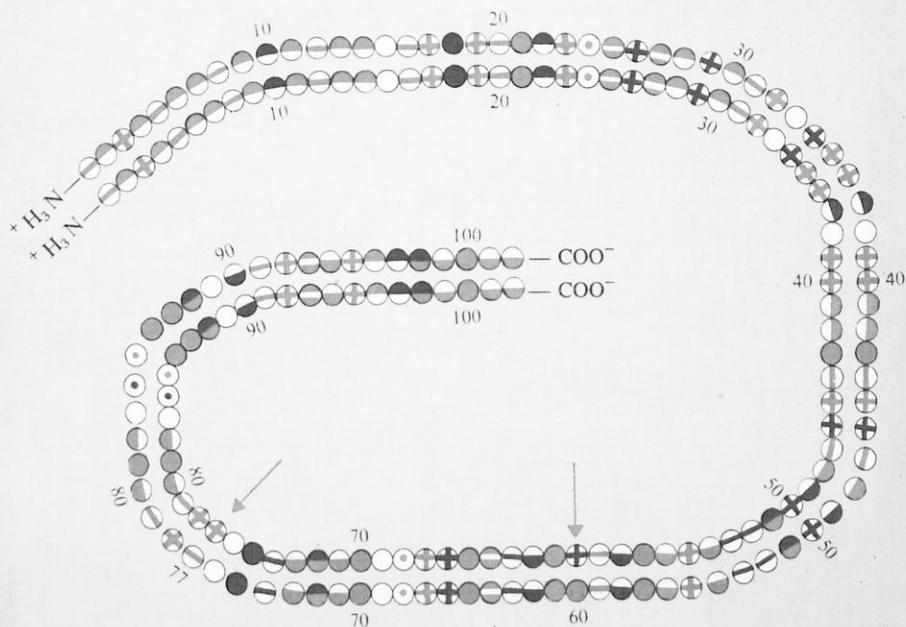


Κ. ΚΡΙΜΠΑ - Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ



ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

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

Κ. ΚΡΙΜΠΑ – Ι. ΚΑΛΟΠΙΣΗ

**ΜΑΘΗΜΑΤΑ
ΓΕΝΙΚΗΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ 1977

Γιά τόν Καθηγητή

Τό βιβλίό τοῦτο προσπαθεῖ νά πετύχει δύο σκοπούς. Πρῶτα νά καταστήσει γνωστότερο ἕνα 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 τοὺς μαθητές νά ἀγαπήσουν τή Φύση: ἡ γνώση ἑνός ἀντικειμένου γεννᾷ καί μεγαλώνει τήν ἀγάπη μας γι' αὐτό.

Γιά νά πετύχουν οἱ δύο αὐτοί σκοποὶ προσπαθήσαμε νά δώσουμε ἀρκετές λεπτομερειακές πληροφορίες γιά νά κάνουμε τήν ὄλη ζωντανότερη. Αὐτές ὁμως τίς λεπτομέρειες δέ θά 'πρεπε βέβαια νά ἀπομνημονεύσει ὁ μαθητής (ὅπως λ.χ. τοὺς 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 βιβλίό 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 μιᾶ ἀπλή ὑπενθύμηση ὅσων διδάχτηκαν στή Γ' Γυμνασίον (Κεφάλαιο 3) ἀλλά μέ μεγαλύτερη ἐμβάθυνση. Τά Κεφάλαια 4 καί 5 ἀποτελοῦν νέα ὄλη, σημαντική, καί ἐκεῖ πρέπει νά δοθεῖ ἡ μεγαλύτερη ἔμφαση. Τά Παραρτήματα δέν ἀποτελοῦν μέρος τῆς διδασκαλίας ὅλης ἀλλά βοηθήματα γιά τό μαθητή καί τό δάσκαλο. Ἡ συχνή χρησιμοποίησή τους, εἰδικά τοῦ Β', θά βοηθήσει ιδιαίτερα στήν τακτοποίηση τῶν γνώσεων τοῦ μαθητῆ γιά τά εἶδη τῶν ζωντανῶν ὄντων. Σ' αὐτό τό Παράρτημα, ὑποδεικνύεται στά σχέδια ἡ μεγέθυνση ἢ σμίκρυνση μέ τήν ὁποία παριστάνεται κάθε ζωντανό ὄν.

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

1.1 Γνωρίσματα τών ἐμβίων ὄντων - Μηχανές

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

α) **Ἡ κίνηση.** Ἡ κίνηση ὁμως, ἀπ' τή μιὰ 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 ἄλλά καί τόν ἑαυτό τους καί τά ἠλεκτρόνια γύρω ἀπό τόν πυρήνα τοῦ ἀτόμου. Ἡ κίνηση λοιπόν, δέν ἀποτελεῖ διακριτικό χαρακτηριστικό τών ζωντανῶν ὀργανισμῶν.

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

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

βλαστό και τὰ φύλλα του ή τή μέλισσα με τὸ κεφάλι της, τίς κεραίες της, τὰ μάτια της, τὸ θώρακά της, τὰ φτερά της, τὰ πόδια της, τήν κοιλιά της και τὸ κεντρί της ή ακόμα και ἀπὸ ἓνα μόνο κύτταρο. Σάν ἓνα λοιπὸν χαρακτηριστικὸ τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν ἐμφανίζεται ή μεγάλη **ἀνομοιομέρεια** και ή πολυπλοκότητα στίς δομές τους. Πρέπει ακόμα νά σημειωθεῖ πῶς τὰ διάφορα τμήματά τους βρίσκονται τοποθετημένα με κάποια τάξη, κάποια **ὀργάνωση**: ὁ οἰσοφάγος καταλήγει στό στομάχι πού τὸ ἀκολουθεῖ τὸ λεπτὸ ἔντερο και αὐτὸ τὸ παχὺ ἔντερο. Ἡ ὀργάνωση αὐτὴ ἐπιτρέπει τήν πραγματοποίηση ὀρισμένων **λειτουργιῶν**. Ἡ τροφή λ.χ. πού μασιέται στό στόμα, καταπίνεται και ὀδηγεῖται στό στομάχι, ὅπου πολτοποιεῖται και χωνεύεται. Ἡ πέψη ἐξακολουθεῖ στό ἔντερο ὅπου και ἀπορροφῶνται τὰ θρεπτικά συστατικά. Τελικά, ή μάζα πού δὲ χωνεύθηκε και δὲν ἀπορροφήθηκε, ἀποβάλλεται.

Ἡ ἀνομοιομέρεια και πολυπλοκότητα και ή ὀργάνωση και οἱ λειτουργίες δὲν χαρακτηρίζουν ὁμως ἀποκλειστικά τὰ ἔμβια ὄντα μόνο. Μερικά ἀνόργανα σώματα μοιάζουν με τὰ ζωντανά, σ' αὐτὰ τὰ χαρακτηριστικά. Τέτοια ἀνόργανα σώματα εἶναι οἱ **μηχανές** πού κατασκευάζει ὁ ἄνθρωπος. Στὸ αὐτοκίνητο λ.χ. ἀλλοῦ ἀποθηκεύεται ή βενζίνη, ἀλλοῦ γίνεται ή καύση και ή ἐκτόνωση, ἀλλοῦ μεταδίδεται ή κίνηση στοὺς τροχοὺς, με εἰδικὰ συστήματα γίνεται ή ὀδήγηση και τὸ φρενάρισμα ή ὁ φωτισμός. Ἡ ἀνομοιομέρεια, πολυπλοκότητα και ὀργάνωση τῶν διαφόρων τμημάτων εἶναι ιδιότητες πού ἔχουν και οἱ μηχανές γιὰ νά μποροῦν νά ἐπιτελοῦν ὀρισμένη λειτουργία: τὸ αὐτοκίνητο νά κινηθεῖ, ή θεριζοαλωνιστική μηχανή νά θερίσει και ν' ἀλωνίσει, ὁ ἠλεκτρονικὸς ὑπολογιστής νά κάνει ὑπολογισμούς.

Γενικά τὰ προϊόντα τῆς τέχνης τοῦ ἀνθρώπου, τὰ κατασκευάσματά του, τὰ **τεχνήματα**, ἔχουν πολλὰ κοινὰ χαρακτηριστικά με τὰ ζωντανά ὄντα, διαφέροντας ἔτσι ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα ἀνόργανα σώματα.

γ) **Ὁ μεταβολισμός**. Ὁ ὀργανισμὸς καταναλῶνει ἐνέργεια ὅπως και μιὰ μηχανή. Τὸ αὐτοκίνητο λ.χ. ή ή θεριζοαλωνιστική μηχανή ἐξασφαλίζουν τήν **ἀναγκαία** γιὰ τὴ λειτουργία τους (κίνηση κτλ.) ἐνέργεια καίγοντας βενζίνη. Τὸ ἠλεκτρικὸ μυγεῖο ή ὁ ἠλεκτρονικὸς ὑπολογιστής, δύο ἄλλες μηχανές, χρησιμοποιοῦν ἠλεκτρική ἐνέργεια, ἠλεκτρικὸ ρεῦμα. Κι ὁ ὀργανισμὸς βρίσκει τήν **ἀναγκαία** γιὰ τίς λειτουργίες του ἐνέργεια με ἀνάλογο τρόπο, καίγοντας ή διασπώντας ὀρισμένες χημικὲς ἐνώσεις. Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς τῆς παραγωγῆς ἐνέργειας λέγεται **καταβολισμός**. Εἶναι φανερό πῶς ὁ καταβολισμὸς εἶναι φαινόμενο κοινὸ και γιὰ τοὺς ὀργανισμοὺς και γιὰ ὀρισμένες μηχανές, ἀφοῦ και στίς δύο περιπτώσεις γιὰ τὴ λειτουργία τους καταναλῶνται ἐνέργεια πού παράγεται ἀπὸ τὴ διάσπαση χημικῶν ἐνώσεων.

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

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

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

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

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

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

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

στή θερμοκρασία του ψυκτικού του θαλάμου και στη θερμοκρασία του δοματίου, εξασφαλίζει δηλαδή τη σταθερή κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα ψυγείο για να λειτουργεί σαν ψυγείο.

Η τάση της φύσεως να ίσοπεδώνει τις ανισότητες χαλάει την οργάνωση: ένα σπίτι να άντξει στο χρόνο και να διατηρηθεί, χρειάζεται συντήρηση, επισκευές.

Ότι συμβαίνει με το ψυγείο και το σπίτι, γίνεται και με τον οργανισμό. Ένας οργανισμός χρειάζεται ενέργεια, για να διατηρήσει σταθερή την κατάστασή του. Αυτή την ενέργεια τη χρησιμοποιεί για τις διάφορες λειτουργίες του όπως λ.χ. για να αποφεύγει τους διώκτες του, να αναπληρώνει τις φθορές του, να επισκευάζει τις ζημιές του, να κρατά την κατάστασή του σταθερή. Η ιδιότητα αυτή του οργανισμού να διατηρεί σταθερή – όμοια – την κατάστασή του ονομάζεται **ομοιόσταση**.

Για να κλείσει μια πληγή ο οργανισμός χρειάζεται ενέργεια. Για να διατηρήσει τη θερμοκρασία του, όταν κάνει κρύο, καιει πιο πολλά καύσιμα και παράγει θερμότητα. Αντίθετα, όταν κάνει ζέστη, παράγει κι αποβάλλει ιδρώτα (και γι' αυτό χρειάζεται ενέργεια), που εξατμίζεται και βοηθά να διατηρηθεί χαμηλή ή θερμοκρασία του σώματος.

Για να διατηρηθεί ο οργανισμός στη ζωή, δίνει μια διαρκή μάχη: πρέπει να κρατήσει σταθερή την κατάστασή του παρ' όλες τις αλλαγές που συμβαίνουν στο περιβάλλον του. Με το περιβάλλον του, ωστόσο, βρίσκεται σε διαρκή επικοινωνία ανταλλάσσοντας ύλη και ενέργεια. Γιατί, αν αποκλειστεί από το φυσικό του περιβάλλον, πεθαίνει. Όλοι γνωρίζουμε ότι από το φυσικό μας περιβάλλον χρειαζόμαστε, λόγω χάρη, όξυγόνο και χωρίς αυτό, δεν μπορούμε να ζήσουμε.

Η ομοιόσταση παρατηρείται και στις μηχανές, λ.χ. στο ηλεκτρικό ψυγείο. Δεν είναι αποκλειστική ιδιότητα των οργανισμών.

ε) **Η έρεθιστικότητα**. Ο οργανισμός νοιώθει όχι μόνο τι συμβαίνει στο περιβάλλον αλλά και μέσα του, και αντιδρά κατάλληλα, χάρη σε μία ιδιότητά του που την ονομάζουμε **ερεθιστικότητα**. Η έρεθιστικότητα είναι χαρακτηριστική ιδιότητα κάθε έμβιου όντος και αποτελεί μέρος της ομοιοστατικής ικανότητας των οργανισμών.

Κάτι ανάλογο όμως συμβαίνει και με το ηλεκτρικό ψυγείο. Με κάποιο όργανο (λ.χ. θερμομέτρο) παρακολουθείται η θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου του. Όταν η θερμοκρασία άνεβει πάνω από ένα όρισμένο όριο, με κάποιο μηχανισμό μεταβιβάζεται από το «θερμομέτρο» το μήνυμα, ή διαταγή, στη μηχανή του ψυγείου ν' αρχίσει να δουλεύει για να κατεβάσει τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου του στα επιθυμητά, κι από μās προκαθορισμένα, όρια. Το θερμομέτρο και οι συνδέσεις του με τη μηχανή του

ψυγείου αντιστοιχούν στα αίσθητήρια όργανα και τα νεύρα του πολυκύτταρου ζωικού οργανισμού.

Σάν συμπέρασμα από τα προηγούμενα θά μπορούσε να ειπωθεί πώς και μία ιδιότητα από αυτές που μέχρι τώρα εξετάσαμε, με εξαίρεση ίσως τον αναβολισμό, δε διαφοροποιεί βασικά τους ζωντανούς οργανισμούς από τα χωρίς ζωή άνοργανα σώματα, εκείνα τουλάχιστο που ονομάζουμε μηχανές και είναι προϊόντα της ανθρώπινης τέχνης.

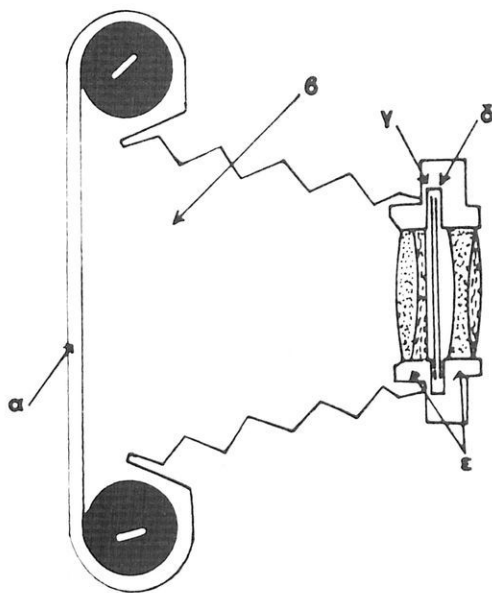
Κι όμως υπάρχουν δυο ακόμη, σημαντικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα ζωντανά όντα, ή αναπαραγωγή και ή τελεονομία. Άραγε αυτές τά ξεχωρίζουν από τις μηχανές;

στ) **Η αναπαραγωγή.** Η ιδιότητα της αναπαραγωγής είναι βασικό χαρακτηριστικό των ζωντανών οργανισμών. Κάθε ζωή προέρχεται μόνο από ζωή. Κατά την αναπαραγωγή ένας ή δυο οργανισμοί δίνουν γέννηση σ' ένα ή σε περισσότερους νέους οργανισμούς **που τους μοιάζουν**. Αυτή ή ιδιότητα έχει βασική σημασία και θεωρείται από πολλούς πώς ξεχωρίζει τους ζωντανούς οργανισμούς από τις μηχανές. Γιατί τις μηχανές τις κατασκευάζει ο άνθρωπος ενώ τά ζωντανά όντα κατασκευάζουν μόνο τους τά όμοιά τους.

Ίσως όμως δεν πρέπει να θεωρηθεί πώς ή ιδιότητα αυτή διαφοροποιεί απόλυτα τά ζωντανά όντα από τις μηχανές για δυο λόγους. Πρώτα γιατί πολλοί υποστηρίζουν με σοβαρά επιχειρήματα πώς ή ζωή γεννήθηκε κάποτε στη γη στον Προκάμβριο αιώνα από μόνη της, όχι δηλαδή από άλλη ζωή: οί συνθήκες ήταν κατάλληλες για να δημιουργηθούν από διάφορες χημικές ενώσεις τό πρώτο ή τά πρώτα ζωντανά όντα που αποτέλεσαν τους μακρινούς προγόνους όλων των άλλων. Έπειτα γιατί έχει αποδειχτεί μαθηματικά (από τό μαθηματικό von Neumann) ότι είναι δυνατό να κατασκευαστεί μηχανή που να παρουσιάζει την ιδιότητα της αναπαραγωγής, δηλαδή του αυτοπολλαπλασιασμού της. Τά πιο άπλά μηχανήματα που έχουν την ιδιότητα αυτή έχουν από καιρό κατασκευαστεί.

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

ζ) **Η τελεονομία.** Η λέξη τελεονομία είναι σύνθετη από τις λέξεις τε-

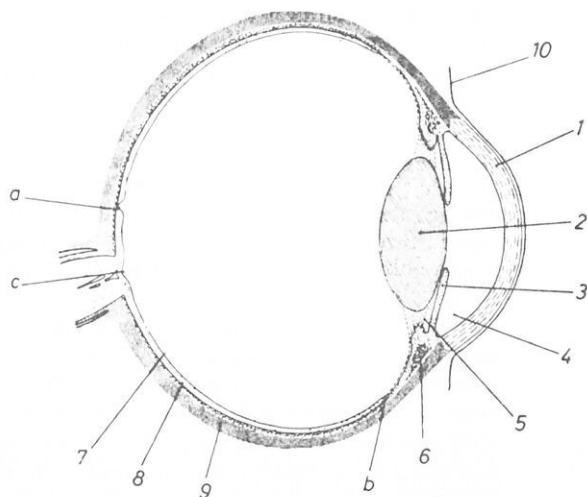


Εικόνα 1: Φωτογραφική μηχανή σε τομή: (α) το φιλμ (β) ο σκοτεινός θάλαμος (γ) και (δ) το διάφραγμα και κλείστρο (ε) ο φακός.

λος, που έδω σημαίνει σκοπός, και νόμος.

Ἡ τελεονομία στους ζωντανούς οργανισμούς και τις μηχανές εκδηλώνεται στο γεγονός πως κι οί δύο αυτές κατηγορίες αντικειμένων φαίνεται νά ἔχουν κάποιο σκοπό, νά ἔχουν γίνει γιά νά ἐκπληρώσουν, γιά νά ἐπιτελέσουν, κάποιο σκοπό.

Αὐτό φαίνεται ὀλοκάθαρα ἀπό τή δομή τους: ἔχει ἔτσι σχεδιαστεί πού νά πετυχαίνει τήν ἐκπλήρωση τοῦ σκοποῦ αὐτοῦ. Γι' αὐτό και ὅμοιες ἢ ἀνάλογες δομές ἀντικατοπτρίζουν ὁμοιότητα στή λειτουργία και τό σκοπό γιά τόν ὁποῖο εἶναι σχεδιασμένες. Παράδειγμα κλασικό ἢ ὁμοιότητα τῆς κατασκευῆς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς και τοῦ ματιοῦ τῶν θηλαστικῶν: ἡ ὁμοιότητα τοῦ σκοποῦ πού ἐκπληρώνουν τά δύο αὐτά ἀντικείμενα εἶναι ἡ ἀποτύπωση ὀπτικῶν πληροφοριῶν. Γιά τό σκοπό αὐτόν ἡ φωτογραφική μηχανή ἔχει φακό, διάφραγμα, σκοτεινό θάλαμο, εὐαίσθητη φωτογραφική πλάκα (φιλμ) και ἄλλα σχετικά ἐξαρτήματα. Ἀλλά και τό μάτι τοῦ θηλαστικοῦ ἔχει παρόμοια κατασκευή: ἔχει και αὐτό φακό (τόν κρυσταλλικό φακό), τήν ἴριδα, πού ἀντιστοιχεῖ μέ τό διάφραγμα τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς, τόν ἀμφιβληστροειδή χιτῶνα πού ἀντιστοιχεῖ μέ τή φωτογραφική πλάκα κ.ο.κ.



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

Η δομή όμως μιάς μηχανής και ο τελικός σκοπός που έχει να εκπληρωθεί είναι, σε κάθε περίπτωση, αποτελέσματα ενεργειών που βρίσκονται έξω από αυτήν (ο τεχνίτης που την εφτιαξε). Αντίθετα και σε απόλυτη αντίδιαστολή ή δομή ενός έμβιου όντος δεν οφείλεται σε κατασκευαστές έξω από αυτό αλλά σε αυτό το ίδιο. Ο μοναδικός και πάντα ίδιος τελικός σκοπός του είναι να εξασφαλίσει, με την αναπαραγωγή, τη διαίωσή του.

Επισκοπώντας όλα τα προηγούμενα μπορούμε να πούμε πως τα έμβια όντα ξεχωρίζουν και διαφέρουν απ' τις μηχανές, γιατί τελικός μοναδικός σκοπός τους είναι η διαίωσή τους, που πετυχαίνεται με την αναπαραγωγή, που ο μηχανισμός της βασίζεται σε νοκλειικά όξέα, ενώ ο τελικός σκοπός των μηχανών καθορίζεται κάθε φορά απ' τον άνθρωπο και σε περίπτωση αναπαραγωγής τους ο μηχανισμός της δεν έχει καμιά σχέση με τα νοκλειικά όξέα.

1.2 Τά περιεχόμενα αυτού του βιβλίου

Το βιβλίο αυτό είναι χωρισμένο σε δύο μέρη. Το ένα, το συντομότερο, ασχολείται με τη λειτουργία του ζωντανού όντος, της ζωντανής μηχανής

καί ειδικότερα τῆς μικρότερης λειτουργικῆς καί μορφολογικῆς μονάδας τῆς, τοῦ κυττάρου. Ἄπαντὰ στό ἐρώτημα «πῶς λειτουργεῖ ὁ ὀργανισμός»; Ἐξηγεῖ πῶς ζεῖ τό κύτταρο, ἢ στοιχειώδης αὐτή μονάδα ἀπό τήν ὁποία (ἂν ἐξαιρέσει κανεῖς τούς ιούς) ἀποτελοῦνται ὅλοι οἱ ζωντανοί 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 στή Ἀνθρωπολογία. Τό πρῶτο λοιπόν μέρος ἀσχολεῖται μέ τίς ἰδιότητες τῆς ἀνομοιομέρειας, πολυπλοκότητας, ὀργανώσεως, λειτουργίας (μεταβολισμοῦ) καί ὁμοιόστασης στό ἐπίπεδο τοῦ κυττάρου.

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

2. ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

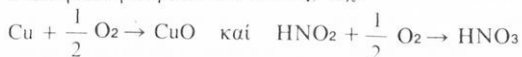
Είδαμε πώς ο οργανισμός είναι μία χημική μηχανή: αντί όμως στη μηχανή αυτή να κινούνται άξονες και τροχοί, όπως στο ρολόι, «κινούνται» χημικά μόρια. Τα μόρια αυτά αντιδρώντας μεταξύ τους το παρέχουν και την ενέργεια που χρειάζεται. Έτσι η ενέργεια που χρησιμοποιεί ο οργανισμός είναι χημική ενέργεια.

2.1 Ώξειδοαναγωγές και Ένέργεια

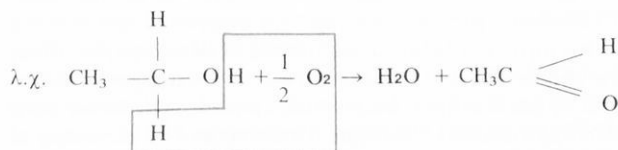
Δύο ειδών χημικές αντιδράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό: οι **οξειδώσεις** και οι **αναγωγές**.

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.

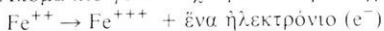


- ή πώς από μόρια αφαιρούνται άτομα υδρογόνου:



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

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



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

● είτε αφαιρούνται άτομα οξυγόνου

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

● ή προσθέτονται άτομα υδρογόνου

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

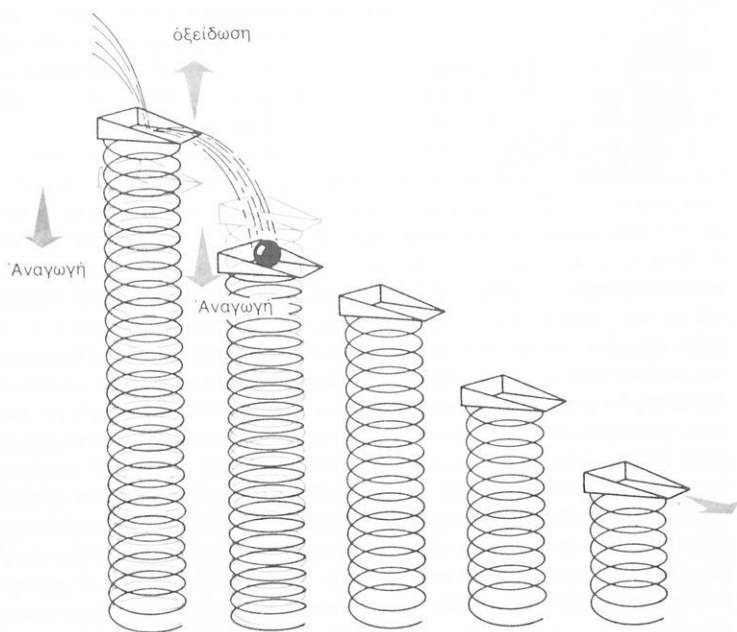
Γενικότερα στις αναγωγές **προσθέτονται ηλεκτρόνια** κι έτσι αυτό που ανάγεται, είτε είναι άτομο είτε ρίζα, ελαττώνει το θετικό σθένος του, ή αυξάνει το αρνητικό του.

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

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

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

Από τίς οξειδώσεις και τό σπάσιμο τών πολύπλοκων μορίων σέ μικρότερα μόρια απελευθερώνεται ή ενέργεια που χρειάζεται ο οργανισμός. Αντίθετα, συνήθως οι αναγωγές χρειάζονται ενέργεια για να πραγματοποιηθούν. Ένα παράδειγμα μιιάς σειράς οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων μιιάς 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 μιιάς σειράς οξειδοαναγωγών. Ένας αριθμός ουσιών παρουσιάζεται σάν μιιά σειρά ὀρθων ελατηρίων: κάθε χημική ουσία είναι κι ένα ελατήριο, διαφορετικού μήκους, που φέρνει πάνω του ένα καλαθάκι μέ κατάλληλο ἄνοιγμα. Τό ελατήριο που θά πιεστεί μ' ένα βάρος, ὅπως είναι ή μαύρη σφαίρα, θά μαζέψει δυναμική ενέργεια. Αὐτή ή δυναμική ενέργεια θά ελευθερωθεῖ μόλις τό βάρος φύγει ἀπό πάνω του. Η σφαίρα συμβολίζει δύο ηλεκτρόνια μαζί, που πηδᾶνε ἀπό χημική



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

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

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

δείχνει άλλες δύο πλευρές των χημικών αντιδράσεων του καταβολισμού. "Αν παραδεχτούμε πώς άριστερα ή άρχική θέση της σφαίρας (δηλαδή του ζευγαριού των ηλεκτρονίων) δείχνει με τό ύψος στο όποιο βρίσκεται τη δυναμική ενέργεια που θα μετατραπεί σε κινητική, καταβαίνοντας σκαλί σκαλί τά ελατήρια, τότε βλέπουμε πώς ή ενέργεια αυτή σιγά σιγά, σταδιακά, μετατρέπεται σε κινητική. Σε κάθε πήδημα της σφαίρας, σε κάθε δηλαδή κατέβασμά της, ελευθερώνεται μία μικρή ποσότητα κινητικής ενέργειας και αντίστοιχα ελαττώνεται ή δυναμική ενέργεια. **Ή διάσπαση των πολύπλοκων μορίων στον καταβολισμό και ή όξειδώσή τους** για να άπελευθερωθεί ή ενέργεια που κρατούν μέσα στους χημικούς τους δεσμούς δέν γίνεται άποτομα, διά μιās, αλλά σιγά σιγά, τμηματικά. "Ετσι, άπελευθερώνονται, κάθε φορά, μικρά ποσά ενέργειας. "Αν γινόταν διαφορετικά, άν ή άπελευθέρωση γινόταν άποτομα, θα έκλυόταν μεγάλη ποσότητα θερμότητας, που θα σκότωνε τό κύτταρο. Οί αντιδράσεις όμως γίνονται έτσι που τά ποσά της ενέργειας που ελευθερώνονται νά 'ναι μικρά, γίνονται κατά κάποιο τρόπο «έν ψυχρό». Για νά γίνει όμως αυτό πρέπει οί αντίστοιχες χημικές ουσίες που παίζουν τό ρόλο των ελατηρίων του μηχανικού μας άνάλογου, νά 'ναι τοποθετημένες σε κάποια άκριβή σειρά, όπως είναι τά ελατήρια στο παράδειγμά μας: πρώτα τά ψηλότερα και μετά τά χαμηλότερα. "Ετσι άκριβώς συμβαίνει και με τίς χημικές ουσίες που δέχονται τά ήλεκτρόνια στα μιτοχόνδρια του κυττάρου: είναι τοποθετημένες με κάποια καθορισμένη σειρά, άποτελούν ένα είδος συστοιχίας (μπατταρίας).

2.2 Τό ATP

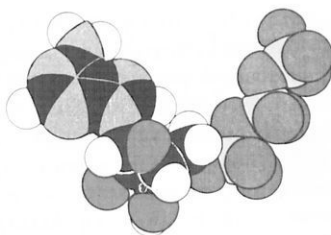
Ή σειρά των ελατηρίων (της εικόνας 3) άποτελεί τό μηχανικό άνάλογο μιās συγκεκριμένης σειράς χημικών αντιδράσεων του καταβολισμού που όλες μαζί όνομάζονται **όξειδωτική φωσφορυλίωση**.

Όξειδωτική, γιατί γίνεται μία σειρά από όξειδώσεις (κάθε φορά που φεύγει ή σφαίρα από ένα ελατήριο και τουτο ξεπετάγεται ελεύθερο). Οί όξειδώσεις αυτές καταλήγουν στο νά σχηματιστεί νερό: Τά ήλεκτρόνια καταλήγουν στο όξυγόνο του άέρα (που στα ζώα δεσμεύεται στους πνεύμονες και με την κυκλοφορία φτάνει ως τό τελευταίο κύτταρο) και τό φορτίζουν άρνητικά έτσι που νά μπορεί νά ένωθει με θετικά ίόντα ύδρογόνου και νά σχηματιστεί νερό.

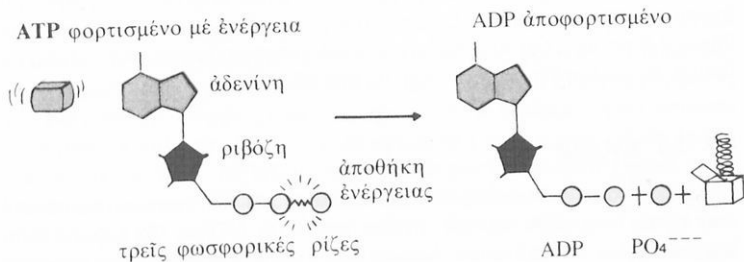
Φωσφορυλίωση, πάλι, λέγεται γιατί ή ενέργεια που ελευθερώνεται σε κάθε όξειδωση χρησιμεύει για νά σχηματιστεί τό ATP. "Αλλά τί είναι τό ATP;

Τό ATP (έι-τί-πι) είναι μία διεθνής συντομογραφία για τό μακρύ όνομα του χημικού αυτού μορίου: **τριφωσφορική άδενοσίνη** (Άδενοσίνη Τρι-

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



Φ (Ρh)ωσφορική). Το μόριο αυτό αποτελείται από αδενίνη (μιά χημική ένωση, μιά οργανική βάση, που θα συναντήσουμε αργότερα και σαν μέρος της κατασκευής των νουκλεϊκών οξέων) από ριβόζη (μιά πεντόζη, δηλαδή υδάνθρακα με πέντε άτομα άνθρακα, που κι αυτή αποτελεί μέρος της κατασκευής όρισμένων νουκλεϊκών οξέων) και τρεις ρίζες του φωσφορικού οξέος. Αυτές οι τρεις φωσφορικές ρίζες είναι ενωμένες στη σειρά και σχηματίζουν ένα είδος ουράς στο μόριο. "Όταν ή τρίτη φωσφορική ρίζα (έκείνη που βρίσκεται στην αντίθετη με την αδενοσίνη θέση) αποχωριστεί από το μόριο, δηλαδή αποσυνδεθεί απ' τή δεύτερη, ελευθερώνεται πολλή ενέργεια. Η σύνδεση δηλαδή τρίτης και δεύτερης ρίζας γίνεται με δέσιμο υψηλής ενέργειας. Χρειάζεται λοιπόν πολλή ενέργεια για νά ενωθεί μιά φωσφορική ρίζα σ' ένα μόριο διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP, μόριο που αποτελείται από αδενίνη, ριβόζη και δύο μόνο φωσφορικές ρίζες). Με τήν ένωση αυτή σχηματίζεται βέβαια ATP. Έτσι



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

Στην οξειδωτική φωσφορυλίωση λοιπόν την ενέργεια που ελευθερώνεται από τις διαδοχικές οξειδώσεις τη χρησιμοποιεί ο οργανισμός για να προσθέσει μία φωσφορική ρίζα στο ADP και να το κάνει ATP: έτσι αποθηκεύεται ενέργεια σε 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 καταβολισμού, όπως θα δούμε. Δεν κάνει όμως πάντα αυτή τη μετατροπή, γιατί χρειάζεται και θερμική ενέργεια (για να ζεσταθεί όταν κρυώνει) 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 το 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.

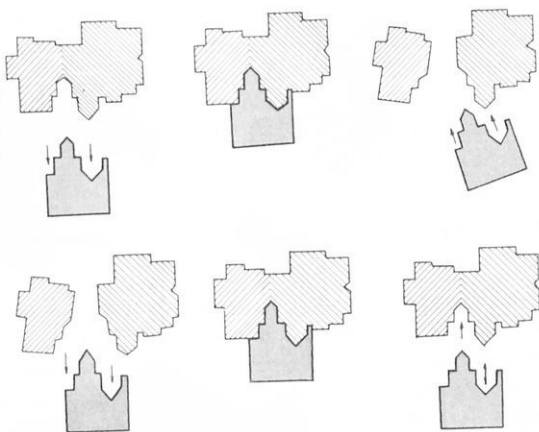
Η σημασία της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης για την ενεργειακή οικονομία λ.χ. του ανθρώπου φαίνεται καθαρά από το ότι ο άνθρωπος οργανισμός (άτομο μέσου βάρους και ηλικίας που κάνει μέτρια σωματική εργασία) παράγει σε 24 ώρες **συνολικά** (και φυσικά γρήγορα, πάλι, το διασπᾶ, δηλαδή διαρκώς παράγει και διασπᾶ)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

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

2.3 Τά Ένζυμα

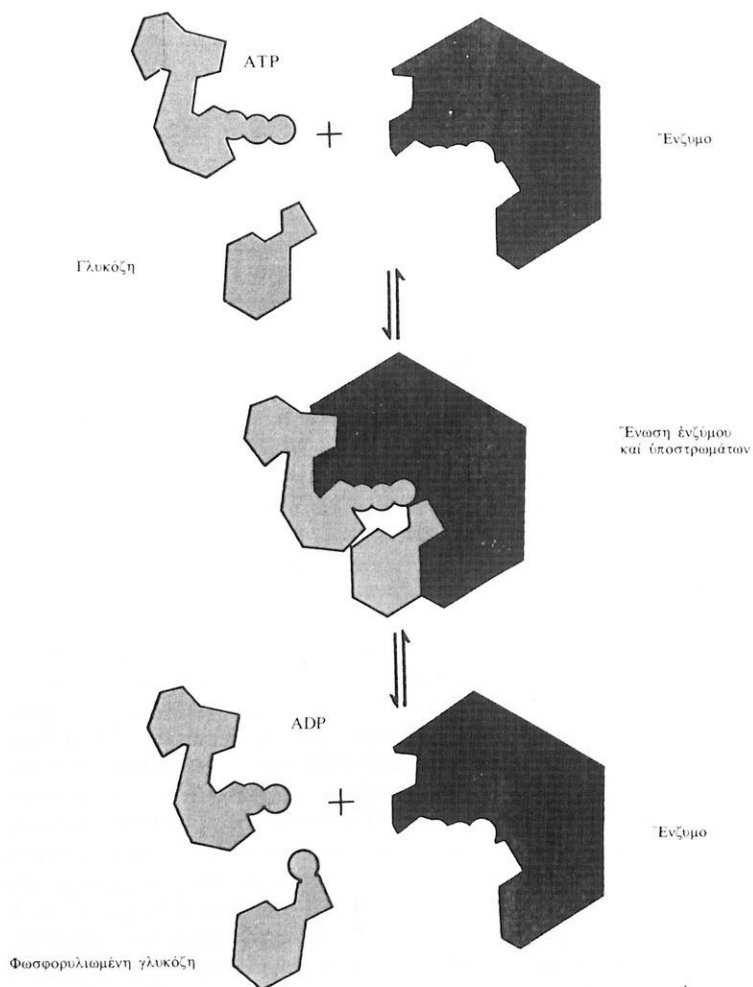
Οί χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού δε θα πραγματοποιούνταν από μόνες τους, ούτε καν θα ἴρχιζαν, χωρίς **τά ένζυμα**. Τά ένζυμα είναι καταλύτες που επιταχύνουν ή διευκολύνουν τίς διάφορες χημικές αντιδράσεις, χωρίς όμως να «αφθείρονται» γιατί στό τέλος τής αντιδράσεως φαίνονται να μήν έχουν αλλάξει, σάν να μήν έχουν διόλου χρησιμοποιηθεί. Μικρές ποσότητές τους αρκούν για να δράσουν. Γι' αυτό και τά ονομάζουν **βιοκαταλύτες**. Παράγονται από τά κύτταρα και είναι μεγάλες οργανικές ενώσεις. Κάθε ένζυμο:

Εικόνα 5: Πώς δρούν τὰ ένζυμα. Έπάνω: Τό ένζυμο (γαλάζιο χρώμα) προκαλεί τό σπάσιμο μιάς οργανικής ένωσης σε δύο κομμάτια. Κάτω: Τό ένζυμο συνθέτει από δύο ένψεις μιά νέα οργανική ένωση.



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

Διευκολύνοντας και έτσι επιταχύνοντας τις χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού, τὰ ένζυμα αποτελούν τούς ρυθμιστές των χημικών αλλαγών στο κύτταρο. Ένας σχηματικός τρόπος πού δείχνει πώς δρούν τὰ ένζυμα φαίνεται στις εικόνες 5 και 6. Στην πρώτη εικόνα τό ένζυμο (μέ τό γαλάζιο χρώμα) σπάει μιά οργανική ένωση σε δύο κομμάτια, ενώ στό κάτω μέρος τής εικόνας τό ίδιο ένζυμο από τά δύο κομμάτια ξανασυνθέτει τήν οργανική ένωση. Κάποια συναρμογή (ταίριασμα) στις επιφάνειες και τή δομή του ένζυμου και τής χημικής ένωσης πάνω στην όποια επιδρά (ύπόστρωμα), όπως στη συναρμογή κλειδιού και κλειδωνιάς, φαίνεται νά διευκολύνει τή δράση του ένζυμου, άφού τό ένζυμο στην πρώτη φάση τής δράσεώς του ένωνεται πρόσκαιρα μέ τό ύπόστρωμα, τό άγκαλιάζει. Αυτό φαίνεται νύ συμβαίνει και στην άλλη (είκ. 6) σχηματική παράσταση γιά τή δράση ενός άλλου ένζυμου. Τό ένζυμο αυτό βοηθά στην άκόλουθη χημική αντίδραση: στη μεταφορά μιάς φωσφορικής ρίζας (ό τελευταίος κύκλος τής ούρας του ATP) από τό ATP (πού γίνεται έτσι ADP) στη γλυκόζη (ένα σάκχαρο μέ 6 άτομα άνθρακα) πού φωσφορυλιώνεται. Κι εδώ τό σχήμα δείχνει πώς τό ένζυμο άγκαλιάζει και φέρνει κοντά τό ATP και τή γλυκόζη, βοηθώντας έτσι στην πραγματοποίηση τής χημικής αντιδράσεως. Ένεργό κέντρο του ένζυμου είναι τό μέρος του πού μπορεί νά χωθεί τό ύπόστρωμά του ή τά ύποστρώματά του γιά νά γίνει ή χημική αντίδραση. Άκριβώς επειδή τό ενεργό κέντρο, τό κέντρο δηλαδή ύποδοχής, δέν είναι



Εικόνα 6: Πώς δρουν τὰ ένζυμα. Ένα ένζυμο (μαύρο χρώμα) δέχεται στο ένεργό του κέντρο ένα μόριο ATP και ένα μόριο γλυκόζης (και τὰ δύο καφέ). Έτσι γίνεται δυνατό νά μεταβιβαστεί μία φωσφορική ρίζα από τό ATP στή γλυκόζη.

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

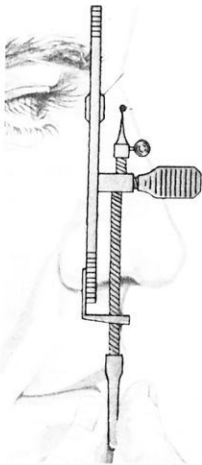
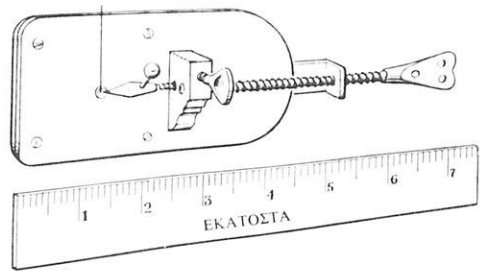
2.4 Ή Κυτταρική Θεωρία: τό κύτταρο είναι ή ελάχιστη μονάδα τής ζωής

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

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

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

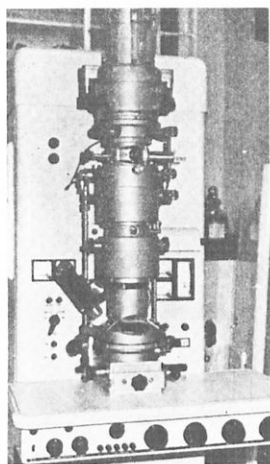
Δυό γερμανοί, ό ζωολόγος Σβάνν (Th. Schwann 1810-1882) και ό βοτα-



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

νικός Σλάιντεν (M.J. Schleiden 1804-1881) πρότειναν το 1839 μιά νέα έρμηνεία και νέα άρχη: το σημαντικό δέν είναι τά τοιχώματα του κουτιού μιά το περιεχόμενό του. Το περιεχόμενό του είναι το ζωντανό κύτταρο και τά ζώα αποτελούνται κι αυτά από κύτταρα. **Κάθε ζωντανός οργανισμός είναι μιά συνάθροιση κυττάρων** (ότιδήποτε δέν είναι κύτταρο προέρχεται από έκκρίσεις κυττάρων λ.χ. τό γαστρικό ύγρό, τό σάλιο κ.ά.). **Ή ζωή συνδέεται μέ την ύπαρξη κυττάρων πού μπορεί καθένα τους νά θεωρηθεί σάν αυτότελης**

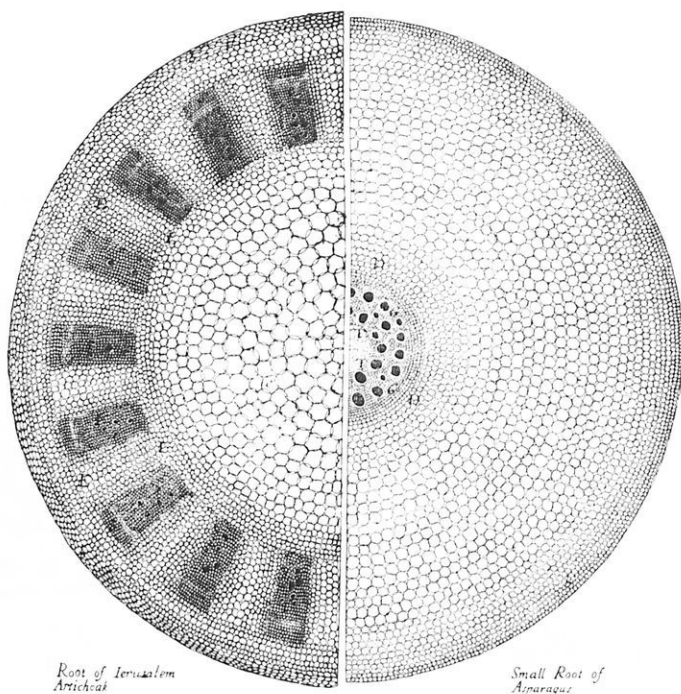
Εικόνα 8: Τό σύνθετο μικροσκόπιο του Hooke.



Εικόνα 9: Τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

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 πῶς αὐτή 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 πιό μικρά κύτταρα ὑπολογίστηκε πῶς περιέχουν 3000 ὄς 6000 διάφορα εἶδη χημικῶν ἐνώσεων. Τά πιό μικρά κύτταρα εἶναι τά βακτήρια. Τά πιό μικρά βακτήρια εἶναι τά **μυκοπλάσματα** (παράσιτα φυτῶν καί παράσιτα στούς πνεύμονες τῶν πουλιῶν καί θηλαστικῶν) πού ἔχουν μέγεθος $0,1\mu (= 1000\text{\AA})$. Ἐχει βρεθεῖ ἀπό ὑπολογισμούς πῶς γιά νά ὑπάρξει ὀργανωμένο κύτταρο πρέπει νά ἔχει τουλάχιστο αὐτό τό μέγεθος. Τό μέγεθος τῶν συνηθισμένων κυττάρων εἶναι 10μ

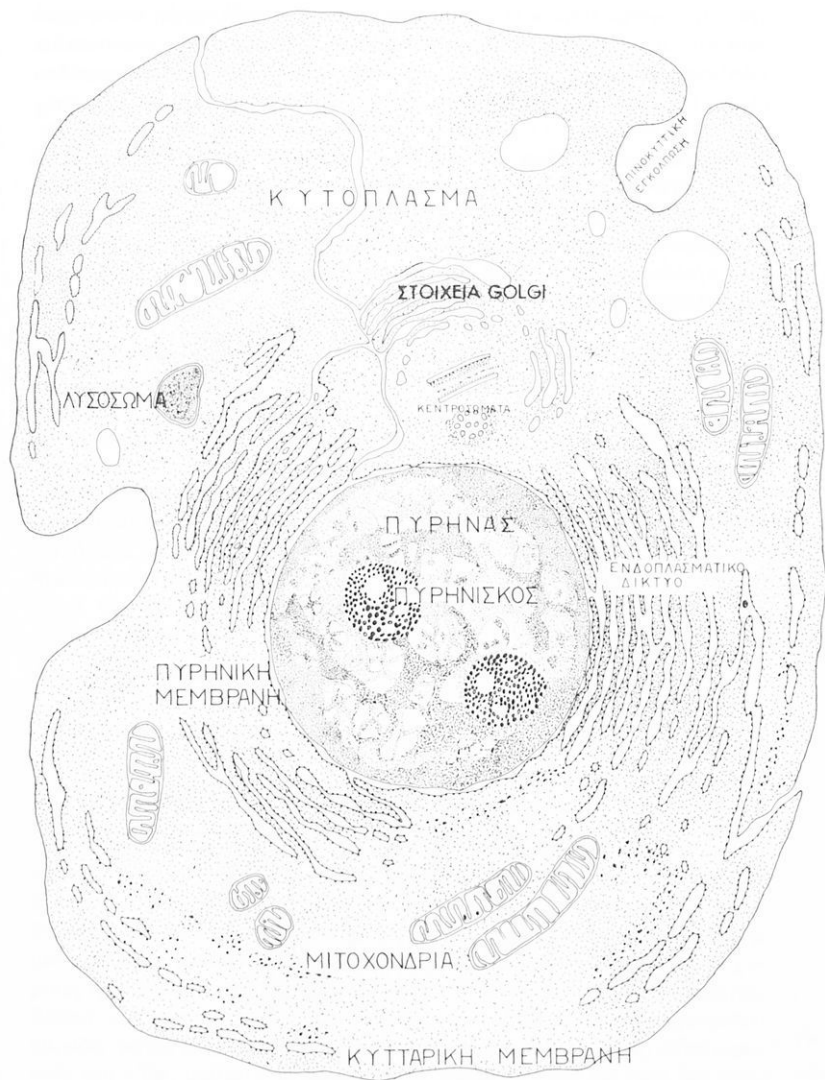


Εικόνα 10: Τομείς δύο ριζών, άριστερά της άγκινάρας, δεξιά του σπαραγγιού, όπως εικονίζονται από τον N. Gray που τις δημοσίευσε 20 χρόνια μετά τη Micrographia του Hooke.

ώς 100μ. Το διαφορετικό μέγεθος των πολυκύτταρων οργανισμών οφείλεται στο διαφορετικό άριθμό 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 το πρό = πρίν, εϋ = καλά και κάρυον = πυρήνας καρπών, έδω πυρήνας του κυττάρου). Προκαρυωτικά είναι τα βακτήρια και τα Κυανοφύκη, οργανισμοί πιο πρωτόγονοι από τους υπόλοιπους, τους ευκαρυωτικούς. Δέν έχουν σχηματισμένο πυρήνα στά κύτταρά τους. Θά τους εξετάσουμε μετά. Αντίθετα τά κύτταρα των ευκαρυωτικών οργανισμών είναι πιο πολύπλοκα και έχουν,

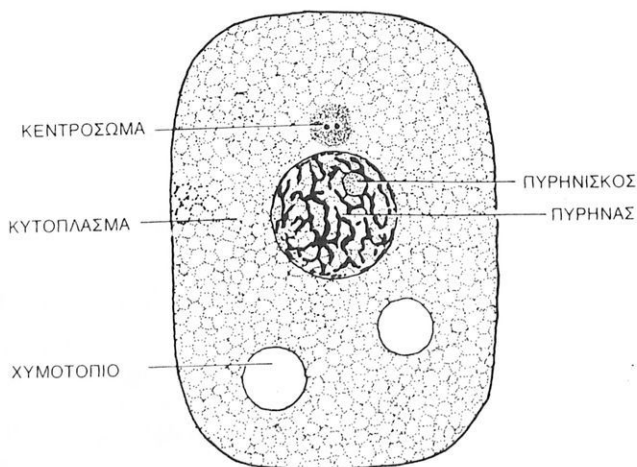


Εικόνα 11: Τό κύτταρο, όπως φαίνεται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έδω γίνεται φανερό και το ένδοπλασματικό δίκτυο του κυτταροπλάσματος.

ξεκάθαρα, σχηματισμένο πυρήνα. Μιά παράσταση ενός «σχηματοποιημένου» κυττάρου δείχνει ή εικόνα 11. Λέμε «σχηματοποιημένο» γιατί πολλά είδη κυττάρων στους πολυκύτταρους οργανισμούς είναι **διαφοροποιημένα**, επειδή επιτελούν διαφορετική λειτουργία. Έτσι έχουμε τά μυϊκά κύτταρα, τά νευρικά κύτταρα κ.ο.κ., πού έχουν διαφορετική μορφή. Μπορούμε όμως νά αφαιρέσουμε τίς ιδιαιτερότητες κάθε είδους κυττάρου καί νά κρατήσουμε μόνο τά κοινά γενικά χαρακτηριστικά, δείχνοντας συγχρόνως όλα τά τμήματα καί όργανίδια του κυττάρου. Η εικόνα δείχνει τό κύτταρο μέ λεπτομέρειες πού φαίνονται μόνο μέ τό ήλεκτρονικό μικροσκόπιο, όργανο πού μεγαλώνει ώς καί 100.000 φορές, ενώ τό κανονικό μικροσκόπιο μπορεί νά μεγαλώσει ένα αντικείμενο ώς 1.500 φορές.

Τό κύτταρο λοιπόν αποτελείται:

- από μία εξωτερική μεμβράνη, τήν **κυτταρική ή πλασματική μεμβράνη** έξω από τήν όποία στά φυτικά κύτταρα έχουμε τό κυτταρικό τοίχωμα, σχηματισμένο από κυτταρίνη. Πάνω στό τοίχωμα αυτό μπορεί νά αποτεθούν κι άλλες ούσιες (ξύλο, φελλός κ.ά.).
- τό **κυτταρόπλασμα** ή **κυτόπλασμα** πού φαίνεται σάν μία παχύρρευστη καί όμοιογενής ύλη στό συνηθισμένο μικροσκόπιο **άλλά** πού στό ήλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνεται πιά πολύπλοκη γιατί μέσα της σχηματίζεται όλόκληρο δίκτυο από κανάλια, τό **ένδοπλασματικό δίκτυο**. Μέρος του δικτύου



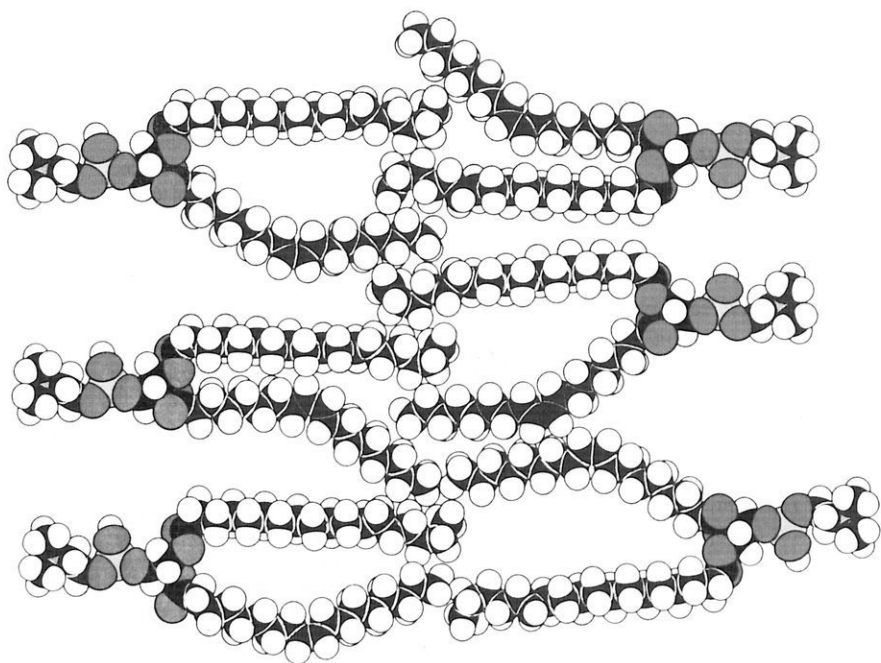
Εικόνα 12: Πώς φαίνεται τό κύτταρο μέ τό συνηθισμένο μικροσκόπιο.

έπικοινωνεί με την εξωτερική επιφάνεια. Στις πλευρές των άγωγών του έχει μικρά στρογγυλά σωματίδια, τα **ριβοσώματα** (στην εικόνα φαίνονται σαν μαύρες κουκίδες). Μέσ στο κυτταρόπλασμα υπάρχουν διάφορα όργανα:

- **τά μιτοχόνδρια**, στρογγυλά ή σε σχήμα μαστουριού.
- **τά πλαστίδια**, στά φυτικά μόνο κύτταρα. Αυτά που φέρνουν χλωροφύλλη είναι οι **χλωροπλάστες**, αυτά που συνθέτουν το άμυλο είναι οι **άμυλοπλάστες**, τό λάδι οι **έλαιοπλάστες**, αυτά που φέρνουν τις χρωστικές, δηλαδή τις χρωματισμένες ουσίες, λ.χ. στά πέταλα των λουλουδιών, είναι οι **χρωμοπλάστες** κ.ά.
- **τά στοιχειά του Golgi** (Γκόλτζι), όργανα που συνδέονται στη λειτουργία τους με τό ένδοπλασματικό δίκτυο. Φαίνεται πώς τροποποιούν μερικές πρωτεΐνες, όρισμένες από τις όποιες εκκρίνονται από τό κύτταρο. Βοηθούν καί στην παραγωγή κυτταρικών μεμβρανών.
- **τά λυσοσώματα**, σάν κύστες που έχουν μέσα τους άποθηκευμένα ένζυμα. Χρησιμεύουν στην πέψη ούσιών που «τρώγει» τό κύτταρο.
- **τά χυμοτόπια**, χώροι που περιέχουν νερό με διαλυμένες διάφορες όργανικές καί άνόργανες ουσίες.
- **Ό πυρήνας** είναι τό πιο σημαντικό όργανο του κυττάρου. Διακρίνουμε την **πυρηνική του μεμβράνη** καί τόν **πυρηνίσκο** του. Όταν τό κύτταρο διαιρείται, φαίνονται καθαρά καί τά χρωματοσώματα που περιέχει.
- **τό κεντρόσωμα**, στά ζωικά μόνο κύτταρα.
Θά έξετάσουμε παρακάτω πιο αναλυτικά όρισμένα μέρη του κυττάρου καί τις λειτουργίες τους.

2.6 Έξωτερική καί έσωτερικές μεμβράνες

Τό κύτταρο έχει πολλές μεμβράνες, την έξωτερική που την όνομάσαμε πλασματική μεμβράνη καί έσωτερικές: στο ένδοπλασματικό δίκτυο, στά μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες κ.ά. Με τις έσωτερικές μεμβράνες χωρίζει τά διάφορα τμήματά του, πετυχαίνει δηλαδή μία μεγάλη **διαμερισματοποίηση**, μία μεγάλη άνομοιομέρεια. Ατή του χρειάζεται για να διεξαχθούν οι χημικές αντιδράσεις, πολλές από τις όποιες γίνονται πάνω στις μεμβράνες. Είδαμε πώς όρισμένες χημικές ένώσεις (τά έλατήρια του προηγούμενου παραδείγματος μας) πρέπει να βρίσκονται σε όρισμένη σειρά, να συγκροτούν ένα είδος συστοιχίας (μπατταρίας), για να μπορεί να γίνει μία όλόκληρη σειρά διαδοχικών χημικών αντιδράσεων (βαθμιαία πτώση της σφαίρας). Η τοποθέτηση των χημικών ένωσηςων σε όρισμένη σειρά πετυ-



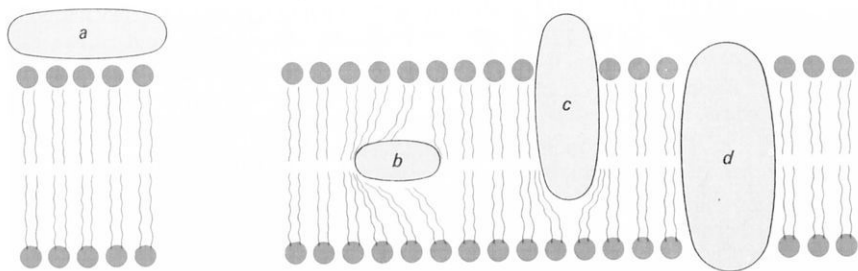
Εικόνα 13: Η διπλή στοιβάδα μορίων λιπιδίων (φωσφορολιπιδίων) που σχηματίζουν τη μεμβράνη. Κάθε μόριο έχει δύο ουρές από δύο μόρια λιπαρού όξέος.

χάινει αν τοποθετηθούν μόνιμα οι ενώσεις αυτές σε μεμβράνες.

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

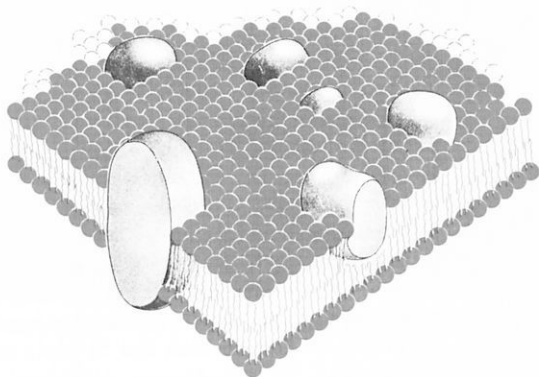
- πρώτα ξεχωρίζει το κύτταρο, από το περιβάλλον του, το «εξατομικεύει» του δίνει δηλαδή οντότητα.
- μετά επιτρέπει στο κύτταρο να συνδέεται με τα διπλανά του κύτταρα.
- τέλος επιτρέπει την **έκλεκτική διέλευση ουσιών**.

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 μία έκλεκτικότητα στο τί θα περάσει. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν

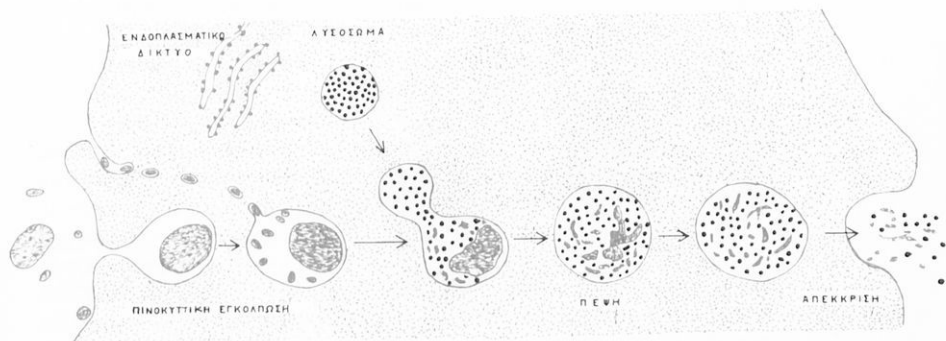


Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση της διπλής στοιβάδας των λιπιδίων και των πρωτεϊνών (κίτρινα σώματα) που άπαρτίζουν τη μεμβράνη.

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



Εικόνα 16: Πινοκύτωση, πέψη και απέκκριση στο κύτταρο.

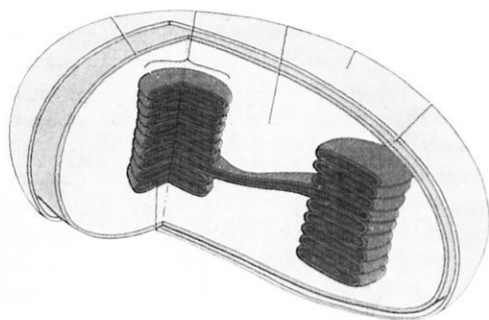


τό κύτταρο θέλει να ένσωματώσει μεγάλα μόρια ή σώματα που δέν μπορούν να περάσουν άπ' τήν πλασματική μεμβράνη του δημιουργεί μιá εγκόλπωση στή μεμβράνη του και εκεί μέσα τά κλείνει. Τά σακουλιάζει. Πρόκειται για τό φαινόμενο τής **φαγοκύτωσης**. Όταν ένσωματώνει μεγάλα μόρια διαλυμένα σε ύγρό, τό φαινόμενο ονομάζεται **πινोकύτωση**.

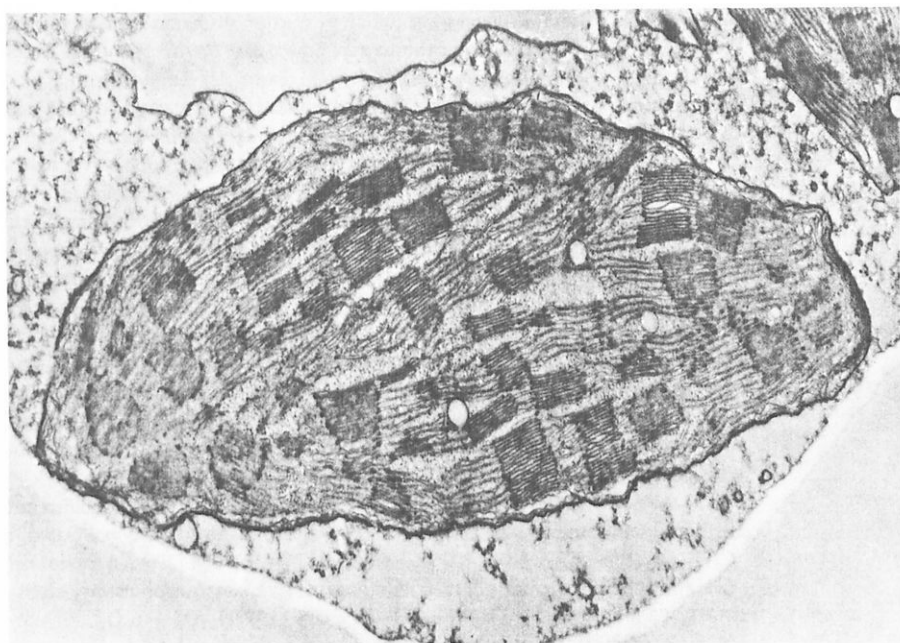
Η πλασματική μεμβράνη άποτελείται άπό πρωτεΐνες και δυό στρώματα άπό λιπίδια. Θα μπορούσε να πει κανένας πώς είναι ένα είδος σάντουιτς, όπως δείχνουν οι εικόνες 14 και 15. Οι πρωτεΐνες είναι έτσι διαταγμένες ώστε να επιτρέπουν στή μεμβράνη άρκετή ελαστικότητα.

2.7 Η φωτοσύνθεση

Στό τμήμα του μεταβολισμού που ονομάζεται **άναβολισμός** πραγματοποιείται ή σύνθεση χημικών ενώσεων που κλείνουν μέσα στους δεσμούς τους ενέργεια. Οι χημικές αυτές ενώσεις είτε άποτελούν άποθήκες ενέργειας είτε είναι δομικά συστατικά του οργανισμού (όπως οι πέτρες άποτελούν τά δομικά συστατικά ενός πέτρινου σπιτιού). Τά ζώα και γενικότερα οι έτερότροφοι οργανισμοί τρέφονται άπό άλλους οργανισμούς ή προϊόντα άλλων οργανισμών. Με τίς τροφές παίρνουν τίς πλούσιες σε ενέργεια οργανικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές είναι συνήθως πολυμερή, δηλαδή άποτελούνται άπό πολλές μικρότερου μεγέθους χημικές ενώσεις: τό άμυλο και τό γλυκογόνο άπό έξόζες, δηλαδή ύδατάνθρακες με 6 μόνο άτομα άνθρακα (τέτοιες είναι λ.χ. ή γλυκόζη και ή φρουκτόζη), οι πρωτεΐνες άπό τά άμινοξέα και τά νουκλεϊκά όξέα άπό τά νουκλεοτίδια. Με τήν πέψη ό οργανισμός σπάζει τίς πολυμερείς ενώσεις των τροφών στά χημικά μόρια που τίς συνιστούν και ξανασυνθέτει άπό τά μόρια αυτά τά δικά του ιδιαίτερα δο-



Εικόνα 17: Σχηματική παράσταση χλωροπλάστη σε τομή για να φαίνονται τά γκράνα.

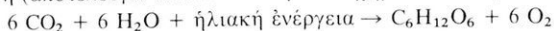


Εικόνα 18: Φωτογραφία χλωροπλάστη, όπως φαίνεται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

μικά συστατικά. "Άλλες πάλι ενώσεις τις μετατρέπει ή και τις καίει (τίς 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. Ακόμα και έμμεσα άλλωστε τη χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή: το πετρέλαιο προέρχεται από αποθέσεις οργανισμών που έζησαν εκατομμύρια χρόνια πριν και που αύξηθηκαν με τη φωτοσύνθεση, ή αιολική (άνεμοι) ενέργεια κι ή ενέργεια των ύδατοπτώσεων σε τελική ανάλυση προέρχεται επίσης από την ήλιακή

ενέργεια. Ἡ ἡλιακή ἐνέργεια λοιπὸν εἶναι ἡ πηγή ἐνέργειας γιὰ τὴ συντήρηση, αὔξηση καὶ πολλαπλασιασμό τῶν ζωντανῶν ὀργανισμῶν καὶ μετατρέπεται σὲ χημικὴ ἐνέργεια μὲ τὴ φωτοσύνθεση. Ἡ δέσμευση τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας γίνεται ἀπὸ τὶς χλωροφύλλες, πράσινες χρωστικὲς ποῦ βρίσκονται ὅπως εἶπαμε σὲ εἰδικὰ πλαστίδια, τοὺς χλωροπλάστες. Ὑπάρχουν καὶ ἄλλες χρωστικὲς (μπλέ, ροδόχροες κ.ἄ.) ποῦ μποροῦν νὰ φωτοσυνθέτουν σάν τὶς χλωροφύλλες καὶ ποῦ τὶς συναντᾶμε σὲ διάφορα φύκη (Κυανοφύκη, Ροδοφύκη κ.ἄ.). Τὸ πλαστίδιο εἶναι ὀργανίδιο ποῦ φαίνεται πὼς ἔχει κάποια αὐτονομία (ὅπως καὶ τὰ μιτοχόνδρια καὶ τὰ χρωματοσώματα): μπορεῖ καὶ πολλαπλασιάζεται. Κι αὐτὸ γιὰτὶ περιέχει ἕνα 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' ἕνα ὑγρὸ (τὸ στρώμα) ὑπάρχει ἕνα πολὺπλοκο σύστημα μεμβρανῶν ποῦ μοιάζει μὲ κλειστοὺς σάκους στοιβαγμένους, ὁ ἕνας πάνω στὸν ἄλλο, σὲ στήλες, ὅπως μιά στήλη μεταλλικῶν κερμάτων. Οἱ στήλες αὐτές, ποῦ ἐπικοινωνοῦν μεταξύ τους, ὀνομάζονται grana (γκράνα) καὶ περιέχουν τὶς χλωροφύλλες (ὑπάρχουν δύο εἰδῶν χλωροφύλλες).

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

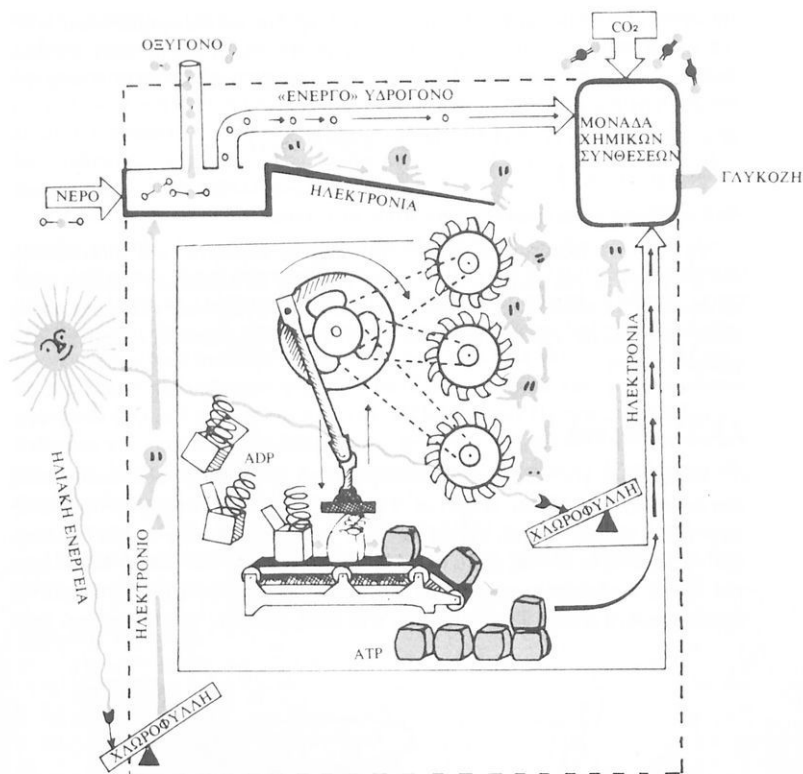


Ἡ φωτοσύνθεση μπορεῖ νὰ χωριστεῖ σὲ δύο στάδια:

- 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, ποῦ ἐλευθερώνεται στὴν ἀτμόσφαιρα, καὶ στὸ ὑδρογόνο ποῦ ἐνώνεται μὲ τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα γιὰ τὸ σχηματισμὸ τῆς γλυκόζης. Τὸ ὀξυγόνο ποῦ 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 ποῦ βέβαια δὲν χρειάζεται νὰ ἀπομνημονεύσετε καὶ ποῦ ἐλπίζουμε νὰ τὸ βρεῖτε διασκεδαστικὸ. Ἡ χλωροφύλλη λειτουργεῖ σάν τραμπάλα. Μόλις ἐπιδράσει τὸ φῶς ἐλευθερώνει ἠλεκτρόνια (εἶναι τὰ μπλέ ἀνθρώπια καὶ ἐκτινάσσονται). Αὐτὰ τὰ ἠλεκτρόνια φέρνουν τὴν ἀπαραίτητη ἐνέργεια γιὰ νὰ σπάσουν τὰ μόρια τοῦ νεροῦ καὶ νὰ ἐλευθερωθεῖ τὸ ὀξυγόνο. Τὸ ὑδρογόνο τοῦ νεροῦ ὀδηγεῖται πρὸς τὸ μαῦρο ὀρθογώνιο 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 (άνοιχτο άσπρο κουτί με ελατήριο) σε ATP (κλειστό γαλάζιο κουτί με κλεισμένο μέσα του το ελατήριο): Πρόκειται για μετάβαση των ηλεκτρονίων από μία ουσία, υποδοχέα ηλεκτρονίων σε άλλη τέτοια ουσία (από τροχό σε τροχό) ακριβώς σαν το πήδημα του ηλεκτρονίου από ελατήριο σε ελατήριο που αναφέραμε στις δεξιοαναγωγές: από

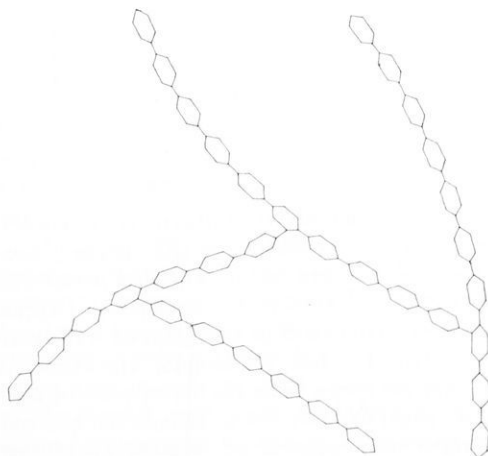
αυτές τις οξειδοαναγωγές ελευθερώνεται ενέργεια για να σχηματισθεί ATP. Τα ηλεκτρόνια τελικά χάρη σε νέα επέμβαση της ηλιακής ακτινοβολίας μεταφέρονται στο μαύρο ορθογώνιο (πάνω δεξιά) μαζί με ATP. Έτσι στο στάδιο των φωτεινών αντιδράσεων

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

Τό ATP, τά ηλεκτρόνια, τό ενεργοποιημένο ύδρογόνο καί τό διοξειδίο του άνθρακα μέ μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (στάδιο σκοτεινών αντιδράσεων γιατί δέ χρειάζεται τό φώς) φτιάχνουν γλυκόζη. Όλες αυτές οί φωτεινές καί σκοτεινές αντιδράσεις πραγματοποιούνται μέσα στό χλωροπλάστη.

