σαν ενδιάμεσες μεταξύ Πρωτίστων και πολυκυττάρων Φυτών άπ' τή μιά μεριά, Πρωτίστων και Σπόγγων άπ' τήν άλλη. 2000 είδη.



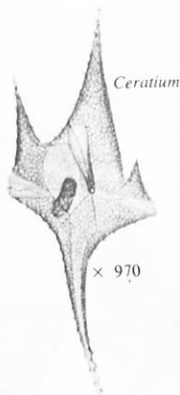
Gymnodinium

x 1060



x 590

Glenodinium



Ceratium

x 970



x 450

Pouchetia

x 750

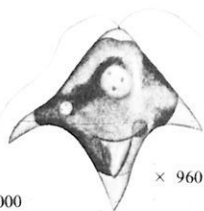


Oodinium



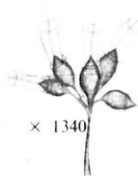
× 1000

Chlamydomonas



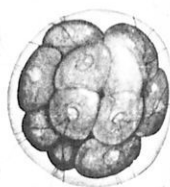
× 960

Brachiomonas



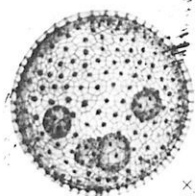
× 1340

Codostiza



×

Pandorina



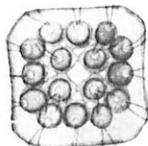
× 120

Volvox



× 750

Dinobryon

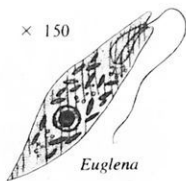


× 585

Gonium

διάφορα άλλα
μαστιγοφόρα

× 150



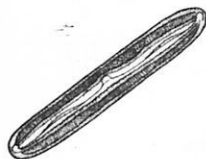
Euglena

× 1000



Trypanosoma

5. Διάτομα (ή Χρυσόφυτα 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 λαδιού. Τά συναντάμε και στο φυτοπλαγκτό. 5.700 είδη.

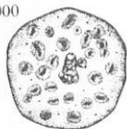


× 375



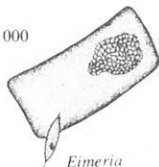
6. Σπορόζωα. Μονοκύτταρα εὐκαρυωτικά μικροσκοπικά. Συνήθως δὲν μετακινούνται ἀπὸ μόνα τους, σὲ μερικά τους ὅμως στάδια μπορεῖ νὰ μετακινούνται μὲ ψευδοπόδια ἢ μαστίγια. Παράσιτα μὲ πολὺπλοκους κύκλους ζωῆς. 2.000 εἶδη.

× 2000



Plasmodium vivax

× 1000

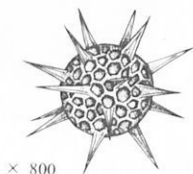


Eimeria

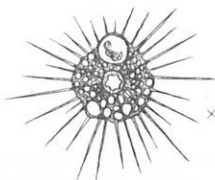
Ἀριστερά: Σπορόζωα μέσα στὸν ξενιστὴ τους.

Δεξιά: Σπορόζωο μπαίνει μέσα στὸν ξενιστὴ του.

7. Ριζόποδα (ἢ Σαρκοδινά). Μικροσκοπικά ἢ σχεδὸν μικροσκοπικά εὐκαρυωτικά. Πολλὰ εἶδη κατασκευάζουν πολὺπλοκα κελύφη ἢ σκελετικές δομές, ἄλλα εἶναι γυμνά. Μετακινούνται μὲ ψευδοπόδια. 8000 εἶδη.



× 800



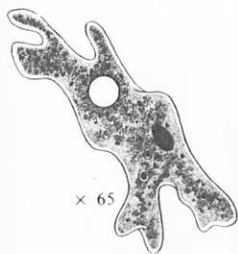
× 400

Actinophrys



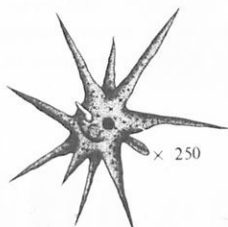
× 5

τριματοφόρο



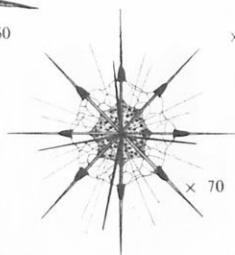
× 65

Ameba proteus



× 250

Ameba radiosa



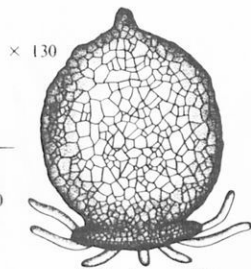
× 70

Acanthometra elastica



× 340

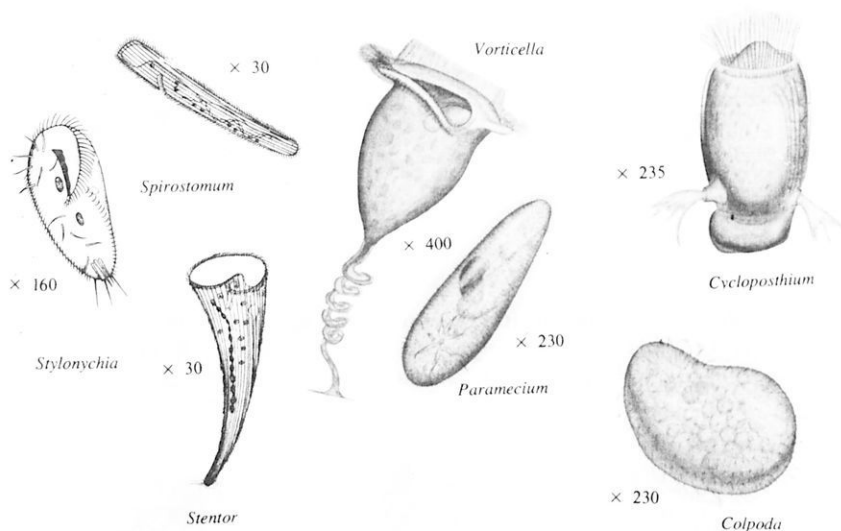
Arcella discoides



× 130

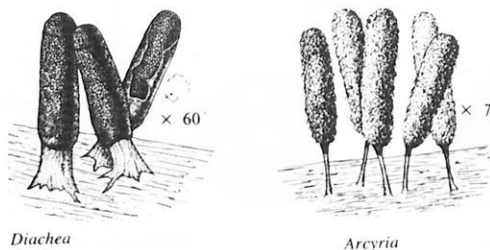
Difflugia urceolata

8. **Βλεφαριδοφόρα.** Μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά εὐκαρυωτικά. Μετακινούνται με βλεφαρίδια. 5000 εἶδη.

