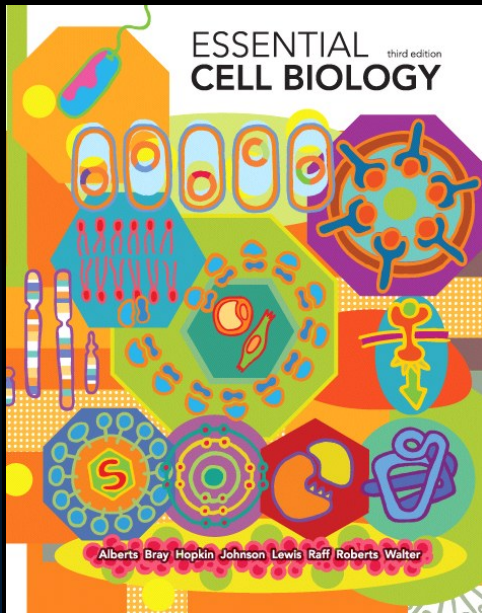




ΧΗΜ-046 Εισαγωγή στη Βιολογία

Βιβλίο: Βασικές Αρχές Κυτταρικής Βιολογίας

Διδάσκων: Χαράλαμπος Γ. Σπηλιανάκης

Αναπληρωτής καθηγητής Μοριακής Βιολογίας & Επιγενετικής
(Τμ.Βιολογίας, IMBB-ITE)

www.spilianakislab.gr

spiliana@imbb.forth.gr

Διάλεξη 1

Δευτέρα 11⁰⁰-13⁰⁰ και Τετάρτη 09⁰⁰-11⁰⁰

Ημερομηνία	Ημέρα	Διδάσκων/ουσα	Γενικός Τίτλος
10/2	Δευτέρα	Σπηλιανάκης	Εισαγωγή στο κύτταρο & χημ. σύσταση
12/2	Τετάρτη	Σπηλιανάκης	Εισαγωγή στο κύτταρο & χημ. σύσταση
17/2	Δευτέρα	Σπηλιανάκης	Ενέργεια-απόκτηση ενέργειας
19/2	Τετάρτη	Σπηλιανάκης	Ενέργεια-απόκτηση ενέργειας
04/3	Τετάρτη	Τζαμαρίας	DNA και χρωμόσωμα
11/3	Τετάρτη	Τζαμαρίας	Αντιγραφή-Μεταγραφή-Μετάφραση
18/3	Τετάρτη	Τζαμαρίας	Μεμβράνη- Μεμβρανική μεταφορά
23/3	Δευτέρα	Ζάχος	Κυτταρική Επικοινωνία
30/3	Δευτέρα	Ζάχος	Κυτταρικός πολλαπλασιασμός και θάνατος
01/4	Τετάρτη	Ζάχος	Καρκίνος
06/4	Δευτέρα	Αλεξανδράκη	Εξέλιξη των γονιδίων
27/4	Δευτέρα	Αλεξανδράκη	Εξέλιξη των γονιδίων
10/4	Τετάρτη	Τσιώτης	Πρωτεομική
04/5	Δευτέρα	Αλεξανδράκη	Γενετική και μοριακή βάση της κληρονομικότητας
11/5	Δευτέρα	Αλεξανδράκη	Η τεχνολογία του DNA

gzachos@uoc.gr

- Έναρξη μαθημάτων στις 10/2 και λήξη στις 11/5/2019
- Δευτέρα 02/03= Καθαρά Δευτέρα
- Τετάρτη 25/03 Ευαγγελισμός της Θεοτόκου
- 13/4 –24/05 = διακοπές Πάσχα
- Παρασκευή 1/5= Πρωτομαγιά

Εισαγωγή στα κύτταρα

Περιεχόμενα

- Ομοιότητα και ποικιλότητα κυττάρων
- Τα κύτταρα κάτω από το μικροσκόπιο
- Το προκαρυωτικό κύτταρο
- Το ευκαρυωτικό κύτταρο
- Πρότυποι οργανισμοί

Τι σημαίνει να είσαι ζωντανός;;;;

Όλα τα έμβια όντα αποτελούνται από κύτταρα

- μικρές μονάδες
- περιβάλλονται από **μεμβράνη**
- γεμάτα με ένα **πυκνό υδατικό διάλυμα** χημικών ουσιών
- ικανότητα να **αυξάνουν**
- ικανότητα να **διαίρουνται στα δύο**
- ικανότητα να δημιουργούν **αντίγραφα** του εαυτού τους



Αναπτυσσόμενο ωάριο

Αναπτυσσόμενο ωάριο



Ομοιότητα και ποικιλότητα κυττάρων

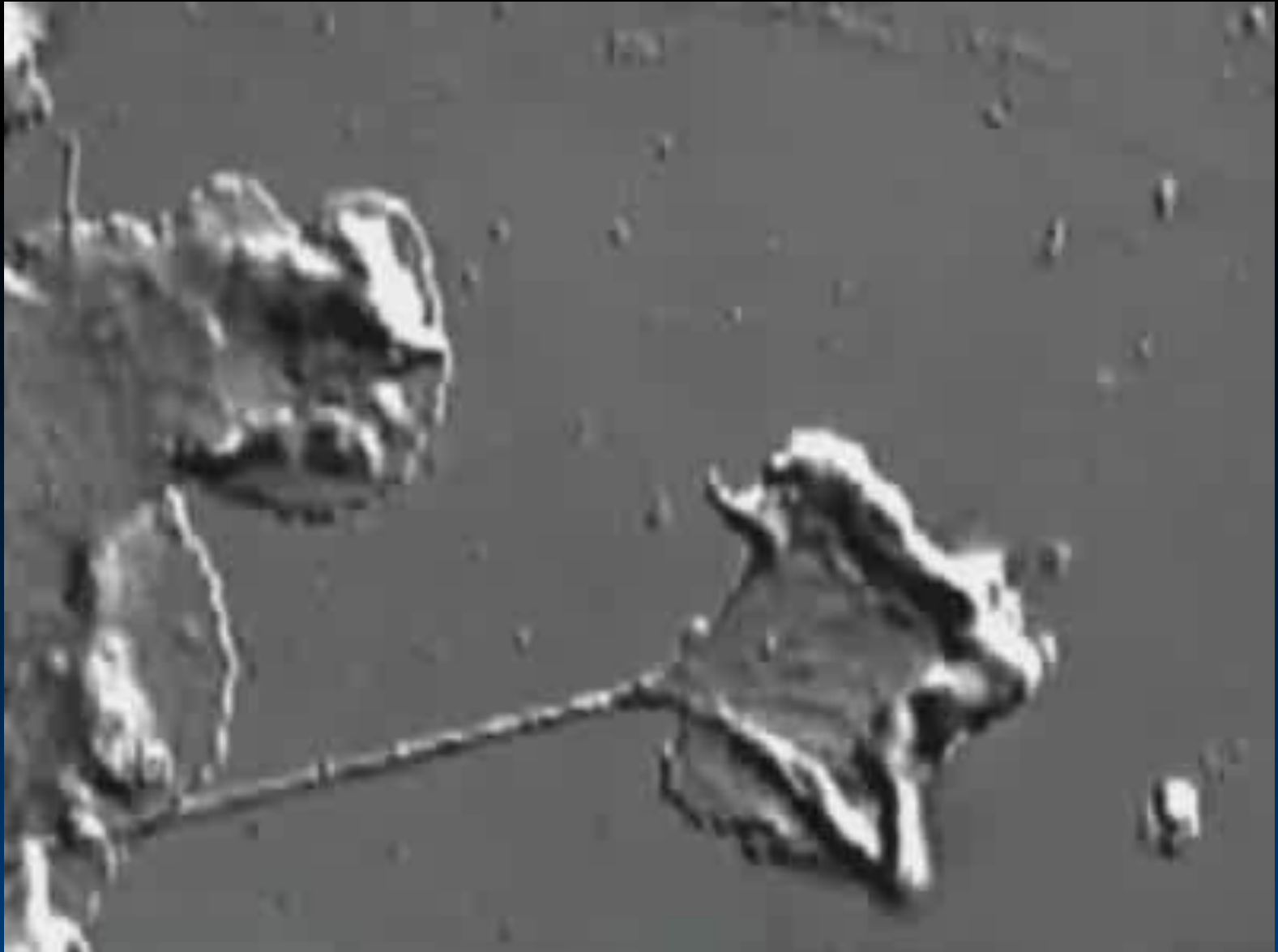
- Τα κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς την εμφάνιση και τη λειτουργία τους
- Όλα τα ζωντανά κύτταρα έχουν παρόμοια βασική χημεία
- Όλα τα σημερινά κύτταρα προφανώς εξελίχθηκαν από τον ίδιο πρόγονο
- Τα γονίδια παρέχουν τις πληροφορίες για τη μορφή, τη λειτουργία και την περίπλοκη συμπεριφορά των κυττάρων

Τα κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς την εμφάνιση και τη λειτουργία τους

- Μέγεθος
- Σχήμα και κινήσεις
- Εξωτερικό περίβλημα
- Χημικές απαιτήσεις και δραστηριότητες
- Εξειδικεύσεις