2.8 Ή αναπνοή

Είδαμε πώς για να διατηρηθεί στή ζωή τό κύτταρο (κι ό πολυκύτταρος οργανισμός) χρειάζεται ενέργεια. Για να διατηρήσει σταθερή τήν κατάσταση του (όμοιόσταση), για να κινηθεί, για να συνθέσει χημικές ενώσεις, για να μεταφέρει ουσίες μέσα από τις μεμβράνες του καί για να επιτελέσει καί άλλες διαδικασίες χρειάζεται ενέργεια. Τήν ενέργεια αυτή τή βρίσκει άποθηκευμένη στους ύδατόνθρακες, στά λίπη καί στις πρωτείνες πού άπο-



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

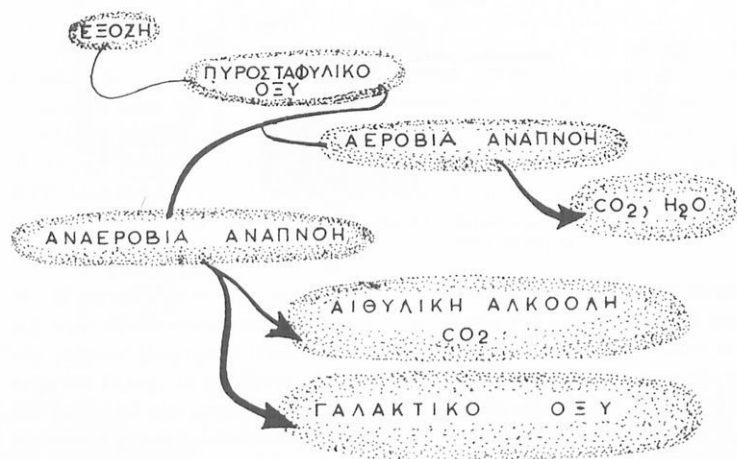
τελούν άποθήκες μεγάλων ποσών ενέργειας. Σπάζοντας, και καίγοντας δηλαδή οξειδώνοντας τις ουσίες αυτές ελευθερώνει τη χημική ενέργεια που αποταμιεύτηκε στους χημικούς τους δεσμούς και την αποθηκεύει ξανά σε μικρότερα ποσά στο ΑΤΡ, σ' αυτό το εύχρηστο «νόμισμα ενέργειας», που είναι στη διάθεσή του μόλις τό χρειαστεί. Τό σπάσιμο και ή οξείδωση τών υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών άποτελεί τό μέρος του μεταβολισμού που ονομάζεται **καταβολισμός**.

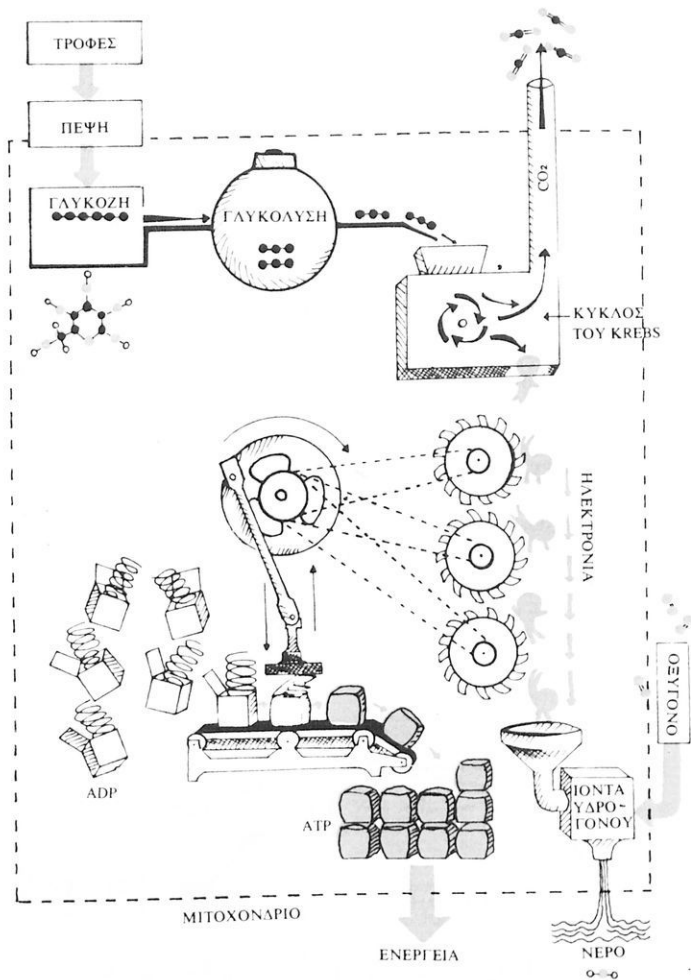
Οί υδατάνθρακες (τό άμυλο στά φυτά και τό γλυκογόνο στά ζώα) άποτελούν για τόν οργανισμό τό μέσο άποθηκεύσεως ενέργειας: κάθε μόριο άμύλου ή γλυκογόνου άποτελείται από άλυσίδες (μέ ή χωρίς διακλαδώσεις) μορίων γλυκόζης (βλέπε εικόνα 20). Αύτές οί **πολυμερείς ένώσεις** (γιατί άποτελούνται από μία μεγάλη σειρά «δομικών λίθων» δηλαδή άπλούστερων ένώσεων που συνδέονται μεταξύ τους) σπάνε σε γλυκόζη. Ή γλυκόζη μέ μία σειρά πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων (που πραγματοποιούνται χάρη στά ένζυμα) σπάζει και καίγεται (οξειδώνεται) δίνοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό και ελευθερώνοντας ενέργεια. Ή συνολική εξίσωση αυτών τών διαδικασιών είναι ή αντίστροφη τής συνολικής εξίσώσεως τής φωτοσύνθεσης:



Ή οξείδωση αυτή τής γλυκόζης ή και άλλων ουσιών, ονομάζεται άναπνοή και χωρίζεται σε τρία στάδια:

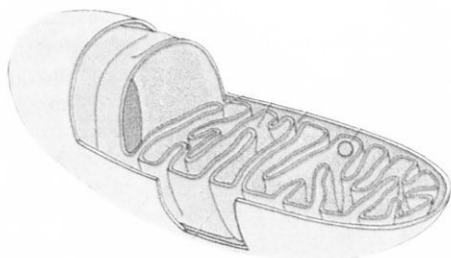
Εικόνα 21: Ή άναπνοή.





Εικόνα 22: Η άναπνοή.

Εικόνα 23: Το μιτοχόνδριο, σχηματικά, σε τομή.



● στο στάδιο της **γλυκόλυσης**. Σ' αυτό, με μιά σειρά αντιδράσεων, τό μόριο της γλυκόζης πού έχει 6 άτομα άνθρακα χωρίζεται στο 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 παρουσιάζεται πώς διαδραματίζεται στο 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 άτμόσφαιρας καί μäs δίνει νερό), είτε δέν έχει στη διάθεσή του όξυγόνο καί όλοκληρώνει τήν άναερόβια άναπνοή. Μετατρέπει τότε τό πυροσταφυλικό όξύ σέ **αιθυλική άλκοόλη** (φυτικοί όργανισμοί) ή σέ **γαλακτικό όξύ** (ζωικοί όργανισμοί). Ή παραγωγή αιθυλικής άλκοόλης (άπό ζυμομύκητες) όνομάζεται **ζύμωση**.

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

● Ή αερόβια άναπνοή χωρίζεται σέ δύο τμήματα: **στόν κύκλο του Krebs** καί στην **όξειδωτική φωσφορυλίωση**. Στόν **κύκλο του Krebs** (βρέθηκε από τον γερμανό βιοχημικό Hans Krebs, 1900 – ζει στίς μέρες μας) ή **κύκλο του κιτρικού όξέος**, τά προϊόντα τής γλυκόλυσης, δηλαδή τό πυροσταφυλικό όξύ (πού έχει στο 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.

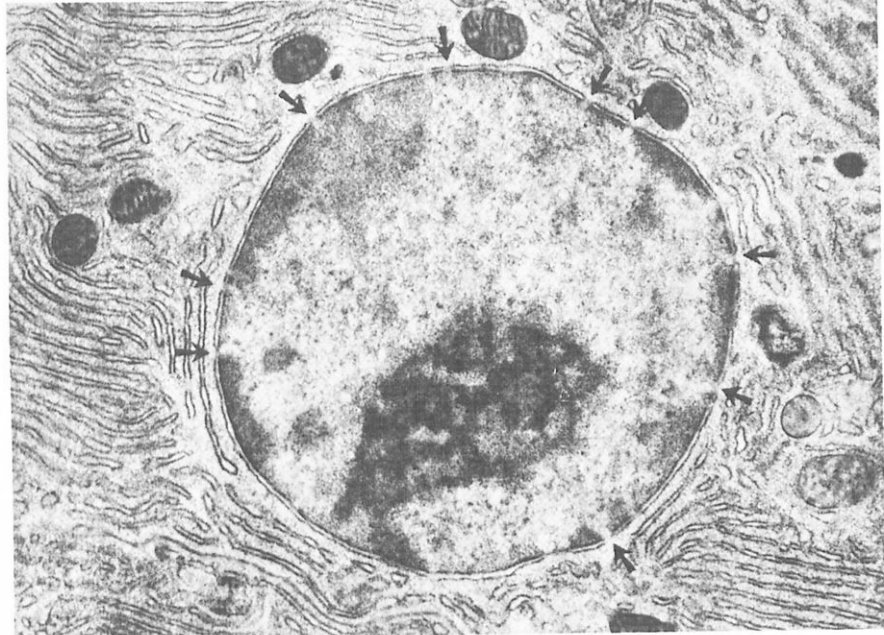
● Την τύχη αυτών των ηλεκτρονίων περιγράψαμε στο κεφάλαιο των οξειδοαναγωγών χρησιμοποιώντας σαν μηχανικό ανάλογο για την απεικόνισή τους τη σφαίρα που πηδά σε μία σειρά ελατήρια. Και η εικόνα 22 μας δείχνει κάτι παρόμοιο: τὰ γαλάζια άνθρωπάκια (ηλεκτρόνια) κινούν τροχούς (άντιστοιχα των ελατηρίων) που βοηθούν να «πακεταριστούν» ή χημική ενέργεια στο ATP. Τὰ ηλεκτρόνια καταλήγουν στο οξυγόνο που χρειάζεται για την αναπνοή. Τὰ χερσαία σπονδυλωτά παίρνουν το οξυγόνο από την ατμόσφαιρα και το δεσμεύουν στην αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων του αίματος, αναπνέοντας με τούς πνεύμονές τους. Κάθε άτομο οξυγόνου δέχεται δυό ηλεκτρόνια και ενώνεται με δυό ιόντα υδρογόνου για να σχηματίσει νερό.

Οι χημικές αντιδράσεις της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης γίνονται στα μιτοχόνδρια: αυτά αποτελούν και τούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, τὰ «έργοστάσια παραγωγής ενέργειας» του κυττάρου. Η εικόνα 23 δίνει σχηματική παράσταση ενός μιτοχόνδριου που έχει κοπεί για να μας δείξει το έσωτερικό του. Έχει δυό μεμβράνες. Η έσωτερική μεμβράνη του σχηματίζει μία σειρά από αναδιπλώσεις: πάνω σ' αυτές διαδραματίζεται η οξειδωτική φωσφορυλίωση. Η σειρά των χημικών ουσιών, που αποτελούν τούς αποδέκτες των ηλεκτρονίων – ταχτικά τοποθετημένες, σαν μία συστοιχία (μπαταρία) – βρίσκεται σε μικροσκοπικά στρογγυλά σωμάτια πάνω στις έσωτερικές αναδιπλώσεις της μέσα μεμβράνης.

Μόλις ό οργανισμός χρειαστεί ενέργεια καταφεύγει στο ATP: λ.χ. ή κίνησή μας (μηχανικό έργο) όφείλεται σε συστολές και διαστολές των μυών που γίνονται επειδή οι πρωτεΐνες τους «συστέλλονται και διαστέλλονται» δηλαδή αλλάζουν μορφή, χάρη σε χημικές αντιδράσεις. Την ενέργεια για να γίνουν οι χημικές αυτές αντιδράσεις παρέχει το ATP.

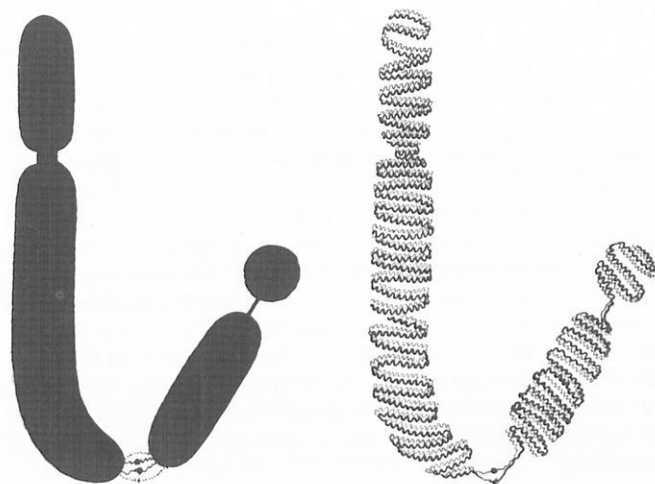
2.9 Ό πυρήνας του κυττάρου και τὰ χρωματοσώματα

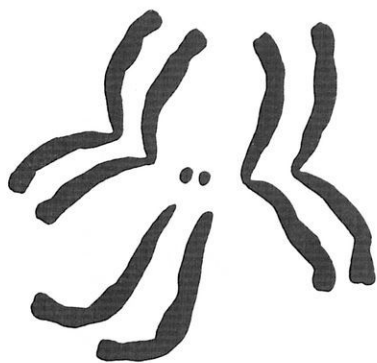
Ό πυρήνας είναι το πιο σημαντικό όργανίδιο του κυττάρου. Είναι το όργανίδιο που αποτελεί το κέντρο όπ' όπου φεύγουν οι διαταγές για τη



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 ενδοπλασματικό δίκτυο.

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



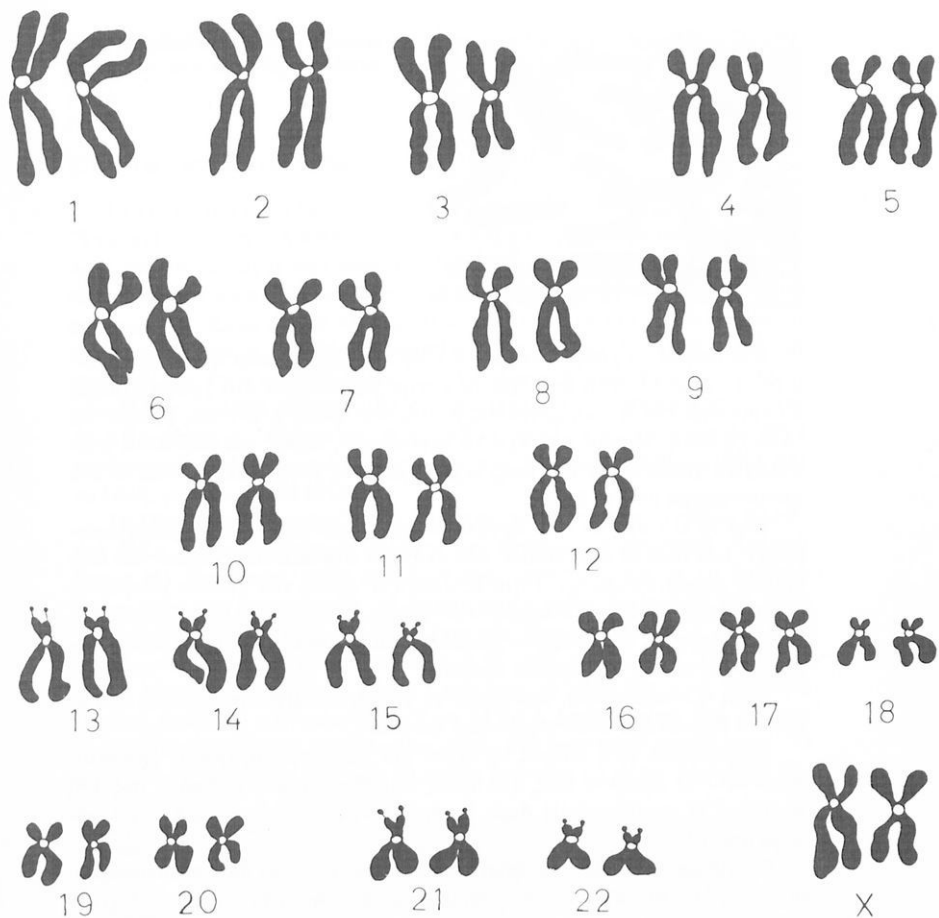


Εικόνα 27: Τα 8 χρωματοσώματα της δροσόφιλας αποτελούν τέσσερα ζευγάρια ομόλογων χρωματοσωμάτων.

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

Ό πυρήνας είναι συνήθως σφαιρικός και περιβάλλεται από τήν πυρηνική μεμβράνη. Ή μεμβράνη αυτή είναι διπλή, όπως φαίνεται στό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, και φέρνει ανοίγματα μέ τά όποια ό πυρήνας επικοινωνεί μέ τό κυτταρόπλασμα.

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



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

Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος χρωματίνη για να δηλώσει την ουσία των χρωμοσωμάτων που βάφεται έντονα και που αποτελείται από τά νουκλεϊκά όξεά και τίς πρωτείνες του χρωματοσώματος. Τά χρωματοσώματα έχουν σχήμα Λ, ή μαστουιούδ, ή σφαιρικό (όταν είναι μικρά).

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



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

νο, πού βοηθεί τό χρωματόσωμα νά κινείται, όταν γίνεται ή κυτταρική διαίρεση. Από τή θέση πού έχει τό κεντρόμερο άπάνω στό χρωματόσωμα, διακρίνουμε ένα ή δύο, μεγάλους ή μικρούς, ίσους ή άνισους βραχιόνες. Από τή θέση, λοιπόν, πού έχει τό κεντρόμερο, καθώς και από άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, λ.χ. τό μέγεθός τους, διακρίνονται τό ένα χρωματόσωμα από τό άλλο.

Όλα τά κύτταρα σέ έναν οργανισμό έχουν τόν ίδιο αριθμό χρωματοσωμάτων. Καί όλοι οί οργανισμοί, πού ανήκουν στό ίδιο είδος, έχουν τόν ίδιο αριθμό χρωματοσωμάτων. (Μιά εξαίρεση σ' αυτόν τόν κανόνα μπορεί νά παρατηρηθεί σέ άτομα διαφορετικού φύλου. Μπορεί, δηλαδή, νά υπάρχει κάποια διαφορά, συνήθως ένα χρωματόσωμα πάρα πάνω ή πάρα κάτω άνάμεσα σέ άρσενικό καί θηλυκό άτομο).

Αυτή ή σταθερότητα, πού έχουν τά χρωματοσώματα σέ αριθμό, άποτελεί ένα βασικό καί πολύ σημαντικό κανόνα.

Διαφορετικά είδη μπορεί νά έχουν καί διαφορετικό αριθμό χρωματοσωμάτων. Ό αριθμός τους από είδος σέ είδος ποικίλλει από 2 έως 150 περίπου. Ό συνηθισμένος όμως αριθμός είναι λίγες δεκάδες ή καί λιγότερο από 10.

Ό άνθρωπος σέ κάθε κύτταρο του σώματός του έχει 46 χρωματοσώματα, έκτός από τά ώάρια καί τά σπερματοζώάρια. Αυτά έχουν μόνο 23 χρωματοσώματα.

Άν εξετάσουμε προσεκτικά τά χρωματοσώματα σέ ένα κύτταρο, θά δούμε ότι μπορούμε νά τά ταξινομήσουμε σέ ζευγάρια. Τα χρωματοσώματα, πού ανήκουν στό ίδιο ζευγάρι, είναι όμοια άναμεταξύ τους καί όνομάζονται **όμόλογα χρωματοσώματα**.

Τά χρωματοσώματα πού ανήκουν σέ ξεχωριστά ζευγάρια μπορεί καί νά διαφέρουν. Ό άνθρωπος έχει, όπως είπαμε, 46 χρωματοσώματα σέ κάθε κύτταρό του, πού κάνουν 23 διαφορετικά ζευγάρια. Τό καλαμπόκι έχει 20 χρωματοσώματα σέ κάθε κύτταρό του, δηλαδή 10 ζευγάρια. Στόν ίδιο όρ-

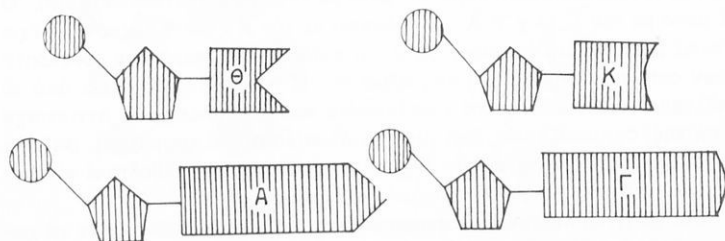
γανισμό ή στους οργανισμούς του ίδιου είδους, τα χρωματοσώματα των κυττάρων δεν είναι μόνο ίσα σε αριθμό, αλλά είναι και όμοια άναμεταξύ τους.

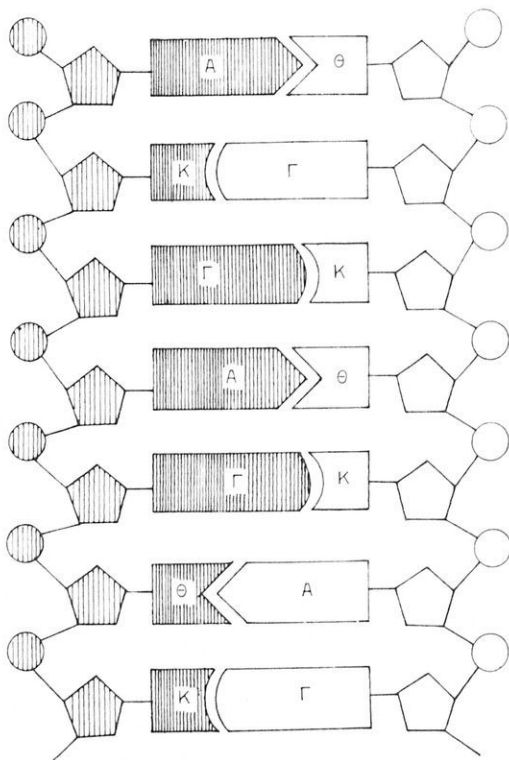
2.10 Τά νουκλεϊκά όξέα

Τά νουκλεϊκά όξέα παίζουν πρωταρχικό ρόλο στό φαινόμενο τής ζώης. 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 μιά σύνθετη ένωση ενός μορίου φωσφορικού όξέος μέ μιά πεντόζη (σάκχαρο) και μέ μιά οργανική βάση, πού περιέχει άζωτο. Τά νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους στη σειρά και σχηματίζουν πολύ μακριές άλυσίδες. Υπάρχουν δύο κατηγορίες νουκλεϊκών όξεων: τό DNA (δεσοξυριβοζονουκλεϊκό) για τό όποιο μιλήσαμε και τό RNA (άρ-έν-εί, ribonucleic acid, ριβοζονουκλεϊκό). Τά όνόματά τους προέρχονται από τό όνομα τής πεντόζης πού περιέχουν: δεσοξυριβόζη για τό DNA, ριβόζη για τό RNA.

Τά DNA, τά χαρακτηρίζει μιά ιδιότητα, πού δεν τή συναντούμε σε καμιά άλλη χημική ένωση: **ή ιδιότητα του αυτοπαραπλασιασμού**. Δηλαδή έχουν τήν ικανότητα, κάτω από ορισμένες συνθήκες, και μέ τή βοήθεια άλλων χημικών παραγόντων, νά δημιουργούν πιστά αντίγραφα του τόσο πολύπλοκου μορίου τους. Τό DNA έχει σαν δομικούς λίθους 4 μόνο είδη νουκλεοτίδια. "Ας τά χαρακτηρίσουμε μέ τά γράμματα Α, Θ, Κ, Γ, ανάλογα μέ τό είδος τής 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 ενώνονται μεταξύ τους. "Ό κάθε κρίκος, άς πούμε, τής μιάς άλυσίδας ενώνεται μέ ειδικό δεσμό μέ τόν

Εικόνα 30: Τά τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων του DNA. Με 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 πὸς ἡ βάση A μπορεῖ νὰ ταιριάξει μόνο με τὴ Θ (καὶ ἀντίστροφα ἡ Θ μόνο με τὴν A). Ἐπίσης ἡ K ταιριάξει μόνο με τὴ Γ .

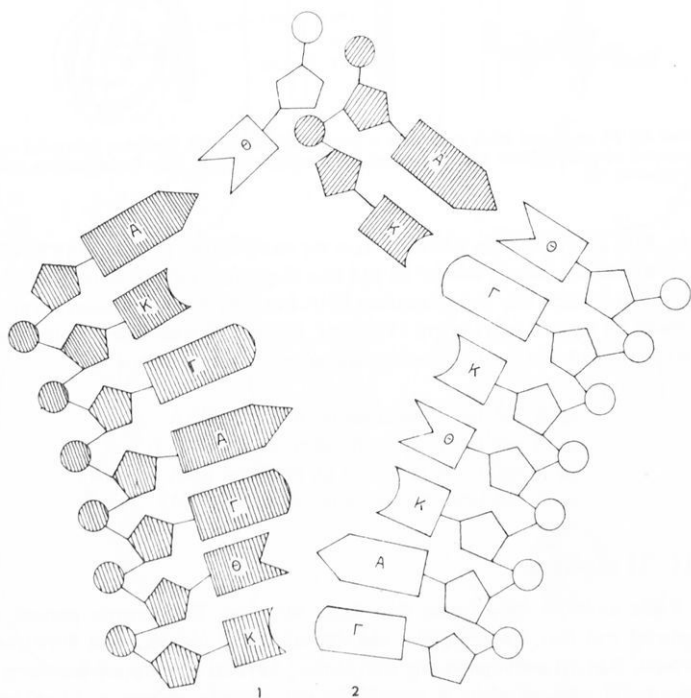
κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ἄλλά δὲν ἐνώνεται στὴν τύχη ὁποιοσδήποτε κρίκος τῆς μῆς ἄλυσίδας με ὁποιοδήποτε κρίκο τῆς ἄλλης ἄλυσίδας. Ὁ κρίκος A (νουκλεοτίδιο) ἐνώνεται μόνο με τὸν κρίκο Θ (νουκλεοτίδιο). Ὁ K μόνο με τὸν Γ , (λ.χ. ὁ A δὲν ἐνώνεται με τὸν K). Ἔτσι λοιπόν, ἂν ἔχει κανεὶς μόνο τὴ μιά ἄλυσίδα,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

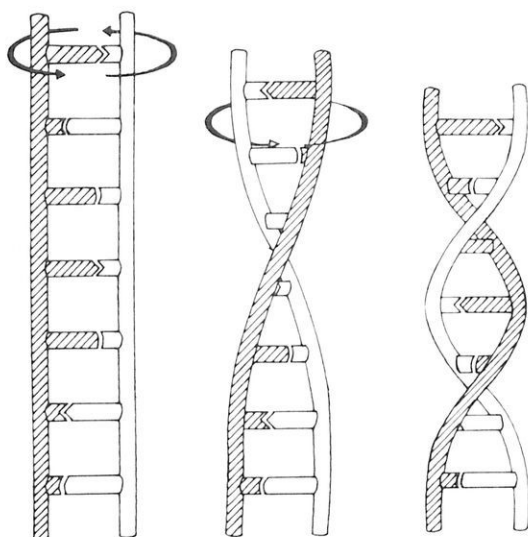
Γιὰ νὰ γίνει, λοιπόν, ἡ ἀναπαραγωγή τοῦ μορίου, πρέπει πρῶτα νὰ χωριστοῦν οἱ δύο ἄλυσίδες καὶ τότε ἡ καθεμιά θὰ φτιάξει τὴ συμπληρωματικὴ

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

Τά RNA μοιάζουν πολύ με 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 μιās βάσεως τους διαφέρει, αντί για Θ (θυμίνη) έχουν U (ουρακίλη). Οί άλλες τρεις 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.





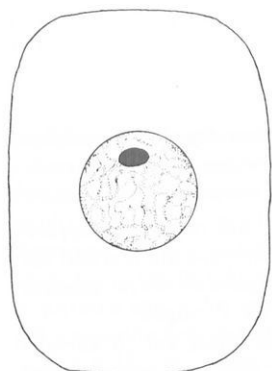
Εικόνα 33: Το μόριο του DNA στο χώρο: ή έλικοειδής του μορφή. Συνήθως βρίσκεται στον οργανισμό με μορφή έλικα (όπως είναι δεξιά). Ξετυλίγεται μόνο όταν διπλασιάζεται (όπως στην εικόνα 32).

ίδιες. Μία μονή αλυσίδα RNA, αν έχει τις κατάλληλες βάσεις στην κατάλληλη σειρά, μπορεί να ένωθεί με μία συμπληρωματική της αλυσίδα DNA. Όπως και μεταξύ των δύο αλυσίδων DNA έτσι και σ' αυτή την περίπτωση η ένωση δέ γίνεται στην τύχη. Υπάρχει, δηλαδή, ή ακόλουθη συμπληρωματικότητα για τήν ένωση των κρίκων μεταξύ DNA και RNA:

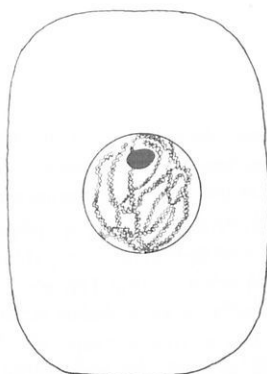
τό Α του DNA ένώνεται με τό U του RNA
 τό Θ του DNA ένώνεται με τό Α του RNA
 τό Κ του DNA ένώνεται με τό Γ του RNA
 τό Γ του DNA ένώνεται με τό Κ του RNA

2.11 Ἡ μίτωση

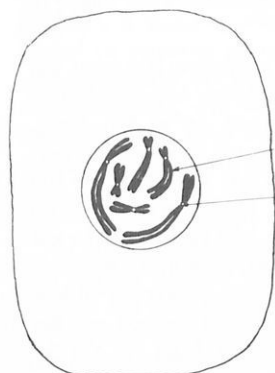
Κάθε κύτταρο προέρχεται από άλλο κύτταρο. Τό κύτταρο μπορεί να χωριστεί στά δύο, δίνοντας δύο νέα κύτταρα, που ονομάζονται **θυγατρικά κύτταρα**. Και τό φαινόμενο τής διαιρέσεως λέγεται κυτταρική διαίρεση ή **μίτωση**. Ἡ μίτωση είναι ό μοναδικός και γενικός τρόπος πολλαπλασι-



ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΦΑΣΗ

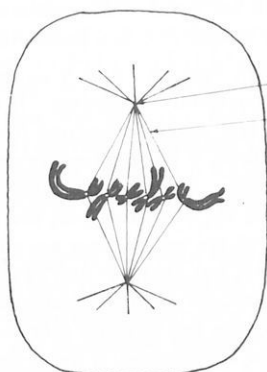


ΑΡΧΗ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ



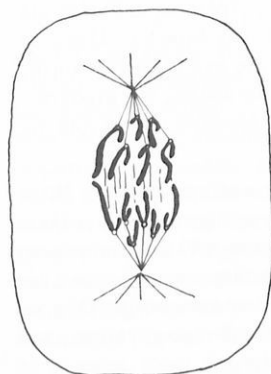
ΤΕΛΟΣ ΠΡΟΦΑΣΕΩΣ

ΧΡΩΜΑΤΟΣΩΜΑ
ΚΕΝΤΡΟΜΕΡΟ

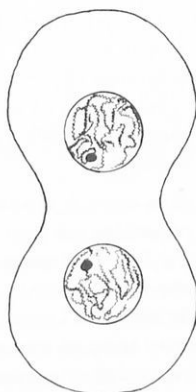


ΜΕΤΑΦΑΣΗ

ΠΟΛΟΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΤΡΑΚΤΟΣ



ΑΝΑΦΑΣΗ



ΤΕΛΟΦΑΣΗ

Εικόνα 34: Η μίτωση.

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

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

● Στην πρώτη φάση ή **πρόφαση**, το κεντρόσωμα, ένα στρογγυλό όργανο, που βρίσκεται, όπως είπαμε, μόνο στα ζωικά κύτταρα και έξω από τον πυρήνα τους, διαιρείται στα δύο. Τα δύο αυτά τμήματα κινούνται χωριστά και πάνε να καταλάβουν τις δύο αντίθετες άκρες του κυττάρου.

Στα φυτικά κύτταρα δεν υπάρχει κεντρόσωμα, όμως και τα κύτταρα αυτά μπορούν να διαιρούνται. Ένω ή πρόφαση προχωρεί, χάνεται σιγά σιγά ή ομοιομέρεια του πυρήνα και εμφανίζονται τα χρωματοσώματα, μακριά και λεπτά. Κάθε χρωματοσώμα είναι ήδη χωρισμένο κατά μήκος σε δύο χρωματίδες, που ένωνονται στο κεντρόμερο.

● Στη δεύτερη φάση ή **μετάφαση**, ή πυρηνική μεμβράνη διαλύεται και σχηματίζεται ή άτρακτος. Η άτρακτος, που αποτελείται από πολλές ίνες και έχει σχήμα αβραχτιού (από τό όποιο και παίρνει και τό όνομά της, άτρακτος = αβράχτι) πιάνει μεγάλο μέρος στό χώρο του κυττάρου. Τό κεντρόσωμα, που έχει στό μεταξύ χωριστεί στα δύο, έχει καταλάβει τις δύο άκρες της άτρακτου, τούς δύο πόλους της. Οί ίνες της άτρακτου αρχίζουν από τό ένα κεντρόσωμα και καταλήγουν στό άλλο, σάν χορδές. Άλλά και πολλές ίνες ξεκινούν από τά κεντροσώματα χωρίς νά καταλήγουν πουθενά. Σκορπίζουν μέσα στό κυτταρόπλασμα, σχηματίζοντας, μέ κέντρο τό κέντροσώμα, δύο άστέρια: τούς δύο άστέρες. Και στά φυτικά κύτταρα, που δεν έχουν κεντρόσωμα, ή άτρακτος σχηματίζεται κανονικά, όπως και στά ζωικά.

Τά χρωματοσώματα, στή δεύτερη φάση, φαίνονται πιό παχιά, διακρίνονται πιό έντονα και τοποθετούνται στή μέση της άτρακτου, άπάνω σε μία επίπεδη νοητή επιφάνεια που όνομάζεται ίσημερινό επίπεδο. Όπως τό ίσημερινό επίπεδο της γης, βρίσκεται κι αυτό κάθετο στή μέση της νοητής γραμμής, (στόν άξονα νά πούμε) που ένώνει τούς δύο πόλους της άτρακτου. Τό κεντρόμερο του κάθε χρωματοσώματος είναι ένωμένο μέ μία από τις ίνες της άτρακτου.

● Στη τρίτη φάση ή **ανάφαση** κάθε κεντρόμερο χωρίζεται στα δύο. Έτσι οί δύο χρωματίδες του κάθε χρωματοσώματος αποχωρίζονται. Η μία έλκεται από μία ίνα της άτρακτου προς τόν ένα πόλο και ή άλλη μέ παρόμοιο τρόπο προς τόν άλλο πόλο. Έτσι, όταν οί χρωματίδες φτάσουν στους πόλους, κάθε πόλος θά έχει τόν ίδιο αριθμό και τις ίδιες χρωματίδες. Οί χρωματίδες είναι τώρα τά καινούργια χρωματοσώματα των δύο κυττάρων, που θά προκύψουν από τή μίτωση (τήν κυτταρική διαίρεση).

● Στην τελευταία φάση, **τήν τελόφαση**, σχηματίζονται δύο πυρηνικές

μεμβράνες. Κάθε μιά περικλείει τὰ χρωματοσώματα πού βρίσκονται στόν κάθε πόλο. Συγχρόνως τὰ χρωματοσώματα ἀρχίζουν νά γίνονται λιγότερο όρατά, ώσπου ξεφεύγουν έντελώς από τήν παρατήρησή μας. Τό κύτταρο χωρίζεται στά δυό και οί ίνες τής άτράκτου σβήνουν. Έχουμε τώρα δυό θυγατρικά κύτταρα, από ένα πού είχαμε πριν. Τά δυό αυτά θυγατρικά κύτταρα, έχουν τόν ίδιο αριθμό και τό ίδιο είδος χρωματοσώματα, όπως είχε τό μητρικό από τό όποιο προήρθαν, αφού έχουν πάρει τό καθένα τους από μιά χρωματίδα από τό κάθε αρχικό χρωματοσώμα.

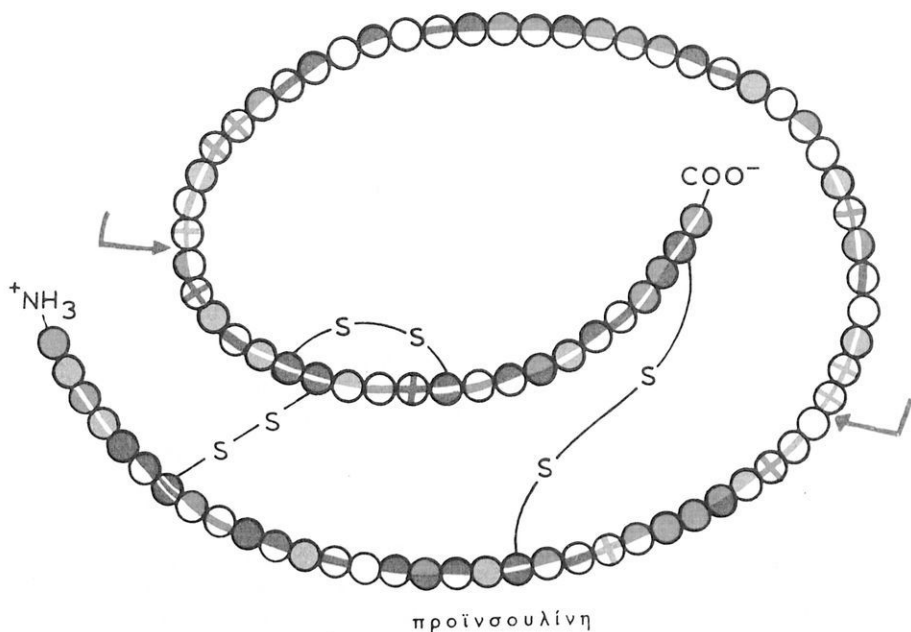
Στό στάδιο τής πυρηνικής άκινήσιās πού ακολουθεί, κάθε χρωματόσωμα, πού τώρα πιά δέν είναι όρατό, πολλαπλασιάζεται. Δηλαδή χωρίζεται κατά μήκος σε δυό χρωματίδες, για νά είναι έτοιμο όταν αρχίσει ή νέα διαίρεση, ή επόμενη μίτωση. Έτσι τό στάδιο τής πυρηνικής άκινήσιās μπορεί νά χωριστεί σε τρεις φάσεις: στήν **πρώτη φάση (τή G₁)** όπου τὰ χρωματοσώματα δέν έχουν ακόμα διπλασιαστεί, δέν έχουν σχηματιστεί δυό χρωματίδες, στή **δεύτερη φάση (τήν S)** όπου συντελείται ό διπλασιασμός του DNA, ώστε κάθε χρωματόσωμα νά σχηματίσει μιά δεύτερη χρωματίδα και στήν **τρίτη φάση (τή G₂)** στήν όποια έχει τελειώσει ό διπλασιασμός του DNA και κάθε χρωματόσωμα άποτελείται πιά από δυό χρωματίδες.

Η μίτωση άποτελεί ένα μηχανισμό πού συντελείται μέ μεγάλη τάξη και πού κρατάει σταθερό τόν αριθμό και τό είδος τών χρωματοσωμάτων στά κύτταρα του ίδιου όργανισμού: Αφού κάθε πολυκύτταρος όργανισμός προέρχεται από ένα μόνο αρχικό κύτταρο, όλα του τά κύτταρα προέρχονται από τίς άλλεπάλληλες διαιρέσεις αυτού του αρχικού κυττάρου.

Πώς διαιρούνται τὰ χρωματοσώματα κατά μήκος σε χρωματίδες;

Τά χρωματοσώματα, πού άποτελούνται από πρωτεΐνες και DNA, διπλασιάζονται μέ τόν ίδιο μηχανισμό, πού διπλασιάζεται τό DNA. Όπως τό μόριο DNA έχει δυό ένωμένες άλυσίδες οί όποιες άποχωρίζονται και πού ή καθεμιά τους επιτρέπει τή σύνθεση μιάς συμπληρωματικής άλυσίδας, τό ίδιο πρέπει νά συμβαίνει και μέ τὰ χρωματοσώματα, πού άποτελούνται από DNA. Μπορούμε, δηλαδή νά θεωρήσουμε ότι όλο τό μήκος ενός χρωματοσώματος είναι τό μήκος ενός μορίου DNA, πού διπλασιάζεται.

Τά χρωματοσώματα παίζουν θεμελιακό ρόλο στή ζωή του κυττάρου. Ό πυρήνας ούσιαστικά δέν είναι τίποτε άλλο από ένα σταικούλι πού περιέχει χρωματοσώματα. Τά χρωματοσώματα είναι τὰ έντερα στοιχεία του πυρήνα, και όπως θά δούμε παρακάτω στά χρωματοσώματα **βρίσκονται και οί μονάδες τής κληρονομικότητας**. Η μίτωση μέ τήν ακρίβεια του μηχανισμού της διατηρεί τόν αριθμό και τό είδος τών κληρονομικών μονάδων από κύτταρο σε κύτταρο. Γιατί έχει μεγάλη σημασία κάθε κύτταρο του όργανισμού νά περιέχει όλες τίς κληρονομικές αυτές μονάδες για νά ζήσει.



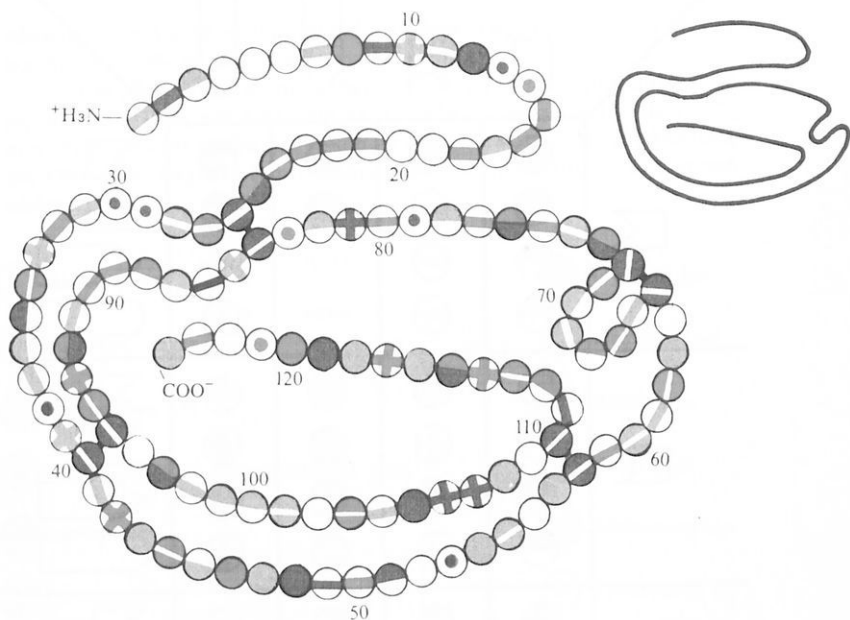
Εικόνα 35: Το μόριο μίας πρωτεΐνης (της προϊνσουλίνης του χοίρου) που αποτελείται από μία αλυσίδα αμινοξέων. Κάθε είδος αμινοξυ συμβολίζεται με κύκλο διαφορετικού χρώματος. Με χημικούς δεσμούς μέρη της αλυσίδας ενώνονται μεταξύ τους. Αν το μόριο αυτό κοπεί στα σημεία που υπάρχουν τα βέλη, το μεταξύ τους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

2.12 Ἡ σύνθεση τῶν πρωτεϊνῶν

Οἱ πρωτεΐνες μέ τό ρόλο πού παίζουσι στό φαινόμενο τῆς ζωῆς ἀποτελοῦν πολύ σημαντικές χημικές ἐνώσεις· εἶναι ἀπ' τή μιά μεριά δομικά ὑλικά τοῦ κυττάρου καί ἀπό τήν ἄλλη σάν ἐνζύμα ἐλέγχουσι τή διεξαγωγή τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων.

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

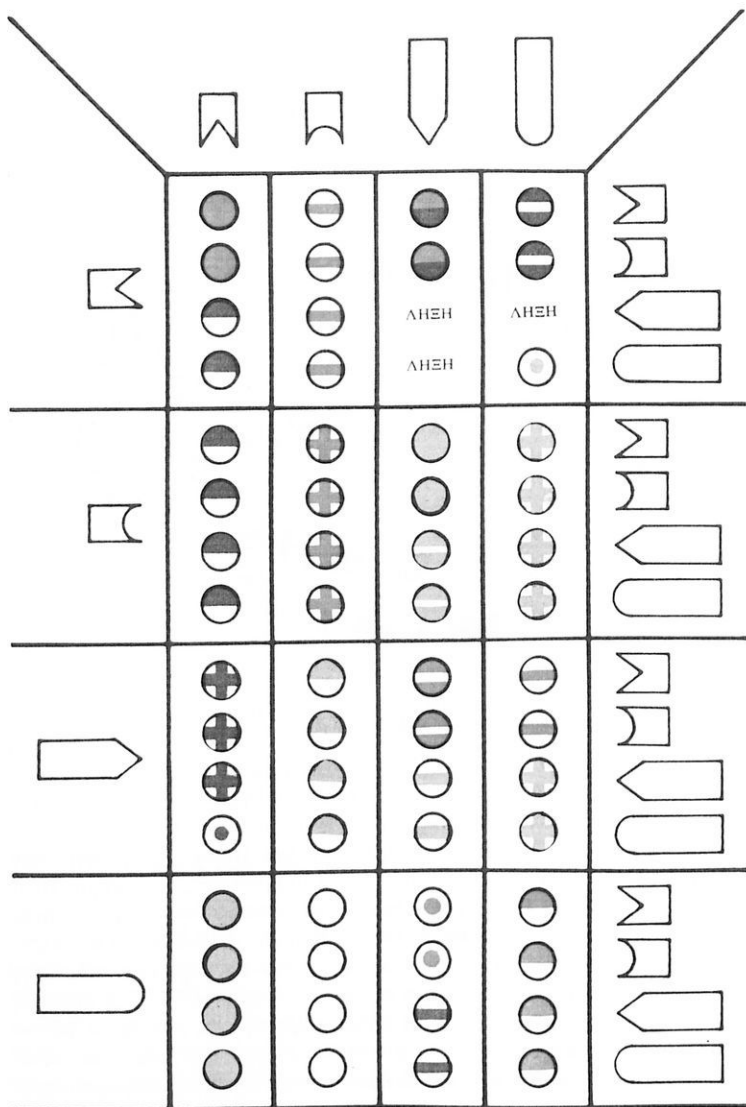
Εἶναι γνωστό πώς ὑπάρχουσι 20 εἰδῶν διαφορετικά αμινοξέα. Κάθε πρωτεΐνη λοιπόν παρουσιάζει μιά «γραμμική» διαφοροποίηση.



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

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

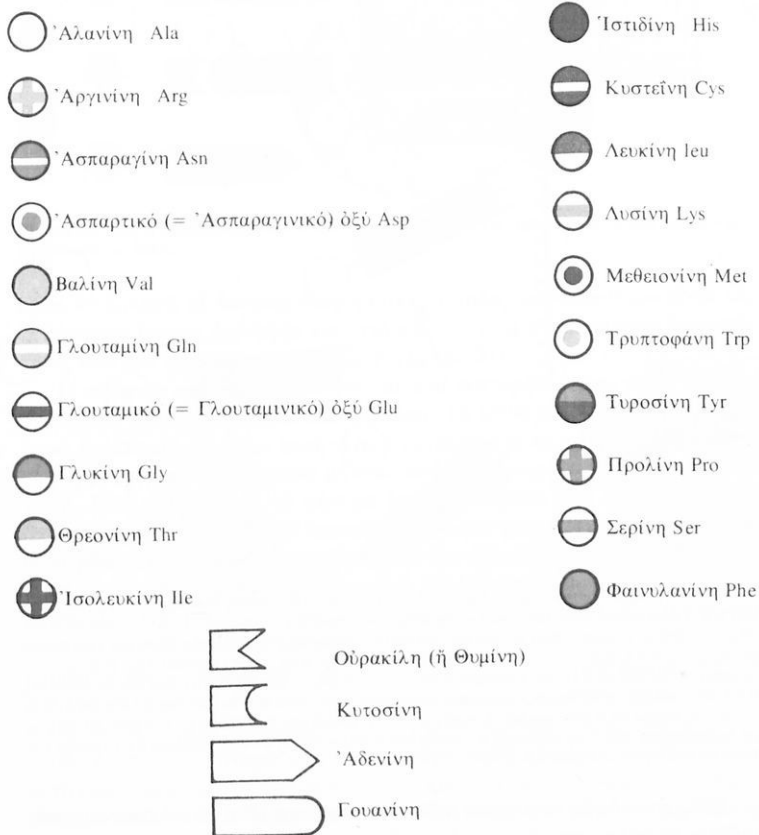
Για την πραγματοποίηση αυτής της μεταφράσεως χρησιμοποιείται ένας



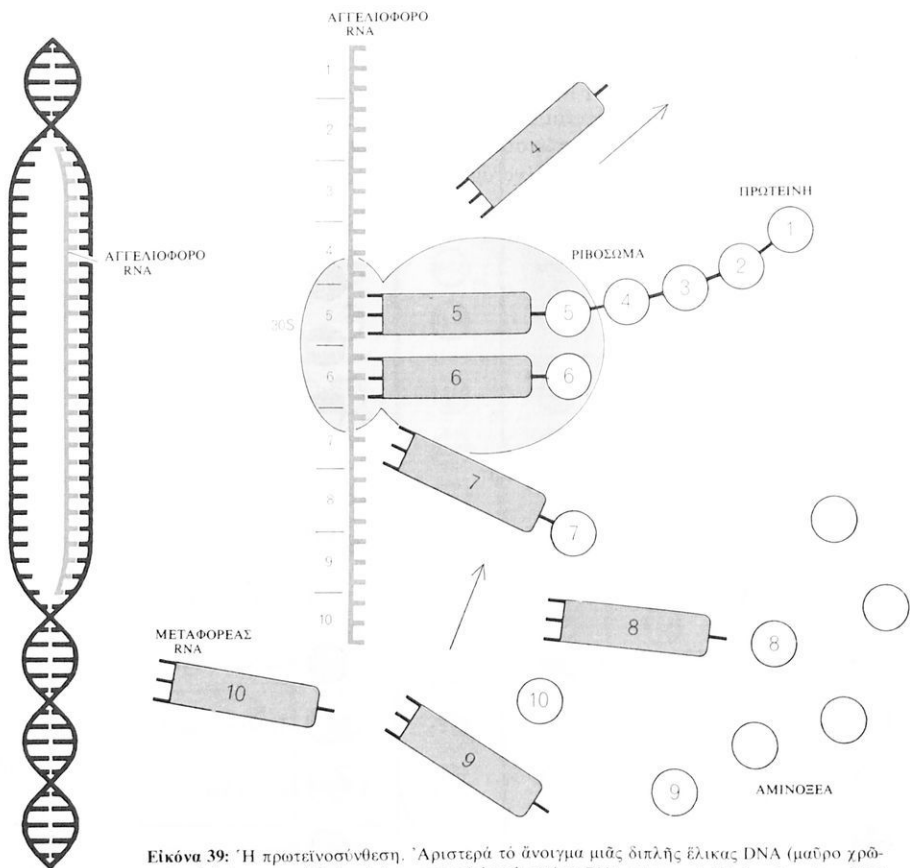
Εικόνα 37: Ο γενετικός κώδικας. Κάθε τριάδα βάσεων αντιστοιχεί σ' ένα άμινοξύ. Η πρώτη βάση κάθε τριάδας δείχνεται στην κάθετη γραμμή άριστερά, η δεύτερη στην οριζόντια γραμμή πάνω κι η τρίτη στην κάθετη γραμμή δεξιά. Τρεις τριάδες δεν αντιστοιχοῦν σέ άμινοξύ, αλλά ὑποδεικνύουν τή λήξη τοῦ μηνύματος.

κώδικας, ό 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**.

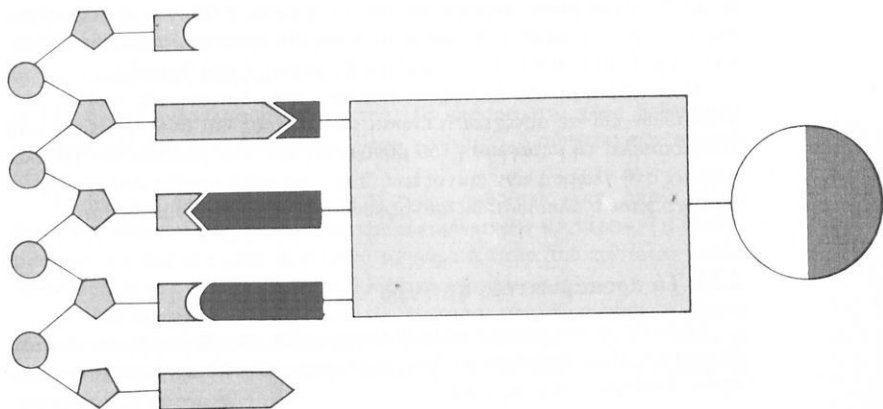


Εικόνα 38: Τά σύμβολα που χρησιμοποιούμε στις εικόνες 30 - 32, 35 - 37 και 39 - 40 για τά διαφορα αμινοξέα και τίς βάσεις.



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

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



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

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

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

μεσάζοντα, ένα μικρό μόριο RNA, τόν μεταφορέα RNA, που έχει στη μία άκρη του δεμένο τό άμινοξύ και στην άλλη μία τριάδα βάσεων συμπληρωματική μ' εκείνη που κατά τόν κώδικα αντίστοιχεί στό άμινοξύ.

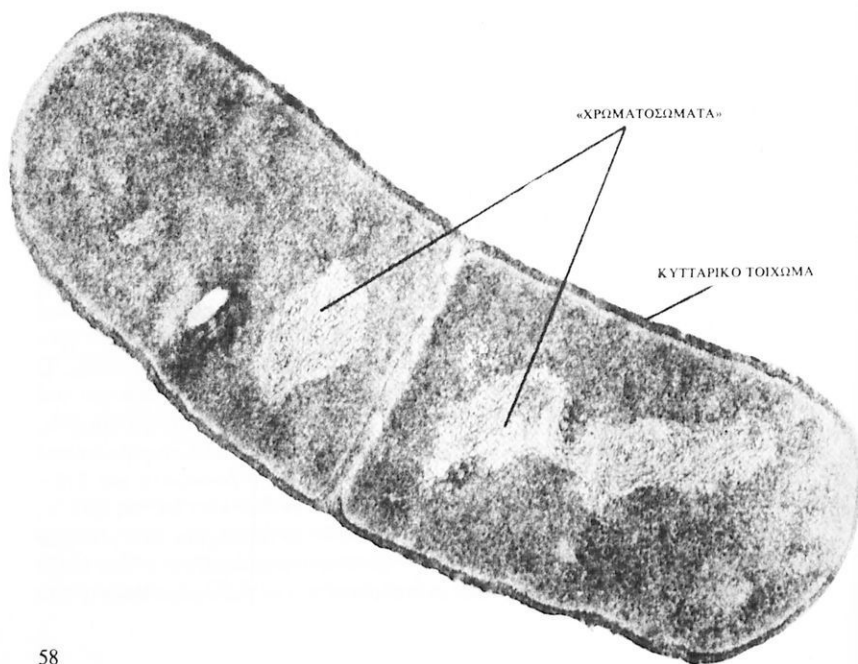
Η τοποθέτηση τών άμινοξέων άπέναντι στις αντίστοιχες τριάδες νουκλεοτίδιων και σέ συνέχεια ή ένωση μεταξύ τους και ανεξαρτητοποίησή τους άποτελεί τή μετάφραση του μηνύματος άπό τήν γλώσσα τών νουκλεοτίδιων στη γλώσσα τών άμινοξέων. Έτσι, σέ πολύ μεγάλη άπλούστευση, σχηματίζεται ή άλυσιδα τών άμινοξέων που άποτελεί τήν πρωτεΐνη.

2.13 Τό προκαρρωτικό κύτταρο

Τά κύτταρα τών προκαρρωτικών όργανισμών, τών Κυανοφυκών και τών βακτηρίων είναι άπλούστερα άπό τά κύτταρα τών εϋκαρρωτικών όργανισμών. Διαφέρουν κυρίως γιατί

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

Εικόνα 41: Ένα βακτήριο όπως φαίνεται μέ τό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έδω τό βακτήριο συμπληρώνει τό χωρισμό του σέ δύο βακτήρια.



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

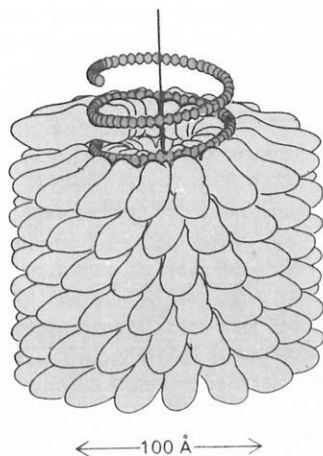
- δεν έχουν μιτοχόνδρια ή πλαστίδια.
- δεν έχουν ενδοπλασματικό δίκτυο. Τα ριβοσώματά τους βρίσκονται σκόρπια μες στο κυτταρόπλασμα, όπου γίνεται κι η σύνθεση των πρωτεϊνών.

Αντίθετα ή 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 (ένώσειςις που αποτελούνται από πολλά ενωμένα σάκχαρα).

Τό βακτηριακό κύτταρο και τό κύτταρο των Κυανοφυκών έχουν άπλούστερη 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, άκωμα και βακτηρίων (τότε ονομάζονται βακτηριοφάγοι ή άπλά φάγοι). Οί ιοί εισχωρούν στά κύτταρα, και μάλιστα μόνο τό νουκλεϊκό τους όξύ, πού χρησιμοποιεί τό μηχανισμό τοῦ κυττάρου για να πολλαπλασιαστεί ό ιός. Καταργεί δηλαδή μερικά ή και όλικά τόν έλεγχο πού άσκει στό κύτταρο ό πυρήνας του (ή τό DNA του) και κατευθύνει όλη τή χημική μηχανή τοῦ κυττάρου για όφελός του. Τότε ό ιός είναι μολυσματικός και πολλαπλασιάζεται σκοτώνοντας τό κύτταρο. Μπορεί όμως για μεγάλο διάστημα να συνυπάρχει στό κύτταρο χωρίς να τό βλάπτει ιδιαίτερα.

Οί ιοί θεωρούνται ότι προέρχονται αρχικά από πολυπλοκότερους οργανισμούς πού άπλοποιήθηκαν από τήν παρασιτική ζωή πού κάνουν.

3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

3.1 Τά πειράματα του Παστέρ

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

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



Εικόνα 43: Τά πειράματα του Redi. Ἄν ἀφήσουμε ἀνοιχτά (πάνω σειρά) τέσσερα μπουκάλια πού περιέχουν κρέας, ψάρια, ψόφια σκουλήκια, μετά ἀπό μερικές μέρες θά «γεννηθοῦν» μύγες. Αὐτές οἱ μύγες προέρχονται ἀπό αὐγά πού πάνω στά κρέατα κτλ. ἐναπόθεσαν ἄλλες μύγες. Γιατί ἂν κλείσουμε μέ τούλι τά στόμια τῶν μπουκαλιῶν, (κάτω σειρά) δέ θά «γεννηθοῦν» μύγες ἀπό τά κρέατα αὐτά.

Ὁ Παστέρ γνώριζε ὅτι ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας εἶναι γεμάτος μικρόβια καί σπόρια μηκύτων. Γι' αὐτό καί ὅταν μείνει ζωμός κρέατος ἐκθετος στόν ἀέρα θολώνει μετά ἀπό λίγο χρόνο: μολύνεται ἀπ' τά μικρόβια, πού πολλαπλασιάζονται καί προκαλοῦν καί τό θόλωμα. Οἱ ὀπαδοί τῆς αὐτόματης γένεσης ὑποστήριζαν ὅτι τά μικρόβια γεννιοῦνται μόνα τους ἀπό τό ζωμό τοῦ κρέατος. Βράζοντας τό ζωμό σέ κλειστό δοχεῖο μπορεῖ κανεῖς νά τόν ἀποστειρώσει: δέν παρουσιάζεται τότε θόλωμα, ἂν ὁ ζωμός μείνει στό κλειστό δοχεῖο, ἀκόμα καί πολύ χρόνο. Οἱ ὀπαδοί ὁμως τῆς αὐτόματης γένεσης ὑποστήριζαν πῶς στήν περίπτωση αὐτή ὁ ἀέρας ἀλλοιοῦνται μέ τό βρασμό καί πῶς ὁ ἀλλοιωμένος αὐτός ἀέρας δέν ἐπιτρέπει τήν παρα-

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

“Ας ἀκούσουμε πῶς ὁ ἴδιος τά περιγράφει:

«Τοποθετῶ σ' ἓνα γυάλινο δοχεῖο μέ μακρῷ λαιμῷ καί κάτω στρογγυλῷ σά φλασκί [εἰκόνα 45] ἓνα ἀπό τ' ἀκόλουθα ὑγρὰ, πού ὄλα τους ἀλλοιώνονται πολὺ εὐκόλα, ὅταν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τό συνηθισμένο ἀέρα: ἐκχύλισμα ζύμης, ἐκχύλισμα ζύμης μέ ζάχαρη, οὖρα, χυμὸ ζαχαρότευτλων, ἐκχύλισμα πιπεριάς. Μετά, θερμαίνοντας, ἐπιμηκύνω τόν λαιμὸ τοῦ δοχείου [καί τόν λυγίζω] ἔτσι πού νά τοῦ φτιάξω διάφορες καμπύλες [χωρίς νά τόν κλείσω]. Μετά βράζω τό ὑγρὸ γιά μερικά λεπτά τῆς ὥρας ὥσπου νά βγαίνει ἐλεύθερα ὁ ἀτμός του ἀπό τό στενὸ ἀνοίγμα στήν ἄκρη τοῦ λαιμοῦ τοῦ δοχείου, καί δέν παίρνω καμιάν ἄλλη προφύλαξη. Μετά ἀφήνω τό δοχεῖο νά κρῶσει. Εἶναι ἀξιοσημείωτο καί σίγουρα προκαλεῖ ἐκπλήξη σέ καθένα πού ξέρει τήν εὐαισθησία πού ἔχουν τά πειράματα τά σχετικά μέ τή λεγόμενη «αὐτόματη γένεση», ὅτι τό ὑγρὸ σ' ἓνα τέτοιο δοχεῖο παραμένει ἐπ' ἀόριστον ἀναλοίωτο...

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

Εἰκόνα 44: Ὁ Louis Pasteur στό ἐργαστήριό του.





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

ἀναποστείρωτος. Αυτό ἀληθεύει, ὁ ἀέρας ὁμως συναντᾷ ἓνα ὑγρὸ, πού ἡ θερμοκρασία του βρίσκεται ἀκόμα κοντά στό σημείο τοῦ βρασμοῦ [πού σκοτώνει τὰ μικρόβια]. Μετά ὁ ἀέρας μπαίνει ἀργότερα, κι ὅταν τὸ ὑγρὸ ψυχθεῖ ἀρκετὰ ἔτσι πού νά μὴν καταστρέφει τὴ ζωτικότητα τους [νὰ μὴν τὰ σκοτώνει], ἡ εἴσοδος τοῦ ἀέρα εἶναι ἀρκετὰ ἀργή ὥστε νά ἀφήνει στίς ὑγρὲς καμπύλες τοῦ λαιμοῦ ὅλες τὶς σκόνες [τὰ μικρόβια] τὶς ἱκανὲς νά δράσουν [νὰ ἀναπτυχθοῦν] στὰ ἐκχυλίσματα...

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

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

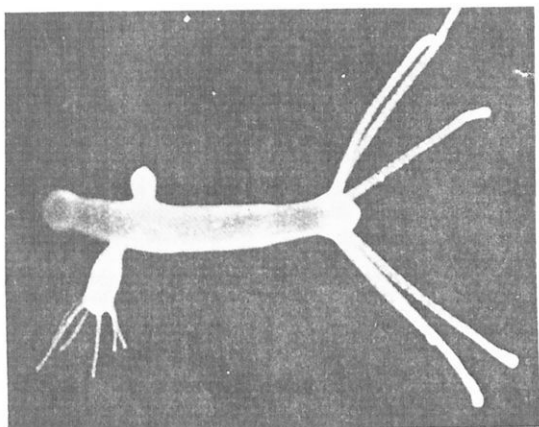
3.2 Τρόποι ἀναπαραγωγῆς

Ἐπάρχουν δύο τρόποι πολλαπλασιασμοῦ: ὁ ἀγενῆς κι ὁ ἐγγενῆς ἢ φυλετικός.

Στὸν ἀγενῆ πολλαπλασιασμὸ ἓνα εἰδικὸ τμῆμα ἑνὸς ὄργανισμοῦ ἢ ἓνα ὁποιοδήποτε τμῆμα του μπορεῖ νά ἀναπτυχθεῖ σ' ἓνα νέο ἄτομο. Διακρίνουμε τρεῖς τρόπους ἀγενῆ πολλαπλασιασμοῦ.

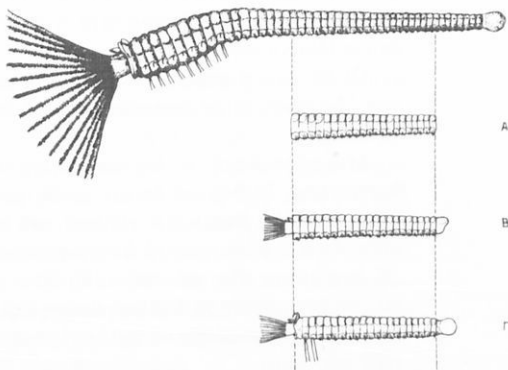
- **μὲ σπόρια.** Πολλὰ φυτὰ, μύκητες καὶ μικροοργανισμοὶ παράγουν σπόρια. Κάθε σπόριο ἂν βρεθεῖ σὲ κατάλληλες συνθήκες μπορεῖ νά βλαστήσει.
- **μὲ ἓνα τμῆμα τοῦ ὄργανισμοῦ πού ἀποχωρίζεται.** Στὰ ἀνώτερα φυτὰ, τὰ

Εικόνα 46: Ή ύδρα. Δυό μικρές ύδρες γεννιούνται με αποβλάστηση (άριστερά), ή μία (πρός τα πάνω) είναι ακόμη μία στρογγυλεμένη προεξοχή, ή δεύτερη έχει πάρει τη μορφή τής ύδρας.

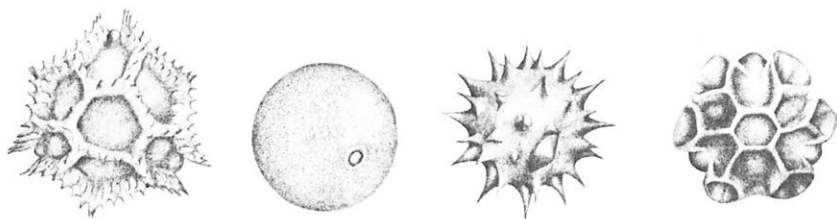


μοσχεύματα είναι παράδειγμα τέτοιου τρόπου πολλαπλασιασμού. "Αν κόψουμε ένα φύλλο πεγκόνιας ή ένα μέρος κονδύλου πατάτας, πού νά φέρνει άπάνω του ένα μάτι, και τά φυτέψουμε, μπορεί νά βλαστήσουν και νά δώσουν όλόκληρα φυτά. Ή σκώληκας (πλατυέλμινθας) *Planaria* μπορεί νά κοπεί σέ δεκάδα μικρά κομμάτια και άπό τό καθένα νά σχηματιστεί ένα νέο άτομο.

● **μέ αποβλάστηση.** Σέ ορισμένα ζώα και φυτά άπό τόν οργανισμό τού γονιού φυτρώνει ένα τμήμα πού άργότερα άποχωρίζεται. Αυτό συμβαίνει στους Σπόγγους, στά Κοιλεντερωτά (ύδρα), στίς άγριοφράουλες κ.ά. Ή



Εικόνα 47: Ή άναγέννηση σ' ένα θαλάσσιο σκώληκα. "Αν κόψουμε τίς δυό άκρες του, τό μεσαίο τμήμα μπορεί νά φτιάξει καινούρια κεφαλή (άριστερά) και ούρά (δεξιά).



Εικόνα 48: Κόκκοι γύρης από διάφορα είδη φυτών. Η διαφορετική μορφή των κόκκων της γύρης κάθε είδους, επιτρέπει σ' ένα έμπειρο μελετητή να αναγνωρίσει το είδος του φυτού από όπου προήλθε.

πολλαπλασιασμός των ζυμομυκήτων θυμίζει πολύ αποβλάστηση.

Τό φαινόμενο της **αναγέννησης** παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τόν άγενή **πολλαπλασιασμό**. Μερικοί οργανισμοί έχουν τήν ικανότητα να αντικαθιστούν (αναγεννώντας το) ένα κομμάτι του σώματός τους πού θά κοπεί. Αυτό συμβαίνει με τούς βραχιόνες του θαλασσινού άστερία ή τούς τρίτωνες των ποταμίστων υδάτων πού μπορούν ν' αναγεννούν τήν ουρά τους.

Στόν **έγγενή **πολλαπλασιασμό**** ό νέος οργανισμός προέρχεται από τήν ένωση δυό ειδικών κυττάρων, τών **γαμετών**, πού τόν ένα ονομάζουμε άρσενικό καί τόν άλλο θηλυκό. Κατά τή γονιμοποίηση οί δυό γαμέτες σχηματίζουν τό πρώτο κύτταρο του νέου οργανισμού, τό **ζυγωτό κύτταρο**, από τό οποιο με άλλεπάλληλες διαιρέσεις προέρχεται ό οργανισμός στό σύνολό του. Οί άρσενικοί (♂♂) καί θηλυκοί (♀♀) γαμέτες μπορεί να παράγονται από τό ίδιο άτομο (**έρμαφρόδιτα** ή **μόνοικα είδη**) ή από δυό διαφορετικά άτομα (**δίοικα είδη**).

Οί άρσενικοί γαμέτες στά άνώτερα φυτά είναι **οί κόκκοι της γύρης** ενώ στά ζώα είναι **τά σπερματοζώαρια**. Οί θηλυκοί γαμέτες ονομάζονται πάντοτε **ώαρια**.