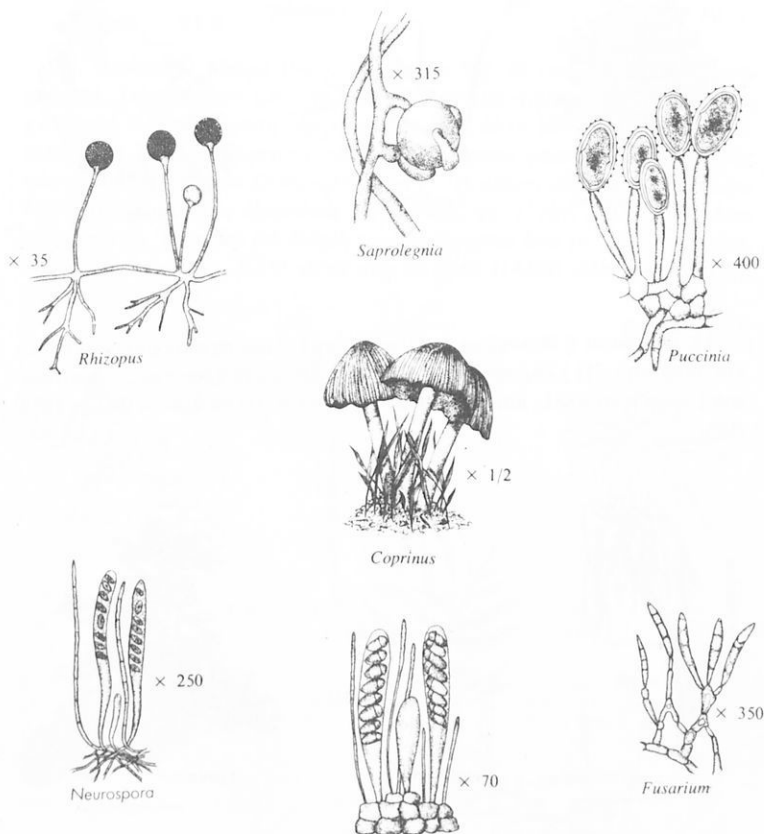


ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΥΚΗΤΩΝ 40.400 εἶδη σὲ ὀκτώ Φύλα. Πολυπύρνοι εὐκαρυωτικοὶ ὄργανισμοί, κύτταρα με τοιχώματα πού δέν ἔχουν ἢ ἔχουν μικρή διαφοροποίηση, ἀπουσία χλωροφύλλης.

9. **Μυξομύκητες.** Μάζα πρωτοπλάσματος με ἑκατοντάδες πυρήνες πού περικλείεται με πλασματική μεμβράνη. Φαίνονται καί μακροσκοπικά. Τρῶνε ὅπως οἱ ἀμοιβάδες μ' ἓνα εἶδος πινοκύτωσης. Ἀναπαράγονται με σπόρια ὅπως οἱ ἄλλοι μύκητες. Βρίσκονται πάνω σέ φυτά πού ἀποσυνθέτονται σέ ὑγρά μέρη. 400 εἶδη.



10. Μύκητες. Όπως και οι προηγούμενοι δέν έχουν χλωροφύλλη και είναι κατ' ἀρχήν σαπρόφυτα. Πολυκύτταρα με ομάδες κυττάρων σαν κλωστές – τό μυκήλιο. Δέν έχουν άγγεία (όπως 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** που κάνουν άσκους (σάκκους) με (8 συνήθως) σπόρια για να 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 ευκαρυωτικοί οργανισμοί, κύτταρα μέ τοιχώματα και μέ φωτοσυνθετικές χρωστικές (όπως 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 μέ αναπαραγωγικά κύτταρα χωρίς μαστίγιο. Άποταμίευση τροφής σέ άλλες μορφές ύδατανθράκων και όχι σέ άμυλο. 2.500 είδη.



Corallina



Agardhiella



Porphyra

12. Φαιοφύτα 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.



Conocepalum



Sargassum

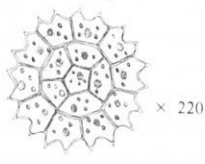


Ectocarpus

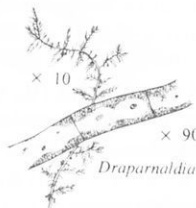
13. **Χλωρόφυτα** ή **Χλωροφύκη** (=πράσινα φύκη). Έχουν σχήμα κλωστών ή ταινιών ή φύλλων ή σωληνών ή ακανόνιστων μαζών, μερικές φορές και μονοκύτταρα. Κυρίως ύδρόβια. Η τροφή άποταμιεύεται σάν άμυλο σέ πλαστίδια. Χλωροφύλλες, 5.275 είδη.



Chlorella



Pediatrum

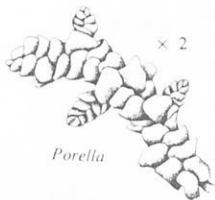


Draparnaldia

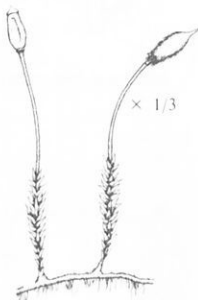


Spirogyra

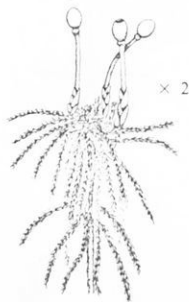
14. **Βρύοφυτα**. Μικρά (ύψος μικρότερο από 40 cm). Τά περισσότερα χερσαία. Συχνά έχουν τμήματα πού μοιάζουν μέ στελέχη και φύλλα, δείχνουν μία διαφοροποίηση των κυττάρων τους αλλά δεν έχουν άγγεία. Κύκλοι ζωής μέ καλά άναπτυγμένη διαδοχή φάσεων γαμετόφυτα (άπλοειδής φάση) και σποριόφυτα (διπλοειδής φάση). Η πρώτη φάση είναι ή πιό έκδηλη, τό σποριόφυτο έξαρτάται λίγο - πολύ άπ' αύτην. 23.000 είδη. Διακρίνονται τά **Ήπατικά** (τό όνομά τους προέρχεται άπό τό ήπαρ = συκώτι, άπό τό σχήμα τους, 8.550 είδη) και τά **Βρύα** (14.000 είδη) (πολυτρίχια, σφάγνα, μούσκλια).



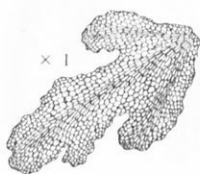
Porella



Polytrichum



Sphagnum



Conocephalum



Anthoceros

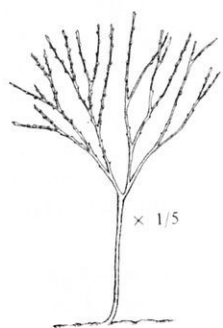
15. Τραχεόφυτα. Έχουν αγγεία μέσ απ' τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν τὸ νερὸ κι' οἱ θρεπτικὲς οὐσίες. Έχουν διαδοχὴ φάσεων ἀλλὰ τὸ σποριόφυτο εἶναι τὸ πιὸ ἐκδηλὸ ἐνῶ τὰ γαμετόφυτα εἶναι συχνὰ μικροσκοπικὰ (κόκκος γύρης, ὠάριο) καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ σποριόφυτο. 296.640 εἶδη.