Χορός Κερατινοκυττάρων

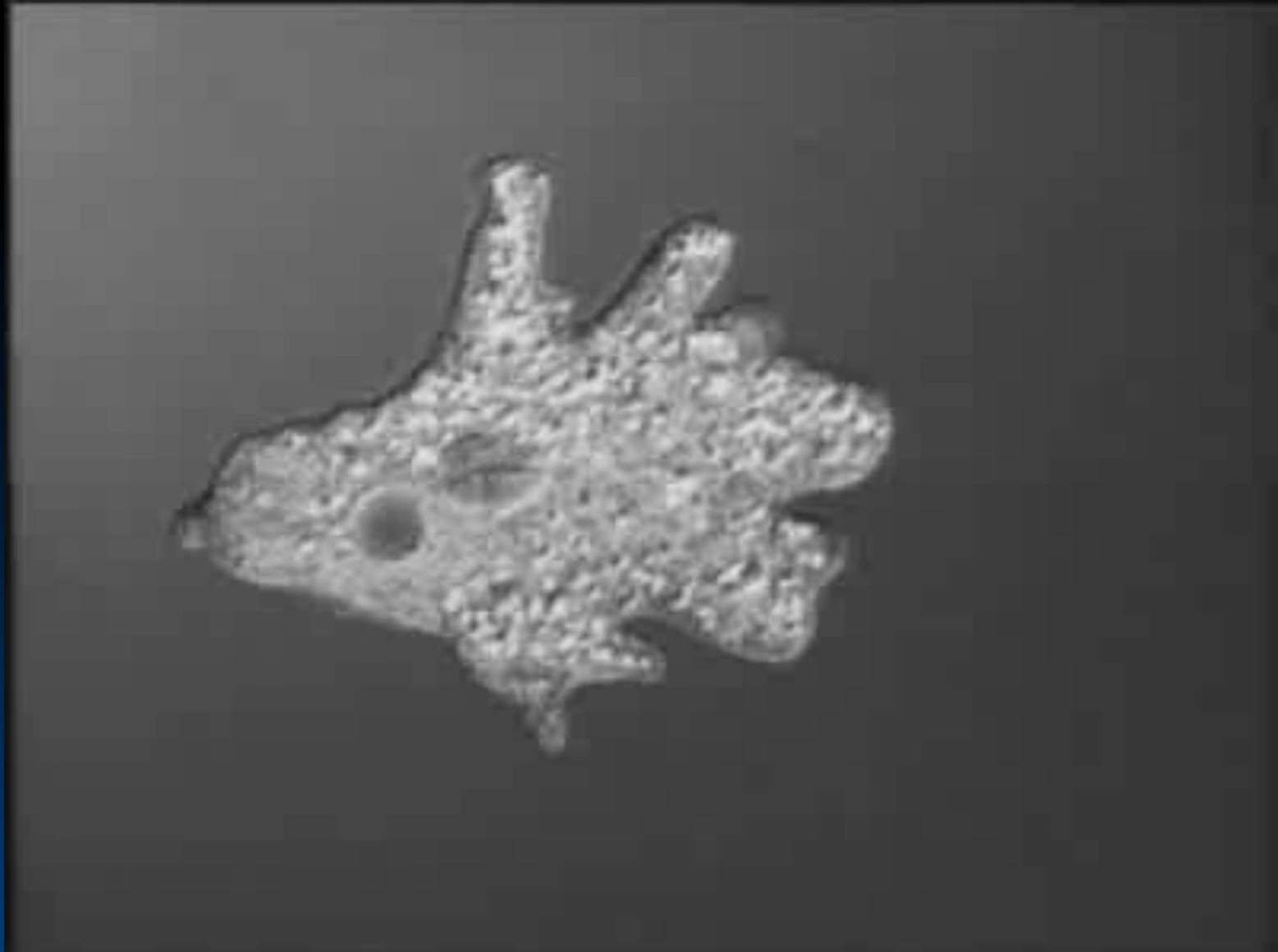
Χορός κερατινοκυττάρων



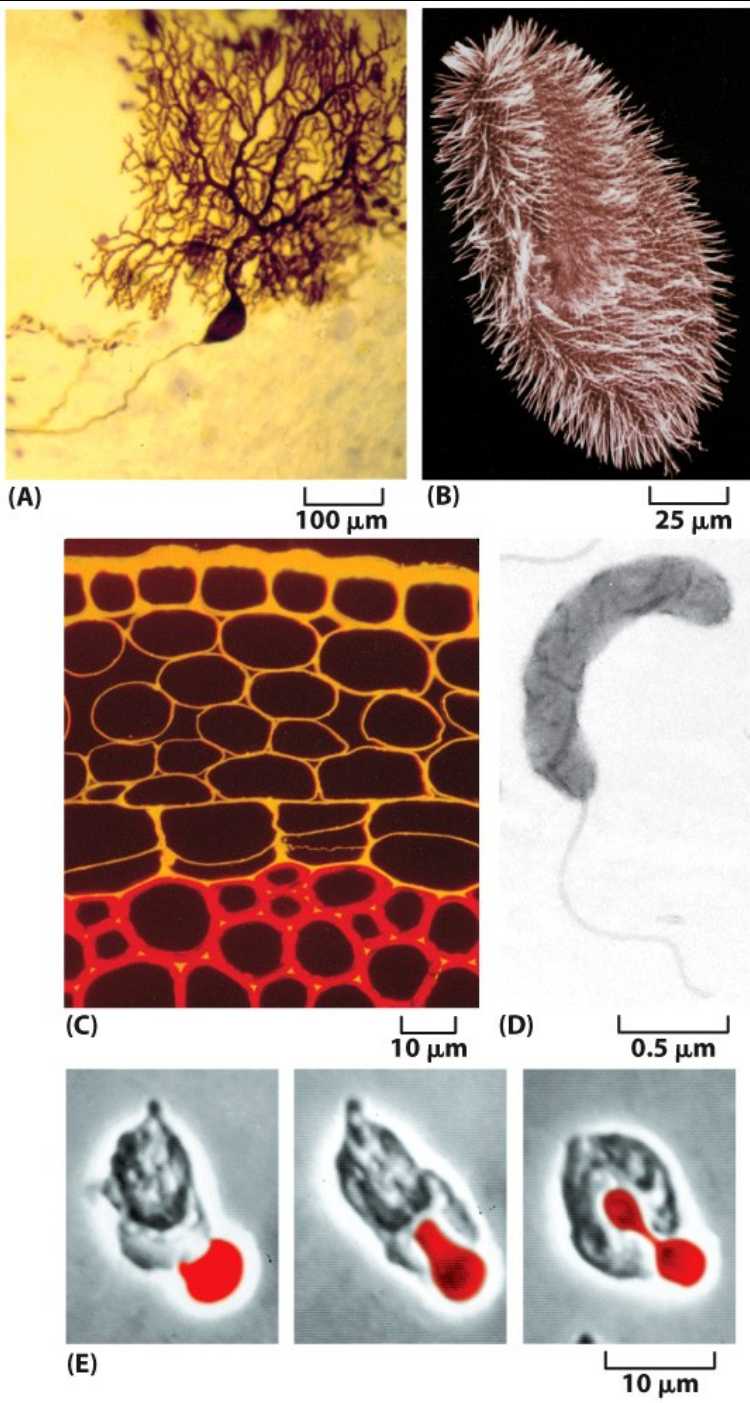


Συρόμενη αμοιβάδα

Συρόμενη αμοιβάδα



Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.



A. Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας

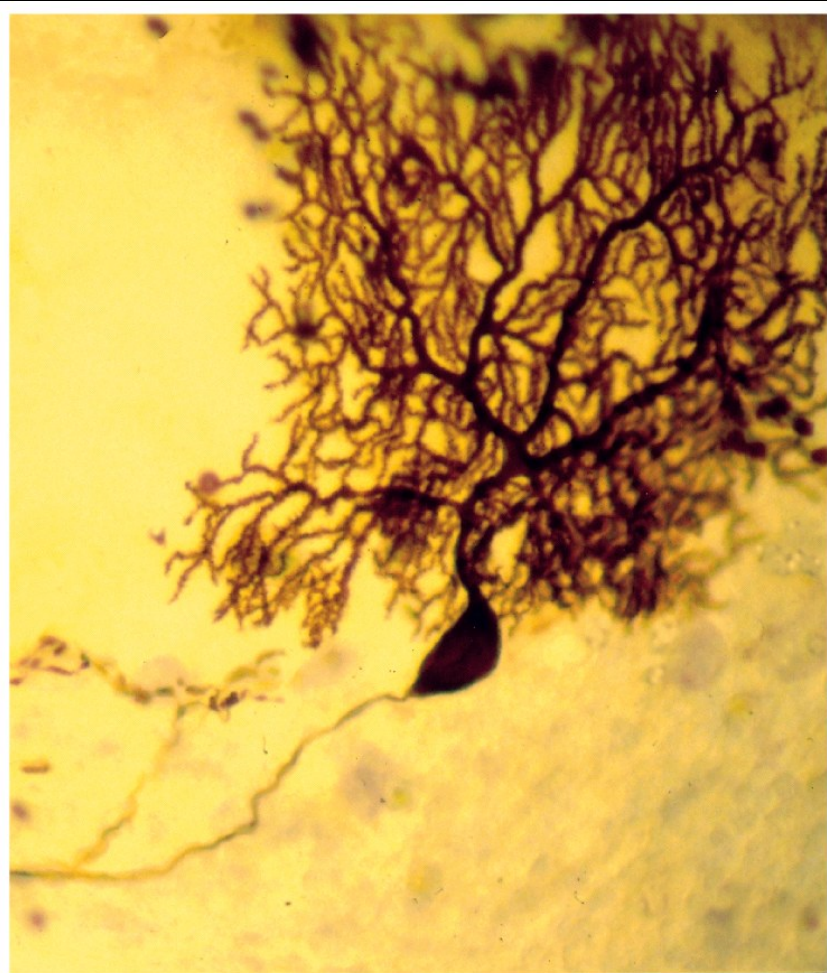
B. *Paramecium*: πρωτόζωο

Γ. Τομή από μίσχο νεαρού φυτού

Δ. *Bdellovibrio bacteriovorus*, βακτήριο

Ε. Λευκοκύτταρο ανθρώπου

Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.