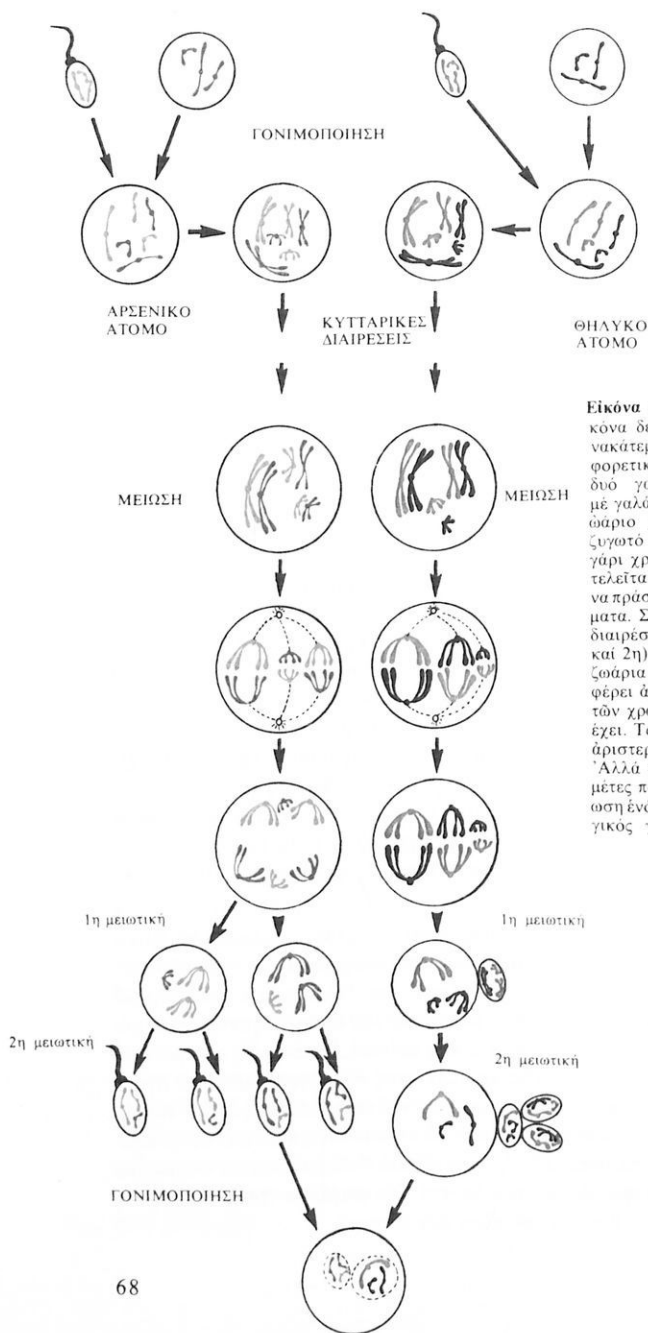
Μιά παραλλαγή του φυλετικού (έγγενή) **πολλαπλασιασμού** είναι ή **παρθενογένεση**. Τό θηλυκό άτομο, χωρίς γονιμοποίηση, μπορεί να δώσει γέννηση σε άλλα άτομα. Οί γαμέτες του θηλυκού αυτού ατόμου, **τά ώαρια**, μπορούν από μόνα τους να αναπτυχθούν, όπως ακριβώς **τά ζυγωτά κύτταρα**. Η βασίλισσα των μελισσών (♀) δίνει με παρθενογένεση κηφήνες (♂♂) καί με γονιμοποίηση θηλυκά άτομα δηλαδή βασίλισσες ή εργάτριες. (Οί εργάτριες δέν μπορούν να **πολλαπλασιαστούν** γιατί έχουν άτροφικό γεννητικό σύστημα).

3.3 Τό σωματικό καί τό γεννητικό πλάσμα

Σύμφωνα μέ τίς απόψεις τοῦ αὐστριακοῦ βιολόγου Αὐγούστου Βάισμαν (Α. Weismann 1834-1914), οἱ γαμέτες καί τά κύτταρα πού θά δώσουν γαμέτες ἀνήκουν σέ μιά κατηγορία κυττάρων πού ὀνόμασε **γεννητικό πλάσμα**. Ἀντίθετα ὅλα τά ἄλλα κύτταρα τῶν ἰστών τοῦ ὄργανισμοῦ ἀνήκουν στό **σωματικό πλάσμα**. Τό σωματικό πλάσμα φαίνεται νά μὴν ἐπηρεάζει τό γεννητικό: ὄχι πὼς τά χωρίζει στεγανά κανένα χώρισμα ἀλλά ὁποιαδήποτε ἀλλοίωση τῶν κυττάρων τοῦ σωματικοῦ πλάσματος, κατά τὸν Weismann πάντοτε, δέν «μεταδίδεται» στοὺς γαμέτες.

Τά διάφορα κύτταρα τοῦ ὄργανισμοῦ πού θά ἀποτελέσουν τό **σωματικό πλάσμα, διαφοροποιούνται**, 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 τελική του κατάληξη εἶναι ὁ θάνατος. Ἀντίθετα οἱ γαμέτες (τό γεννητικό πλάσμα) εἶναι ἀδιαφοροποίητοι ἀλλά μέ μεγάλες δυνατότητες: μπορεῖ δηλαδή οἱ «κυτταρικοὶ ἀπόγονοί τους» νά γίνουν διάφορα εἶδη ἰστών. Ἀκόμη εἶναι, δυναμικά, ἀθάνατοι. Σέ ὀρισμένα ζῶα πολὺ νωρίς, στίς πρῶτες διαιρέσεις τοῦ ζυγωτοῦ, ξεχωρίζουν τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος, αὐτοῦ πού θά δώσει γαμέτες. Αὐτὸ συμβαίνει σ' ἓνα καβούρι, στήν ἀσκαρίδα (τό παράσιτο σκουλήκι), στὰ ἔντομα κ.ἄ. Τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι δυναμικά ἀθάνατα, γιατί μπορεῖ νά θεωρηθοῦν πὼς δέν πεθαίνουν, ὅπως τά σωματικά κύτταρα. Τά κύτταρα τοῦ σωματικοῦ πλάσματος θά πεθαίνουν ἄργά ἢ γρήγορα καί πάντως ὅλα τους μέ τό θάνατο τοῦ πολυκύτταρου ὄργανισμοῦ. Ἀντίθετα τά κύτταρα τοῦ γεννητικοῦ πλάσματος εἶναι ἀθάνατα ἀφοῦ οἱ ὄργανισμοὶ πού προέρχονται ἀπὸ αὐτά παράγουν νέους γαμέτες πού μέ 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. Αὐτὲς ἦταν οἱ απόψεις τοῦ Weismann πού ἔχουν μεγάλη δόση ἀλήθειας, ὅπως θά δοῦμε μιλώντας γιὰ τὰ ἐπίκτητα χαρακτηριστικά (σὴν παράγραφο 3.8). Ἀλλά εἶναι καί λίγο ἀκράτες γιατί μερικές φορές, κατά τό φαινόμενο λ.χ. τῆς ἀναγέννησης στὰ ζῶα ἢ κατά τὸν ἀγενή πολλαπλασιασμό στὰ φυτά, διαφοροποιημένα κύτταρα μπορεῖ νά ἀποδιφοροποιηθοῦν καί ν' ἀποκτήσουν τὴν ἰδιότητα τῶν γαμετῶν, ἀφοῦ μποροῦν νά δώσουν γέννηση σέ τμῆμα ὄργανισμοῦ ἢ ἀκόμα καί σέ δόλοκληρο νέο ὄργανισμὸ. Νά ἀυξηθοῦν δηλαδή καί νά φτιάξουν τοὺς διαφορὸς ἱστούς καί τὰ διάφορα ὄργανα τοῦ νέου ὄργανισμοῦ.

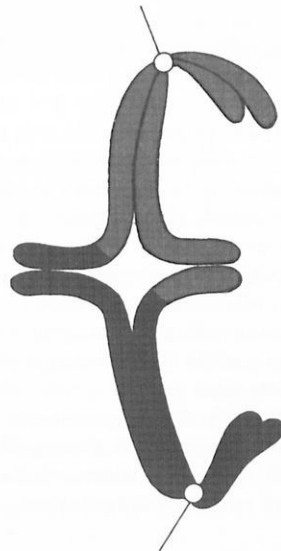


Εικόνα 49: Η μείωση. Η εικόνα δείχνει πώς γίνεται το άνακατέμα χρωματοσωμάτων διαφορετικής προέλευσης. Έτσι δύο γαμέτες, σπέρματοζώαριο με γαλάζια χρωματοσώματα, και ωάριο με πράσινα, δίνουν ένα ζυγωτό κύτταρο που κάθε ζευγάρι χρωματοσωμάτων του αποτελείται από ένα γαλάζιο κι ένα πράσινο ομόλογα χρωματοσώματα.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

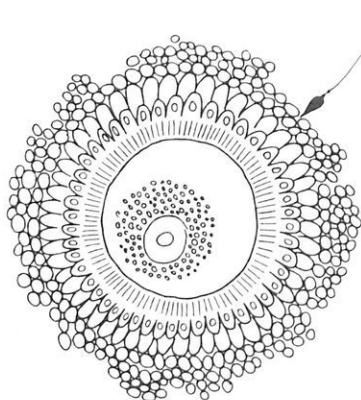
3.4 Ἡ μείωση καὶ ἡ γονιμοποίηση

Στους οργανισμούς που ἔχουν δύο φύλα, τὰ καινούργια ἄτομα προέρχονται ἀπὸ τὴν ἔνωση δύο γαμετῶν, ἑνὸς που ἀνήκει στὸ ἄρσενικό φύλο καὶ ἑνὸς που ἀνήκει στὸ θηλυκό. Ἡ ἔνωση τῶν δύο γαμετῶν καὶ τῶν πυρήνων τους λέγεται γονιμοποίηση. Ἀπὸ τὴν ἔνωση αὐτὴ σχηματίζεται, ὅπως εἶπαμε, τὸ ζυγωτὸ κύτταρο, δηλαδή τὸ πρῶτο κύτταρο τοῦ νέου οργανισμού. Ἀπὸ τὸν πολλαπλασιασμό τοῦ κυττάρου αὐτοῦ προκύπτει ὄλος ὁ πολυκύτταρος ὀργανισμός. Εἶναι φανερό πὼς ὁ πυρήνας τοῦ ζυγωτοῦ κυττάρου περιέχει τὰ χρωματοσώματα τῶν πυρήνων καὶ τῶν δύο γαμετῶν. Ἄν οἱ γαμέτες ὁμοῦ περιεῖχαν τὸν κανονικὸ ἀριθμὸ σέ χρωματοσώματα, λ.χ. στὸν ἄνθρωπο 46, τότε στὸ ζυγωτὸ κύτταρο τὰ χρωματοσώματα θὰ ἦταν διπλάσια σέ ἀριθμὸ, δηλαδή στὸν ἄνθρωπο 92. Ἔτσι σέ κάθε γενιά θὰ διπλασιαζόταν ὁ ἀριθμὸς τῶν χρωματοσωμάτων καὶ δὲ θὰ εἶχαμε τὴ σταθερότητα που παρατηρεῖται στὸν ἀριθμὸ τους σέ ὅλα τὰ ἄτομα τοῦ ἴδιου εἴδους. Αὐτὸ ὁμοῦ δὲ συμβαίνει, γιατί ὑπάρχει ἕνας μηχανισμὸς ἐξισορροπιστικός, που διατηρεῖ δηλαδή σταθερὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν χρωματοσωμάτων: **ἡ μείωση.**

Ἡ μείωση ἐλαττώνει στὸ μισὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν χρωματοσωμάτων τοῦ εἴδους στοὺς γαμέτες. Ὁ μηχανισμὸς μὲ τὸν ὁποῖο γίνεται ἡ μείωση, εἶναι στὸ σύνολό του ἐξαιρετικὰ πολὺπλοκος, γι' αὐτὸ θὰ ἀναφέρουμε μόνο τὴν ἀρχή, στὴν ὁποία στηρίζεται.



Εἰκόνα 50: Τὸ χίασμα. Μεταξὺ τμημάτων ἑνὸς ζευγαριοῦ χρωματοσωμάτων γίνεται ἀνταλλαγὴ ὕλικου διαφορετικῆς προέλευσης. Ἔτσι δημιουργοῦνται ἐκτός ἀπὸ τὴν ὁλόμαυρη καὶ τὴν ὁλοκόκκινη χρωματίδα (τὴν πατρική καὶ τὴ μητρική) καὶ δύο μεικτές, μὴ μαύρο-κόκκινη καὶ μὴ κόκκινο-μαύρη.



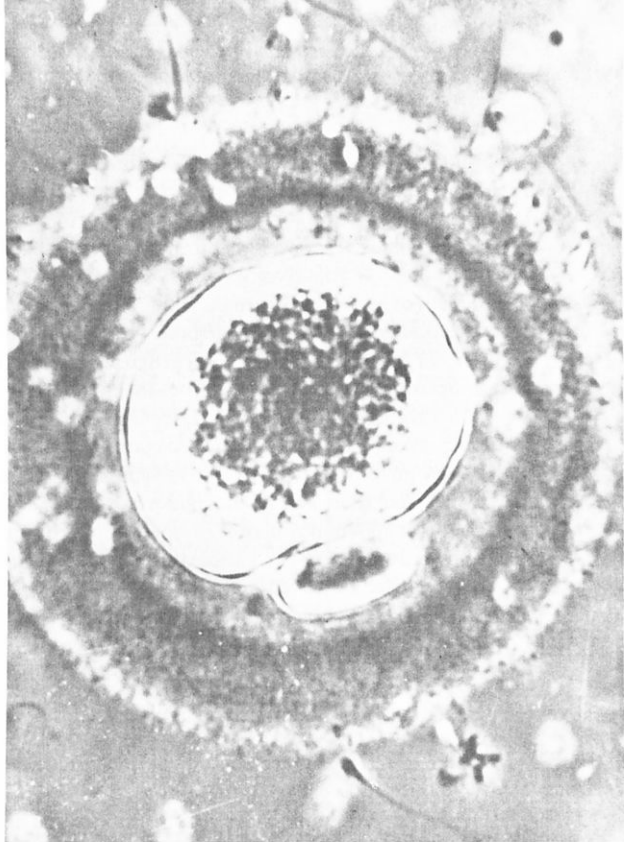
Εικόνα 51: Ἡ γονιμοποίηση στὸν ἄνθρωπο σχηματικά. Τὸ σπερματοζώαριο προσπαθεῖ νὰ εἰσχωρήσει στὸ ὄωριο.

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

Ἐτσι στὸν ἄνθρωπο τὰ 46 τοῦ χρωματοσώματα διαιροῦνται μιά μόνο φορά καί 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 πὼς οἱ γαμέτες εἶναι **ἀπλοειδεῖς** (ἔχουν τὸ μισὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων, δηλαδή N χρωματοσώματα), ἐνῶ τὰ σωματικά κύτταρα εἶναι **διπλοειδή** (ἔχουν ὀλόκληρο τὸν ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων τοῦ εἴδους, δηλαδή $2N$ χρωματοσώματα).

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

Εικόνα 52: Ἡ γονιμοποίηση στον ἄνθρωπο σὲ φωτογραφία παρμένη μὲ τὸ μικροσκόπιο. Σπέρματοζώαρια περικυκλώνουν τὸ ὄωριο χωρὶς ἄκομα νὰ ἔχουν εἰσχωρήσει.



Ἡ μείωση λοιπὸν ἐπιτρέπει τὴ διατήρηση τῆς σταθερότητας τοῦ ἀριθμοῦ τῶν χρωματοσωμάτων καὶ τοῦ εἴδους τους ἀπὸ γενιὰ σὲ γενιὰ. Μὲ τὴ μείωση ὁμως πραγματοποιεῖται καὶ κάτι ἄλλο, ἓνα ἀνακάτεμα τῶν χρωματοσωμάτων. Καὶ νὰ γιατί:

Κατὰ τὴ γονιμοποίηση ὁ ἀρσενικός γαμέτης ἐνώνεται, ὅπως εἶπαμε, μὲ τὸ θηλυκὸ. Τὸ ζυγωτὸ κύτταρο, ποῦ προέρχεται ἀπὸ τὴ γονιμοποίηση, ἔχει τὸν κανονικὸ ἀριθμὸ χρωματοσωμάτων: τὰ μισὰ χρωματοσώματα προέρχονται ἀπὸ τὸν ἀρσενικὸ γαμέτη καὶ τὰ ἄλλα μισὰ ἀπὸ τὸ θηλυκὸ. Κι ἐπειδὴ ὅλα τὰ κύτταρα τοῦ νέου ὄργανισμοῦ προέρχονται μὲ διαδοχικὲς μιτωτικὲς διαιρέσεις ἀπὸ τὸ ζυγωτὸ κύτταρο, εἶναι φανερὸ πὼς ὅλα τὰ κύτταρα τοῦ ὄργανισμοῦ ἔχουν τὰ ἴδια χρωματοσώματα. Κάθε ζευγάρι ὁμόλογων χρωματοσωμάτων σὲ κάθε κύτταρο ἀποτελεῖται λοιπὸν ἀπὸ ἓνα χρωματοσῶμα ποῦ προήλθε ἀπὸ τὸν ἀρσενικὸ γαμέτη (σὲ τελικὴ ἀνάλυση ἀπὸ

τόν πατέρα) και ένα που προήλθε από τό θηλυκό γαμέτη (σέ τελική ανά-
λυση από τή μητέρα). Όταν ό νέος αυτός οργανισμός κάμει γαμέτες, όταν
δηλαδή όρισμένα κύτταρα του ύποστούν τή μείωση, τότε θά φτιάξει γαμέ-
τες που καθένας τους θά περιέχει από ένα χρωματόσωμα από κάθε ζευγάρι:
αυτό όμως δέ σημαίνει πώς σ' ένα γαμέτη του όλα τά χρωματόσωματα θά
προέρχονται από τόν πατέρα του ή όλα από τή μητέρα του. Τό πιο συνηθι-
σμένο είναι άλλα νά 'ναι πατρικά κι άλλα μητρικά, δηλαδή στους γαμέτες
του νά πραγματοποιηθεῖ ένα ανάκατεμα χρωματοσωμάτων διαφορετικῆς
προελεύσεως. Πολλές φορές, μάλιστα, κατά τή μείωση, μ' ένα μηχανισμό
που λέγεται **χίασμα** και που επιτρέπει τήν αμοιβαία ανταλλαγή τμημάτων
τους μεταξύ δυό όμόλογων χρωματοσωμάτων, τό ανάκατεμα αυτό δέν
άφορα μόνο όλόκληρα χρωματόσωματα αλλά και κομμάτια τους. Αυτό τό
ανάκατεμα είναι ένα πολύ σημαντικό άποτέλεσμα τῆς μείωσης: θά δοῦμε
πώς ή κληρονομική οὐσία, οί γόνοι, βρίσκονται στά χρωματόσωματα και
τό ανάκατεμα αυτό τῆς κληρονομικῆς οὐσίας **επιτρέπει τή δημιουργία νέων
συνδυασμῶν κληρονομικῶν ιδιοτήτων.**

3.5 Ἡ ἱστορία τῶν γεννητικῶν κυττάρων

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

ζωάρια. Οί μεταβολές αυτές συνίστανται κυρίως στο χάσιμο του μεγαλύτερου μέρους του κυτταροπλάσματος και στη δημιουργία της ούρας. Το σπερματοζωάριο αποτελείται από την **κεφαλή** του, που περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου, το **ένδιάμεσο σώμα**, που περιέχει κυτταρόπλασμα, μιτοχόνδρια και τά ύπολειμματα του κεντροσώματος, και από το **μαστίγιου-ούρά** του.

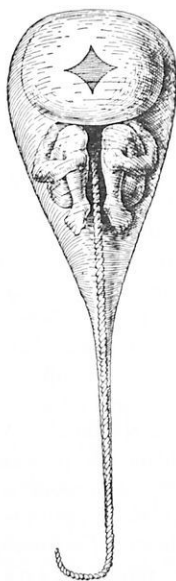
Οί ωογονίες έχουν μιά κάπως διαφορετική εξέλιξη: αυξάνονται πολύ σέ μέγεθος για νά μεταμορφωθούν σέ **ώοκύτταρα 1ης τάξεως**. Ή αύξηση όφείλεται στη δημιουργία και αποθήκευση τροφών για τό έμβρυο (λεκίθου) και έξακολουθεί πολύ έντονότερη μέχρι τό στάδιο της πρώτης διαιρέσεως της μείωσεως (**ώοκύτταρο 2ης τάξεως**). Αυτή και ή επόμενη διαίρεση, όπως είπαμε, είναι άνισες. Κάθε φορά αποβάλλεται ένα μικρό κύτταρο (**πολικό σώμα**) και κρατιέται ή κύρια μάζα του άρχικού κυττάρου σ' ένα μόνο κύτταρο που μετά τή δεύτερη διαίρεση είναι τό **ώάριο**. Οί αποθηκευμένες τροφές άρκουν για τήν ανάπτυξη ενός μόνο εμβρύου: αυτός είναι ο λόγος των δυό άνισων διαιρέσεων στη μείωση των θηλυκών γενετήσιων κυττάρων.

"Όπως μάθαμε στην Ήνθρωπολογία υπάρχει ένας κύκλος, συνήθως 28 ήμερών στη γυναίκα που ρυθμίζεται από τήν έκκριση δυό διαφορετικών ειδών όρμονών: των **οιστρογόνων** (μέ κύριο άντιπρόσωπο τήν οιστραδιόλη) και της **προγεστερόνης**.

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

3.6 Προσχηματισμός και ἐπιγένεση

Ένα πυκνό μυστήριο ἐκάλυπτε τὸ μηχανισμό τῆς δημιουργίας τοῦ νέου ἀτόμου ἀπὸ τὸ ζυγωτὸ κύτταρο πού προέρχεται ἀπὸ τὴ γονιμοποίηση. Πῶς εἶναι δυνατό, ἀναρωτιόντουσαν, ἀπὸ τὸ κύτταρο τοῦτο, πού φαίνεται ὁμοιο μ' ὁποῖδήποτε ἄλλο κύτταρο, νὰ δημιουργοῦνται τὰ διάφορα ὄργανα καὶ οἱ διάφοροι ἴστοι τοῦ ὄργανισμοῦ; Πῶς εἶναι δυνατό, χωρὶς νὰ ὑπάρχει ἀπὸ τὰ πρὶν κάτι καλὰ καθορισμένο στὸ ζυγωτὸ κύτταρο (ἢ στοὺς γαμέτες πού ἐνώθηκαν γιὰ νὰ τὸ φτιάξουν), νὰ ἀναπτύσσεται ἓνα ἄτομο ὁμοιο μὲ ὅλα τὰ ἄτομα τοῦ εἴδους του, μὲ ἴδια κατασκευὴ, σάν νὰ ἀποτελεῖ ἐπανάληψη τοῦ ἴδιου σχεδίου; Στὸν ἄνθρωπο λ.χ. νὰ βρίσκουμε σὲ κάθε ἄτομο τὸν ἴδιο ἀριθμὸ δοντιῶν, τὸν ἴδιο ἀριθμὸ δαχτύλων ἐνῶ στὸν ἄσπερια 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 παλιοὶ βιολόγοι πῶς τὸ εἶδαν στοὺς ἀνθρώπινους γαμέτες μὲ τὰ πρωτόγονα μικροσκοπία τους. Ἦταν μὴ μικρογραφία ἀνθρώπου, τὸ ἀνθρωπάκι (hommunculus), πού βρισκόταν στὸ κεφάλι τοῦ ἀνθρώπινου σπερματοζωαρίου.



Εἰκόνα 53: Τὸ ἀνθρωπάκι στὸ κεφάλι τοῦ σπερματοζωαρίου, ὅπως τὸ ζωγράφησαν παλιοὶ βιολόγοι.

Γι' αὐτοὺς τοὺς παρατηρητές ἡ ἀνάπτυξη δὲν ἦταν τίποτα ἄλλο παρά τὸ ὅτι τὸ ἀνθρωπάκι αὐτὸ μεγάλωνε κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐμβρυϊκῆς ἀναπτύξεως, ἓνα μὲγάλωμα πού ἔμοιαζε μὲ τὸ φούσκωμα ἑνὸς μπαλλοῦνιου: 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. Ἄλλωστε μὴ τέτοια ἐξήγηση καταλήγει καὶ σὲ δυσκολίες πού δὲ φαίνονται ἴσως ἀπ' τὴν ἀρχῆ. 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 πού ἀνοίγει κανεὶς μὴ κούφια ξύλινη κούκλα καὶ βρίσκει μέσα της μὴ ἄλλη ξύλινη κούκλα πού τὴν ἀνοίγει καὶ βρίσκει μὴ τρίτη. Τὰ πῖο πολὺπλοκα τέτοια παιχνίδια δὲν ξεπερνοῦν τίς δώδεκα κούκλες. Ἐδῶ ὁμως θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπάρχει ἀπειρία ἀπὸ ἀνθρωπάκια τὸ ἓνα μέσα στοὺς γαμέτες τοῦ ἄλλου, τόσα πολλὰ ὅσες ὅλες οἱ γενιές ἀνθρώπων πού πρόκειται νὰ ὑπάρξουν.



Εικόνα 54: Το παιχνίδι με τις ρώσικες κούκλες. Δείχνονται στη σειρά έξι κούκλες που το μέγεθός τους μειώνεται τμηματικά από την πρώτη ως την έκτη. Καθεμιά τους είναι κούφια κι έτσι μπορούν να μπουν ή μία μές στην άλλη. Τότε, όταν ανοίχτεί η πρώτη φανερώνει μέσα της τη δεύτερη, κι όταν ανοίχτεί κι η δεύτερη φανερώνει μέσα της την τρίτη, κ.ο.κ. μέχρι που να φανεί ή μικρότερη, ή έκτη.

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

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

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

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

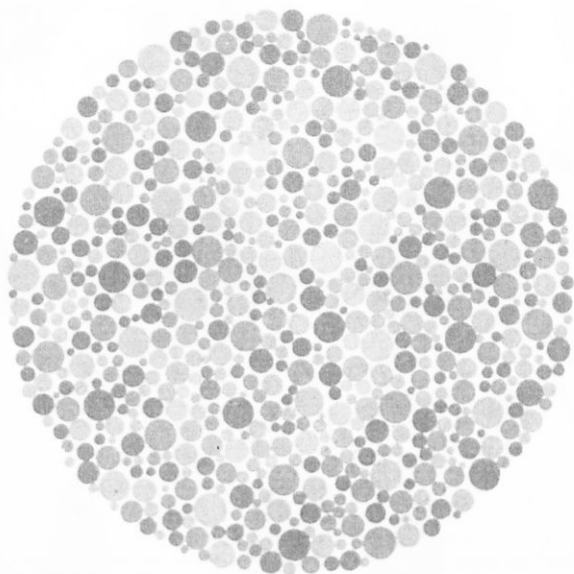
ται κι έτσι δέν χρειάζονται νά κλείνουν μέσα τους κι άλλα μικρότερά τους προσχηματισμένα πρότυπα, σάν τίς ρωσικές κούκλες.

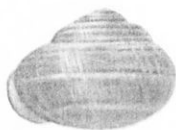
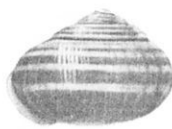
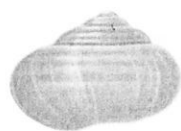
3.7 Ποικιλομορφία στους πληθυσμούς καί κληρονομικότητα

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

Τό ἴδιο συμβαίνει γιά τούς περισσότερους πληθυσμούς τῶν ζῶων καί τῶν φυτῶν. Ἡ φαινομενική ὁμοιομορφία τους συνήθως ὀφείλεται στό ὅτι δέν ἔχουν ἀρκετά ξεεταστεῖ 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 ἕνα κληρονομικό χαρακτηριστικό. Οἱ γυναῖκες μέ δαλτωνισμό εἶναι πολύ σπάνιες.





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



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



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

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

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

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

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

3.8 Ποιές ιδιότητες κληρονομούνται; Κληρονομούνται οἱ ἐπίκτητες ιδιότητες;

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

κτηριστικά δέν κληρονομούνται. Ύπάρχουν όρισμένα χαρακτηριστικά ή ιδιομορφίες τίς όποιες άποκτά ένα άτομο κατά τί διάρκεια τίς ζωής του και πού δέν τίς έχει κληρονομήσει άπό τούς γονείς του. Όταν κλείσει ένα τραύμα σχηματίζεται μία ούλή. Τέτοιες ούλές δέν κληρονομούνται άπό τούς γονείς, ούτε κληρονομούνται στους άπογόνους. Πρόκειται γιά μία κατηγορία ιδιοτήτων πού όνομάζονται **έπίκτητες ιδιότητες**.

Όταν ένας άθλητής άσκηθεί πολύ στό τρέξιμο ή στην πεζοπορία, οί μύς τών ποδιών του άναπτύσσονται πío πολύ. Ένα όργανο άναπτύσσεται μέ τίη άσκηση του. Ό άθλητής άναπτύσσει μεγαλύτερο μυϊκό σύστημα.

Ό καρδιοπαθής άναπτύσσει πολλές φορές ύπερτροφία τίς καρδιάς γιά νά μπορεί ή έλαττωματική του καρδιά νά άντεπεξέρχεται στίς άνάγκες του όργανισμού του. Ό όδηγός αυτοκινήτου άποκτά μέ τίη εξάσκηση του μεγαλύτερη πείρα και ίκανότητα όδηγήσεως.

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

Έτσι άλλωστε εξήγούσε και τίη εξέλιξη: θεωρούσε ότι ό μηχανισμός τίς εξέλιξεως στηρίζεται στην κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων. Σήμερα όνομάζουμε άντιλήψεις παρόμοιες μέ του Λαμάρκ **λαμαρκισμό**.

Και ό Ντάρβιν πίστευε στην κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων. Ύποστήριξε κι αυτός ότι ύπάρχει όργανική εξέλιξη, νόμισε όμως ότι ένας διαφορετικός μηχανισμός εξηγεί γιατί και πώς πραγματοποιείται. Συγχρόνως όμως δέν παράλειπε νά έκδηλώνει τίη πίστη του στην κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων, (άλλωστε ή θεωρία του τίς παγγένεσης πρότεινε κι ένα μηχανισμό κληρονομικότητας τών επίκτητων ιδιοτήτων). Ύπήρχε λοιπόν γιά τίη κληρονομικότητα τών επίκτητων ιδιοτήτων μία γενική παραδοχή. Η έπιστήμη όμως δέ βασίζεται σέ γενικές παραδοχές, όταν δέν άποδεικνύονται πειραματικά. Μέ πειράματα δηλαδή καταβάλλεται προσπάθεια νά άποδειχτεί ή νά διαψευστεί κάθε ύπόθεση, κάθε θεωρία. Ό αυστριακός βιολόγος Βάϊσμαν πειραματίστηκε μέ ποντικούς γιά νά δει κατά πόσο κληρονομούνται οί επίκτητες ιδιότητες. Τούς έκοβε τίς ουρές και μετά τούς διασταύρωνε. Στα τέκνα τους έκανε άκριβώς τό ίδιο πράγμα. Κατά τί διάρκεια 22 γενιών ποτέ δέν παρατήρησε μείωση του μήκους τίς ουράς σέ ποντικό. Συμπέρανε λοιπόν ότι οί επίκτητες ιδιότητες δέν κληρονομούνται.

Άπό τίη έποχή του Weismann μέχρι τώρα γίνηκαν πολλά παρόμοια

πειράματα: σέ κανένα δέν ἀποδείχτηκε ὅτι οἱ ἐπικτητες ιδιότητες κληρονομοῦνται.

Εἶναι ἐπίσης γνωστό ὅτι σέ πολλοὺς λαοὺς γίνεται ἡ περιτομή ἐπὶ γενιῆς γενιῶν. Ποτέ ὁμως δέν παρατηρήθηκε νά γεννηθοῦν ἄτομα πού νά μὴ χρειάζεται νά ὑποστοῦν περιτομή. Τὸ ἴδιο ἰσχύει γιὰ τὸν παρθενικό ὕμνα τῶν γυναικῶν, γιὰ διάφορες παραμορφώσεις πού ἄτομα ἡμιάρτων λαῶν δημιουργοῦν στὸ πρόσωπό τους ἀπὸ νεαρή ἡλικία, ἐκρίζωνοντας δόντια, ἢ τρυπώντας τὴ μύτη τους ἢ τὰ αὐτιά τους, ἢ τέλος παραμορφώνοντας τὰ χεῖλη τους. Τὰ ἐπικτήτα αὐτὰ χαρακτηριστικά δέν κληρονομήθηκαν.

3.9 Πῶς κληρονομοῦνται τὰ διάφορα χαρακτηριστικά

Τὸ δειλινό ἢ νυχτολούλουδο (τοῦ ὁποίου τὸ ἐπιστημονικὸ ὄνομα εἶναι *Mirabilis jalapa*) μπορεῖ νά ἔχει ἄνθη ἢ κόκκινα ἢ λευκά. Ὅταν αὐτογονιμοποιηθοῦν ἢ ὅταν γονιμοποιηθοῦν μεταξύ τους δύο φυτὰ μέ κόκκινα ἄνθη, δίνουν πάντα ἀπογόνους μέ κόκκινα ἄνθη. Τὰ φυτὰ παλι πού ἔχουν λευκά ἄνθη κληρονομοῦν στοὺς ἀπογόνους τους τὸ λευκὸ χρῶμα τῶν λουλουδιῶν τους.

Τὸ χρῶμα λοιπὸν τοῦ ἄνθους ἀποτελεῖ ἓνα κληρονομικὸ χαρακτηριστικό. Ἄν διασταυρώσουμε ἓνα φυτὸ μέ κόκκινα ἄνθη μ' ἓνα φυτὸ μέ λευκά ἄνθη, δηλαδή ἂν πάρουμε γύρη ἀπὸ τὸ πρῶτο φυτὸ καὶ ἐπικονιάσουμε τὸ στίγμα τοῦ στύλου τοῦ δευτέρου φυτοῦ ἢ καὶ τὸ ἀντίστροφο, θά πάρουμε φυτὰ πού θά ἀνήκουν στὴν **πρῶτη θυγατρικὴ γενιά** (σύμβολο F_1). Τὰ δύο ἄτομα πού διασταυρώνονται ἀποτελοῦν τὴν **πατρικὴ γενιά** (σύμβολο P).

Μιά τέτοια διασταύρωση ὀνομάζεται **ὕβριδισμός** καὶ τὰ φυτὰ τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς μποροῦν νά ὀνομαστοῦν **ὕβριδια** ἢ **νόθα**.

Ὅλα τὰ φυτὰ τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς ἔχουν ἄνθη μέ χρῶμα ρόδινο. Τί μποροῦμε νά υποθέσουμε; Ὅτι ἡ κληρονομικὴ οὐσία (τὸ γεννητικὸ πλάσμα) τῶν φυτῶν πού ἔχουν λευκά ἄνθη ἀναμειχτηκε μέ τὴν κληρονομικὴ οὐσία τῶν φυτῶν μέ κόκκινα ἄνθη καὶ ὅτι γενικά ἡ κληρονομικὴ οὐσία συμπεριφέρθηκε σάν ὑγρὸ πού ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀναμειξεως τῶν ὑγρῶν: Πραγματικά, ἂν πάρω ἓνα διάλυμα μέ κόκκινο χρῶμα κι ἓνα ἄλλο μέ λευκὸ καὶ τὰ ἀναμειξῶ, μπορεῖ νά πάρω ἓνα νέο διάλυμα τοῦ ὁποίου τὸ χρῶμα νά εἶναι ἐνδιάμεσο: δέν εἶναι οὔτε λευκὸ, οὔτε ἔντονα κόκκινο, ἀλλὰ ρόδινο. Συμπεριφέρθηκε ἄραγε ἔτσι κι ἡ κληρονομικὴ οὐσία;

Ἄς κάνουμε ἓνα δεύτερο πείραμα γιὰ νά ἐπαληθεύσουμε ἢ νά διαψεύσουμε τὴν πρώτη μας αὐτὴ ὑπόθεση. Ἄς διασταυρώσουμε τὰ φυτὰ τῆς πρώτης θυγατρικῆς γενιᾶς μέ ἓναν ἀπὸ τοὺς γονεῖς τους π.χ. αὐτὸν πού ἔχει λευκά ἄνθη.

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

δρομη διασταύρωση. "Αν ή κληρονομική ουσία συμπεριφέρεται σάν ύγρό πού άκολουθεί τούς νόμους τής άναμειξέως τών ύγρών θά περιμένουμε νά πάρομε άπό αύτή τή διασταύρωση φυτά πού όλα θά έχουν λουλούδια μέ χρώμα ένδιάμεσο μεταξύ τού ρόδινου τού ένός γονέα και τού λευκού τού άλλου. "Όμως τούτο δέν είναι και τό πειραματικό μας άποτέλεσμα. Τά μισά φυτά πού θά προκύψουν θά 'χουν λευκά άνθη και τά άλλα μισά ρόδινα.

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

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

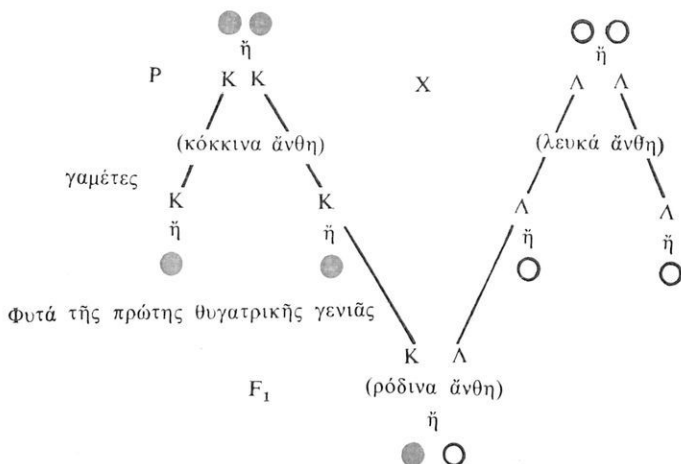
Δηλαδή κάθε φυτό έχει δύο μονάδες άπό τίς όποιες ή μιá προέρχεται άπό τόν πατέρα του κι ή άλλη άπό τήν μητέρα του. "Όταν πρόκειται κι αυτό νά δώσει γαμέτες θά περάσει μιá μόνο μονάδα σέ κάθε γαμέτη του, γι' αυτό κι οι μισοί γαμέτες τών φυτών μέ ρόδινα άνθη θά έχουν τή λευκή μονάδα, ένθ οι άλλοι μισοί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

Πρόκειται για τό φαινόμενο τής **διάσχισης τής κληρονομικής ουσίας:** τά ρόδινα φυτά δίνουν γαμέτες πού έχουν άνεπηρέαστες και άναλλοιώτες τίς μονάδες τους στην κατάσταση άκριβώς πού βρισκονταν μέσ στους πατρικούς γαμέτες, όταν έγινε ή γονιμοποίηση και σχηματίστηκε τό ζυγωτό κύτταρο τού 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 πού περιγράψαμε μπορούν νά παρασταθούν έτσι:

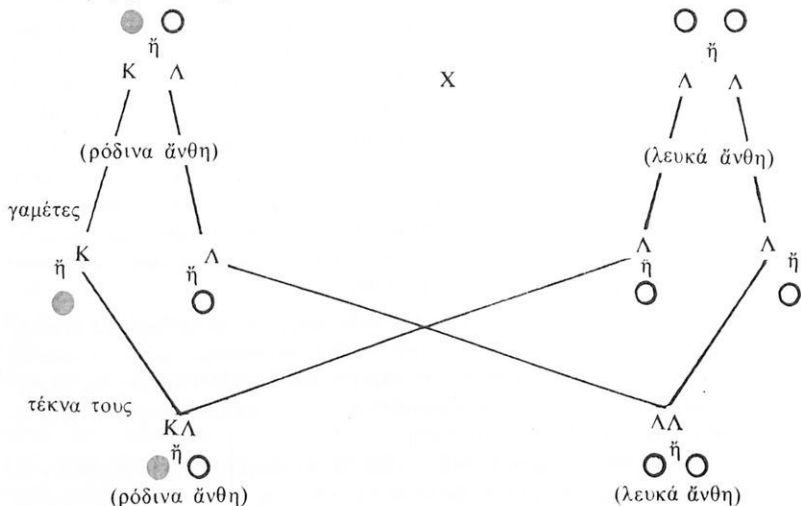
1η διασταύρωση

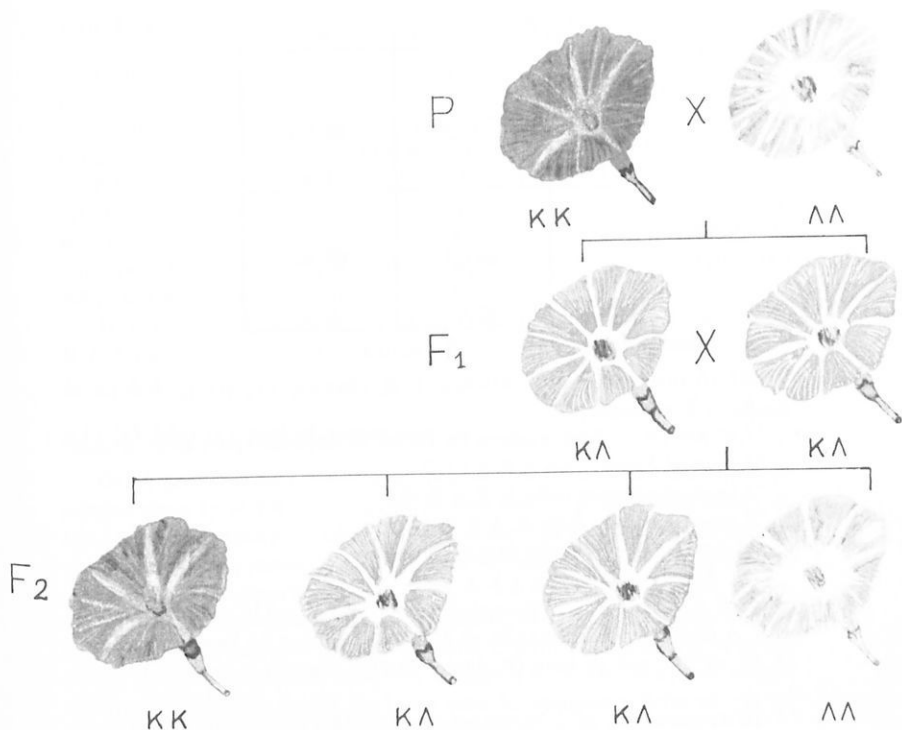
Φυτά της Πατρικής γενιάς μεταξύ τους.



2η διασταύρωση

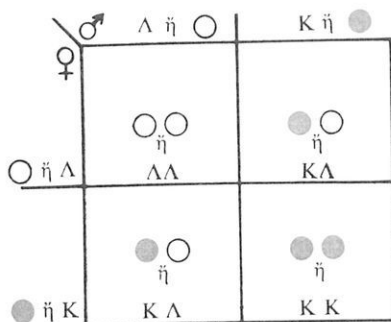
Ή Ανάδρομη διασταύρωση





Εικόνα 59: Οι 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 με ρόδινα άνθη. Από αυτή τη διασταύρωση θά πάρουμε φυτά που θά ανήκουν στη **δεύτερη θυγατρική γενιά** (σύμβολο F₂). Κάθε φυτό της πρώτης θυγατρικής γενιάς δίνει δύο ειδών γαμέτες: τό ένα είδος θά φέρνει μία λευκή μονάδα και τό άλλο μία κόκκινη. Ο πίνακας, που ακολουθεί, δείχνει γιά τήν περίπτωση αυτή όλους τούς συνδυασμούς τών γαμετών μεταξύ τους, δηλαδή τών κόκκων τής γύρης και τών ωαρίων. Ένας τέτοιος πίνακας ονομάζεται **άβακιο τών γαμετικών συνδυασμών**.



Με τὸ σύμβολο ♂ συμβολίσαμε τοὺς κόκκους τῆς γύρης, ἐνῶ με τὸ σύμβολο ♀ τὰ ἴαρια.

Ἐπὶ μιᾶ τέτοιᾳ διασταύρωσῃ θὰ πρέπει νὰ πάρουμε τριῶν εἰδῶν ἄτομα:

Ἐτομα με λευκὰ ἄνθη Λ Λ η η ○ ○

Ἐτομα με κόκκινα ἄνθη Κ Κ η η ● ●

Ἐτομα με ρόδινα ἄνθη Κ Λ η η ● ○

Οἱ ἀναλογίαι αὐτῶν τῶν ἀτόμων εἶναι:

1 Λ Λ πρὸς 2 Κ Λ πρὸς 1 Κ Κ

ἄφοῦ τὰ Λ Λ καὶ τὰ Κ Κ βρίσκονται μόνο σ' ἓνα κελλί τοῦ ἀβάκιου, ἐνῶ τὰ Κ Λ σὲ δύο κελλιά. Δηλαδή τὰ 25% ἀπὸ τὰ τέκνα θὰ ἔχουν λευκὰ ἄνθη (Λ Λ), τὰ 50% ρόδινα ἄνθη (Κ Λ) καὶ τὰ 25% κόκκινα ἄνθη (Κ Κ).

Τὰ ἀναμενόμενα αὐτὰ ἀποτελέσματα εἶναι ἴδια ἀκριβῶς με αὐτὰ πού μᾶς δίνει τὸ πείραμα τῆς διασταυρώσεως. Ἐρα ἡ θεωρία μας εἶναι σωστὴ.

Γιὰ νὰ συνοψίσουμε: μποροῦμε λοιπὸν νὰ ὑποστηρίξουμε ὅτι ἡ κληρονομικὴ οὐσία πού ρυθμίζει τὸ χρῶμα τοῦ ἄνθους τοῦ δειλινοῦ συμπεριφέρεται σάν μονάδα κι ὄχι σάν ὑγρὸ πού ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀναμείξεως τῶν ὑγρῶν.

Κάθε φυτὸ ἔχει δύο μονάδες τίς ὁποῖες πήρε τὴ μιὰ ἀπὸ τὸν πατέρα του καὶ τὴν ἄλλη ἀπὸ τὴ μητέρα του. Κάθε γαμέτης, εἴτε κόκκος γύρης εἶναι εἴτε ἴαριο, ἔχει μιὰ μονάδα μόνο.

Ἡ διάσχιση εἶναι τὸ φαινόμενο σύμφωνα με τὸ ὁποῖο δύο διαφορετικὲς μονάδες πού βρίσκονται στὸ ἴδιο φυτὸ, δὲν ἀλληλοεπηρεάζονται ἢ ἀλλοιώνονται μέσα του, ἀλλὰ ξαναπαρουσιάζονται στοὺς γαμέτες του στὴν ἴδια κατάστασι καὶ με τὴν ἴδια καθαρότητα, ὅπως ἦταν καὶ στοὺς γαμέτες τῶν γονιῶν του.

3.10 Όρολογία

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

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

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

3.11 Ό Μέντελ και οί νόμοι του

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

Ό Μέντελ πειραματίστηκε μέ μπιζέλια και άνακάλυψε πρώτος τό 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, άποτελέσματα.

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

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

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

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



διατηροῦν τὴν ἀνεξαρτησία καὶ καθαρότητά τους. Προκύπτει ἀπὸ τὴ διάσχιση.

- Τρίτος νόμος, ὁ νόμος τῆς διάσχισης: Οἱ χαρακτῆρες ποὺ ἀναμειχτήκαν στὴν πρώτη θυγατρικὴ γενιά, διαχωρίζονται πάλι στὶς ἐπόμενες γενιές.
- Ὁ τέταρτος νόμος: Ἀναφέρεται σ' ἓνα φαινόμενο ποὺ ἀκόμα δὲ μελετήσαμε, στὴν **κυριαρχία**.

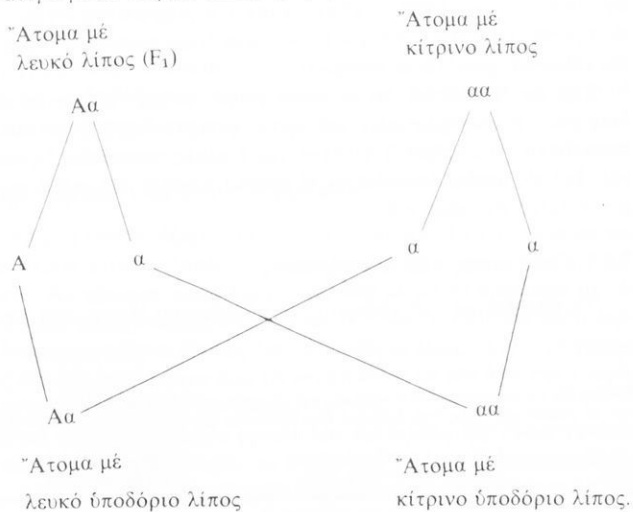
3.12 Κυριαρχία

Ἄν ἐξετάσει κανεὶς τὸ χρῶμα τοῦ λίπους ποὺ βρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ δέρμα στὰ πρόβατα ἢ στὰ κουνέλια, θά παρατηρήσει ὅτι ὑπάρχουν ζῶα μὲ λευκὸ ὑποδόριο λίπος καὶ ἄλλα μὲ κίτρινο. Τὸ χαρακτηριστικὸ αὐτὸ κληρονομεῖται.

Ἄν πάρουμε κουνέλια ποὺ ἀνήκουν σὲ μιά φυλὴ, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα μὲ λευκὸ μόνον ὑποδόριο λίπος, καὶ τὰ διασταυρώσουμε μὲ κουνέλια μὲ κίτρινο ὑποδόριο λίπος, θά πάρουμε στὴν πρώτη θυγατρικὴ γενιά κουνέλια μὲ λευκὸ ὑποδόριο λίπος. Κι ὁμως ἡ διαφορὰ λευκοῦ καὶ κίτρινου ὑποδρίου λίπους ὀφείλεται σ' ἓνα γόνον ποὺ μπορεῖ νὰ παρουσιαστῆ μὲ δυὸ ἀλληλόμορφους: Τὰ ζῶα μὲ κίτρινο ὑποδόριο λίπος εἶναι ὁμοζυγῶτὰ γιὰ τὸν ἓνα ἀλληλόμορφο (aa), ἐνῶ τὰ λευκὰ πάλι τῆς πατρικῆς γενιᾶς

είναι ομοζυγωτά για τον άλλο αλληλόμορφο (AA). Τα νόθα της πρώτης θυγατρικής γενιάς είναι ετεροζυγωτά (Aa), έχουν όμως λευκό υποδόριο λίπος σαν τους γονείς τους AA. Ο αλληλόμορφος A κυριαρχεί, είναι κυρίαρχος, πάνω στον αλληλόμορφο a και δεν τον αφήνει να εκδηλωθεί στα ετεροζυγωτά άτομα. Ο αλληλόμορφος a ονομάζεται τότε υπολειπόμενος.

Ότι πραγματικά αυτό συμβαίνει φαίνεται αν κάνουμε την ακόλουθη ανάδρομη διασταύρωση: αν διασταυρώσουμε τα ζώα της πρώτης θυγατρικής γενιάς με ζώα που έχουν κίτρινο υποδόριο λίπος. Τα μισά άτομα που θα πάρουμε θα έχουν λευκό υποδόριο λίπος και τα άλλα μισά κίτρινο. Όπως δείχνει και το σχήμα, τα άτομα με το λευκό λίπος είναι ετεροζυγωτά, ενώ τα άτομα με το κίτρινο λίπος ομοζυγωτά.



Μπορούμε να ξεχωρίσουμε το γονότυπο των λευκών ατόμων, αν τα διασταυρώσουμε με άτομα που έχουν κίτρινο λίπος. Τα ομοζυγωτά λευκά δίνουν απογόνους λευκούς, ενώ τα ετεροζυγωτά λευκά δίνουν δυο ειδών παιδιά: τα μισά έχουν λευκό, ενώ τα άλλα μισά κίτρινο λίπος.

● Ο τέταρτος νόμος, νόμος της κυριαρχίας: Μερικές φορές ένα χαρακτηριστικό κατά την εκδήλωσή του επικρατεί σ' ένα άλλο.

3.13 Οί γόνιμοι συνθέτουν ένζυμα

Με το να δώσουμε ένα όνομα σ' ένα φαινόμενο σημαίνει πώς αναγνωρίσαμε την ύπαρξή του όχι όμως και πώς το εξηγήσαμε.



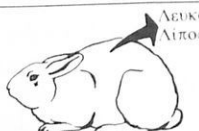

Στήν περίπτωση του χρώματος του υποδόριου λίπους των κουνελιών γνωρίζουμε σέ τί όφείλεται τό φαινόμενο τής κυριαρχίας. Τά κουνέλια εί- ναι φυτοφάγα και μέ τά φύλλα πού τρώνε εισάγουν στό σώμα τους διάφο- ρες χρωστικές, όπως είναι ή πράσινη χλωροφύλλη ή και οι κίτρινες ξαν- θοφύλλες. Οι ξανθοφύλλες, στά κουνέλια μέ λευκό λίπος, σπάνε σέ μικρό- τερα κι άχρωμα συστατικά άπ' τή δράση ενός ένζυμου πού διαθέτουν τά κουνέλια αυτά. Τά κουνέλια μέ τό κίτρινο λίπος δέν έχουν τό ένζυμο: Οι ξανθοφύλλες σ' αυτά δέ διασπώνται και, επειδή είναι λιποδιαλυτές, συγ- κεντρώνονται στό λίπος τους και τό χρωματίζουν κίτρινο. Ό γόνος λοιπόν του χρώματος του λίπους φαίνεται νά έλέγχει τή σύνθεση ενός ένζυμου: ό κυρίαρχος άλληλόμορφος Α φτιάχνει τό ένζυμο, ένθ ό υπολειπόμενος α δέν μπορεί νά τό φτιάξει. Ή παρουσία και μιάς μόνο μανάδας Α στά έτε- ροζυγωτά άτομα Αα άρκει για νά συντεθει τόση ποσότητα ένζυμου ώστε τά κουνέλια νά 'χουν λευκό χρώμα.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι γόνου ρυθμίζουν τήν κληρονομικότητα των διάφορων χαρακτηριστικών και όρουν φτιάχνοντας ένζυμα και ειδικά τό πρωτεϊνικό τους τμήμα ή φτιάχνοντας δομικές πρωτεΐνες, δηλαδή πρωτεΐ- νες, άπό τίς όποιες άποτελείται τό σώμα (μυοσίνη στό μυϊκό σύστημα, αι- μοσφαιρίνη στό αίμα κ.ά).

3.14 Γονότυπος και Φαινότυπος

Τό παράδειγμα του χρώματος του υποδόριου λίπους στά κουνέλια μās

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

	Κουνέλι μέ γόνους για κίτρινο λίπος	Κουνέλι μέ γόνους για λευκό λίπος
Καρότα και πράσινα τμή- ματα αυτών	 <p>Κίτρινο Λίπος</p>	 <p>Λευκό Λίπος</p>
Τροφή χωρίς ξανθοφύλλες	 <p>Λευκό Λίπος</p>	 <p>Λευκό Λίπος</p>

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

Ο φαινότυπος είναι το πώς μάς φαίνεται το άτομο. Πώς μάς φαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά του: τα μορφολογικά, ανατομικά, φυσιολογικά, ήθολογικά (συμπεριφοράς) κ.ά.

Τα κουνέλια έχουν σχετικά με το χρώμα του υποδόριου λίπους τους δυό φαινότυπους: το λευκό και τον κίτρινο. Έχουν όμως τρεις δυνατούς γονότυπους, τον ΑΑ, τον Αα και τον αα που έκδηλώνονται σε δυό διαφορετικούς φαινότυπους: Στους δυό 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 όμοζυγωτά ΑΑ και τα έτεροζυγωτά Αα λευκά κουνέλια, διασταυρώνοντάς τα με κίτρινα κουνέλια, όπως είδαμε και πριν.

3.15 Κληρονομικότητα και περιβάλλον

Ο φαινότυπος λοιπόν εξαρτάται από το γονότυπο. Τα κουνέλια με γονότυπο αα έχουν κίτρινο υποδόριο λίπος, ενώ εκείνα με γονότυπο ΑΑ έχουν λευκό. Αν πάρουμε κουνέλια αα και από μικρά τα θρέψουμε με τέτοιες τροφές που να μην περιέχουν ξανθοφύλλες, θα 'χουν, όπως είναι έπομένο 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 δυό παράγοντες, τον κληρονομικό (το γονότυπο) και τον περιβαλλοντικό. Αν γνωρίζουμε τους δυό αυτούς παράγοντες, γνωρίζουμε με ακρίβεια το φαινότυπο.

Το προς 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 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 πώς οι γόνοι δεν είναι προσχηματισμένες μικρογραφίες οργάνων των γονέων. Το λευκό υπόδοριο 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 σπάζει τις ξανθοφύλλες.

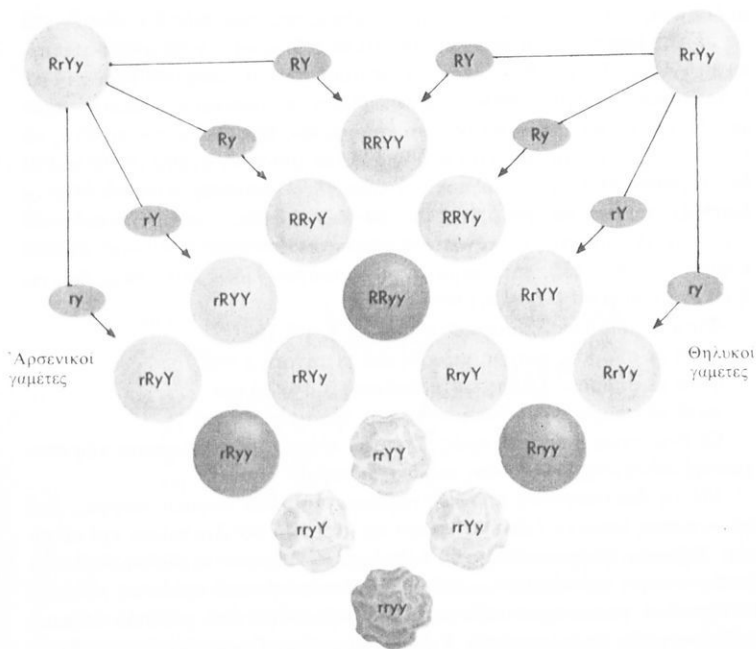
3.16 Διυβριδισμός.

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 στά τέσσερα φυτά θα έχουν λείους σπόρους κι ένα στά τέσσερα ρυτιδιασμένους.

Το 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 άβακίο των γαμετικών συνδυασμών για να βρεθούν τα φυτά της F₂ στα μπιζέλια στη διασταύρωση του διυβριδισμού που περιγράφεται στο κείμενο.

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

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

άλλοι μισοί τό y . Θά 'χουμε τέσσερις τύπους γαμετών τούς RY , Ry , rY και ry , **μέ τήν ίδια συχνότητα: λέμε τότε ότι οι δύο γόνοι διασχίζονται ανεξάρτητα ό ένας από τόν άλλο.** (Τούτο δέ συμβαίνει σ' όλες τίς περιπτώσεις ενός ζευγαριού γόνων. Θά μπορούσε δηλαδή νά γίνονται πió 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 ξεετάζαμε 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, τού **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 αύξαινουν τήν ποικιλομορφία. Γι' αυτό λέμε πός ή φυλετική (σεξουαλική) αναπαραγωγή αύξάνει τήν ποικιλομορφία στους πληθυσμούς.

3.17 Γόνος μέ τρεΐς άλληλόμορφους: Όμάδες αίματος ABO

Ένα κληρονομικό χαρακτηριστικό στον 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 άνήκει ένα άτομο, άν θέλουμε νά τού κάνουμε μετάγγιση αίματος: όρισμένες μεταγγίσεις μπορεί νά 'χουν θανατηφόρα άποτελέσματα, έπειδή δημιουργούν θρόμβους αίματος πού φράζουν άγγεία τού κυκλοφορικού συστήματος. Τό αίμα άποτελείται από κύτταρα (όπως είναι τά έρυθροκύτταρα, τά λευκά αίμοσφαίρια κ.ά.) και από τόν όρό. Τά έρυθροκύτταρα, όταν κόλλησουν μεταξύ τούς (**συγκόλληση**) σχηματίζουν τούς θρόμβους. Στίς μή επιτρεπτές μεταγγίσεις ό σχηματισμός τών θρόμβων πραγματοποιείται έξαιτίας τής αντίδράσεως τών αντιγόνων πού ένώνονται μέ αντίσώματα. Τά αντιγόνα και αντίσώματα είναι όργανικές χημικές ένώσεις μέ μεγάλα μό-

ρια. Τά αντίγωνα βρίσκονται στην επιφάνεια τών ερυθροκυττάρων και τά αντισώματα στον όρό του αίματος. Όποιοδήποτε αντίγωνα όμως δέν ένώνεται μέ όποιοδήποτε αντίσωμα, ώστε νά άρχισει ή διαδικασία σχηματισμού θρόμβου. Ύπάρχει μεγάλη εξέιδίκευση, όπως στην περίπτωση κλειδιών και κλειδωνιών: κάθε κλειδί δέν άνοίγει όποιαδήποτε κλειδωνιά και μία κλειδωνιά δέν άνοίγεται από όποιοδήποτε κλειδί.

Δυό ειδών αντίγωνα, τό Α και τό Β, και δυό ειδών αντισώματα, τό άντι-Α και τό άντι-Β, επιτρέπουν τήν κατάταξη τών άτομων σε τέσσερις κατηγορίες, όπως δείχνει ό παρακάτω πίνακας.

όμάδα αίματος	αντίγωνα ερυθροκυττάρων		αντισώματα όρου	
	A	B	άντι-Α	άντι-Β
O	-	-	+	+
A	+	-	-	+
B	-	+	+	-
AB	+	+	-	-

Μέ τό σημείο + ύποδεικνύουμε τήν ύπαρξη και μέ τό σημείο - τήν έλλειψη του αντίγόνου ή αντισώματος. Οί όμάδες αίματος χαρακτηρίζονται από τό είδος αντίγόνου τών ερυθροκυττάρων: κανένα στην O, και τά δυό στην AB, μόνο τό ένα στην A ή στην B, άνάλογα μέ τό είδος του αντίγόνου. Ό όρός κάθε άτομου περιέχει τά αντισώματα εκείνα πού δέν προκαλούν συγκόλληση στό άτομο. Έτσι τά άτομα τής όμάδας A έχουν στον όρό τους άντι-Β, τά άτομα Β έχουν άντι-Α, τά άτομα O έχουν και άντι-Α και άντι-Β, ένω τά άτομα AB δέν έχουν κανένα από τά δυό αντισώματα.

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

πεται να δώσει αίμα σε άτομο της ομάδας B που ο όρος του περιέχει και αντι-A.

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

Σ' αυτή την περίπτωση τα άτομα της ομάδας O αποτελούν «γενικούς» δότες.

Οι ομάδες αίματος κληρονομούνται: ένας γόνος που μπορεί να βρίσκεται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις, να 'χει δηλαδή τρεις αλληλόμορφους, καθορίζει την ομάδα αίματος του ατόμου. Κάθε άτομο βέβαια έχει δύο μόνο αντίγραφα του γόνου, είτε όμοια (όμοζυγώτο), είτε διαφορετικά (έτεροζυγώτο). 'Εξετάζοντας όμως πολλά άτομα θα βρούμε πώς υπάρχουν τρεις αλληλόμορφοι του γόνου: οι περισσότεροι γόνοι βρίσκονται σε παραπάνω από μία ή δυο καταστάσεις και η περίπτωση του γόνου των ομάδων αίματος ABO με τρεις αλληλόμορφους δεν αποτελεί εξαίρεση. Οι τρεις αυτοί αλληλόμορφοι γράφονται έτσι: $I^A I^B$ και i . Τα άτομα της ομάδας A μπορεί να 'χουν γονότυπο είτε $I^A I^A$ είτε $I^A i$, τα άτομα της ομάδας B μπορεί να 'χουν γονότυπο είτε $I^B I^B$ είτε $I^B i$, τέλος τα άτομα της ομάδας AB έχουν γονότυπο $I^A I^B$ και της ομάδας O έχουν γονότυπο ii .

Με τη βοήθεια των ομάδων αίματος μπορεί να δούμε κατά πόσο είναι δυνατό ένα όρισμένο παιδί να προέρχεται από ένα όρισμένο πατέρα (έλεγχος πατρότητας): σ' αυτόν τον έλεγχο ποτέ δεν μπορεί να αποδειχτεί ότι ο πατέρας του είναι ένα συγκεκριμένο άτομο (άφου λ.χ. κι όποιοδήποτε άτομο της ίδιας ομάδας θα 'χει παρόμοια παιδιά με μία όρισμένη μητέρα) αλλά σε ευνοϊκές περιπτώσεις μπορεί να αποδειχτεί ότι κάποιο άτομο δεν μπορεί να 'ναι πατέρας ενός παιδιού. Μία τέτοια περίπτωση είναι η ακόλουθη: αν τό παιδί κι ή μητέρα είναι της ομάδας O, κι ο ύποτιθέμενος πατέρας AB, τό άβάκιο δείχνει πώς μία διασταύρωση AB με O δίνει μόνο παιδιά ομάδας A και ομάδας B.

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

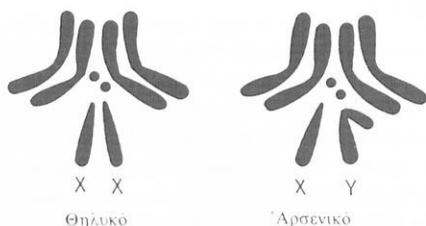
Δοκιμάστε μόνοι σας την περίπτωση τό παιδί νά 'ναι Α ή μητέρα Α κι ό πατέρας Β (προσοχή υπάρχουν πολλές περιπτώσεις διασταυρώσεων Α × Β αφού τό Α μπορεί νά 'χει ένα άπό δύο διαφορετικούς γονότυπους, τό ίδιο και τό Β. Θά πρέπει νά κάνετε 4 άβάκια!).

3.18 'Η κληρονομικότητα τοϋ φύλου.

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

Άπό τή διασταύρωση άρσενικών μέ θηλυκά άτομα (πού είναι κι ή μόνη δυνατή στά είδη πού άποτελούνται άπό δύο διαφορετικά φύλα) παίρνουμε πάλι δύο ειδών άτομα άρσενικά και θηλυκά στην ίδια όμως άναλογία. Αϋτή ή άναλογία, ένα πρός ένα, μās θυμίζει τίς άναλογίες πού παίρνουμε άπό τήν άνάδρομη 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 όφείλεται στό ότι τό ένα φύλο είναι «έτεροζυγωτό» για ένα «γόνο» και τό άλλο φύλο «όμοζυγωτό» γι' αϋτόν τό «γόνο». Κάτι τέτοιο συμβαίνει, μόνο πού δέν πρόκειται για ένα άπλό γόνο αλλά για ένα ζευγάρι όμόλογα χρωματοσώματα. Παρατηρώντας τά χρωματοσώματα τών άρσενικών και τών θηλυ-



Εικόνα 63: Τά χρωματοσώματα τής θηλυκής (XX) και άρσενικής (XY) δροσόφιλας.



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

κων δροσόφιλων βλέπουμε πώς διαφέρουν σ' ένα ζευγάρι. Το άρσενικό σ' αυτό το ζευγάρι έχει δύο άνομοια χρωματοσώματα (νά λοιπόν που έχουμε μία απόκλιση από τον κανόνα ότι όλα τα χρωματοσώματα χωρίζονται σε ζευγάρια όμοιων χρωματοσωμάτων). Αυτά τα χρωματοσώματα του άρσενικού τα ονομάζουμε **φυλετικά χρωματοσώματα**, γιατί καθορίζουν το φύλο. Το άρσενικό δηλαδή κάνει σε σχέση με τα φυλετικά χρωματοσώματα δύο ειδών γαμέτες: τους μισούς γαμέτες με X και τους άλλους μισούς με Y. Αντίθετα όλα τα θήλια του θηλυκού έχουν μόνο από ένα X. Όταν ένα σπερματοζώαριο που έχει X ένωθει μ' ένα θήλιο (που έχει πάντα X) θα δώσει ζυγωτό XX, δηλαδή θηλυκό. Όταν ένα σπερματοζώαριο που έχει Y ένωθει μ' ένα θήλιο (που έχει πάντα X) θα δώσει ζυγωτό XY, δηλαδή άρσενικό. Νά λοιπόν που το φύλο στη δροσόφιλα καθορίζεται από το σπερματοζώαριο. **Τό ίδιο συμβαίνει και γιά τόν άνθρωπο** και γιά τά θηλαστικά. Τά άτομα XX είναι θηλυκά ενώ όσα έχουν XY είναι άρσενικά.

Στά πουλιά και στις πεταλούδες τά πράγματα είναι ανάποδα. Έδω τό θηλυκό είναι «έτεροζυγωτό» γιά ένα χρωματοσώμα ενώ τό άρσενικό «όμοζυγωτό». Από όσα είπαμε έδω γίνεται φανερή ή ομοιότητα συμπεριφορής γόνων και χρωματοσωμάτων.

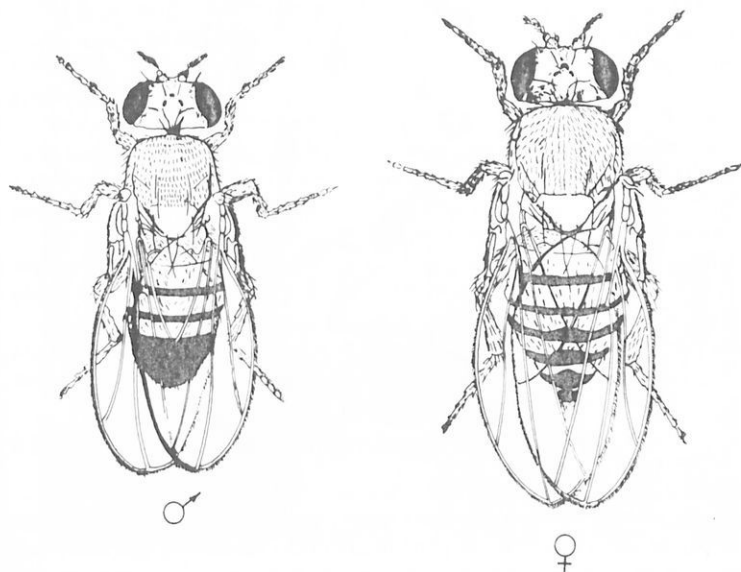
3.19 Γόνοι και χρωματοσώματα

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

Στά μπιζέλια ό Μέντελ μελέτησε έφτά χαρακτηριστικά που όφείλονται σε έφτά διαφορετικούς γόνους. Στη δροσόφιλα, μία μικρή μύγα που πετά γύρω από τό μούστο, τά σαπια φρούτα και τό ξύδι, και που άποτέλεσε σπουδαίο πειραματικό υλικό γιά τή μελέτη τής κληρονομικότητας, γνωρίζουμε πάνω από 1000 γόνους και 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 μία δεκάδα ή λίγες δεκάδες γόνων). Κάθε γόνος έλέγχει μέσ στόν οργανισμό μία όρισμένη χημική αντίδραση συνθέτοντας είτε μία δομική πρωτεΐνη ή ένα ένζυμο κι έτσι έπηρεάζει τό φαινότυπο του οργανισμού.

Άλλά σε ποió μέρος των γαμετών βρίσκονται και από τί είναι φτιαγμένοι οί γόνοι;

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

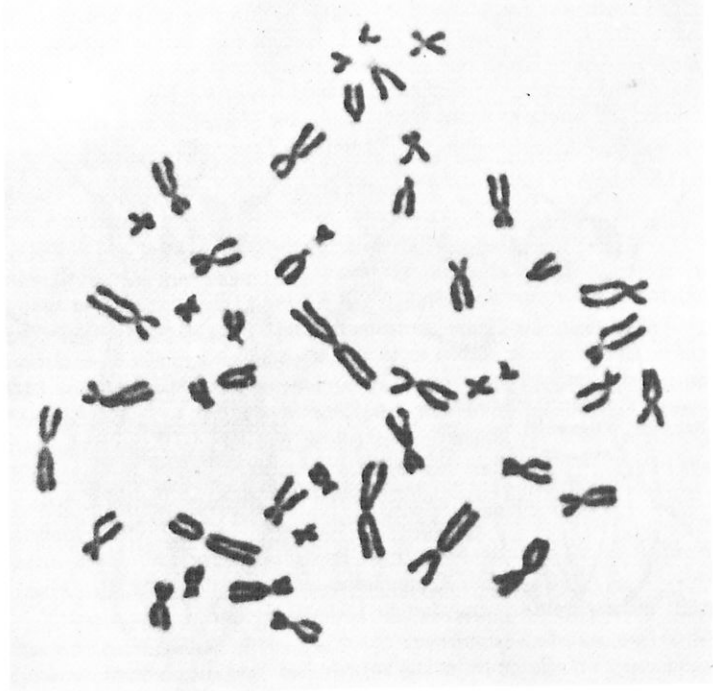


Εικόνα 65: Άρσενική και θηλυκή δροσοφιλα.

τό ζυγωτό κύτταρο φέρνει και τὰ δυὸ χρωματοσώματα κάθε ζευγαριοῦ. Τὸ ἓνα προέρχεται ἀπὸ τὴ μητέρα του καὶ τὸ ἄλλο ἀπὸ τὸν πατέρα του. Ἔτσι συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς γόνους: ὁ καθένας βρίσκεται σὲ ὅλα τὰ κύτταρα δυὸ φορές, ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς γαμέτες στοὺς ὁποίους βρίσκεται μιά φορά μόνο.

Ἐπάρχει λοιπὸν μιὰ ἀναλογία συμπεριφορᾶς στοὺς γόνους καὶ στὰ χρωματοσώματα, ὁμοιότητα πού φάνηκε καὶ ἀπὸ τὴ συμπεριφορὰ τῶν φυλετικῶν χρωματοσωμάτων. Μὲ πολὺπλοκα ἀλλὰ καὶ ἐξαιρετικὰ ἀκριβῆ πειράματα ὁ ἀμερικανὸς καθηγητὴς τῆς ζωολογίας Μόργκαν (T.H. Morgan 1866-1945) κι ὁ μαθητὴς του Μπρίτζες (C. Bridges 1889-1938) ἀπόδειξαν, στὶς ἀρχές τοῦ αἰῶνα μας, πὼς οἱ γόνοι βρίσκονται στὰ χρωματοσώματα. Κάθε χρωματόσωμα φέρνει ἓνα μεγάλο ἀριθμὸ γόνων στὸ μήκος τοῦ κάθε βραχιονία του. Δυὸ γόνοι πού διασχίζονται ἀνεξάρτητα ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλο βρίσκονται σὲ διαφορετικὰ χρωματοσώματα.