Χωρίζονται σὲ **Ψιλοψίδα** (ὅπως τὸ Ψίλοτο, 4 εἶδη), σὲ **Σφενονψίδα** [ὅπως τὸ πολυκόμπι ἢ ἀλογοουρά (ἵππουρίς) 32 εἶδη], σὲ **Λυκοψίδα** (ὅπως τὸ λυκοπόδιο 1.100 εἶδη) καὶ σὲ **Πτεροψίδα**. Τὰ **Πτεροψίδα** χωρίζονται σὲ 3 τάξεις: στὰ **Πτεριδόφυτα** (τὶς φτέρες 10.000 εἶδη), στὰ **Γυμνόσπερμα** (ὅπου ἀνήκουν κι' ὅλα τὰ Κωνοφόρα (ἔλατα, πεύκα) 640 εἶδη) καὶ στὰ **Ἀγγειόσπερμα** (περίπου 286.000). Ἡ χώρα μας εἶναι ἰδιαίτερα πλούσια σὲ εἶδη

Ψιλοψίδα

Σφενονψίδα

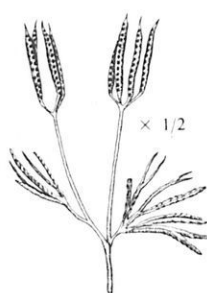
Λυκοψίδα



Psilotum



Equisetum (πολυκόμπι)

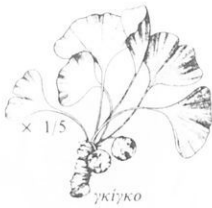


Lycopodium

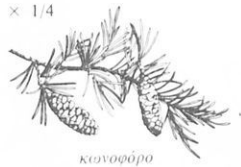
Πτεριδόφυτα (φτέρες)



Γυμνόσπερμα



γκίγκο



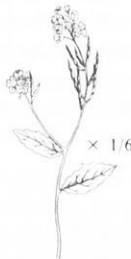
κονοφόρο

(6.000 είδη περίπου ενώ άλλες χώρες στην Ευρώπη έχουν 2.000 είδη). Τα Ἀγγειόσπερμα αποτελούνται από 300 οικογένειες καὶ εἶναι τὰ φυτὰ μέ τὰ λουλούδια. Ἄλλα εἶναι **δικοτυλήδονα** κι' ἄλλα **μονοκοτυλήδονα**. Τὰ **δικοτυλήδονα** ἔχουν φύλλα μέ νεῦρα πού διακλαδίζονται φτιάχνοντας ἓνα δί-χτυ. Τὰ ἄνθη τους ἔχουν τμήματα (σέπαλα, πέταλα κ.λ.π.) πού εἶναι συν-ῆθως 4 ἢ 5 ἢ πολλαπλάσιά τους. Οἱ σπόροι ἔχουν δυό κοτυλήδονες. Τὰ

Ἀγγειόσπερμα Δικοτυλήδονα



ἄγριοτριανταφυλλιά



σινάπι



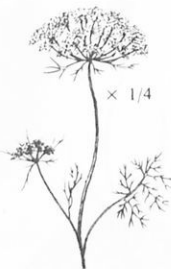
καπουτσίνοζ
(δελφίνιο)



βαλανιδιά



μοσχομπίζελο



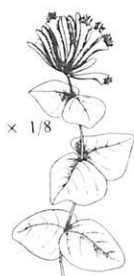
σκιαδοφόρο



πολεμώνιο



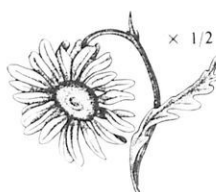
φασκομηλιά



αϊγόκλημα



άντιρρινο



μαργαρίτα

μονοκοτυλήδονα έχουν σπόρους με μία κοτυλήδονα, άνθη με τμήματα συνήθως 3 ή πολλαπλάσια του 3, νεύρα παράλληλα στα φύλλα τους. Δίνουμε μερικά φυτά χαρακτηριστικά των δυό αυτών υποτάξεων που ανήκουν σέ διάφορες οικογένειες. Στά **Δικοτυλήδονα**: φυτά της οικογένειας της βαλανιδιάς (Fagaceae), της νεραγκούλας (Ranunculaceae), των Σταυρανθών (Cruciferae), των Ροδωδών (Rosaceae), των Ψυχανθών (Leguminosae), των Σκιαδοφόρων (Umbelliferae), της οικογένειας των Χειλανθών (του θυμαριού, Labiatae), των Συνθέτων (της μαργαρίτας, Compositae) κ.ά. Στά **Μονοκοτυλήδονα**: φυτά της οικογένειας των Άγρωστωδών (του σταριού, Gramineae), της άμαρυλλίδας (Amatyllidaceae), των ίριδων (Iridaceae), των κρίνων (Liliaceae) των Όρχεοειδών (Orchidaceae) κ.ά.

Άγγειόσπερμα: Μονοκοτυλήδονα



σαγγιτάρια



στάρι



σπαθόχορτο



κοιμηλίνα

× 1/8



τουλίπα

× 1/8



νάρκισσος

× 1/6



γλαδίσκος

× 1/2

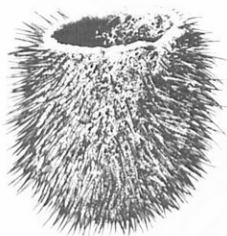


όρχεοειδής

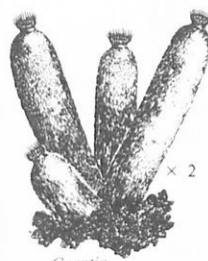
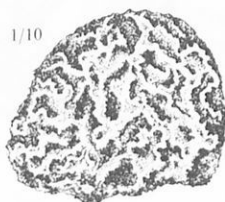
ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΤΩΝ ΖΩΩΝ. Σύνολο 1.043.150 είδη σε 29 ή 22 Φύλα ανάλογα με διάφορες κατατάξεις. Μερικά Φύλα έχουν λίγα είδη (Μικρότερα Φύλα). Έδω θα μιλήσουμε μόνο για 19 Φύλα, τα πιο σημαντικά. Πολυκύτταροι οργανισμοί με ευκαρυωτικά κύτταρα χωρίς τοιχώματα, χωρίς πλαστίδια και χωρίς χλωροφύλλη. Διαφοροποιημένα κύτταρα και στίς ανώτερες μορφές ιδιαίτερα πολύπλοκα συστήματα (νευρικά, αίσθητήρια και μυϊκοκινητικά). Αναπαραγωγή φυλετική, άπλοειδής φάση μόνο με γαμέτες τουλάχιστον στα περισσότερα και ανώτερα Φύλα.

16. Σπόγοι (ή Πορίφερα). Τα περισσότερα θαλάσσια. Άκμαια προσδεμένα σε στερεό αντικείμενο. Τα τοιχώματα του σώματος αποτελούνται από δυό στοιβάδες κυττάρων. Ύπαρξη πόρων στα τοιχώματα που συνδέονται με σύστημα εσωτερικών αγωγών. 4.800 είδη.

× 1/4



× 1/10



Grantia

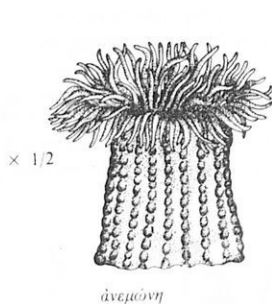
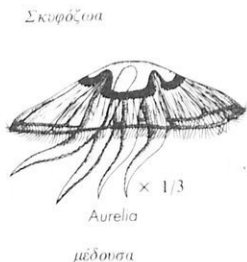
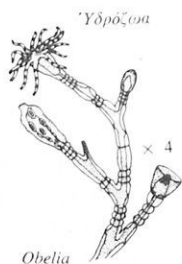
× 2

× 1/10

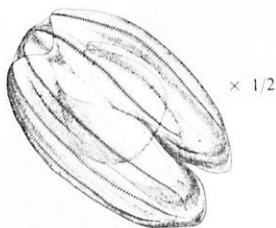
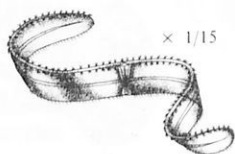


σφουγγάρι

17. Κοιλεντερωτά. Κυρίως θαλάσσια (μέδουσες, άνεμώνες της θάλασσας, κοράλλια, ύδρες). Τό σώμα τους έχει δύο στοιβάδες κύτταρα και μία ζελατινώδη ουσία μεταξύ τους. Πεπτική κοιλότητα μ' ένα μόνο άνοιγμα. Άκτινωτή συμμετρία. Στα πλοκάμια τους έχουν κύτταρα που προκαλούν νήγματα. Σύμφωνα με διάφορες εκτιμήσεις 5.300 ως 9.200 είδη. Έδω ανήκουν 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. Πλατυέλμινθες (από πλατύς, γιατί οί περισσότεροι είναι πλατυσμένοι και έλμινς = σκουλήκι). Άλλα ζούν παρασιτικά (Τρηματώδεις και Κεστώδεις) κι' άλλα όχι (Στροβιλιστικοί). Τό σώμα τους έχει άμφίπλευρη συμμετρία και τρείς στοιβάδες κύτταρα, ό πεπτικός τους άγωγός ένα άνοιγμα. 12.700 είδη.