100 μm

A. Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας

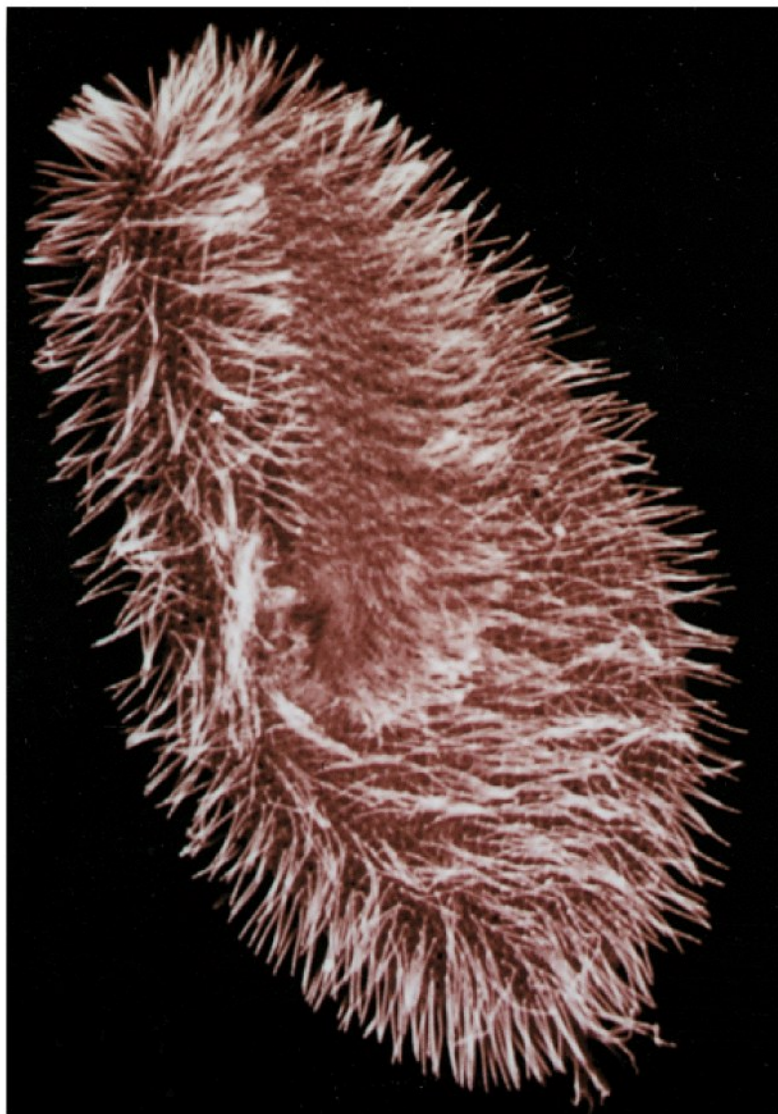
B. Paramecium: πρωτόζωο

Γ. Τομή από μίσχο νεαρού φυτού

Δ. Bdelovibrio bacterionovus,
βακτήριο

Ε. Λευκοκύτταρο ανθρώπου

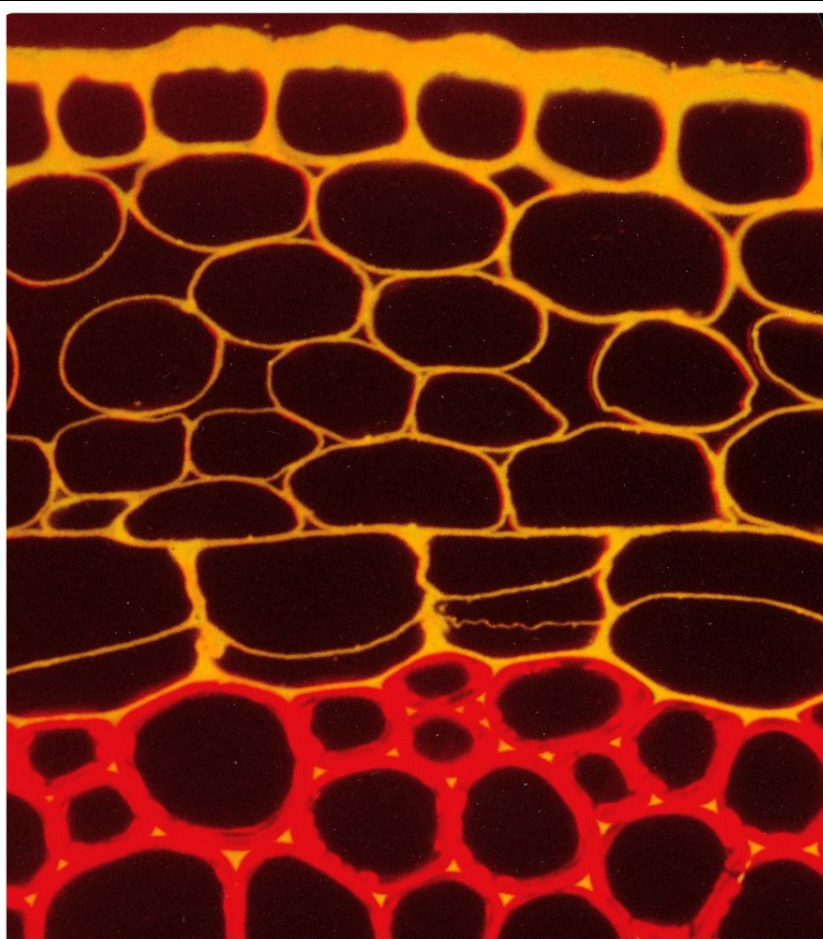
Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.



25 μm

- A.** Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας
- B.** *Paramecium*: πρωτόζωο
- Γ.** Τομή από μίσχο νεαρού φυτού
- Δ.** *Bdelovibrio bacterionovus*,
βακτήριο
- Ε.** Λευκοκύτταρο ανθρώπου

Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.



10 μm

- A.** Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας
- B.** Paramecium: πρωτόζωο
- Γ.** Τομή από μίσχο νεαρού φυτού
- Δ.** Bdelonibrio bacterionorus, βακτήριο
- Ε.** Λευκοκύτταρο ανθρώπου

Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.

- A. Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας
- B. Paramecium: πρωτόζωο
- Γ. Τομή από μίσχο νεαρού φυτού
- Δ. Bdelovibrio bacterionovus, βακτήριο**
- Ε. Λευκοκύτταρο ανθρώπου



Μαστίγιο βακτηρίου

Μαστίγιο βακτηρίου



Παραδείγματα της ποικιλίας των κυτταρικών σχημάτων και μεγεθών.

