



**Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος**  
**Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής & Περιβαλλοντικής**  
**Βιοτεχνολογίας**  
**Καθηγητής Νικόλαος Καλογεράκης**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΚΡΗΤΗΣ**

# **ΤΕΧΝΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**

## **1. Εισαγωγή**

**Lab of Biochemical Engineering**



**& Environmental Biotechnology**

# ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ;

## Βιολογική Μηχανική (Bioengineering, biological engineering):

Εφαρμογή των αρχών της Μηχανικής στην βιολογική ή ιατρική επιστήμη (Βιοϊατρική μηχανική, biomedical engineering), δηλ. σε βιολογικά, ιατρικά ή γεωργικά συστήματα.

## Βιοτεχνολογία (Biotechnology) – 1<sup>ος</sup> Ορισμός:

«Ανάπτυξη μεθόδων γενετικής επέμβασης στο γενετικό υλικό οργανισμών για το καλό της ανθρωπότητας». Π.χ.,

Παραγωγή χημικών ουσιών / φαρμάκων

Παραγωγή καλύτερων φυτών ή σπόρων

Παραγωγή μικροοργανισμών με υψηλές ικανότητες βιοαποδόμησης ρύπων.

Θεραπεία γονιδίων (Gene therapy) / παραγωγή εμβολίων

## Βιοτεχνολογία (Biotechnology) – 2<sup>ος</sup> Ορισμός:

«Η ολοκληρωμένη χρήση της Βιοχημείας, Μικροβιολογίας και Χημικής Μηχανικής για την τεχνολογική εφαρμογή των δυνατοτήτων των μικροοργανισμών και των κυτταροκαλλιεργειών άλλων οργανισμών» (European Federation of Biotechnology, 1981).

# ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ;

## Μηχανική Βιολογικών Διεργασιών (Bioprocess Engineering):

Εφαρμογή αρχών της Χημικής Μηχανικής / Μηχανολογίας / Ηλεκτρονικής Μηχανικής / Μηχανικής Παραγωγής σε διεργασίες που έχουν να κάνουν με μονοκύτταρους μικροοργανισμούς ή ζωντανά κύτταρα ή με κάποιο διαμέρισμα τους (π.χ., σχεδιασμός εξοπλισμού, ανάπτυξη αισθητήρων για μετρήσεις / biosensors, αλγόριθμοι για αυτόματη ρύθμιση, ανάπτυξη μικροοργανισμών, παραγωγή προϊόντων μεταβολισμού, κτλ).

## Βιοχημική Μηχανική (Biochemical Engineering):

Εφαρμογή των αρχών Χημικής Μηχανικής σε Βιολογικές Διεργασίες (ανθρωπογενή ή φυσικά συστήματα).

- Τεχνική Βιοχημικών Διεργασιών (Biochemical Reaction Engineering)
- Τεχνική Βιο-διαχωρισμών (Bioseparations)<sup>‡</sup>

Βιοχημική Μηχανική διαφέρει από τη Βιοϊατρική Μηχανική (Biomedical Engineering). Κοινή τομή: Καλλιέργειες ζωικών κυττάρων (Animal Cell Culture, Cell Surface Receptors)

<sup>‡</sup> Οι βιοδιαχωρισμοί καλύπτονται σε άλλα μαθήματα.

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

οχι έχω  
(αντίστοιχο)

**Μικροβιολογία:** Η Επιστήμη που μελετά τους έμβιους οργανισμούς που δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι και τις αλληλεπιδράσεις των με άλλους οργανισμούς και με το περιβάλλον τους.

**Μικροοργανισμοί:** Οργανισμοί που δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι (μέγιστο μέγεθος ~ 100 μm). Βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς σε κάθε περιβάλλον (έδαφος, νερό, αέρας, άλλοι οργανισμοί).

**Μικροβιακή Ποικιλότητα:** Υπάρχει τρομακτική ποικιλία στις συνθήκες διαβίωσης.

- Θερμοκρασία (από  $-20^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $110^{\circ}\text{C}$ ),
- pH (από 1.5 μέχρι και 9),
- Νερό (από υδάτινα διαλύματα μέχρι σε έδαφος με πολύ χαμηλή σχετική υγρασία),
- Οξυγόνο (αερόβια, αναερόβια, δυνητικά αναερόβιοι, μικρο-αερόφιλοι), Θρεπτικές ουσίες, κ.τ.λ.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος και σχήμα των μικροοργανισμών.

- Σφαιρικά (cocci),
- Ραβδοειδή-κυλινδρικά (bacilli)
- Σπειροειδή (spirilla).



Κάθε μικροοργανισμός μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας μικρός αντιδραστήρας (μεταβαλλόμενου μεγέθους → αναπτύσσεται και πολλαπλασιάζεται): Εισερχόμενα = θρεπτικές ουσίες, Εξερχόμενα = προϊόντα μεταβολισμού.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

## Και τι μας ενδιαφέρει...



### Στην Επεξεργασία Αποβλήτων →

Μεγίστη κατανάλωση θρεπτικών ουσιών (πρωτογενής μεταβολισμός).

### Τρόφιμα και υποκατάστατα, βιομάζα για ενέργεια →

Παραγωγή βιομάζας (ενώ στην κατεργασία αποβλήτων θέλουμε να μειώσουμε την παραγωγή βιομάζας).

### Διεργασίες βιομετατροπής →

Χρησιμοποίηση των μικροοργανισμών σαν σύμπλεγμα καταλυτών (π.χ., υδροξυλίωση αρωματικών ενώσεων).

### Προϊόντα που είναι βιολογικώς ενεργά →

Παραγωγή προϊόντων δευτερογενούς μεταβολισμού (π.χ., αντιβιοτικά, μονοκλωνικά αντισώματα, ιντερφερόνες, ένζυμα).

### Βιολογικά εντομοκτόνα, Εμβόλια →

Παραγωγή ιών (*baculoviruses*) από κυτταροκαλλιέργειες εντόμων (*insect cell cultures*) ή παραγωγή εμβολίων (*vaccines*) από καλλιέργειες ζωικών κυττάρων (*animal cell cultures*).

### Ενζυματικές διεργασίες →

Χρήση ενζύμων σαν βιοκαταλύτες για την παραγωγή ή μετατροπή πολύπλοκων χημικών ενώσεων. Διαγνωστικά συστήματα, αισθητήρες για μετρήσεις, κτλ.

---

Κατανόηση των παραπάνω αλληλεπιδράσεων απαιτεί γνώσεις σε **Μικροβιολογία**, **Βιοχημεία** και **Χημική Μηχανική**.  
Στόχος μας να μπορούμε να σχεδιάσουμε (ή να αναλύσουμε την λειτουργία) οποιασδήποτε διεργασίας που χρησιμοποιεί μικροοργανισμούς κατά «βέλτιστο τρόπο».

# ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ



**Κυτταρική Θεωρία** (Schleiden & Schwann, 1938): Ύπαρξη κοινής βασικής δομής όλων των έμβιων όντων (cell = basic building block for life). Το κύτταρο είναι η βασική δομή και λειτουργική μονάδα που εκδηλώνει το φαινόμενο της ζωής.

**Μεταβολισμός**: Για την ανάπτυξη ή διατήρηση (ομοιόσταση) των κυττάρων χρειάζεται ενέργεια (από φωτοσύνθεση ή χημικές ουσίες). Η βιοαποικοδόμηση των χημικών ουσιών (καταβολισμός) και η σύνθεση πολύπλοκων μορίων (αναβολισμός) αποτελούν τις βασικότερες εκδηλώσεις της ζωής (μεταβολισμός).

**Κυτταρική Δομή**: Προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα. Κύρια διαφορά είναι η ύπαρξη ή μη μίας μεμβράνης που να περικλείει τις γενετικές πληροφορίες του κυττάρου (πυρήνας).

*Μονοκυτταρικοί οργανισμοί διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες:*

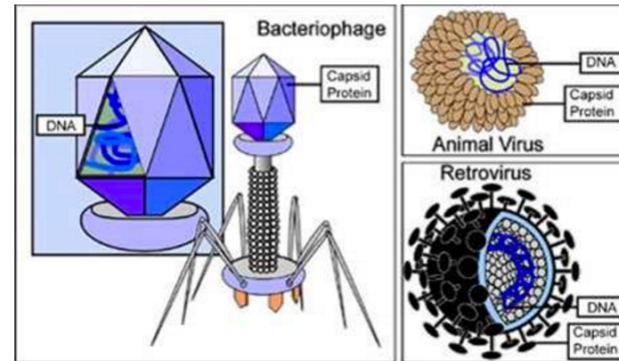
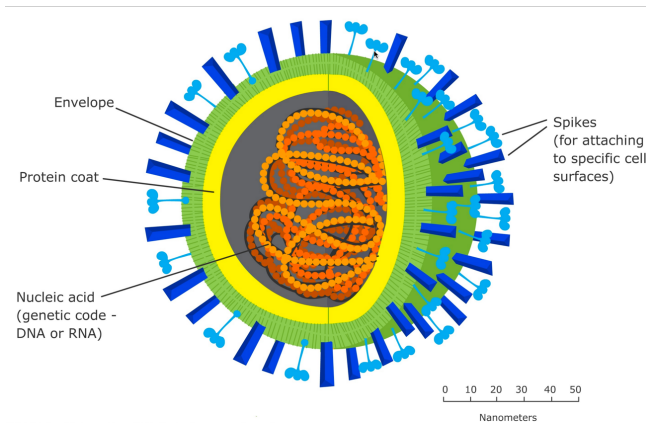
Προκαρυωτικούς μικροοργανισμούς (Procaryotic cells, Procaryotes) και

Ευκαρυωτικούς μικροοργανισμούς (Eucaryotic cells, Eucaryotes).