Τοῦτο μᾶς θυμίζει ἓνα μακρὺ σκοινὶ ὅπου ἔχουν δεθεῖ πολλοὶ κόμποι. Κάθε κόμπος δὲ μετακινεῖται πάνω στὸ σκοινί, ἀλλὰ πιάνει μιὰ ὀρισμένη καὶ ἀκριβῆ θέση. Ἔτσι γίνεταί μὲ τοὺς διάφορους γόνους στὸ χρωματόσωμα. Ἡ διαφοροποίηση τοῦ χρωματοσώματος εἶναι λοιπὸν γραμμικὴ, γίνεταί δηλαδή στὸ μήκος τῶν βραχιονίων του.



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



Εικόνα 67: Ο T.H. Morgan κρατώντας το μικροσκόπιο του.

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

Τά όμόλογα χρωματοσώματα φέρνουν τούς ίδιους γόνους. Ό γόνος όμως μπορεί στό ένα όμόλογο χρωματόσωμα νά παρουσιάζεται μ' έναν άλληλόμορφο καί στό άλλο όμόλογο χρωματόσωμα 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 χρωματόσωμα, νά καθοριστούν δηλαδή οι θέσεις κι οι άποστάσεις μεταξύ τους.

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

3.20 Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα

Όπως είδαμε οι γόνοι βρίσκονται στά χρωματοσώματα. Δέν εξετάσαμε μέχρι τώρα τή συμπεριφορά των γόνων που βρίσκονται σ' αυτά τά χρωματοσώματα που όνομάσαμε φυλετικά, δηλαδή δέν εξετάσαμε πώς κληρονομούνται στήν περίπτωση αυτή τά χαρακτηριστικά που αυτοί οι γόνοι έλέγχουν. Μιλήσαμε μόνο γιά γόνους που βρίσκονται στά άλλα χρωματοσώματα (αυτούς λ.χ. που έλέγχουν τό χρώμα των λουλουδιών του δειλινού, τό χρώμα καί τό σχήμα του σπόρου του μπιζελιού). Οι γόνοι που βρίσκονται στά φυλετικά χρωματοσώματα όνομάζονται **φυλοσύνδετοι**, γιατί ή κληρονομικότητά τους σχετίζεται μέ τό φύλο. Σ' ένα τέτοιο γόνο όφείλεται κι ό **δαλτωνισμός**, ή αδυναμία που έχουν μερικοί άνθρωποι νά ξεχωρίζουν όρισμένα χρώματα. Ή εικόνα 55 δείχνει σε τι βασίζεται μιá δοκιμασία (ένα τέστ) γιά νά ξεχωρίζουμε άν είναι κανείς δαλτωνικός. Ό γόνος του δαλτωνισμού έχει δύο άλληλόμορφους, τόν Δ (κυρίαρχο, κανονικό) καί τόν δ (ύπολειπόμενο, του δαλτωνισμού). Βρίσκεται στό φυλετικό χρωματόσωμα X του ανθρώπου. Τό χρωματόσωμα Y δέν έχει τό γόνο αυτόν. Έτσι οι γυναίκες, που είναι XX, έχουν δύο τέτοιους γόνους, ένα στό κάθε X τους καί μπορεί νά 'ναι ΔΔ (κανονικές, όμοζυγώτες) ή Δδ (κανονικές, έτεροζυγώτες) ή δδ (δαλτωνικές, όμοζυγώτες). Οι άνδρες όμως είναι XY, έχουν ένα μόνο X καί έτσι έχουν μιá μόνο φορά τό γόνο: είναι είτε Δ (κανονικοί), είτε δ (δαλτωνικοί). Ή κληρονομικότητα του δαλτωνισμού συνδέεται μέ τήν κληρονομικότητα του χρωματοσώματος X. Μιά γυναίκα Δδ θά παράγει δύο λογίων ώάρια, τά μισά θά φέρουν τό X μέ τό Δ καί τά άλλα μισά θά φέρουν τό X μέ τό δ. Άν ό άντρας της έχει κανονική ίκανότητα ξεχωρί-

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

	X^A	X^a
X^A	$X^A X^A$ ♀ ΚΑΝΟΝΙΚΗ	$X^A X^a$ ♀ ΚΑΝΟΝΙΚΗ
Y	$X^A Y$ ♂ ΚΑΝΟΝΙΚΟΣ	$X^a Y$ ♂ ΔΑΛΤΩΝΙΚΟΣ

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

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

Ἡ αἰμοφιλία (ἢ αἰμορροφιλία) στὸν ἄνθρωπο εἶναι κληρονομικὴ, καὶ (τουλάχιστον ὀρισμένη μορφή της) φυλοσύνδετη. Πρόκειται γιὰ τὴν παθολογικὴ κατάσταση νὰ μὴν μπορεῖ νὰ πήξει τὸ αἷμα κι οἱ πληγές νὰ αἰμορροοῦν. Ὁ γόνος τῆς αἰμοφιλίας ἔχει δύο ἀλληλόμορφους τὸν Α, κανονικὰ καὶ κυρίαρχο, καὶ τὸν α, τῆς αἰμοφιλίας καὶ ὑπολειπόμενος. Τὰ αἰμοφιλικὰ ἀγόρια κληρονόμησαν ἀπὸ τὴν ἑτεροζυγωτὴ μητέρα τους τὸ Χ μὲ τὸν ἀλληλόμορφο α. Παρόμοια κληρονομικότητα παρουσιάζει κι ἓνα πολὺ πρὸ συχνὸ χαρακτηριστικὸ, στὴ χώρα μας, ἀπὸ τὴ σπάνια αἰμοφιλία, πού ὁμως δὲν θὰ ἔπρεπε νὰ τὸ χαρακτηρίσουμε παθολογικὸ: ὁ κυαιμισμὸς. Πολλὰ ἄτομα, ἀγόρια κυρίως ἢ ἄντρες, ὅταν φάνε ἄβραστα κουκιά (ἢ ἔρθουν σὲ ἐπαφὴ μὲ ναφθαλίνη ἢ ἓνα ἀνθελονοσιακὸ φάρμακο, τὴν περιμακίνη) παθαίνουν σοβαρὸ αἰμολυτικὸ ἐπεισόδιο: τὰ ἐρυθρά τους αἰμοσφαίρια σπᾶνε καὶ ξεχύνεται στὸν ὀρό τοῦ αἵματος ἢ αἰμοσφαιρίνη. Μιά γρήγορη ἀφαίμαξη καὶ σύγχρονη μετάγγιση τὰ σώζει ἀπὸ τὸ θάνατο. Τὰ ἄτομα αὐτὰ ἔχουν ἓνα ὑπολειπόμενον ἀλληλόμορφο στὸ μοναδικὸ Χ τους, ἂν εἶναι ἀρσενικά, ἢ εἶναι ὁμοζυγωτὰ γιὰ τὸν ὑπολειπόμενον ἀλληλόμορφο, ἂν εἶναι θηλυκά. Ἐν ἀποφεύγουν τὶς οὐσίες πού τοὺς προκαλοῦν αἰμολυτικὰ ἐπεισόδια εἶναι ὑγιέστατα καὶ ὑπάρχουν ἐνδείξεις ὅτι εἶναι καὶ ἀνθεκτικότερα στὴν ἐλονοσία.

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

3.21 Γόνοι καὶ DNA

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

Αὐτὸ ἀποκαλύφθηκε σὲ πειράματα μὲ βακτήρια: ὅταν ἓνα βακτήριο ἐνσωματώσει ἓνα κομμάτι DNA, πού προέρχεται ἀπὸ βακτήριο ἄλλης ποικιλίας, μπορεῖ ν' ἀλλάξει μερικὰ κληρονομικὰ του χαρακτηριστικὰ καὶ νὰ μοιάσει ἔτσι μὲ τὸ βακτήριο πού τοῦ ἔδωσε τὸ DNA. Τὶς ἀλλαγμένες του ιδιότητες μπορεῖ νὰ τὶς μεταβιβάσει καὶ στὰ βακτήρια πού θὰ προέλθουν ἀπὸ αὐτό.

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

όλοι οι γόνοι κι όλοι οι άλληλόμορφοί τους νά άποτελούνται άπό DNA.

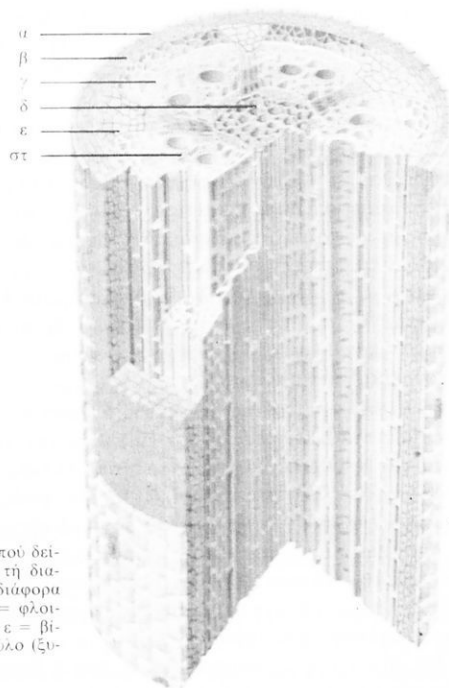
Όπως και τά χρωματοσώματα, έτσι και τό DNA πού περιέχουν, πολλαπλασιάζεται, δηλαδή διπλασιάζεται σέ άριθμό, μετά άπό κάθε κυτταρική διαίρεση. Κάθε γόνος περιέχεται σ' ένα μέρος ενός χρωματοσώματος, γι' αυτό κάθε κύτταρο του όργανισμου, εκτός άπό τούς γάμέτες, περιέχει δυό φορές κάθε γόνο. Κάθε διπλοειδές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

Ό 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 άποτελείται άπό DNA πού έχει τήν ίκανότητα νά διπλασιάζεται. Διπλασιάζεται μετά άπό κάθε κυτταρική διαίρεση (φάση S της πυρηνικής άκίνησας), 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. Στο δεύτερο κεφάλαιο είδαμε πώς τό DNA, δηλαδή ό γόνος, παρέχει τή μήτρα πάνω στην όποία γίνεται ή σύνθεση των πρωτεϊνών. Τώρα συγκεκριαλιώνοντας μπορούμε νά ποΐμε: "Η γενετική πληροφορία πού έχουν μέσα τους οί γόνοι, και πού υλοποιείται στην άποτύπωση των χαρακτηριστικών του όργανισμου, βρίσκεται στή 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 όμάδα άπό 3 βάσεις νά σημαίνει ένα όρισμένο άμινοξύ.

3.22 "Η διαφοροποίηση

Μέ διαδοχικές διαιρέσεις του τό ζυγωτό κύτταρο φτιάχνει τά κύτταρα του όργανισμου. "Η **Έμβρυολογία** είναι ό κλάδος της Βιολογίας πού εξετάζει τά έμβρυακά στάδια της ζωής του όργανισμου, πώς δηλαδή άπό τό ζυγωτό κύτταρο κατασκευάζεται ό όργανισμός. Τίς πιό θεαματικές της προόδους τίς έχει κάνει στή μελέτη των ζώων, άσπόνδυλων 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 άποτελείται άπό πολλά κύτταρα. Μετά άπό αυτά τά στάδια και ενώ συνεχίζονται οί κυτταρικές διαιρέσεις άρχίζει μιά σειρά μετατοπίσεων των κυττάρων (στάδιο του **γαστρίδιου**) πού



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

καταλήγει νά άποκτήσει ό οργανισμός τρεις στοιβάδες κυττάρων, τρία δέρματα: τό **έκτόδερμα**, τό **μεσόδερμα**, και τό **ένδόδερμα**. Άπό αυτά τά τρία δέρματα σχηματίζονται οί διάφοροι ιστοί και τά όργανα του οργανισμού. Γιατί ό πολυκύτταρος όργανισμός δέν άποτελεί μιá άπλή συνάθροιση τών κυττάρων. Τά κύτταρά του χωρίζονται σε ομάδες και κάθε ομάδα έκτελεί όρισμένη έργασία, όρισμένη λειτουργία. Ύπάρχει διαχωρισμός έργασίας, **διαφοροποίηση**. Τά κύτταρα που έκτελούν όρισμένη λειτουργία αναπτύσσουν όρισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Ένα κύτταρο που έχει για σκοπό τής ύπάρξεώς του τήν παραγωγή όρισμένης ούσιος λ.χ. μιås όρμόνης, αναπτύσσει περισσότερο εκείνα τά όργανίδια που του χρειάζονται για τήν παραγωγή τής. Γι' αυτό τό λόγο αλλάζει και ή μορφή του. Οί ομάδες τών κυττάρων που έκτελούν τήν ίδια ή τίς ίδιες λειτουργίες και που έχουν τήν ίδια μορφολογία, ονομάζονται ιστοί. Τά όργανα είναι τμήματα τών πολυκύτταρων όργανισμών, που άποτελούνται από πολλούς ιστούς και έκτελούν μιá πολύπλοκη έργασία. Τό συκώτι, ή καρδιά, τά έντερα, τό μάτι

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

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

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

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

Μέ ποιό όμως μηχανισμό συντελείται ή διαφοροποίηση. Αυτό τό έρώτημα μās φέρνει πίσω στίς θεωρίες του προσχηματισμού καί τής επιγένεσης. Γνωρίζουμε τώρα πώς όλη ή πορεία άναπτύξεως του πολυκύτταρου όργανισμού καθορίζεται άπό τούς γόνους. Οί γόνοι δέν είναι μικροσκοπικά όμοιώματα όργάνων, ιστών, χαρακτηριστικών αλλά σταθμοί έλέγχου τής λειτουργίας του όργανισμού καί τής πορείας τής άναπτύξεώς του. Σέ τελική άνάλυση φτιάχνουν ένζυμα, κλειδιά τών αντιδράσεων του μεταβολισμού. Χωρίς ένζυμα οί περισσότερες άπό τίς χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού δέν πραγματοποιοῦνται. Οί γόνοι άποτελοῦν «τό πρόγραμμα» ή «τό σχέδιο» τής άναπτύξεως του όργανισμού. "Έτσι τούς όνόμασε ένας μεγάλος βιολόγος. Οί γόνοι μποροῦν καί νά διπλασιάζονται κι έτσι γιά τή σημερινή βιολογία δέν υπάρχει τό πρόβλημα πού είχαν οί παλιοί έρευνητές.

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

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

3.23 Ό Μετάλλαξη

Είπαμε ότι οί γόνιοι διακρίνονται γιά τή σταθερότητά τους. Κάθε άλληλόμορφος, όταν διπλασιάζεται σε κάθε κυτταρική διáιρεση, δίνει γέννηση σε δύο άλληλόμορφους όλόιδιους μέ τόν έαυτό του.

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

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

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

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

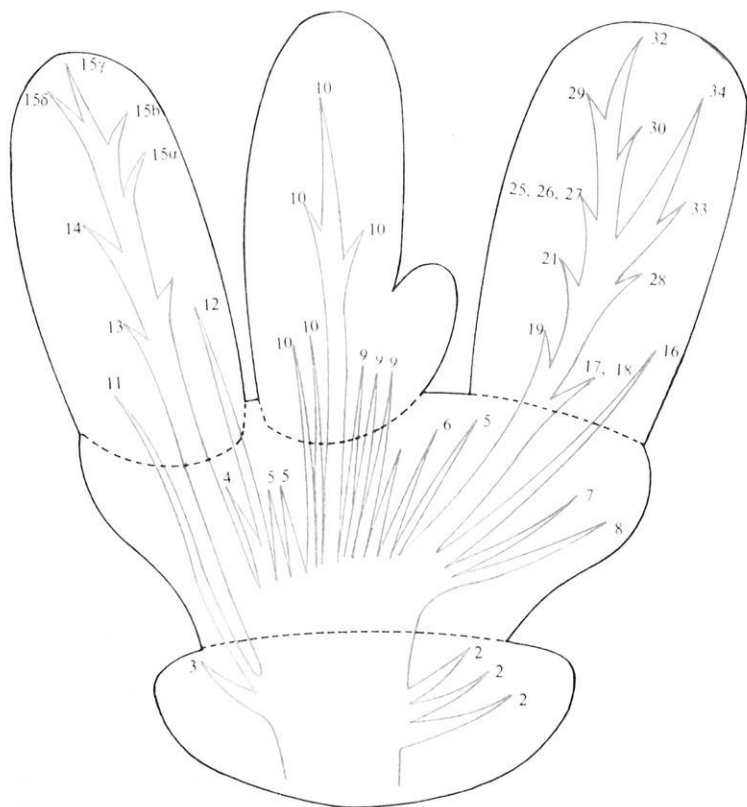
Οί ακτίνες Χ (Ραϊντγκεν) τών ακτινολόγων, ή ραδιενέργεια, οί υπεριώδεις ακτίνες καί διάφορες χημικές ούσίες προκαλοῦν μεταλλάξεις μέ μεγάλη συχνότητα. Στή μετάλλαξη ή ἀλλαγή τών ἀλληλόμορφων εἶναι τυχαία. Τά ἄτομα πού ἔχουν καινούργιους ἀλληλόμορφους δέν εἶναι κατ' ἀνάγκη καλύτερα προσαρμοσμένα ἀπό τά ἄλλα ἄτομα. Τό γεγονός εἶναι τελείως τυχαῖο, οί 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. Και είναι βέβαιο πώς υπάρχουν κι άλλα είδη που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφτεί. Αν συνυπολογίσουμε και τα είδη των οργανισμών που έζησαν σε προηγούμενες γεωλογικές εποχές, και που τώρα πιά δεν ζούν αλλά τα γνωρίζουμε μόνο από τα απολιθώματά τους, θά δούμε πώς ο συνολικός αριθμός είναι πολύ μεγαλύτερος.

Στά χρόνια του Μ. Ήλεξάνδρου ο Άριστοτέλης γνώριζε μόνο 500 είδη ζώων κι ο μαθητής του Θεόφραστος 450 είδη φυτών. Στο 18ο αιώνα ο μεγάλος σουηδός συστηματικός Λινναίος (C. Linnaeus 1707-1778) περιέγραψε 4000 είδη ζώων και 7000 είδη φυτών. Αυτοί οι αριθμοί μας φαίνονται βέβαια άσημαντοι μπροστά στα 1.443.445 είδη που αναφέρει ο Πίνακας 4.1. Ο Πίνακας αναφέρει τους αριθμούς των ειδών κατά μεγάλες ομάδες, σύμφωνα με τις νεώτερες αντιλήψεις της ταξινομήσεως: Δέ χωρίζονται πιά τα ζωντανά όντα σε δύο βασίλεια (των Ζώων και των Φυτών) αλλά σε πέντε:

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



Εικόνα 69: Το φυλογενετικό δέντρο. Οί αριθμοί αντίστοιχούν σε ταξινομικές ομάδες που αναφέρονται στο Παράρτημα Β. (2 = Βακτήρια, 3 = Κυανοφυκή, 4 = Μυστιγοφόρα, 5 = Διάτομα, 6 = Σπορόζωα, 7 = Ριζόποδα, 8 = Βλεφαριδοφόρα, 9 = Μυξομύκητες, 10 = Μυκητες, 11 = Ροδοφυκή, 12 = Φαιοφυκή, 13 = Χλωροφυκή, 14 = Βρυόφυτα, 15 = Τραχεόφυτα, 15α = Φτέρες, 15β = Γυμνόσπερμα, 15γ = Δικοτυλήδονα, 15δ = Μονοκοτυλήδονα, 16 = Σπόγγοι, 17 = Κοιλεντεροτά, 18 = Κτενοφόρα, 19 = Πλατιελμινθες, 21 = Νηματώδεις, 25 = Βρυόζωα, 26 = Βραχιόποδα, 27 = Φορονόειοι, 28 = Χαιτογόνα, 29 = Μαλάκια, 30 = Δακτυλιοσκόληκες, 32 = Άρθροποδα, 33 = Έχινόδερμα, 34 = Χορδωτά). Οί ομάδες φαίνονται χωρισμένες με μαύρες γραμμές στά 5 Βασίλεια. Οί τοι δέν αναφέρονται, γιατί είναι άγνωστη ή άκριβης συγγενική τους σχέση.

Πίνακας 4.1

Πόσα είδη ζωντανών οργανισμών υπάρχουν σήμερα.

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

στό Βασίλειο τῶν **Φυτῶν** (μέ τά διάφορα ἄλλα φύκη, βρύα, φτέρες, κο-
νοφόρα, μονοκοτυλήδονα, δικοτυλήδονα).

καί στό Βασίλειο τῶν **Ζώων** (μέ τοὺς σπόγγους, τά κοράλια, τά διά-
φορα εἶδη ἐλμίνθων (= σκωλήκων), τά ἐχινόδερμα, τά μαλάκια, τά ἀρ-
θρώποδα, τά σπονδυλωτά, κ.ἄ.).

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

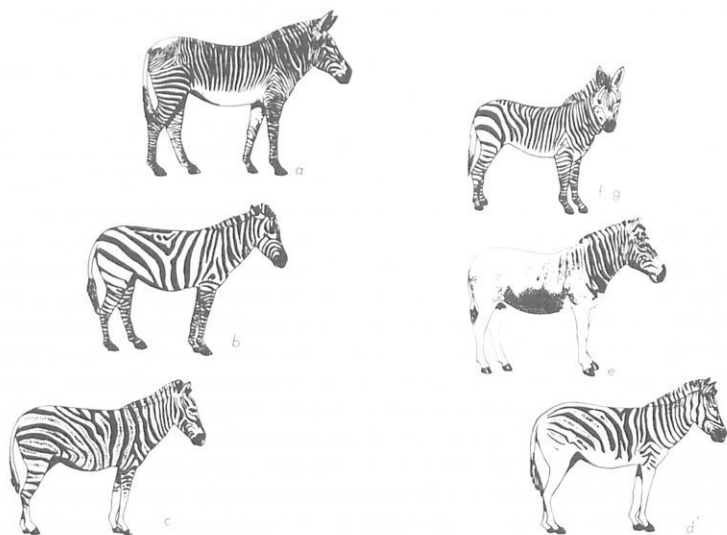
Ἐπάρχουν λοιπόν πάρα πολλά εἶδη ὀργανισμῶν. Καί, ὅπως εἶδαμε
πρὶν, ἀκόμα καί τά ἄτομα πού ἀνήκουν σ' ἓνα εἶδος δέν εἶναι ἀπόλυτα
ὁμοια μεταξὺ τους. Νά δύο πολὺ βασικές καί ἀξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

4.2. Λίγα λόγια γιά τήν ταξινόμηση

Ἡ ταξινόμηση κάθε λογῆς ἀντικειμένων σέ ὁμάδες εἶναι μιά ἀνάγκη.
Ὁ μέγας ἀριθμός τους πολλές φορές προκαλεῖ σύγχυση ἐνῶ μέ τό χῶρι-
σμά τους σέ ὁμάδες ὁμοίων ἀντικειμένων γίνεται δυνατή εὐκολότερα ἢ
γνώση τους. Αὐτό ἰσχύει καί γιά τά ζωντανά ὄντα. Ἀπό παλιά ὁ ἄνθρωπος
κατάτασσε τοὺς 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 ὁμάδες.

Εἶδη πού μοιάζουν μεταξύ τους ὅπως ὁ σκύλος, τό τσακάλι κι ὁ λύκος
μποροῦν νά καταγοῦν στό 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 Ἄνθρωπος ὁ σοφός, τό καλαμπόκι
Zea mays κ.ο.κ. Διάφορα γένη μποροῦν νά ἀποτελοῦν μιά εὐρύτερη ἐνότητα
τήν **οἰκογένεια**. Ἔτσι οἱ σκύλοι, τά τσακάλια, οἱ λύκοι, οἱ ἄλεπουδες 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 ἀρκούδων καί ἄλλες φτιάχνουν τήν τάξη τῶν
Σαρκοφάγων (CARNIVORA). Πάνω ἀπό τίς τάξεις εἶναι ἡ **ὀμοταξία**, πῶ



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

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

4.3 Είναι ή ταξινόμηση άντικειμενική; Ή έννοια του είδους

Πώς άποφασίζεται άν δυό γένη άνήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές οικογένειες; Πώς σκέφτεται αυτός που πρώτος καθορίζει αυτές τις συγγένειες; Βέβαια στηρίζεται στις ομοιότητές τους. ΄Αλλά επειδή δέν υπάρχει κανένας καθορισμένος κανόνας για τό πόσο όμοια ή πόσο άνόμοια πρέπει να είναι δυό γένη για να άνήκουν στην ίδια οικογένεια (και τό ίδιο ισχύει και για τις άνωτέρες βαθμίδες) φαίνεται πώς ή κατάταξη είναι ύποκειμενική, δηλαδή έξαρτάται από τις άπόψεις του μελετητή που κατασκευάζει την όμαδοποίηση των ειδών σε μεγαλύτερες ένότητες. Γι' αυτό οι ένότητες αυτές μπορεί να θεωρηθούν φτιαχτές, κατασκευάσματα του μυαλού μας, χρησιμα άσφαλώς για να προηροϋμε την μελέτη μας αλλά χωρίς κανένα πραγματικό άντικρυσμα. ΄Ισχύει άραγε τό ίδιο και για τό είδος; ΄Αμέσως έδω μας φαίνεται πώς τό είδος πρέπει να 'χει κάποια φυσική όντότητα από δικού του. Στο κάτω κάτω άκόμα και μία γάτα, νομίζουμε πώς είναι ίκανή να άναγνωρίσει μία άλλη γάτα και να την ξεχωρίσει από ένα σκύλο ή ένα πουλί. (Άλήθεια γιατί τό λέμε αυτό;). ΄Υπάρχουν όμως κι έδω προβλήματα. ΄Ετσι στο είδος «σκύλος» άνήκει και τό μικρό ζώο της ράτσας τσιουάουα που μόλις είναι μεγαλύτερο από την παλάμη μας όπως και τό τεράστιο σκυλί της ράτσας του ΄Αγίου Βερνάρδου που ξεπερνά στο μπόι τό πρόβατο. Πώς αυτά τά ζώα άνήκουν στο ίδιο είδος, ενώ ό λαγός και τό κουνέλι, που τόσο μοιάζουν, άνήκουν σε διαφορετικά είδη;

΄Η λύση στο πρόβλημα είναι πώς για τόν καθορισμό του είδους δέν πρέπει να βασίζεται κανένας άπόλυτα στά μορφολογικά κριτήρια όπως παλιότερα έπίστευαν. Τό μόνο άπόλυτο κριτήριο είναι τό **μιξιολογικό**, άν μπορούν δηλαδή τά άτομα μιας όμάδας που χαρακτηρίζουμε σαν είδος να άναμειγνύουν τούς γόνους τους, άν μπορούν δηλαδή να διασταυρώνονται. ΄Οχι όμως να διασταυρώνονται όπως τό άλογο με τό γαιδούρι, όπου ή διασταύρωση δίνει άπόγονο τό μουλάρι, στείρο άτομο, αλλά να δίνουν άπογόνους γόνιμα άτομα. Μεταξύ δυό διαφορετικών ειδών δέν μπορεί να περάσει κληρονομικό ύλικό, δέν μπορούν να άνταλλαγούν γόνοι. Για να άνταλλαγούν θά 'πρεπε στην προηγούμενη περίπτωση τό μουλάρι να ήταν γόνιμο και να μπορούσε λ.χ. να διασταυρωθεί με τό άλογο κι έτσι να μεταφέρει στον πληθυσμό τών άλόγων γόνους τού πληθυσμού τών γαιδουριών που έχει (οί μισοί γόνοι τού μουλαριού είναι γόνοι γαιδουριού).

΄Ετσι ή έννοια του είδους άποκτά μία όντότητα δικιά της, πραγματική, άνεξάρτητη από τόν μελετητή έπιστήμονα. Και έχει κάποιο βαθύτερο νόημα ή χρησιμοποίηση του μιξιολογικού κριτηρίου: Κάθε όμοιότητα όφείλεται σε όμοιότητα γόνων, σε όμοιότητα κληρονομικού ύλικού. Μόλις μπει κάποιο φράγμα μεταξύ δυό όμάδων όντων έτσι που να μήν μπορούν να

άνταλλάσσουν μεταξύ τους γόνους, τότε μπορεί έπειτα από πολλά χρόνια νά διαφέρουν, νά ξεχωρίσουν και μορφολογικά. Ένα τέτοιο ξεχώρισμα είναι ένα σημαντικό βήμα στην Έξελιξη.

4.4 Δυό διαφορετικές αντίληψεις: Η Τυπολογική και ή Έξελικτική σκοπιά

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

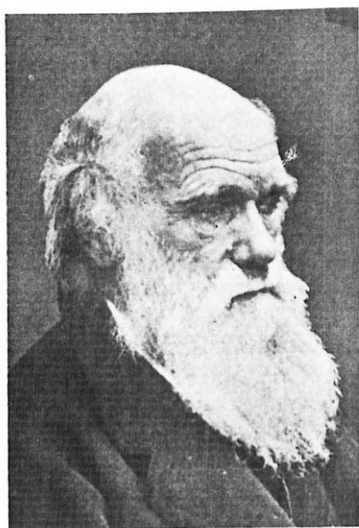
Μέ την επικράτηση όμως της θεωρίας της Έξελίξεως μία τέτοια άποψη, για ένα αναλλοίωτο πρότυπο, δέν είναι πιά δυνατή. Τά άτομα πού ανήκουν σ' ένα είδος μπορεί νά παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές, κι αυτές οί διαφορές είναι πραγματικές και σημαντικές, και σ' αυτές στηρίζεται, όπως θά δοϋμε, και ή δυνατότητα της άλλαγής ενός είδους σ' ένα άλλο. Αυτό πού κάνει τά άτομα ενός είδους νά ανήκουν σ' αυτό δέν είναι κανένα κοινό πρότυπο αλλά ότι μπορούν από γενιά σέ γενιά νά ανακατεϋουν τους γόνους τους, άφου μπορούν νά διασταυρώνονται και νά γεννοϋν γόνιμους άπογόνους. Άκριβώς στην επικράτηση της θεωρίας της Έξελίξεως οφείλεται και μία νέα αντιμετώπιση των άνωτερων κατηγοριών της Συστηματικής, του γένους, της οίκογένειας, της τάξεως κτλ. Αυτές οί ομάδες άπεικονίζουν τίς **φυλογενετικές συγγένειες**, δηλαδή πόσο κοντά, άπ' την άποψη της Έξελίξεως, είναι τά διάφορα είδη. Μέσ στην πορεία της Έξελίξεως άπό ένα είδος γεννιούνται δυό, όπως ένα κλαδι δέντρου διχάζεται σε 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, τά κλαδιά σέ κλαδάκια καί τά κλαδάκια σέ φύλλα. Αυτό θά 'ταν τό φυλογενετικό δέντρο πού θά 'δειχνε τήν Ιστορία τής προελεύσεως τών οργανισμών. 'Ο μεγάλος κορμός δείχνει τήν κοινή προέλευση τής ζωής καί χωρίζεται σέ Βασίλεια πού χωρίζονται σέ Φύλα κ.ο.κ. μέχρι τά είδη. Κάθε ομάδα τής ταξινομήσεως είναι αντικειμενική, στό μέτρο πού μās δείχνει κάποια στενότερη συγγένεια προελεύσεως μεταξύ αὐτῶν πού τήν ἀπαρτίζουν (εἴτε οἰκογένειες είναι, εἴτε τάξεις κ.ο.κ.), σέ σύγκριση μέ ἄλλες πού δέν τήν ἀπαρτίζουν.

4.5 'Ο Darwin καί τό ταξίδι του

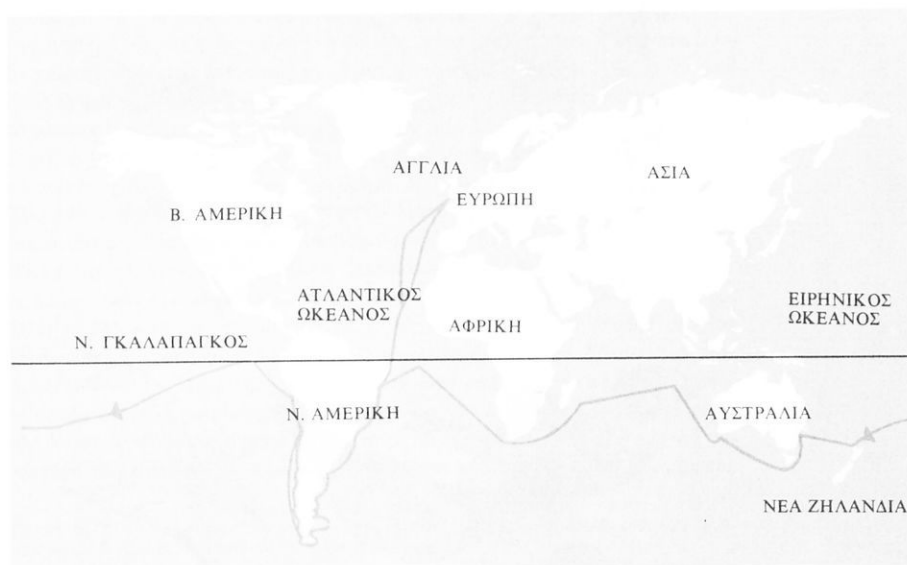
Σύμφωνα μέ τήν θεωρία τής 'Εξελίξεως τά είδη δέν παραμένουν ἀναλλοίωτα: μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου ἀλλάζουν μορφή. 'Ετσι τά είδη πού ζοῦν σήμερα προήλθαν ἀπό ἄλλα είδη πού προϋπήρξαν. 'Ομάδες συγγενῶν ειδῶν προήλθαν ἀπό ἕνα ἀρχικό εἶδος. Γυρνώντας ἀντίστροφα στήν πορεία τοῦ χρόνου ἀπό τά μικρά κλαδιά μεταβαίνουμε στό μοναδικό κορμό τοῦ φυλογενετικοῦ δέντρου πού μās δείχνει πός ἡ ζωή στόν πλανήτη μας εἶχε μιά μόνο ἀρχική προέλευση.

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



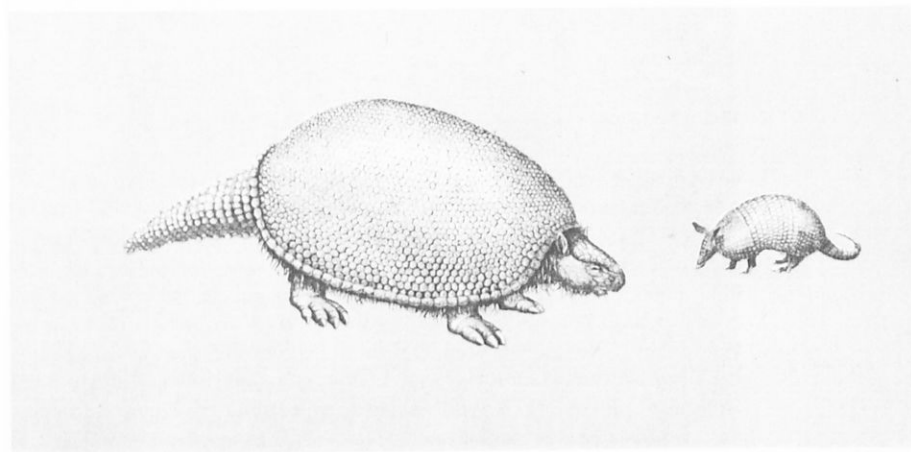
Ch. Darwin

Εἰκόνα 71: 'Ο Τσάρλς Ντάρβιν καί ἡ ὑπογραφή του.



Εικόνα 72: Η διαδρομή του ταξιδιού του Μπήγκλ.

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



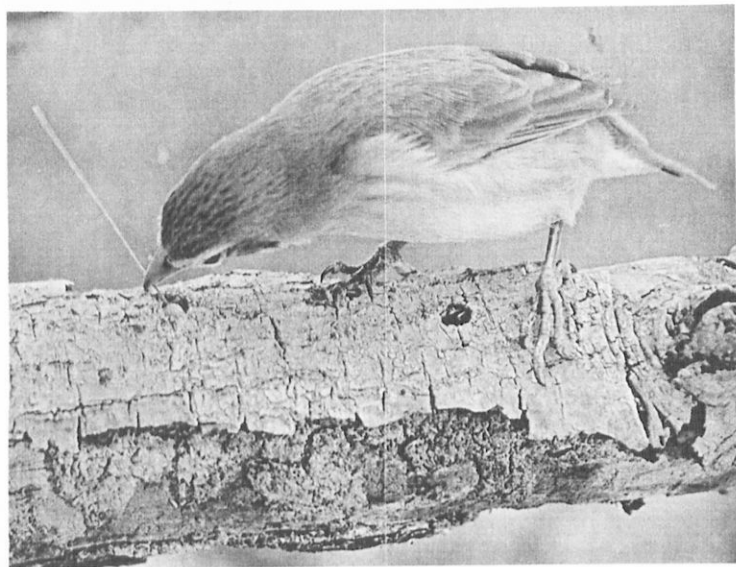


Εικόνα 74: Τά είδη των σπίνων στά νησιά Γκαλάπαγκος.

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

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

Εἰκόνα 75: Ἕνα εἶδος σπίνου τῶν νησιῶν Γκαλάπαγκος χρησιμοποιεῖ ἓνα ἀγκάθι σάν ἐργαλεῖο γιά νά βγάξει τίς καμπιές τῶν δέντρων πού τρώει.





Εικόνα 76: Ίγκουάνα των νησιών Γκαλάπαγκος.

καί ειδικότερα από τόν τρόπο πού σέ κάθε νησί διάφεραν ελαφρά ή μιά από τήν ἄλλη. Κανένα από τά νησιά δέ φαίνεται νά είναι πολύ παλιό από τή γεωλογική ἄποψη. Ήταν φανερό πώς τέτοιες παρατηρήσεις ὅπως καί πολλές ἄλλες παρόμοιες μπορούσαν νά ἐρμηνευθοῦν μόνο μέ τήν ὑπόθεση ὅτι τά εἶδη μεταβάλλονταν βαθμιαία. 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 'Εκουαδór. 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 χρησιμοποίησε ἕνα ἀγκάθι κάκτων γιὰ νά σκαλεῦει τίς τρύπες τῶν δέντρων καί νά βγάζει τά ἔντομα –). Ὅλοι αὐτοί οἱ σπῖνοι ἔμοιαζαν νά προῆλθαν ἀπό τό εἶδος σπίνου τῆς ἠπειροῦ καί νά διαφοροποιήθηκαν. Ἡ ἔλλειψη ἄλλων πουλιῶν πού νά τρῶνε ἔντομα τῶν δέντρων, ὅπως οἱ δρυοκολάπτες, ἐπέτρεψαν σ' αὐτό πού χρησιμοποιοῦν τό ἀγκάθι τοῦ κάκτου, νά ἀποκτήσει αὐτόν τόν τρόπο ἐξευρέσεως τροφῆς. Ὅ,τι συνέβαινε μέ τοὺς σπίνους συνέβαινε καί μέ τίς σαῦρες ἰγκουάνες, μέ τίς χελῶνες καί πολλά ἄλλα ζῶα τῶν νησιῶν Γκαλάπαγκος: ἀπό νησί σέ νησί οἱ μορφές ἄλλαζαν, παρᾶμεναν ὁμως παραπλήσιες.

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

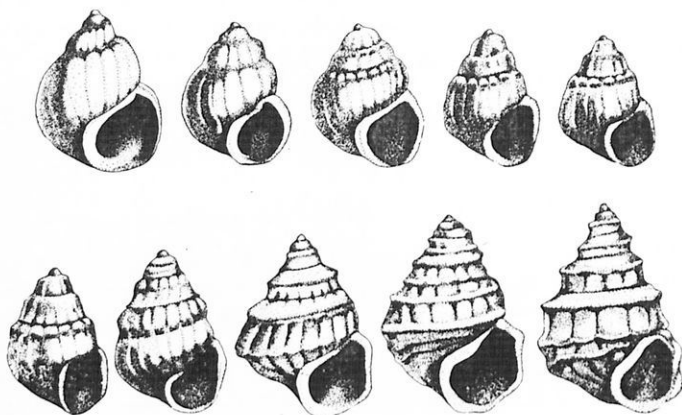
Οἱ παρατηρήσεις αὐτές κι ἄλλες πολλές πού προστέθηκαν ἀργότερα ἔπεισαν τοὺς βιολόγους ὅτι πραγματικά τά εἶδη προέρχονται ἀπό ἄλλα εἶδη.

4.6 Ἐνδείξεις γιὰ τήν ἐξέλιξη: τά ἀπολιθώματα

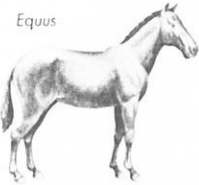





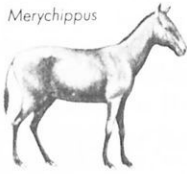








Τά ἀπολιθώματα εἶναι ἀπομεινάρια ζωντανῶν ὀργανισμῶν πού ἔζησαν πολύ παλιά: εἴτε ἀποτυπώματα, εἴτε μέρος τοῦ ὀργανισμοῦ τους, συνήθως σκληρό μέρος (ξύλο, ὄστρακο, κόκαλο) πού ἔγινε πέτρα γιατί ἡ ὀργανική οὐσία του ἀντικαταστάθηκε σιγά σιγά ἀπό ἀνόργανα ὑλικά πού ἔφταναν διαλυμένα στό νερό τοῦ ἐδάφους.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



Εικόνα 77: Ένα μορφο μαιμούθ που διατηρήθηκε καταγεγραμένο (σαν παγωμένο απόλιθομα) μέσα στους πάγους της Άλασκας επί 22.000 χρόνια σε άριστη κατάσταση, σαν να ήταν νεοτόπωμα.



Εικόνα 78: Μία εκπληκτική σειρά μορφών που βρέθηκαν σε διαδοχικά γεωλογικά στρώματα του Πλειόκαινου δείχνει πως μεταβλήθηκε σιγά σιγά το είδος *Paludina Neumayri* στο είδος *Tolotoma Hoernesii*.

		ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΣ		
		ΠΑΛΕΙΟΚΑΙΝΟΣ	ΜΕΙΟΚΑΙΝΟΣ	ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟΣ
		ΓΕΝΟΣ	ΠΟΔΙ	ΔΟΝΤΙ
	ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ	<i>Equus</i> 		
	ΠΑΛΕΙΟΚΑΙΝΟΣ	<i>Hipparion</i> 		
	ΜΕΙΟΚΑΙΝΟΣ	<i>Merychippus</i> 		
	ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟΣ	<i>Mesohippus</i> 		
	ΗΘΚΑΙΝΟΣ	<i>Hyracotherium</i> 		
		X 1/70	X 1/20	X 1/2

Εικόνα 79: Ἀλλαγές στο ἔνθος, στά δαχτυλά του ποδίου καί στά δόντια σέ διάφορα εἶδη ἀλόγων καί προγόνων τους πού ζήσανε πάλιά (*Hyracotherium*, *Mesohippus*, *Merychippus*, *Hipparion*) καί στό σημερινό μας ἄλογο (*Equus*).

Ἡ μελέτη τῶν ἀπολιθωμάτων μᾶς προσφέρει πολλές ἐνδείξεις γιά τήν Ἐξέλιξη. Ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν εἶχε παρατηρήσει πὼς τὸ τωρινὸ ἀρμαντίλο βρίσκεται στὸ ἴδιο μέρος ὅπου παλιά ζοῦσε ὁ μεγαλύτερος ἀλλὰ πολὺ ὁμοῖός του γλυπτόδοντας. Σὲ πολὺ εὐνοϊκές περιστάσεις μπορεῖ νά ἀνακαλυφθοῦν συνεχεῖς σειρές μορφῶν καὶ ἔτσι νά γίνει 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 τόνα πάνω στ' ἄλλο κλείνοντας μέσα τους τίς μορφές αὐτοῦ τοῦ σαλιγκαριοῦ. Οἱ νεώτερες μορφές εἶναι μέσα στὰ νεώτερα γεωλογικὰ στρώματα (πού ἂν δέ διαταραχθοῦν ἢ ἀναστραφοῦν βρίσκονται πιὸ κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια).

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

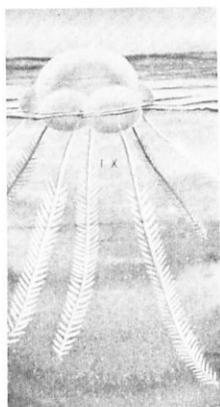
Θά μπορούσαν νά ἀναφερθοῦν καὶ πολλὰ ἄλλα παραδείγματα πού ἐνισχύουν τὴν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως.

4.7 Ἡ ἱστορία τῆς ζωῆς ὅπως τὴ δείχνουν τὰ ἀπολιθώματα

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

Πολλοὶ βιολόγοι πιστεύουν πὼς πολὺ παλιά οἱ συνθήκες ἦταν τέτοιες (ἐλλειψη ὀξυγόνου στὴν ἀτμόσφαιρα πού κυρίως τὴν ἀποτελοῦσαν ὕδρατμοί, μεθάνιο CH_4 καὶ ἄμμωνία NH_3), ὥστε ἀπὸ τὴν ἀνόργανη ὕλη σιγὰ σιγὰ νά παραχθεῖ ἡ πρώτη ζωντανὴ ὕλη: πρῶτα δηλαδὴ νά συντεθοῦν ἀπὸ τὸ μεθάνιο, τὴν ἄμμωνία καὶ τοὺς ὕδρατμούς, 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 ζωντανὴ μονάδα.

Πολλὰ βέβαια παραμένουν ἄγνωστα γιά τὴ γέννηση τῆς ζωῆς. Πάντως εἶναι βέβαιε πὼς κάτω ἀπὸ τίς σημερινές συνθήκες ἡ ζωὴ δέν μπορεῖ νά γεννηθεῖ ἀπὸ μὴ ζωντανὰ συστατικά, ἀπὸ μόνη τῆς, ἀλλὰ προέρχεται μόνον ἀπὸ ἄλλη ζωή, ὅπως ἀπόδειξε κι ὁ Pasteur. Ἡ ζωὴ λοιπὸν γεννήθηκε στή



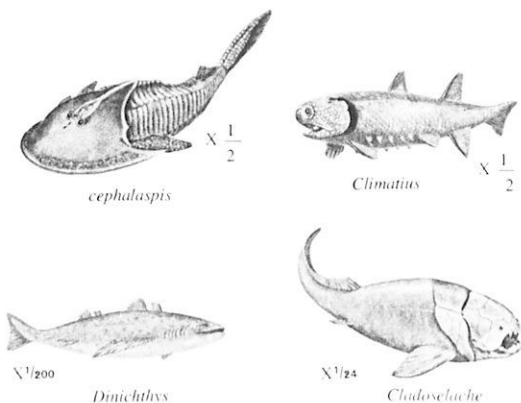
Εικόνα 80: Ένας γραπτόλιθος.



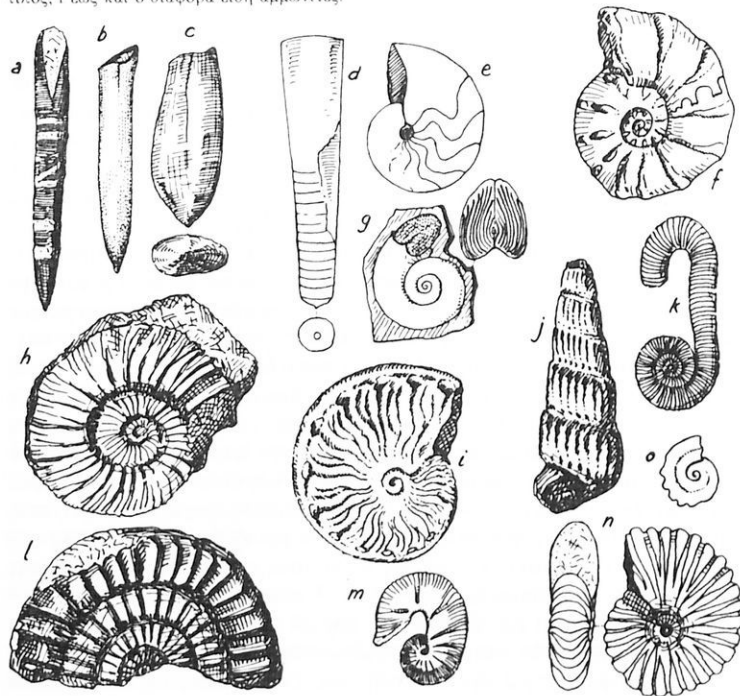
Εικόνα 81: Απολιθώματα τριλοβιτών.

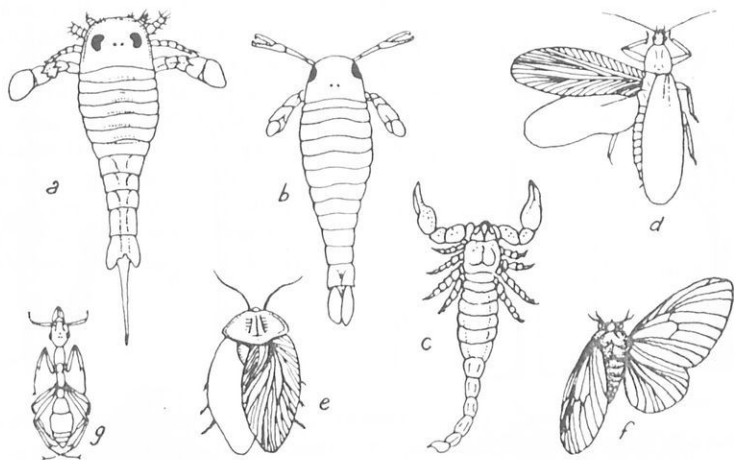
θάλασσα. Αυτό γίνεται φανερό κι από τὰ πρώτα ἀπολιθώματα ἀβέβαια ἀκόμη γιά τόν **Προκάμβριο** αἰώνα, ἀλλά καθαρά στήν **Κάμβριο** περίοδο καί στίς ἐπόμενες, ὅπου ξέρομε πῶς ζοῦσαν βακτήρια, Κιανοφύκη (δηλαδή προκαρυωτικοί ὄργανισμοί), θαλάσσια Πρωτόζωα μέ κελύφη (ὅπως οἱ φουσουλίνες πού μοιάζουν μέ σπειριά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

Εικόνα 82: Ψάρια που τα γνωρίζουμε μόνο από απολιθώματά τους. Πλακώδερμοι ιχθύες (όμοια ξία που δεν υπάρχει σήμερα): Κεφαλοσπίς, Κλιμάτιος και Διμιχθύς. Ο Κλαδοσέλαχος ανήκει στους Χονδριχθύες.



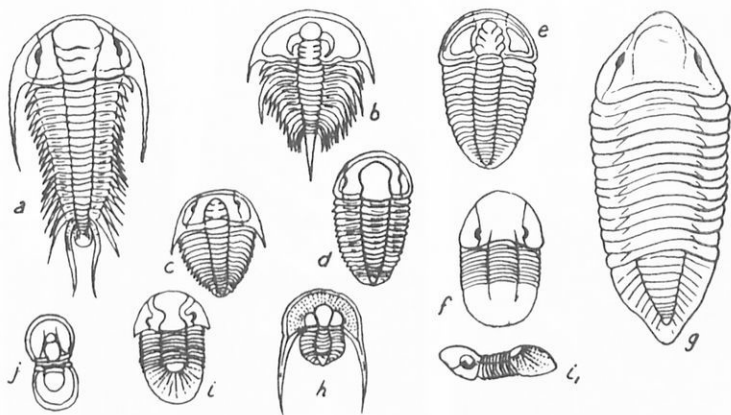
Εικόνα 83: Απολιθωμένα Κεφαλόποδα (Μαλάκια): α, β, γ, Βελωνίτες, δ, Ορθοκερας, ε, Ναντίλος, ι έως κ και ο διάφορα είδη άμμωνιτες.

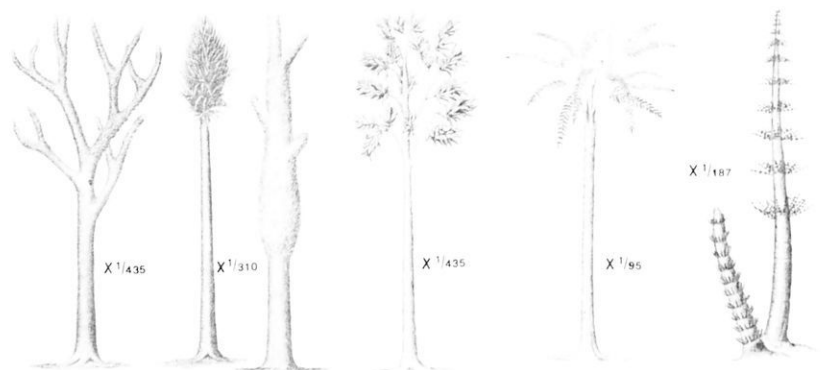




Εικόνα 84: Ἀπολιθωμένα Μεροστόματα (όμοιαζία που δὲν ὑπάρχει πιά ἔξω ἀπὸ τοὺς Ξιφοσούρους που τοὺς κατατάσσουν μερικοί μαζί με τὰ Ἀραχνίδια) α Ἐυρίπτερος, β Πτερυγοτός, γ Ἀπολιθωμένος σκορπιός (c) καὶ διάφορα ἀπολιθωμένα Ἔντομα (d, e, f, g).

Εικόνα 85: Διάφορα εἶδη τριλοβιτῶν.





Lepidodendron

Sigillaria

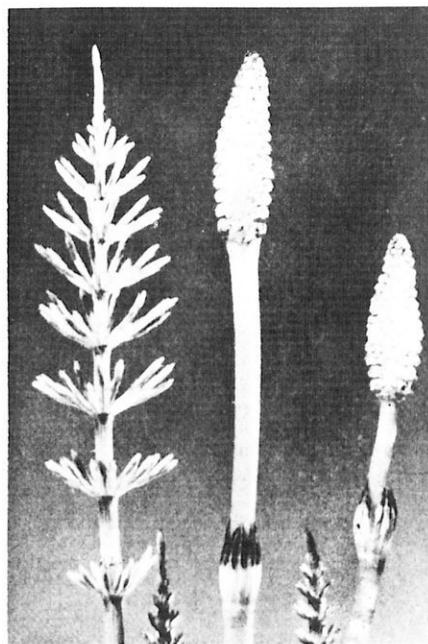
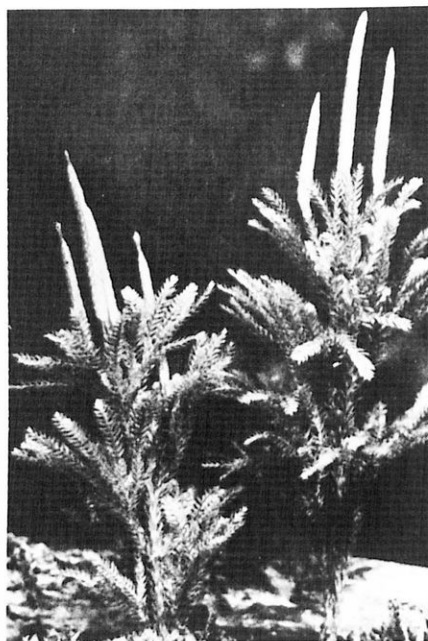
Cordaites

φτέρη

Calamites

Εικόνα 86: Προτόγονα δέντρα: Λεπιδόδεντρο, Σιγγυλάρια, Κορδαίτης, δεντρώδη φτέρη, Καλαμίτης.

Εικόνα 87: Δύο ζωντανοί αντιπρόσωποι προτόγονων φυτών: το Λυκοπόδιο (*Lycopodium*) και το πολυκόμπι (*Equisetum*).



σήμερα εξαφανιστεί, τούς αντικατάστησαν οι χονδρίχθες, ψάρια με σκληρούς χόνδρους (όπου ανήκουν οι σημερινοί καρχαρίες και τα σελάχια ή ρίνες) και οι Όστεϊχθες, ψάρια με κόκαλα, όπως τα περισσότερα σημερινά. Τα ψάρια είναι και τα πρώτα σπονδυλωτά που φάνηκαν.

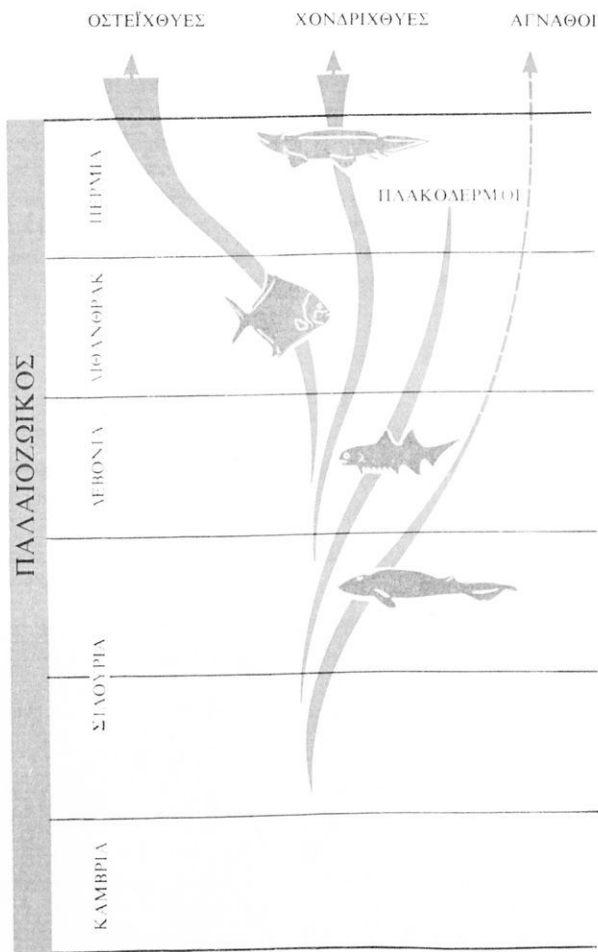
Μιά ομάδα ψαριών, οι κοιλάκανθοι (ένα είδος τους άκόμα και σήμερα ζει στη Μαδαγασκάρη) είχαν πτερύγια πάνω σε λοβούς, κατιτί που θυμίζει τα πόδια των πρώτων αμφιβίων. Τα παλιά είδη κοιλάκανθων φαίνεται πως μπορούσαν για λίγο να αναπνέουν ατμοσφαιρικό οξυγόνο (σάν κάτι άλλα ψάρια που ζουν σήμερα και που μπορούν να αναπνέουν γιατί έχουν όργανα σάν τούς πνευμονές μας, οι δίπνευστοι ιχθύες).



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

Όλα αυτά μās προαναγγέλουν τα πρώτα αμφίβια. Πριν όμως γεννηθούν τα αμφίβια από τα ψάρια ή στεριά έχει κατακτηθεί από τα πρώτα χερσαία φυτά. Τη Σιλούριο περίοδο Ψιλοψίδια, Λυκοπόδια, πολυκόμπια έχουν κατακλύσει τη γη. Τα πρώτα δάση με δεντρώδεις φτέρες, λεπιδόδεντρα, καλαμίτες παρουσιάζονται σύγχρονα με τα πρώτα αμφίβια, που προέρχονται από ψάρια σάν τούς κοιλάκανθους και τούς δίπνευστους ιχθύες. Στις θάλασσες βρισκόμαστε τεράστια κεφαλόποδα (σάν τις σουπιές τώρα) να τρώνε τριλοβίτες, ενώ κρινοειδή (ζώα) ζουν κοντά σε ύφαλους κοραλλιών.

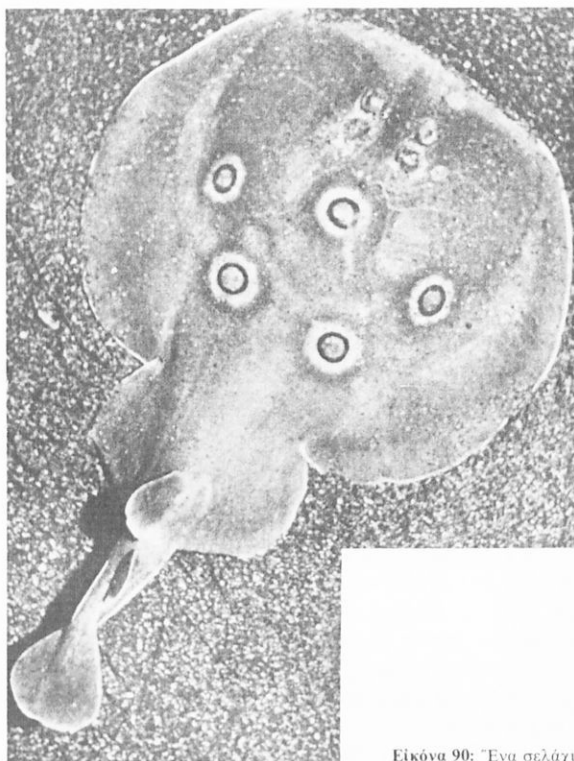
Στη Λιθανθρακοφόρο περίοδο πληθαίνουν τα μεγάλα δάση, τα δέντρα όμως έχουν μικρότερο ύψος απ' ό,τι τα δέντρα των σημερινών τροπικών δασών. Από τα δάση αυτά σχηματίστηκαν οι λιθάνθρακες. Μαζί με την παρουσία των αμφιβίων έχουμε και τα πρώτα έντομα και τα χερσαία σαλιγκάρια.



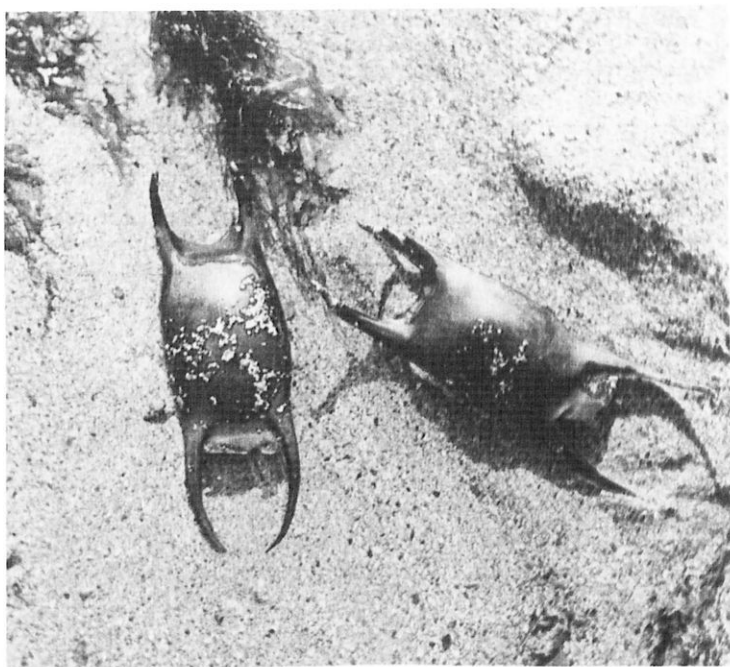
Εικόνα 89: Γενεαλογία των ψαριών.

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

Πρόκειται για προσαρμογές στο χερσαίο περιβάλλον που επιτρέπουν την προστασία των εμβρύων από εχθρούς τους και από την αποξηράνση. Τα αμφίβια βρίσκονται ακόμα μ' ένα πόδι στο υδάτινο περιβάλλον: εκεί εξελίσσονται οι προνυμφικές τους μορφές, ενώ τα άκμαία είναι σχεδόν χερσαία. Τα έρπετά έχουν πιά γίνει τελείως χερσαία. Αναπτύσσουν διάφορες μορφές: άλλα όπλιζονται με μεμβράνες σαν τον περανόδοντα για να πετάξουν, άλλα παίρνουν μορφές ψαριών και ξαναγυρίζουν στο νερό σαν την έλασμόσαυρο και τον όφθαλμόσαυρο, άλλα γίνονται χερσαία φυτοφάγα κι άλλα σαρκοφάγα. Από τα έρπετά ζούνε σήμερα μόνο οι χελώνες, τά φίδια, οι σαύρες, ο σφενόδοντας («ζωντανό απολίθωμα» που ζει στη Ν. Ζηλανδία) κι οι κροκόδειλοι. Αλλά υπήρχαν πολύ περισσότερα έρπετά



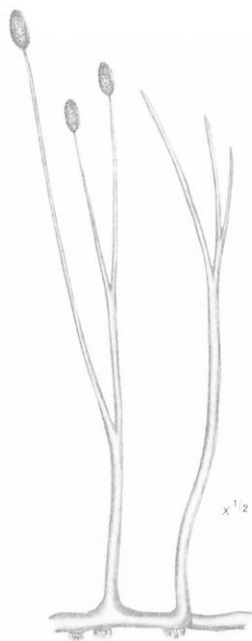
Εικόνα 90: Ένα σολάχι.



Εικόνα 91: Αύγα σελαχιού

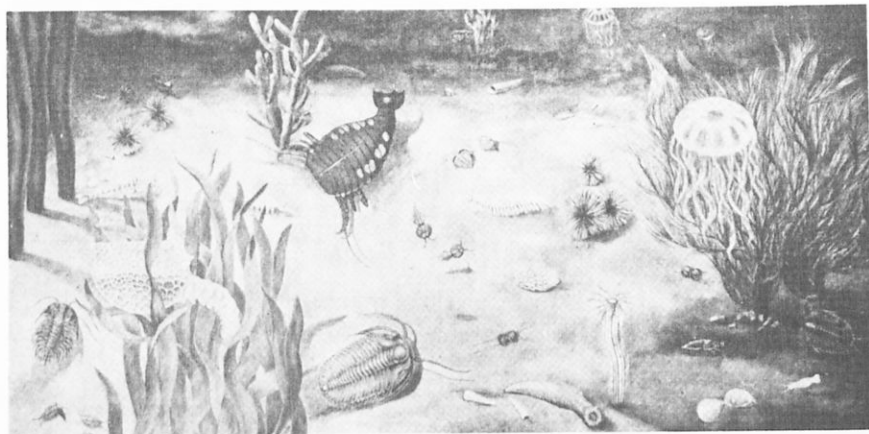
στό **Μεσοζωικό** αιώνα: όχι μόνο οί πρόδρομοι τών θηλαστικῶν (γιατί ἀπό τά ἔρπετά προέρχονται καί τά θηλαστικά) ἀλλά κυρίως οί **Δεινόσαυροι**. Νεώτερες μελέτες ἔδειξαν πῶς τά ἔρπετά πρόδρομοι τών θηλαστικῶν, τά ἔρπετά πρόδρομοι τών Δεινοσαύρων καί οί ἴδιοι οί Δεινόσαυροι ἦταν ὁμοιοθερμα ζῶα: εἶχαν δηλαδή ἀναπτύξει ἐκεῖνο τό μηχανισμό πού ἐπιτρέπει νά κρατιέται σταθερή ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματός τους σ' ἀντίθεση μέ τά ὑπόλοιπα ἔρπετά καί τά ἀμφίβια πού εἶναι ποικιλόθερμα. Ἡ ὁμοιοθερμία ἀποτελεῖ σπουδαία προσαρμογή στό χερσαῖο περιβάλλον: οί ἀλλαγές τῆς θερμοκρασίας στό περιβάλλον αὐτό εἶναι πολύ μεγαλύτερες ἀπ' ὅ,τι στό νερό. Συγχρόνως ἡ ὁμοιοθερμία ἐπιτρέπει στό ζῶο νά μὴν πέφτει σέ ὑπολειοργία, ὅπως οί σαῦρες σέ συνθήκες ἐλαττωμένης θερμοκρασίας, ἀλλά νά μπορεῖ ἐξίσου καλά νά δρᾷ ἀνεξάρτητα ἀπό τίς συνθήκες τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

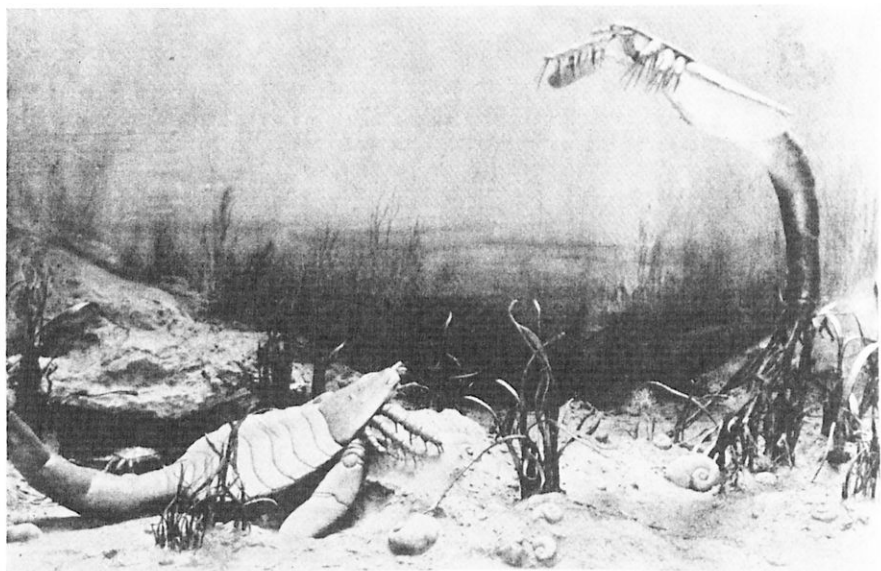
◀ **Εικόνα 92:** Το πρώτο γνωστό χερσαίο φυτό, ένα Ψίλοτο, ή Ρύνια.



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

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





Εικόνα 95: Μιά θάλασσα στη Σιλουόριο περίοδο. Δυό εύρύπτεροι κυριαρχούν. Θαλάσσια σαλιγκάρια και φυτά.

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

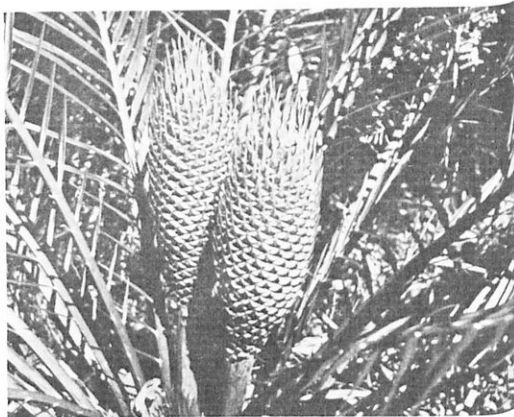
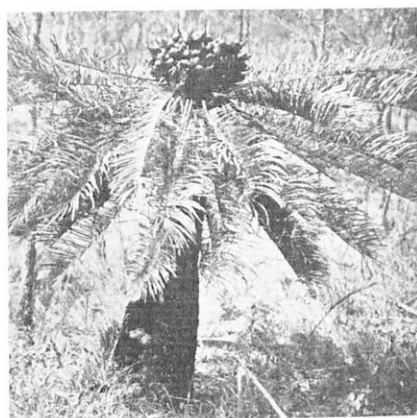




▲
Εικόνα 97: Δάσος της Λιθαν-
θρακοφόρου. Τα δέντρα είναι
Λικοποδία, Φτέρες και Γυ-
μνοσπερμα. Δεξιά στο κέντρο
μιά τεραστία λιμπελλούλα.



◀
Εικόνα 98: Μιά δεντροόδης
φτέρη που ζει σήμερα στη
νησο Ίαβα.

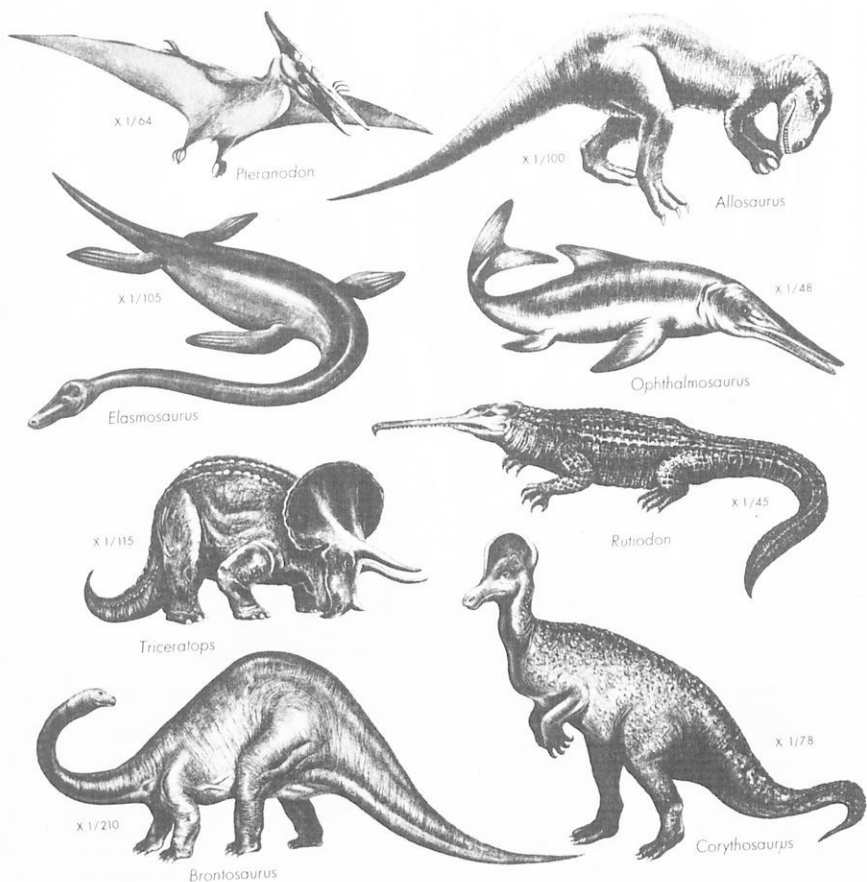


Εικόνα 99: Ἀριστερά μιὰ Κυκάδα πού ζεῖ σήμερα στήν Αὐστραλία. Δεξιά λεπτομέρεια τῶν ὀργάνων τῆς πού φέρουν τοὺς σπόρους.