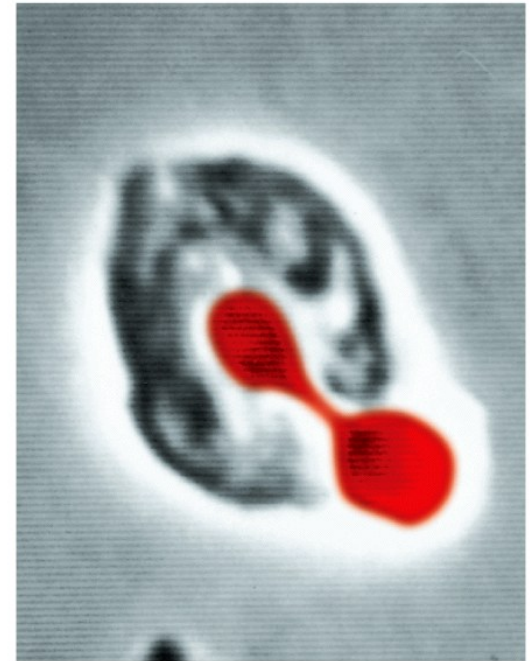
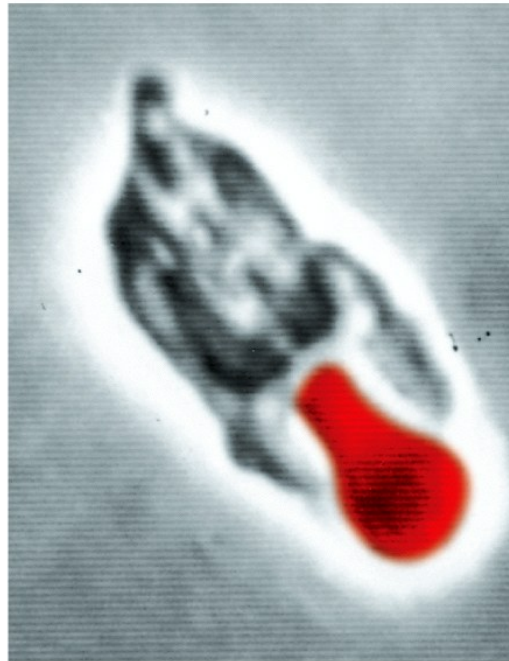
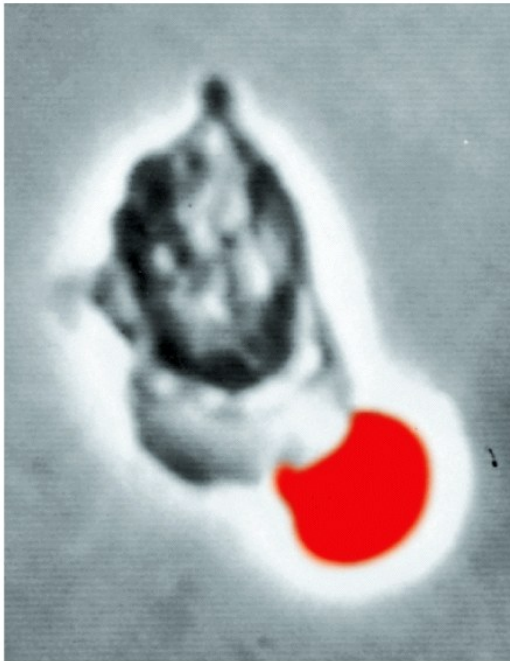
A. Νευρικό κύτταρο παρεγκεφαλίδας

B. Paramecium: πρωτόζωο

Γ. Τομή από μίσχο νεαρού φυτού

Δ. Bdelonibrio bacterionorus, βακτήριο

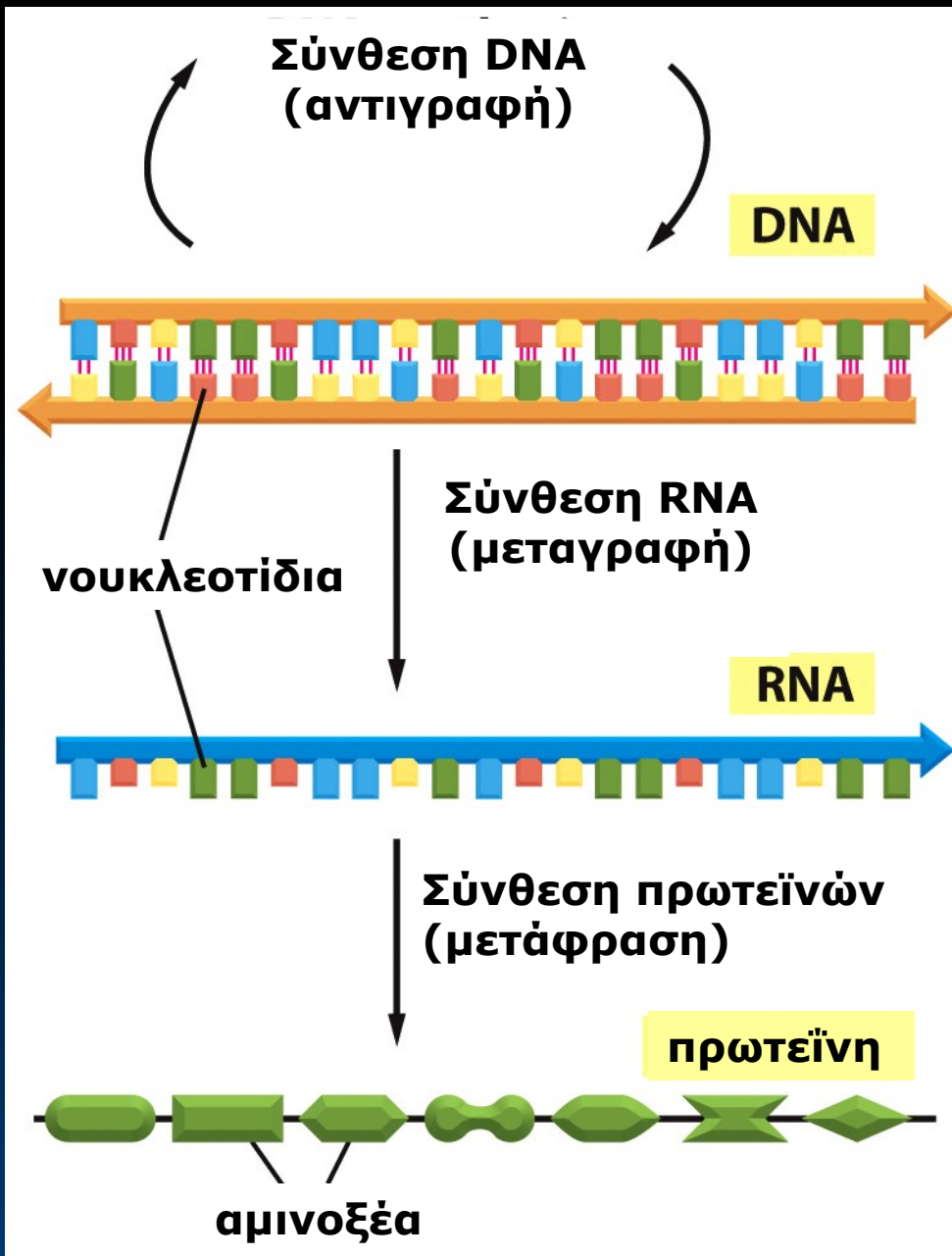
E. Λευκοκύτταρο ανθρώπου



10 μm

Ομοιότητα και ποικιλότητα κυττάρων

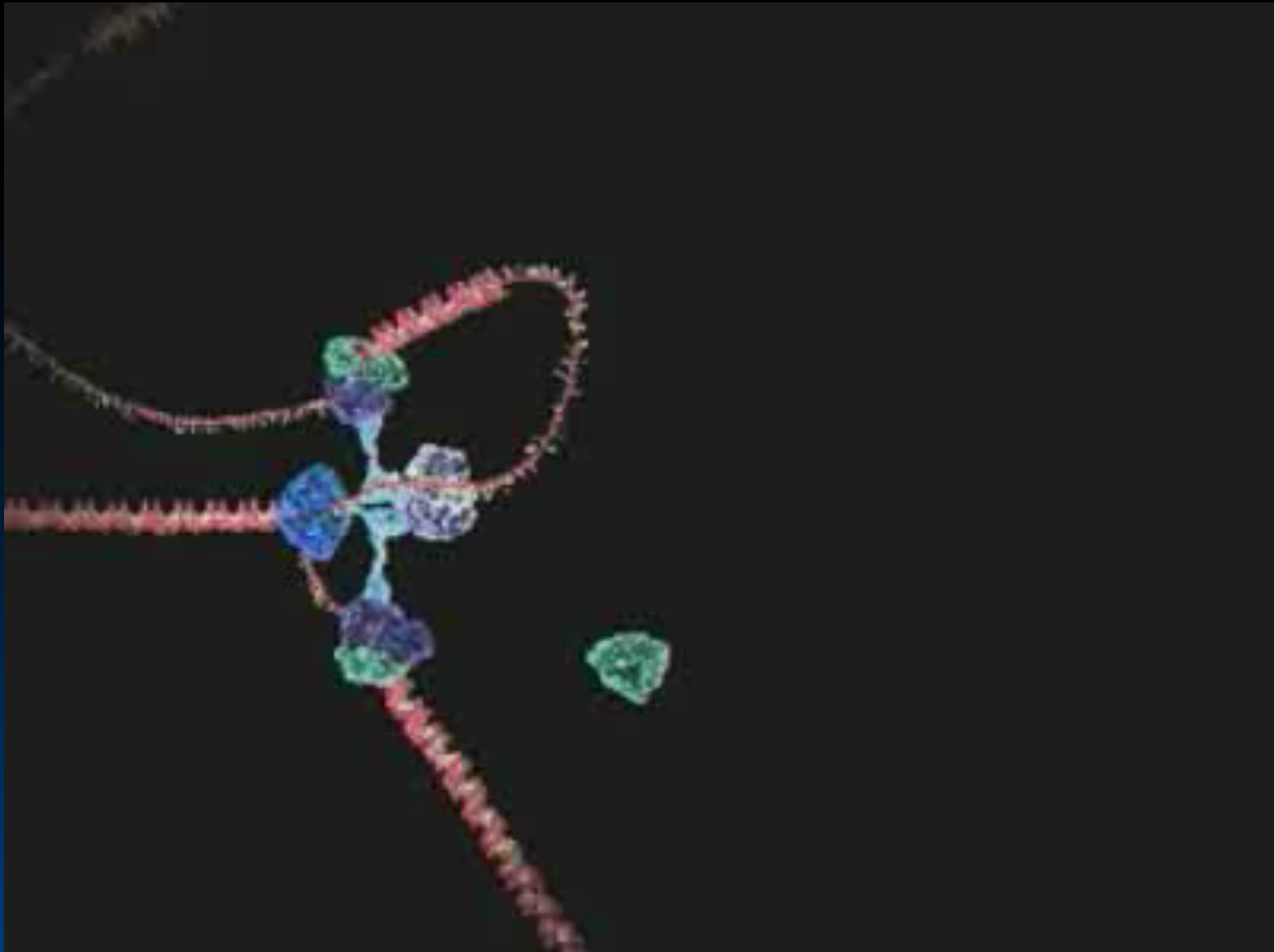
- Τα κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς την εμφάνιση και τη λειτουργία τους
- Όλα τα ζωντανά κύτταρα έχουν παρόμοια βασική χημεία
- Όλα τα σημερινά κύτταρα προφανώς εξελίχθηκαν από τον ίδιο πρόγονο
- Τα γονίδια παρέχουν τις πληροφορίες για τη μορφή, τη λειτουργία και την περίπλοκη συμπεριφορά των κυττάρων