# Ιοί (viruses)

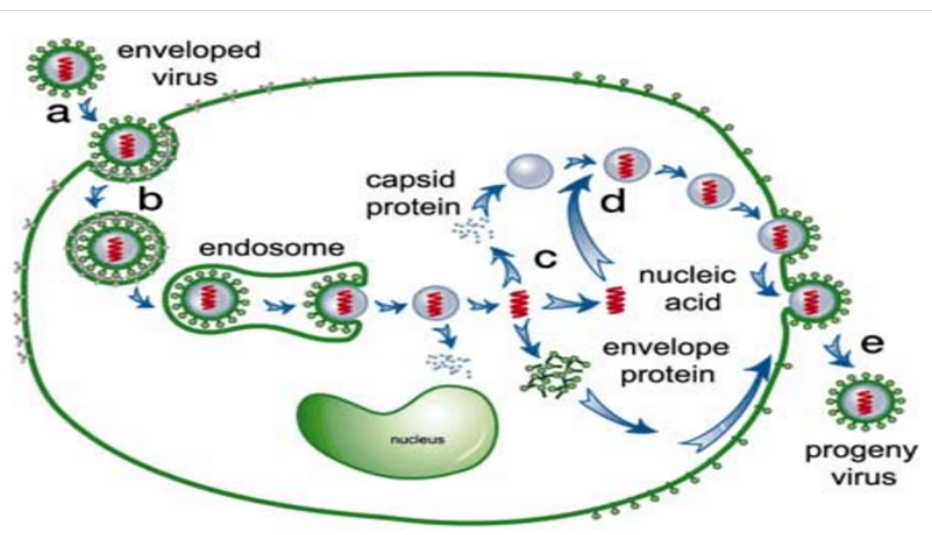
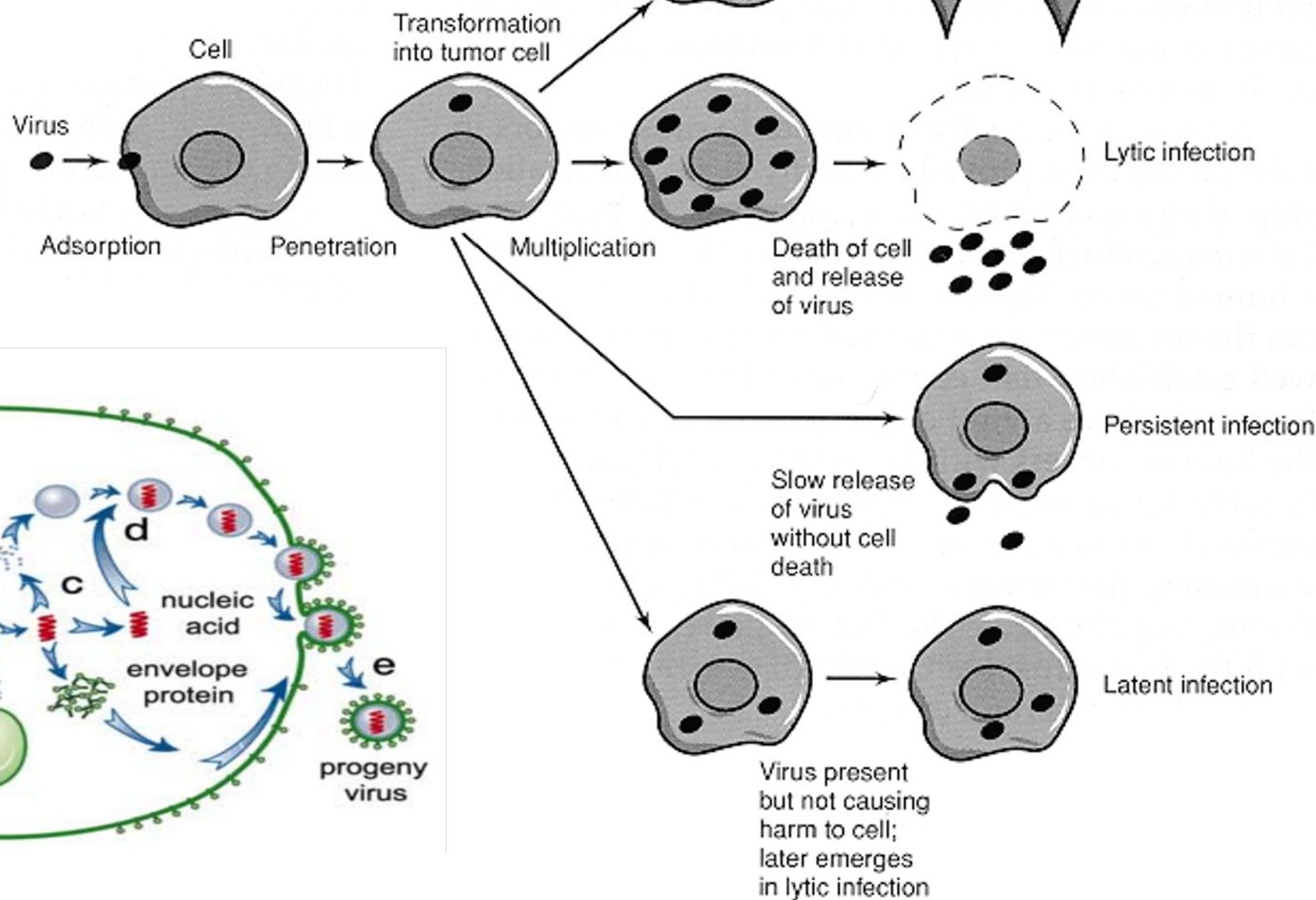
Είναι **παρασιτικές δομές** που πολλαπλασιάζονται σε βάρος ζωντανών οργανισμών (virion = μολυσματικό σωματίδιο του ιού). Μέγεθος: 20 - 200 nm. Περιέχουν ένα τύπο νουκλεϊκού οξέος (DNA ή RNA) που περικλείεται με ένα πρωτεϊνικό περίβλημα ("protein coat", capsid).

Οι ιοί δεν μπορούν να συνθέσουν από μόνοι τους τις δικές του πρωτεΐνες ή νουκλεϊκό οξύ. **Χρησιμοποιούν το σύστημα παραγωγής πρωτεϊνών του ξενιστή (host)** που έχει σαν τελικό αποτέλεσμα τον θάνατο του κυττάρου ξενιστή με διάδοση των σωματιδίων του ιού σε άλλα κύτταρα και τέλος την εμφάνιση της ασθένειας στον ξενιστή.