Στροβιλιστικοί



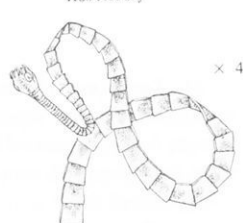
Πλανάρια

Τρηματώδεις

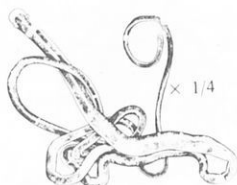


διστομο

Κεστώδεις

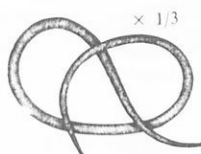


ταινία



Cerebratulid

20. Νεμερτίνοι. Κυρίως θαλάσσιοι σκώληκες, πλατυσμένοι, με σώμα που δέν χωρίζεται σε δακτύλιους. Πεπτικός άγωγός με δυό άνοίγματα (στόμα και έδρα). 800 είδη.



άσκαριδα

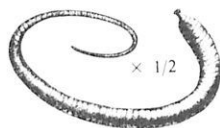
21. Νηματώδεις. Άλλοι ζούν παρασιτικά κι' άλλοι όχι. Κυλινδρικό σώμα με άμφίπλευρη συμμετρία. Πεπτικός σωλήνας με δυό άνοίγματα. 11.000 είδη.



Gordius

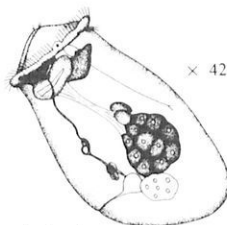
22. Νηματόμορφοι. Περίπου 200 είδη σκωλήκων που στην άτελή τους μορφή είναι παράσιτα Άρθροπόδων και άκμαία ζούν ελεύθερα. Πολύ περιορισμένος πεπτικός σωλήνας.

23. Ἀκανθοκέφαλα. 100 περίπου είδη σκωλήκων πού στην ἀτελή τους μορφή είναι παράσιτα Ἀρθροπόδων καί ἄκμαία εἶναι παράσιτα Σπονδυλωτῶν. Δέν ἔχουν πεπτικό σωλήνα. Στό κεφάλι τους φέρουν ἄκανθες.



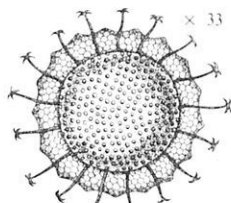
Oncicola

24. Τροχόζωα (ἢ Τροχέλμινθες). Μικροσκοπικά ζῶα γλυκοῦ νεροῦ ἢ θαλάσσιου. Ἀμφίπλευρη συμμετρία. Πολυάριθμα βλεφαρίδια γύρω ἀπό τό στόμα τους. 1.500 είδη.



Asplanchna

25. Βρυόζωα. Τά πιά πολλά θαλάσσια, ζοῦν σέ ἀποικίες. Τό στόμα τους περιτριγυρίζεται ἀπό στεφάνι ἀπό πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχῆμα U. 3.750 είδη.



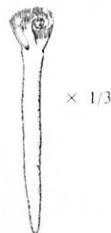
Cratella

26. Βραχιόποδα. Θαλάσσια. Συμμετρικά κελύφη πού ἀπαρτίζονται ἀπό δύο τμήματα καί πού περικλείουν τό σῶμα τοῦ ζῴου πού ἔχει ἕνα ζευγάρι «βραχίονες». 120 είδη.

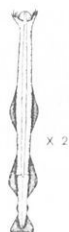


Lingula

27. Φορονιδοειδή. Θαλάσσια. Ζοῦν σέ σωλήνες ἀπό λάσπη. Ἔχουν ἕνα ζευγάρι «βραχίονες» μέ πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχῆμα U. 15 είδη.



Phoronis



Ναυτίλος

28. Χαιτόγναθα. Θαλάσσια. Ἐπιπλέουν ἢ κολυμπούν. Μὲ ἀμφίπλευρη συμμετρία. Ἴσκιος πεπτικός σωλήνας. 50 εἴδη.

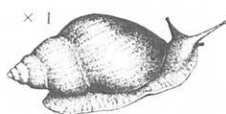
29. Μαλάκια. Θαλασσινά, γλυκοῦ νεροῦ ἢ χερσαῖα. Μὲ ἀμφίπλευρη συμμετρία ἢ ἀσυμμετρικά. Ὁ «μανδύας» εἶναι μιά ἀναδίπλωση ἱστοῦ γύρω ἀπὸ τὸ σῶμα τους πού ἐκκρίνει ἓνα ἀνθρακικό κέλυφος. Δὲ χωρίζονται σὲ δακτύλιους. Πεπτικό σύστημα, κυκλοφορικό καὶ νευρικό καλὰ ἀναπτυγμένα. 107.000 εἴδη. Περιλαβαίνουν πολλὰς ὁμοταξίες: τὰ Ἀμφίνευρα (θαλασσινά, ὅπως ὁ χιτών), τὰ Γαστερόποδα (θαλασσινά, γλυκοῦ νεροῦ καὶ χερσαῖα, ὅπως τὸ σαλιγκάρι, τὸ κέλυφος ὅταν ὑπάρχει εἶναι περιστραμμένο), τὰ Σκαφόποδα (θαλασσινά), τὰ Πελεκόποδα ἢ Ἐλασματοβραγχιώτα (θαλασσινά ἢ γλυκοῦ νεροῦ ὅπως τὰ μύδια, οἱ πίννες, τὰ κυδώνια) τὰ Κεφαλόποδα (θαλασσινά μὲ ἐξωτερικά ἢ ἐσωτερικά κέλυφος: ναυτίλοι, οἱ ἐξαφανισθέντες ἀμμωνίτες, σουπιές, καλαμάρια, χταπόδια).

Ἀμφίνευρα



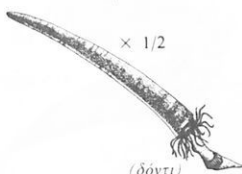
χιτών

Γαστερόποδα



(σαλιγκάρι)

Σκαφόποδα



(δόντι)

Ἐλασματοβράγχια



(ἀχιβάδα)

Κεφαλόποδα

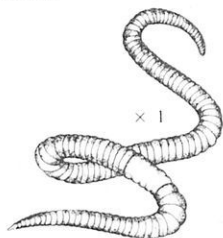
x 1/5



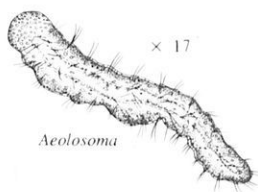
(ναυτίλος)

30. Δακτυλιοσκώληκες (Annelida). Θαλάσσια, γλυκού νερού ή χερσαία με αμφίπλευρη συμμετρία. Σώμα χωρισμένο σε τμήματα: τούς δακτύλιους. Τά εξαρτήματα λείπουν ή όταν υπάρχουν δεν είναι άρθρωμένα. Νευρικό σύστημα (σχοινίο) κοιλιακό. 8.500 είδη. (εδώ ανήκουν οι Πολύχαιτοι θαλάσσιοι σκώληκες, Όλιγόχαιτοι γλυκού νερού ή χερσαίοι σκώληκες και οι Βδέλλες).