Σε όλα τα ζωντανά κύτταρα η
ροή των γενετικών
πληροφοριών είναι από το
DNA στο RNA (μεταγραφή)
και από το RNA στις
πρωτεΐνες (μετάφραση)

Αντιγραφή DNA

Αντιγραφή DNA



A large blue arrow pointing to the right, spanning most of the width of the slide. Inside the arrow, the word 'Μεταγραφή' is written in a bold, black, serif font.

Μεταγραφή

Μεταγραφή





Μετάφραση

Μετάφραση





(A)



(B)



(C)



(D)

Ο ίδιος βασικός
μηχανισμός
χρησιμοποιήθηκε για τη
δημιουργία όλων των
έμβιων όντων

Βακτήρια (Α),
πεταλούδα (Β),
τριαντάφυλλο (Γ) και
δελφίνι (Δ).

Όλοι αυτοί οι έμβιοι οργανισμοί
αποτελούνται από κύτταρα που
έχουν παρόμοια βασική
βιοχημεία και λειτουργούν
σύμφωνα με τις ίδιες
θεμελιώδεις αρχές.

Ομοιότητα και ποικιλότητα κυττάρων

- Τα κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς την εμφάνιση και τη λειτουργία τους
- Όλα τα ζωντανά κύτταρα έχουν παρόμοια βασική χημεία
- Όλα τα σημερινά κύτταρα προφανώς εξελίχθηκαν από τον ίδιο πρόγονο
- Τα γονίδια παρέχουν τις πληροφορίες για τη μορφή, τη λειτουργία και την περίπλοκη συμπεριφορά των κυττάρων

Όλα τα σημερινά κύτταρα προφανώς εξελίχθηκαν από τον ίδιο πρόγονο

- Οι μεταβολές στο DNA αποκαλούνται **μεταλλάξεις**
- Οι απλές αρχές της **αλλαγής** και της **επιλογής**, που εφαρμόστηκαν επαναληπτικά σε τεράστιο αριθμό κυτταρικών γενεών αποτελούν τη βάση της **εξέλιξης**.
- **Εξέλιξη**, είναι η διεργασία με τη οποία τα έμβια όντα τροποποιούνται σταδιακά και προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους με όλο και πιο εκλεπτυσμένους τρόπους.
- Το **αρχέγονο κύτταρο** εμφανίστηκε πριν από 3.5–3.8 δισεκατομμύρια χρόνια

Ομοιότητα και ποικιλότητα κυττάρων

- Τα κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα ως προς την εμφάνιση και τη λειτουργία τους
- Όλα τα ζωντανά κύτταρα έχουν παρόμοια βασική χημεία
- Όλα τα σημερινά κύτταρα προφανώς εξελίχθηκαν από τον ίδιο πρόγονο
- Τα γονίδια παρέχουν τις πληροφορίες για τη μορφή, τη λειτουργία και την περίπλοκη συμπεριφορά των κυττάρων

Τα γονίδια παρέχουν τις πληροφορίες για τη μορφή, τη λειτουργία και την περίπλοκη συμπεριφορά των κυττάρων

- Γονιδίωμα είναι το σύνολο των γενετικών πληροφοριών που κωδικοποιείται από το DNA ενός κυττάρου.
- Κύτταρα από διαφορετικούς ιστούς του ίδιου οργανισμού περιέχουν το ίδιο γονιδίωμα.
- Διαφορετικά κύτταρα εκφράζουν διαφορετικά γονίδια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-1 Living systems are incredibly diverse in size, shape, environment, and behavior. It is estimated that there are between **10 million and 100 million different species**. Despite this wide variety of organisms, it remains difficult to define what it means to say something is alive. Which of the following can be described as the smallest living unit?

- (a) DNA
- (b) cell
- (c) organelle
- (d) protein

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-2 Indicate whether the following statements are true or false. If the statement is false, explain why it is false.

- A. A virus is a living organism.
- B. Cells of different types can have different chemical requirements.
- C. A human white blood cell is larger than a *Paramecium* cell.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-3 For each of the following sentences, fill in the blanks with the best word or phrase selected from the list below. Not all words or phrases will be used; each word or phrase should be used only once.

Cells can be very diverse: superficially, they come in various sizes, ranging from bacterial cells such as *Lactobacillus*, which is a few _____ in length, to larger cells such as a frog's egg, which has a diameter of about one _____. Despite the diversity, cells resemble each other to an astonishing degree in their chemistry. For example, the same 20 _____ are used to make proteins. Similarly, the genetic information of all cells is stored in their _____. Although _____ contain the same type of molecules as cells, their inability to reproduce themselves by their own efforts means that they are not considered living matter.

amino acids
DNA
fatty acids
meter

micrometer(s)
millimeter(s)
plants
plasma membranes

viruses
yeast

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-4 The flow of genetic information is controlled by a series of biochemical reactions that result in the production of proteins, each with its own specific order of amino acids. Choose the correct series of biochemical reactions from the options presented here.

- (a) replication, transcription, translation
- (b) replication, translation, transcription
- (c) translation, transcription, replication
- (d) translation, replication, transcription

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-5 Proteins are important architectural and catalytic components within the cell, helping to determine its chemistry, its shape, and its ability to respond to changes in the environment. Remarkably, all of the different proteins in a cell are made from the same 20 _____. By linking them in different sequences, the cell can make protein molecules with different conformations and surface chemistries, and therefore different functions.

- (a) nucleotides
- (b) sugars
- (c) amino acids
- (d) fatty acids

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

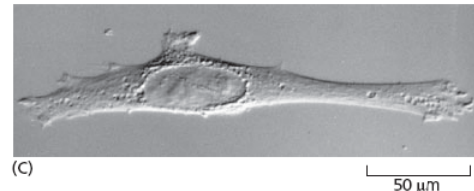
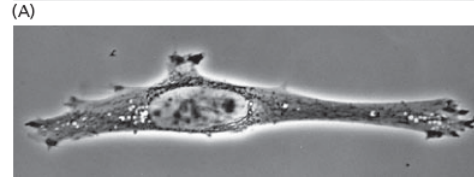
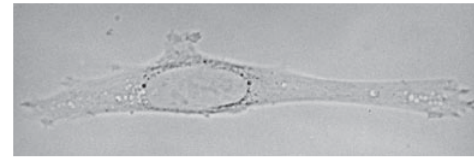
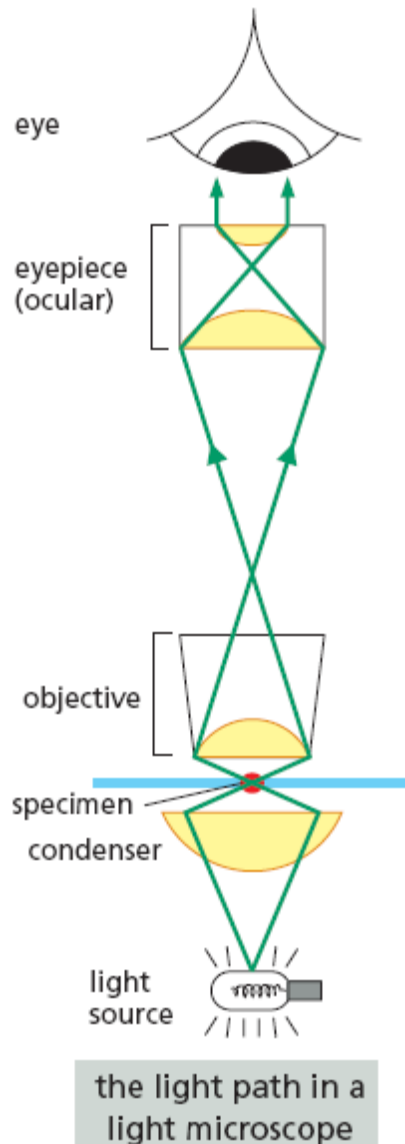
1-6 Changes in DNA sequence from one generation to the next may result in offspring that are altered in fitness compared with their parents. The process of change and selection over the course of many generations is the basis of _____.