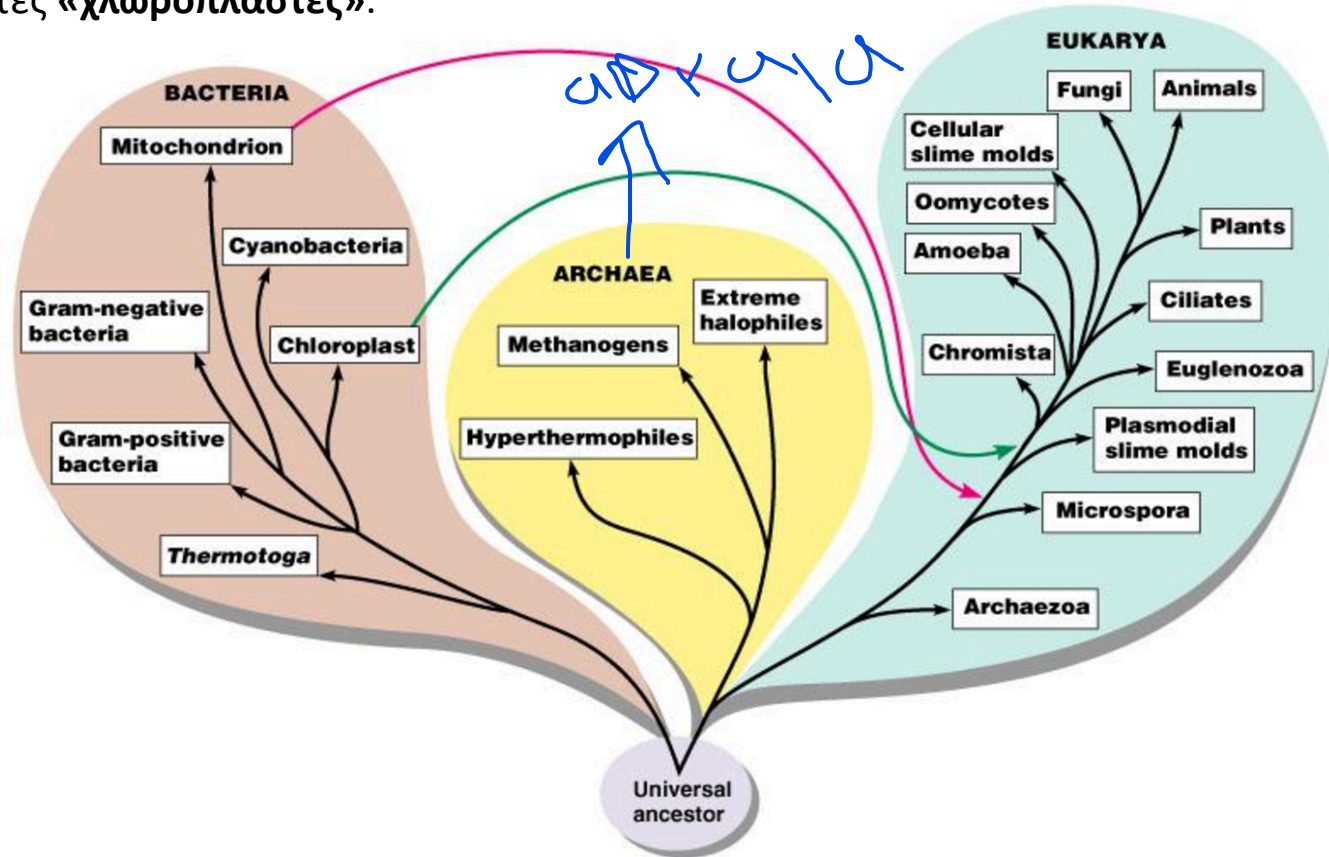
# Τρόπος δράσης Ιών

υα ΡΗΝΙ <sup>ν</sup>ΙΩΣ  
ΗΟΣ



Woese et al. [1977-1980] έδειξαν ότι οι **ευκαρυωτικοί οργανισμοί δεν προέρχονται από τους προκαρυωτικούς**. Και οι δύο τύποι κυττάρων εξελίχθησαν από ένα κοινό πρόγονο ακολουθώντας τελείως διαφορετικές πορείες.

**Ανάπτυξη της «ενδοσυμβιωτικής θεωρίας»:** βακτήρια εισέβαλαν σε αρχαίο ευκαρυωτικό κύτταρο και έδωσαν στα κύτταρα **αναπνευστικές** ικανότητες «**μιτοχόνδρια**» και **φωτοσυνθετικές** ικανότητες «**χλωροπλάστες**».

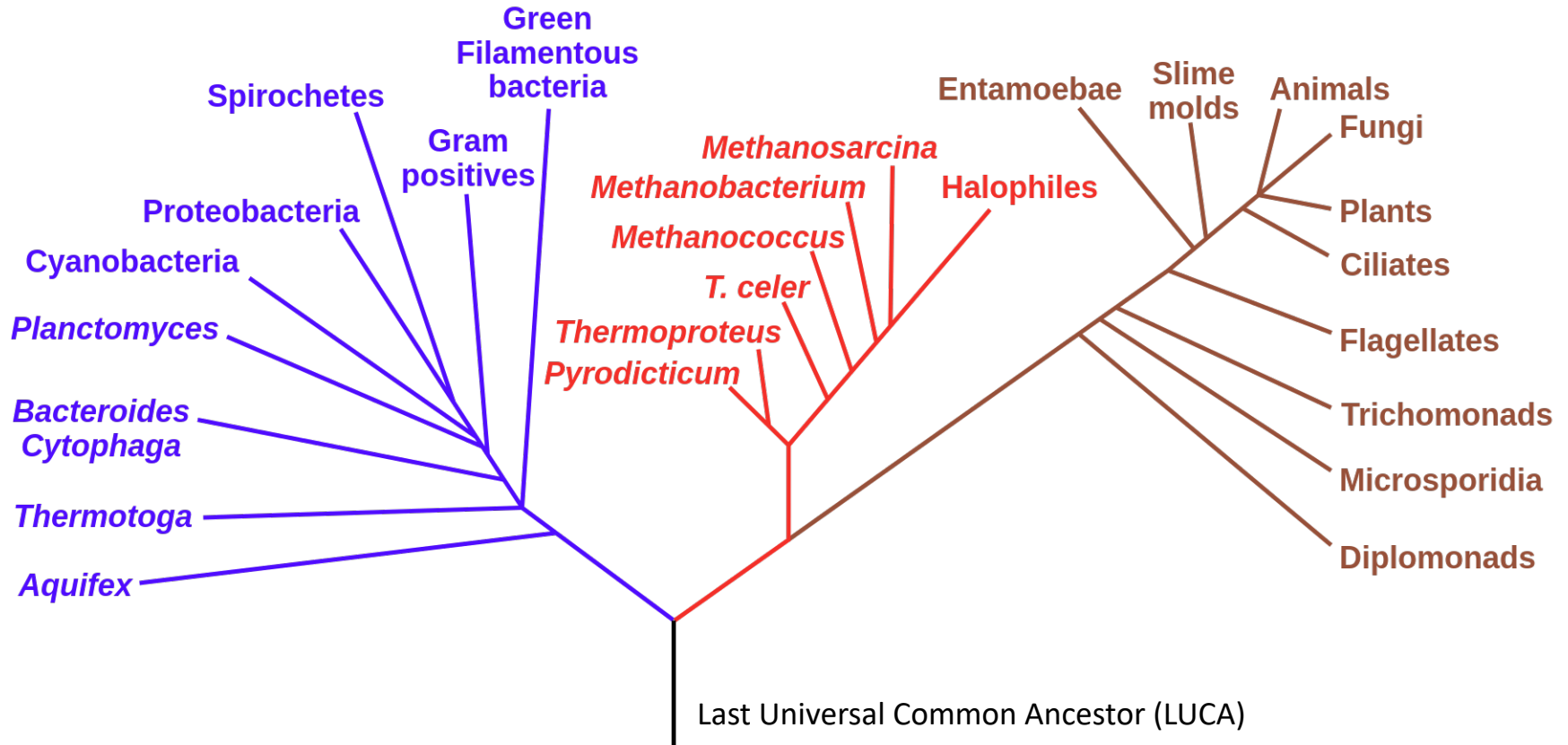


# Phylogenetic Tree of Life

## Bacteria

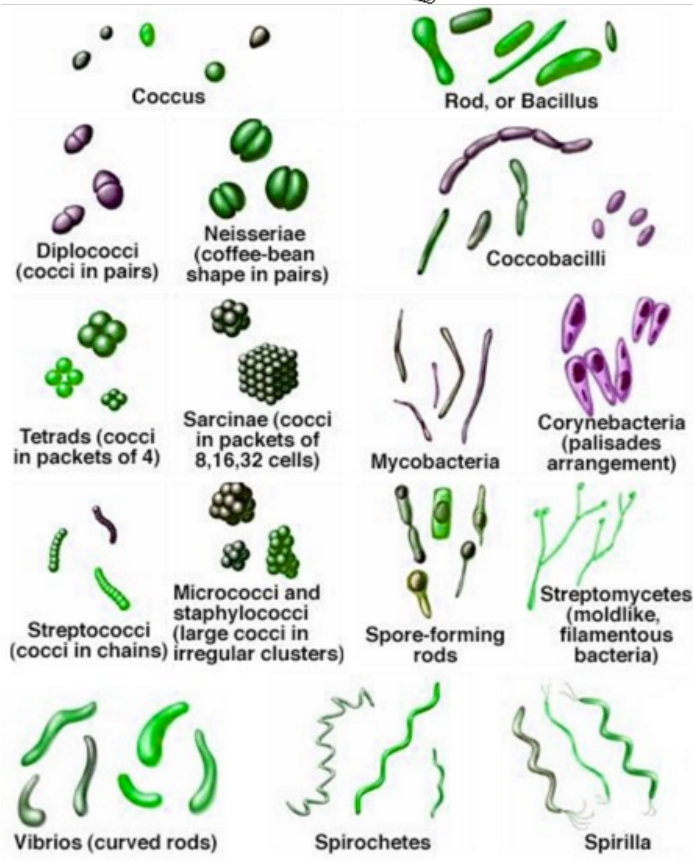
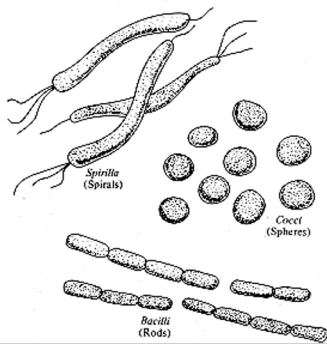
## Archaea

## Eukaryota



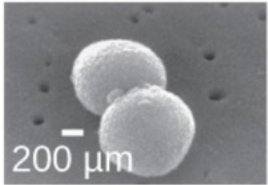
# ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

0x1

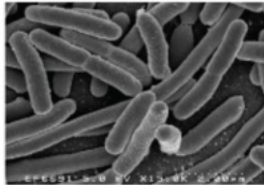


- Είναι σχετικά **μικρά και απλά κύτταρα** (δεν έχουν πυρήνα περιβεβλημένο με μεμβράνη, μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες, ενδοπλασματικό δίκτυο, σύμπλεγμα Golgi).
- Μορφολογία: σφαιρικά (*Staphylococci*), ραβδοειδή (*E. coli*) ή σπειροειδή (*Rhodospirillum*).
- Τυπικό μέγεθος: 0,5 έως 3  $\mu\text{m}$  (Όγκος κυττάρου  $\sim 10^{-12}$  mL εκ των οποίων το 50% με 80% είναι νερό  $\Rightarrow$  μάζα του κυττάρου είναι  $\sim 10^{-12}$  g).
- **Ιδιαίτερα προσαρμόσιμα και πολυποίκιλα** (επιβιώνουν σε περιβάλλον που αλλάζει). Παρουσιάζουν «βιοχημική ευλυγισία».
- Συνήθως διαβιώνουν μόνα τους (δεν είναι ενωμένα με άλλα κύτταρα).
- Μεγαλώνουν πολύ γρήγορα (Χρόνος διπλασιασμού  $> 20$  λεπτά).
- **Κάτω από αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες σχηματίζουν σπόρια**. Τα σπόρια είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ζέση, κρύο, ακτινοβολίες ( $\rightarrow$  δυσκολότερη αποστείρωση). Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες μετατρέπονται σε κανονικά κύτταρα.