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

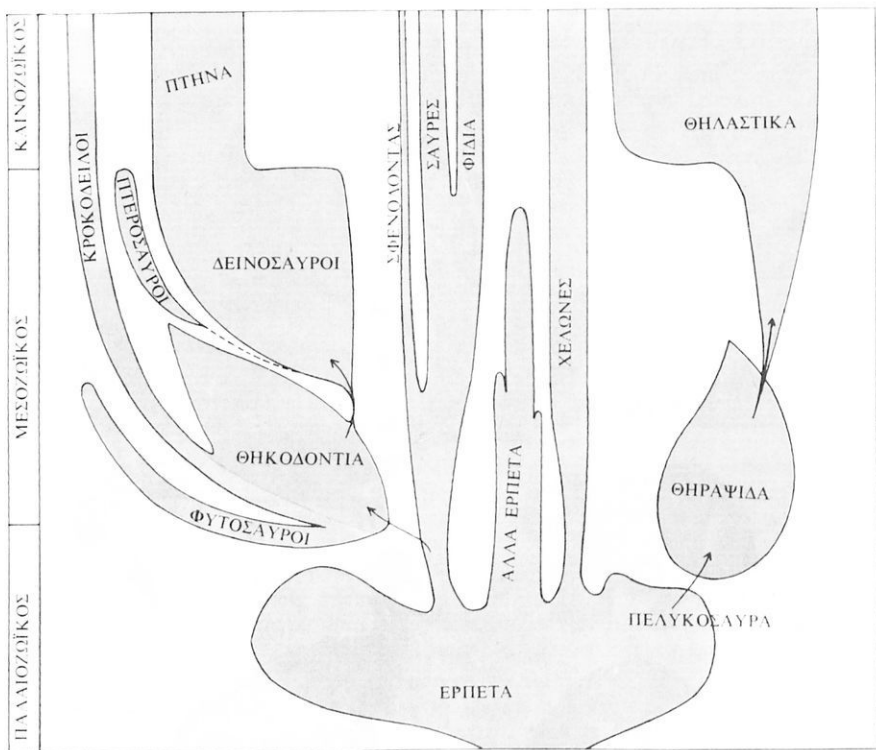
Ἀπὸ τοὺς δεινόσαυρους προέρχονται καὶ τὰ πτηνά. Ὁ Ἀρχαιοπτερυγας, τὸ πρῶτο πουλί, εἶναι ἕνας φτερωτὸς δεινόσαυρος πού ὅμως ἔχει πραγματικὰ φτερά. Στὰ φυτὰ οἱ Κυκάδες καὶ τὰ Κωνοφόρα ἀντικαθιστοῦν τὰ πρῶτα δέντρα. Μὲ τὴν παρακμὴ τῶν ἑρπετῶν πού ἀκολουθεῖ καὶ ἰδιαίτερα μὲ τὴν παρακμὴ τῶν δεινοσαύρων ἀναπτύσσονται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

Τὰ θηλαστικά μὲ τὴ σειρά τους ἀναπτύσσουν μιὰν δόλκιμη ποικιλία μορφῶν καὶ τάξεων, μιὰ βεντάλια: μιὰ δεκαπενταριά ἀπὸ τίς τριανταπέντε τέτοιες τάξεις δείχνει ἡ Εἰκόνα 128. Ἡ εἰκόνα δὲν δείχνει τίς πῖο πρωτόγο-



Εικόνα 100: Διάφορα Έρπετά του Μεσοζωϊκού αιώνα (πετανόδοντας, άλλόσαυρος, ελασμόσαυρος, οφθαλμόσαυρος, τρικεράτωψ, ρυτιόδοντας, βροντόσαυρος, κορυθόσαυρος).

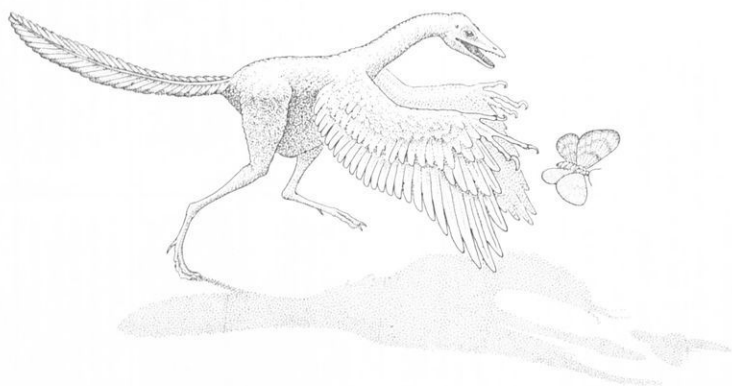
νες μορφές που άκομη και σήμερα ζούν: τά Μονοτρήματα (της Αυστραλίας, Ν. Ζηλανδίας και Ν. Γουίνεας) που γεννούν αυγά αλλά θηλάζουν τά μικρά τους, και τά Μαρσιποφόρα (της Αυστραλίας και της Αμερικης) που προστατεύουν τά μικρά τους στο μάρσιπο (ένα είδος τσέπης, δερμάτινου σάκου στην κοιλιά τους).



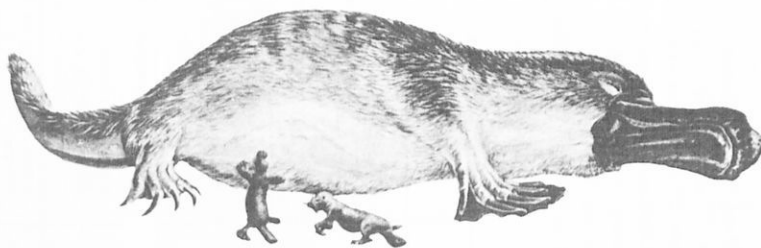
Εικόνα 101: Μία σχηματική παράσταση της προελεύσεως των διαφόρων Ἀμνιωτικών Σπονδυλωτῶν βασισμένη σε νεότερες έρευνες. Με γκριζο χρώμα συμβολίζονται οι ομάδες που είναι ποικιλοθερμες και με ρόδινο οι ομάδες που είναι ομοιοθερμες. Τα Θηραψίδα (Therapsida) πρόγονοι τῶν Θηλαστικῶν, τὰ Θηκοδόντια (Thecodontia) πρόγονοι τῶν Δεινοσαύρων, οἱ Δεινοσαύροι, οἱ Πτεροσαύροι, τὰ Θηλαστικά και τὰ Πτηνά (πού προέρχονται ἀπό τοὺς Δεινοσαύρους) είναι ομοιοθερμα.



Εικόνα 102: Ὁ σφενόδοντας, μοιάζει μέ σαύρα μά ἀνήκει ταξινομικά σέ μία ἄρκετά διαφορετική ομάδα. Είναι τό μόνο ζῶο πού ζεῖ σήμερα ἀπό αὐτή την ομάδα: ἓνα «ζωντανό ἀπολίθωμα».



Εικόνα 103: Ο Άρχαιοπτερυξ, τό πρώτο πτηνό, (φαίνονται καθαρά τά φτερά του), από τήν Τουρασική περίοδο. Πολύ συγγενεύει μέ μικρούς Δεινοσαυρούς πού δέν μπορούσαν νά πετάξουν.



Εικόνα 104: Ένα μονότρημα, ό Πλατύπους ή Όρνιθόρρυχος, θηλάζει τά μικρά του.

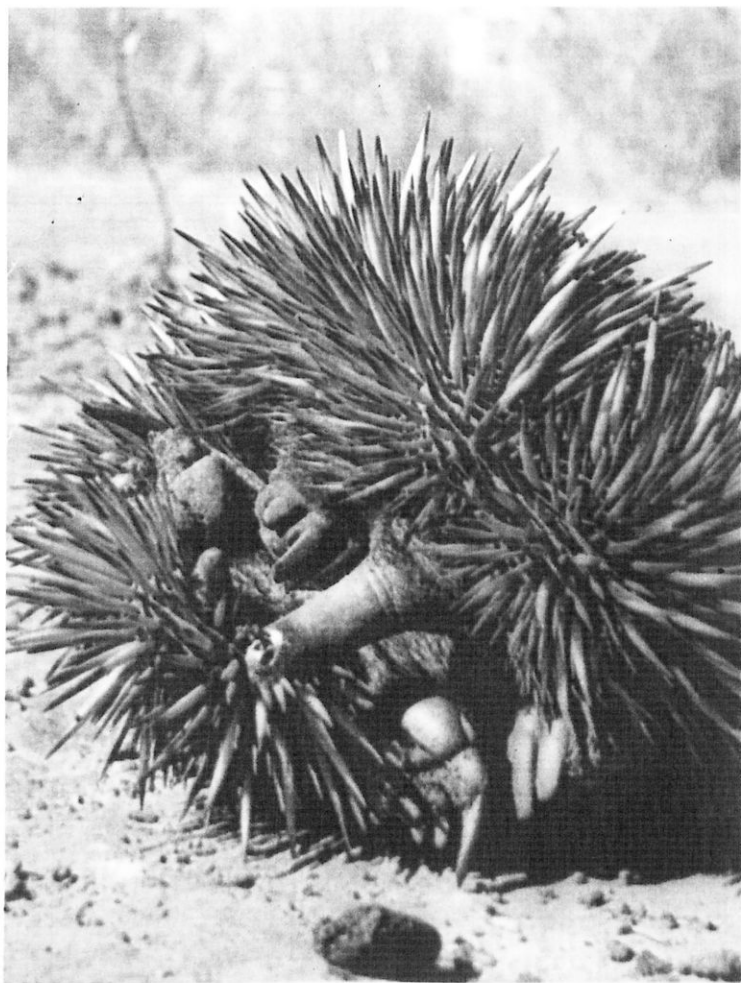
Τά καθωυτό θηλαστικά προέρχονται από μορφές σάν τά σημερινά Έντομοφάγα. Τελευταίος από τά θηλαστικά κάνει τήν εμφάνισή του κι ό άνθρωπος πού ανήκει στήν τάξη των Πρωτεύοντων (δπως μέ πολύ ύπερηφάνεια τήν ονόμασε) μαζί μέ 192 είδη διάφορων πιθήκων πού ζούν σήμερα. Ό Πίνακας 4.2 δίνει περιληπτικά τήν Ιστορία τής Έξελίξεως των έμβιων όντων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

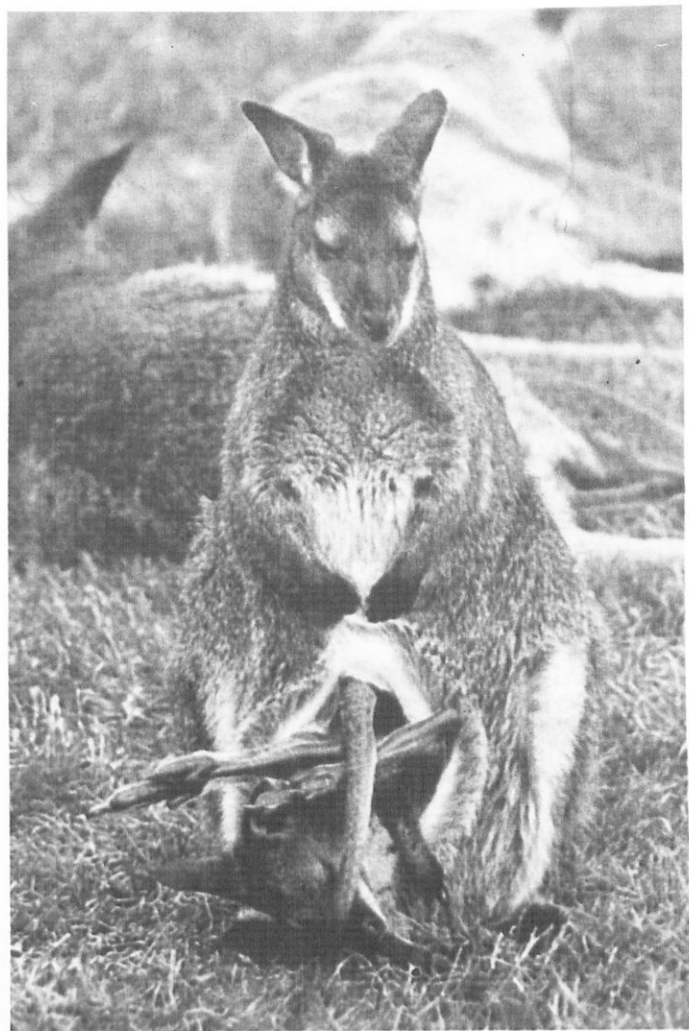
Οι μεγάλοι γεωλογικοί αιώνες (πόσο διάρκεισε ο καθένας) και οι γεωλογικές περιόδοι (πόσα χρόνια πριν από τις μέρες μας άρχισαν). Τι είδους οργανισμοί ύπηρχαν κατά τη διάρκεια τους και τί κλίμα επικρατούσε. Όλα με μεγάλη απλοποίηση. Οι άρθρωτοι σε εκατομμύρια χρόνια. Ειδικά για τους αιώνες Προτεροζωικό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

Αιώνας	Περίοδος	Φυτά	Ζώα	Κλίμα - Γεωλογικές παρατηρήσεις
Καινοζωικός 63	0 Τεταρτογενής	Φυτικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. Σχηματίζεται η τύφλη.	3. Ο ζωικός κόσμος περίπου όμοιος με το σημερινό. 2. Δεσπόζουν τα θηλαστικά στα όποια προσθέτεται κι ο άνθρωπος. 1. Πολλά μεγάλα θηλαστικά εξαφανίζονται.	Παγετώνες και ενδιάμεσες θερμές περιόδου στο Β. ημισφαίριο. Η Ελλάδα παίρνει τη σημερινή της μορφή. Σχηματισμός του Αιγαίου.
Ο αιώνας των Θηλαστικών και των Άγγειοσπέρμων.	0,7-1,8 Τριτογενής	Άγγειοσπέρμα και Κοκκοφορα έχουν κατακτήσει όλη την ξηρά. Τροπικά δάση.	Εκρηκτική ανάπτυξη των θηλαστικών. Γρήγορη εξέλιξη των πτηνών. Νουμφολίτες άφθονοι στις βλάσεις. Τα Έρπετά παραχωρούν τη θέση τους στα θηλαστικά και πετρώα.	~10 έτος του Πικεριού. ~ 26 Αιγίδα. Ηλιο κλίμα. Ολοκλήρωση του σχηματισμού των σημερινών ψηλών βουνών (Άλπεις, Ίμαλάια κ.ά.)
Μεσοζωικός 167	63±2 Κρητιδική	Πολλά Γυμνοσπερμα εξαφανίζονται. Αρχίζει η ανάπτυξη των Άγγειοσπέρμων.	Εξαφανίζονται πολλά αθηλαστικά Έρπετων, οι άμφωνιτες, οι βλεβεντιές. Οι Δεινοσαυροι πάντα σε άκμή. Θηλαστικά και πετρώα συνεχίζουν την ανάπτυξη τους.	Αρχίζει η διαδικασία του σχηματισμού των σημερινών ψηλών βουνών. Ζεστό και άβυσσο στην Αυστραλία.
Ο αιώνας των Έρπετων και των Γυμνοσπέρμων.	135±5 Τουρσική	Δεσπόζουν Κυκλάδες και Κυβνοσπορα.	Πρώτα πρωτόγονα πετρώα. Εμφανίζονται οι Όστράθες. Άκμή των Δεινοσαυρων.	Ζεστό όκεανιο κλίμα διαδέχεται το προηγούμενο μέτρια ζεστό.

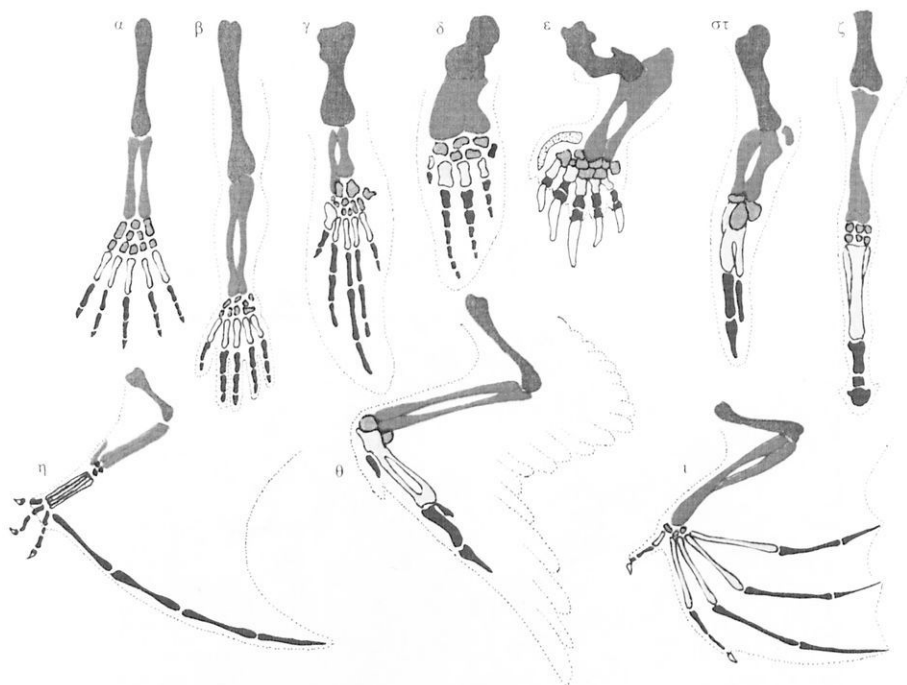
	Τριαδική	Εμφανίζονται τα Κονοφόρα.	Πρώτα Φηλαστικά . Εμφάνιση των Δεινοσαύρων . Τα Έρπετα άρχιζον να είναι κυρίαρχες μορφές ζωής. Άμφωντες – Βελέμνιτες .	Ξερό και ζεστό κλίμα
	Πέρμα	Εξοφανίζονται παλαιά είδη, Εμφανίζονται τα πρώτα Γυνόσπερμα.	Έρπετα και Άμφωντα εξαλείσσονται γρήγορα. Τα Έντομα παύουν εξελιγμένες μορφές. Εξοφανίζονται οι τριλόβιτες - τα μεροστοματα (επιρριπτεροι, ξιφοσφουροι) εξαπλώνονται.	Ξερό κλίμα στέπας, Πιαζτόνες στο Ν. ημισφαίριο.
Λιθανθρακοφόρα	280±10	Μεγάλα διάση περιδοφυτόν, που έκαναν τους λιθανθρακες, σκεπάζουν την ξηρά. (Κάλαμιτες, δεινρόδεις φτέρες, Σιγγυλάριες, Αειπόδεντρα).	Πρώτα Έρπετα , γιγαντιαία έντομα. Φυτοσολιές . Οι τριλόβιτες αρχίζουν να εξαφανίζονται.	Κλίμα ήγρο και ζεστό στο Β. ημισφαίριο, Ψυχρό στο Νοτιο.
Παλααιοκοκός 370 *Ο αιώνας των τριλόβιτών και των περιδοφυτόν.	Δεβονία	Για πρώτη φορά η ξηρά έχει μεγάλα φυτά που μοιάζουν με δέντρα: Ψιλόφυτα, δεινρόδεις φτέρες κ.ά.	Εμφανίζονται και εξαλείσσονται γρήγορα οι άμφωνιτες . Πρώτα άμφιβια , τα ψάρια εξαλείσσονται σε διάφορους τύπους. Ζώα αρχίζουν να βγαίνουν στη στεριά.	Ζεστό και κρύμα φορά τροπικό κλίμα.
Σιλούρια	405±10		Με τη μορφή των πρώτων ναριών εμφανίζονται τα σπονδυλωτά. Οι γυατινόλοιθοι είναι τα χαρακτηριστικά ζώα της περιόδου. Κοράλια, κεφαλοπόδα, εχινόδερμα, έλασματοβράγχια.	Ήπιο κλίμα.
Κάμβριο	500±10	Πρώτα χερσαία φυτά.	Στην πρωτόγνη θάλασσα αναπτύσσονται τα σποδιότερα άβρωστα των άσπονδύλων. Δεν υπάρχουν ακόμα σπονδυλωτά. Τριλόβιτες τα χαρακτηριστικά ζώα για την περίοδο. Βραχιόποδα, σπόγγοι, τα πρώτα γαστεροπόδα (μαλάκια).	Κλίμα ψυχρό έως εύκρατο.
Προπρωκοκός αιώνας (* Αλγκόκτιον) 1800-2100 *Αρχαίος αιώνας 800-1100	600±50	Φύκη	Η ζωή εμφανίζεται στη θάλασσα και τα πρώτα της ίχνη είναι Άσπονδύλα (λ.χ. ακτινώζωα, σκουλήκια, ύδροζοα - πανίδα της Εθιουσία στην Αιστρωλία)	Πιαζτόνες αλλά και κάθε τροπικό κλίμα.
Προκάμβριο > 3000		Φύκη	Δεν υπάρχουν έμβια όντα τουλάχιστο με οργανωμένη τέτοια που να αφήνουν με βεβαιότητα διαπιστώσιμα απολιθωμένα .	Σημειτείται ο στέφανος φωτισμού της Γης (4530±40). Οι πρώτοι ήπειροι κι οι πρώτοι όκεανοί.



Εικόνα 105: Ἡ ἔχιδινα (δέν ἔχει σχέση οὔτε μέ τό φίδι, τήν ὄχιά, ὅπως δηλώνει τό ὄνομά της, οὔτε μέ τό σκαντζόχοιρο), ἕνα μονότρημα, φαίνεται ἐδῶ κουλουριασμένη.



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



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

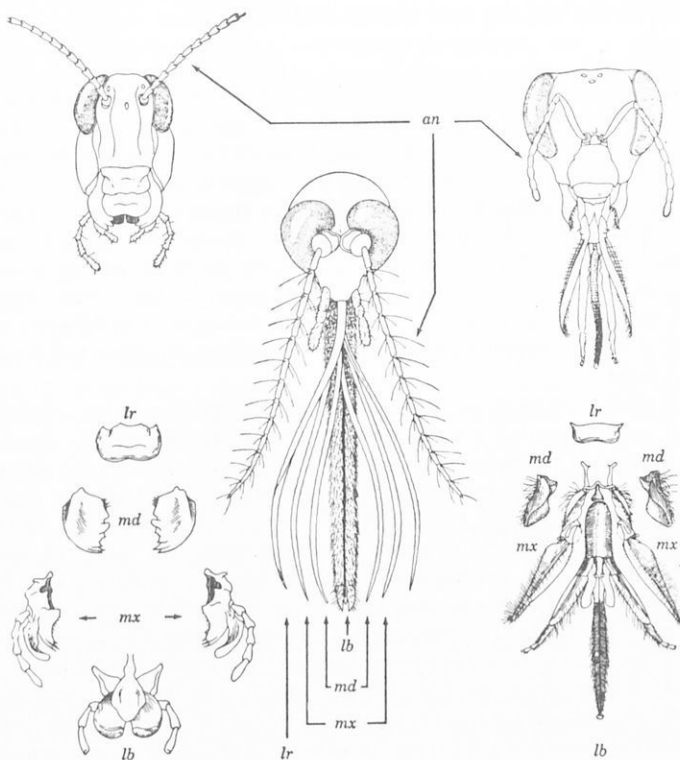
4.8 Ὅμόλογα, ἀνάλογα καὶ ὑπολειματικά ὄργανα

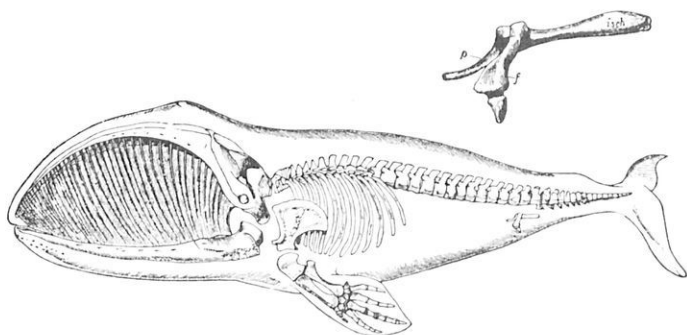
Ἡ συγκριτικὴ μελέτη τῆς μορφολογίας καὶ τῆς ἀνατομίας τῶν διάφορων ζῶων καὶ φυτῶν πλουτίζει μὲ σοβαρὲς ἐνδείξεις τὴν ὑπόθεση τῆς Ἐξελίξεως. Σὲ πολλὰ «συγγενή» ζωντανὰ εἶδη βρίσκουμε ὁμόλογα ὄργανα ποῦ ἔχουν τὴν ἴδια βασικὴ δομὴ ἄσχετα ἂν χρησιμεύουν γιὰ διαφορετικὲς λειτουργίες ἢ ἔχουν διαφορετικὲς ὄψεις.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

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

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

Εικόνα 108: Όμολογα όργανα: στοματικά μόρια εντόμων. Άριστερά μιας άκριδας, 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 τό ίδιο έργο: στή νυχτερίδα έχουμε δέρμα διπλωμένο μεταξύ των τεσσάρων δαχτύλων του χεριού που έχουν πολύ επιμηκυνθεί (τό πέμπτο δάχτυλο έχει νύχι σαν άρπάγη για νά κρεμιέται τό ζώο στίς σπηλιές), ενώ στή φτερούγα του πουλιού ή πτητική επιφάνεια άποτελείται από φτερά. Τά κόκαλα είδαμε πώς είναι τά ίδια μόνο που στή φτερούγα του πουλιού τά δάχτυλα είναι άτροφικά. Ή όμοια λειτουργία κάνει όμοια και τήν μορφολογία τους. Κάτι άνάλογο συμβάίνει και μέ τή μορφή τής φάλαινας, του δελφινιού και του καρχαρία: ενώ όλα τους δέν έχουν τόσο συγγενική προέλευση, έχουν όμως ίδιο τρόπο ζωής, κολυμπούν στή θάλασσα και γι' αυτό έχουν παρόμοια μορφή, δηλαδή υδροδυναμικό σώμα που βοηθά στό κολύμπι.

Ή μελέτη τής συγκριτικής ανατομίας μās προσφέρει κι άλλες ενδείξεις. Είναι χαρακτηριστική ή προέλευση των τριών όσταρίων που βρίσκονται στό μέσο αυτί: τής σφύρας, του άκμονα και του άναβολέα. Ή συγκριτική μελέτη των Έρπετων και των έμβρυϊκών σταδίων των θηλαστικών βοηθά νά διαλευκανθεί αυτή ή προέλευση. Ή σφύρα κι ο άκμονας στά έρπετά άποτελούν τά όστά τής άρθρώσεως τής κάτω γνάθου. Στά Έρπετά ή κάτω γνάθος άποτελείται από περισσότερα όστά, ενώ στά θηλαστικά από ένα μόνο κόκαλο. Ή σφύρα προέρχεται από τήν κάτω γνάθο, ενώ ο άκμονας από τήν πάνω γνάθο. Ο άναβολέας ύπάρχει και στό αυτί των Έρπετων και προέρχεται από κόκαλο τής πρώτης βραγχιακής σχισμής των ψαριών.

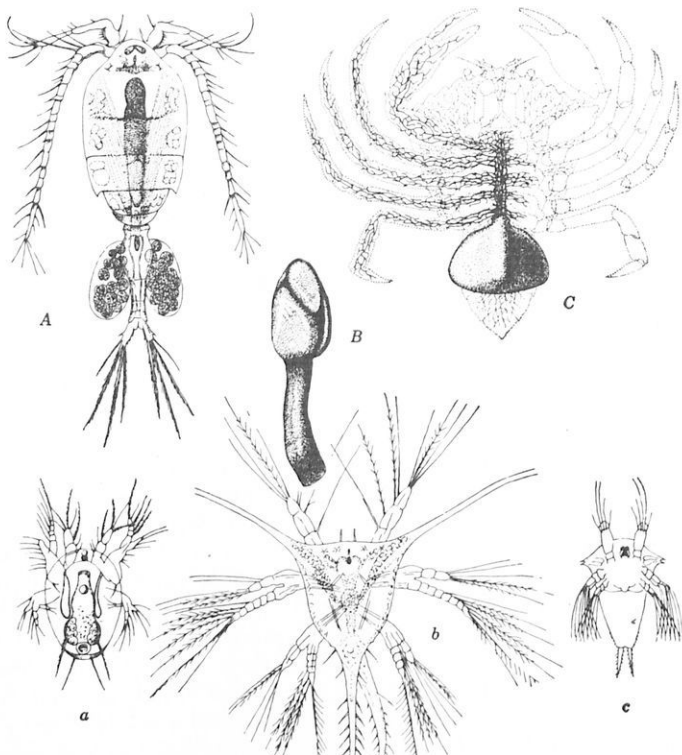
Μέσα στήν κοιλία τής φάλαινας, του υδροβίου αυτού θηλαστικού, βρίσκουμε υπολείμματα όργάνων, όπως τά όστά τής λεκάνης και των (άνυπαρκτων έξωτερικά) κάτω άκρων. Τά κάτω άκρα βέβαια δέ χρησιμοποιούν-

ται πιά αλλά ακόμα δέν έχουν εξαφανιστεί. Ἡ παρουσία τους εἶναι μιὰ ἀπόδειξη ὅτι ἡ φάλαινα προήρθε ἀπό τετράποδα θηλαστικά. Κάτι ἀνάλογο συμβαίνει καί μέ τόν κόκκυγα τοῦ ἀνθρώπου πού μᾶς θυμίζει τήν οὐρά: στό ἀνθρώπινο ἔμβρυο ἀναπτύσσεται μιὰ οὐρά πού ὁμως στήν ἕκτη βδομάδα τῆς ἔγκυμσύνης ἀποτελεῖ πιά ὑπολειμματικό ὄργανο ἀλλά καί μιὰ ἀνάμνηση ζωολογικῶν συγγενειῶν τοῦ ἀνθρώπου. Σέ τέτοιες παρατηρήσεις στηρίχτηκε 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 ὄντογένεση

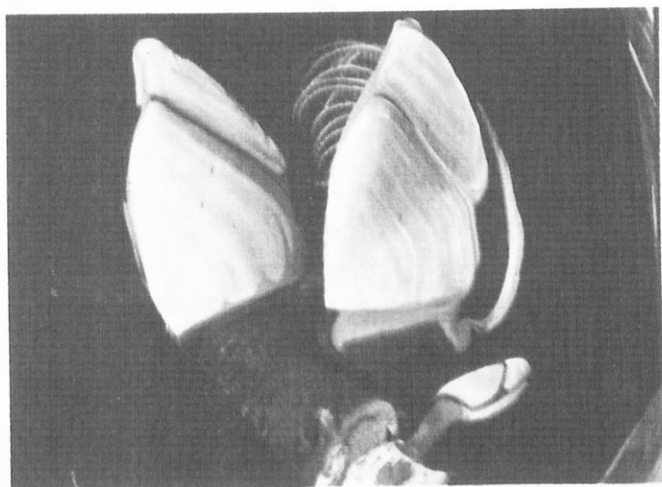
Ἐκ τῆς 1821 ἕνας ἔμβρυολόγος ἔγραφε «Τά ἔμβρυα τῶν ἀνώτερων ὀργανισμῶν διαβαίνουν, πρίν ὀλοκληρώσουν τήν ἀνάπτυξή τους, ἀπό μιὰ διαδοχή σταδίων... Τά ἔμβρυα τῶν ἀνώτερων ὀργανισμῶν, τῶν θηλαστικῶν καί εἰδικότερα τοῦ ἀνθρώπου, περνοῦν ἀπό στάδια πού λίγο πολύ μοιάζουν τόσο ὡς πρὸς τή μορφή τῶν διάφορων ὀργάνων τους ὅσο καί ὡς πρὸς ὄλο 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 δύο στρώσεις (δύο στοιβάδες) κυττάρων θά ἴεγε κανεῖς πῶς θυμίζει τήν ὕδρα ἢ τό κοράλι, δηλαδή κοιλεντερῶτό. Τό πιό ἐκπληκτικό ὁμως ἦταν ἡ ἀνακάλυψη πῶς 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 σπάρραγνά τους). Τέτοιες παρατηρήσεις ὤθησαν τόν Ντάρβιν νά ὑποθέσει πῶς οἱ ἀνώτεροι ὀργανισμοί προήλθαν ἐξελικτικά ἀπό κατώτερους. Ὁ Χαϊκελ ὁμως διατύπωσε τόν ἀφορισμό «Ἡ ὄντογένεση (δηλαδή ἡ ἀνάπτυξη τοῦ ὀργανισμοῦ) εἶναι σύντομη ἐπανάληψη τῆς φυλογένεσης (δηλαδή τῆς ἐξελικτικῆς του ἱστορίας, τῆς ἱστορίας τῆς προελεύσεώς του κατά τήν Ἐξέλιξη)». Ὁ Χαϊκελ κι οἱ μαθητές του ὑποστήριξαν ἀκραῖες ἀπόψεις πού δέ συμμερίζονται σήμερα οἱ βιολόγοι. Δέν εἶναι ἀλήθεια πῶς πάντα ἡ ὄντογένεση ἀνακεφαλαίῳνει τή φυλογένεση. Τά ἔμβρυα ἀλλάζουν πορεία ἀναπτύξεως κατά τήν ἐξέλιξη τοῦ εἴδους κι αὐτές οἱ ἀλλαγές δέν εἶναι πάντοτε ἀνακεφαλαίῳση τῆς ἱστορίας τῆς προελεύσεως τοῦ εἴδους τους. Ὅμως εἶναι ἀλήθεια πῶς πολλές φορές γιά νά γίνει ἕνα ὄργανο διαφορετικό ἀπ' ὅ,τι ἦταν προηγούμενα στήν ἐξελικτική ἱστορία τοῦ ὀργανισμοῦ, ὁ ὀργανισμός ἀκολουθεῖ στήν ἐμβρυϊκή του φάση μιὰ πορεία ὁμοια μέ αὐτήν πού ἀκολούθησε παλιά καί πρὸς τό τέλος τήν ἀλλάζει ὥστε καί τό τελικό ἀποτέλεσμα νά ἴναι διαφορετικό. Ὑπάρχει λοιπόν καί κάποια ἀλήθεια στίς ἀπόψεις τοῦ Χαϊκελ.

Παράδειγμα λαμπρό τῆς χρησιμοποίησεως τῶν ἀπόψεων τοῦ Χαϊκελ



Εικόνα 110: Ὁμοιότητα τῶν προνυμφικῶν μορφῶν (ναύπλιων) σέ διάφορα πολύ ἀνόμοια Ὀστρακοτά. Α Κύκλωπας, α ὁ ναύπλιος του, Β Λεπάς, b ὁ ναύπλιος της, C ἡ Σακκοίλινα παρασιτεῖ ἕνα καβούρι, c ὁ ναύπλιος της.

στή Συστηματική εἶναι ἡ ταξινόμηση στά Ὀστρακοτά διάφορων πολύ ἀλλοιώτικων ἀπό αὐτά μορφῶν. Στά Ὀστρακοτά ἀνήκουν οἱ γαρίδες, τὰ καβούρια καί ἄλλα ζῶα ὅπως εἶναι οἱ κύκλωπες· ἡ εἰκόνα 110 δείχνει στό Α ἕναν κύκλωπα. Ἡ προνυμφική μορφή τοῦ κύκλωπα (τό μικρό πού θά γίνεи κύκλωπας) ὀνομάζεται ναύπλιος (α τῆς εἰκόνας). Ὑπῆρχαν ζῶα πού δὲν ἤξεραν οἱ ζωολόγοι πού νά τὰ κατατάξουν· ἕνα ἦταν ἡ Λεπάς (B στήν εἰκόνα). Τό πόδι της στερεώνεται μόνιμα σέ στερεά ἀντικείμενα πού ἐπιπλέουν π.χ. ναυάγια, θαλάσσιες χελῶνες. Μοιάζει μᾶλλον μέ κάποιο εἶδος σκόληκα παρά μέ ὀστρακοτό. Κι ὅμως ἡ προνυμφική του μορφή (b τῆς

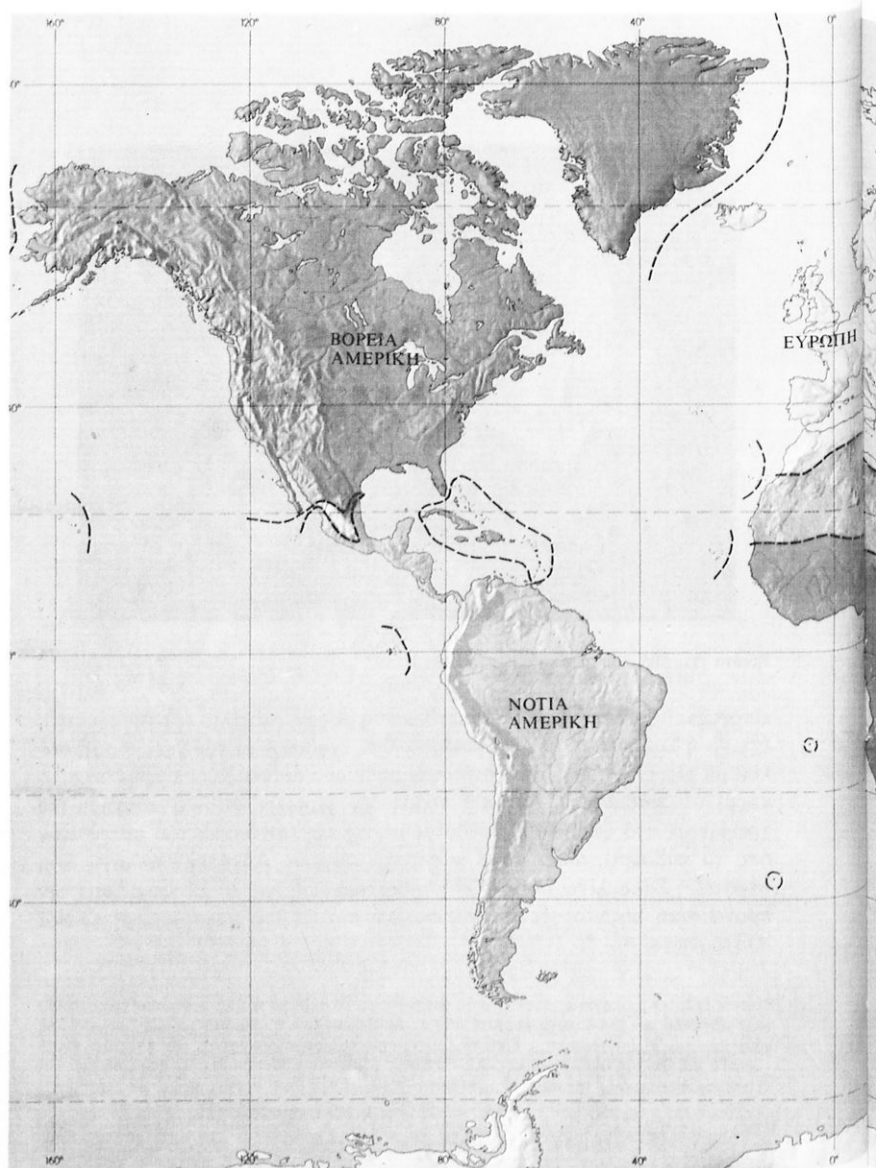


Εικόνα 111: Δύο διαφορετικά είδη Λεπάδων.

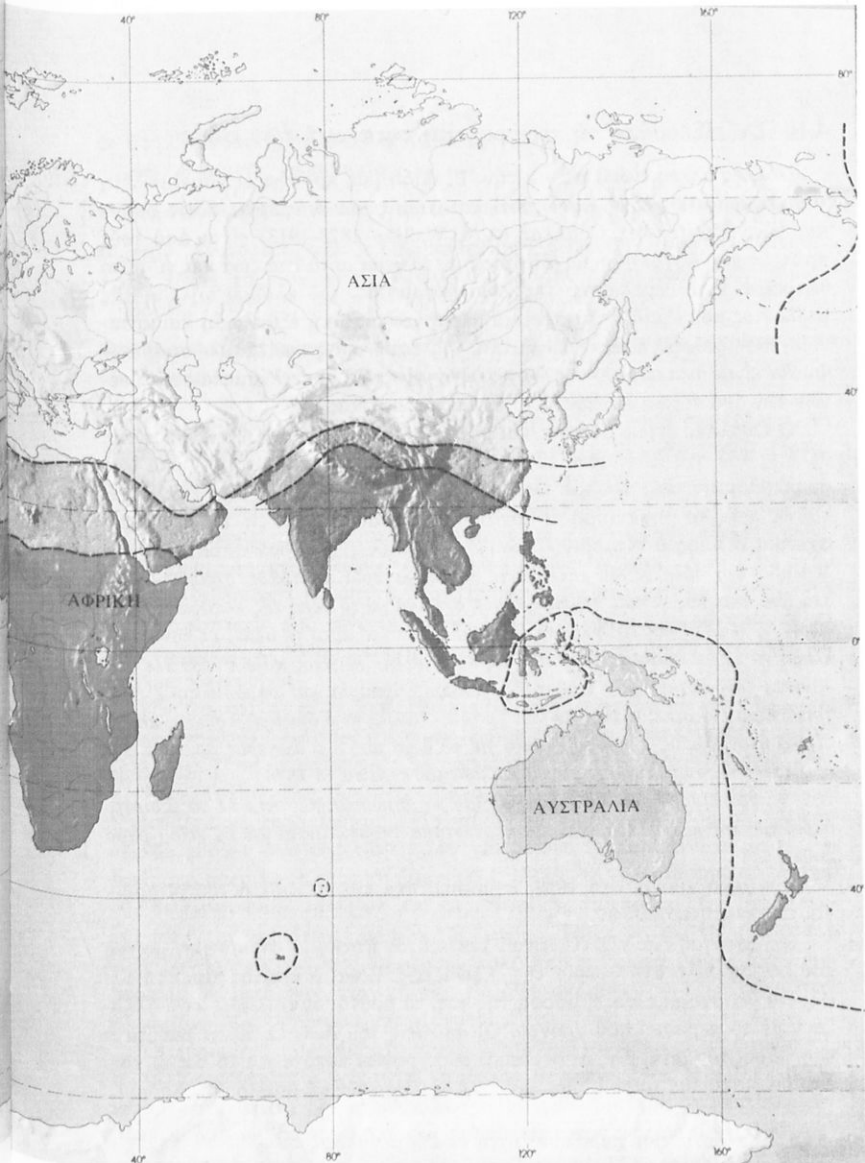
εικόνας) είναι ναύπλιος. Ίδια προνυμφική μορφή, ναύπλιο (ε στην εικόνα), έχει κι η Σακουλίνα, ένα παράσιτο πολλών καβουριών που έχει μορφή σάκου με ριζοειδείς έκβλαστήσεις που μπαίνουν διακλαδιζόμενες σ' όλο το κορμί του καβουριού. Αυτός ο σάκος δέν περιέχει πεπτικό σύστημα (δέ χρειάζεται στο ζώο, αφού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

Εικόνα 112: Ο βιολογικός κύκλος μιάς πεταλούδας: άκμαία μετά από γονιμοποίηση αποθέτουν αυγά απ' όπου βγαίνουν κάμπιες που μεταμορφώνονται σε νύμφες απ' τις οποίες βγαίνουν άκμαία. Η όντογένεση, ειδικά το προνυμφικό στάδιο της κάμπιας, δέν αποτελεί αναγκαστικά μιά άκριβη ανάμνηση της φυλογένεσης: ή κάμπια προσαρμόστηκε στη ζωή που κάνει, νά τρώει φυτικούς ιστούς.





Εικόνα 113: Οι μεγάλες Ζωογεωγραφικές Ζώνες. Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα ή Νεοτροπική, με καφέ ή Νεαρκτική, με κίτρινο ή Παλαιαρκτική, με μαβί ή Ανατολική, με κόκκινο ή 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 Έξελιξη μᾶς προσφέρει καί ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς ἐξαπλώσεως καί κατανομῆς τῶν διάφορων ειδῶν φυτῶν καί ζώων. Ὁ ἄγγλος Οὐάλλας (A.R. Wallace 1823-1913) εἶναι ἀπό τοὺς πρῶτους πού ἀσχολήθηκαν ιδιαίτερα μὲ τὸ θέμα αὐτὸ στὰ ζῶα καί γι' αὐτὸ θεωρεῖται ὁ θεμελιωτῆς τῆς **Ζωογεωγραφίας**, τοῦ κλάδου δηλαδὴ τῆς Βιολογίας πού ἐξετάζει τὰ σχετικὰ μὲ τὴ γεωγραφικὴ ἐξάπλωση καί κατανομή τῶν ζωικῶν ειδῶν. Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς καί ἐξαπλώσεως τῶν Φυτῶν εἶναι ἀντικείμενο τῆς **Φυτογεωγραφίας**. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν τῶν δυῶ αὐτῶν κλάδων εἶναι συμπληρωματικά.

Ὁ Οὐάλλας ἔγινε γνωστός καί γιὰ κάτι ἄλλο: ἀπὸ τίς ζωογεωγραφικῆς 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 Έξελίξη. Νὰ τί γράφει σχετικὰ ὁ ἴδιος ὁ Ντάρβιν: *...καί ὁ κ. Οὐάλλας, πού βρίσκεται τώρα στὸ Μαλαικὸ ἀρχιπέλαγος καί μελετᾷ τὴ φυσικὴ ἴστορία τοῦ τόπου, ἔχει καταλήξει στὰ ἴδια ἀκριβῶς γενικά συμπεράσματα σχετικὰ μὲ τὸ θέμα τῆς καταγωγῆς τῶν ειδῶν. Στὰ 1858 μοῦ ἔστειλε ἓνα ὑπόμνημα πάνω σ' αὐτὸ τὸ θέμα, μὲ τὴν παράκληση νὰ τὸ διαβιβάσω στὸν σέρ Τσάρλς Λάυελλ. Ἐκεῖνος πάλι τὸ ἔστειλε στὴ Λινναία [δνομασία πρὸς τιμὴ τοῦ Λινναίου] Ἐταιρία καί δημοσιεύθηκε στὸν τρίτο τόμο τοῦ δελτίου της. Ὁ σέρ Τσάρλς Λάυελλ κι ὁ δόκτωρ Χούκερ, πού κι οἱ δυῶ ἦταν κάπως πληροφορημένοι γιὰ τὸ ἔργο μου – ὁ δεῦτερος 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 ἐξάιρετο ὑπόμνημα τοῦ κ. Οὐάλλας καί μερικὰ σύντομα ἀποσπάσματα ἀπ' τὰ χειρόγρατά μου».*

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

Ὁ γεωλόγος Λάυελλ (C. Lyell 1797-1875) ἦταν μιά 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 ἀπόψεις τοῦ Λάυελλ εἶχαν βαθύτητα ἐπηρεάσει τὸν Ντάρβιν, ὅταν εἴκοσι δύο χρονῶν ἔφευγε γιὰ τὸ ταξίδι του. Στὴ διάρκεια τοῦ ταξιδιοῦ συμβουλευόταν διαρκῶς τὸ βιβλίο τοῦ Λάυελλ.

Οἱ Ζωογεωγράφοι χωρίζουν τὴ γῆ σὲ ἔξι μεγάλες ζώνες.

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

- στην **Αιθιοπική**, που περιλαμβάνει την υπόλοιπη Ἀφρική και μιά ἄκρη τῆς Ἀραβικῆς χερσονήσου.
- στὴ **Νεοτροπική**, που περιλαμβάνει τὴ Νότια καὶ Κεντρικὴ Ἀμερικὴ.
- στὴν **Ἀνατολική**, που περιλαμβάνει τὶς Ἰνδίες, Βιρμανία, Ταϊλάνδη, τὶς χῶρες τῆς Ἰνδοκίνας, Μαλαισία, καὶ τὰ νησιά Σουμάτρα, Ἰάβα, Βόρνεο
- καὶ στὴν **Αὐστραλιανή**, που μαζί με τὴν Αὐστραλία περιέχει καὶ τὴ Νέα Γουϊνέα.

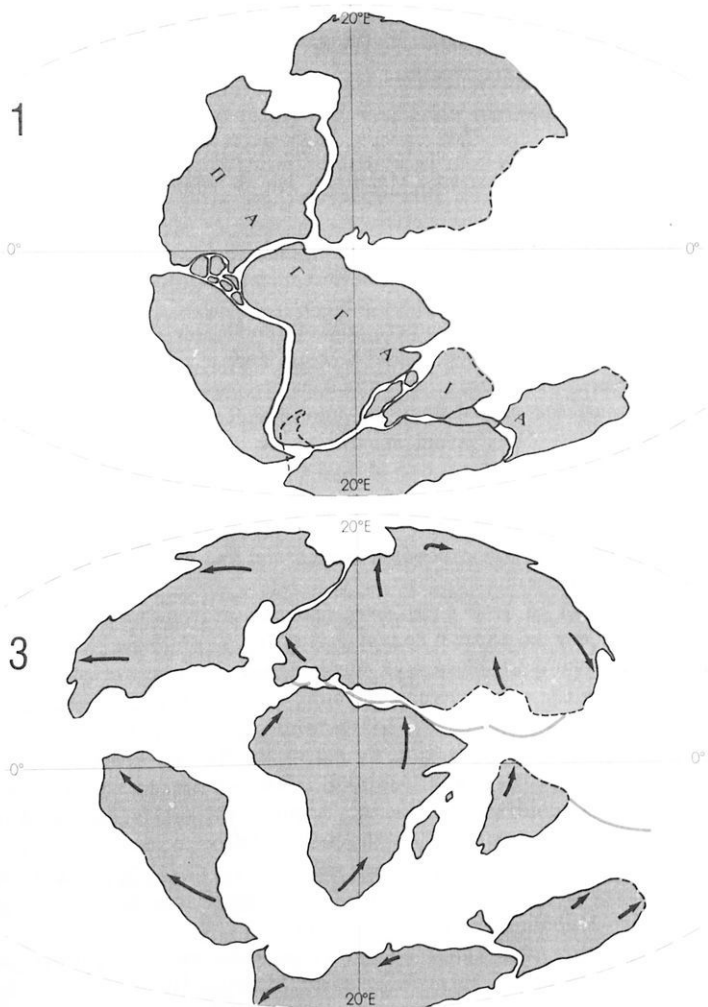
Σ' αὐτὲς τὶς μεγάλες περιοχὲς πολλοὶ προσθέτουν καὶ μιά ἑβδομη, τὴ **νησιωτική**, που περιλαμβάνει πολλὰ νησιά, κυρίως τοῦ Εἰρηνικοῦ. Προσθέτουν ἀκόμα ἐνδιάμεσες ζώνες μεταξύ δυὸ περιοχῶν.

Ἄς σημειωθεῖ πὼς οἱ Φυτογεωγράφοι χωρίζουν τὴ γῆ σὲ ζῶνες που διαφέρουν λίγο, ἀλλὰ γενικά συμπίπτουν με τὶς Ζωογεωγραφικὲς ζώνες. Κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὰ δικά της ζῶα καὶ φυτὰ. Ἀ.χ. μόνο στὴν Αὐστραλία βρίσκεται κανεὶς τὰ Μονοτρήματα, τὰ περίεργα καὶ πρωτόγονα εἶδη θηλαστικῶν που γεννοῦν αὐγά ἀλλὰ θηλάζουν τὰ μικρά τους. Ἐκεῖ βρίσκεται κανεὶς καὶ Μαρσιποφόρα, μερικὰ εἶδη ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ γνωστά μας καγκουρό.

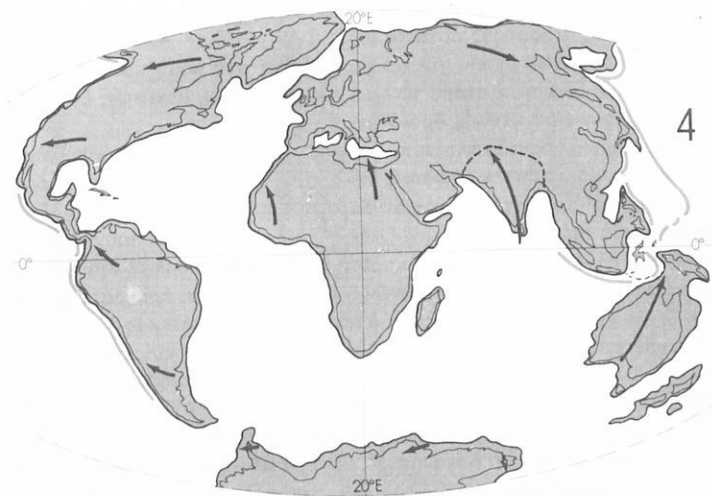
Τὰ ζῶα καὶ τὰ φυτὰ κάθε ζώνης δύσκολα φτάνουν σὲ μιά ἄλλη: τὶς ζῶνες χωρίζουν θάλασσες ἢ ἔρημοι (λ.χ. ἡ Σαχάρα) ἢ βουνά (λ.χ. τὰ Ἴμαλάια). Δὲν εἶναι ὁμοῦ ἀδύνατο νὰ παρατηρηθοῦν καὶ μεταναστεύσεις.

Ἡ μελέτη τῆς γεωγραφικῆς κατανομῆς τῶν ζῶων ἔφερε σὲ φῶς πολλές ἀξιοσημειώτες παρατηρήσεις: Πρῶτα-πρῶτα, τὰ ζῶα τῆς Βόρειας Ἀμερικῆς διαφέρουν ἀπὸ τῆς Νότιας, ἂν καὶ οἱ δυὸ ἡπειροὶ ἐνώνονται μ' ἓνα διάδρομο στεριάς (Κεντρικὴ Ἀμερικὴ). Μετά, πολλὰ ζῶα τῆς Ν. Ἀμερικῆς δείχνουν ὁμοιότητες με ζῶα τῆς Ἀφρικῆς καὶ πολλὰ ζῶα τῆς Ἀφρικῆς δείχνουν ὁμοιότητες με ζῶα τῆς Ἰνδίας. Τέλος τὰ ζῶα τῆς Αὐστραλιανῆς ζώνης φαίνεται πὼς διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τὶς ἄλλες ζώνες. Στὴν Αὐστραλία δὲν ὑπῆρχαν, πρὶν τὰ φέροι ὁ ἄνθρωπος διόλου ἄλλα θηλαστικὰ ἀλλὰ μόνο Μαρσιποφόρα καὶ Μονοτρήματα.

Οἱ περίεργες αὐτὲς παρατηρήσεις ἐρμηνεύονται καλὰ με τὴ θεωρία που τὸ 1915 διατύπωσε ὁ γερμανὸς γεωλόγος Βέγγενερ (Wegener 1880-1930) γιὰ τὴ μετατόπιση τῶν σημερινῶν ἡπειρῶν, θεωρία που σήμερα συμπληρώνεται ἀπὸ τὶς νεώτερες ἀπόψεις γιὰ τὶς τεκτονικὲς πλάκες. Μιά σύντομη περιγραφή τῆς θεωρίας δίνουν τὰ τέσσερα σχήματα που δείχνουν πὼς ἦταν στὴν Πέρμιο περίοδο, τὴν Τριαδικὴ καὶ τὴν Κρητιδικὴ ἡ κατανομὴ τῆς στεριάς καὶ πὼς εἶναι σήμερα. Ἡ ἐνιαία στεριά τῆς παλιᾶς ἡπείρου Παγκαίας (Παν-Γαῖα = ὅλη ἡ Γῆ) χωρίστηκε σὲ δυὸ κομμάτια: τὴν Λαυρασι-



Εικόνα 114: Στο τέλος της Πέρμιας εποχής (εδώ και 230 εκ. χρόνια) οι ηπείροι ένωσης σχημάτιζαν την Παγγαία (πρώτο σχήμα). Στην Τριαδική (210 εκ. χρόνια) άρχισε ο άποχωρισμός που κατάληξε στο τέλος της Τριαδικής στο σχηματισμό της Λαυρασίας και της Γκοντβανίας (δευτέρο 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 Ίνδία προσκρούει κι ένώνεται με την Άσια. Το τέταρτο σχήμα δείχνει τη σημερινή κατανομή της ξηράς.



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. Αξίζει 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 ηπειρών εξηγούν λοιπόν πολύ ικανοποιητικά πολλά χαρακτηριστικά της σημερινής γεωγραφικής κατανομής των φυτών και των ζώων.

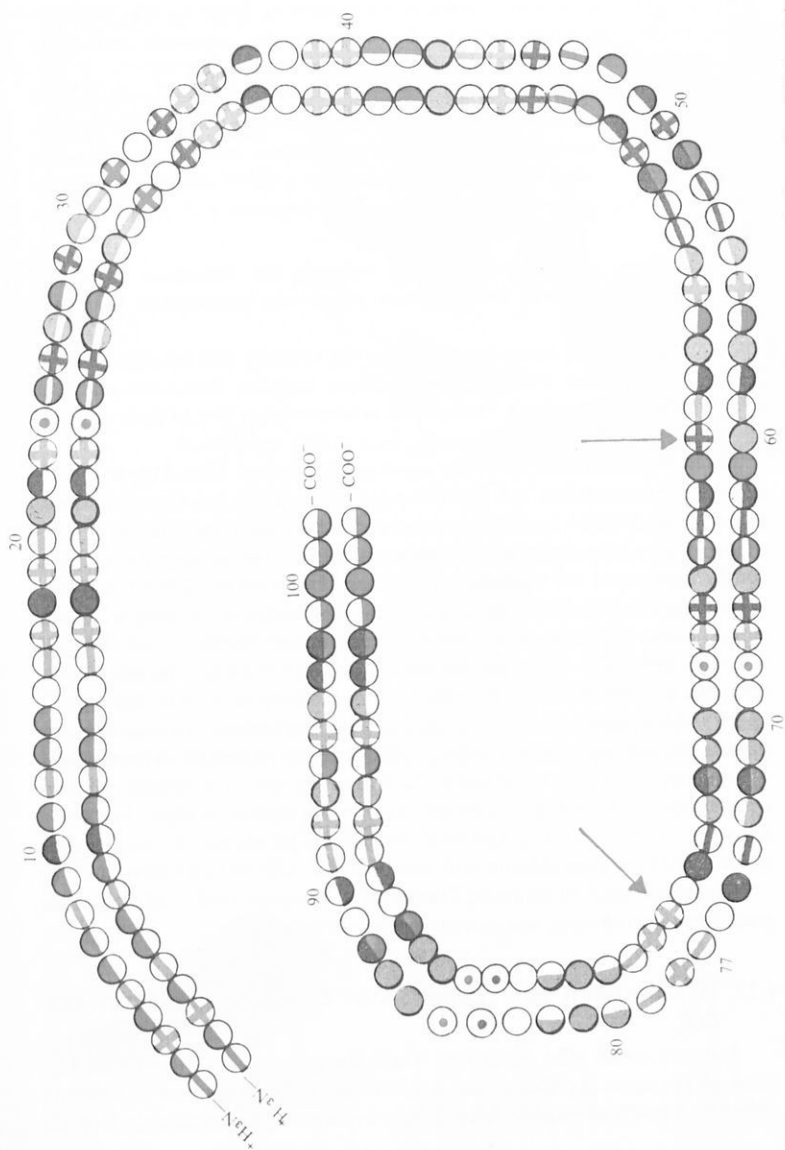
4.11 Αποδείξεις από τη Βιοχημεία

Η βαθύτερη ενότητα όλων των ζωντανών όντων φανερώνεται 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. Αλλωστε 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 άλυσίδας του RNA αντιστοιχούν στα διάφορα είδη αμινοξέων. Αυτή η ομοιότητα του γενετικού κώδικα και μόνο θα ήταν αρκετή απόδειξη για να δεχτούμε τελείως την κοινή προέλευση όλων των ζωντανών οργανισμών: είναι πράγματι τελείως άπιθανο να χρησιμοποιείται τυχαία ο ίδιος γενετικός κώδικας.

Γνωρίζουμε πώς οι γόνοι αποτελούνται από DNA, και πώς 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 μιας συγκεκριμένης πρωτεΐνης έχουν τα ίδια είδη αμινοξέων στην ίδια σειρά διαδοχής τους. Κι επειδή υπάρχουν είκοσι διαφορετικά



Εικόνα 115: Δύο ομόλογες (στρώες ή IV) στο ήμισυ του βοδιού και στο μπλέλι διαφέρουν μόνο σε δύο αμινοξέα, στις θέσεις 60 και 77, αν και απο-τελούνται καθεμιά 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 μπλέλου.

είδη άμινοξέων μπορούμε εύκολα νά καταλάβουμε (συνδυασμοί) πόσο μεγάλος μπορεί νά 'ναι ό άριθμός τών διαφορετικών πρωτεϊνών πού έχουν λ.χ. 124 άμινοξέα όπως έχει ή ριβονουκλεάση τής εικόνας 36.

Όπως υπάρχουν όμόλογα όργανα έτσι υπάρχουν και όμόλογες πρωτεΐνες: Οί αίμοσφαιρίνες τών διάφορων Σπονδυλωτών είναι όμόλογες πρωτεΐνες. Τό ίδιο τά κυτοχρώματα (πού διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στίς όξειδοαναγωγές: είναι ύποδοχείς ήλεκτρονίων στήν όξειδωτική φωσφορυλίωση), τό ίδιο οί ιστόνες (πρωτεΐνες πού βρίσκονται στά χρωματοσώματα).

Είναι άξιοπαρατήρητο ότι ή σειρά διαδοχής τών άμινοξέων σέ διάφορες όμόλογες πρωτεΐνες δείχνει χαρακτηριστικές όμοιότητες αλλά και διαφορές.

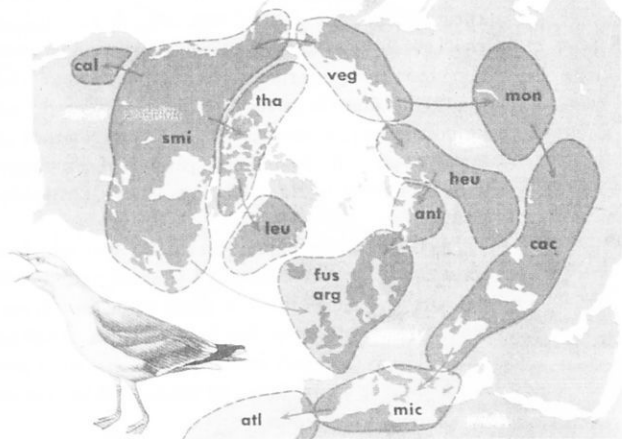
Ξεκινάμε άπό τίς όμοιότητες. Ένα είδος ιστόνης πού μελετήθηκε στό βόδι, στό χοίρο και στόν ποντικό βρέθηκε άπόλυτα όμοιο (άν και έχει πάνω άπό έκατό άμινοξέα). Άκόμα πιο έκπληκτικό, ή ίδια ιστόνη στά μιτζέλια διαφέρει μόνο σέ δύο άμινοξέα άπό εκείνη του βοδιού.

Κι οί αίμοσφαιρίνες δείχνουν μεγάλες όμοιότητες. Στόν άνθρωπο κάθε μόριο τους άποτελείται άπό δύο άλυσίδες τύπου α και δύο άλυσίδες τύπου β: υπάρχουν δηλαδή δύο είδη διαφορετικών άλυσίδων άμινοξέων. Η άλυσίδα τύπου α στόν άνθρωπο και στόν χιμπατζή είναι τελείως όμοιες, ενώ του ανθρώπου και του γορίλλα διαφέρουν σ' ένα μόνο άμινοξύ (άπό τά 141 πού περιέχει ή άλυσίδα). Η ίδια άλυσίδα του ανθρώπου διαφέρει, καθώς άπομακρυνόμαστε, στή φυλογενετική σειρά, άπ' τόν άνθρωπο, σέ 12 ως 25 άμινοξέα άπό άλλες όμόλογες άλυσίδες διάφορων θηλαστικών, αλλά σέ 71 άμινοξέα άπό τήν όμόλογη άλυσίδα ενός ψαριού, του κυπρίνου. Παρόμοιες παρατηρήσεις έγιναν και γιά άλλες όμόλογες πρωτεΐνες. Τέτοιες παρατηρήσεις δέν άποτελούν άπλές ένδείξεις αλλά έχουν τή βαρύτητα άποδείξεων ότι πραγματικά έγινε ή Έξέλιξη. Ό άνθρωπος και οί άνώτεροι πίθηκοι συγγενεύουν πολύ στό φυλογενετικό δέντρο και πρέπει νά είχαν ένα κοινό πρόγονο. Αυτός ό κοινός πρόγονος θά 'μοιαζε μέ πίθηκο άν τώρα ζούσε και τόν εξέταζε ένας ειδικός στή συστηματική τών θηλαστικών: αυτή τή γνώμη διατύπωσε ό άμερικανός Σίμσον (G.G. Simpson 1902 – ζει στίς μέρες μας) ό σημαντικότερος παλαιοντολόγος του καιρού μας.

4.12 Η περίπτωση τών γλάρων: όταν ένα είδος χωρίζεται στά δύο

Δύο συγγενικά είδη διαφέρουν γιατί δέν μπορούν νά διασταυρωθούν: αυτό τό κριτήριο δεχτήκαμε σαν άπόλυτο γιά νά ξεχωρίσουμε τά διάφορα είδη. Νά όμως πού παρουσιάζονται και ένδιάμεσες καταστάσεις. Ένα τέ-

Εικόνα 116: Γεωγραφική κατανομή τών πληθυσμών και υποειδών τών άσημόγλων και μελανόγλων. Με τρία γράμματα συμβολίζεται τó λατινικό όνομα τού υποείδους κάθε πληθυσμού. Στην Εύρώπη δύο, όχι πιά υποείδη, αλλά διαφορετικά είδη (arg = *argentatus*, fus = *fuscus*) συνυπαρχουν χωρίς να διασταυρώνονται.



τοιο παράδειγμα μās προσφέρουν δύο είδη γλάρων πού συχνάζουν και στόν τόπο μας, (κυρίως τó πρώτο είδος): ó άσημόγλος (*Larus argentatus*) και ó μελανόγλος (*Larus fuscus*). Στην Εύρώπη τά δύο αυτά είδη όε διασταυρώνονται. Έδω και είκοσι πέντε περίπου χρόνια άνακαλύφθηκε πώς ή γεωγραφική κατανομή τών γλάρων αυτών σκέπαζε μεγάλες περιοχές τής Εύρώπης, Άσίας και Β. Άμερικής σταματώντας γύρω στους πόλους. Υπάρχουν πολλοί πληθυσμοί μελανόγλου στην Άσία πού οί περιοχές έξαπλώσεως τους συνεχίζονται κι ένώνονται μέ τούς πληθυσμούς τού άσημόγλου τής Βόρειας Άμερικής. Οί όρνιθολόγοι τούς ξεχώρισαν σε ύπο-



Εικόνα 117: Ό άσημόγλος, *Larus argentatus*

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

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

4.13 Η προσαρμογή

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

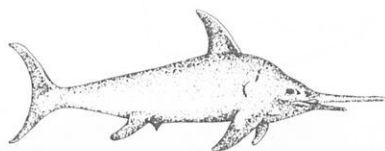
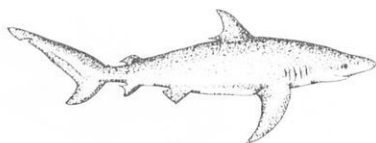
Νά τέτοιες προσαρμογές.

● Τό δελφίνι (θηλαστικό), ό Ίχθυόσαυρος (έρπετό πού τώρα πιά δέ ζεί) κι ό καρχαρίας (ψάρι) έχουν καταπληκτική όμοιότητα στή μορφή τού σώματός τους: τό σχήμα αυτό λύνει τά προβλήματα πού θέτει ή γρήγορη κολύμβηση (τριβές, στροβιλισμοί τού νερού, προώθηση τού σώματος κ.ά.).

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

● Τά δόντια τών θηλαστικών άλλάζουν σχήμα μέγεθος και άριθμό άνάλογα μέ τή διαίτά τους: τό λιοντάρι είναι σαρκοφάγο, έχει ισχυρούς κυνό-

Εικόνα 118: Έξέλιξη που συγκρίνει: οι μορφές μοιάζουν γιατί είναι προσαρμοσμένες στον ίδιο τρόπο ζωής, το κολύμπι. Έτσι υδροδυναμικό σώμα έχουν ο καρχαρίας (πάνω), ο ιχθυόσαυρος, έρπετο που πιά δέν ξεί, (στη μέση) και το δελφίνι (κάτω).



δοντες, που λείπουν από τα μεγάλα χορτοφάγα. Με τους κυνόδοντες το λιοντάρι σκοτώνει το θήραμά του.

- Τα ήμερβια άρπαχτικά πουλιά έχουν ισχυρότατη δράση για να έντοπίζουν από μακριά τα θηράματά τους.

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

- Τα θηλαστικά και τα έντομα που ζουν μέσα στο χώμα σέ λαγούμια έχουν μετασηματισμένα τα μπροστινά τους πόδια σάν φτυάρια για να σκάβουν: οί τυφλοπόντικες κι οί κρεμμυδοφάγοι.

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

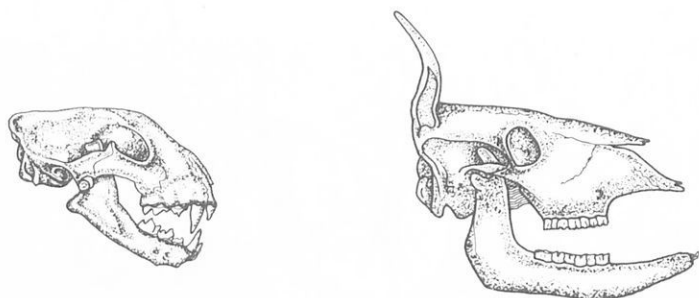
- Τα κέρατα, τα νύχια, τα δόντια χρησιμοποιούνται σάν άμυντικά μέσα στα ζώα, επίσης οί ήλεκτρικές εκκενώσεις μερικών ψαριών των τροπικών



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

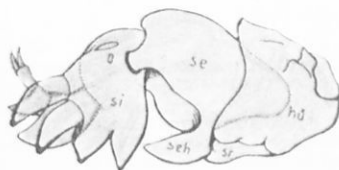
χωρών. Οί δηλητηριώδεις ουσίες (άλκαλοειδή, κυάνιο) ή ενοχλητικές (αιθέρια έλαια) ή άγκάθια αποτελούν μέσα άμυνας των φυτών από τά φυτοφάγα.

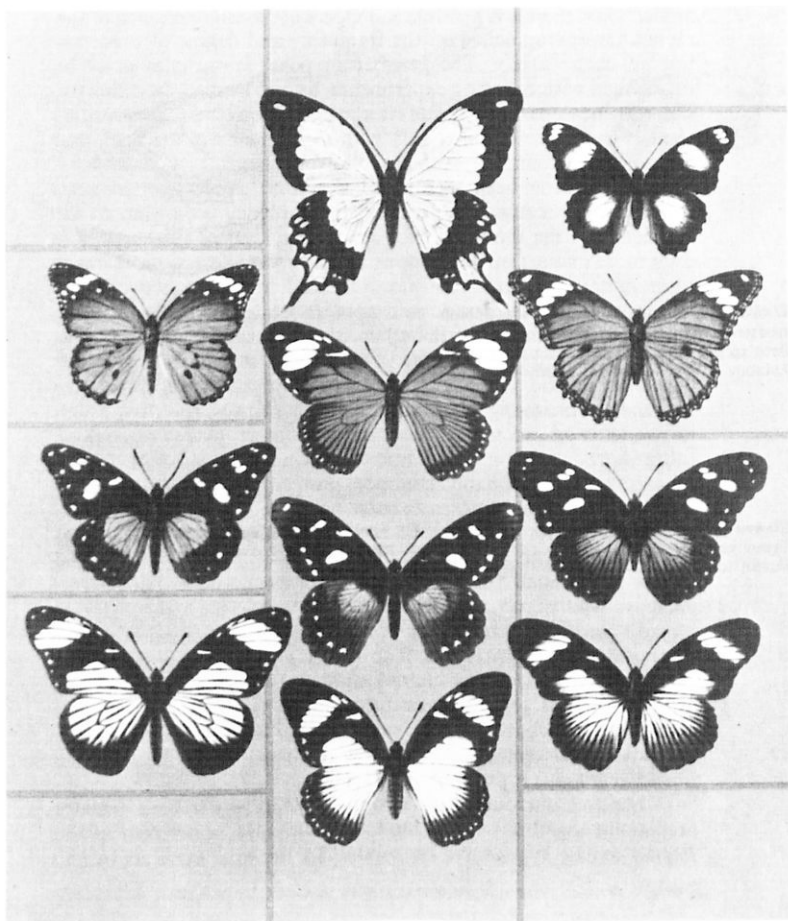
● Οί έλικες (μετασχηματισμένα φύλλα), οί έναέριες ρίζες που κολλούν τό φυτό σέ κάθετες επιφάνειες, οί βλαστοί που συμπλέκονται αποτελούν προσαρμογές των άναρριχητικών φυτών.



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

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



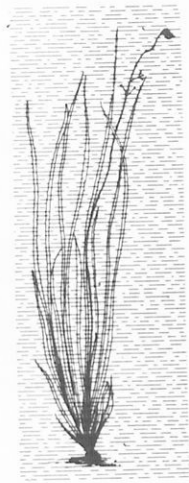
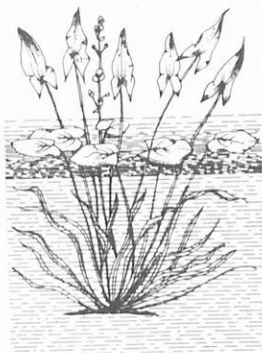


Εικόνα 122: Μιμικρία. Τα άτομα ενός είδους αφρικανικής πεταλούδας μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές (οι τρεις μορφές άριστερά). Αυτό το είδος προκαλεί απέχθεια στα πουλιά γιατί έχει κακή γεύση. Ένα άλλο είδος μιμείται τις τρεις αυτές μορφές για να γλυτώσει από τα πουλιά που το καταδιώκουν: τρεις από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



Εικόνα 123: Αναρριχητικά φυτά. Πολλά φυτά στηρίζονται σε τοίχους, βράχους, κορμούς ή κλαδιά άλλων φυτών κι όχι στο δικό τους κορμό. Κάθε είδος έχει το δικό του τρόπο στηρίξεως. A: έναéριες ρίζες, B: Έλικες, C: βλαστοί πού συμπλέκονται.