- (a) mutation
- (b) evolution
- (c) heredity
- (d) reproduction

Τα κύτταρα κάτω από το μικροσκόπιο

- Η εφεύρεση του οπτικού μικροσκοπίου οδήγησε στην ανακάλυψη των κυττάρων
- Με το μικροσκόπιο μπορούν να γίνουν ορατά κύτταρα, οργανίδια ακόμα και μόρια

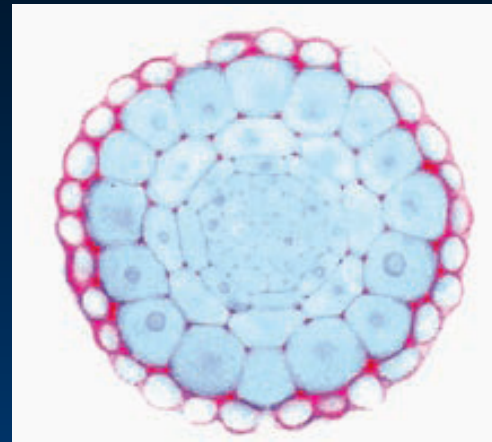
Φωτονικό μικροσκόπιο (οπτικό μικροσκόπιο)



Μικροσκόπιο
φωτεινού πεδίου

Μικροσκόπιο
αντίθεσης φάσεων

Μικροσκόπιο
αντίθεσης φάσεων
συμβολής



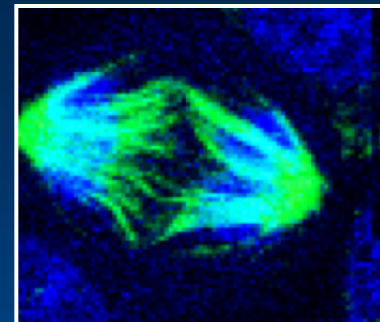
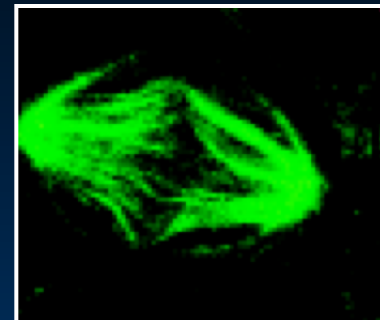
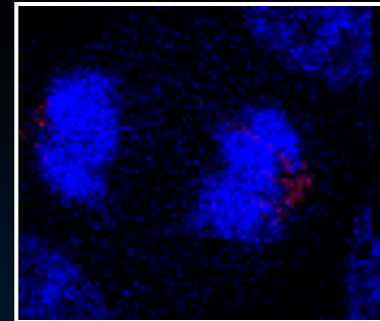
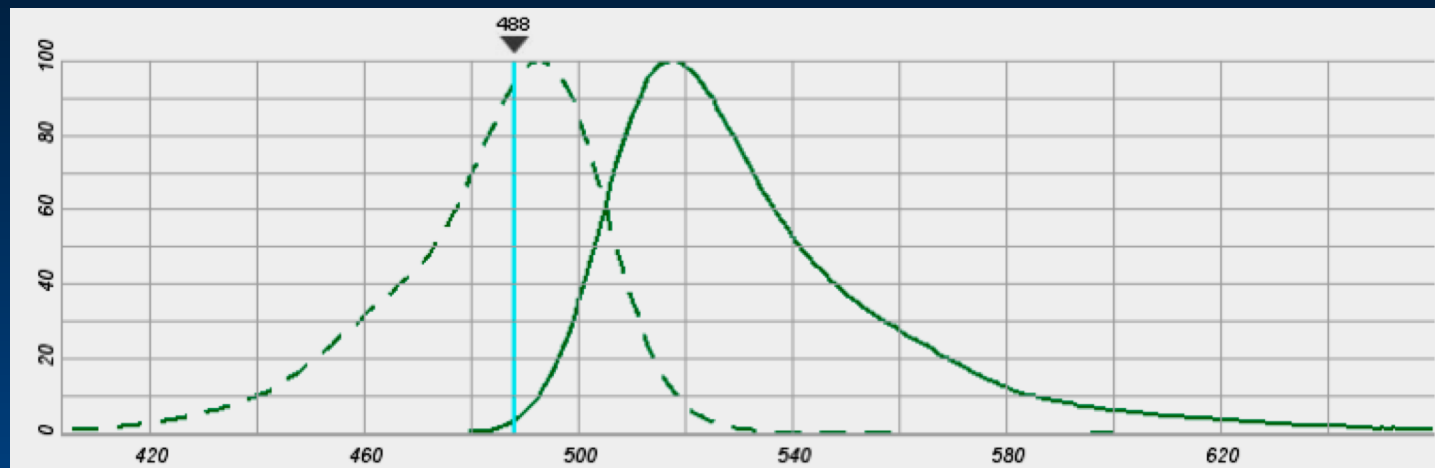
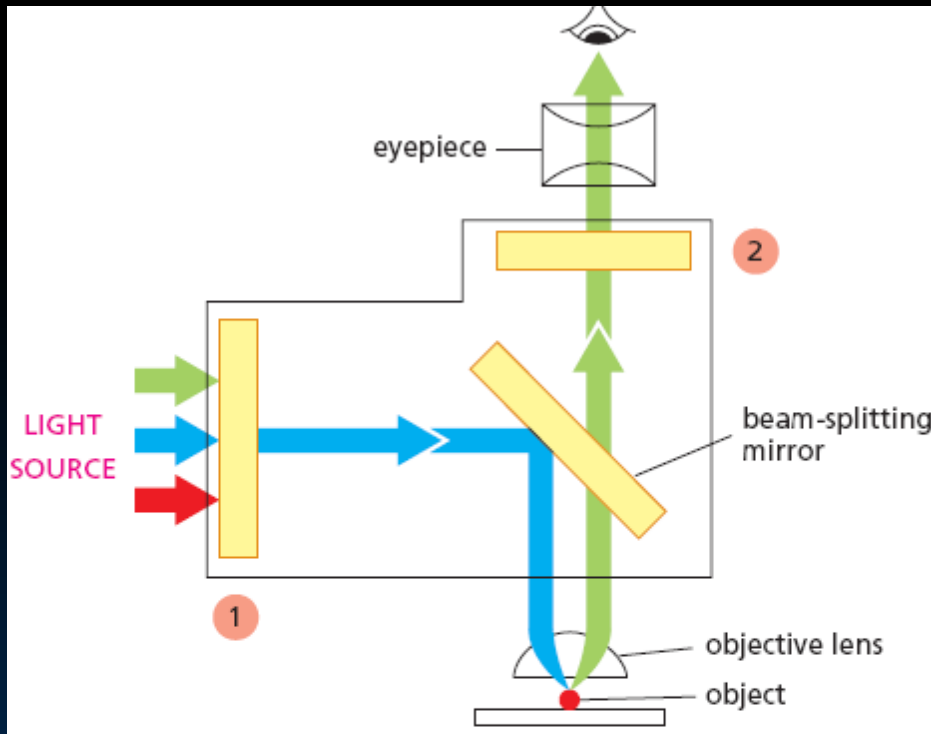
Μονιμοποίηση & διατομή