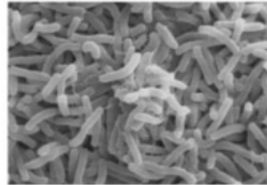
# Βακτήρια



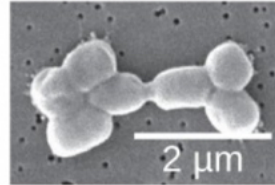
Coccus



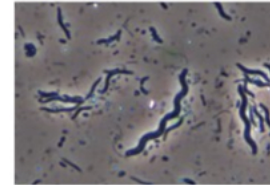
Bacillus



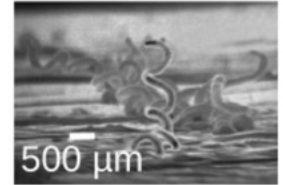
Vibrio



Coccobacillus



Spirillum



Spirochete

# ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Οι συνδυασμοί πηγής ενέργειας και άνθρακα οδηγούν στην **τροφική ταξινόμηση**:

- **Φωτοαυτότροφοι** ή Φωτολιθότροφοι = **χρήση  $\text{CO}_2$  και φωτός**. Φωτοσυνθετικά βακτήρια (πράσινα και ιώδη βακτήρια του θείου, κυανοβακτήρια) και φύκη. Χρησιμοποιούνται άτομα H από το νερό για την αναγωγή του  $\text{CO}_2$  με ταυτόχρονη παραγωγή  $\text{O}_2$ .
- **Φωτοετερότροφοι** ή Φωτοργανότροφοι = **χρήση φωτός και οργανικών ενώσεων** (δεν παράγουν  $\text{O}_2$ ). Μερικά από τα πράσινα και ιώδη βακτήρια του θείου.
- **Χημειοαυτότροφοι** ή Χημειολιθότροφοι = **Χρησιμοποιούν τα ηλεκτρόνια ανηγμένων ανόργανων ενώσεων ως πηγή ενέργειας και  $\text{CO}_2$  ως πηγή άνθρακα**. Περιλαμβάνει μόνο βακτήρια.
- **Χημειοετερότροφοι** ή Χημειοοργανότροφοι = **Χρήση των ηλεκτρονίων ατόμων H σε οργανικές ενώσεις για ενέργεια και χρήση των ίδιων ενώσεων σαν πηγή άνθρακα**.

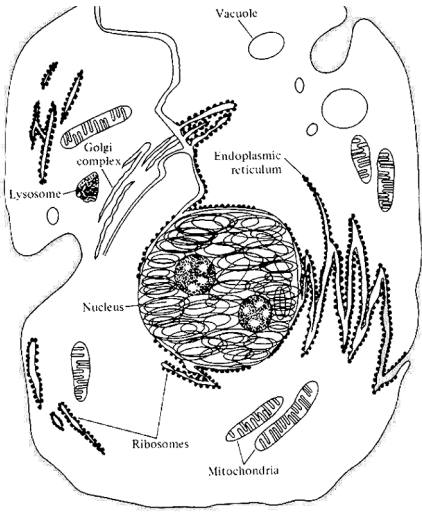
| ΑΕΡΟΒΙΟΙ               |                                                                               |                                                      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Υποχρεωτικά αερόβιοι   | $\text{O}_2$ απαιτείται                                                       | Αερόβια αναπνοή                                      |
| Προαιρετικά αερόβιοι   | $\text{O}_2$ δεν απαιτείται αλλά καλύτερη ανάπτυξη με $\text{O}_2$            | Αερόβια αναπνοή, αναερόβια αναπνοή, αναερόβια ζύμωση |
| Μικροαερόφιλοι         | $\text{O}_2$ απαιτείται αλλά σε πολύ χαμηλά επίπεδα                           | αερόβια αναπνοή                                      |
| ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΙ             |                                                                               |                                                      |
| Υποχρεωτικά αναερόβιοι | $\text{O}_2$ τοξικό                                                           | Αναερόβια ζύμωση, αναερόβια αναπνοή, μεθανιοποίηση   |
| Αεροανεκτικοί          | $\text{O}_2$ δεν απαιτείται, δεν είναι τοξικό αλλά δεν βελτιώνει την ανάπτυξη | Αναερόβια ζύμωση                                     |

# ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

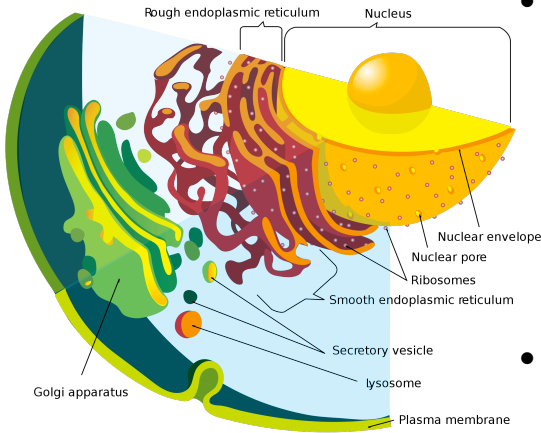


- Είναι κατά πολύ μεγαλύτερα των προκαρυωτικών κυττάρων (συνήθως από **x1.000** μέχρι **x10.000 φορές μεγαλύτερα**).
- Παρουσιάζουν **μεγάλη εσωτερική οργάνωση με την ύπαρξη διαμερισμάτων όπου γίνονται συγκεκριμένες και διαφορετικές λειτουργίες**.
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα απαντώνται είτε σε **μονοκυτταρικούς οργανισμούς** (μικροοργανισμούς) είτε σε **πολυκυτταρικούς** (ανώτεροι οργανισμοί).
- Τα ζωικά κύτταρα έχουν μόνο κυτταρική μεμβράνη (δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα), ενώ οι μονοκυτταρικοί ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν κυτταρική μεμβράνη και κυτταρικό τοίχωμα.
- Λείο Ενδοπλασματικό Δίκτυο (smooth Endoplasmic Reticulum) είναι ένα πολύπλοκο σύστημα μεμβρανών που αρχίζει από την κυτταρική μεμβράνη και εκτείνεται στο εσωτερικό του κυττάρου. Το αδρό ΕΔ (rough Endoplasmic Reticulum) είναι ένα πολύπλοκο σύστημα μεμβρανών όπου τα ριβοσώματα είναι προσκολλημένα. Το ΕΔ παρέχει μεγάλη επιφάνεια για τις αντιδράσεις που οδηγούν στην σύνθεση λιπιδίων στο λείο (smooth ER) και πρωτεϊνών στο αδρό (rough ER).
- **Ο πυρήνας (~5 nm)** χωρίζεται από το κυτταρόπλασμα με την πυρηνική μεμβράνη και εσωκλείει το πυρηνόπλασμα, χρωματίνη → χρωματοσώματα, πυρηνίσκο (αποτελείται από DNA & RNA, σύνθεση rRNA) .

# ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

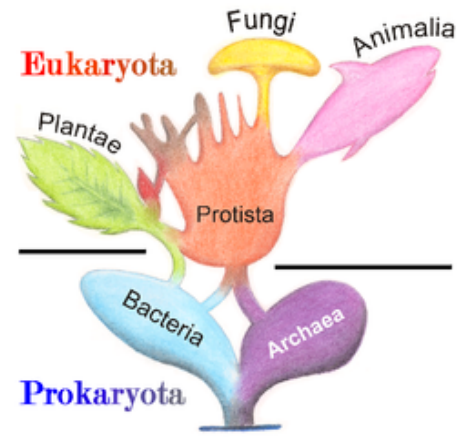


- Η διεργασία της αναπνοής που παράγει ενέργεια, γίνεται στα μιτοχόνδρια.
- Ορισμένα κύτταρα έχουν την δυνατότητα παραγωγής ενέργειας με φωτοσύνθεση και γίνεται σε συγκεκριμένο μέρος (χλωροπλάστες).
- Σύμπλεγμα Golgi (complex) είναι μικρά σωματίδια αποτελούμενα από συμπλέγματα μεμβρανών όπου επεξεργάζονται ορισμένα ένζυμα και πρωτεΐνες.
- Κενοτόπια / Χυμοτόπια (vacuoles) οργανίδια (αποθήκες) χαμηλής πυκνότητας προσκολλημένα στην κυτταροπλασματική μεμβράνη και χρησιμοποιούνται για την χώνευση τροφών, τη ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης και για την αποθήκευση απορριμμάτων (στα φυτικά κύτταρα καταλαμβάνουν μέχρι και το 90% του συνολικού όγκου).
- Λυσοσωμάτια (lysosomes) είναι μικρά σωματίδια προσκολλημένα σε πολύ μικρές μεμβράνες και περιέχουν ισχυρά ένζυμα χώνευσης (digestive enzymes).