Όλιγόχαιτοι

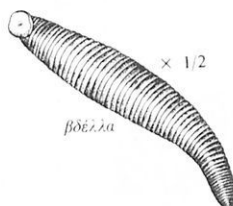
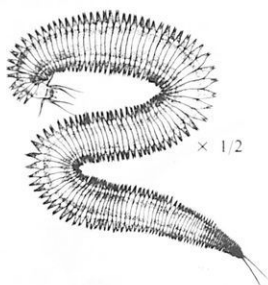


σκουλήκι της γης (σκουληκαντέρα)



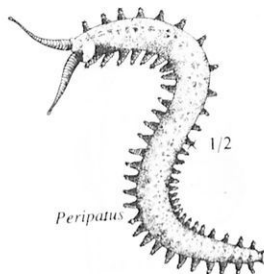
Aeolosoma

Πολύχαιτοι



βδέλλα

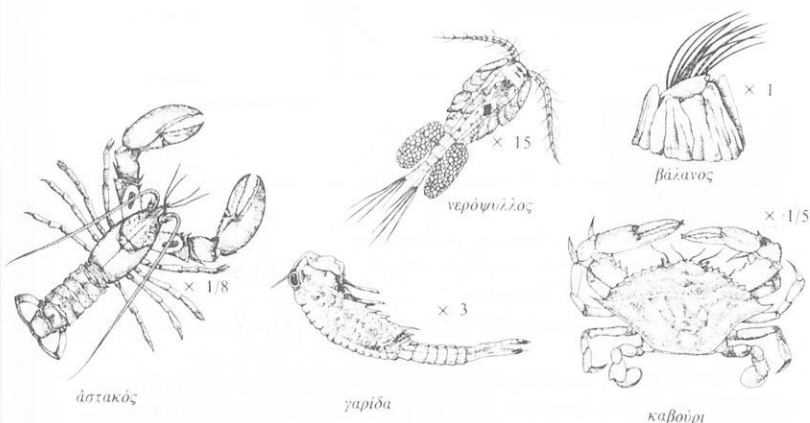
31. Όνυχοφόρα. Χερσαία, τροπικά, σαν σκουλήκια με ζευγάρια ποδιών και όχι ξεκάθαρο χωρισμό σε δακτύλιους. Μοιάζουν με Δακτυλιοσκώληκες και με Άρθροποδα. 80 είδη.



Peripatus

32. **Ἀρθρόποδα.** Χερσαῖα, γλυκοῦ νεροῦ ἢ θαλάσσια μέ ἀμφίπλευρη συμμετρία καί σῶμα χωρισμένο σέ δακτύλιους πού συχνά συγχωνεύονται. Ἀρθρωμένα ἐξαρτήματα. Τό σῶμα καί τά ἐξαρτήματά σκεπάζονται μέ ἀρθρωμένο ἐξωσκελετό. Τό νευρικό σχοινίο εἶναι κοιλιακό. 838.000 εἶδη. Περιλαβαίνουν τίς ἐξῆς Ὁμοταξίες:

Ὁμοταξία Ὀστρακωτῶν (ἀστακοί, караβίδες, γαρίδες, καβούρια, λεπάδες, σακκουλίνες κ.ἄ.).

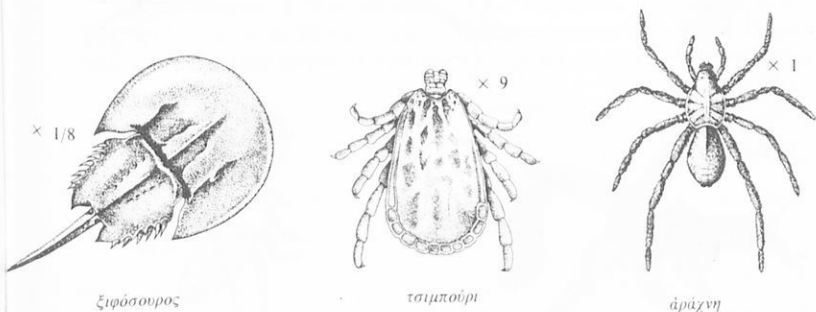


Ὁμοταξία Ἀραχνίδια (τσιμπούρια, ἀράχνες, σκορπιοί).

Ὁμοταξία Μερυστόματα (ξιφόσουροι).

Μερυστόματα

Ἀραχνίδια



Όμοταξία Διπλόποδα (ϊούλοι).

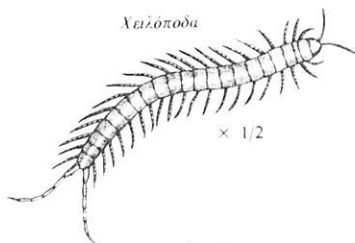
Όμοταξία Χειλόποδα (σαρανταποδαρούσες)

Διπλόποδα



ϊούλος

Χειλόποδα



σαρανταποδαρούσα

Όμοταξία Έντομα. Τά Έντομα περιλαμβάνουν πολλές τάξεις. Μερικές από αυτές είναι:

τά Θυσάνουρα, μικρά, άφτερα: τά ψαράκια

τά Έφημερόπτερα, δυό ζευγάρια φτερά, οί προνύμφες ύδρόβιες, τά άκμαία πετούν: τά Έφήμερα.

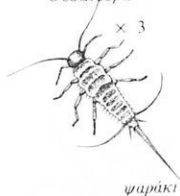
τά Όδοντόγναθα (Odonata ή Νευρόπτερα): Δυό ζευγάρια φτερών οί λιμπελλούλες.

τά Όρθόπτερα. Δυό ζευγάρια φτερών: οί άκρίδες και οί κρεμνυδοφάγοι.

τά Ίσόπτερα. Δυό ζευγάρια φτερών. Ζούν σέ κοινωνίες: οί τερμίτες.

τά Άνόπλουρα. Χωρίς φτερά: οί ψείρες.

Θυσάνουρα



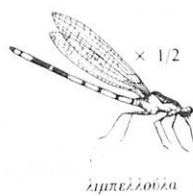
ψαράκι

Έφημερόπτερα



έφημερο

Όδοντόγναθα



λιμπελλούλα

Όρθόπτερα



άκρίδα

Ίσόπτερα



τερμίτης

Άνόπλουρα



ψείρα

τά **Ὁμόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν: οἱ ἀφίδες (μελίγκρες).

τά **Ἑτερόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν: οἱ βρωμοῦσες.

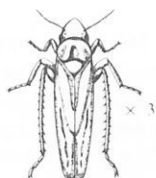
τά **Λεπιδόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν μέ λέπια: οἱ πεταλοῦδες (προ-
νύμφες τους εἶναι οἱ κάμπιες).

τά **Δίπτερα**. Ἐνα ζευγάρι φτερῶν: οἱ μύγες, τὰ κουνούπια, ἡ δροσόφιλα.

τά **Κολεόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν, τὸ πάνω εἶναι σκληρό: τὰ σκα-
θάρια, οἱ χρυσόμυγες.

τά **Ψμενόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν: μέλισσες, σφήκες. Πολλά ζοῦν
σὲ κοινωνίες.