Εικόνα 124: Ή Σαγγιτάρια, όταν φυτρώνει στο χώμα έχει φύλλα βελοειδή, μέσ τό νερό μακριά και όταν μέρος της είναι μέσ στο νερό και μέρος της έναέριο έχει τριών ειδών φύλλα. Τά φύλλα μέσ στο νερό δέν έχουν εφουμενίδα και μπορούν νά άπορροφούν θρεπτικά συστατικά και νά μή σπάνε όταν τό νερό κινείται γιατί δέν παρουσιάζουν σημαντική αντίσταση. Άντίθετα τά έναέρια φύλλα στέκουν όρθια για νά δέχονται τίς ήλιακές άκτινες όσο πιά πολύ είναι δυνατό.



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

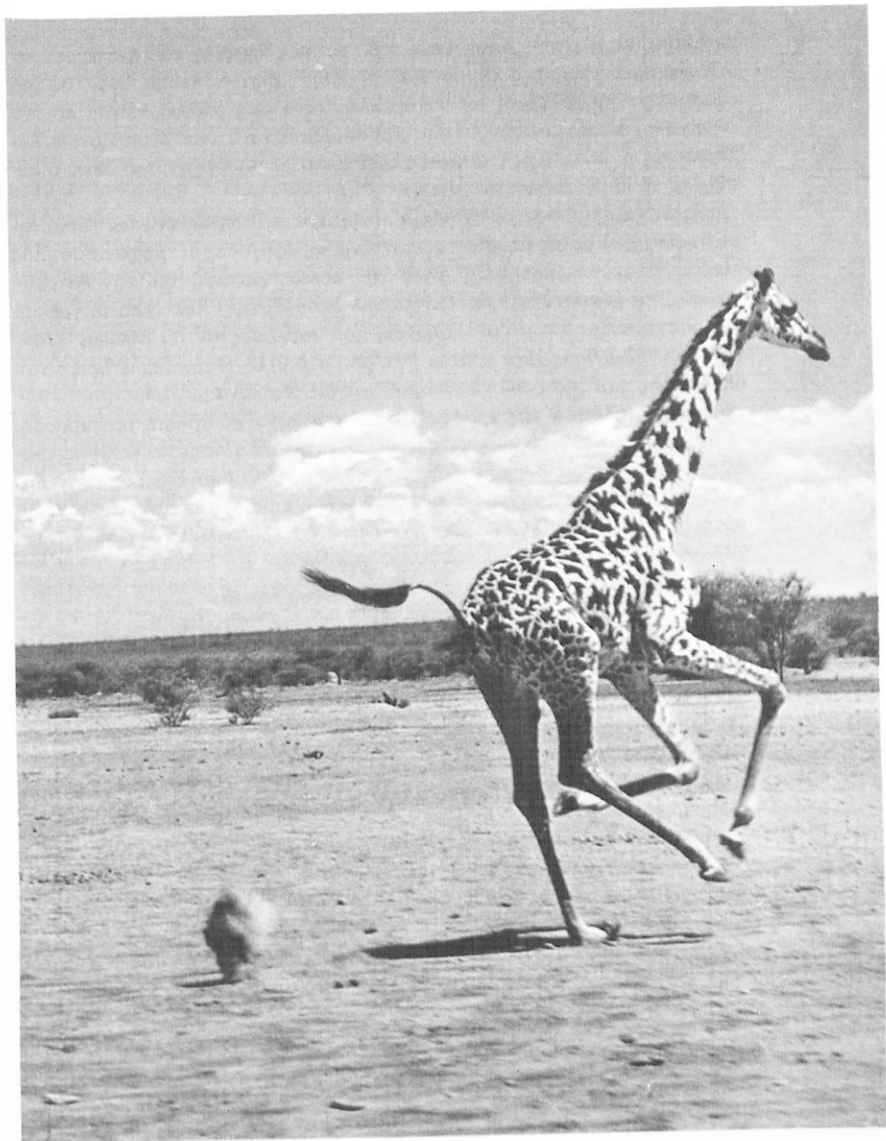
Μποροῦν νά ἀναφερθοῦν πάρα πολλά παραδείγματα προσαρμογῶν. Ὅπου καί νά στρέψουμε τό βλέμμα μας θά δοῦμε προσαρμογές ζωντανῶν ὀργανισμῶν.

4.14 Λαμάρκ καί Ντάρβιν

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

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

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

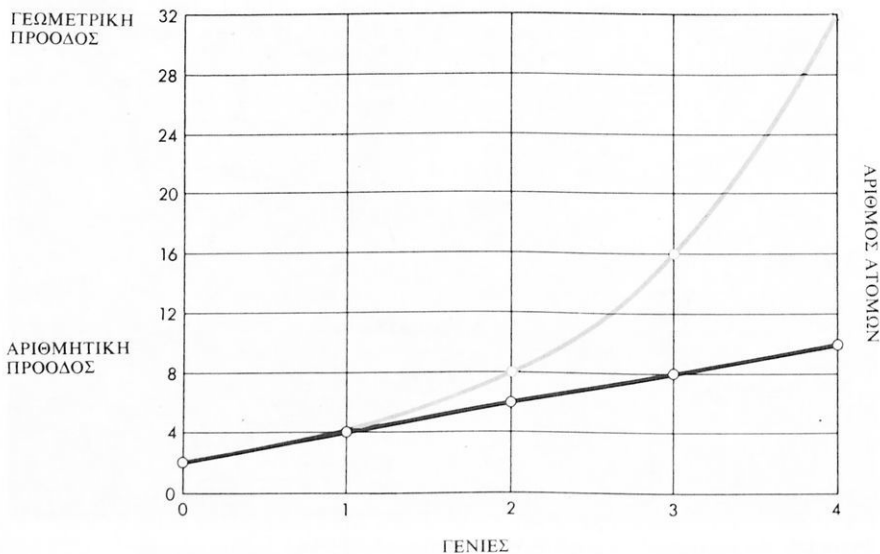


Εικόνα 125: Μιά καμηλοπάρδαλη τρέχει μέσ στην 'Αφρικανική σαβάννα.

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 **διδασκτικές** (τό περιβάλλον αλλάζει τον οργανισμό όπως ο δάσκαλος το παιδί, διδάσκοντάς το).

Κι ο Ντάρβιν πίστευε στην κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών. Και με τη θεωρία της παγένεσης εξηγοῦσε τό μηχανισμό μιᾶς τέτοιας κληρονομικότητας. Ἄλλά τήν κύρια προσοχή του τήν ἔστρεψε ἄλλοῦ: 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 αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ γίνεται σύμφωνα μέ γεωμετρική πρόοδο, ἐνῶ ἡ αὔξηση τῆς τροφῆς γίνεται σύμφωνα μέ ἀριθμητική πρόοδο. Ἔτσι, κατά τόν Μάλθους σύντομα θά φτάναμε σέ κρίσεις ἐλλείψεως τροφῆς. Γιατί ἂν κάθε ἄνθρωπος ἀφήνει περισσότερο ἀπό ἕνα παιδί, ἂν δηλαδή κάθε ζευγάρι ἀφήνει πῶς πολλά ἀπό δύο παιδιά, καί στήν ἄλλη γενιά αὐτά τά παιδιά ἀφήσουν πάλι περισσότερα ἀπό 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.

Είμαι γνωστή ή παλιά Περσική ιστορία γιά τή σκακίερα: Ένας 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 σκακίερας ένα σπειρί στάρι, γιά τό δεύτερο δυό, γιά τό τρίτο 4, γιά τό τέταρτο 8 έτσι πού σέ κάθε τετραγωνάκι νά διπλασιάζει τά σπειριά τού προηγούμενου. Η σκακίερα έχει 64 τετραγωνάκια. Υπολογίστηκε λοιπόν ότι τό στάρι πού θά έπρεπε νά τοποθετηθεί στό 64ο τετραγωνάκι ήταν τόσο (2⁶³ σπόροι), όσο θά παίρναμε αν 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 καλλίτερες 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 Άγγλία (δηλαδή ή νέα περίοδος παραγωγής αγαθών μέ βιομηχανικό τρόπο) επέτρεψε ως τώρα νά μήν επαληθευθούν οι άπαισιόδοξες προβλέψεις τού Μάλθους.

Ο Ντάρβιν όμως είχε πολύ επηρεαστεί από τόν Μάλθους. Σκέφτηκε πώς τά ζώα καί τά φυτά παράγουν πάρα πολλούς απογόνους: κάθε ζευγάρι ζώα όποιοδήποτε 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 οι πληθυσμοί τών ζώων καί τών φυτών δέ φαίνονται νά αυξάνονται, αλλά λίγο πολύ παραμένουν σταθεροί. Τί συμβαίνει; Όλα τά άτομα πού γεννιούνται δέν επιζούν καί δέν αφήνουν απογόνους. Πολλά πεθαίνουν αρκετά νωρίς. Ο Ντάρβιν κατάλαβε πώς όλοι οι 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 ύπήρξε 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.

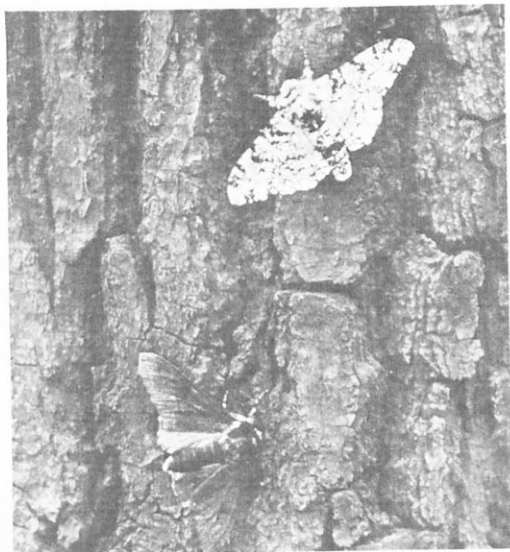
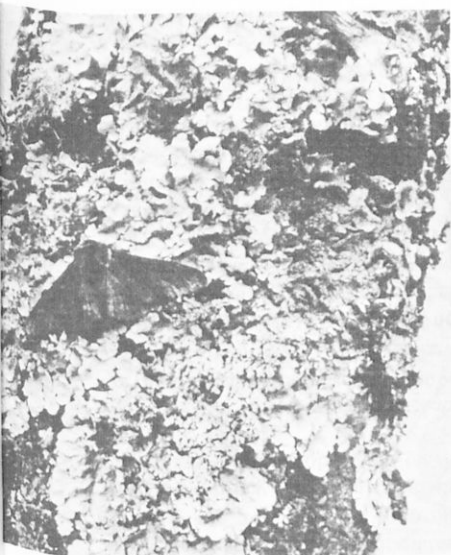
Γιατί ή φυσική επιλογή μπορεί νά εξηγήσει τήν προσαρμογή. Σ' ένα πληθυσμό είδαμε πώς υπάρχει ποικιλομορφία: τά άτομα του ίδιου είδους διαφέρουν. Κι αυτή ή ποικιλομορφία των φαινοτύπων βασίζεται πολλές φορές σε διαφορές γονοτύπων, σε κληρονομικές δηλαδή, διαφορές. Μέ τή φυσική επιλογή συγκρατούνται στόν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

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

Άς δούμε μερικά παραδείγματα φυσικής επιλογής:

● Στην Άγγλία πρίν αναπτυχθεί ή βιομηχανία, οί πεταλούδες ενός όρισμένου είδους (*Biston betularia*) ήταν άσπρες. Τά μαύρα άτομα ήταν σπάνια και οί συλλεκτές έντομολόγοι τά αγοράζαν άκριβά. Μέ τά χρόνια, κι ενώ αναπτυσσόταν ή βιομηχανία, οί μαύρες πεταλούδες άρχισαν νά γίνονται πío συχνές, τόσο πού σήμερα οί άσπρες είναι οί σπάνιες.

Ή **άλλαγή** του χρώματος, δηλαδή τής μορφής των ατόμων ενός είδους (ένα μικρό βήμα εξέλιξεως), άποδειχτηκε πώς όφειλόταν στη φυσική επιλογή. Στην Άγγλία, κατά τήν ανάπτυξη τής βιομηχανίας, χρησιμοποιήθηκε τό κάρβουνο σαν καύσιμη ύλη. Οί καπνίες μαύρισαν γρήγορα τίς επιφάνειες των σπιτιών και των δέντρων. Τό μαύρο χρώμα άποτελέσε καλύτερο καμουφλάζ για τίς μαύρες πεταλούδες: τά πουλιά βλέπανε τώρα πío εύκολα τίς λευκές πεταλούδες πάνω στις μαύρες επιφάνειες και τίς έτρωγαν. Αντίθετα στά δάση, πρίν φτιαχτούν εργοστάσια, οί λευκές πεταλούδες δέν ξεχώριζαν όταν κάθονταν πάνω στους άσπριδερούς λειχήνες στους κορμούς των δέντρων. Μέ τήν **άλλαγή** του περιβάλλοντος έγινε κι ή **άλλαγή** του χρώματος των πεταλούδων, άφου τά πουλιά έτρωγαν έκλεκτικά τίς λευκές πεταλούδες.



Εικόνα 127: Ἀριστερά πάνω στον ἄσπρο κορμό μιά μαύρη πεταλούδα (τὴ βλέπετε ἀμέσως) καὶ μιά ἄσπρη (θὰ τὴ δεῖτε δύσκολα, εἶναι κάτω καὶ λίγο δεξιά ἀπὸ τὴ μαύρη). Στὸ μαύρο κορμό μιά ἄσπρη καὶ μιά μαύρη πεταλούδα (ἀριστερά καὶ κάτω τῆς ἄσπρης.)

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

Πῶς δημιουργεῖται ἡ ποικιλομορφία στους πληθυσμούς; Πού βρέθηκαν οἱ ἀλληλόμορφοι πού κάνουν μαύρες τίς πεταλοῦδες ἢ ἀνθεκτικὲς τίς μύγες; Τόσο ἡ ἀνθεκτικότητά στὸ ἔντομοκτόνο στίς μύγες ὅσο καὶ τὸ μαύρο χρῶμα τῶν πεταλοῦδων εἶναι κληρονομικὰ χαρακτηριστικά πού προήλθαν

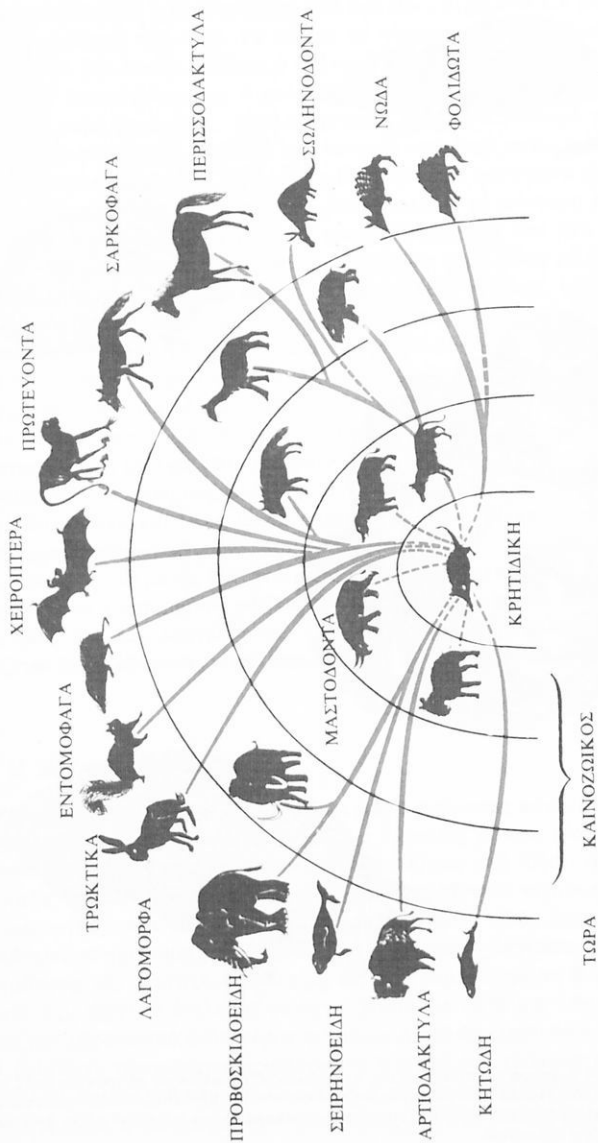
ἀπό μετάλλαξη καί πού ἀκόλουθα ἐπιλεγήκανε. Ἡ ποικιλομορφία στούς πληθυσμούς προέρχεται βρασιικά ἀπό τή μετάλλαξη καί αὐξάνει μέ τό ἀνακάτωμα καί ἀνασυνδυασμό τοῦ γενετικοῦ ὕλικου κατά τή φυλετική ἀναπαραγωγή, τόν ἐγγενή πολλαπλασιασμό. Αὐτό τό ἀνακάτωμα γίνεται, ὅπως ἔχουμε πει κατά τήν παραγωγή τῶν γαμετῶν, στή μείωση, καί κατά τή δημιουργία νέων ἀτόμων, στή γονιμοποίηση, φτιάχνοντας καινούργιους συνδυασμούς κληρονομικοῦ ὕλικου. Ἔτσι 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.

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

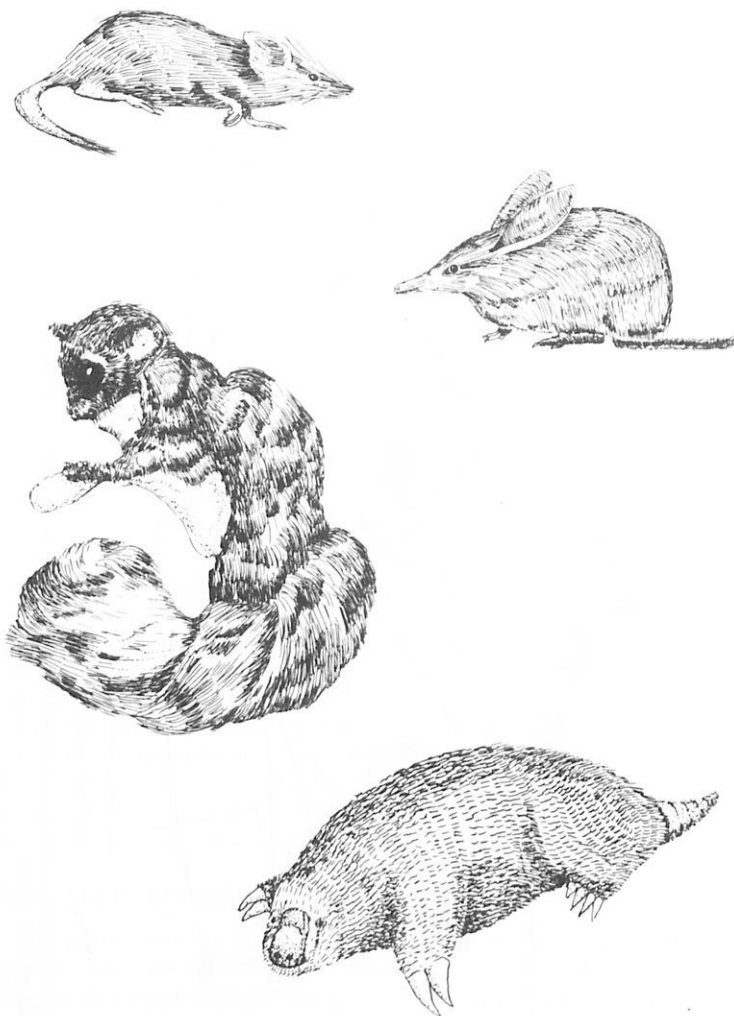
Ἡ **μετάλλαξη**, πού διαρκῶς δημιουργεῖ νέα κληρονομική ποικιλομορφία, ἡ **φυλετική ἀναπαραγωγή**, πού ἐπιτρέπει νέους συνδυασμούς κληρονομικῶν ἰδιοτήτων πού ὑπάρχουν χῶρια σέ διάφορα ἄτομα, καί ἡ **φυσική ἐπιλογή**, πού κάνει τά ἄτομα πιό προσαρμοσμένα στό περιβάλλον, ἀποτελοῦν τούς τρεῖς σημαντικούς παράγοντες τοῦ μηχανισμοῦ τῆς Ἐξελιξέως: αὐτό πιστεύει ἡ **νεοδαρβινική** (πρός τιμή τοῦ Ντάρβιν) ἢ **συνθετική θεωρία** τῆς Ἐξελιξέως. 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 καί 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 καί Κλαδογένεση

Ἡ φυσική ἐπιλογή βραχυχρόνια δημιουργεῖ μικρές ἀλλαγές. Μιά συνάθροιση πολλῶν τέτοιων μικρῶν ἀλλαγῶν, ἔτσι πιστεύει ἡ νεοδαρβινική θεωρία, δημιουργεῖ μεγάλες διαφορές. Ἔτσι 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 ὀρισμένα ζῶα ξαναγεννιοῦνται ὄργανα τοῦ σώματος πού κόπηκαν).



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



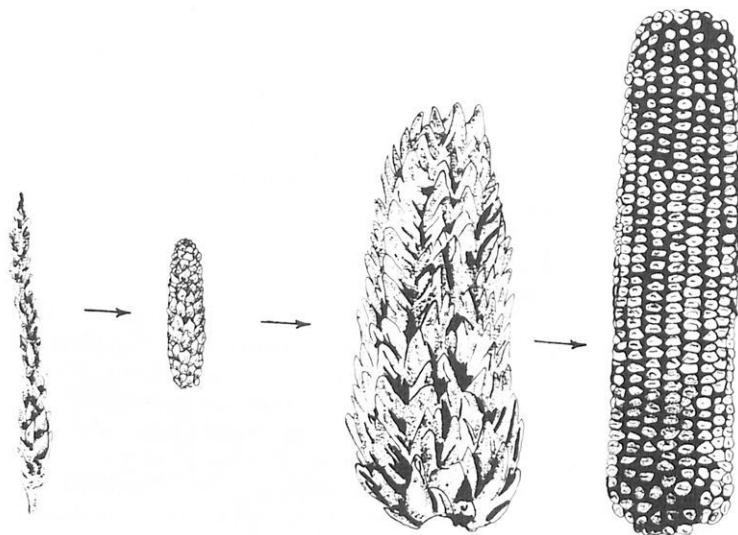
Εικόνα 129: Διάφορα μαρσιποφόρα της Αυστραλίας εξειδικεύονται σε τρόπους ζωής που στις άλλες ηπείρους καλύπτουν διάφορες τάξεις θηλαστικών. Βρίσκουμε λοιπόν «ποντίκια», «λαγούς», «σκίουρους» και «τυφλοπόντικους» μαρσιποφόρα που μοιάζουν με τα αντίστοιχα μη μαρσιποφόρα θηλαστικά.

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

4.17 Ή Βελτίωση

Ό ίδιος ό Ντάρβιν είχε παρατηρήσει πώς ό άνθρωπος κατάφερε μέ τήν τεχνητή έπιλογή πού εφαρμόζει νά φτιάξει διάφορες ράτσες τών καλλιεργούμενων φυτών και τών κατοικίδιων ζώων. Όπως στή Φύση η φυσική μετάλλαξη, η διασταύρωση και η φυσική έπιλογή 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 έπιλογή: φτιάχνει καλύτερα φυτά και ζώα πού παρουσιάζουν οικονομικό ένδιαφέρον γι' αυτόν η άπλως άισθητικό.

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



Εικόνα 130: Ἡ ἱστορία τοῦ καλαμποκιοῦ. Πῶς μέ τήν ἐπιλογή ὁ ἄνθρωπος κατόρθωσε νά αὐξήσει τόν καρπό του καί τήν ἀπόδοσή του.

μικῆ βελτίωση τῶν ἀτόμων, ἀφοῦ κάθε φαινοτυπικό χαρακτηριστικό καθορίζεται ἀπό τό περιβάλλον καί τό γονότυπο.

Ἡ κληρονομική βελτίωση ἐπιτυγχάνεται εἴτε μέ τήν ἐπιλογή τῶν ἀτόμων, πού παρουσιάζουν σέ μεγαλύτερη ἔνταση ἢ ποσότητα τό ἐπιθυμητό χαρακτηριστικό, ἐάν ὑπάρχει ἤδη μεγάλη κληρονομική ποικιλομορφία στόν πληθυσμό, εἴτε μέ τή δημιουργία καί νέας ποικιλομορφίας (μέ τήν ἐπίδραση π.χ. ἀκτίνων X ἢ ραδιενέργειας ἢ χημικῶν οὐσιῶν) καί μετά μέ ἐπιλογή.

Μέ τέτοιες τεχνικές ὁ ἄνθρωπος βελτίωσε τή γεωργική καί κτηνοτροφική παραγωγή. Ἐφτάσε, γιά ἓνα τροπικό φυτό νά αὐξήσει 2.000 φορές τήν παραγωγή του. Αὐτό ὁμως ἀποτελεῖ ἐξαιρεση. Συνήθως ἡ παραγωγή αὐξάνεται πολὺ λιγότερο, ἀλλά αὐξάνεται. Στό καλαμπόκι καί στίς ὀρνιθες ἡ χρησιμοποίηση ὀρισμένων διασταυρώσεων ἐπέτρεψε θεαματική βελτίωση τῆς παραγωγῆς.

Ἄνάλογες προσπάθειες κληρονομικῆς βελτιώσεως τοῦ ἀνθρώπου ἐξετάζει καί ἡ Εὐγονική, πού, ὅταν ἐφαρμόζεται σωστά, προσπαθεῖ μόνο νά ἐξαλείψει τόν ἀνθρώπινο πόνο καί τήν ἀνθρώπινη δυστυχία.

Οἱ ἀνθρώπινοι πληθυσμοί φέρνουν, σέ μικρή, εἶναι ἀλήθεια, συχνότη-

τα, «κακούς» ἀλληλόμορφους, πού σέ ὁμοζυγωτή κατάσταση προκαλοῦν κληρονομικές ἀσθένειες. Τέτοιες ἀσθένειες εἶναι ἡ δρεπανοκυτταρική ἀναιμία κι ἡ θαλασσαιμία. Πρόκειται γιά ἀσθένειες τοῦ αἵματος, εἰδικότερα ἀλλοιώσεις τῆς αἰμοσφαιρίνης. Τά ὁμοζυγωτά ἄτομα γιά τόν κακό ἀλληλόμορφο δέν ἔχουν κανονική αἰμοσφαιρίνη καί πάσχουν ἀπό σοβαρή ἀναιμία. Τά ἄτομα αὐτά ἔχουν καί τούς δύο γονεῖς τους ἑτεροζυγωτούς, πού φέρνουν ἕναν «κανονικό» ἀλληλόμορφο κι ἕναν «κακό». Τά ἑτεροζυγωτά ἄτομα εἶναι ὑγιή καί μάλιστα πιό ἀνθεκτικά στήν ἐλονοσία, μποροῦν ὁμῶς ἄν παντρευτοῦν μέ ὁμοιά τους, νά κάνουν τό 1/4 τῶν παιδιῶν μέ τήν παθολογική κατάσταση τῆς σοβαρῆς ἀναιμίας. Εἶναι δυνατό μέ κατάλληλη διαφώτιση ἀλλά καί ἐξετάσεις νά ἀνακαλυφθοῦν τά ἑτεροζυγωτά ἄτομα γιά τή θαλασσαιμία (καί βέβαια καί γιά τή δρεπανοκυτταρική ἀναιμία) καί νά τά πείσουμε νά μήν κάνουν παιδιά μεταξύ τους, ὥστε νά ἀποφύγουν τόν κίνδυνο νά ἀποκτήσουν παθολογικά παιδιά.

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

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

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

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

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

Μέ την περιορισμένη έννοια πού τής δίνεται συχνά ή Οικολογία δέν περιλαμβάνει και την εξέταση των σχέσεων του ανθρώπου ή των ανθρώπινων πληθυσμών μέ τό περιβάλλον τους. Ό άνθρωπος δέν είναι ένα άπλό θηλαστικό και διαφέρει άπό τά άλλα ζώα.

● Μπορεί νά αναπτύξει συμβολική γλώσσα (και γραφή) κι έτσι νά μεταδίδει τίς γνώσεις του, τίς έμπειρίες του, τίς σκέψεις του, τά συναισθημάτά του και τίς ανάγκες του.

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

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

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

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

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

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

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

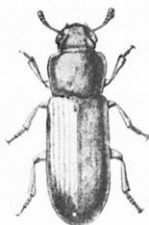
Ὁ χῶρος, ὅπου ἕνας ὄργανισμός ζεῖ, ἀποτελεῖ τόν τέταρτον παράγοντα. Τό κουνέλι χρειάζεται εἶδαφος πού νά μπορεῖ νά τό σκάβει, νά κάνει τρύπες γιά νά κρυφτεῖ. Δέν μπορεῖ νά ζήσει σέ πετρώματα σκληρά πού δέν τοῦ ἐπιτρέπουν νά φτιάξει τρύπες. Τό πουλί χρειάζεται δέντρο γιά νά κάνει τή φωλιά του.

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

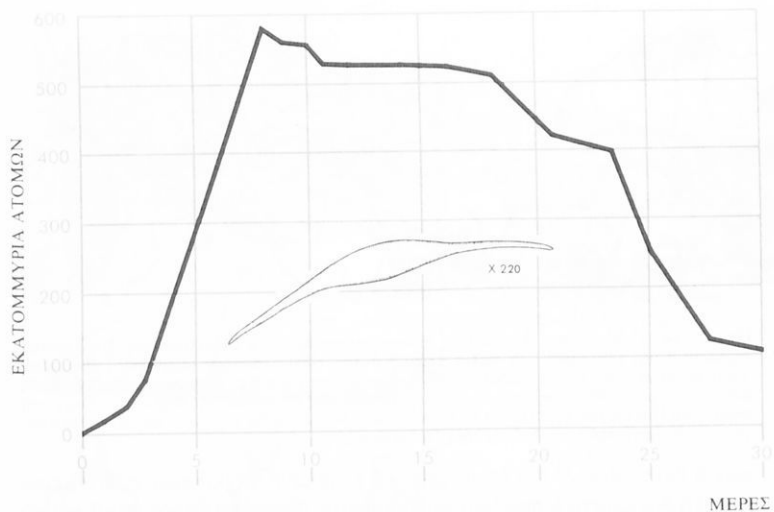
5.2 Οἱ ἄλλοι ὄργανισμοί τοῦ ἴδιου εἴδους: ὁ πληθυσμός

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

Τήν ἀρνητικὴ αὐτὴ ἀλληλεπίδραση τῶν ἀτόμων ἑνὸς πληθυσμοῦ μπορούμε νά τήν δοῦμε χαρακτηριστικά στήν ἀύξηση ἑνὸς πληθυσμοῦ διατό-

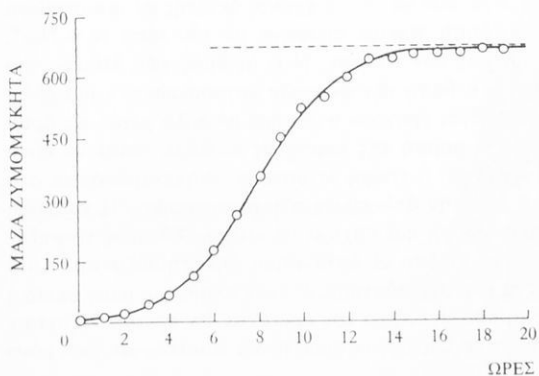


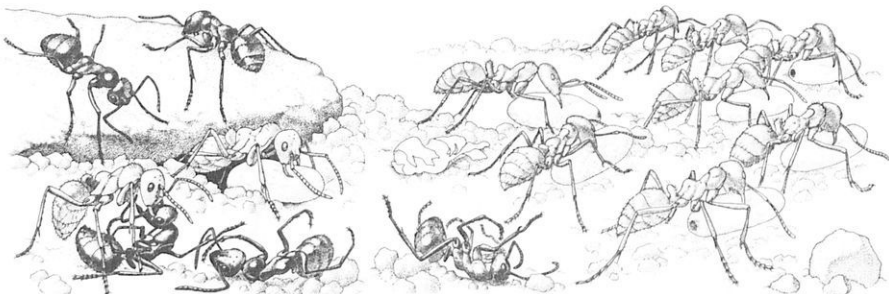
Εἰκόνα 131: Τό *Tribolium confusum* (ἔχει μήκος 3 χιλιοστά περίπου).



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

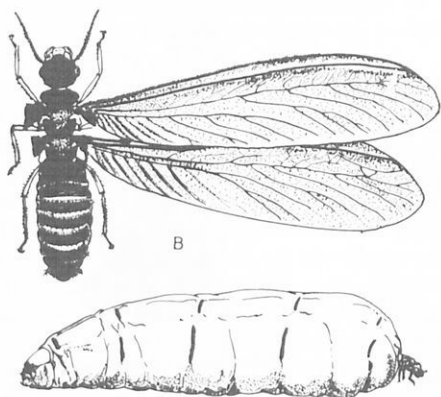
Εικόνα 133: Η σιγμοειδής καμπύλη της αύξησης του πληθυσμού ζυμομυκήτων σε μία καλλιέργεια.



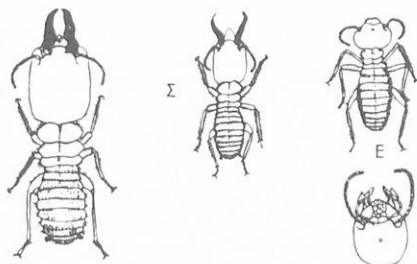


Εικόνα 134: Η δούλεψη. Άτομα ενός είδους μυρμηγκιών (τά ανοιχτόχρωμα, Πολύεργος) επιτίθενται και ληλατούν μία φωλιά ατόμων άλλου είδους (σκούρα μυρμηγκία, Φόρμικα). Όσα αντίστοιχονται στους επιδρομείς σκοτώνονται από αυτούς. Συγχρόνως οι επιδρομείς μεταφέρουν με τις δαγκάνες τους τα «κουκούλια» δηλαδή τις νιμφές της Φόρμικας. Όταν στη φωλιά του Πολύεργου βγούνε από τα κουκούλια οι Φόρμικες θα νομίζουν πως είναι Πολύεργος, και θα ύπηρετούν σαν δούλοι τους Πολύεργους.

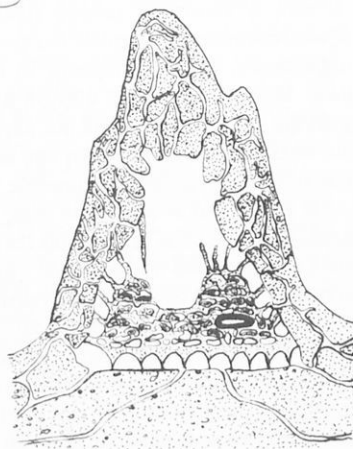
μων ή βακτηρίων σ' ένα εργαστηριακό πείραμα. Αν βάλουμε σ' ένα μπουκάλι (ή δοκιμαστικό σωλήνα) ζωμό κρέατος (θρεπτικό υπόστρωμα) και το μολύνουμε με βακτήρια μπορούμε να παρακολουθήσουμε με διάφορες μεθόδους πόσο αυξάνονται τα βακτήρια. Το ίδιο πείραμα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε με διάτομα (микροσκοπικούς οργανισμούς). Ή, πάλι, αν σ' ένα κουτί με άλευρι βάλουμε αυτά τα σκαθάρια που το τρώνε και που τα ονομάζουμε συνήθως «ψείρες του αλευριού» (*Tribolium confusum*). Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις ή καμπύλη της αύξησεως είναι ή ίδια. Στην αρχή τά άτομα είναι λίγα και ή τροφή άφθονη: ή αύξηση ακολουθεί τή γεωμετρική πρόοδο, λέμε πως είναι εκθετική επειδή ο αριθμός των ατόμων αυξάνεται, σέ συνάρτηση με τό χρόνο, σάν νά 'ταν ο χρόνος εκθέτης σέ μία σταθερή ποσότητα, δηλαδή ή αύξηση γίνεται σύμφωνα με τόν τύπο $N = N_0 e^{at}$, όπου N_0 ο αρχικός αριθμός των ατόμων, N ο αριθμός των ατόμων στό χρόνο t , e μία σταθερή – ή βάση των φυσικών λογαρίθμων – a μία άλλη σταθερή και t ο χρόνος. Έτσι γρήγορα φτάνουμε σέ πολύ μεγάλους αριθμούς αλλά και γρήγορα ή μορφή της καμπύλης αλλάζει, παύει νά είναι εκθετική, ή αύξηση φρενάρει: ή τροφή λιγοστεύει, συγκεντρώνονται στό χώρο προϊόντα τοξικά από τήν απέκκριση των οργανισμών. Ή καμπύλη φτάνει γρήγορα σέ μία κορυφή και αρχίζει νά κατακυλιά πρός τό μηδέν όσο ή τροφή ελαττώνεται κι όσο οί οργανισμοί δηλητηριάζονται. Αυτό βέβαια συμβαίνει σ' ένα κλειστό σύστημα, σ' έναν πληθυσμό στόν όποιο ή τροφή δέν ανανεώνεται, πού τά τοξικά του προϊόντα δέν «μεταβολίζονται» δηλαδή δέν τά διασπούν άλλοι οργανισμοί ή δέν διασπώνται από μόνα τους.

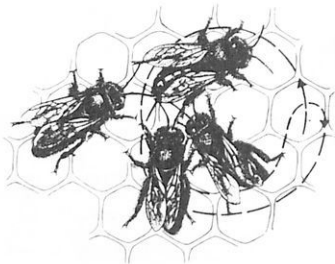


Εικόνα 135: Διάφορες μορφές
τερμιτών που ζούν στην ίδια
κοινωνία. Βασίλισσες (B) πριν
γονιτοποιηθούν κι όταν γεν-
νούν αυγά, στρατιώτες (Σ) και
εργάτριες (E). Μεγέθυνση του
κεφαλιού μίας εργάτριας.

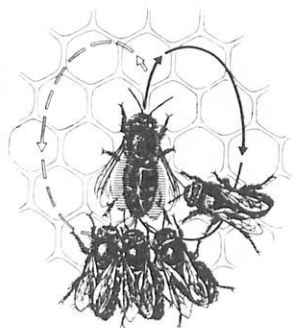


Εικόνα 136: Τομή μίας φωλιάς κοινωνίας
άφρικανικών τερμιτών.





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



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

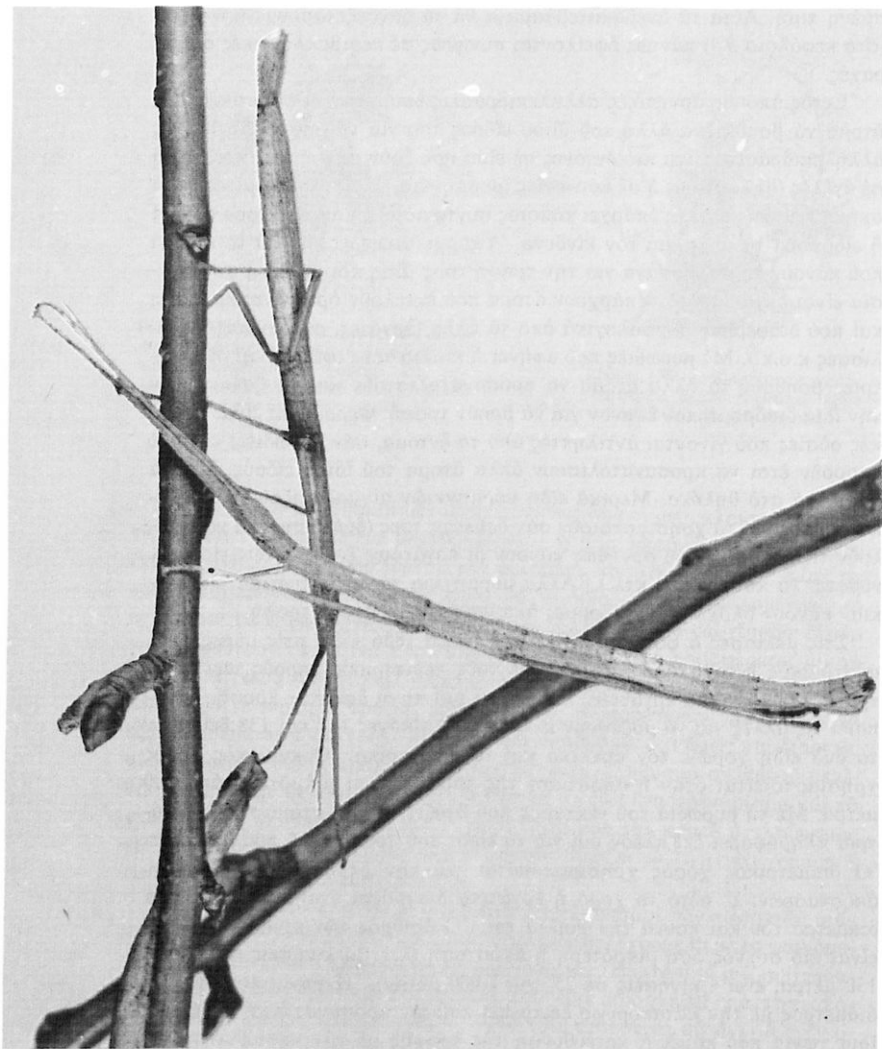
Στή φύση οι πληθυσμοί δεν είναι συνήθως συστήματα κλειστά, δηλαδή τα τοξικά τους προϊόντα μεταβολίζονται ή απομακρύνονται απ' αυτούς, ενώ περιοδικά τους προσφέρεται μία όρισμένη ποσότητα τροφής. Κάτι τέτοιο προσπαθούμε στο εργαστήριο να μιμηθούμε χρησιμοποιώντας το «χημειοστάτη», ένα όργανο σαν μπουκάλι αλλά με έξοδο και είσοδο: έξοδο για να φεύγουν τα τοξικά προϊόντα και είσοδο για να προσφέρεται μικρή ποσότητα νέου θρεπτικού υλικού σέ όρισμένα χρονικά διαστήματα. Έπειδή ή ποσότητα τροφής είναι πάντως περιορισμένη, μπορούμε να εξακολουθήσουμε να 'χουμε ένα ζωντανό πληθυσμό, όχι όμως και διαρκώς αυξανόμενο, δηλαδή μπορούμε να 'χουμε έναν πληθυσμό σταθερού μεγέθους. Μετά την έκθετική αύξηση βλέπουμε κι εδώ ένα φρενάρημα και τό φτάσιμο του πληθυσμού σέ μία μέγιστη τιμή που την κρατά ό πληθυσμός για πολύ χρόνο. Η καμπύλη της αύξησης θυμίζει τό λατινικό γράμμα S και γι' αυτό ονομάζεται σιγμοειδής.

Σ' ένα «φυσικό» πληθυσμό όπως είναι οι πληθυσμοί των ποντικιών μις μεγάλης πόλεως που μελετήθηκε (τής Βαλτιμόρης) 'χουμε κι άλλα φαινόμενα. Γύρω στά 1945 ό πληθυσμός ήταν μηδάμινός, έπειτα από μία συστηματική και αποτελεσματική έκστρατεία που είχε προηγηθεί για τήν ολοσχερή καταστροφή των ποντικιών. Από τότε άρχισε νά αυξάνεται γρήγορα. Τά ποντίκια τρεφόντουσαν κυρίως από σκουπίδια (οί κάτοικοι άμελούσαν νά κλείνουν στεγανά τούς τσίγκινους σκουπιδοντενεκέδες τους). Όταν έφτασε στό μέγιστο σημείο του, άρχισε νά παρουσιάζει άνεβοκατεβάσματα, σαν άκανόνιστους παλμούς πάνω κάτω: ποτέ δέν ξεπερνούσε όμως μία όρι-

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

Έκτός από τίς άρνητικές άλληλεπιδράσεις υπάρχουν κι οί θετικές: ένα άτομο νά βοηθά ένα άλλο του ίδιου είδους του γιά νά ζήσει. Οί θετικές άλληλεπιδράσεις είναι πιό έντονες σέ είδη πού ζούν σέ **σμήνη**, (πουλιά) ή σέ **άγέλες** (θηλαστικά) ή σέ **κοινωνίες** (μυρμήγκια, μέλισσες, τερμίτες). Στά σμήνη και στίς άγέλες ύπάρχει κάποιος συντονισμός, κάποιος άτομο όδηγεϊ ή είδοποιεί τά άλλα γιά τόν κίνδυνο. Ύπάρχει συνεργασία γιά τό κυνήγι πού κάνουν τά σαρκοφάγα γιά τήν τροφή τους. Στίς κοινωνίες ή συνεργασία είναι μεγαλύτερη. Ύπάρχουν άτομα πού έκτελούν όρισμένες εργασίες και πού διαφέρουν μορφολογικά από τά άλλα (εργάτες, στρατιώτες, βασιλίσσες κ.ο.κ.). Μέ μυρωδιές πού άφήνει ή κοιλιά τους (**φερομόνη**) οί εργάτριες βοηθούν τά άλλα άτομα νά προσανατολιστούν και νά ξανακάνουν τήν ίδια διαδρομή πού έκαναν γιά νά βρούν τροφή. Φερομόνες είναι πητικές ούσιες πού γίνονται άντιληπτές από τά έντομα, σάν μυρωδιές, και πού μπορούν έτσι νά προσανατολίσουν άλλα άτομα του ίδιου είδους, λ.χ. τά άρσενικά στό θηλυκό. Μερικά είδη μυρμηγκιών αιχμαλωτίζουν άλλα άλλου είδους και τά χρησιμοποιούν σάν δούλους τους (**δούλωση**) γιά νά έκτελούν τίς εργασίες πού συνήθως κάνουν οί εργάτριες (νά τρέφουν τίς προνύμφες, νά καθαρίζουν κτλ.). Άλλα μυρμήγκια τά «στρατιωτικά μυρμήγκια» κάνουν όλόκληρες επιδρομές όλα μαζί γιά νά βρούν τροφή.

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

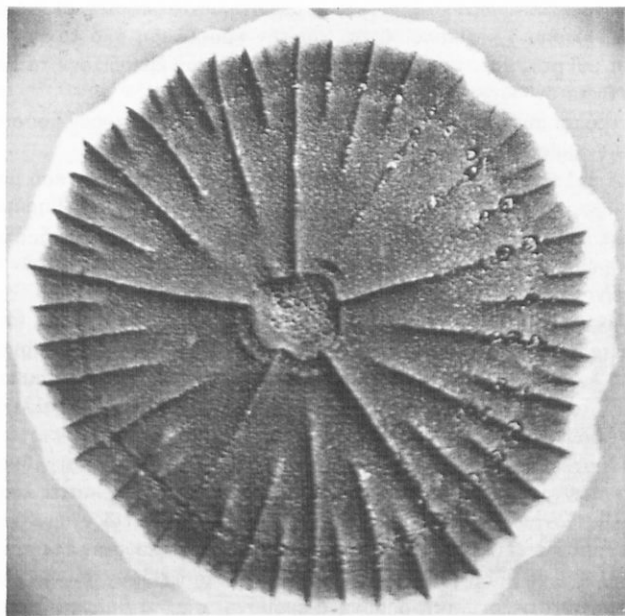


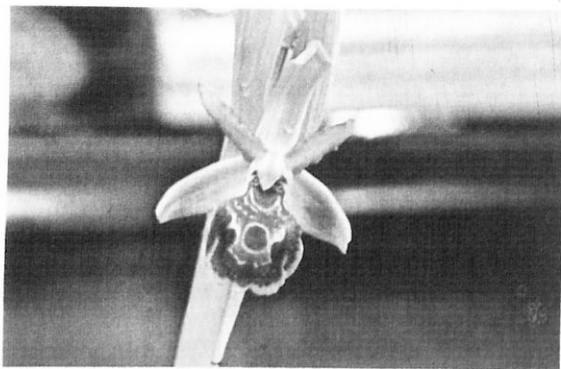
Εικόνα 139: Ένα έντομο που ανήκει σε μία ομάδα που ονομάζεται Φάσματα, ο Βάκιλλος του Ροσσί (*Bacillus Rossii*), μοιάζει με κλαδιά δέντρου σε πλήρη άκίνησία. Χαρακτηριστική περίπτωση καμουφλάζ που πετυχαίνεται με το σχήμα του σώματος και το χρώμα του εντόμου. Έτσι αποφεύγει τα πουλιά που το τρώνε. Στην εικόνα δύο, άτομα φασμάτων.

5.3 Σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικῶν ειδῶν

Μεταξύ ατόμων που ἀνήκουν σὲ διαφορετικὰ εἶδη μπορεῖ νά υπάρχουν διάφορου εἶδους ἀλληλεπιδράσεις. Ἐνα συνηθισμένο εἶδος ἀρνητικῆς σχέσεως εἶναι τοῦ **θήραματος-θηρευτῆ**. Τό θήραμα τρώγεται, οἱ θηρευτές τρῶνε. Τό θήραμα κοιτάζει πῶς νά ἀποφύγει τό θηρευτή του, πῶς νά προστατευθεῖ ἀπό αὐτόν. Τά θηλαστικά ἀποχτοῦν μηχανισμούς ἀντιστάσεως στά παθογόνα μικρόβιά τους, παράγουν **ἀντισώματα**. Πολλά ζῶα προσαρμόζουν τό χρωματισμό τους, ὥστε νά μή γίνονται εὐκολά ὀρατά ἀπό τό θηρευτή τους: στά βόρεια μέρη, ὅπου ὅλα τά καλύπτει ὁ πάγος, τά ζῶα ἔχουν λευκό τρίχωμα. Γενικά, ἡ γνωστή ἀπό τή στρατιωτική τέχνη μέθοδος τῆς παραλλαγῆς (καμουφλάζ) ἔχει χρησιμοποιηθεῖ εὐρύτατα ἀπό τοὺς ζωικούς ὀργανισμούς. Εἶδαμε πῶς οἱ πεταλοῦδες που ζοῦν σὲ βιομηχανικές περιοχές μεγαλουπόλεων ἔχουν μαῦρο χρῶμα, γιατί πολλές ἐπιφάνειες κτιρίων ἢ δέντρων μαυρίζουν ἀπό τοὺς καπνοὺς. Μερικά ἔντομα μοιάζουν μέ κλαδίσκους δέντρων ἢ μέ φύλλα, γιά νά κρύβονται ἀπό τοὺς διῶκτες τους.

Εἰκόνα 140: Τό *Penicillium* (μιά ἀποικία του), ὁ μύκητας που παράγει τὴν πενικιλίνη.





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

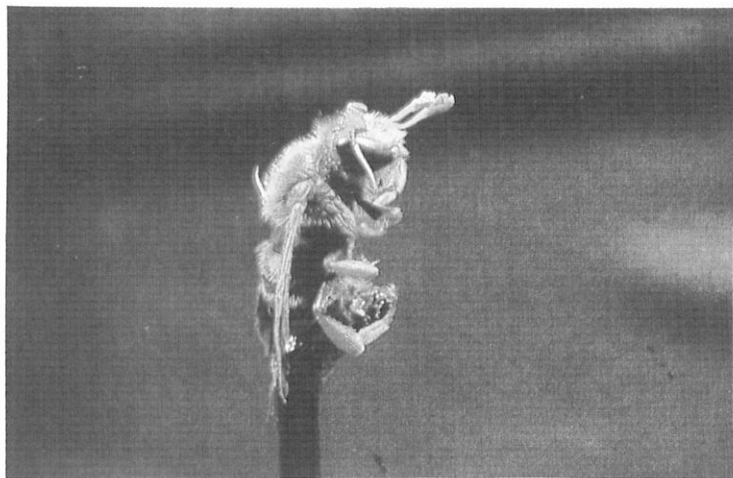
“Άλλες πεταλούδες κι άλλα έντομα παρουσιάζουν τό φαινόμενο της μικρίας γιά τό όποιο επίσης μιλήσαμε. Οί μηχανισμοί άμυνας είναι πολλοί. Ή φυγή, τά νύχια, τά δόντια μπορούν νά χρησιμοποιηθοδν όπως καί οί ηλεκτρικές εκκενώσεις στις μουδιάστρες (σελάχια, ψάρια τών δικών μας καί τών τροπικών χωρών). Στά φυτά οί δηλητηριώδεις ούσίες, οί ένοχλητικές, τά άγκάθια χρησιμοποιοδνται γιά τήν προφύλαξη άπό τά φυτοφάγα ζώα. Οί μύκητες παράγουν **άντιβιοτικά**, ούσίες πού έμποδίζουν τά βακτήρια νά αναπτυχθοδν.

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

Ένα άλλο άρνητικό είδος σχέσεως είναι ό **παρσιτισμός**, πού μοιάζει πολύ (μερικοί τή θεωροδν καί ταυτόσημη) μέ τή σχέση θηράματος-θηρευτή. Άποβαίνει πάντα σέ βάρος τού ένός είδους, τού **ξενιστή**, άπό τόν όποιο τρέφεται τό παράσιτο. Τά παθογόνα μικρόβια, πού προκαλοδν ασθένειες, είναι κι αύτά παράσιτα.

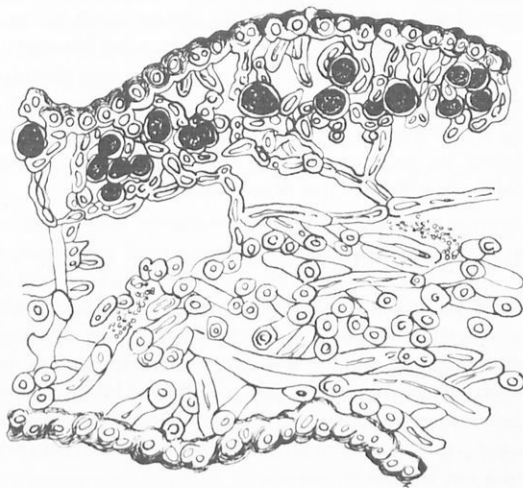
Τέλος μπορεί νά ύπάρχει ένα είδος θετικής άλληλεξαρτήσεως (συμβολής) μεταξύ άτόμων διαφορετικών ειδών: τά έντομόφιλα φυτά έπικονιάζονται άπό έντομα, τών όποιών ή παρουσία είναι άναγκαία γιά τή διαίωνισή τους. Γι' αύτό οί μέλισσες αυξάινουν τή γονιμότητα πολλών καλλιεργουμένων φυτών.

Τά όρχεοειδή (σερνικοβότανα, σαλέπια) γονιμοποιοδνται μόνο άπό όρισμένα έντομα. Ό Ντάρβιν άπό τά 1860 γνώριζε τις θαυμαστές λεπτομέρειες της γονιμοποίησής τους. Τό άρσενικό έντομο (είδος ύμενόπτερου σάν τις μέλισσες) στην περίπτωση πολλών ειδών όρχεοειδών έλκεται γιαιτί τό άνθος άπό τή μιά μεριά μοιάζει μέ τό θηλυκό τού είδους του καί άπό τήν άλλη παράγει σεξουαλική όρμόνη (φερομόνη) σάν τά θηλυκά άτομα τού

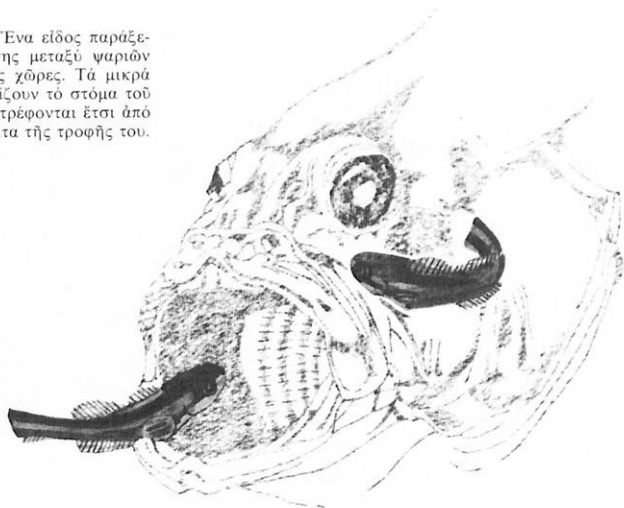


Εικόνα 142: Άρσενικό ήμενόπετρο με κολλημένα στο κεφάλι του δύο κερατάκια: είναι τα γυρεοφόρα συκροτήματα ενός όρχειοειδούς με το οποίο έκανε ψευτοσυνουσία.

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.

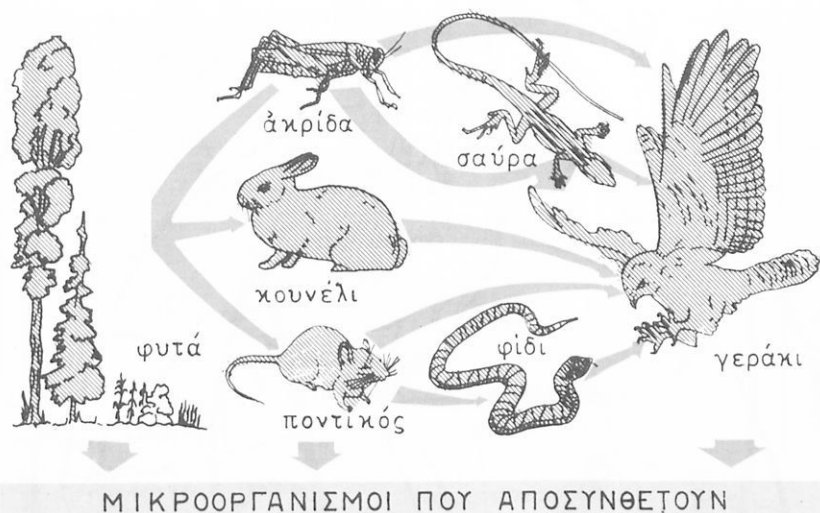


είδους του. Μέ τις κινήσεις που κάνει κατά την ψευδοσυνουσία για να γονιμοποιήσει το δηθεν θηλυκό του καταλήγει ν' άγγιξει με το κεφάλι του ή την κοιλιά του τους άνηθρες. Μέ ένα καταπληκτικό μηχανισμό κολλούν στο μέρος του σώματος του έντομου που τους άγγιξε γυρεοφόρα συγκροτήματα (μάζες από γύρη). Μόλις τό έντομο επισκεφτεί άλλο άνθος τό γονιμοποιεί με τή γύρη που μ' αυτόν τόν περίεργο τρόπο μεταφέρει.

Ή συμβίωση είναι τέλος μιά σχέση δυό διαφορετικων οργανισμων που ζουν ο ένας δίπλα στον άλλο, για κοινή τους ωφέλεια. Τά άζωτόλογα βακτηρια με τά ψυχανθή αποτελούν ένα παράδειγμα. Οί λειχήνες αποτελούνται από ένα φύκος κι ένα μύκητα, που συμβιούν. Ένα είδος πουλιού συμβιώνει με τό ρινόκερο και κάθεται διαρκώς στην πλάτη του: τρώει τά παράσιτα που ζουν στο δέρμα του ζώου.

5.4 Θήραμα, θηρευτής κι άλυσίδες τροφής

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

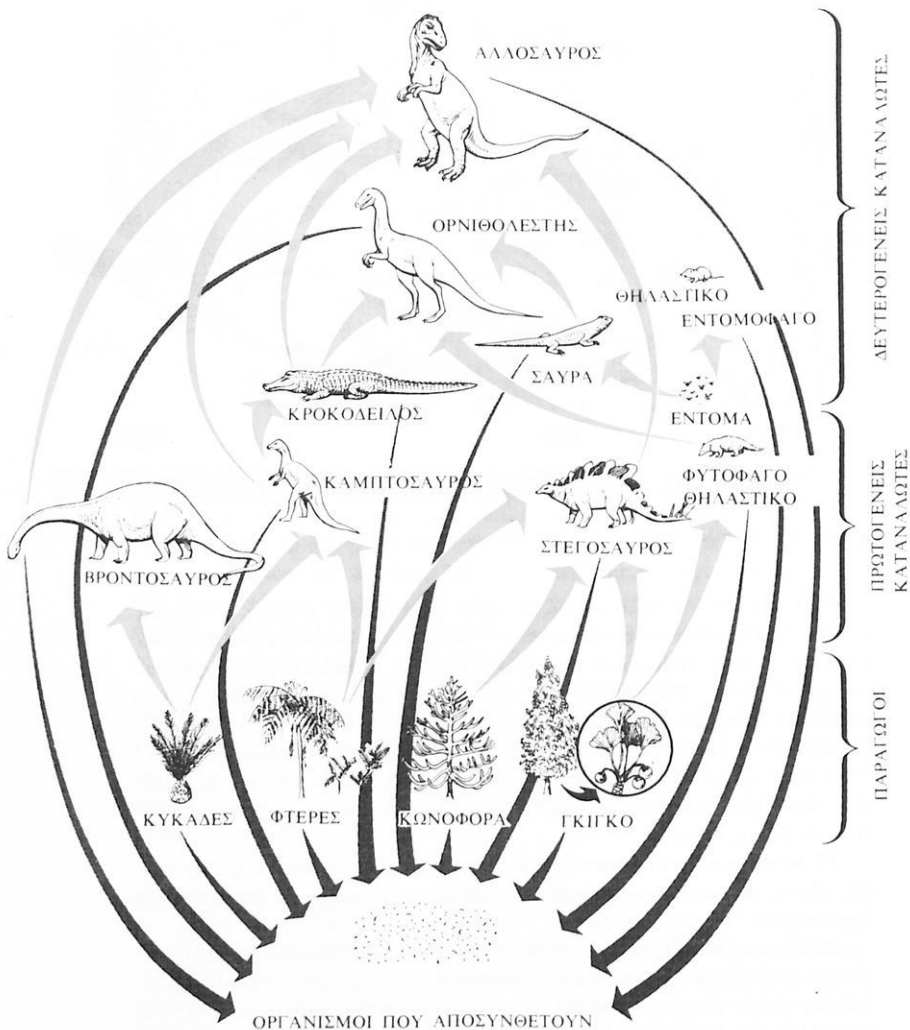


Εικόνα 145: Άλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα.

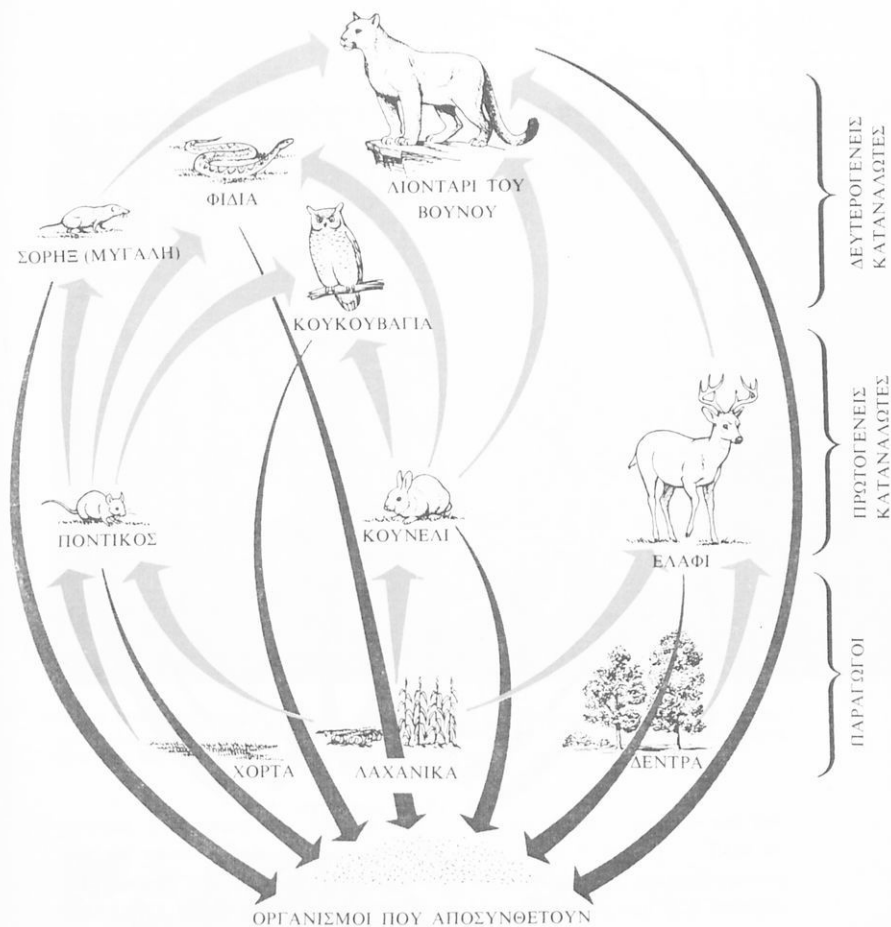
Τά πράσινα φυτά αλλά και τά πράσινα, φαιά (καφέ), κίτρινα, ροδόχροα φύκη και τά κυανοφύκη φωτοσυνθέτουν: μέ νερό και διοξειδίο του άνθρακα και παίρνοντας ενέργεια από τίς ήλιακές ακτίνες, κατασκευάζουν τίς οργανικές τους ουσίες. Τίς άνόργανες ουσίες πού χρειάζονται τίς παίρνουν από τό έδαφος ή τή θάλασσα.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

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

Πιο άμεση είναι ή εξάρτηση των **παράσιτων**. Ίοι, Μυκοπλάσματα, Βακτήρια, Πρωτόζωα μπορούν νά παρασιτοϋν άλλους οργανισμούς προκαλώντας τους άσθένειες. Μερικοί μύκητες είναι έπίσης 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.

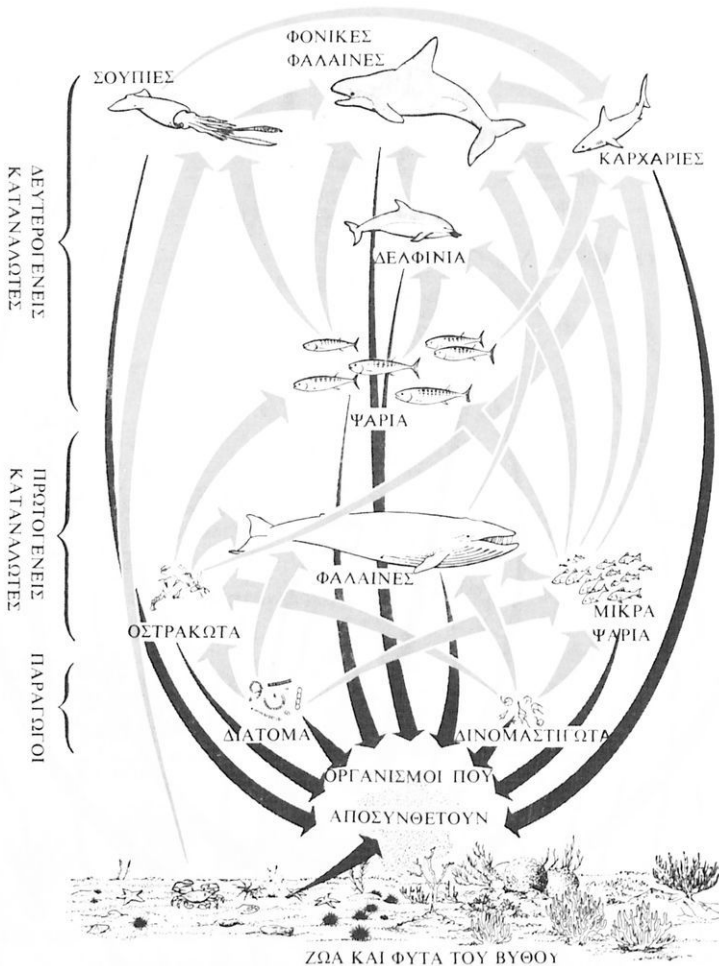


Εικόνα 146: 'Αλυσίδες τροφής σ' ένα οικοσύστημα με δεινόσαυρους. 'Απ' ό.τι πληροφορίες έχουμε κάπως έτσι θα 'πρεπε στην Ίουρασική περίοδο νά 'ναι οι σχέσεις θηράματος-θηρευτή.



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

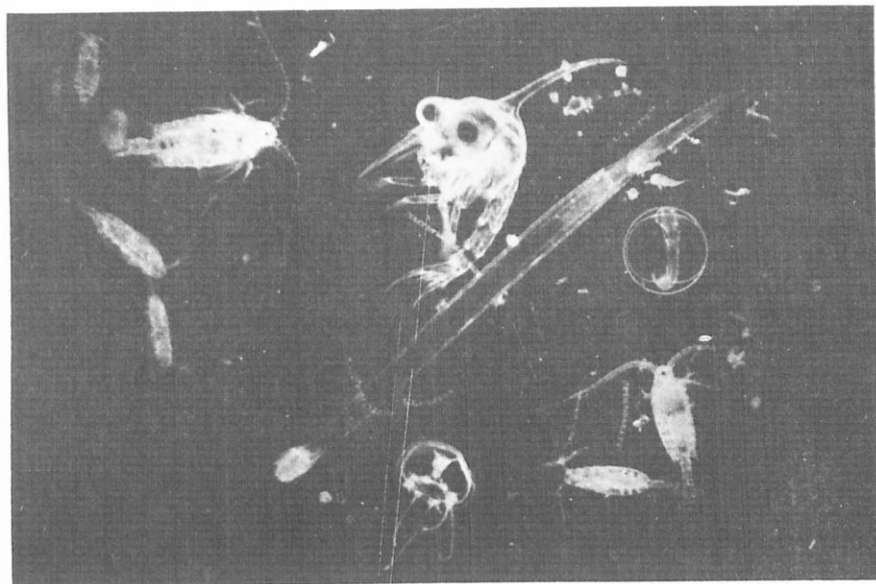
Σε μία βιωτική κοινότητα τα διάφορα είδη συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις θηράματος και θηρευτή. Αν ενώσουμε με τόξα μεταξύ τους τα διάφορα είδη που τρώγονται με αυτά που τρώνε, θα μπορέσουμε να σχηματίσουμε τις άλυσίδες τροφής. Ένα τμήμα μιάς τέτοιας άλυσίδας είναι ή σειρά: φυτό-τρωκτικό-φίδι-γεράκι.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



Εικόνα 148: Άλυσίδες τροφής στους océανους.

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, μυρηκαστικά (πρωτογενείς καταναλωτές). Τά φυτοφάγα τρώγονται από σαρκοφάγα: έντομοφάγα (μυγαλές), φίδια, άρπακτικά (κουκουβάγιες,

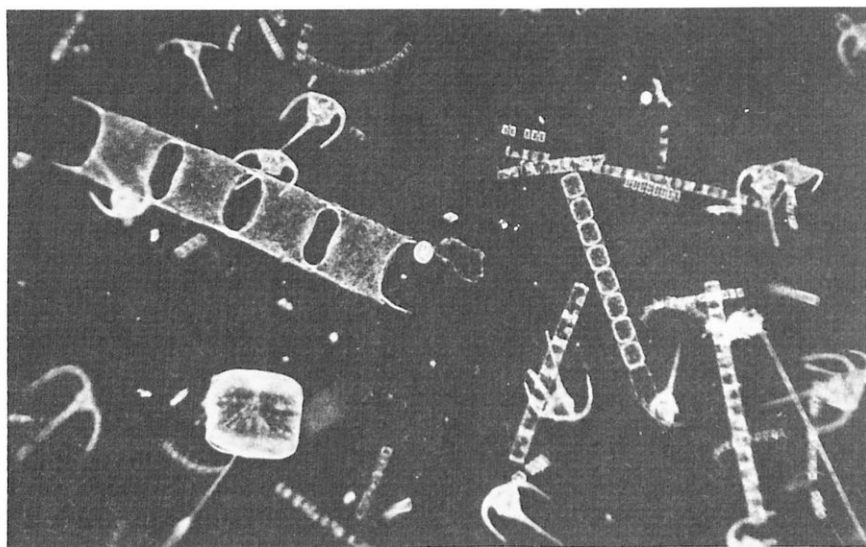


Εικόνα 149: Ζωοπλανκτό. Πάνω στο μέσο μία προνύμφη καβουριού, από κάτω ένας σκόληκας. Βλέπει κανείς και πέντε μικρά όστρακωτά (κοπήποδα) δυό κάτω δεξιά τα άλλα πάνω άριστερά. Κάτω στη μέση μία προνύμφη άλλου θαλάσσιου ζώου σαν μικρή μέδουσα.

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

Ένα άλλο πλέγμα μπορούμε νά κατασκευάσουμε, από όσες γνώσεις έχουμε, γιά τήν εποχή τών δεινοσαύρων: Τά φυτά (κυκάδες, φτέρες, κωνοφόρα, γκίγκο) τρώγονται από διάφορα είδη φυτοφάγων ζώων (βροντόσαυροι, καμπτόσαυροι, στεγόσαυροι, έντομα, μικρά φυτοφάγα θηλάστικά). Αυτά πάλι μέ τή σειρά τους τρώγονται από σαρκοφάγα που αποτελούν ένα - δυό σκαλιά (γιατί τό ίδιο σαρκοφάγο μπορεί νά τρώει άλλο σαρκοφάγο και συγχρόνως φυτοφάγο).

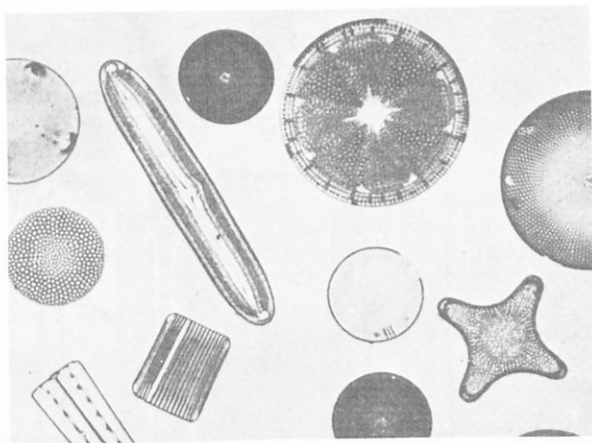
Στούς όκεανούς μπορούμε νά βρούμε ίσαμε 5 σκαλιά. Τό περιβάλλον τών όκεανών είναι τό πιο σταθερό και τό πιο παραγωγικό. Τους παραγωγούς αποτελούν διάφορα φύκη αλλά κυρίως δυό λογίων οργανισμοί: **διά-**



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

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

Εικόνα 151: Διάτομα που δείχνουν τα θραύσματα συμμετρικά σχημάτων τους (× 610).