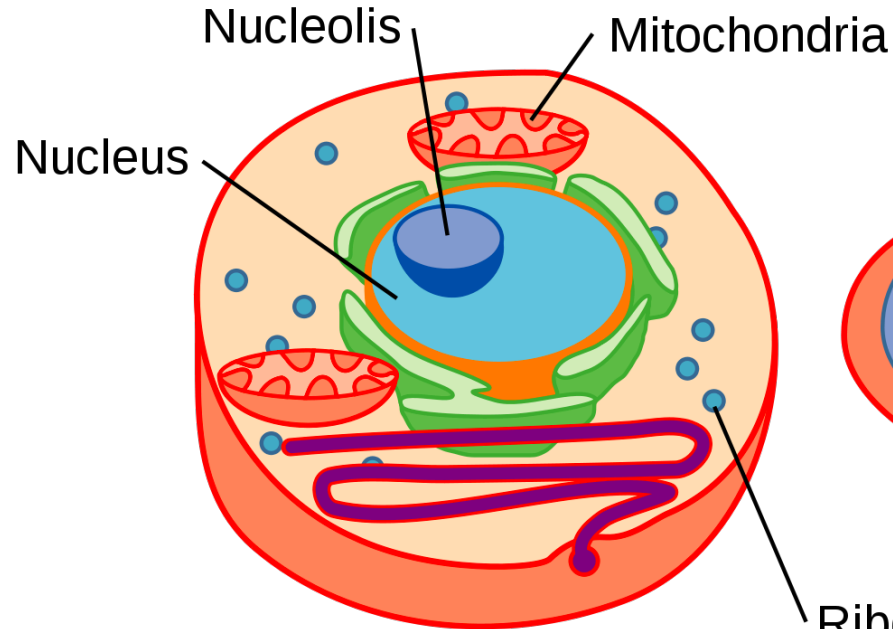


# Οι βασικές διαφορές...

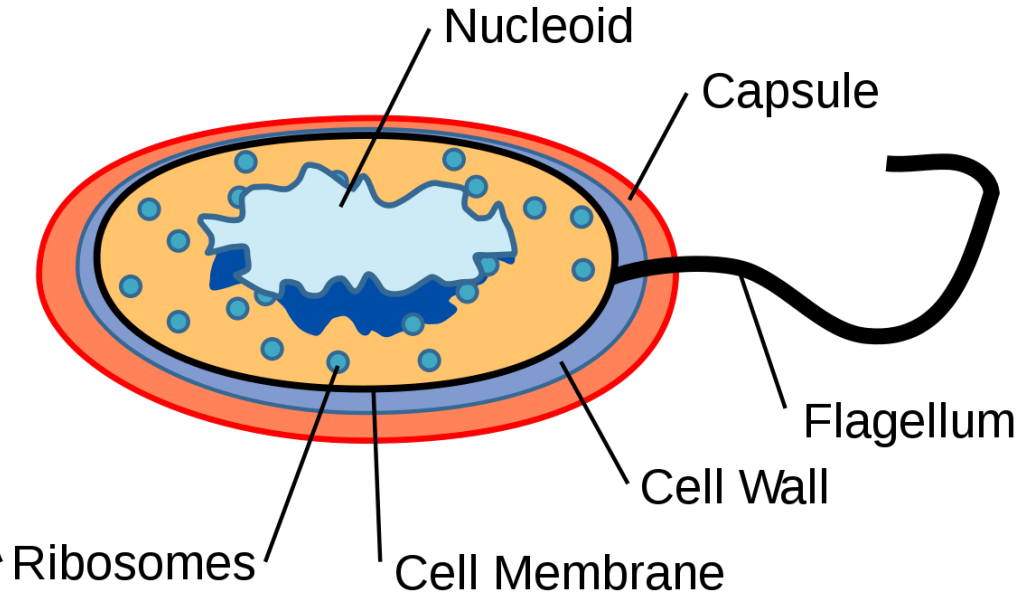
OXI



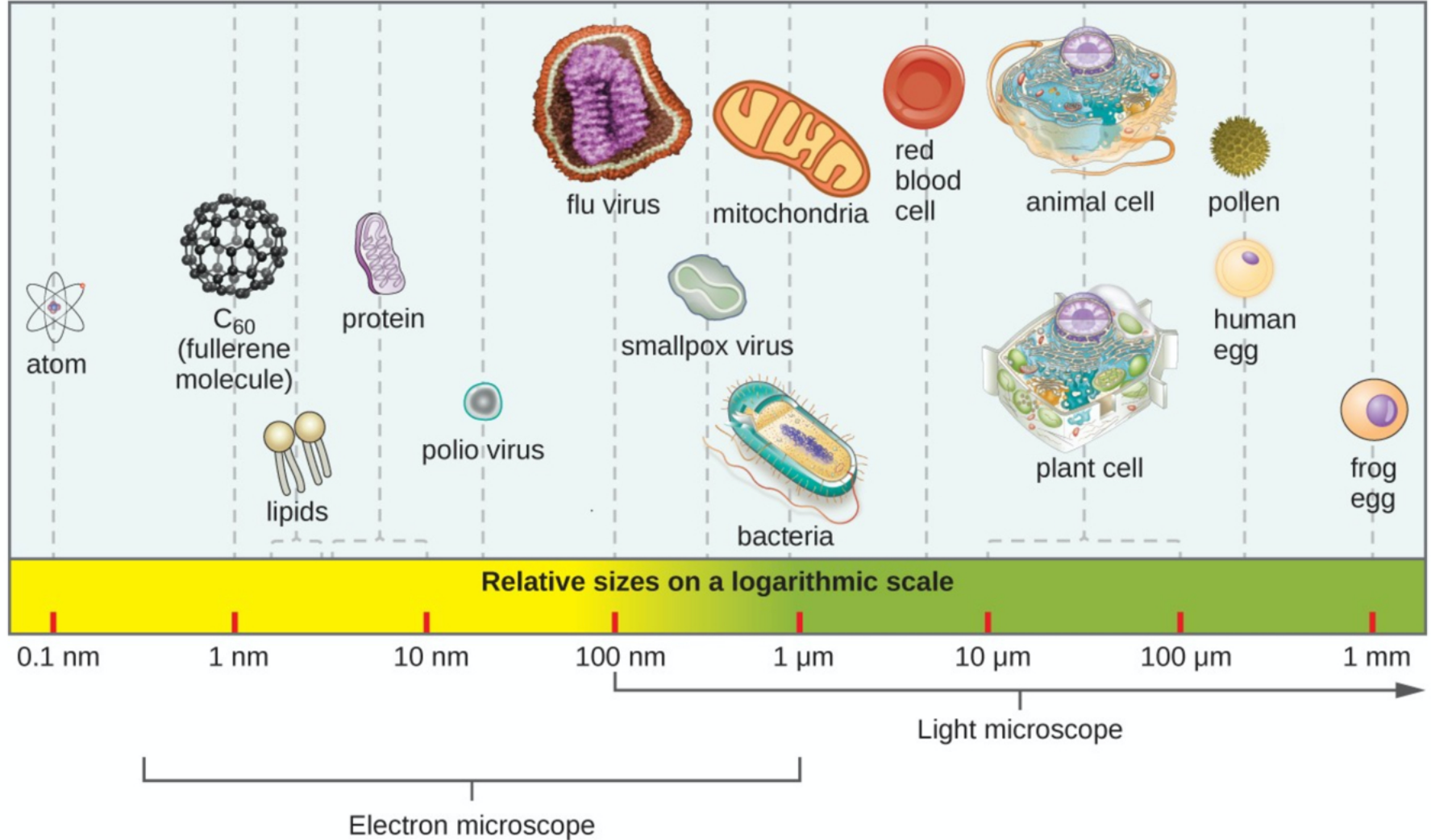
## Eukaryote



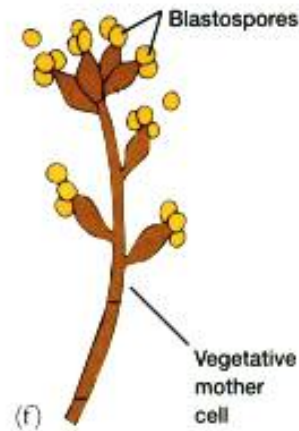
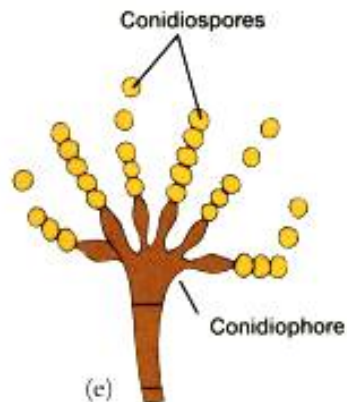
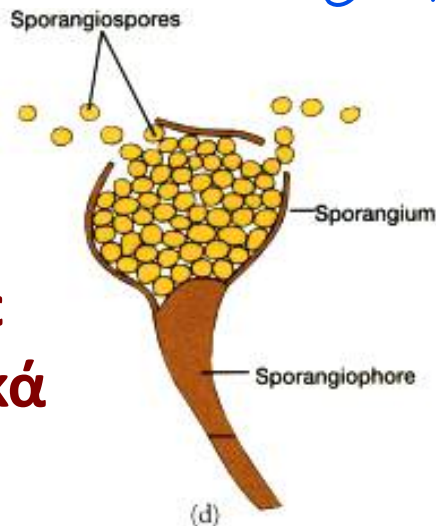
## Prokaryote



# Σχετικά μεγέθη



# Διάγραμμα της αγενοῦς αναπαραγωγῆς των μυκήτων με τρία διαφορετικά εἶδη σπορίων



Η βασική μονάδα ταξινόμησης είναι το είδος

**Εἶδος** = ομάδα στελεχών βακτηρίων που έχουν ομοιότητα φαινοτύπων σε μεγάλο βαθμό, ενώ συγχρόνως διαφέρουν αρκετά από συγγενείς ομάδες ώστε να είναι δυνατή η αναγνώριση τους σαν βασική ταξινομική ομάδα.