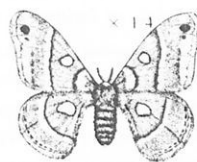
Ὁμόπτερα



Ἑτερόπτερα



Λεπιδόπτερα



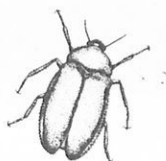
πεταλοῦδα

Δίπτερα



μύγα

Κολεόπτερα



σκαθάρι

Ψμενόπτερα



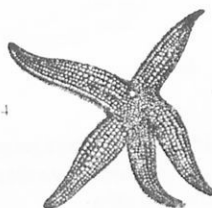
σφήκα

33. **Ἐχινόδερμα ἢ Ἐχινოდέρματα**. Ὅλα θαλάσσια. Τὰ ἀκμαῖα ἔχουν
ἀκτινωτὴ συμμετρία. Οἱ προνύμφες ἔχουν ἀμφίπλευρη συμμετρία. Ἐχουν
ἐσωτερικὸ σκελετὸ συχνά μέ ἀγκάθια ποῦ προεξέχουν. Ἐνα σύστημα ἀγω-

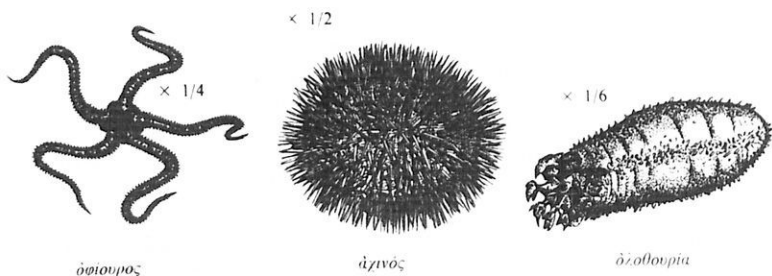


κρινοειδές

x 14



ἀστέρις



γών γεμάτων νερό (σάν υδραυλικό σύστημα) τούς επιτρέπει νά κινούνται καί νά πιάνουν τήν τροφή τους. 6.000 εἶδη. Ἐδῶ ἀνήκουν τά **Κρινοειδή**, οἱ **ἀστερίες**, οἱ **ὄφειουροι**, οἱ **ἀχινοί** καί οἱ **ὄλοθουρίες**.

34. Χορδωτά. Θαλάσσια, γλυκοῦ νεροῦ καί χερσαῖα. Μέ ἀμφίπλευρη συμμετρία. Ραχιαῖος νευρικός ἀγωγός (δηλαδή μέσα κούφιος) καί μιά νωτιαία χορδή ἀπό κάτω του πού μπορεῖ νά χαθεῖ ἤ νά ἀντικατασταθεῖ (μέ σπονδυλική στήλη στά Σπονδυλωτά) κατά τήν ἀνάπτυξη τοῦ ζώου. Ἀρκετά ζευγάρια βραγχιακῶν σχισμῶν (πού μπορεῖ νά χαθοῦν κατά τήν ἀνάπτυξη). Μεταμέρεια δηλαδή κάποια διαίρεση σέ τμήματα (αὐτό φαίνεται στούς μῦς καί στά πλευρά τῶν σπονδυλωτῶν). 43.000 ὥς 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



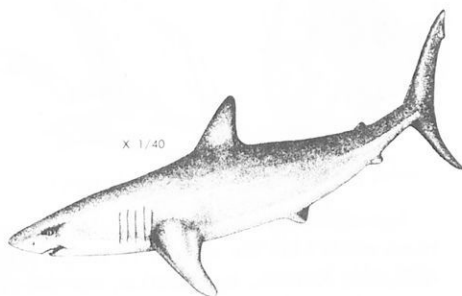
ὁμοταξία **Ἀγναθα** δέν ἔχουν γνάθους, ψάρια θαλάσσια, χόνδρινος σκελετός, δίχωρη καρδιά. Ἡ λάμπραινα. 10 εἶδη.

όμοταξια **Χονδρίχθους**. Χόνδρινος σκελετός. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια. Τά σελάχια κι' οί καρχαρίες, 600 είδη.



X 1/25

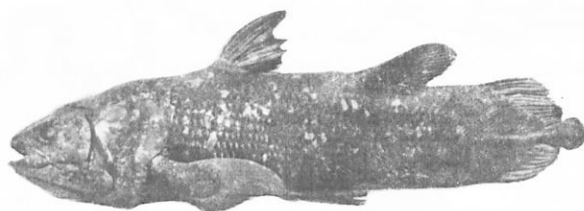
σελάχι



X 1/40

καρχαρίας

όμοταξια **Ώστειχθους**. Σκελετός από όστά. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια ή γλυκού νερού. 20.000 είδη.



$\times \frac{1}{12}$ κοιζάκι - Ώδς



$\times 1/6$

σκομπερί



$\times 1/7$

χέλι

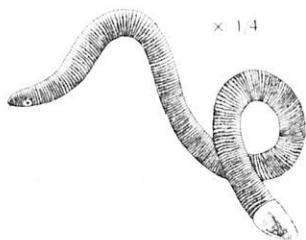
όμοταξια **Άμφιβια**. Προνόμφες ύδρόβιες μέ βράγχια, άκμαϊα χερσαϊα μέ πνεύμονες. Τρίχωρη καρδιά, 2 ζευγάρια πόδια (σε μερικά είδη λείπουν). Βάτραχοι, φρύνοι. 2800 είδη.



φρύνος

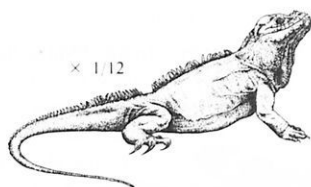


βζα (δεντροβάτραχος)



κακίτζια

όμοταξία Έρπετά. Πνεύμονες. Άμνιωτικά. Αύγά με κελύφη. Δυό ζευγάρια πόδια όταν δέν λείπουν τελείως. Τρίχωρη καρδιά. Λέπια στο σώμα. 7000 είδη. Χελώνες, κροκόδειλοι, σφενόδοντες, φίδια, σαύρες.



ιγκουάνα



φίδι

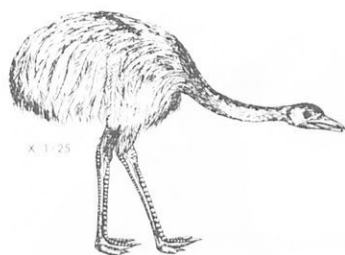


χελώνα

όμοταξία Πτηνά. Τά λέπια γίνανε φτερά. Άμνιωτικά. Αύγά με σκληρό κέλυφος. Τά μπροστινά πόδια γίνανε φτερούγες. Όμοιόθερμα. Τετράχωρη καρδιά. 9.000 είδη (στρουθοκαμηλοι, κίουι, βουτηχτάρες, έρωδιοί, γερα-



μυτιδάκι



Ρέα (αμερικανική στρουθοκάμηλος)

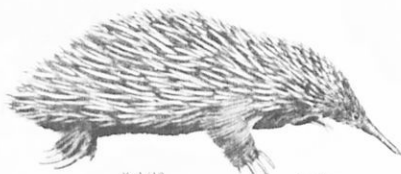


παραδείσιο πουλί:
τό πουλί ζυμν

νοί, πελαργοί, φαλακροκόρακες ή λαγγόνες, πελεκάνοι, κυκνοι, χήνες, πάπιες, νερόκοττες, κορμοράνοι, γεράκια, κουκουβάγιες, όρνια ή γυπες, άετοί, περιστέρια, τρυγόνια, όρνιθες, φασιανοί, καλιμάνες, σκαλιστρες, χαραδριοί, τουρλίδες, μπεκάτσες, γαϊταρίφια, γλάροι, χελιδόνια, όρτυκια, πέρδικες, κούκοι, κοράκια, τσαλαπετεινοί, ψαροφάγοι, όρυοκολάπτες, κορυδαλοί, γαλιάντρες, κίσσες, καρακάξες, συκοφάγοι, σιταρηθρες, τσοπανάκοι, τρυποκάρυδα, παπαδίτσες, άηδόνια, τσιχλές, κότσυφοι, τιρτιρλί, σουσουράδες, σπίνοι, φλώροι, καρδερίνες κ.ά.).