λος οί φονικές φάλαινες τρώνε τούς καρχαρίες, τις μεγάλες σουπιές, τά δελφίνια καί τά ψάρια. Στο βυθό βακτήρια, καβούρια κι άλλοι οργανισμοί αποσυνθέτουν καί τρώνε τά πτώματα. Αυτοί οί οργανισμοί που ζούν στο βυθό ονομάζονται βένθος.

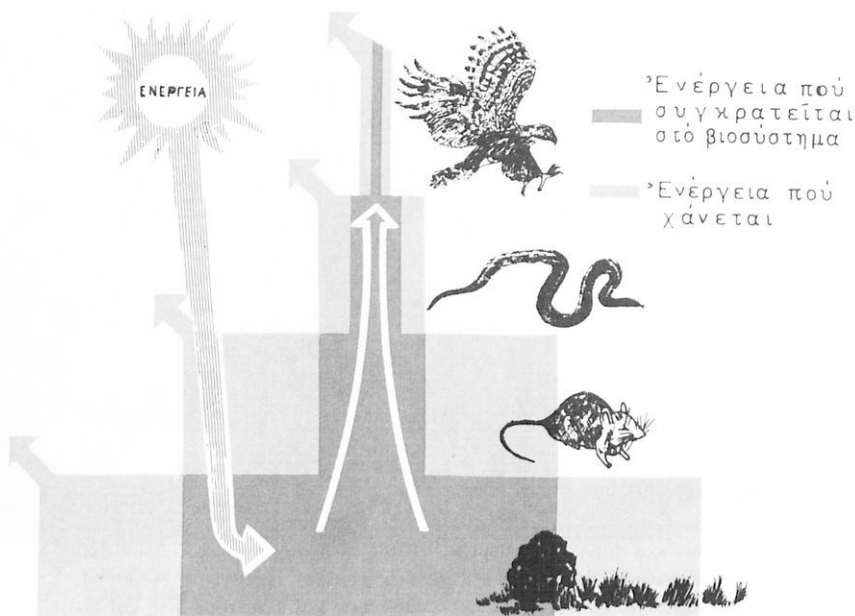
Όπως βλέπουμε τά πλέγματα περιλαμβάνουν καί αναστομώσεις καί εΐναι αρκετά πολύπλοκα: ένα είδος τρέφεται συχνά από περισσότερα είδη οργανισμών.

Ένας φυτοφάγος οργανισμός γιά νά μπορέσει νά ζήσει χρειάζεται σάν τροφή πολύ μεγαλύτερη μάζα φυτικού ύλικου από ό,τι εΐναι ή δική του ή μάζα.

Σέ κάθε σκαλί του πλέγματος ή ζωντανή μάζα των οργανισμών ελαττώνεται πρὸς τήν κορυφή τής πυραμίδας. Γι' αυτό τελειώνει κι ή άλυσίδα, γιατί δέν υπάρχει αρκετή ζωντανή μάζα ύλικου γιά νά τραφεί άλλος οργανισμός από τό τελευταίο σκαλί. Υπολογίστηκε ότι σέ κάθε σκαλί (τροφικό επίπεδο) στους ὠκεανούς τής γῆς κάθε χρόνο παράγεται μάζα (που μετριέται σέ εκατομμύρια τόνους):

παραγωγῶν	(1 ^ο σκαλί)	130.000
πρῶτων 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

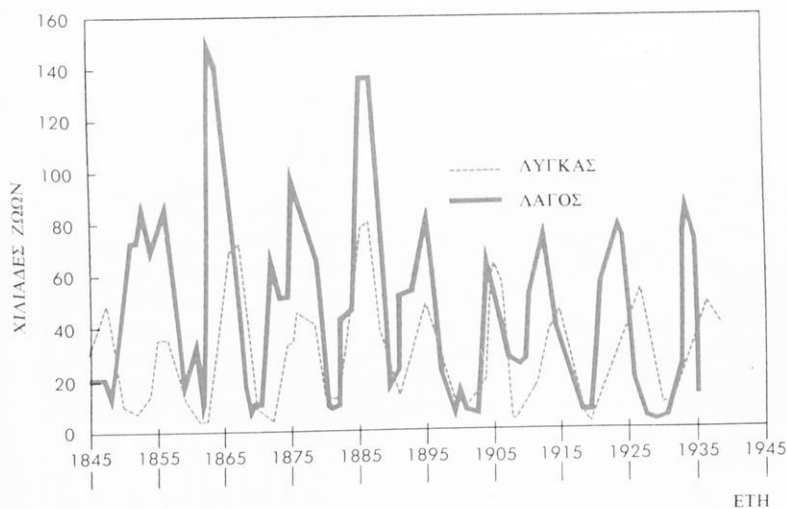
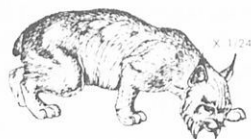
Οί τροφικές αλυσίδες μᾶς δείχνουν πὸς μεταφέρεται ή ἐνέργεια από σκαλί σέ σκαλί. Η ἡλιακή ἐνέργεια δέν χρησιμοποιεΐται ὄλη από τά φυτά



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

παρά μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό που χρησιμεύει για σύνθεση των οργανικών ενώσεων, στις οποίες και αποθηκεύεται. Αλλά και τα φυτοφάγα ζώα χρησιμοποιούν μόνο ένα μικρό μέρος ηλιακής ενέργειας, που έχει αναποτεθεί στις φυτικές οργανικές ενώσεις. Σε κάθε σκαλί της αλυσίδας ή ενέργεια που χρησιμοποιείται διαρκώς ελαττώνεται. Έτσι μπορούμε να δούμε την αλυσίδα της τροφής σαν μία σειρά από φαινόμενα, όπου διαρκώς ελαττώνεται ή ενέργεια που χρησιμοποιείται.

Αυτή είναι η αντιμετώπιση της τροφικής αλυσίδας από την ενεργειακή άποψη. Αλλά και η ύλη αλλάζει μέσα στην τροφική αλυσίδα. Τα αμετάβλητα χημικά στοιχεία μετακινούνται διαρκώς στις ενώσεις στις οποίες απαντούνται: από τις ανόργανες μεταβαίνουν σε οργανικές και ξανά σε ανόργανες ενώσεις. Έχουμε τους κύκλους μεταβολής της ύλης για διάφορα στοιχεία που διαρκώς, με το χρόνο, παρουσιάζονται σε διαφορετικά τμήματα του οικοσυστήματος. Τέτοιοι κύκλοι είναι το άνθρακα, το άζωτο, το φωσφόρο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το όξυγόνο. Η



ΕΤΗ

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

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

Οι τροφικές αλυσίδες μας δείχνουν και κάτι άλλο. "Αν ελαττωθεί υπερβολικά ο πληθυσμός ενός είδους, 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 θά το λείπει ή τροφή. Συνήθως όμως και το παράσιτο έχει τα δικά του παράσιτα που ελέγχουν το μέγεθος του πληθυσμού του.

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

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

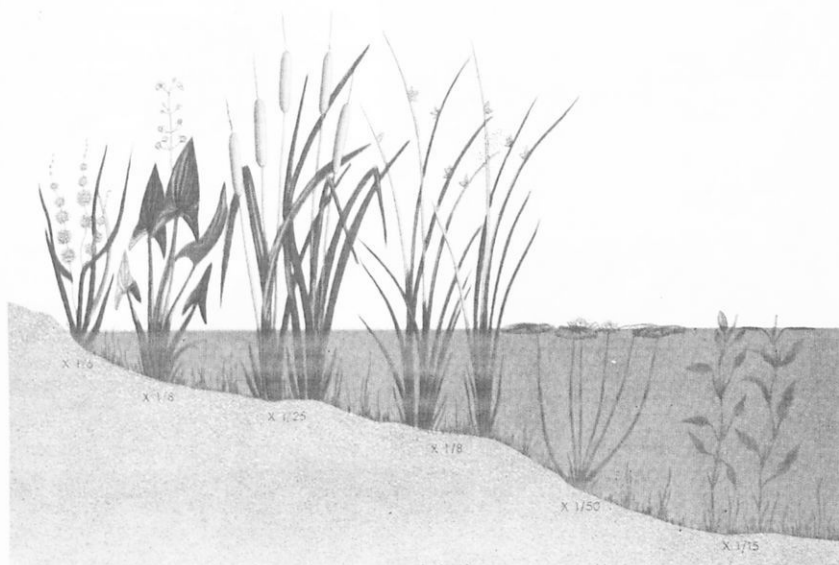
5.5 Οικολογική φωλιά - νόμος του Γκάουζε

Οί άλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών ειδών μοιάζουν με συνεκτική ουσία, που κρατά ένωμένους 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 βιωτικής 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 δέν αναφέρεται τόσο στην τοπογραφική εντόπιση όσο στη λειτουργική: Όπως σέ μία ανθρώπινη κοινωνία κάθε επαγγελματική ομάδα ανθρώπων χαρακτηρίζεται από μία δραστηριότητα και έπιτελεί μία όρισμένη λειτουργία (άλλος είναι δηλαδή όδηγός, άλλος άγρότης, μαραγκός, πρέσβης, έργατης, δάσκαλος, γιατρός κτλ.) έτσι και σ' ένα οικοσύστημα κάθε είδος τρώγει όρισμένα άλλα και τρώγεται ή παρασιτείται από άλλα. Αύτη είναι ή άληθινή έννοια της οικολογικής φωλιάς, της θέσεως που κατέχει κάθε είδος στο οικοσύστημα.

Ό ρώσος βιολόγος Γκάουζε (G. F. Gause, ζεί στίς μέρες μας) διατύπωσε ένα σημαντικό νόμο: Στο ίδιο οικοσύστημα δέν μπορεί νά υπάρξουν δυό είδη που νά πιάνουν άκριβώς την ίδια οικολογική φωλιά. Τό ένα, τό πιό προσαρμοσμένο, θά κάνει τό άλλο νά εξαφανιστεί χάρη στο μηχανισμό τής φυσικής έπιλογής. Η όρθότητα του νόμου του Γκάουζε διαμφισβητείται σήμερα από μερικούς βιολόγους, κανένas όμως δέν διαμφισβητεί τή δράση τής φυσικής έπιλογής που είναι εκείνη που φτιάχνει έτσι καλά προσαρμοσμένα μεταξύ τους τά διάφορα είδη του οικοσυστήματος, ώστε οί άλληλεπιδράσεις τους νά κρατάνε σέ μεγάλη συνοχή όλο τό οικοσύστημα.

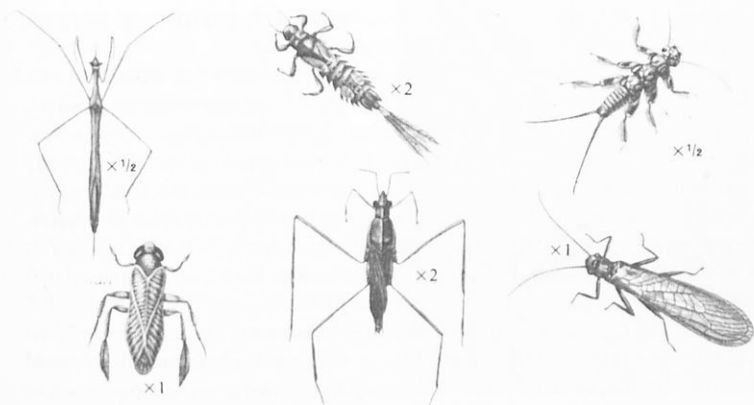
5.6 Οικοσυστήματα του νερού και τής στεριάς

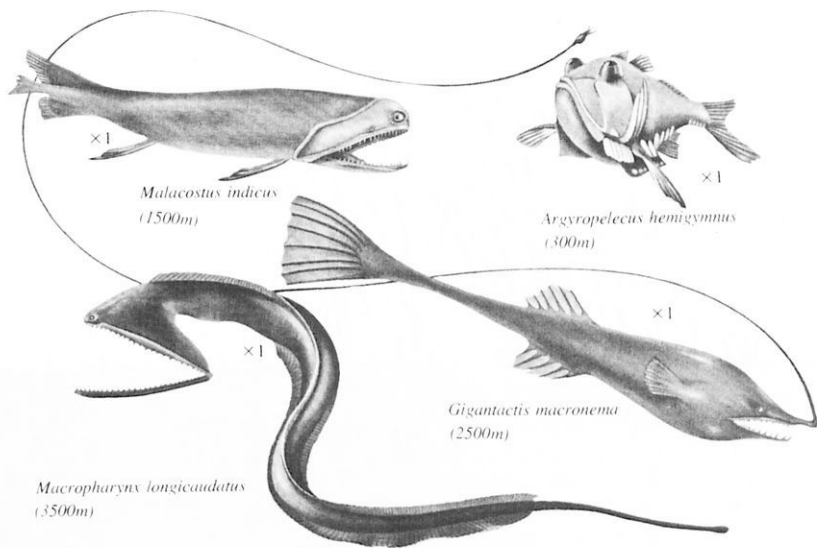
Όταν λέμε πός τό οικοσύστημα περιλαμβάνει τά ζωντανά και άβια συστατικά σ' ένα τόπο δέν καθορίζουμε μέ σαφήνεια τά τοπογραφικά του όρια. Πραγματικά ή τοποθέτηση των όρίων του είναι αυθαίρετη αφού κανένα οικοσύστημα δέν είναι κλειστό: όλα στην επιφάνεια του πλανήτη μας



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

Εικόνα 155: Ύδρόβια έντομα του γλυκού νερού.





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

ένώνονται και αποτελούν ένα πολύ μεγάλο (τό μεγαλύτερο), τό οικοσύστημα τής γής.

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

Τά οικοσυστήματα του νερού μπορούν νά χωριστούν στά **θαλάσσια**, στά **υφάλμυρα** και σ' εκείνα του **γλυκού νερού**. Για τά θαλάσσια και τά **ωκεάνια** μιλήσαμε πρίν. Θα 'πρεπε μόνο νά παρατηρήσουμε πώς και στά μεγάλα βάθη των θαλασσών βρίσκονται ψάρια μικρού μεγέθους μέ εύθραυστους σκελετούς και περίεργα σχήματα όπως δείχνει ή εικόνα 156. Πολλά βγάζουν φως μέ χρησιμεύει νά προσελκύει τό θήραμά τους ή νά αναγνωρίζονται μεταξύ τους, ή νά φοβίζονται τους διώκτες τους, ανάλογα μέ τό είδος και τόν τρόπο παραγωγής του φωτός που φωταγωγάζουν. Τά ωκεάνια και θαλάσσια οικοσυστήματα είναι τά πιά πλούσια αφού οί συνθήκες του περιβάλλοντος είναι κι οί πιά σταθερές (θερμοκρασία, νερό, άλατα). Έκει γεννήθηκε και ή ζωή. Τό πλουσιότερο θαλάσσιο οικοσύστημα είναι οί **ύφαλοι των Κοραλλιών**: στους ύφάλους αυτούς ένας δλόκληρος κόσμος

ψαριών, όστρακωτών, μαλακίων, έχινοδέρμων, σκολήκων, κολυμπά, τρώει και τρώγεται. Πολλά από τα ψάρια τους έχουν θεαματικά χρώματα.

Τά παράλια των θαλασσών αλλά κυρίως οί χερσαίοι υγρότοποι είναι τά μέρη πού φωλιάζουν, τρῶνε, ζοῦν τά υδρόβια πουλιά. Στους χερσαίους υγρότοπους μπορούμε νά ξεχωρίσουμε τά τρεχούμενα ύδατα των ποταμών και τά στεκούμενα των έλών, των πολύ μικρών λιμνών και των λιμνών. Οί πολύ μικρές λίμνες συνήθως δέν κρατοῦν πολύ καιρό: ό βυθός τους γεμίζει με φυτικά αλλά και ζωικά κατάλοιπα και στό τέλος γεμίζουν τελείως με χῶμα. Στίς λίμνες βρίσκει κανείς διάτομα, δινομαστιγωτά, τροχόζωα, φύκια, πρωτόζωα δηλαδή πλαγκτό μαζί με υδρόβια έντομα (κουνούπια, λιμπελλούλες), μαλάκια, όστρακωτά, βατράχια, νερόφιδα, ψάρια, χελώνες, υδρόβια πουλιά (έρωδιούς, πελεκάνους, βουτηχτάρες, άγριοπαπιες) και διάφορα φυτά (νούφαρα, καλάμια, κάρεξ, Σαγιτάριες κ.ά.).

Τά **χερσαία οικοσυστήματα** χωρίζονται σε καμμιά δεκαριά μεγάλες κατηγορίες. Γύρω από τους πάγους του Βόρειου Πόλου και μόνο στην άκρη της Χιλής, στη Γη του Πυρός, δηλαδή προς τό Ν. Πόλο, ύπάρχει ή **τουντρα**. Λίγο φῶς, λίγο νερό τό χειμώνα κι αυτό σε μορφή πάγου κάνουν τή ζωή πολύ δύσκολη τούς χειμερινούς μήνες. Τό νερό μέσ στό έδαφος εί-



Εικόνα 157: Ύφαλοι Κοραλλίων.

Εικόνα 158: Τροπικό δάσος.

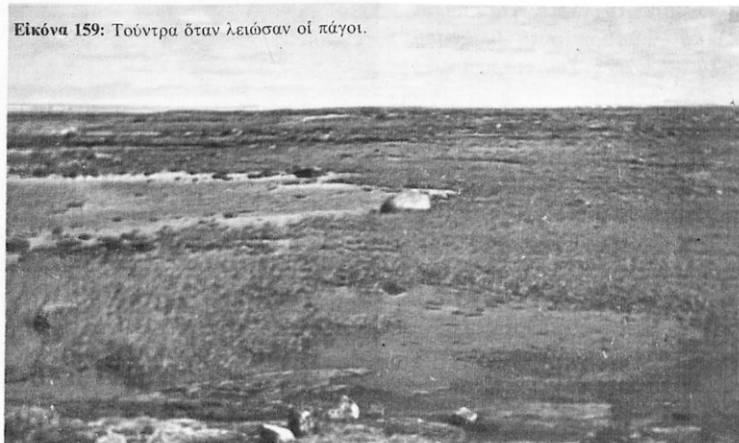


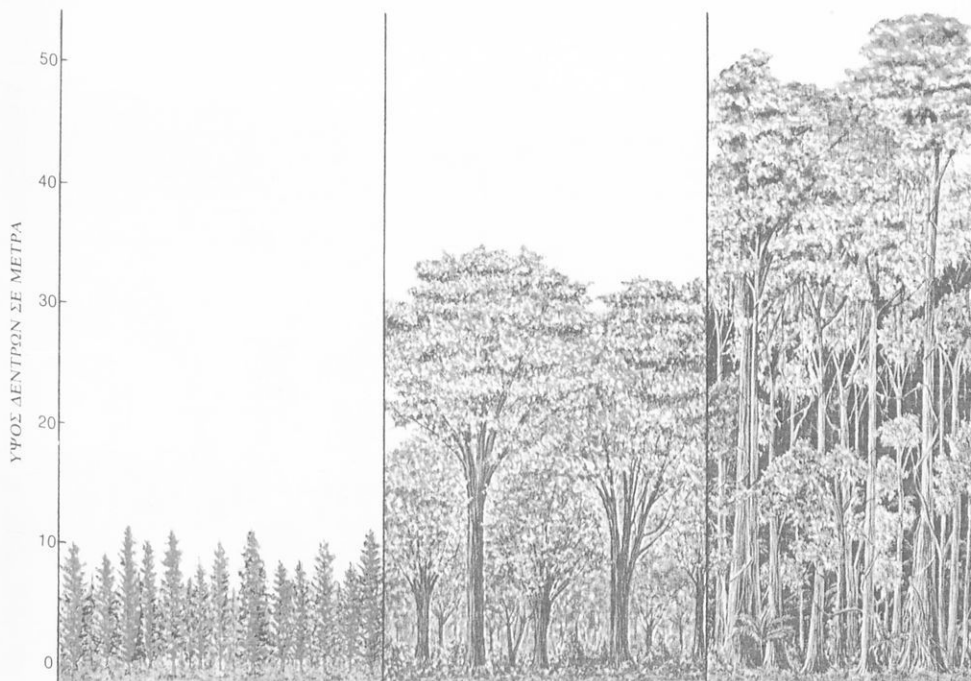
vai παγωμένο. Όταν λειώνουν οι πάγοι δημιουργούνται σειρές από λίμνες και έλη. Τα φυτά (χορτάρια, λειχήνες, βρύα, μερικά δέντρα νάνοι λ.χ. ιτιές λίγων εκατοστών!) πρέπει στους λίγους μήνες του καλοκαιριού να τραφούν και να διαιωισθούν. Και τα ζώα που μπορούν ν' άντέξουν τις άκραίες αυτές συνθήκες είναι λίγα: νερόκοτες, άρκτικές άλεπούδες, άσπροι λαγοί, λευκές κουκουβάγιες κ.ά. Μετά την τούντρα, νοτιότερα στο βόρειο ημισφαίριο βρίσκουμε την **τάιγκα**, το μεγάλο Βόρειο δάσος των κωνοφόρων με τους κάστορες, τα έλάφια του, τους σκίουρους του, τα πουλιά του και τα άλλα ζώα του. Νοτιότερα (δές τον χάρτη) βρίσκει κανείς το **δάσος των Φυλλοβόλων δέντρων**. Τα πλατύφυλλα αυτά δέντρα με τα φύλλα τους κοντά στην κορυφή τους δημιουργούν σαν μιά στέγη, τον **δροφο**. Από κάτω όμως κι άλλα δέντρα ή θάμνοι, που αγαπούν τη σκιά ή μπορούν να ζήσουν με λιγιστό φως μπορούν να αναπτυχθούν: Έχουμε έναν **ήμιδροφο**. Το δάσος σφύζει από ζωή: έντομα, θηλαστικά, πουλιά.

Τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο ημισφαίριο υπάρχουν τεράστια **λειβάδια** στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος περίπου με το δάσος των πλατύφυλλων φυλλοβόλων. Αυτά τα λειβάδια με τα χορτάρια τους παίρνουν διάφορα ονόματα: **στέπες** στην Άσία, **πραιρίες** στην Β. Αμερική, **πάμπες** στη Ν. Αμερική, **βέλτ** στην Αφρική. Στα λειβάδια αυτά τρέφονται πολλά φυτοφάγα θηλαστικά (όπως τα μηρυκαστικά).

Πρός το βόρειο μέρος της Μεσογείου και το νότιο της (τό ίδιο στη Ν. Αφρική, στην Αυστραλία, στη Χιλή) το κλίμα είναι ξηρό. Η βλάστηση είναι ξηροφυτική, **φρύγανα** και **μακκίες** που αποτελούνται από χαμηλά θαμνώδη δέντρα, ή θάμνους με άγκάθια και με μικρά φύλλα. Έδω το καλοκαίρι ή βλάστηση ξεραίνεται, ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο με τις βροχές υπάρχει ευνοϊκή περίοδος για την ανάπτυξή της.

Εικόνα 159: Τούντρα όταν λειώσαν οι πάγοι.





Εικόνα 161: Άριστερά η тайга (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.

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

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

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



Εικόνα 160: Η γεωγραφική κατανομή των μεγάλων κατηγοριών οικοσυστημάτων.

- τούντρα
- τσίγκα
- δάσος φυλλοβόλων μέσου γεωγραφικού πλάτους
- λειβάδια (πραιρίες, 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 στίς κουφάλες ἢ στά κοιλώματα τῶν δέντρων) βρίσκονται παντοῦ μαζί μέ ἀναρριχητικά φυτά. Τά τροπικά δάση δέν εἶναι **ζοῦγκλες**: τό ἔδαφος τους εἶναι καθαρό, γιατί τά φύλλα πού πέφτουν ἀποσπώνονται ἀμέσως στό ζεστό καί ὑγρό αὐτό κλίμα.

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

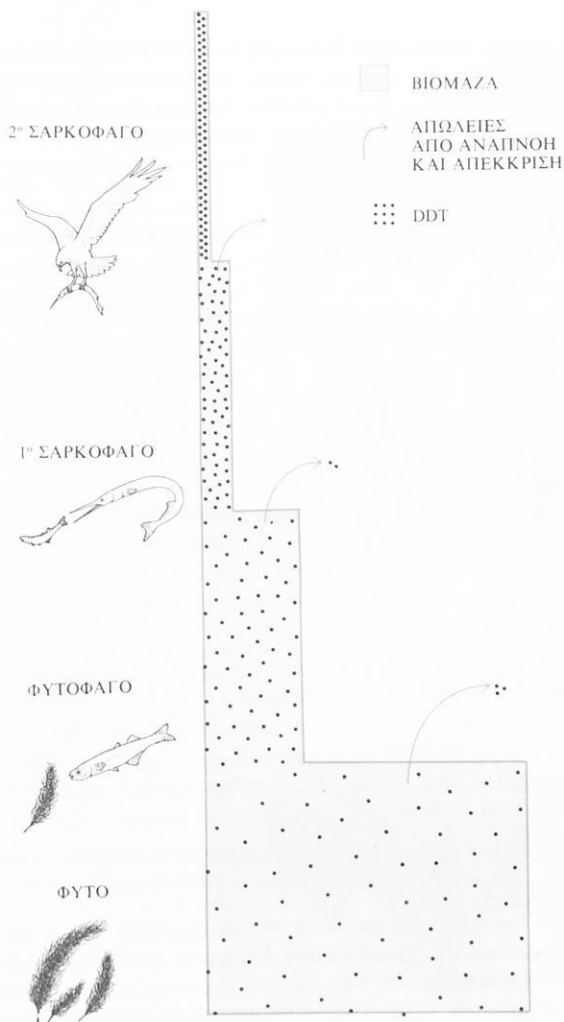
Τά **ἀλπικά** (ὄρεινά) οἰκοσυστήματα εἶναι ἐνδιαφέροντα: ἀνεβαίνοντας ἓνα βουνό εἶναι σάν νά προχωρᾷ κανεῖς πρὸς βορειότερα κλίματα (ἂν βρίσκειται βέβαια στό Β. ἡμισφαίριο). Ἔτσι τό δάσος τῶν πλατύφυλλων φυλλοβόλων δίνει τή θέση του ψηλότερα στό δάσος κωνοφόρων (ἀντίστοιχο μέ τήν τάιγκα), καί ψηλότερα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

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

5.7 Ἡ καταστροφή τοῦ περιβάλλοντος

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

● Λίμνες ἐμπλουτίζονται μέ τήν ἀπορροή φώσφορικῶν λιπασμάτων καί παθαίνουν εὐτροφισμό: Τά φύκια τους, χάριι στά 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 δεξαυούς 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 τά δάση αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την ανανέωση του όξυγόνου.

● Μιά τοξική ουσία, όπως λ.χ. ένα έντομοκτόνο μπορεί με τίς τροφικές άλυσίδες νά μεταφερθεί από είδος σέ είδος αύξαιίνοντας συγγρόνως τή συγκέντρωσή του. Έτσι τό DDT λ.χ. μέσ στίς λίμνες μπαίνει σέ μικρή ποσότητα στό φυτοπλαγκτό. Τό ζωοπλαγκτό που τό τρώει συγκεντρώνει DDT σέ μεγαλύτερη ποσότητα γιατί χρειάζεται για τροφή του πολύ μεγαλύτερη μάζα φυτοπλαγκτού. Τά ψάρια συγκεντρώνουν τό DDT άκόμα περισσότερο. Όταν φτάσει στά ύδρόβια πουλιά τότε ή συγκέντρωση είναι πολύ μεγάλη. Τό ίδιο συμβαίνει και με τά άρπαχτικά πουλιά στά χερσαία οικοσυστήματα. Τό DDT έχει και μία φυσιολογική δράση: παίξει ρόλο στό μεταβολισμό του άσβεστιού κι έτσι έμποδιζει νά γίνουν γερά τά κελύφη των αυγών. Τά αυγά σπάζουν πριν έκκολαφθούν οί νεοσσοί. Έτσι άποδεκατίζονται και καταστρέφονται τά άρπαχτικά.

Έκτος όμως από τή ρύπανση με χημικές ουσίες ή χρησιμοποίηση από τόν άνθρωπο σέ ύπερβολικές ποσότητες ξύλων, νερού, έδάφους καταστρέφουν τά οικοσυστήματα.

● Οί ύγρότοποι (περιβάλλοντα ιδιαίτερα πλούσια σέ ζωντανά όντα), άποστραγγίζονται για νά χρησιμοποιηθεί ή γη τους για τή γεωργία ή για νά χρησιμοποιηθεί τό νερό τους. Έτσι γη και νερό όχι μόνο ρυπαίνονται άλλα σπανίζουν. Η έντατικοποίηση τής γεωργίας, ή έντατικοποίηση τής βιομηχανίας (και κυρίως τής ύδροβόρου) και ό αύξανόμενος πληθυσμός χρειάζονται περισσότερο νερό.

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

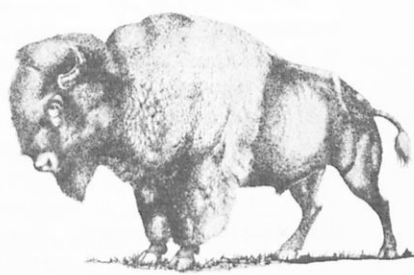
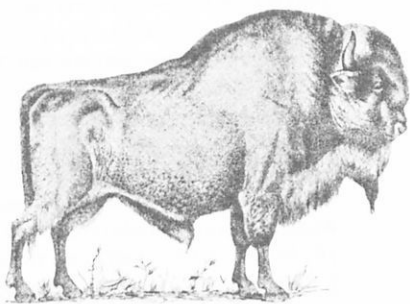
● Η ύπερθήρευση, ύπεραλίευση (με πλαστικά δίχτυα και δυναμίτη), ή ύπερξύλευση και ύπερβόσκηση άποτελούν μεγάλες άπειλές για τό ζωικό και φυτικό περιβάλλον μας, όσο και οί ρυπάνσεις από χημικές ουσίες (που δηλητηριάζουν τίς βιωτικές κοινωνίες και είναι οί πιό σοβαρές άπειλές). Έτσι πριν από πέντε χρόνια ύπολογίστηκε ότι κινδυνεύουν νά έξαφανιστούν:

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

Ἀπό τότε πολλά ἀπό τὰ εἶδη αὐτά ἐξαφανίστηκαν καὶ ὁ κατάλογος πλουτίστηκε μὲ καινούργια πού ὡς τότε δὲν κινδύνευαν.

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

Ὁ ἄνθρωπος μὲ τὴ γεωργία, ἀπὸ τὴ νεολιθικὴ ἐποχὴ, ἄρχισε νὰ κατασκευάζει ἕνα τεχνητὸ οἰκοσύστημα, τὸ γεωργικὸ, ἀπ' ὅπου ἐξάρτησε κατὰ κύριο λόγο τὴν ἱκανοποίησι τῶν τροφικῶν του ἀναγκῶν. Κι ὅμως παραμένει ἀκόμα στενά δεμένος μὲ τὸ φυσικὸ οἰκοσύστημα: Ὅχι μόνο γιατί μέρος τῆς τροφῆς του μὲ τὴν ἄλιεα καὶ τὴ θήρα τὸ προσπορίζεται ἀπὸ αὐτό, ὄχι μόνο γιατί σημαντικὰ τεχνολογικὰ πλεονεκτήματα (λ.χ. τὰ ἀντιβιοτικά) προήλθαν ἀρχικὰ ἀπ' αὐτό, ἀλλὰ κυρίως γιατί τὸ τεχνητὸ οἰκοσύστημά του δὲν εἶναι στεγανό: Μὲ χίλιους δυὸ τρόπους, συνδέεται κι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ φυσικὸ οἰκοσύστημα (ἡ κτηνοτροφία του ἐξαρτᾶται κυρίως ἀπὸ τὴ φυσικὴ κοινωνία, ἡ παραγωγὴ ὄξυγόνου σχεδὸν ὀλοκληρωτικὰ ἀπ' αὐτὴ κ.ο.κ.). Μιά καταστροφὴ τοῦ φυσικοῦ οἰκοσυστήματος σημαίνει ἀναπόφευκτη καταστροφὴ τοῦ ἀνθρώπου, ἀφοῦ φαίνεται ἄδύνατο νὰ τελειοποιηθεῖ τὸ γεωργ-



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

γικό οικοσύστημα έτσι πού νά γίνει απόλυτα στεγανό.

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

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

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

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

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

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

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

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

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας και η μεγάλη συγκέντρωσή 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 άποδοξη 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, κατάστρεψαν κιόλας σε μεγάλο βαθμό το Σαρωνικό (και έντονοτερα τον κόλπο της Έλευσινας) και το Θερμαϊκό. Τήν καταστροφή συμπληρώνει η ρύπανση απ' τα πετρέλαια (μεγάλη κίνηση πετρελαιοφόρων, ναυαγία τους και ατυχήματα, διυλιστήρια, μαρίνες).

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

- Η ατμόσφαιρα στην Αθήνα, την Έλευσίνα, τη Μεγαλόπολη, τη Χαλκίδα, 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 «ίσοστέφανος» και «διαμαντόπετρα στής γης τό δαχτυλίδι». Η περιοχή της, εξαιτίας της ιδιαίτερα μεγάλης συγκέντρωσεως 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 (έκτός των μεγάλων κινδύνων για την υγεία των κατοίκων της) και η διάβρωση των μαρμάρων των μνημείων της Ακρόπολεως. Απ' τη διάβρωση αυτή τα μνημεία έπαθαν τα τελευταία 25 χρόνια



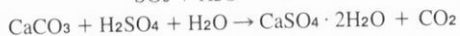
Εικόνα 164: Οι σημαντικότερες περιοχές που πρέπει να προστατευτούν στη χώρα μας. **Υγρότοποι** (με κόκκινο χρώμα) 1 Δέλτα του Έβρου, 2 κόλπος Άρτας και έκβολές του Λούρου, 3 Μικρή Πρέσπα, 4 Δέλτα του Νέστου, 5 Δέλτα του Λουδία και Δέλτα του Αλιόκωνα, 6 Έκβολές του Στρυμόνα, 7 Λίμνη του Πόρτο Λάγο και περιοχή του Φαναριού, 8 Λίμνη του Άχινου (Κερκινίτης), 9 Λίμνες Λαγκαδά και Βόλβης, 10 Λίμνη Δοϊράνη, 11 Λίμνη Όστροβου. **Δρυμοί** (με πράσινο χρώμα) 12 Φαλακρό Άν. Μακεδονίας (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 Όξυά, 20 Οίτη, 21 Παρνασσός, 22 Λίρφυ Εύβοιας, 23 Αίνος Κεφαλληνίας, 24 Χελμός, 25 Άρκαδικά Δάση, 26 Ταύγετος, 27 Δάση Σάμου, 28 Σαμαριά.



Εικόνα 165: Ο θαλασσαετός (*Haliaeetus albicilla*): Ένα από τα πολλά είδη πουλιών της χώρας μας που κινδυνεύουν να εκλείψουν από αυτήν.

μεγαλύτερη ζημιά απ' ό,τι στους 25 αιώνες της ιστορίας τους. Το διοξείδιο του θείου (SO_2) οξειδώνεται και γίνεται με την ύγρασία θειικό 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' τὰ απόβλητα τών παρόχθιων οικισμών.

● Ὁ Πηνεϊός ἔχει ἀπό καιροῦ δηλητηριαστεῖ ἀπ' τὰ βιομηχανικά λύματα μιᾶς μονάχα βιομηχανίας.

● Ἡ ρύπανση σέ συνδυασμό μέ:

- 1) τήν υπεραλίευση τῶν θαλασσῶν μας καί τήν παράνομη ἀλίεια (δυναμίτης), καί τό ἄγριο κυνήγι στήν ξηρά,
- 2) τήν υπερβόσκηση, συνέπεια τῆς ἐντάσεως τῆς κτηνοτροφίας καί τῆς ἐλαττώσεως τῶν βοσκοτόπων,
- 3) τήν ἀποξήρανση καί ἀποστράγγιση ὑγροτόπων καί λιμνῶν (π.χ. Ἀγυλινίτσας, Κάρλας, Στυμφαλίας, Φενεοῦ, Ξυνιάδας κ.ἄ.) μέ σκοπό τή γεωργική ἀξιοποίηση,
- 4) τή συνεχῶς αὐξανόμενη χρήση παρασιτοκτόνων στή γεωργία γιά τήν προστασία καί αὐξηση τῆς γεωργικῆς παραγωγῆς,
- 5) τήν κατάληψη καί καταστροφή, ἀπό βιολογική ἀποψη, μεγάλων ἐκτάσεων γιά οἰκισμούς, δρόμους, βιομηχανία, σκουπιδοτόπους κτλ.
- 6) τίς πυρκαγιές τῶν δασῶν, πού πολλές φορές εἶναι σκόπιμες, ἔχει προκαλέσει (καί συνεχίζει) καταστροφές βιωτικῶν κοινοτήτων καί ὑποβάθμιση τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς χώρας, μέ ἀποτελεσμα πολλὰ εἶδη τῆς πανίδας καί χλωρίδας μας νά κινδυνεύουν νά ἐξαφανιστοῦν καί πολλὰ νά ἔχουν κιάλας ἐξαφανιστεῖ σέ ὀρισμένες περιοχές.

Ἔτσι λ.χ.:

● Ὁ ἀριθμός τῶν πουλιῶν πού ζοῦν στόν τόπο μας διαρκῶς ἐλαττώνεται καί 100 περίπου εἶδη βρισκονται σέ κίνδυνο νά ἐκλειψουν. Λ.χ. ὁ ἀγριογάλος καί ἡ σουλτανοπουλάδα ἔχουν σχεδόν τελείως χαθεῖ καί ἡ χαμητίδα σπάνια παρατηρεῖται. Ὁ ἀργυροπελεκάνος πού ἄλλοτε κλωσσοῦσε στό δέλτα τοῦ Ἀξιοῦ, τοῦ Ἐβρου καί τοῦ Ἀχελῷου, στίς ἐκβολές τῶν ποταμῶν πού χύνονται στίς ἀκτές τῆς Ἠπείρου καί στίς ἄλλοτε λίμνες τῶν Γιαννιτσῶν καί τοῦ Ἀρτζάν (Μακεδονία), σήμερα, ἀποδεκατισμένος, φωλιάζει μόνο στήν Ἄρτα καί στή μικρή Πρέσπα.

Ὅμοια ἔχουν ἀποδεκατιστεῖ τὰ ἀρπακτικά (ἀετοί - γεράκια), ἀπ' τὰ ὅποια τό γεράκι μαυροπετρίτης εἶναι ἐνδημικό τῶν νησιῶν τοῦ Αἰγαίου.

● Τό κυνήγι γενικά ἔγινε πιά σπάνιο.

● Πολλά θηλαστικά τῆς πανίδας μας κινδυνεύουν. Ἡ φώκια π.χ. ἀπειλεῖται μέ ἀφανισμό.

● Πολλά εἶδη ψαριῶν τῶν θαλασσῶν μας κινδυνεύουν νά ἐξαφανιστοῦν ἀπ' ὀρισμένες περιοχές, ὅπως ὁ ροφός, ἡ στύρα, τό στουργιόνι, ἡ μουδιάστρα, ἡ κατσούλα κ.ἄ. Ἡ κατσούλα χάθηκε τελείως ἀπό τό Σαρωνικό.

● Τὰ θαλασσινά (στρείδια, κυδῶνια, καλδῶνες κτλ.) ὄχι μόνο ἐλαττώ-

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

Σέ άκόμα μεγαλύτερο κίνδυνο βρίσκεται ή χλωρίδα μας. Δεκάδες είδών
έχουν κιάλια χαθεί και πάρα πολλά (και μάλιστα ένδημικά τής χώρας μας)
κινδυνεύουν, όπως πολλά όρχεοειδή και πάνω άπό 300 άλλα είδη, διάφο-
ρων οίκογενειών. Μερικά είδη φαρμακευτικά, όπως π.χ. ό δίκταμος (έρων-
τας) τής Κρήτης ή ή γεντιανή (άφθονη άλλοτε στήν περιοχή τών Πρε-
σπών) κινδυνεύουν νά εξαφανιστούν έπειδή τά μαζεύουν, γιά έμπορικούς
σκοπούς, μέ ληστρικό τρόπο.

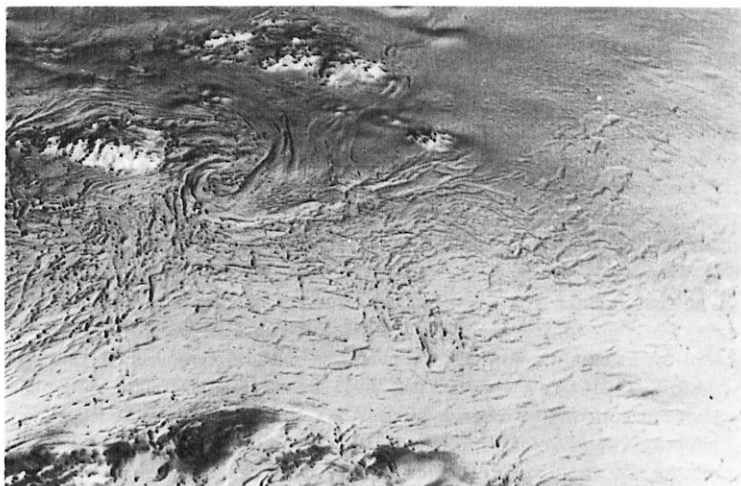
Πρέπει λοιπόν στή χώρα μας νά παρθούν τό ταχύτερο μέτρα γιά νά
προστατευθούν άποτελεσματικά οί άκτές, οί κλειστοί κόλποι, λίμνες και
άλλοι ύγρότοποι, τά δάση και τά φυτά και ζώα πού κινδυνεύουν. Δέν έχει
νόημα νά λέμε πώς ή πατρίδα μας είναι ώραία. Πρέπει ή πολυτραγουδι-
σμένη όμορφιά της νά διατηρηθεί.

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

- Τό Δέλτα τοῦ Έβρου.
- Ό κόλπος τής Άρτας μαζί μέ τό Δέλτα τοῦ Λούρου.
- Η μικρή Πρέσπα (έχει κηρυχτεί έθνικός Δρυμός χωρίς όμως νά
προστατεύεται πραγματικά).
- Η περιοχή τής λίμνης Βιστωνίδας (λίμνη τοῦ Πόρτο Λάγο) και ή
λιμνοθάλασσα πού βρίσκεται μεταξύ Πόρτο Λάγο και Φαναριού.
- Επίσης τό Δέλτα τοῦ ποταμοῦ Λουδία και Ἐλιάκμονα, τοῦ Νέστου,
οί έκβολές τοῦ Στρυμόνα κι οί λίμνες τ' Ἀχινού (Κερκινίτις), Λαγ-
κάδᾶ και Βόλβη.

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

- τής Πίνδου - Βάλια Κάλντας, τοῦ Όλυμπου, τοῦ Παρνασσού, τής Οἴ-
της, τοῦ Αἴνου τής Κεφαλονιάς, πού έχουν κηρυχτεί Έθνικοί Δρυμοί.
- Ἄλλα δάση και δασωμένες περιοχές μέ μεγάλη άξία και πού πρέπει νά
προστατευτούν είναι: ή Σαμαριά στήν Κρήτη (Έθνικός Δρυμός), ό Χελμός
μαζί μέ τήν κοιλάδα τών νερῶν τής Στυγός και τήν περιοχή τής Ζαρού-
χλας, ή Γραμμένη Όξυά στη Ροῦμελη, τό Φαλακρό στήν Ἄν. Μακεδονία,



Εικόνα 166: Ρύπανση από άγρο πετρέλαιο σε μία άκτι της Σαλαμίνος.

ή Δίρφη και τό Ξεροβούνη στήν Εύβοια, τά δάση τής Ἀρκαδίας, τοῦ Ταυγέτου, τής Χαλκιδικής, τής Σάμου, τό παρθένο δάσος τής κεντρικῆς Ροδόπης κ.ἄ.

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

- άβάκιο γαμετικών συνδυασμών:** άβάκιο, δηλαδή πίνακας, που μᾶς βοηθά νά βροῦμε ὄλους τούς συνδυασμούς τῶν γαμετῶν καί τίς συχνότητες τῶν συνδυασμῶν αὐτῶν.
- ἀγγελιοφόρο RNA (ριβοζονουκλεϊκό ὄξύ):** εἶδος RNA πού ἔχει ἀντιγράψει πιστά τή μιᾶ 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 ἀτόμων τοῦ ἴδιου εἴδους, πού ζοῦν μαζί.
- ἀγενής πολλαπλασιασμός:** μηχανισμός πολλαπλασιασμοῦ (ἀναπαραγωγῆς) πού δέ στηρίζεται στήν ὕπαρξη φύλων.
- ἀδενίνη:** ὀργανική βάση. Τό μόριό της συμμετέχει στή δομή τοῦ ATP, τοῦ DNA καί τοῦ RNA.
- ADP (ἐϊ-ντι-πί, διφωσφορική ἀδενοσίνη):** χημική ἔνωση πού ἀποτελεῖται ἀπό ἀδενίνη, ριβόζη καί δυό ριζες φωσφορικοῦ ὄξεος.
- ἀερόβια φάση ἀναπνοῆς:** ἡ φάση τῆς ἀναπνοῆς πού χρειάζεται ὄξυγόνο.
- 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 ὄξυγόνο καί τό διοξειδίο τοῦ ἄνθρακα.
- αἰμοφιλία:** ἡ παθολογική κατάταση ὀρισμένων ἀνθρώπων νά μὴν πῆξει τό αἷμα τους.
- ἄκμονας:** μικρό κόκαλο στό μέσα οὖς (αὐτί) τῶν θηλαστικῶν.
- ἀκτινωτή προσαρμοστική κλαδογένεση:** ἡ παραγωγή σέ σχετικᾶ σύντομο χρονικό διάστημα (στή γεωλογική κλίμακα τοῦ χρόνου) ἀπό ἓνα ἢ λίγα εἶδη μιᾶς ὀλόκληρης βεντάλιας νέων εἰδῶν μέ προσαρμογές σέ διαφορετικούς τρόπους ζωῆς.
- ἀλληλεπίδραση:** ἀμοιβαία ἐπίδραση μεταξύ δυό (ἢ περισσότερων) μονάδων (ἀτόμων, εἰδῶν κ.ἄ.).
- ἀλληλόμορφος:** ἡ σταθερή κατάταση στήν ὁποία βρίσκεται ἓνας γόνος. Σ'

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

- άνοιχτό σύστημα:** αποτελείται από σύνολο υλικών τμημάτων σε επικοινωνία με το περιβάλλον με το οποίο ανταλλάσσει ύλη και ενέργεια.
- άντίσωμα:** πρωτεΐνη που κατασκευάζει ο οργανισμός για να καταπολεμήσει μία μικροβιακή (ή άλλη) εισβολή.
- άπολειδής αριθμός χρωματοσωμάτων:** ο αριθμός των χρωματοσωμάτων στους γαμέτες, ο μισός αριθμός των χρωματοσωμάτων των σωματικών κυττάρων, ο αριθμός των ζευγαριών των χρωματοσωμάτων (= N).
- άποβλάστηση:** τρόπος άγενη πολλαπλασιασμού. Ένα τμήμα του οργανισμού αναπτύσσεται και μετά αποχωρίζεται και γίνεται νέος οργανισμός.
- άπολίθωμα:** άπομεινάρια ζωντανών οργανισμών που έζησαν παλιά: είτε είναι αποτυπώματα, είτε σκληρά μέρη τους που ή οργανική τους ουσία αντικαταστάθηκε από ανόργανα υλικά. Σπάνια είναι τμήματα οργανισμών ή οργανισμοί που δεν πετροποιήθηκαν αλλά διατηρήθηκαν στους πάγους ή ακόμα μέσα σε κεχριμπάρι.
- άστερες:** οί δύο άστεροειδείς σχηματισμοί που καθένας τους έχει κέντρο ένα από τους δύο πόλους της άτρακτου (στή μίτωση).
- ATP (εϊ-τί-πί, τριφωσφορική άδενοσίνη):** χημική ένωση που αποτελείται από άδενίνη, ριβόζη και τρεις ρίζες φωσφορικού όξεος. Το ATP είναι το ένεργειακό «νόμισμα».
- άτρακτος:** διάταξη σε σχήμα άδραχτιού, (άτρακτος = άδράχτι), που σχηματίζεται στη μετάφωση της κυτταρικής διαερέσεως.
- Αύστραλιανή ζώνη:** ή Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει την Αύστραλία.
- αυτόματη γένεση (θεωρία τής):** ο ύποθετικός (καί όπως τώρα γνωρίζουμε λανθασμένος) μηχανισμός παραγωγής ζωντανών όντων από μή ζωντανά υλικά.
- αυτότροφος όργανισμός:** όργανισμός που τρέφεται από ανόργανες μόνο ούσιες, κατασκευάζοντας μόνος του τίς άναγκαίες σ' αυτόν όργανικές.
- βακτηριοφάγος:** ίός (φάγος) που παρασιτεί βακτήρια.
- βασίλειο:** ή μεγαλύτερη όμάδα διαίρέσεως των ζωντανών όντων στη Σύστηματική.
- βελτίωση (κληρονομική):** προσπάθεια καλύτερέσεως όρισμένων χαρακτηριστικών των έκτρεφόμενων ζώων καί των καλλιεργούμενων φυτών με την άλλαγή των γονότυπων των άτόμων τους.
- βένθος:** τό σύνολο των ζωντανών όντων που ζοϋν στό βυθό τής θάλασσας.
- βιογενετικός νόμος (του Χαϊκελ):** ή άποψη πώς ή όντογένεση συνοψίζει τή φυλογένεση.
- βιοχημεία:** ή έπιστήμη που μελετά τό φαινόμενο τής ζωής στό έπίπεδο των μορίων καί των χημικών αντιδράσεων.
- βιωτική κοινότητα:** τό σύνολο των ζωντανών όντων σε μία περιοχή.

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

- δέρματα** (έμβρυολογικά): οί τρείς στρώσεις (στοιβάδες) κυττάρων πού σχηματίζονται σέ όρισμένο στάδιο του έμβριου μετά τό γαστριδίο. Κάθε δερμα παρέχει τό ύλικό γιά νά σχηματιστοϋν διάφορα όργανα και ίστοί. (βλέπε λέξεις έκτόδερμα, μεσόδερμα, ένδόδερμα).
- δεσοξυριβοζονουκλεϊκό όξύ**: βλέπε λέξη DNA.
- δεύτερη θυγατρική γενιά**: τό σύνολο τών άτόμων πού προέρχεται από τή διασταύρωση τών άτόμων τής πρώτης θυγατρικής γενιάς, (σύμβολο F₂).
- δευτερογενής καταναλωτής**: είδος πού τρέφεται από τούς πρωτογενείς καταναλωτές (βλέπε λέξη), δηλαδή σαρκοφάγο.
- διάσχιση**: τό φαινόμενο σύμφωνα μέ τό όποιο ό γόνος πού προέρχεται από τόν πατέρα κι ό αντίστοιχος γόνος πού προέρχεται από τή μητέρα δέν άλληλοσηραάζονται αλλά ξαναβρίσκεται (ένας τους) σέ κάθε γαμέτη του άτόμου «καθαρός», δηλαδή στην ίδια κατάσταση πού ήταν στους γονείς του.
- διαφοροποίηση**: διαδικασία μέ τήν όποία τά διάφορα κύτταρα του σώματος, άν και προέρχονται όλα από τό ζυγωτό, ξεειδικεύονται λειτουργικά και γι' αυτό αλλάζουν και μορφολογικά.
- διδακτικός τύπος θεωριών**: κατηγορία θεωριών πού πιστεύει πώς τό περιβάλλον άμεσα έντυπώνει μεταβολές στον όργανισμό και πώς αυτές γίνονται κληρονομικές (άν και επίκτητες) και καθιστούν τόν όργανισμό περισσότερο προσαρμοσμένο στο περιβάλλον πού του τίς έντύπωσε. 'Η Θεωρία του Λαμάρκ είναι διδακτικού τύπου (τό περιβάλλον «διδάσκει» τόν όργανισμό κι έτσι τόν αλλάζει).
- δίδυμα** (άδελφια): άδελφια πού γεννιούνται από τήν ίδια κύηση. Μπορεί νά προέρχονται από ένα μόνο ζυγωτό (μονοζυγωτικά) ή από δύο διαφορετικά ζυγωτά κύτταρα (διζυγωτικά).
- διζυγωτικά δίδυμα**: βλέπε λέξη δίδυμα.
- δίοικο είδος**: είδος πού άποτελείται από δύο χωριστές κατηγορίες άτομα, τά άρσενικά και τά θηλυκά.
- διπλοειδής άριθμός χρωματοσωμάτων**: ό άριθμός τών χρωματοσωμάτων τών σωματικών κυττάρων, ή τών κυττάρων του γεννητικού πλάσματος πριν ύποστοϋν τή μείωση, ή άκόμη ό διπλάσιος άριθμός τών ζυγαριών τών χρωματοσωμάτων (= 2N).
- διυβριδισμός**: διασταύρωση στην όποία διασχίζονται δύο διαφορετικοί γόνοι.
- διφωσφορική άδενοσίνη**: βλέπε λέξη ADP.
- DNA** (ντί-έν-εί, δεσοξυριβοζονουκλεϊκό όξύ). Κατηγορία νουκλεϊκών όξέων πού άποτελοϋνται από δύο συμπληρωματικές άλυσίδες νουκλεοτιδίων (δίκλωνα) και πού βρίσκονται κυρίως στα χρωματοσώματα (άλλά και στα μιτοχόνδρια, και στα πλαστίδια). Οί γόνοι άποτελοϋνται

- από DNA. Το DNA έχει την ιδιότητα να αναπαράγεται.
- δουλώση:** 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 άναιμία:** κληρονομική άναιμία που οφείλεται στη διαφορετική αίμοσφαιρίνη (από την κανονική) που έχουν τα άρρωστα άτομα.
- έγγενής πολλαπλασιασμός:** μηχανισμός πολλαπλασιασμού που στηρίζεται στην ύπαρξη δυο φύλων και στην παραγωγή γαμετών.
- είδος:** βασική μονάδα της ταξινόμησης. Το είδος δέν ορίζεται μόνο με το κριτήριο της μορφολογικής ομοιότητας αλλά κυρίως με το μιξιολογικό κριτήριο. Είναι αντικειμενική οντότητα ανεξάρτητη από τον ταξινόμο. Κάθε είδος κατέχει όρισμένη οικολογική φωλιά.
- έκλεκτικός τύπος θεωριών:** κατηγορία θεωριών που πιστεύει πως οι εξέλεκτικές μεταβολές προέρχονται από έπιλογή σε προϋπάρχουσα κληρονομική ποικιλομορφία του πληθυσμού. Η έπιδραση του περιβάλλοντος πραγματοποιείται με το μηχανισμό της έπιλογής. Η νεοδαρβινική ή συνθετική θεωρία είναι έκλεκτικού τύπου.
- έκτοδερμα:** το έξωτερικό δέρμα (βλέπε λέξη δερματα) του έμβριου στο στάδιο μετά το γαστρίδιο. Από το δέρμα αυτό προέρχονται η έπιδερμίδα, το νευρικό σύστημα, τα αίσθητήρια όργανα, οι τρίχες, τα νύχια κ.ά.
- έλαιοπλάστης:** πλαστίδιο όπου γίνεται η σύνθεση του έλαιου (λαδιού).
- Έμβρυολογία:** κλάδος της Βιολογίας που μελετά τα έμβρυακά στάδια της ζωής του οργανισμού.
- ένδόδερμα:** το έσωτερικό δέρμα (βλέπε λέξη δερματα) του έμβριου στο στάδιο μετά το γαστρίδιο. Από το δέρμα αυτό προέρχεται ο πεπτικός άγωγός.
- ένδοπλασματικό δίκτυο:** πολύπλοκο δίκτυο άγωγών (καναλιών) που βρίσκεται μέσ στο κυτταρόπλασμα.
- ενεργό κέντρο (ένζυμο):** το μέρος του ένζυμου στο όποιο γίνεται η έπαφή με το ύποστρωμα ή τα ύποστρώματα με άποτέλεσμα τη διευκόλυνση της χημικής αντίδρασεως την όποια το ένζυμο καταλύει.
- ένζυμο:** οργανική χημική ένωση που είτε είναι έξολοκληρου πρωτεΐνη είτε το μεγαλύτερο μέρος της είναι πρωτεΐνη και η όποια έπιταχύνει όρισμένη χημική αντίδραση, χωρίς να συμμετέχει στα τελικά προϊόντα της αντίδρασεως αυτής.
- Έξέλιξη:** το φαινόμενο να αλλάζουν μορφή τα έμβια όντα με το πέραςμα του χρόνου, είδη να μεταβάλλονται σε άλλα είδη (αναγένεση) ή είδη να διχάζονται σε δυο ή περισσότερα νέα είδη (κλαδογένεση), ή είδη να σβήνουν.

εξόζη: ύδατάνθρακας μέ ξξι άτομα άνθρακα στό μόριό του.

έπιγένεση: έμβρυολογική θεωρία σύμφωνα μέ τήν όποία τά όργανα και οι ίστοί του σώματος σχηματίζονται «έκ νέου» κάθε φορά κατά τό έμβρυακό μέρος τής ζωής του οργανισμού χάρη στίς δυνάμεις πού ένυπάρχουν μέσα στό ζώντανό 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 οι 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 πληροφορείται τί συμβαίνει έξω ή και μέσα σ' αυτόν.

έρημος: οικοσύστημα πού ή βλάστησή του είναι πολύ φτωχή: τό μεγαλύτερο μέρος τής επιφάνειάς του είναι ακάλυπτο 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 όργανισμός: όργανισμός πού τρέφεται από όργανικές ούσιες πού παράγουν άλλοι οργανισμοί (λέγεται και καταναλωτής).

εύκαρυωτικός: όργανισμός πού έχει κύτταρα (ή κύτταρο στους μονοκύτταρους) μέ διαμορφωμένο πυρήνα. Εύκαρυωτικοί είναι όλοι οι όργανισμοί έκτός από τά βακτήρια (στά όποια ανήκουν και τά μυκοπλάσματα), τά Κυανοφύκη και οι ίοι.

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

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

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

- κεντρόσωμα:** ὄργανοῖο τῶν ζωικῶν μόνο κυττάρων. Βρίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ παίζει ρόλο στὴν κυτταρική διαίρεση, στὰ κυττάρων τῶν ζῶων.
- κλαδογένεση:** ἐξελικτική ἀλλαγὴ κατὰ τὴν ὅποια 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.) Διαφορετικό ἀπὸ τὴν ἀναγένεση (βλέπε λέξη).
- κληρονομικότητα:** τὸ φαινόμενο νὰ μεταβιβάζουν οἱ γονεῖς στὰ τέκνα τους ὀρισμένα χαρακτηριστικά.
- κοινωνία:** ὁμάδα ἀτόμων πού ἀνήκουν στὸ ἴδιο εἶδος καὶ εἶναι ὀργανωμένα μὲ τρόπο πού νὰ συνεργάζονται. Ἡ ὑπαρξὴ ἀμοιβαίας ἐπικοινωνίας μεταξύ ἀτόμων τοῦ ἴδιου εἶδους μὲ σκοπὸ τὴν συνεργασία, καὶ πού ξεπερνᾷ τὴν ἀπλή σεξουαλικὴ δραστηριότητα, εἶναι κριτήριο γιὰ τὸν ὀρισμὸ τῆς κοινωνίας.
- κόκκος γύρης:** ὁ ἀρσενικός γαμέτης στὰ φυτὰ.
- Κρητιδική:** γεωλογικὴ περίοδος τοῦ Μεσοζωικοῦ αἵωνα. Ἄρχισε πρὶν 135 ἑκατ. χρόνια, τέλειωσε πρὶν 63 ἑκατ. χρόνια, δηλαδὴ διάρκεσε 72 ἑκατομύρια χρόνια.
- κυαμισμός:** ἡ κληρονομικὴ δομὴ πού ἐκδηλώνεται μὲ σοβαρὸ αἰμολυτικὸ ἐπεισόδιο ὅταν τὰ ἄτομα πού τὴν ἔχουν φάνε ἄβραστα κουκιά.
- κύκλος Krebs (ἢ κύκλος κιτρικοῦ ὀξέος):** στὴν ἀναπνοὴ ἢ καύση τοῦ μετασχηματισμένου πυροσταφυλικοῦ ὀξέος (ἐνωμένου μὲ συνένζυμο Α σὲ ἀκετυλοσυνένζυμο Α) μὲ μιὰ σειρά πολυπλοκῶν χημικῶν ἀντιδράσεων. Ἀπὸ τὴν καύση παράγεται CO₂ καὶ ἐλευθερώνονται ἠλεκτρόνια.
- κυριαρχία:** φαινόμενο κατὰ τὸ ὅποιο, στὰ ἑτεροζυγῶτὰ ἄτομα γιὰ ἓνα γόνου, 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:** ὀργανικὴ βάση. Τὸ μόριό της συμμετέχει στὴ δομὴ τοῦ DNA καὶ τοῦ RNA.
- κυτοχρώματα:** πρωτεΐνες, χημικὸι ὑποδοχεῖς ἠλεκτρονίων (βλέπε λέξη). Παίζουν ρόλο ὑποδοχῶν στὴν ὀξειδωτικὴ φωσφορυλίωση (βλέπε λέξη).
- κυτταρική μεμβράνη:** βλέπε λέξη **πλασματικὴ 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).
- κυτταρόπλασμα ή κυτόπλασμα:** παχύρευστη ουσία που αποτελεί τό μεγαλύτερο μέρος του έσωτερικού του κυττάρου.
- λαμαρκιζμός:** άποψη κατά την όποία ή Έξέλιξη όφειλεται κυρίως στην ύποτιθεμένη (καί λανθασμένη) κληρονομικότητα των έπικτητων ιδιοτήτων.
- Λαυρασιατική ήπειρος:** τό βορειο κομμάτι γής από τά δυό που χωρίστηκε ή Παγγαία. Περιλάβαινε τή Β. Άμερική, τήν Εύρώπη καί όλη σχεδόν τήν Άσία.
- λειτουργία:** πραγματοποίηση όρισμένων φυσιολογικών αντίδράσεων από ένα κύτταρο ή από ένα ή περισσότερα όργανα για τήν έκπληρωση όρισμένου σκοπού.
- Λιθανθρακοφόρος:** γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωϊκού αιώνα. Άρχισε πριν 345 εκατομμύρια χρόνια καί τέλειωσε πριν 280 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 65 εκατομ. χρόνια. Περίοδος μεγάλων δασών, που τώρα τά βρίσκουμε σαν λιθάνθρακες.
- λίπη:** κατηγορία όργανικών μορίων, που αποτελούνται από τήν ένωση τριών μορίων λιπαρών όξέων με ένα μόριο γλυκερίνης ή ανάλογης ένωσης με τη γλυκερίνη.
- λυσόσωμα:** όργανίδιο του κυττάρου που περικλείει ένζυμα.
- μακκία:** οίκοςύστημα των ξηροφυτικών έκτάσεων κυρίως γύρω από τή Μεσόγειο.
- μάρσιπος:** δερμάτινος σάκος των μαρσιποφόρων στόν όποιο τά θηλυκά κρατούν τά μικρά τους.
- μείωση:** ό μηχανισμός παραγωγής κυττάρων με μισό αριθμό χρωματοσωμάτων για νά γίνουν γαμέτες. Στη μείωση παράγονται νέοι συνδυασμοί γόνων από τούς δυό γονείς του άτομου που φτιάχνει τούς γαμέτες.
- μεσόδερμα:** τό ενδιάμεσο έμβρυολογικό δερμα (βλέπε λέξη) από τό όποιο προέρχονται τό αίμα καί τό κυκλοφορικό σύστημα, οί συνεκτικοί ιστοί καί τά κόκαλα, τό ούρογεννητικό σύστημα καί τό μυϊκό σύστημα.
- Μεσοζωϊκός:** γεωλογικός αιώνας (βλέπε λέξη). Άρχισε πριν 230 εκατ. χρόνια καί τελείωσε πριν 63 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 167 εκατομμύρια χρόνια.
- μεταβολισμός:** ή σύνθετη λειτουργία του όργανισμού κατά τήν όποία χάρη σε χημικές αντίδράσεις παράγεται, άποθηκεύεται καί χρησιμοποιείται ένέργεια καί συνθέτονται τά δομικά ύλικά του όργανισμού.
- μεταγραφή:** ή αντίγραφη του γενετικού (κληρονομικού) μηνύματος που φέρει τό DNA (δηλαδή ό γόνος) σε **άγγελιοφόρο RNA** (βλέπε λέξεις).
- μετάλλαξη:** ή απότομη άλλαγή ενός άλληλόμορφου σ' έναν άλλο. Είτε γίνεται στη φύση από μόνη της (**φυσική μετάλλαξη**), ή με τήν 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 άμινοξέα και τα τοποθετούν απέναντι στις τριάδες διαδοχικών βάσεων του άγγελιοφόρου RNA. Καθένα τους στη μία του μεριά έχει ένα τμήμα που «αναγνωρίζει» μία ορισμένη τριάδα βάσεων του άγγελιοφόρου RNA (γιατί το τμήμα αυτό αποτελείται από τις συμπληρωματικές βάσεις και έτσι βοηθά στην τοποθέτησή του απέναντι τους) και στο διαμετρικά αντίθετο τμήμα του μπορεί να δένει το αντίστοιχο άμινοξύ.

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

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

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

μίτωση: η 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 όστρακοτών.

Νεαρκτική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει τη Βόρεια Αμερική.

νεοδαρβινική θεωρία: βλέπε λέξη συνθετική θεωρία.

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

Νησιωτική ζώνη: Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει μερικά άπομο-

νωμένα από τις ηπείρους νησιά (πολλά από τα όποια βρίσκονται στον Ειρηνικό ώκεανό).

νόθο: βλέπε λέξη ύβρίδιο.

νοκλεικά όξέα (ή **νοκλεινικά όξέα**): χημικά μόρια που άποτελούνται από την ένωση πολλών νοκλειοτιδίων. Μερικά μπορούν νά αναπαράγονται. Χαρακτηρίζουν τό μηχανισμό αναπαραγωγής των ζωντανών οργανισμών.

νοκλειοτιδιο: χημική ένωση που άποτελείται από μία πεντόζη (ριβόζη ή δεσοξυριβόζη), φωσφορικό όξύ και μία οργανική βάση (άδενίνη, θυμίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, ούρακίλη).

ξανθοφύλλες: κίτρινες χρωστικές.

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

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

Οίκολογία: κλάδος τής Βιολογίας (και όχι τής Άρχιτεκτονικής), που μελετά τις σχέσεις ζωντανών οργανισμών μέ τό περιβάλλον τους.

οίκολογική φωλιά: ή «θέση» που κατέχει ένα είδος στό οικοσύστημα (κυρίως ως πρός τή λειτουργία του).

οικοσύστημα: τό σύνολο των ζωντανών όντων και των μή ζωντανών (άβίων) σωμάτων σέ μία περιοχή.

όμοζυωτό: (γιά ένα γόνο) άτομο που περιέχει δυό φορές τόν ίδιο άλληλόμορφο αυτού του γόνου.

όμοιοθερμία: ή ικανότητα (ή ιδιότητα) νά κρατείται σταθερή (όμοια) ή θερμοκρασία του οργανισμού.

όμοιόσταση: ιδιότητα του οργανισμού νά κρατά όμοια τήν κατάστασή του γιά όρισμένο εύρος διαταραχές του περιβάλλοντος.

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

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

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

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

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

όξειδώση: χημική αντίδραση κατά τήν όποια σ' ένα στοιχείο ή μία ένωση προσθέεται όξυγόνο ή από μία ένωση αφαιρείται ύδρογόνο. Γενικά

- όταν από ένα στοιχείο ή μία ένωση αφαιρούνται ηλεκτρόνια.
- οξειδωτική φωσφορύλιωση:** 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 φωσφορύλιωση του ADP σε ATP (βλέπε λέξεις).
- οργανισμός:** έμβιο όν, που αποτελείται από τμήματα τα οποία ονομάζουμε όργανα (πολυκύτταροι οργανισμοί) ή οργανίδια (μονοκύτταροι οργανισμοί).
- όργανο:** τμήμα του οργανισμού που αποτελείται από πολλά κύτταρα και πολλούς ιστούς και εκτελεί ορισμένη ή ορισμένες λειτουργίες.
- όργανο ανάλογο:** βλέπε λέξη *ανάλογα όργανα*.
- όργανο όμολογο:** βλέπε λέξη *όμολογα όργανα*.
- όργανο υπολειμματικό:** βλέπε λέξη *υπολειμματικό όργανο*.
- οργανώση:** τοποθέτηση και σύνδεση των διάφορων τμημάτων ενός σώματος με κάποια τάξη.
- όροφος:** ή ά πάνω φυλλωσιά του δάσους.
- ούρακίλη:** οργανική βάση. Το μόριο της συμμετέχει στη δομή του RNA.
- Παγγαία:** ή πρωταρχική ήπειρος που περιλάμβανε ενωμένες όλες τις στεριές των τωρινών ηπειρών.
- παγγένεση** (θεωρία της): θεωρία που διατύπωσε ο Ντάρβιν για να εξηγήσει πώς κατά την οντογένεση σχηματίζονται τα όργανα του σώματος. Η θεωρία είναι λανθασμένη.
- Παλαιαρκτική ζώνη:** Ζωογεωγραφική ζώνη που περιλαμβάνει Ευρώπη, Βόρεια Αφρική κι Ασία (έκτός από την Ινδία και άλλες κοντινές της χώρες).
- Παλαιozoικός:** 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 τα απολιθώματα τους (βλέπε λέξη).
- παραγωγός:** τό είδος που από άνόργανα συστατικά παράγει οργανική ύλη. Συνώνυμο του αυτότροφος (βλέπε λέξη).
- παρασιτισμός:** σχέση δυό οργανισμών κατά την οποία ό ένας (τό παράσιτο) ζει σε βάρος του άλλου (του ξενιστή) προκαλώντας του παθολογικές διαταραχές.
- παρθενογένεση:** διαδικασία παραγωγής απογόνων που προέρχεται από τον έγγενή πολλαπλασιασμό, αλλά κατά την οποία τό ώαριο εξελίσσεται σε νέο οργανισμό χωρίς γονιμοποίηση.

πεντόζη: ύδατάνθρακας με πέντε άτομα άνθρακα στο μόριό του.

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

Πέρμιο (ή Πέρμια περίοδος): γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού αιώνα. Άρχισε πριν 280 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 230 εκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 50 εκατομμύρια χρόνια.

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

πλάσματική μεμβράνη (κυτταρική μεμβράνη): μεμβρανή που περιβάλλει το κύτταρο.

πλαστίδιο: όργανίδιο του κυττάρου στο όποιο λαβαινουν χόρω χημικές αντίδράσεις. (Πλαστίδια είναι οί χλωροπλάστες, χρομοπλάστες, άμυλοπλάστες, έλαιοπλάστες).

Πλειστόκαινος: γεωλογική ύποπερίοδος της Τεταρτογενής περιόδου του Καινοζωικού αιώνα.

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

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

πόλος άτράκτου: τό όξυ άκρο της άτράκτου. Ύπάρχουν δύο τέτοια άκρα σέ μία κανονική άτρακτο.

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

Προκάμβριο: έτσι όνομαζεται συνήθως ό Άρχαϊκός αιώνας και ό Προτεροζωικός αιώνας μαζί, δηλαδή ό,τι ύπαρχει πριν από την Καμβριο περίοδο, πριν δηλαδή 600 εκατομμύρια χρόνια.

προκαρυωτικοί: όργανισμοί χωρίς σχηματισμένο πυρήνα στά κύτταρά τους (Βακτήρια, κυανοφύκη). Βλέπε και λέξη **εύκαρυωτικός**.

προνύμφη: ένα από τά στάδια της όντογένεσης (βλέπε λέξη) πριν από τό άκμαίο στά όστρακωτά, άρθροποδα και άλλα ζώα.