Αν η αλληλουχία βάσεων του 16 S RNA δυο προκαρυωτικών μικροοργανισμών είναι κατά  $\geq 97\%$  **ταυτόσημη**, τότε θεωρούνται ότι ανήκουν στο **ίδιο είδος**.

**Εἶδος**  $\rightarrow$  **Γένος**  $\rightarrow$  **Οικογένεια**  $\rightarrow$  **Τάξη**  $\rightarrow$  **Κλάση**  $\rightarrow$  **Διαίρεση**  $\rightarrow$  **Βασίλειο**.

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ



Για να μελετήσουμε την κινητική της ανάπτυξης μικροοργανισμών ή κυττάρων καθώς επίσης και τους ρυθμούς παραγωγής μεταβολιτών ή χρησιμοποίησης θρεπτικών ουσιών, πρέπει να γνωρίζουμε λίγα πράγματα για:

τα **αντιδραστήρια** (χημικές ενώσεις),

τους **καταλύτες** (ένζυμα) και

τους **μηχανισμούς ελέγχου** του κυττάρου

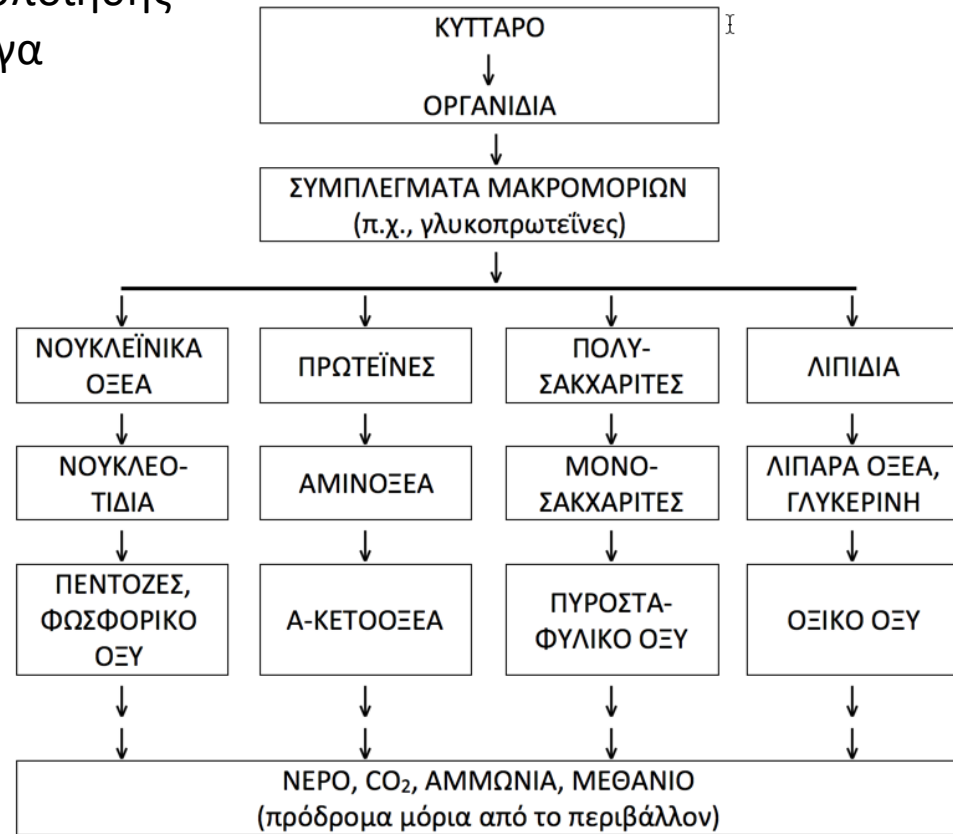
*Μακρομόρια*

*Δομικοί λίθοι*

*Ενδιάμεσα  
συστατικά*

*Πρόδρομες  
ενώσεις*

Το ενδιαφέρον μας συγκεντρώνεται στα **μακρομόρια** (κυτταρικά πολυμερή: **λιπίδια**, **πολυσακχαρίτες**, **πρωτεΐνες**, **νουκλεϊνικά οξέα**) και τους **δομικούς λίθους** (μονομερή: **γλυκερίνη**, **λιπαρά οξέα**, **μονοσακχαρίτες**, **αμινοξέα** και **νουκλεοτίδια**)



# ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

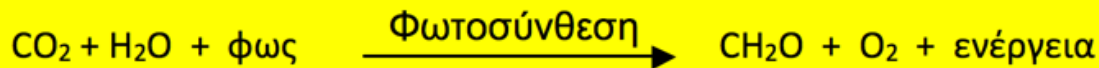


Οι **υδατάνθρακες** αποτελούν την σπουδαιότερη πηγή ενέργειας για το κύτταρο. Οι υδατάνθρακες χωρίζονται σε μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες.

Η χημική σύσταση των υδατανθράκων είναι:  **$(\text{CH}_2\text{O})_n$**  όπου  $n \geq 3$

**ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ** - Αποτελούν τους απλούστερους υδατάνθρακες με **3 έως 6 άτομα C**.

Η σύνθεση τους γίνεται από  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$  μέσω της φωτοσύνθεσης:



Οι μονοσακχαρίτες διαχωρίζονται σε: **Αλδόζες** (aldoses) και **Κετόζες** (ketoses)

**ΔΙΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ** - Είναι το αποτέλεσμα της συνένωσης δύο μονοσακχαριτών. Οι κυριότεροι είναι:

|                  |               |                       |
|------------------|---------------|-----------------------|
| <b>Μαλτόζη</b>   | προκύπτει από | {γλυκόζη + γλυκόζη}   |
| <b>Σακχαρόζη</b> | προκύπτει από | {γλυκόζη + φρουκτόζη} |
| <b>Λακτόζη</b>   | προκύπτει από | {γλυκόζη + γαλακτόζη} |

Η **μαλτόζη** αποτελεί προϊόν της διάσπασης του **αμύλου**. Η σακχαρόζη είναι συστατικό των φρούτων και πηγή γλυκόζης για ζωικούς οργανισμούς. Η λακτόζη είναι το σάκχαρο του γάλακτος.

**ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ** προκύπτουν από τον πολυμερισμό πολλών μορίων μονοσακχαριτών.

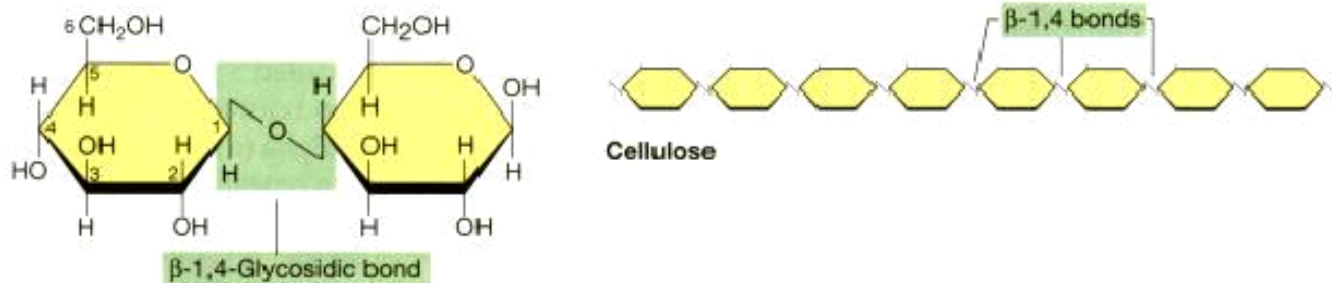
Οι κύριοι πολυσακχαρίτες είναι: Η **κυτταρίνη**, το **άμυλο** και το **γλυκογόνο**.

# Κυτταρίνη b71

Η **κυτταρίνη** (η πιο διαδεδομένη οργανική ένωση στον κόσμο) είναι το κύριο συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών κυττάρων και αποτελεί το κύριο δομικό υλικό των φυτών.

Οι αλυσίδες σχηματίζουν δέσμες και ισχυρά πλέγματα με την δημιουργία δεσμών-H.

Η **κυτταρίνη** διασπάται πολύ πιο δύσκολα και μόνο μερικοί μικροοργανισμοί έχουν το κατάλληλο ένζυμο για την υδρόλυση του ( **$\beta$ -1,4 Γλυκοσιδικός δεσμός**).