όμοταξία **Θηλαστικά**, τά λεπια γίναν τρίχες. Άμνιωτικά. Μάστοι που στά θηλυκά έκκρινουν γάλα. 4 είδη δοντιών (κοπτήρες, κυνόδοντες, προγόμφιοι, γόμφιοι). Τετράχωρη καρδιά. 4.500 ώς 5.000 είδη.

τάξη **Μονοτρήματα**, γεννούν αυγά αλλά θηλάζουν.



Έχιδνα

όρνιθόμορφο



x 1/15

τάξη **Μαρσιποφόρα**, μάρσιπος (καγκουρώ, κοάλα)

καγκουρώ



κοάλα



ο διάβολος
της Τασμανίας



βόμπιτ (ένας μαρσιποφόρος
«γοῖρος»)



μπάντικος
(ένας μαρσιποφόρος
«τροχτικός»)



ίπτάμενος φαλαγγιστής (ένας μαρσιποφόρος
«σκίουρος» που πετά) *Petaurus*

τάξη Ἐντομοφάγα, (τυφλοπόντικι, σκαντζόχοιροι)



τυφλοπόντικας

τάξη Δερμόπτερα, (Γαλεοπίθηκοι)

τάξη Χειρόπτερα, (νυχτερίδες)

νυχτερίδα



τάξη Πρωτεύοντα, (πίθηκοι, άνθρωπος)



μακροτάριος

x 1/10



ζόρις



κῆβος



x 1/2

x 1/12





λεμούριοι (τέσσερα διαφορετικά είδη)



X 1/25

βαβουίνος



γορίλλας



X 1/35

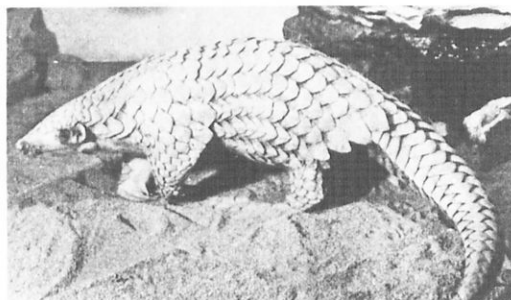
χιμπατζής



ούραγκουτάγκος

τάξη **Νωδά**, (χωρίς δοντία, άρμαντίλλιο)

τάξη **Φολιδωτά**, (παγκολίνος)

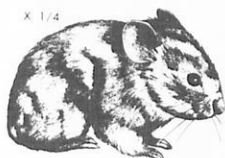


$\times \frac{1}{10}$ παγκολίνος μίληξ

τάξη **Λαγόμορφα**, (λαγοί)

$\times 1/4$

πίκτι



τάξη **Τρωκτικά**, (ποντικοί, άρουραίοι, βερβερίτσες ή σκίουροι)

$\times 1/18$



ίσπηξ

τάξη **Κητώδη**, (δελφίνι, φάλαινα)

δελφίνι

$\times 1/55$



φάλαινα

$\times 1/360$



τάξη **Σαρκοφάγα**, (άρκούδα, άλεπού, άσβός, γάτα, τίγρης, λιοντάρι)



θαινα

τάξη **Πτερυγιόποδα**, (φώκια)

τάξη **Σωληνόδοντα**, (όρυκτερόποδας)



$\times \frac{1}{25}$ όρυκτερόποδας

τάξη **Προβοσκιδοειδή**, (έλέφαντας)

τάξη **Ύρακοειδή**

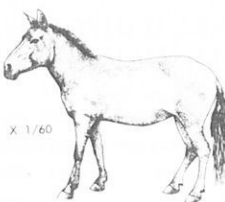
τάξη **Σειρηνοειδή**

σειρήνα



τάξη Περισσοδάκτυλα, (ἄλογο, γαϊδούρι, ρινόκερος, τάπιρος)

ἄλογο τοῦ Πρῆβελάσκι



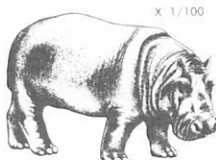
x 1/60

τάξη Ἀρτιοδάκτυλα, (χοῖρος, ἵπποπόταμοι, καμήλες, μυρμηκαστικά: βόδι, πρόβατο, ἐλάφι κ.ἄ.).



x 1/30

ἀγριόχοιρος



x 1/100

ἵπποπόταμος



x 1/40

ἵμπαλα

ΠΑΡΤΗΜΑ Γ

ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΒΙΟΜΟΡΙΑ

Στους οργανισμούς βρίσκονται πολλά είδη χημικών ενώσεων: Υπολογίζεται 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 νουκλεοτίδια και πρόδρομοί τους, 50 είδη λιπίδια και πρόδρομοί τους, 200 είδη άλλων μικρών μορίων (οργανικά όξέα, κινόνες κ.ά.), 2000 ως 3000 είδη πρωτεϊνών, 1000 είδη νουκλεϊκά όξέα. Όλοι οι γόνοι του βακτηρίου, περίπου 1000, βρίσκονται σ' ένα μόνο δίκλωνο νήμα (μόριο) DNA. Κάθε γόνος είναι ένα τμήμα αυτού του τεράστιου μόριου. Ένθ 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.

Να 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 μεταμορφώνεται να αναδιπλώνεται (βλέπε το σχήμα για τη ριβονουκλεάση). Όρισμένες πρωτεΐνες απαρτίζονται από πιο πολλές από μια αλυσίδες. Η σειρά των αμινοξέων στην αλυσίδα καθορίζεται από το DNA (από το γόνο). Οι περισσότερες πρωτεΐνες είναι ένζυμα ή το μεγαλύτερο μέρος ενζύμου (άπο-ένζυμο), άλλες είναι δομικά συστατικά του κυττάρου (των μυϊκών ινών ή ακτίνης και ή μυοσίνη, άλλες των κυτταρικών τοιχωμάτων κ.λ.π.).

2. Λιπίδια. Περιέχουν C, H, O και μερικές φορές N ή και P. Αδιάλυτα στο νερό. Πολλά λιπίδια προέρχονται από την ένωση ενός μορίου **γλυκερίνης** με τρία μόρια **λιπαρών οξέων** (τριγλυκερίδια). Μερικές φορές η γλυκερίνη αντικαθίσταται από **σφιγγίνη**. Σε πολλά λιπίδια βρίσκεται φωσφορος (**φωσφορολιπίδια**). Και όταν φωσφορολιπίδια περιέχουν **χολίνη** έχουμε τις **λεκιθίνες**.

Τα τριγλυκερίδια αποτελούν αποθήκες ενέργειας. Από αυτά προέρχεται και το συνένζυμο A. Τα φωσφορολιπίδια αποτελούν υλικό των μεμβρανών (δές και εικόνα): ή μη διαλυτότητα τους στο νερό παίζει ρόλο στον έλεγχο της περατότητας των μεμβρανών.