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

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

- την όποια όργανα και τμήματα του σώματος κατά την έμβρυακή ανάπτυξη δε γίνονται έκ νέου αλλά από σχηματισμένα από πριν πρότυπα μέσ στο ζυγωτό κύτταρο (ή στους γαμέτες).
- πρόφαση** (ή πρώτη φάση της μίτωσης): το πρώτο στάδιο της κυτταρικής διαιρέσεως.
- πρωτεΐνη**: πολυμερης (βλέπε λέξη) χημική ένωση που αποτελείται από την ένωση πολλών αμινοξέων.
- πρώτη θυγατρική γενιά**: το σύνολο των άτόμων που παράγονται από τη διασταύρωση άτόμων 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 άκίνησία**: 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 μέσ στον πυρήνα του κυττάρου, που περιέχει RNA.
- πυροσταφυλικό όξύ**: όργανικό όξύ μέ 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 - έν - ει, ριβοζονουκλεϊκό όξύ). Κατηγορία νουκλεϊκών όξεων μονόκλωνων ή και δίκλωνων. Είδη του RNA είναι το άγγελιοφόρο RNA, οί μεταφορείς RNA, το ριβοσωμικό RNA.
- σαβάννα**: ξηροφυτικό οίκοςύστημα γύρω από τά τροπικά δάση.
- σαπρόφυτα**: όργανισμοί που τρέφονται από όργανικές ούσιες, (άπό νεκρά φυτά, λείψανα ζώων, έκκρίσεις κτλ.) και όχι κατευθείαν από άλλους ζωντανούς όργανισμούς.
- Σιλούρια**: γεωλογική περίοδος του Παλαιοζωικού. Άρχισε πριν 500 έκατ. χρόνια, τελείωσε πριν 405 έκατ. χρόνια, διάρκεσε δηλαδή 95 έκατομμύρια χρόνια.
- σηήνος**: άγέλη (βλέπε λέξη) πτηνών. Χρησιμοποιείται και για νά ύποδηλώσει το σύνολο των μελισσών μίς κυσέλης (γύρω από μία βασίλισσα).
- σπερματοζώάριο**: 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).
- στοιχεία Golgi:** οργανίδιο του κυττάρου που παίζει ρόλο στην απέκκριση κυτταρικών έκκριμάτων (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 Έξελιξη όφειλεται σε τυχαίες μεταλλαγές και ανασυνδυασμό των γόνων κατά τη φυλετική αναπαραγωγή (μηχανισμός παραγωγής γενετικής ποικιλομορφίας) και σε φυσική επιλογή αυτής της ποικιλομορφίας.
- συνομοταξία** (ή **Φύλο**): ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε συνομοταξία περιέχει όμοταξίες (βλέπε λέξη).
- Συστηματική** (ή **Ταξινομική**): κλάδος της Βιολογίας που μελετά την κατάταξη των οργανισμών.
- σφύρα:** οστάριο στο μέσο ούς (αυτί) των θηλαστικών.
- σωματικό πλάσμα:** το σύνολο όλων των κυττάρων του οργανισμού εκτός από αυτούς που είναι ή θά μετασχηματισθούν σε γαμέτες.
- τάϊγκα:** οικοσύστημα, τό άσος των βόρειων κωνοφόρων.
- τάξη:** ομάδα διαιρέσεως των ζωντανών όντων στη Συστηματική. Κάθε τάξη περιέχει οικογένειες (βλέπε λέξη).
- Ταξινομική:** βλέπε λέξη **Συστηματική**.
- τελεονομία:** ή ιδιότητα των ζωντανών οργανισμών να 'ναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να πραγματοποιούν ένα σκοπό (= τέλος).
- τελόφαση** (ή τέταρτη φάση της μίτωσης): τό τέταρτο και τελευταίο στάδιο της κυτταρικής διαιρέσεως.
- τέχνημα** (= τεχνούργημα): προϊόν ανθρώπινης κατασκευής, της ανθρώπινης τέχνης.
- τούντρα:** οικοσύστημα που βρίσκεται κυρίως κοντά στο βόρειο πόλο.
- Τριαδική:** εποχή γεωλογική του Μεσοζωικού αιώνα. Άρχισε πριν 230 εκατ. χρόνια, τέλειωσε πριν 81 εκατ. χρόνια, δηλαδή διάρκεσε 49 εκατομμύρια χρόνια.
- τριτογενής καταναλωτής:** καταναλωτής (βλέπε λέξη) που τρέφεται από δευτερογενείς καταναλωτές.
- τριφωσφορική άδενοσίνη:** βλέπε λέξη ATP
- τυπολογία** (τυπολογική σκέψη): ή άποψη ότι τά είδη αποτελούν άντιγραφές αναλλοίωτων τύπων.
- ύβριδιο:** τό αποτέλεσμα της διασταύρωσεως δυό άτόμων, που άνήκουν 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 έκφυλίστηκε γιατί έπαψε να χρησιμοποιείται και παραμένει σαν άπλη φυλογενετική ανάμνηση.
- υπολειπόμενος άλληλόμορφος:** ο άλληλόμορφος του οποίου ή εμφάνιση στο φαινότυπο παρεμποδίζεται από τον κυρίαρχο άλληλόμορφο (βλέπε λέξη) στά έτεροζυγωτά άτομα.
- υπόστρωμα:** (ένζυμου) χημική ουσία για την μετατροπή της οποίας δρᾶ το ένζυμο καταλύοντας την αντίστοιχη αντίδραση.
- υπόστρωμα (θρεπτικό):** θρεπτικό υλικό για να αναπτυχθεί κάποιος οργανισμός.
- φαινότυπος:** τό πῶς μᾶς φαίνεται ὁ ὀργανισμός.
- φάση G₁ τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος:** τό τμήμα τοῦ στάδιου τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος ὅπου δέν ἔχει ἀρχίσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.
- φάση G₂ τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος:** τό τμήμα τοῦ στάδιου τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος ὅπου ἔχει τελειώσει ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.
- φάση S τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος:** τό τμήμα τοῦ στάδιου τῆς πυρηνικῆς ἀκίνησιος κατά τό ὅποιο συντελεῖται ὁ διπλασιασμός τοῦ DNA.
- φερομόνη:** πτητικῆ χημικῆ οὐσία πού χρησιμεύει γιά τήν ἐπικοινωνία μεταξύ ζώων τοῦ ἴδιου εἶδους.
- φρουκτόζη:** υδατάνθρακας μέ ἕξι ἄτομα ἄνθρακα.
- φρύγανα:** ξηροφυτικό οἰκοσύστημα κυρίως γύρω ἀπό τή Μεσόγειο.
- φυλετικά χρωματοσώματα:** ζευγάρι, συνήθως, χρωματοσωμάτων πού καθορίζουν τό φύλο τοῦ ὀργανισμοῦ (τό X καί τό Y).
- φυλετική ἀναπαραγωγή:** ἀναπαραγωγή πού στηρίζεται στήν ὑπαρξη φύλων (λ.χ. ἀρσενικοῦ καί θηλυκοῦ).
- Φύλο:** βλέπε λέξη **συναμοταξία**.
- φυλογενετική συγγένεια:** συγγένεια λόγω κοινῆς ἐξελικτικῆς προελεύσεως.
- φυλογενετικό δέντρο:** σχεδιάγραμμα δέντρου πού ἀπεικονίζει τήν ἐξελικτική ἴστορία τοῦ ὀργανισμοῦ.
- 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 **όξειδωτική φωσφορυλίωση**.
- φωτόλυση του νερού:** από τις πρώτες φάσεις της φωτοσύνθεσης κατά την οποία διασπάται τó νερό σέ ύδρογόνο και όξυγόνο.
- φωτοσύνθεση:** λειτουργία του φυτού που καταλήγει στή σύνθεση ύδατάνθρακα από ανόργανες ενώσεις (νερό και διοξειδίο του άνθρακα) με τήν ενέργεια του ήλιακού φωτός.
- χημικός ύποδοχέας ηλεκτρονίων:** ούσία που μπορεί νά ανάγεται (νά δέχεται ηλεκτρόνια) και νά όξειδώνεται (νά χάνει αυτά τά ηλεκτρόνια).
- χίασμα:** φαινόμενο κατά τó όποιο στή μείωση γίνεται άνταλλαγή ύλικού μεταξύ δυό χρωματίδων, μιάς που προέρχεται από τόν πατέρα και μιάς που προέρχεται από τή μητέρα του άτομου.
- χλωροπλάστης:** πλαστίδιο που περιέχει χλωροφύλλη κι όπου γίνεται ή φωτοσύνθεση.
- χλωροφύλλη:** πράσινη χρωστική ούσία που βρίσκεται στους χλωροπλάστες και που δεσμεύει τήν ήλιακή ενέργεια για νά γίνει ή φωτοσύνθεση.
- χρωματόσωμα:** σωματίδιο του πυρήνα που βάφεται έντονα και περιέχει τούς γόνους. Αποτελείται από DNA και πρωτεΐνες.
- χρωματόσωμα Y:** ένα φυλετικό χρωματόσωμα.
- χρωματόσωμα X:** ένα φυλετικό χρωματόσωμα.
- χρωμοπλάστης:** πλαστίδιο που περιέχει χρωστικές (όχι χλωροφύλλη) και δίνει τó χρώμα λ.χ. στά πέταλα των λουλουδιών.
- χυμότηπιο:** χώρος μέσ στό κυτταρόπλασμα γεμάτος νερό, όπου βρίσκονται διαλυμένες διάφορες χημικές ούσίες.
- ώαριο:** ό θηλυκόσ γαμέτης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

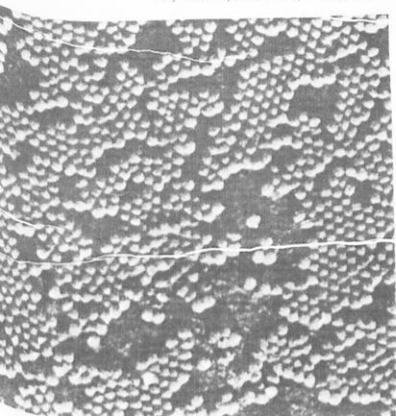
Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΝΤΩΝ

Σε αυτό το Παράρτημα κάνουμε πιά ολοκληρωμένη γνωριμία με τιά ζωντανά όντα, δίνοντας μιά πολύ σύντομη και άπλουστευμένη κατάταξη τους. Παρουσιάζουμε δηλαδή συστηματικές ομάδες πού μπορεί νά μήν αντίστοιχούν ακριβώς σε μιά αόστηρή σημερινή ταξινομική κατάταξη. Συνήθως σταματάμε, δηλαδή, σε κάτι αντίστοιχο με τιά Φύλα (ή ομάδες Φυλών), μερικές όμως φορές φτάνουμε κι' ως την Ταξη ανάλογα με το ενδιαφέρον πού παρουσιάζουν τιά είδη τών ομάδων στις όποιες αναφερομαστε. Στην κατάταξη αυτή δεν παρουσιάζονται οί όργανισμοί πού τους γνωρίζουμε μόνο από άπολιθώματα. Τά όνόματα τών ζωντανών όντων και τών ταξινομικών ομάδων τους πού αναφέρονται τόσο στο κείμενο όσο και σ' αυτό το Παράρτημα δεν βρίσκονται σάν λήμματα στο Λεξιλόγιο (Παράρτημα Α).

ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΟΝΗΡΩΝ σύνολο 3.230 είδη σε έξι Φύλα. Ίοί και μονοκύτταροι προκαρυωτικοί όργανισμοί.

1. Ίοί. Άκυτταρικοί όργανισμοί πάρα πολύ μικρού μεγέθους πού φαίνονται μόνο με τó ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Άποτελούνται από νουκλεϊκό όξύ και πρωτεϊνικό κάλυμμα. Πολλαπλασιάζονται σάν ένδοκυτταρικά παράσιτα όλων τών άλλων όργανισμών. Περίπου 200 είδη.

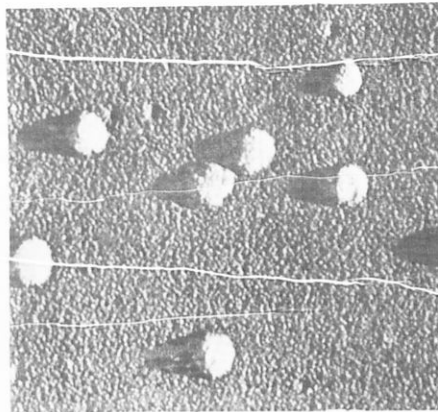
Ίος ποιομοπελτίδας (x82000)



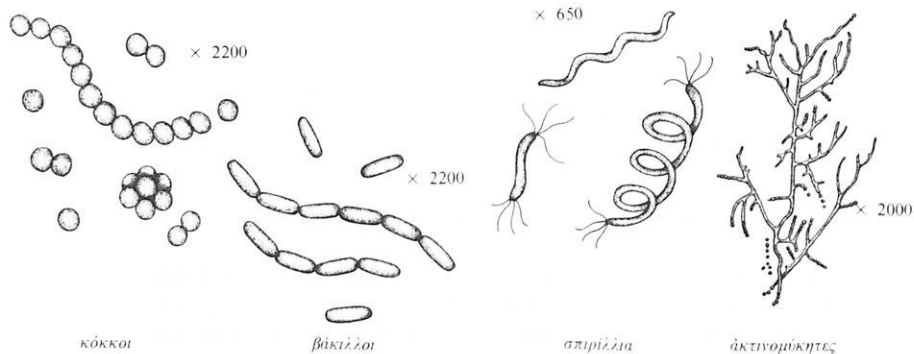
βακτηριοφάγος T4



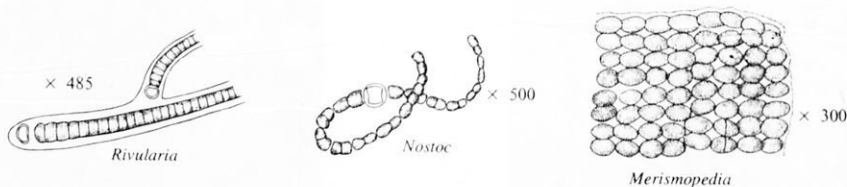
Ίος γρίπης (x61000)



2. Βακτήρια (ή Σχιζομύκητες). Πολύ μικροί (συνήθως 1-5μ) κυτταρικοί προκαρυωτικοί οργανισμοί, συνήθως μονοκύτταροι, που φαίνονται με το μικροσκόπιο. Οί περισσότεροι δέν έχουν χλωροφύλλη αλλά και μεταξύ αυτών που δέν έχουν μερικοί είναι αυτότροφοι, γιατί οξειδώνουν ενώσεις του θείου ή του σιδήρου ή του άζώτου. Οί περισσότεροι πάντως είναι ετερότροφοι και πολλοί προκαλούν ασθένειες. Όταν δέν είναι μοναχικοί τούς βρίσκουμε μαζεμένους σάν άλυσίδες ή σάν άποικίες (σπιρίλλια, κόκκοι, βάκιλλοι). Ειδικά οί άκτινομύκητες είναι σάν λεπτές διακλαδιζόμενες κλωστές. 1.630 είδη.

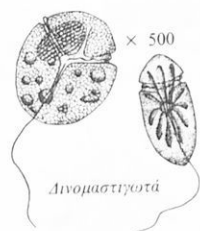


3. Κυανοφύκη (ή Μυξόφυτα). Προκαρυωτικοί κυτταρικοί οργανισμοί. Μοναχικά κύτταρα ή άποικίες σάν κλωστές ή σάν επίπεδες επιφάνειες. Δέν έχουν πλαστίδια. Η χλωροφύλλη τους συχνά καλύπτεται από άλλες χρωστικές. Ύδρόβια αλλά μερικά βρίσκονται και στο έδαφος ή σε φυτά. 1.400 είδη.



ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΠΡΩΤΙΣΤΩΝ σύνολο 28.350 είδη σε δέκα φύλα. Μονοκύτταροι, ευκαρυωτικοί οργανισμοί.

4. Μαστιγοφόρα. Μονοκύτταρικά 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 ετερότροφα και έθεωρούντο πώς ανήκουν στα ζώα (λ.χ. τά τρυπανοσώματα). Οι άποικιακές μορφές τους θεωρούνται μερικές φορές σαν ενδιάμεσες μεταξύ Πρωτίστων και πολυκυττάρων Φυτών άπ' τή μιá μεριά, Πρωτίστων και Σπόγγων άπ' τήν άλλη. 2000 είδη.



Δινομαστιγωτά



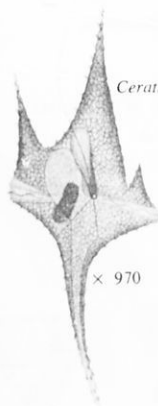
Gymnodinium

x 1060



Glenodinium

x 590



Ceratium

x 970



x 450

Pouchetia



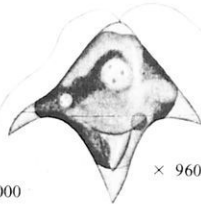
x 750

Oodinium



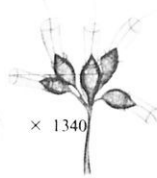
× 1000

Chlamydomonas



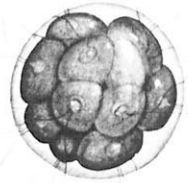
× 960

Brachiomonas



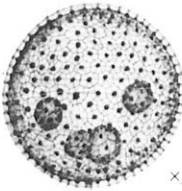
× 1340

Codonisma



× 700

Pandorina



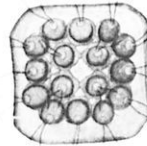
× 120

Volvox



× 750

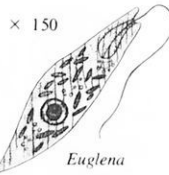
Dinobryon



× 585

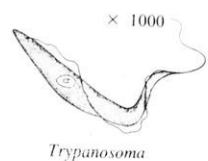
Gonium

διάφορα άλλα
μαστιγοφόρα



× 150

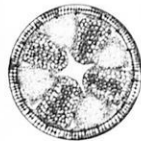
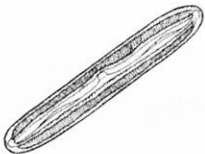
Euglena



× 1000

Trypanosoma

5. Διάτομα (ή Χρυσόφυτα ή Χρυσά Φύκη). Μονοκύτταρα ευκαρυωτικά και συνήθως μικροσκοπικά. Συνήθως με κελύφη από πυρίτιο. Η χλωροφύλλη τους σκεπάζεται από κίτρινες χρωστικές. Συνήθως οι τροφές τους αποταμιεύονται με μορφή λαδιού. Τά συναντάμε και στο φυτοπλαγκτό. 5.700 είδη.

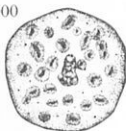


× 375



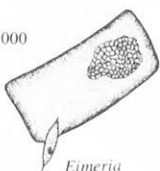
6. **Σπορόζωα.** Μονοκύτταρα ευκαρυωτικά μικροσκοπικά. Συνήθως δέν μετακινούνται από μόνα τους, σε μερικά τους όμως στάδια μπορεί να μετακινούνται με ψευδοπόδια ή μαστίγια. Παράσιτα με πολύπλοκους κύκλους ζωής. 2.000 είδη.

× 2000



Plasmodium vivax

× 1000

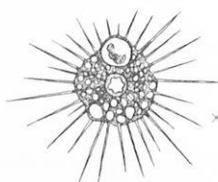
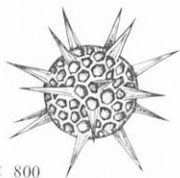


Eimeria

Αριστερά: Σπορόζωα μέσα στον ξενιστή τους.
Δεξιά: Σπορόζωο μπάινει μέσα στον ξενιστή του.

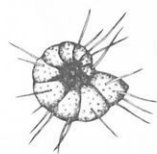
7. **Ριζόποδα (ή Σαρκόδινα).** Μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά ευκαρυωτικά. Πολλά είδη κατασκευάζουν πολύπλοκα κελύφη ή σκελετικές δομές, άλλα είναι γυμνά. Μετακινούνται με ψευδοπόδια. 8000 είδη.

× 800



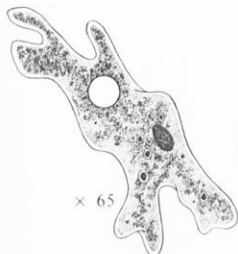
× 400

Actinophrys



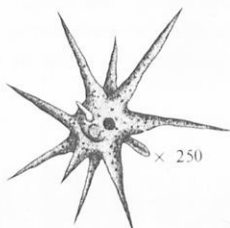
× 5

τριμηυτοόρο



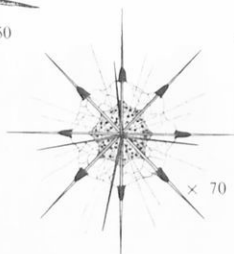
× 65

Amoeba proteus



× 250

Amoeba radiosa



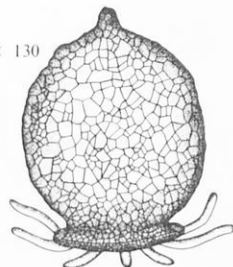
× 70

Acanthometra elastica



× 340

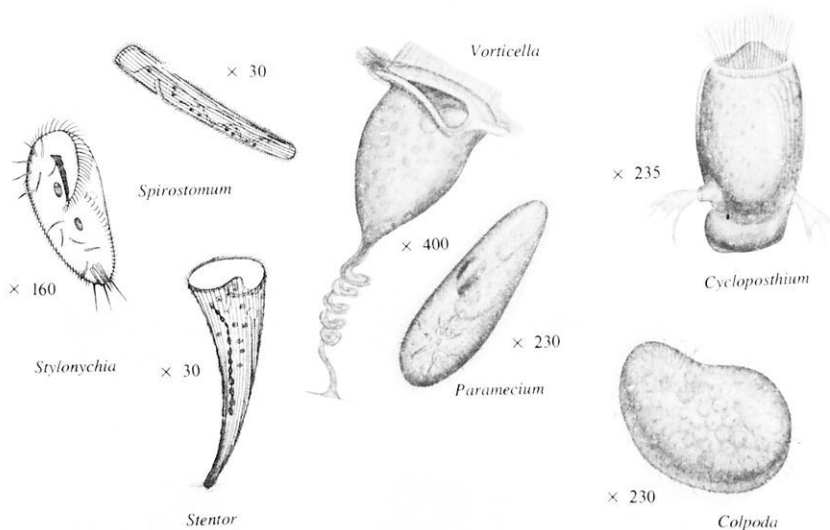
Arcella discoides



× 130

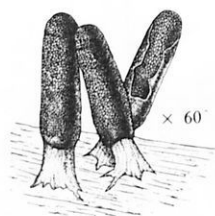
Difflugia urceolata

8. Βλεφαριδοφόρα. Μικροσκοπικά ή σχεδόν μικροσκοπικά εύκαρυωτικά. Μετακινούνται με βλεφαρίδια. 5000 είδη.

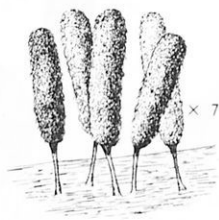


ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΜΥΚΗΤΩΝ 40.400 είδη σε όκτώ Φύλα. Πολυπήρνοι εύκαρυωτικοί οργανισμοί, κύτταρα με τοιχώματα που δεν έχουν ή έχουν μικρή διαφοροποίηση, άπουσία χλωροφύλλης.

9. Μυξομύκητες. Μάζα πρωτοπλάσματος με εκατοντάδες πυρήνες που περικλείεται με πλασματική μεμβράνη. Φαίνονται και μακροσκοπικά. Τρώνε όπως οι άμοιβάδες μ' ένα είδος πινοκύττωσης. Αναπαράγονται με σπόρια όπως οι άλλοι μύκητες. Βρίσκονται πάνω σε φυτά που άποσυνθέτονται σε ύγρα μέρη. 400 είδη.

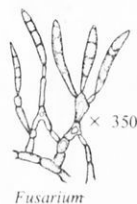
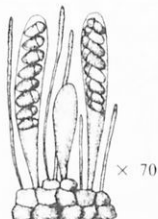
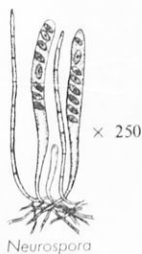
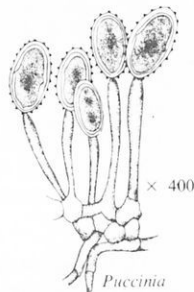
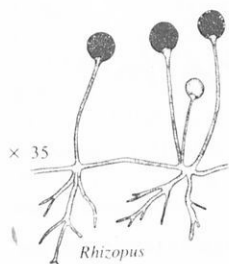


Diachea



Arcyria

10. Μύκητες. Όπως και οι προηγούμενοι δέν έχουν χλωροφύλλη και είναι κατ' αρχήν σαπρόφυτα. Πολυκύτταρα με ομάδες κυττάρων σαν κλωστές - τό μυκήλιο. Δέν έχουν άγγεία (όπως ξύλου κ.λ.π.). Τά πίο 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 γιά νά πολλαπλασιαστούν και τούς **Βασιδιομύκητες** τά γνωστά μας μανιτάρια. Συχνά οι Άσκομυκητες μαζί με Κυανοφύκη ή Χλωροφύκη συμβιώνουν, φτιάχνοντας τούς λειχήνες.



ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΦΥΤΩΝ 328.315 είδη σε έξι φύλα. Πολυκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, κύτταρα με τοιχώματα και με φωτοσυνθετικές χρωστικές (όπως είναι ή χλωροφύλλη) σε πλαστίδια.

11. Ροδόφυτα ή Ροδοφύκη (= κόκκινα φύκη). Όλα σχεδόν μακροσκοπικά και θαλάσσια. Η χλωροφύλλη καλύπτεται από κόκκινες χρωστικές. Πολύπλοκοι κύκλοι ζωής με αναπαραγωγικά κύτταρα χωρίς μαστίγιο. Αποταμίευση τροφής σε άλλες μορφές ύδατανθράκων και όχι σε άμυλο. 2.500 είδη.



Corallina



Agardhiella



Porphyra

12. Φαιοφύτα ή Φαιοφύκη (= καφέ φύκη). Όλα σχεδόν μακροσκοπικά και θαλάσσια. Η χλωροφύλλη καλύπτεται από καφέ χρωστικές. Αποταμίευση τροφής σε άλλες μορφές ύδατανθράκων και όχι σε άμυλο. 900 έως 1.000 είδη.

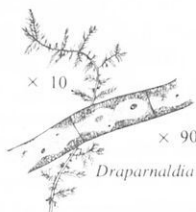
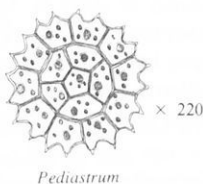
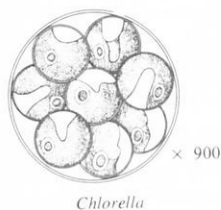


Sargassum

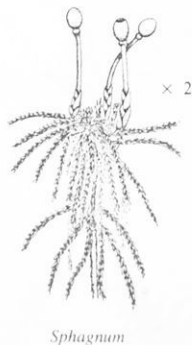
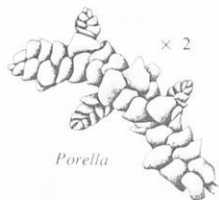


Ectocarpus

13. Χλωρόφυτα ή Χλωροφύκη (=πράσινα φύκη). Έχουν σχήμα κλωστών ή ταινιών ή φύλλων ή σωλήνων ή ακανόνιστων μαζών, μερικές φορές και μονοκύτταρα. Κυρίως ύδρόβια. Η τροφή άποταμιεύεται σάν άμυλο σέ πλαστίδια. Χλωροφύλλες. 5.275 είδη.



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 δέν έχουν άγγεία. Κύκλοι ζωής μέ καλά άναπτυγμένη διαδοχή φάσεων γαμετόφυτα (άπλοειδής φάση) και σποριόφυτο (διπλοειδής φάση). Η πρώτη φάση είναι ή πιό εκδηλη, τό σποριόφυτο έξαρτάται λίγο - πολύ άπ' αυτήν. 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).



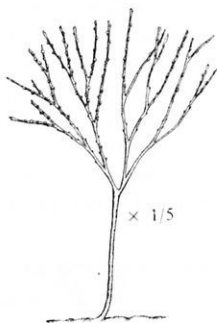
15. Τραχεόφυτα. Έχουν άγγεία μές άπ' τά όποια κυκλοφορούν τό νερό κι' οί θρεπτικές ούσιες. Έχουν διαδοχή φάσεων αλλά τό σποριόφυτο είναι τό πιό έκδηλο ένώ τά γαμετόφυτα είναι συχνά μικροσκοπικά (κόκκος γύρης, ώάριο) και έξαρτώνται άπό τό σποριόφυτο. 296.640 είδη.

Χωρίζονται σέ **Ψιλοψίδα** (όπως τό Ψίλοτο, 4 είδη) σέ **Σφενοψίδα** [όπως τό πολυκόμπι ή άλογοουρά (ίππουρίς) 32 είδη] σέ **Λυκοψίδα** (όπως τό λυκοπόδιο 1.100 είδη), και σέ **Πτεροψίδα**. Τά **Πτεροψίδα** χωρίζονται σέ 3 τάξεις: στά **Πτεριδόφυτα** (τίς φτέρες 10.000 είδη), στά **Γυμνόσπερμα** (όπου άνήκουν κι' όλα τά Κωνοφόρα (έλατα, πεύκα) 640 είδη) και στά **Άγγειόσπερμα** (περίπου 286.000). Ή χώρα μας είναι ιδιαίτερα πλούσια σέ είδη

Ψιλοψίδα

Σφενοψίδα

Λυκοψίδα



Psilotum



Equisetum (πολυκόμπι)



Lycopodium

Πτεριδόφυτα (φτέρες)



Γυμνόσπερμα



γκίγκο



κωνοφόρο

(6.000 είδη περίπου ενώ άλλες χώρες στην Ευρώπη έχουν 2.000 είδη). Τά Ἀγγειόσπερμα ἀποτελοῦνται ἀπό 300 οἰκογένειες καί εἶναι τά φυτά μέ τά λουλούδια. Ἄλλα εἶναι **δικοτυλήδονα** κι' ἄλλα **μονοκοτυλήδονα**. Τά **δικοτυλήδονα** ἔχουν φύλλα μέ νεῦρα πού διακλαδίζονται φτιάχνοντας ἕνα δίχτυ. Τά ἄνθη τους ἔχουν τμήματα (σέπαλα, πέταλα κ.λ.π.) πού εἶναι συνήθως 4 ἢ 5 ἢ πολλαπλάσιά τους. Οἱ σπόροι ἔχουν δύο κοτυλήδονες. Τά

Ἀγγειόσπερμα: Δικοτυλήδονα



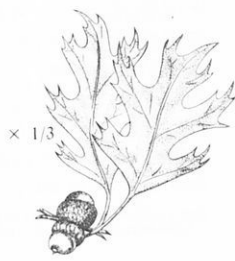
ἀγριοστριανταφυλιά



σινάπι



καπουτσίνος
(δέλφινιο)



βαλιαντιά



μοσχομπίζελο



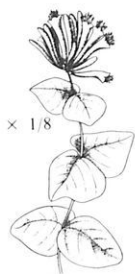
σκιαδοφόρο



πολιμόνιο



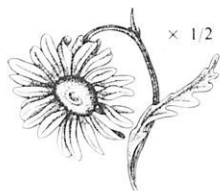
φασκομηλιά



αϊγόκλημα



άντιρρικο



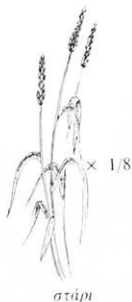
μαργαρίτα

μονοκοτυλήδωνα έχουν σπόρους με μία κοτυληδόνα, άνθη με τμήματα συνήθως 3 ή πολλαπλάσια του 3, νεύρα παράλληλα στα φύλλα τους. Δίνουμε μερικά φυτά χαρακτηριστικά των δυο αυτών υποτάξεων που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες. Στα **Δικοτυλήδωνα**: φυτά της οικογένειας της βαλανιδιάς (Fagaceae), της νεραγκούλας (Ranunculaceae), των Σταυρανθών (Cuciferae), των Ροδοδών (Rosaceae), των Ψυχανθών (Leguminosae), των Σκιαδοφόρων (Umbelliferae), της οικογένειας των Χειλανθών (του θυμαριού, Labiatae), των Συνθέτων (της μαργαρίτας, Compositae) κ.ά. Στα **Μονοκοτυλήδωνα**: φυτά της οικογένειας των Άγρωστωδών (του σταριού, Gramineae), της άμαρυλλίδας (Amatyllidaceae), των ίριδων (Iridaceae), των κρίνων (Liliaceae) των Όρχεοειδών (Orchidaceae) κ.ά.

Άγγαιόσπερμα: Μονοκοτυλήδωνα



σαγγιτάρια



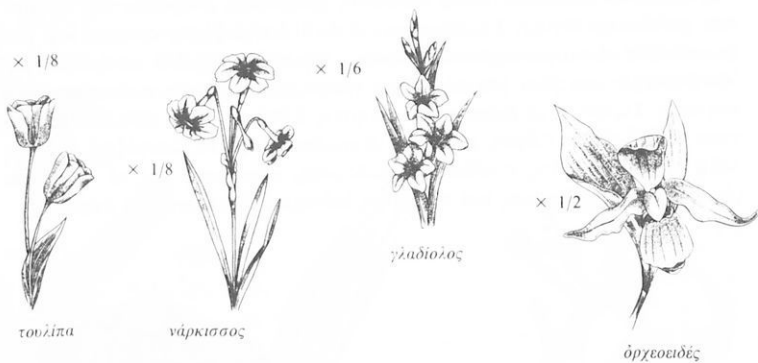
στάρι



σπαθόχορτο

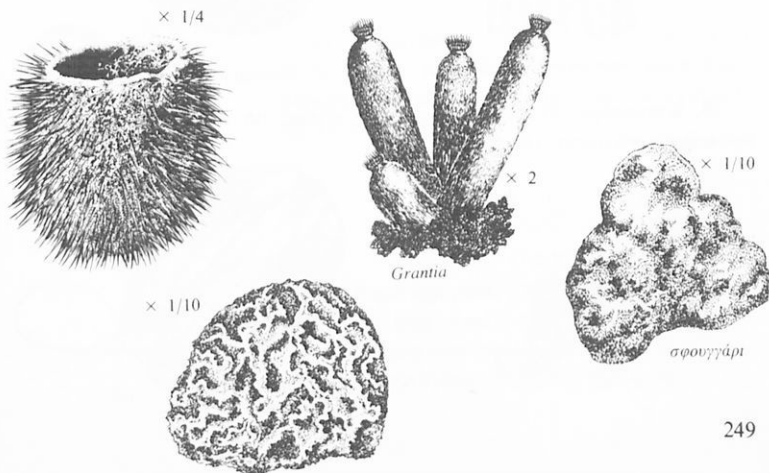


κομμελίνα

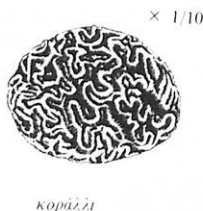
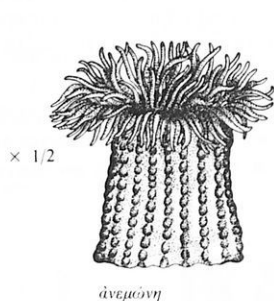
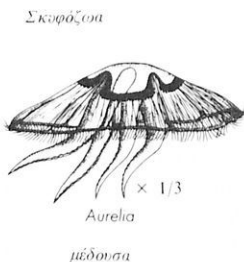
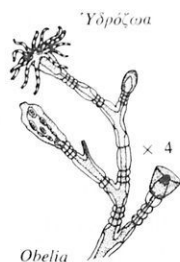


ΒΑΣΙΛΕΙΟ ΤΩΝ ΖΩΩΝ. Σύνολο 1.043.150 είδη σε 29 ή 22 Φύλα ανάλογα με διάφορες κατατάξεις. Μερικά Φύλα έχουν λίγα είδη (Μικρότερα Φύλα). Έδω θα μιλήσουμε μόνο για 19 Φύλα, τα πιο σημαντικά. Πολυκύτταροι οργανισμοί με εὐκαρυωτικά κύτταρα χωρίς τοιχώματα, χωρίς πλαστίδια και χωρίς χλωροφύλλη. Διαφοροποιημένα κύτταρα και στις ανώτερες μορφές ιδιαίτερα πολύπλοκα συστήματα (νευρικά, αίσθητήρια και μυϊκοκινητικά). Αναπαραγωγή φυλετική, άπλοειδής φάση μόνο με γαμέτες τουλάχιστον στα περισσότερα και ανώτερα Φύλα.

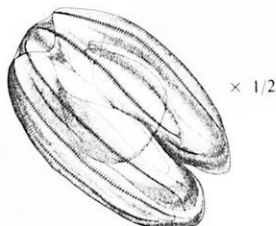
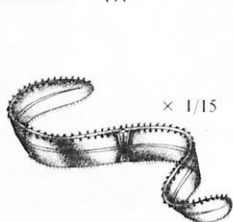
16. Σπόγοι (ή Ποριφέρα). Τα περισσότερα θαλάσσια. Άκμαια προσδεμένα σε στερεό αντικείμενο. Τα τοιχώματα του σώματος αποτελούνται από δυό στοιβάδες κυττάρων. Ύπαρξη πόρων στα τοιχώματα που συνδέονται με σύστημα εσωτερικών άγωγών. 4.800 είδη.



17. Κοιλεντερωτά. Κυρίως θαλάσσια (μέδουσες, άνεμώνες της θάλασσας, κοράλλια, ύδρες). Το σώμα τους έχει δύο στοιβάδες κύτταρα και μία ζελατινώδη ουσία μεταξύ τους. Πεπτική κοιλότητα μ' ένα μόνο άνοιγμα. Ἀκτινωτή συμμετρία. Στά πλοκάμια τους έχουν κύτταρα που προκαλοῦν νήγματα. Σύμφωνα με διάφορες ἐκτιμήσεις 5.300 ὡς 9.200 εἶδη. Ἐδῶ ἀνήκουν τὰ Ἵδρόζωα (ὕδρες, μοναχικά ἢ σὲ ἀποικίες), τὰ Σκυφοζῶα (ἀπὸ τῆ λέξι σκύφος = εἶδος κυπέλου, οἱ μέδουσες, μοναχικά) καὶ τὰ Ἀνθόζωα (ἀνεμώνες τῆς θάλασσας καὶ κοράλλια μοναχικά ἢ σὲ μεγάλες ἀποικίες).

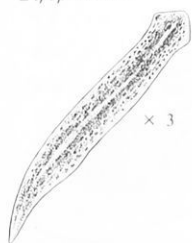


18. Κτενοφόρα. Θαλάσσια μοιάζουν κάπως με τις μέδουσες, μὰ δὲν προκαλοῦν νήγματα. 100 εἶδη.



19. Πλατυέλμινθες (από πλατύς γιατί οί περισσότεροι είναι πλατυσμέ-
νοι, και έλμινθ = σκουλήκι). Άλλα ζούν παρασιτικά (Τρηματώδεις και
Κεστώδεις) κι' άλλα οχι (Στροβιλιστικοί). Τό σόμα τους έχει άμφίπλευρη
συμμετρία και τρείς στοιβάδες κύτταρα, ό πεπτικός τους άγωγός ένα άνοι-
γμα. 12.700 είδη.

Στροβιλιστικοί



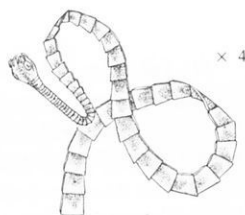
Πλανάρια

Τρηματώδεις

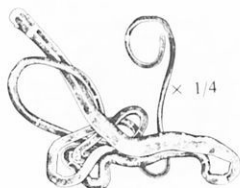


διστομο

Κεστώδεις

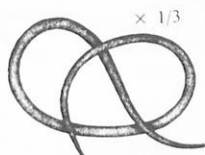


τιννία



Cerebratulus

20. Νεμερτίνοι. Κυρίως θαλάσσιοι σκώλη-
κες, πλατυσμένοι, με σόμα πού δέν χωρίζεται
σέ δακτύλιους. Πεπτικός άγωγός με δυό άνοι-
γματα (στόμα και έδρα). 800 είδη.



άσκαρίδα

21. Νηματώδεις. Άλλοι ζούν παρασιτικά
κι' άλλοι οχι. Κυλινδρικό σόμα με άμφίπλευρη
συμμετρία. Πεπτικός σωλήνας με δυό άνοιγμα-
τα. 11.000 είδη.



Gordius

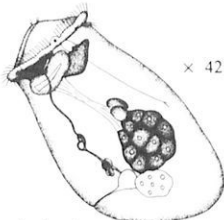
22. Νηματόμορφοι. Περίπου 200 είδη σκω-
λήκων πού στήν άτελή τους μορφή είναι παρά-
σιτα Άρθροπόδων και άκμαία ζούν ελεύθερα.
Πολύ περιορισμένος πεπτικός σωλήνας.

23. Ἀκανθοκέφαλα. 100 περίπου εἶδη σκολήκων πού στήν ἀτελή τους μορφή εἶναι παράσιτα Ἐρθροπόδων καί ἄκμαῖα εἶναι παράσιτα Σπονδυλωτῶν. Δέν ἔχουν πεπτικό σωλήνα. Στό κεφάλι τους φέρουν ἄκανθες.



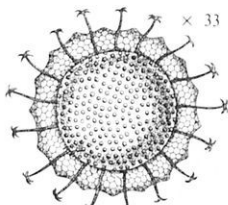
Oncicola

24. Τροχόζωα (ἢ Τροχέλμινθες). Μικροσκοπικά ζῶα γλυκοῦ νεροῦ ἢ θαλάσσιου. Ἀμφίπλευρη συμμετρία. Πολυάριθμα βλεφαρίδια γύρω ἀπό τό στόμα τους. 1.500 εἶδη.



Asplanchna

25. Βρυόζωα. Τά πιό πολλά θαλάσσια, ζοῦν σέ ἀποικίες. Τό στόμα τους περιτριγυρίζεται ἀπό στεφάνι ἀπό πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχῆμα U. 3.750 εἶδη.



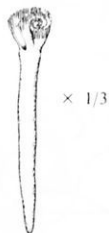
Cristatella

26. Βραχιόποδα. Θαλάσσια. Συμμετρικά κελύφη πού ἀπαρτίζονται ἀπό δύο τμήματα καί πού περικλείουν τό σῶμα τοῦ ζῶου πού ἔχει ἕνα ζευγάρι «βραχιόνες». 120 εἶδη.



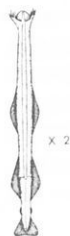
Lingula

27. Φορονιδοειδή. Θαλάσσια. Ζοῦν σέ σωλήνες ἀπό λάσπη. Ἔχουν ἕνα ζευγάρι «βραχιόνες» μέ πλοκάμια. Πεπτικός σωλήνας σέ σχῆμα U. 15 εἶδη.



Phoronis

28. **Χαιτόγναθα.** Θαλάσσια. Έπιπλέον η κολυμπούν. Με άμφίπλευρη συμμετρία. Ίσκιος πεπτικός σωλήνας. 50 είδη.



Σαγιτί

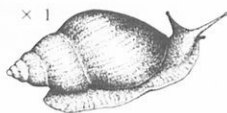
29. **Μαλάκια.** Θαλασσινά, γλυκού νερού ή χερσαία. Με άμφίπλευρη συμμετρία ή άσυμμετρικά. Ο «μανδύας» είναι μία άναδιπλωση ίστού γύρω άπό τό σώμα τους που έκκρίνει ένα άνθρακικό κέλυφος. Δέ χωρίζονται σέ δακτύλιους. Πεπτικό σύστημα, κυκλοφορικό και νευρικό καλά άναπτυγμένα. 107.000 είδη. Περιλαβαίνουν πολλές όμοταξίες: τά **Άμφίνευρα** (θαλασσινά, όπως ό χιτών), τά **Γαστερόποδα** (θαλασσινά, γλυκού νερού και χερσαία, όπως τό σαλιγκάρι, τό κέλυφος όταν ύπάρχει είναι περιστραμμένο), τά **Σκαφόποδα** (θαλασσινά), τά **Πελεκύποδα** ή **Έλασματοβραγχιωτά** (θαλασσινά ή γλυκού νερού όπως τά μύδια, οί πίννες, τά κυδώνια) τά **Κεφαλόποδα** (θαλασσινά με έξωτερικά ή έσωτερικά κέλυφη: νατίλοι, οί έξαφανισθέντες άμμωνίτες, σουπιές, καλαμάρια, χταπόδια).

Άμφίνευρα



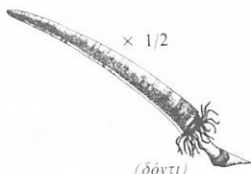
χιτών

Γαστερόποδα



(σαλιγκάρι)

Σκαφόποδα



(δόντι)

Έλασματοβράγχια



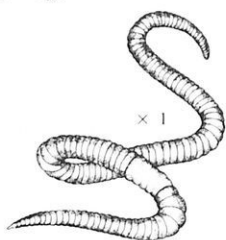
(άχιβάδα)

Κεφαλόποδα



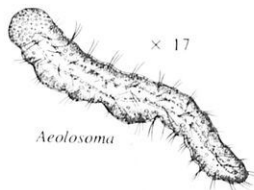
(νατίλος)

30. **Δακτυλιοσκώληκες (Annelida)**. Θαλάσσια, γλυκού νερού ή χερσαία με άμφιπλευρη συμμετρία. Σώμα χωρισμένο σε τμήματα: τούς δακτύλιους. Τα 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**).



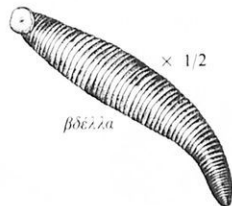
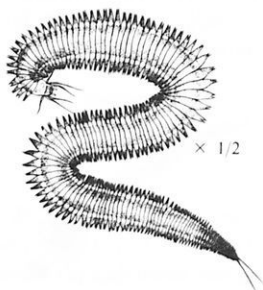
σκουλήκι της γης (σκουλήκαντέρα)

Όλιγόχαιτοι



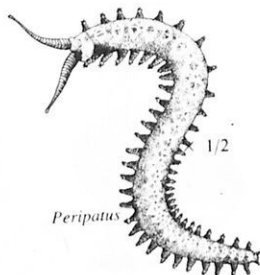
Aeolosoma

Πολύχαιτοι



βδέλλα

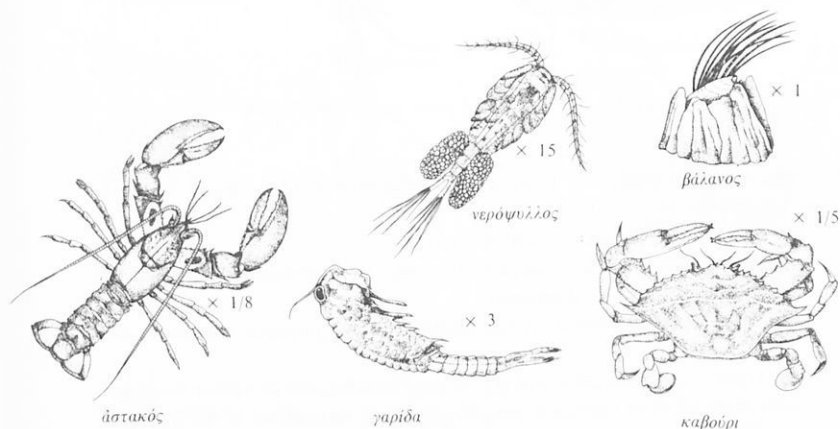
31. **Όνυχοφόρα**. Χερσαία, τροπικά, σαν σκουλήκια με ζευγάρια ποδιών και όχι ξεκάθαρο χωρισμό σε δακτύλιους. Μοιάζουν με Δακτυλιοσκώληκες και με Άρθροποδα. 80 είδη.



Peripatus

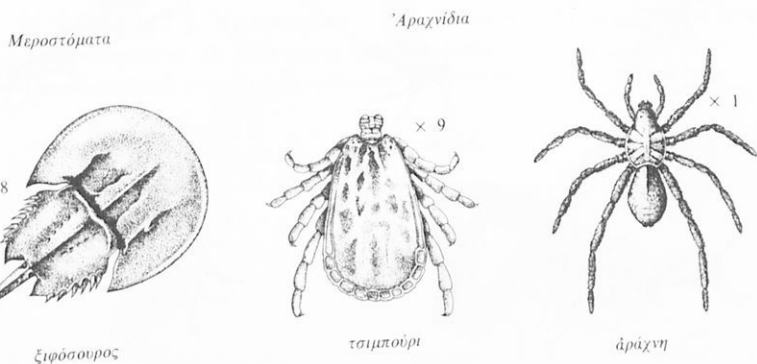
32. **Ἀρθρόποδα.** Χερσαῖα, γλυκοῦ νεροῦ ἢ θαλάσσια μὲ ἀμφίπλευρη συμμετρία καὶ σῶμα χωρισμένο σὲ δακτύλιους πού συχνά συγχωνεύονται. Ἀρθρωμένα ἐξαρτήματα. Τὸ σῶμα καὶ τὰ ἐξαρτήματα σκεπάζονται μὲ ἀρθρωμένο ἐξωσκελετό. Τὸ νευρικό σχοινίο εἶναι κοιλιακό. 838.000 εἶδη. Περιλαμβάνουν τίς ἐξῆς Ὁμοταξίες:

Ὁμοταξία Ὀστρακωτῶν (ἄστακοί, καραβίδες, γαρίδες, καβούρια, λεπάδες, σακκουλίνες κ.ἄ.).



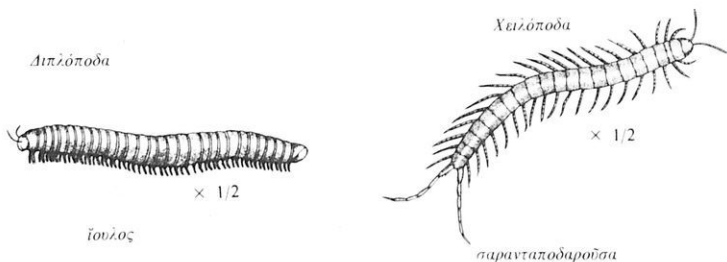
Ὁμοταξία Ἀραχνίδια (τσιμπούρια, ἀράχνες, σκορπιοί).

Ὁμοταξία Μερυστόματα (ξιφόσουροι).



Όμοταξία Διπλόποδα (ϊούλοι).

Όμοταξία Χειλόποδα (σαρνανταποδαροῦσες)



Όμοταξία Έντομα. Τά Έντομα περιλαβαίνουν πολλές τάξεις. Μερικές από αυτές είναι:

τά **Θυσάνουρα**, μικρά, ἄφτερα: τὰ ψαράκια

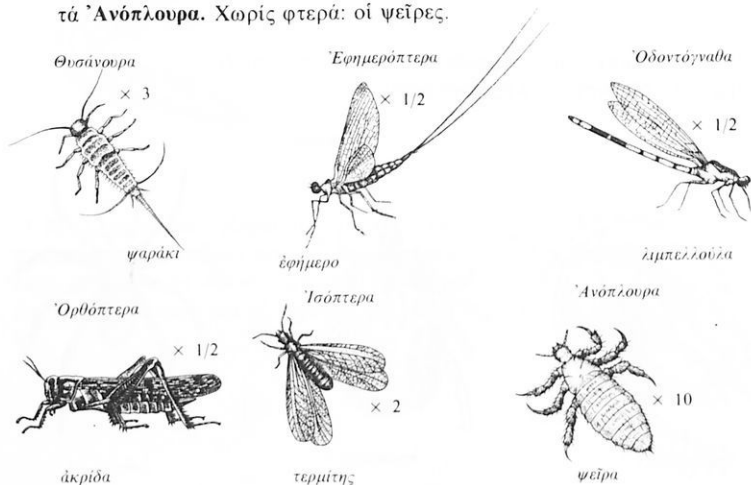
τά **Έφημερόπτερα**, δύο ζευγάρια φτερά, οἱ προνούμφες ὑδρόβιες, τὰ ἀκμαῖα πετοῦν: τὰ Έφήμερα.

τά **Όδοντόγναθα** (Odonata ἢ Νευρόπτερα): Δυό ζευγάρια φτερῶν οἱ λιμπελλοῦλες.

τά **Όρθόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν: οἱ ἀκρίδες καί οἱ κρεμμυδοφάγοι.

τά **Ίσόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερῶν. Ζοῦν σέ κοινωνίες: οἱ τερμίτες.

τά **Ανόπλουρα**. Χωρίς φτερά: οἱ ψεῖρες.



τά **Όμοπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: οί άφίδες (μελίγκρες).

τά **Έτερόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: οί βρωμοΰσες.

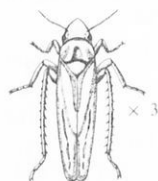
τά **Λεπιδόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών με λέπια: οί πεταλοΰδες (προ-
νόμφες τους είναι οί κάμπιες).

τά **Δίπτερα**. Ένα ζευγάρι φτερών: οί μύγες, τά κουνούπια, ή δροσόφιλα.

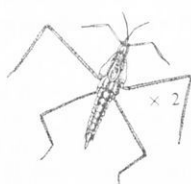
τά **Κολεόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών, τό πάνω είναι σκληρό: τά σκα-
θάρια, οί χρυσόμυγες.

τά **Υμενόπτερα**. Δυό ζευγάρια φτερών: μέλισσες, σφήκες. Πολλά ζούν
σέ κοινωνίες.

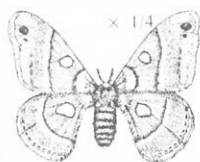
Όμοπτερα



Έτερόπτερα



Λεπιδόπτερα



πεταλοΰδα

Δίπτερα



μύγα

Κολεόπτερα



σκαθάρι

Υμενόπτερα

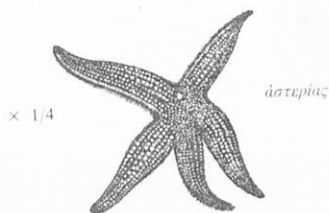


σφήκα

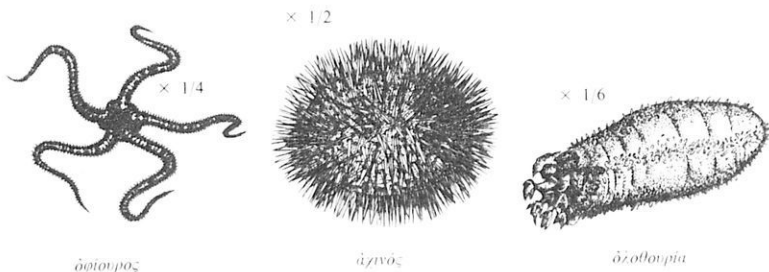
33. **Έχινόδερμα ή Έχινοδέρματα**. Όλα θαλάσσια. Τά άκμαία έχουν
άκτινωτή συμμετρία. Οί προνόμφες έχουν άμφίπλευρη συμμετρία. Έχουν
έσωτερικό σκελετό συχνά με άγκάθια πού προεξέχουν. Ένα σύστημα άγω-



κρινοειδές



άστερίας



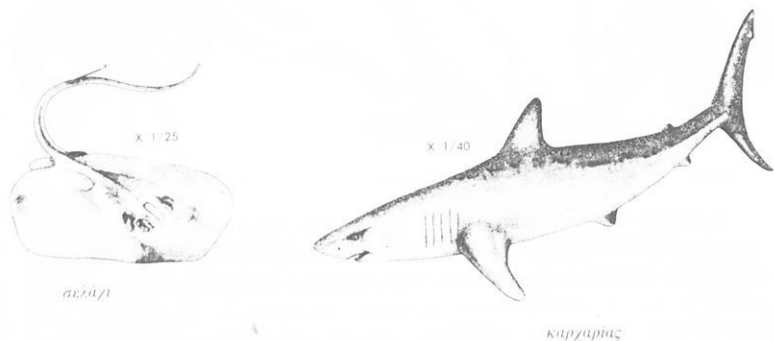
γῶν γεμάτων νερό (σάν υδραυλικό σύστημα) τοὺς ἐπιτρέπει νά κινουῦνται καί νά πιάνουν τήν τροφή τους. 6.000 εἶδη. Ἐδῶ ἀνήκουν τὰ **Κρινοειδή**, οἱ **ἀστερίες**, οἱ **ὄφιουροι**, οἱ **ἀχίνοι** καί οἱ **ὀλοθουρίες**.

34. Χορδοτά. Θαλάσσια, γλυκοῦ νεροῦ καί χερσαία. Μὲ ἀμφίπλευρη συμμετρία. Ραχιαῖος νευρικός ἀγωγός (δηλαδή μέσα κούφιος) καί μία νωτιαία χορδή ἀπό κάτω του πού μπορεί νά χαθεῖ ἢ νά ἀντικατασταθεῖ (μέ σπονδυλική στήλη στά Σπονδυλωτά) κατά τήν ἀνάπτυξη τοῦ ζώου. Ἀρκετά ζευγάρια βραγχιακῶν σχισμῶν (πού μπορεί νά χαθῶν κατά τήν ἀνάπτυξη). Μεταμέρεια δηλαδή κάποια διαίρεση σέ τμήματα (αὐτό φαίνεται στους μῦς καί στά πλευρά τῶν σπονδυλωτῶν). 43.000 ὡς 47.000 εἶδη. ὑποφύλο **Χιτωνόζωα** (Tunicata). Θαλάσσια (τά ἀσκίδια) 1.300 εἶδη ὑποφύλο **Κεφαλοχορδοτά**. Θαλάσσια (ὁ ἀμφιοξυς) 28 εἶδη ὑποφύλο **Σπονδυλωτά**. Ἡ νωτιαία χορδή ἀντικαταστάθηκε μέ σπονδυλική στήλη. Σ' αὐτό ἀνήκουν

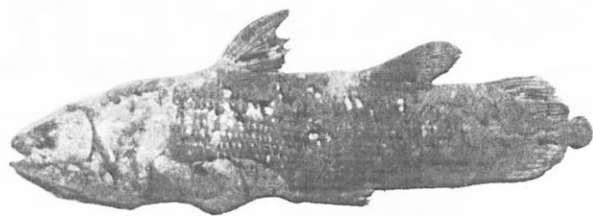


ὀμοταξία Ἄγναθα δέν ἔχουν γνάθους, ψάρια θαλάσσια, χόνδρινος σκελετός, δίχωρη καρδιά. Ἡ λάμπραινα. 10 εἶδη.

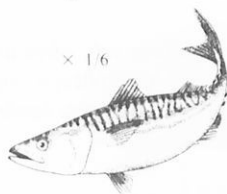
όμοταξία Χονδρίθους. Χόνδρινος σκελετός. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια. Τά σελάζια κι' οί καρχαρίες. 600 είδη.



όμοταξία Όστειθους. Σκελετός από όστά. Δίχωρη καρδιά. Ψάρια θαλάσσια ή γλυκού νερού. 20.000 είδη.



$\times \frac{1}{12}$ κοιλόκαυθος



$\times 1/6$

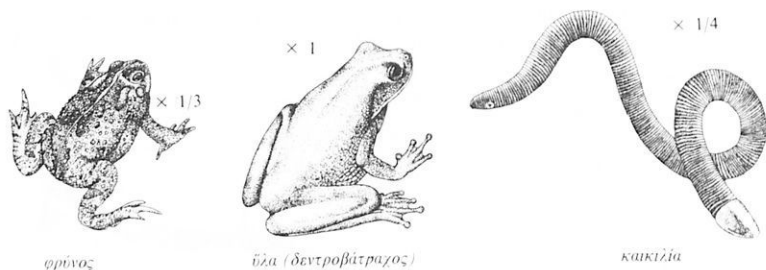
ακομύρι



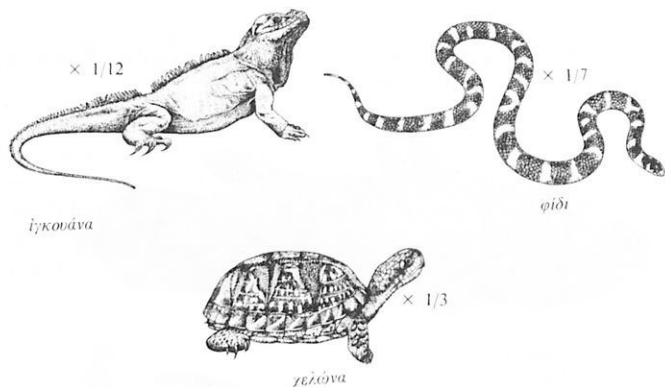
$\times 1/7$

χέλι

όμοταξία Άμφιβια. Προνύμφες ύδρόβιες με βράγχια, άκμαία χερσαία με πνεύμονες. Τρίχωρη καρδιά, 2 ζευγάρια πόδια (σε μερικά είδη λείπουν). Βάτραχοι, φρύνοι. 2800 είδη.

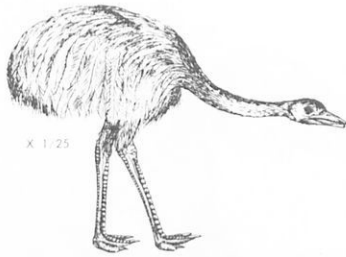


όμοταξία **Έρπετά**. Πνεύμονες. Άμνιωτικά. Αύγά με κελύφη. Δυό ζευγάρια πόδια όταν δεν λείπουν τελείως. Τρίχωρη καρδιά. Λέπια στο σώμα. 7000 είδη. Χελώνες, κροκόδειλοι, σφενόδοντες, φίδια, σαύρες.



όμοταξία **Πτηνά**. Τα λέπια γίνανε φτερά. Άμνιωτικά. Αύγά με σκληρό κέλυφος. Τα μπροστινά πόδια γίνανε φτερούγες. Όμοιόθερμα. Τετράχωρη καρδιά. 9.000 είδη (στρουθοκάμηλοι, κιοί, βουτηχτάρες, έρωδιοί, γερα-





Ρέα (αμερικανική στρουθοκάμηλος)



παραδείσιο πουλί:
τό πουλί γύρα

νοί, πελαργοί, φαλακροκόρακες ή λαγγόνες, πελεκάνοι, κύκνοι, χήνες, πάπιες, νερόκοττες, κορμοράνοι, γεράκια, κουκουβάγιες, όρνια ή γύπες, άετοι, περιστέρια, τρυγόνια, όρνιθες, φασιανοί, καλημάνες, σκαλίστερες, χαραδριοί, τουρλίδες, μπεκάτσες, γαΐταρίφια, γλάροι, χελιδόνια, όρντύκια, πέρδικες, κούκοι, κοράκια, τσαλαπετεινοί, ψαροφάγοι, δρυκολάπτες, κορυδαλοί, γαλιάντρες, κίσσες, καρακάξες, συκοφάγοι, σιταρήθρες, τσοπανάκοι, τρυποκάρυδα, παπαδίτσες, άηδόνια, τσίχλες, κότσυφοι, τριτιρλί, σουσουράδες, σπίνοι, φλώροι, καρδερίνες κ.ά.).

όμοταξία **Θηλαστικά**, τὰ λέπια γίναν τρίχες. Άμνιωτικά. Μαστοί που στά θηλυκά έκκρινουν γάλα. 4 είδη δοντιών (κοπήρες, κυνόδοντες, προγόμφιοι, γόμφιοι). Τετράχωρη καρδιά. 4.500 ως 5.000 είδη.

τάξη **Μονοτρήματα**, γεννοῦν αὐγά ἀλλά θηλάζουν.



έχιδνα

όρνιθόρρυγγος



τάξη **Μαρσιποφόρα**, μάρσιπος (καγκουρό, κοάλα)

καγκουρό



κοάλα



ὁ διάβολος
τῆς Τασμανίας



βόμπας (ένας μάρσιποφόρος
«ζοῖρος»)



μπάντικος
(ένα μάρσιποφόρο
«τροκτικό»)



ἰπτάμενος φαλαγγιστής (ένας μάρσιποφόρος
«σκίπορος» που πετά) Petaurus

τάξη Έντομοφάγα, (τυφλοπόντικι, σκαντζόχοιροι)



τυφλοπόντικις

τάξη Δερμόπτερα, (Γαλεοιίθηκοι)

τάξη Χειρόπτερα, (νυχτερίδες)

νυχτερίδα



τάξη Πρωτεύοντα, (πίθηκοι, άνθρωπος)



μακροτάρσο

$\times 1/10$



ζόρις



κίβος



$\times 1/2$

$\times 1/12$





x 1/12



x 1/8

λεμούριοι (τέσσερα διαφορετικά είδη)



x 1/25

βαβουίνος



γορίλλας

x 1/35

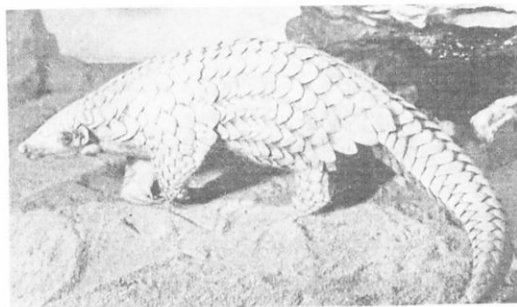


χιμπατζής



ουραγκουτάγκος

τάξη Νοδά, (χωρίς δόντια, άρμαντίλλιο)
τάξη Φολιδωτά, (παγκολίνος)



$\times \frac{1}{10}$ παγκολίνος (μάνης)

τάξη Λαγόμορφα, (λαγοί)

πίκα

$\times 1/4$



τάξη Τρωκτικά, (ποντικοί, άρουραίοι, βερβερίτσες ή σκίουροι)

$\times 1/18$



βάτιμιξ

τάξη Κητώδη, (δελφίνι, φάλαινα)

δελφίνι

$\times 1/55$



φάλαινα

$\times 1/360$



τάξη Σαρκοφάγα, (άρκούδα, άλεπού, άσβός, γάτα, τίγρης, λιοντάρι)



ΰαινα

τάξη Πτερυγιόποδα, (φώκια)

τάξη Σωληνόδοντα, (όρυκτερόποδας)



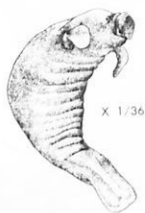
$\times \frac{1}{25}$ όρυκτερόποδας

τάξη Προβοσκιδοειδή, (έλέφαντας)

τάξη Υρακοειδή

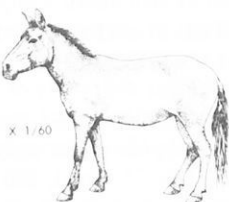
τάξη Σειρηνοειδή

σειρήνα



τάξη Περισσοδάκτυλα, (ἄλογο, γαϊδούρι, ρινόκερος, τάπιρος)

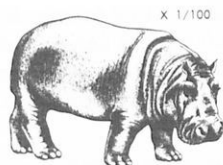
ἄλογο τοῦ Περσέβιασκι



τάξη Ἄρτιοδάκτυλα, (χοῖρος, ἵπποπόταμοι, καμήλες, μωρηκαστικά: βόδι, πρόβατο, ἐλάφι κ.ἄ.).



ἀγριόχοιρος



ἵπποπόταμος



ἵμπαλα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 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 νουκλεοτιδία 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 γόνιοι του βακτηρίου, περίπου 1000, βρίσκονται σ' ένα μόνο δίκλωνο νήμα (μόριο) DNA. Κάθε γόνος είναι ένα τμήμα αυτού του τεραστιου μορίου. Ένώ υπάρχει ένα μόριο DNA υπάρχουν πολλά είδη μορίων RNA: 1000 περίπου μόρια αγγελιοφόρου RNA, 40 μόρια μεταφορέα RNA, 2 μόρια ενός RNA για την κατασκευή των ριβοσωμάτων.

Νά μερικές πληροφορίες για τις πίο σημαντικές κατηγορίες των βιομορίων:

1. Πρωτεΐνες. Περιέχουν C, H, O, N, και μερικές φορές S. Προέρχονται από την ένωση πολλών **αμινοξέων** στη σειρά, σε μία αλυσίδα που μετά μπορεί να αναδιπλώνεται (βλέπε τό σχήμα για τη ριβονουκλεάση). Ορισμένες πρωτεΐνες **απαρτίζονται** από πίο πολλές από μία αλυσίδες. Η σειρά των αμινοξέων στην αλυσίδα καθορίζεται από τό DNA (από τό γόνιο). Οί περισσότερες πρωτεΐνες είναι ένζυμα ή τό μεγαλύτερο μέρος ένζυμου (άπο-ένζυμο), άλλες είναι δομικά συστατικά του κυττάρου (τών μυϊκών ίνων ή άκτινή και ή μυοσίνη, άλλες των κυτταρικών τοιχωμάτων κ.λ.π.).

2. Λιπίδια. Περιέχουν C, H, O και μερικές φορές N ή και P. Άδιάλυτα στό νερό. Πολλά λιπίδια προέρχονται από την ένωση ενός μορίου **γλυκερίνης** μέ τρία μόρια **λιπαρών όξέων** (**τριγλυκερίδια**). Μερικές φορές ή γλυκερίνη αντικαθίσταται από **σφιγγοσίνη**. Σε πολλά λιπίδια βρίσκεται **φώσφορος** (**φωσφορολιπίδια**). Και όταν φωσφορολιπίδια περιέχουν **χολίνη** έχουμε τις **λεκιθίνες**.

Τά τριγλυκερίδια αποτελούν αποθήκες **ένέργειας**. Από αυτά προέρχεται και τό συνένζυμο A. Τά φωσφορολιπίδια αποτελούν **ύλικό των μεμβρανών** (δες και εικόνα): ή μη διαλυτότητά τους στό νερό παίζει ρόλο στόν έλεγχο της περατότητας των μεμβρανών.

3. Ύδατάνθρακες. Μόρια που αποτελούνται από C, H και O συνήθως στις **αναλογίες 1 προς 2 προς 1**. Τά άπλά σάκχαρα μπορούν νάχουν στό

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 τή δομή τους μιλήσαμε στο Κεφάλαιο 2. Το DNA (και σε μερικούς ίους το RNA) αποτελούν το γενετικό ύλικό. Το DNA βρίσκεται σ' όλα τα όργανίδια του κυττάρου που μπορούν να αναπαραχθούν από μόνα τους: χρωματοσώματα, μιτοχόνδρια, πλαστίδια. Το RNA είναι πολλών ειδών: είτε **άγγελιοφόρο**, που μεταφέρει το γενετικό μήνυμα του DNA στο κυτταρόπλασμα για να συντεθεί ή πρωτεΐνη πάνω του, είτε μεταφορέας που οδηγεί το άμινοξύ να τοποθετηθεί στο **άγγελιοφόρο RNA** απέναντι στην αντίστοιχη τριάδα διαδοχικών βάσεων, είτε ριβοσωματικό, δηλαδή συστατικό (μαζί με πρωτεΐνες) των ριβοσωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Για τον Καθηγητή	5
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1	Γνωρίσματα των έμβιων όντων – Μηχανές	7
1.2	Τα περιεχόμενα αυτού του βιβλίου	13
2.	ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	15
2.1	Όξειδωαναγωγές και Ένεργεια	15
2.2	Το ATP	18
2.3	Τα Ένζυμα	20
2.4	Η Κυτταρική Θεωρία: το κύτταρο είναι η ελάχιστη μονάδα της ζωής	23
2.5	Σύντομη περιγραφή του κυτταρού	26
2.6	Έξωτερική και εσωτερικές μεμβράνες	29
2.7	Η φωτοσύνθεση	32
2.8	Η άναπνοη	36
2.9	Ό πύρηνας του κυτταρού και τα χροματοσώματα	40
2.10	Τά νουκλεϊκά όξεία	45
2.11	Η μίτωση	48
2.12	Η σύνθεση τών πρωτεϊνών	52
2.13	Το προκαρυωτικό κύτταρο	58
2.14	Οί ίοι	59
3.	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	61
3.1	Τά πειράματα του Παστέρ	61
3.2	Τρόποι άναπαραγωγής	64
3.3	Τό σωματικό και τό γεννητικό πλάσμα	67
3.4	Η μείωση και ή γονιμοποίηση	69
3.5	Η ιστορία τών γεννητικών κυτταρών	72
3.6	Προσχηματισμός και έπιγενεση	74
3.7	Ποικιλομορφία στους πληθυσμούς και κληρονομικότητα	77
3.8	Ποιές ιδιότητες κληρονομούνται; Κληρονομούνται οί έπικτητες ιδιοτη- τες;	80
3.9	Πώς κληρονομούνται τά διάφορα χαρακτηριστικά	82
3.10	Όρολόγια	87
3.11	Ό Μέντελ και οί νομοί του	87
3.12	Κυριαρχία	88
3.13	Οί γονοί συνθέτουν ένζυμο	89
3.14	Γονότυπος και Φαινότυπος	90
3.15	Κληρονομικότητα και περιβάλλον	91
3.16	Διυβριδισμός	92
3.17	Γόνος με τρείς άλληλομόρφους: Όμάδες αίματος ABO	94
3.18	Η κληρονομικότητα του φύλου	97

3.19 Γόνιμοι και χρωματοσώματα	98
3.20 Φυλοσυνδέτη κληρονομικότητα	101
3.21 Γόνιμοι 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 Άλλα λόγια για την ταξινόμηση	112
4.3 Είναι ή ταξινόμηση αντικειμενική; Η έννοια του είδους	114
4.4 Δοο διαφορετικές άντιλήψεις: Η Τυπολογική κι ή Έξελικτική σκοπιά	115
4.5 Ο Darwin και το ταξίδι του	116
4.6 Ένδειξεις για την εξέλιξη: τα άπολιθώματα	121
4.7 Η ιστορία τής ζωής όπως τη δείχνουν τα άπολιθώματα	124
4.8 Όμοιοτα, άναλογα και ύπολειματικά όργανα	144
4.9 Ο Χαίκελ, κι οι άποψεις του για την όντογένεση	147
4.10 Ένδειξεις άπο τη γεωγραφική κατανομή τών ειδών	152
4.11 Άποδείξεις άπο τη Βιοχημεία	156
4.12 Η περίπτωση τών γλαρών: 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 Άναγένεση και Κλαδογένεση	172
4.17 Η Βελτίωση	175
5. ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	178
5.1 Οίκολογία: ή μελέτη τού όργανισμού σε σχέση με το περιβάλλον του	178
5.2 Οί άλλοι όργανισμοί τού ίδιου είδους: ό πληθυσμός	180
5.3 Σχέσεις μεταξύ όργανισμών διαφορετικών ειδών	187
5.4 Θήραμα-θήρευτης κι άλυσίδες τροφής	190
5.5 Οίκολογική φώλια – νόμος τού Γκαουζε	200
5.6 Οίκοσυστήματα τού νερού κι τής στεριάς	200
5.7 Η καταστροφή τού περιβάλλοντος	208
5.8 Η ρυλάνση τού περιβάλλοντος, ή ύποβαθμηση τών οίκοσυστημάτων κι ή προστασία τής 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
Πινάκας Περιεχομένων	270

* Άβλεψία: Στη σελ. 26, εικόνα 10, πρώτο στίχο, άντι «άγγιναρας» να άναγνωστεί «κολοκασιού (*Helianthus tuberosus*)».

200/10.8.

ΕΚΔΟΣΗ Α΄ 1977 (XI) ΑΝΤΙΤΥΠΑ 85.000 ΣΥΜΒΑΣΗ 2930/10-11-77
Εκτύπωση: Α. Γιαννόπουλος - Βιβλιοδεσία: Δ. Βασιλάκου Κ. Σία Ο.Ε.