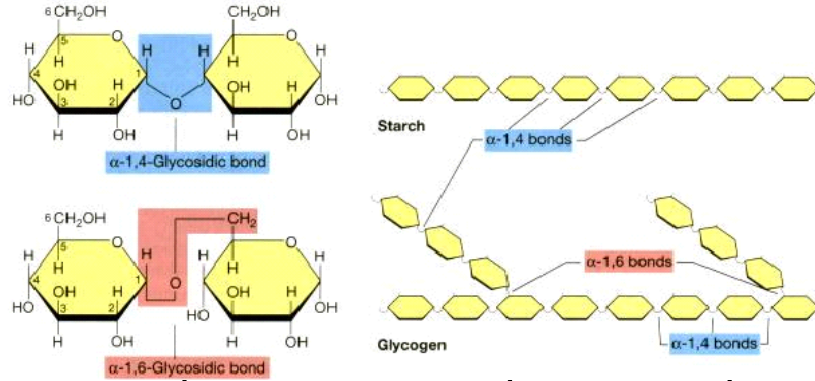


Η **υδρόλυση της κυτταρίνης** παραμένει ένα σημαντικό πρόβλημα στην προσπάθεια μας να μετατρέψουμε την κυτταρίνη σε καύσιμα ή χρήσιμες χημικές ενώσεις (βιο-διυλιστήρια).

# Άμυλο και Γλυκογόνο

o x.1

Το άμυλο είναι ο αποταμιευτικός (ενέργεια) πολυσακχαρίτης των φυτών. Αποτελείται από δεκάδες χιλιάδες μόρια γλυκόζης που ενώνονται και σχηματίζουν σπειροειδή αλυσίδα.



Το γλυκογόνο είναι ο αποταμιευτικός πολυσακχαρίτης των ζώων (αποθηκεύεται στους μυς και στο ήπαρ) και των μυκήτων. Αποτελείται από 16-24 μόρια γλυκόζης που ενώνονται και σχηματίζουν διακλαδισμένη αλυσίδα.

Το άμυλο και το γλυκογόνο όταν διασπαστούν (σχετικά εύκολα με υδρόλυση) αποδίδουν τα μόρια της γλυκόζης που είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας.

**Μερική υδρόλυση** του αμύλου αποδίδει γλυκόζη, **μαλτόζη** και δεξτρίνη (dextrin). Οι δεξτρίνες χρησιμοποιούνται σαν πηκτικά υλικά (thickeners).

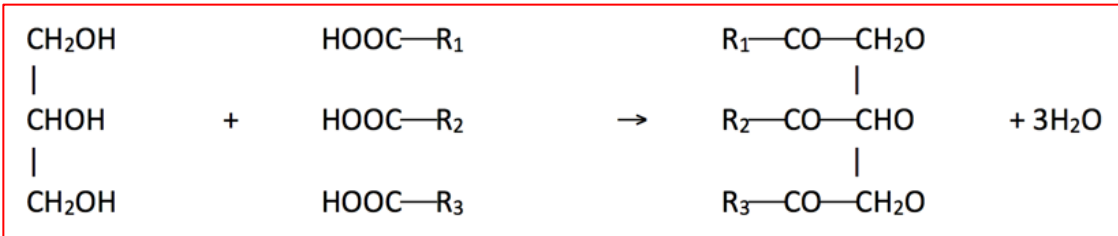
# ΛΙΠΙΔΙΑ

U X I

Τα λιπίδια αποτελούν είτε **δομικά συστατικά των κυττάρων** (κυρίως στις μεμβράνες) είτε μέσο **αποθήκευσης χημικής ενέργειας**.

Τα λιπίδια είναι πρακτικά αδιάλυτα στο νερό. Διαλύονται εύκολα σε μη πολικούς διαλύτες (π.χ., βενζίνη, χλωροφόρμιο, αιθέρας).

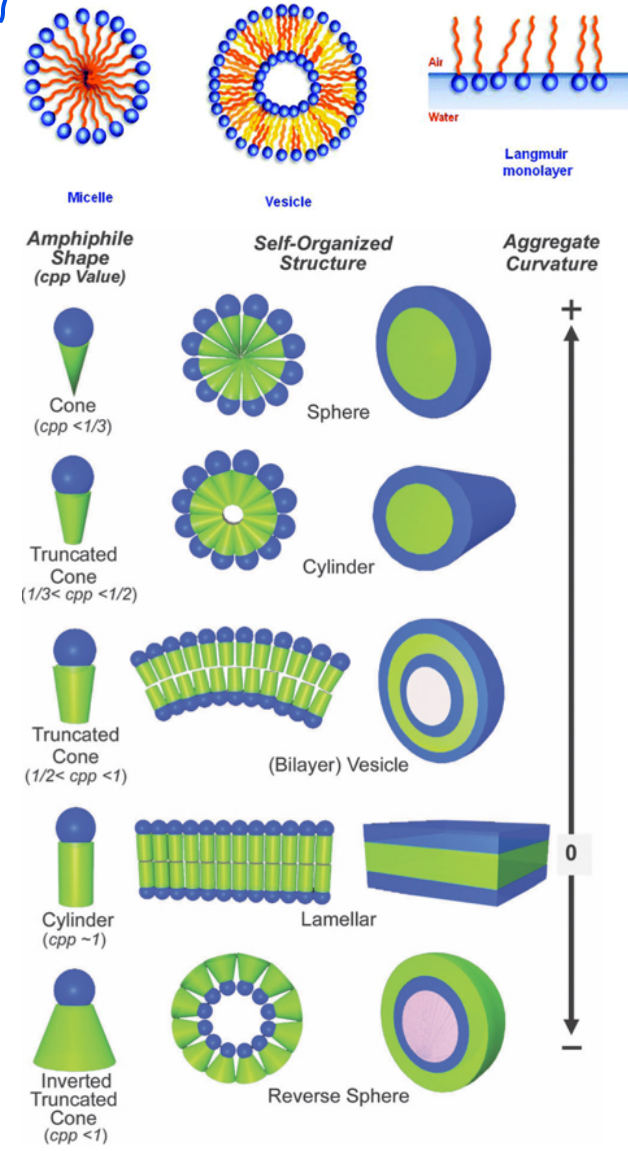
Τα (ουδέτερα) λίπη είναι εστέρες λιπαρών οξέων και γλυκερίνης:



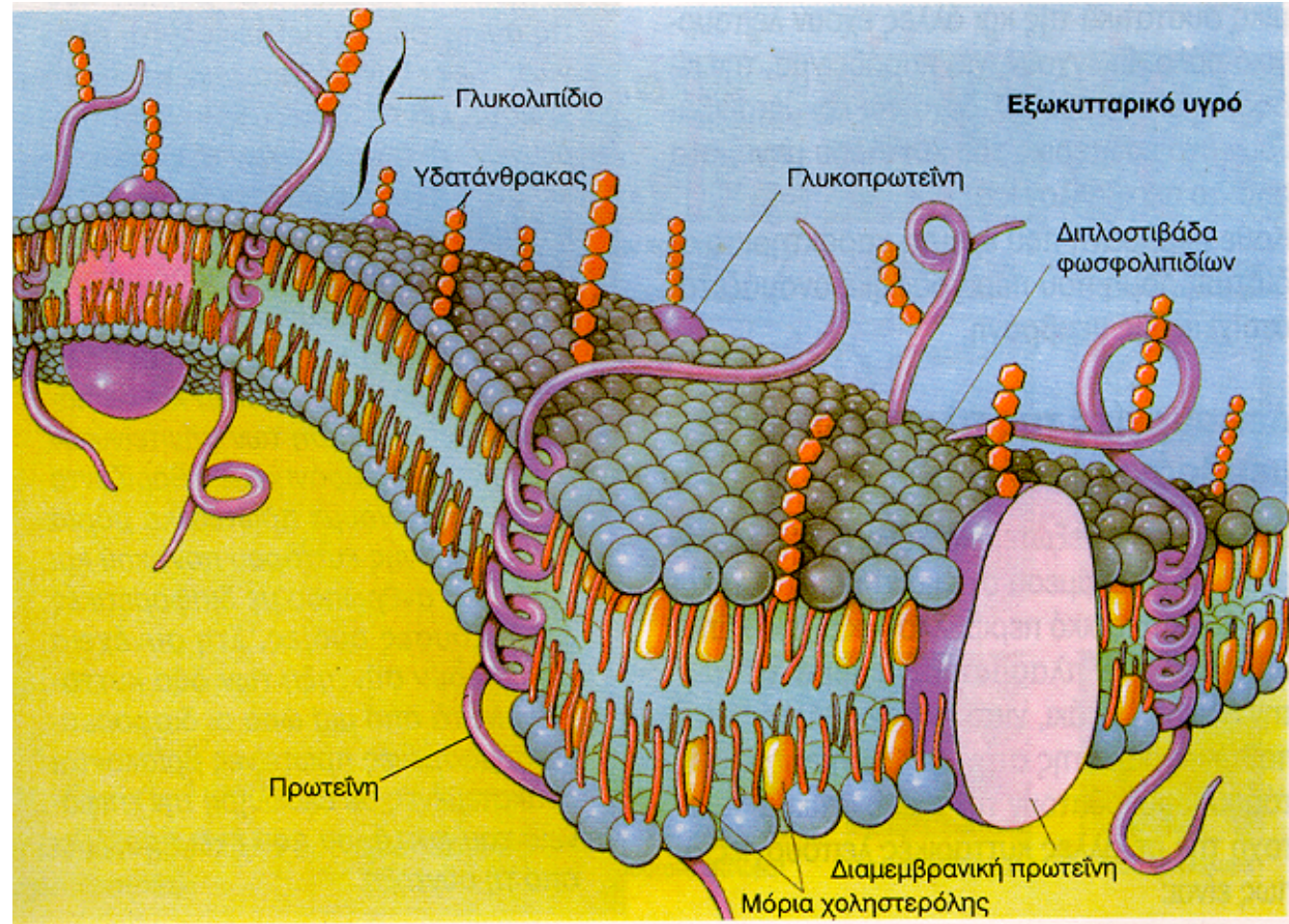
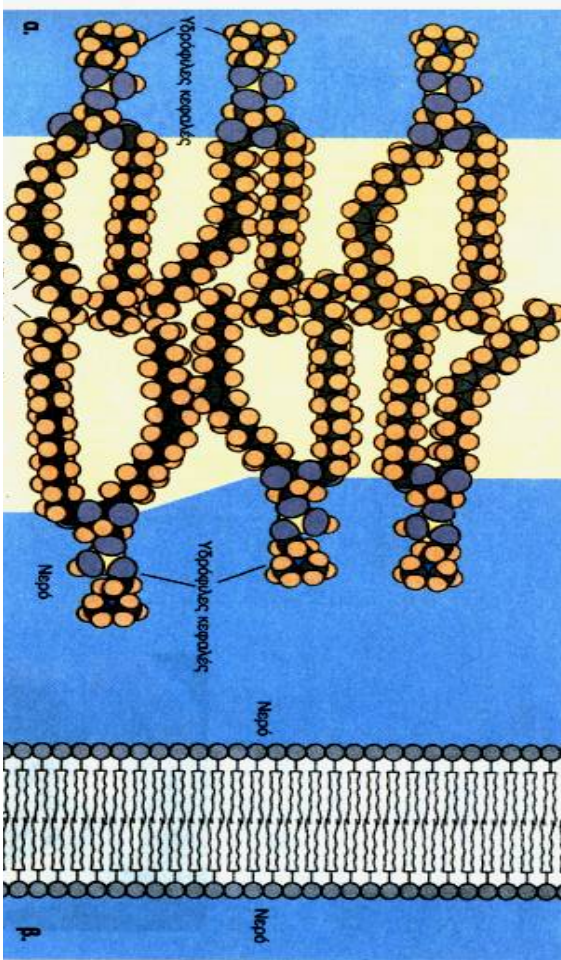
Τα φωσφολιπίδια αποτελούνται από ένα μόριο γλυκερόλης συνδεδεμένο με δύο μόρια λιπαρών οξέων, ένα μόριο φωσφορικού οξέος και ένα μικρότερο πολικό μόριο.