3. Υδατάνθρακες. Μόρια που αποτελούνται από C, H και O συνήθως στις αναλογίες 1 προς 2 προς 1. Τα άπλά σάκχαρα μπορούν να χωρουν στο

μόριο 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). Τα πολυσακχαρίδια αποτελούνται από περισσότερα μόρια απλών σακχάρων ενωμένα: ή **σακχαρόζη** από δυό έξόζες, το **άμυλο** από χιλιάδες έξόζες, το ίδιο το **γλυκογόνο** και ή **κυτταρίνη**.

Κυτταρίνη και πεκτίνη χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προστατευτικών τοιχωμάτων του κυττάρου. Το γλυκογόνο και το άμυλο αποτελούν αποθήκες ενέργειας.

4. Νουκλεϊκά όξέα. Για τη δομή τους μίλησαμε στό Κεφάλαιο 2. Το DNA (και σέ μερικούς ιούς το RNA) αποτελούν το γενετικό ύλικό. Το DNA βρίσκεται σ' όλα τα όργανίδια του κυττάρου πού μπορούν νά αναπαράχθουν από μόνα τους: χρωματοσώματα, μιτοχόνδρια, πλαστίδια. Το RNA είναι πολλών ειδών: είτε άγγελιοφόρο, πού μεταφέρει το γενετικό μήνυμα του DNA στό κυτταρόπλασμα για νά συντεθεί ή πρωτεΐνη πάνω του, είτε μεταφορέας πού όδηγεί το άμινοξύ νά τοποθετηθεί στό άγγελιοφόρο RNA άπέναντι στην αντίστοιχη τριάδα διαδοχικών βάσεων, είτε ριβοσωματικό, δηλαδή συστατικό (μαζί μέ πρωτεΐνες) των ριβοσωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Για τον Καθηγητή	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Ινσριματα τών έμβιων όντων – Μηχανές	7
1.2 Τα περιεχόμενα αυτού του βιβλίου	13
2. ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	15
2.1 Όξειδωσαναγώγες και Ένέργεια	15
2.2 Το ΑΤΡ	18
2.3 Τα Ένζυμα	20
2.4 Η Κυτταρική Θεωρία: το κυτταρο είναι ή έλαχιστη μονάδα της ζωής	23
2.5 Συντομη περιγραφή του κυτταρου	26
2.6 Έξωτερική και έσωτερικές μεμβρυνες	29
2.7 Η φωτοσύνθεση	32
2.8 Η άναπνοη	36
2.9 Ό πυρήνας του κυτταρου και τα χρωματοσώματα	40
2.10 Τα νουκλεϊκα όξεία	45
2.11 Η μίτωση	48
2.12 Η σύνθεση τών πρωτεϊνών	52
2.13 Το προκαρυωτικό κυτταρο	58
2.14 Οι ίοι	59
3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	61
3.1 Τα πειράματα του Παστερ	61
3.2 Τροποι άναπαραγωγής	64
3.3 Το σωματικό και τό γεννητικό πλάσμα	67
3.4 Η μείωση και ή γονιμοποίηση	69
3.5 Η ίστορία τών γεννητικών κυττάρων	72
3.6 Προσχηματισμος και επιγένεση	74
3.7 Ποικιλομορφία στους πληθυσμούς και κληρονομικότητα	77
3.8 Ποιες ιδιότητες κληρονομούνται, Κληρονομούνται οι έπικτητες ιδιότητες;	80
3.9 Πώς κληρονομούνται τα διάφορα χαρακτηριστικά	82
3.10 Όροι	87
3.11 Ό Μεντελ και οι νομοι του	87
3.12 Κυριαρχία	88
3.13 Οι γόνοι συνθέτουν Ένζυμα	89
3.14 Γονότυπος και Φαινότυπος	90
3.15 Κληρονομικότητα και περιβάλλον	91
3.16 Διυβριδισμός	92
3.17 Γόνος με τρεις άλληλομορφους: Όμάδες αίματος ΑΒΟ	94
3.18 Η κληρονομικότητα του φύλου	97

3.19 Γόνοι και χρωματοσώματα	98
3.20 Φυλοσυνδετή κληρονομικότητα	101
3.21 Γόνοι και DNA	103
3.22 Η διαφοροποίηση	104
3.23 Η μεταλλαγή	107
4. Η ΕΞΕΛΙΞΗ	109
4.1 Ποσα είδη ζωντανών οργανισμών υπάρχουν	109
4.2 Λίγα λόγια για την ταξινόμηση	112
4.3 Είναι ή ταξινόμηση αντικειμενική; Η έννοια του είδους	114
4.4 Δύο διαφορετικές αντιλήψεις: Η Τυπολογική κι η Έξελικτική σκοπιά	115
4.5 Ο Darwin και το ταξίδι του	116
4.6 Ένδειξεις για την εξέλιξη: τα απολιθώματα	121
4.7 Η ιστορία της ζωής όπως τη δείχνουν τα απολιθώματα	124
4.8 Όμοιοι, άναλοι και υπολειμματικά όργανα	144
4.9 Ο Χαίκελ κι οι άποψεις του για την όντογένεση	147
4.10 Ένδειξεις από τη γεωγραφική κατανομή των ειδών	152
4.11 Άποδείξεις από τη Βιοχημεία	156
4.12 Η περίπτωση των γκιμων: όταν ένα είδος χωρίζεται στα δύο	158
4.13 Η προσαρμογή	160
4.14 Λαμαρκ και Νταρβιν	166
4.15 Η νεοδαρβινική ή συνθετική θεωρία	169
4.16 Αναγένεση και Κλαδογένεση	172
4.17 Η Βελτίωση	175
5. ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	178
5.1 Οικολογία: ή μελέτη του οργανισμού σε σχέση με το περιβάλλον του	178
5.2 Οι άλλοι οργανισμοί του ίδιου είδους: ό πληθυσμός	180
5.3 Σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών	187
5.4 Θηραμα-θηρευτής κι άλυσίδες τροφής	190
5.5 Οικολογική φώλια – νομός του Γκιουζέ	200
5.6 Οίκουσυστήματα του νερού και της στεριάς	200
5.7 Η καταστροφή του περιβάλλοντος	208
5.8 Η ρύπανση του περιβάλλοντος, ή ύποβαθμιση των οίκουσυστημάτων και ή προστασία της φύσεως στη χώρα μας	212
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ	219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΝΤΩΝ	237
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ-ΤΕΡΑ ΒΙΟΜΟΡΙΑ	268
Πίνακας Περιεχομένων	270

«Τα αντίτυπα του βιβλίου φέρουν τό κάτωθι βιβλιοσχημο για απόδειξη της γνησιότητας αὐτῶν.

Ἀντίτυπο στερούμενο τοῦ βιβλιοσχημο τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπο. Ὁ διαθέτων, πωλὼν ἢ χρησιμοποιοῦν αὐτό διώκεται κατὰ τὴς διατάξεις τοῦ ἀρθροῦ 7 τοῦ Νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἐφ. Κυβ. 1946, Α' 108)».



ΕΚΔΟΣΗ-Δ. 1980. ΑΝΤΙΤ. 85.000-ΣΥΜΒΑΣΗ 3324/13.12.79

ΕΚΤΥΠΩΣΗ-ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ Π. ΟΚΤΩΡΑΤΟΣ-Κ. ΚΟΥΚΙΑΣ Ο.Ε.