Η κεφαλή του φωσφολιπιδίου είναι **υδρόφιλη** ενώ η ουρά είναι **υδρόφοβη**. Επομένως έχουμε συσσώρευση σε διεπιφάνειες με το υδρόφιλο μέρος μέσα στο νερό και τις υδρόφοβες ουρές να προβάλλουν έξω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Μπορούν να δημιουργήσουν θερμοδυναμικά σταθερή δομή (**διπλοστιβάδα**) όπου τα μόρια προσεγγίζουν το ένα πολύ κοντά στο άλλο, Σημαντικό για την συγκρότηση της **κυτταρικής μεμβράνης**.



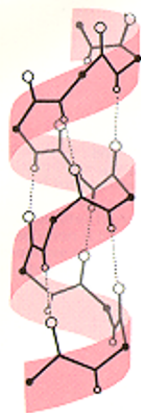
# Διπλοστιβάδα λιπιδίων



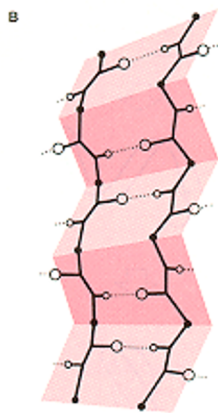
# ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ



PRIMARY STRUCTURE (Amino acid sequence in the protein chain)

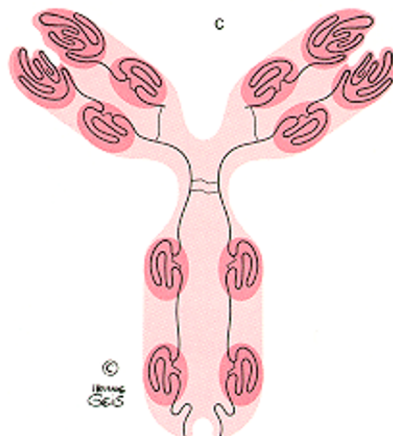


$\alpha$  helix



$\beta$  sheet

SECONDARY STRUCTURE

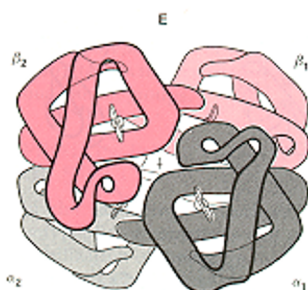


Domains (dark color) in an antibody molecule

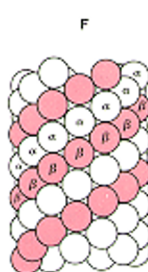
LOCAL FOLDING



TERTIARY STRUCTURE



QUATERNARY STRUCTURE

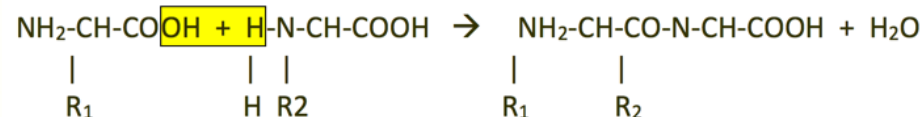


QUATERNARY STRUCTURE

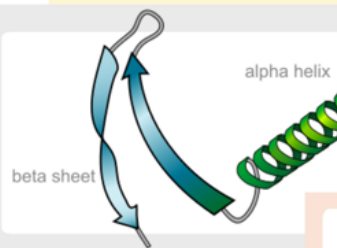
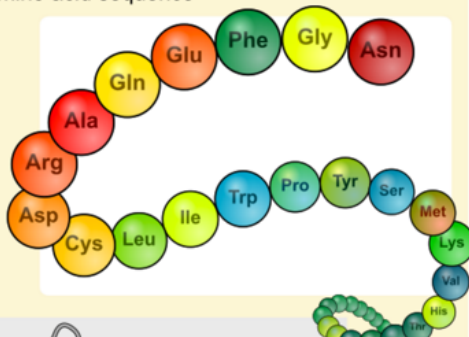
Οι πρωτεΐνες είναι προϊόντα πολυμερισμού **20 διαφορετικών αμινοξέων** (παρόλο που έχουν ανιχνευτεί πάνω από 170 αμινοξέα στα κύτταρα διαφόρων οργανισμών). Τα 20 αυτά αμινοξέα συνδέονται με διαφορετική αλληλουχία κάθε φορά και δημιουργούν μία τεράστια ποικιλία πρωτεϊνών.

Κάθε **αμινοξύ** αποτελείται από μία αμινομάδα ( $-\text{NH}_2$ ), μία καρβοξυλομάδα ( $-\text{COOH}$ ), ένα άτομο υδρογόνου ( $-\text{H}$ ) και από την πλευρική ομάδα ( $-\text{R}$ ) που έχει και διαφορετική χημική δομή για το κάθε αμινοξύ.

Δύο αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους (δημιουργία ενός **διπεπτιδίου**) με μία αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεσης  $\text{H}_2\text{O}$ ) και τη δημιουργία ενός πεπτιδικού δεσμού



Primary structure  
amino acid sequence

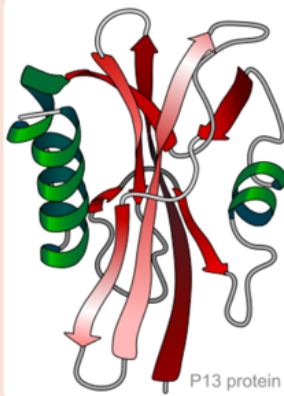


Secondary structure  
regular sub-structures

hemoglobin



Quaternary structure  
complex of protein molecules



Tertiary structure  
three-dimensional structure

# ΤΙ ΚΑΝΟΥΝ ΟΙ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ?

Οι πρωτεΐνες έχουν πολλούς διαφορετικούς ρόλους (λειτουργίες):

1. Δομικές πρωτεΐνες (structural proteins):  
*Γλυκοπρωτεΐνες (glycoproteins), κολλαγόνο (collagen), κερατίνη (keratin).*
2. **Καταλυτικές πρωτεΐνες (catalytic proteins):**  
**Ένζυμα**
3. Πρωτεΐνες μεταφοράς (transport proteins):  
*Αιμοσφαιρίνη (hemoglobin), αλβουμίνη ορού (serum albumin).*
4. Ρυθμιστικές πρωτεΐνες (regulatory proteins):  
*Ινσουλίνη (insulin), ορμόνες ανάπτυξης (growth hormones).*
5. Προστατευτικές πρωτεΐνες (protective proteins):  
*Αντισώματα (antibodies), θρομβίνη (thrombin).*

# Έκφραση πρωτεϊνών (protein expression)