**X1000 φορές
0.2μm**

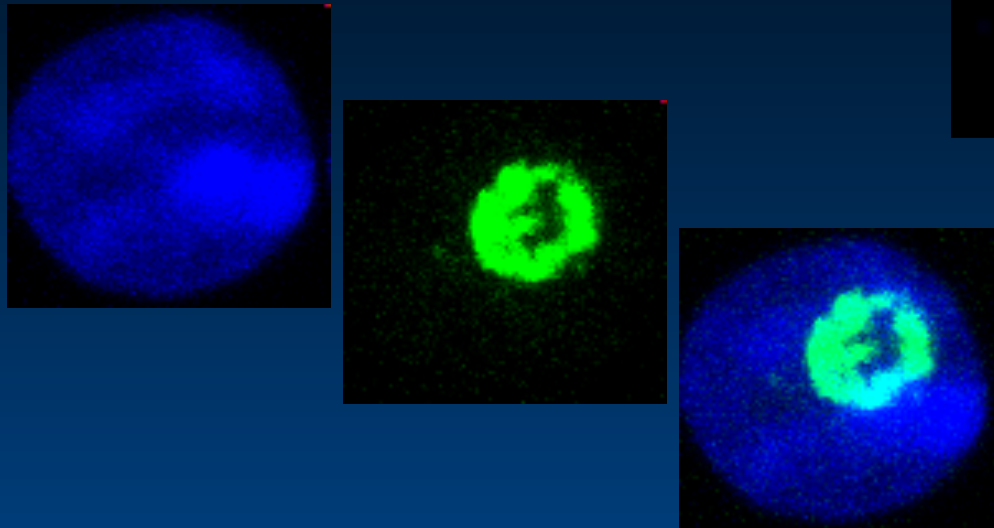
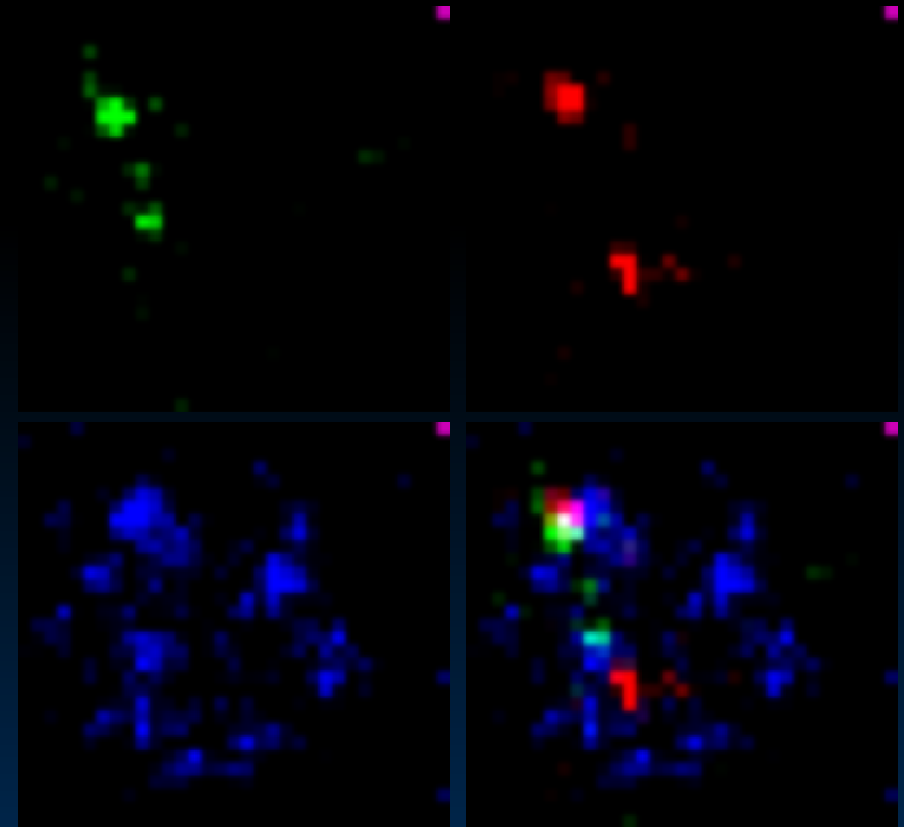
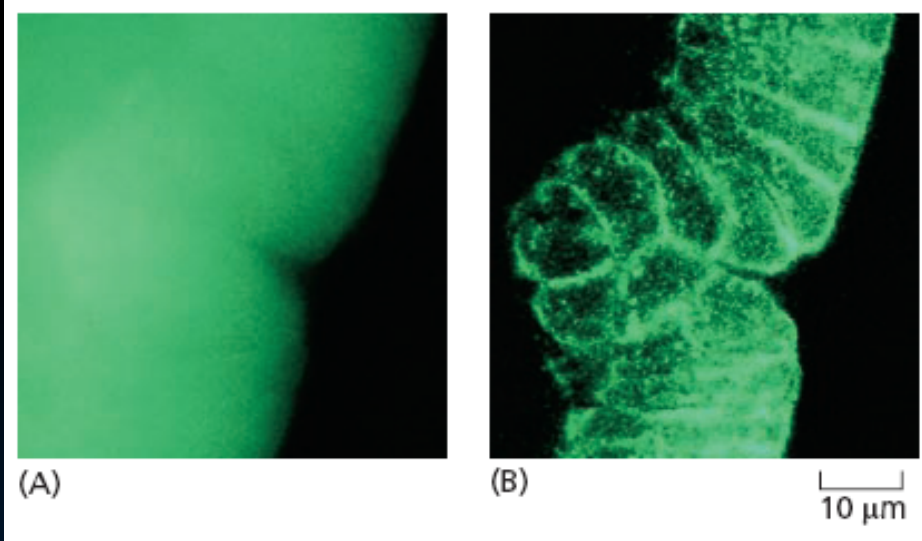
1. Έντονο φως
2. Επεξεργασία
3. Σωστή διάταξη αντικειμενικού και προσοφθάλμιου φακού

Μικροσκόπιο φθορισμού

Δύο είδη φίλτρων

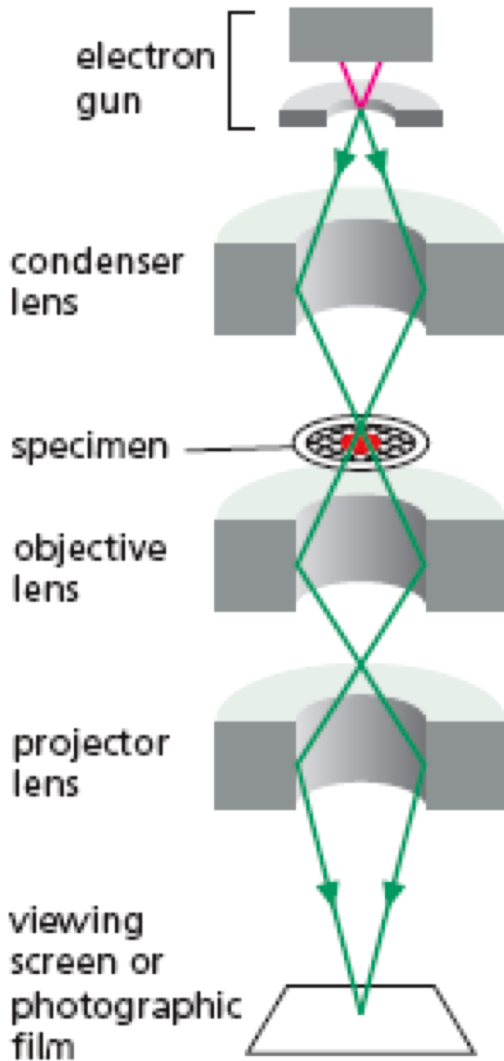


Συνεστιακό μικροσκόπιο (confocal)

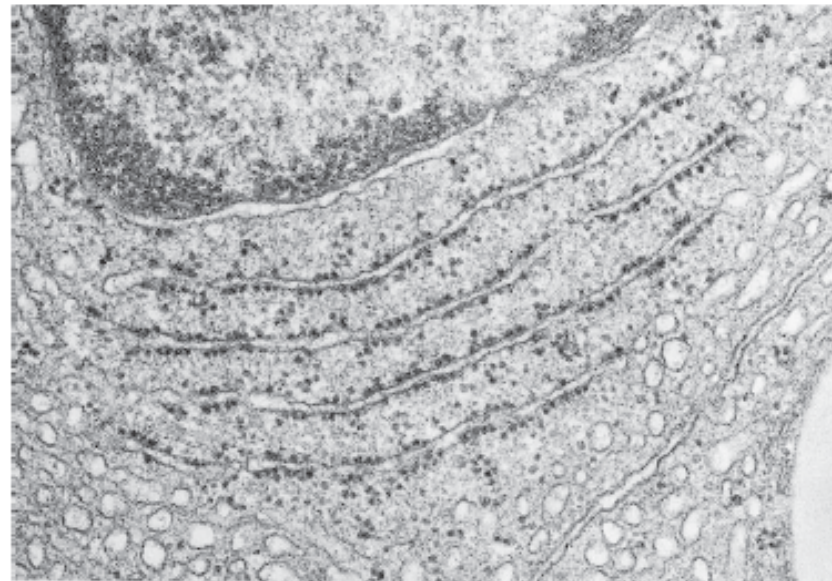


Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (TEM)

TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY

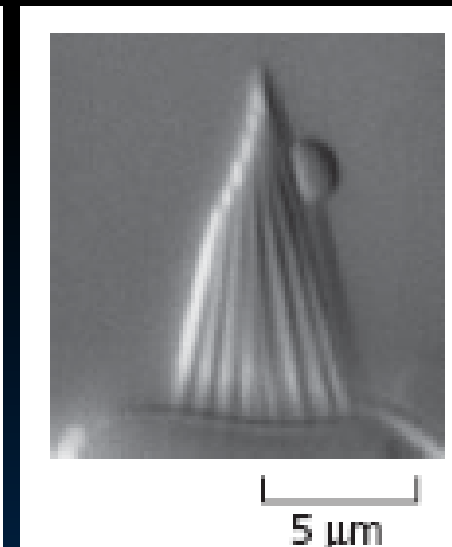
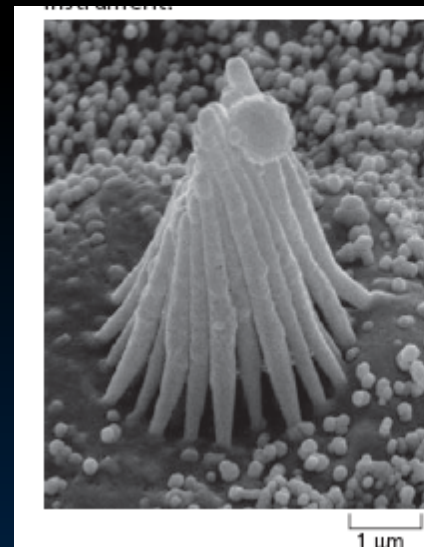
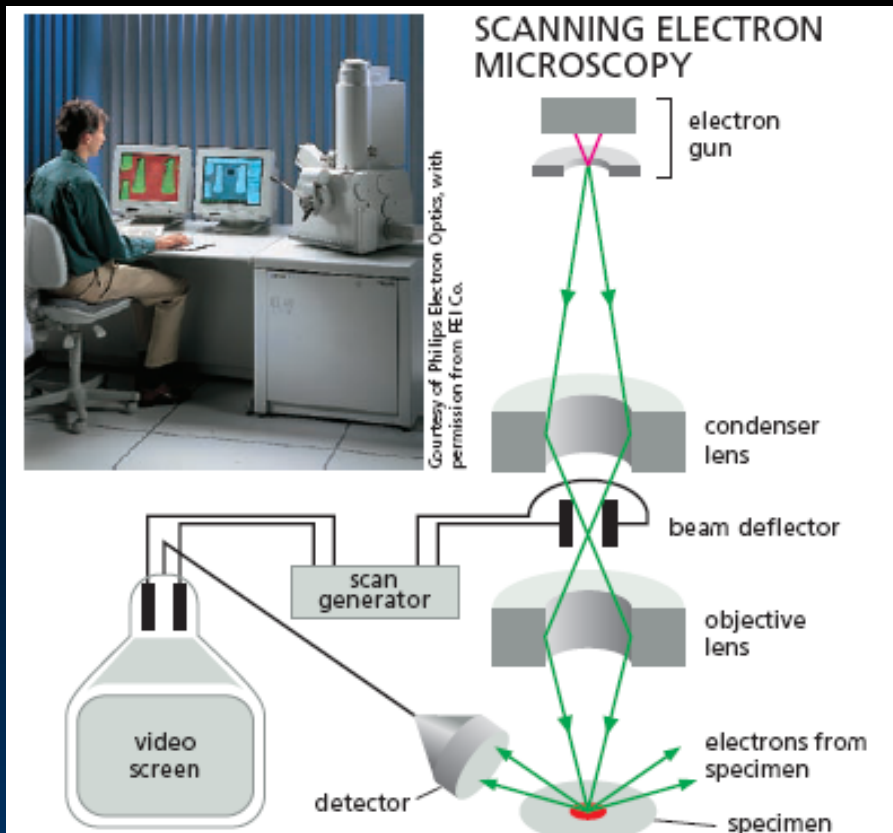


$\times 1.000.000$
2nm



0.5 μm

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)



3-20nm

Τα κύτταρα κάτω από το μικροσκόπιο

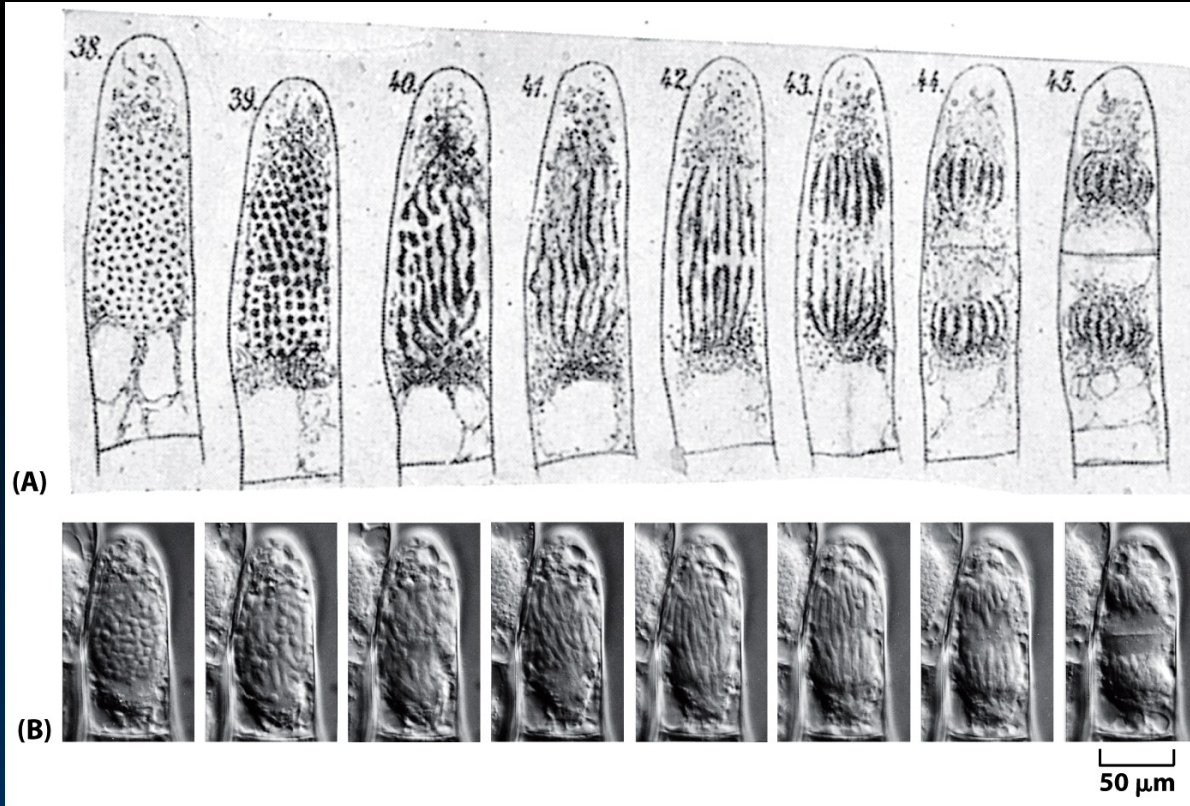
- Η εφεύρεση του οπτικού μικροσκοπίου οδήγησε στην ανακάλυψη των κυττάρων
- Με το μικροσκόπιο μπορούν να γίνουν ορατά κύτταρα, οργανίδια ακόμα και μόρια

Ιστορικά ορόσημα στη μικροσκοπική εξέταση ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.

TABLE 1–1 HISTORICAL LANDMARKS IN DETERMINING CELL STRUCTURE

1665	Hooke uses a primitive microscope to describe small pores in sections of cork that he calls “cells.”
1674	Leeuwenhoek reports his discovery of protozoa . Nine years later, he sees bacteria for the first time.
1833	Brown publishes his microscopic observations of orchids, clearly describing the cell nucleus .
1838	Schleiden and Schwann propose the cell theory , stating that the nucleated cell is the universal building block of plant and animal tissues.
1857	Kölliker describes mitochondria in muscle cells.
1879	Flemming describes with great clarity chromosome behavior during mitosis in animal cells.
1881	Cajal and other histologists develop staining methods that reveal the structure of nerve cells and the organization of neural tissue.
1898	Golgi first sees and describes the Golgi apparatus by staining cells with silver nitrate.
1902	Boveri links chromosomes and heredity by observing chromosome behavior during sexual reproduction.
1952	Palade, Porter, and Sjöstrand develop methods of electron microscopy that enable many intracellular structures to be seen for the first time. In one of the first applications of these techniques, Huxley shows that muscle contains arrays of protein filaments—the first evidence of a cytoskeleton .
1957	Robertson describes the bilayer structure of the cell membrane , seen for the first time in the electron microscope.
1960	Kendrew describes the first detailed protein structure (sperm whale myoglobin) to a resolution of 0.2 nm using X-ray crystallography . Perutz proposes a lower-resolution structure for hemoglobin .
1965	Christian de Duve and his colleagues use a cell fractionation technique to separate peroxisomes, mitochondria, and lysosomes from a preparation of rat liver.
1968	Petran and collaborators make the first confocal microscope .
1974	Lazarides and Weber use fluorescent antibodies to stain the cytoskeleton.
1994	Chalfie and collaborators introduce green fluorescent protein (GFP) as a marker to follow the behavior of proteins in living cells.

Πρώιμες απεικονίσεις κυττάρων



A. Ζωντανό φυτικό κύτταρο (κύτταρο τριχιδίου από άνθος *Tradescantia*), t:2.5 ώρες

B. φωτογραφία από φωτονικό μικροσκόπιο

- **Κυτταρική θεωρία:** όλα τα έμβια κύτταρα σχηματίζονται από τη διαίρεση προϋπαρχόντων κυττάρων και κληρονομούν τα χαρακτηριστικά των μητρικών κυττάρων.
- Οι έμβιοι οργανισμοί δεν προκύπτουν αυθόρμητα αλλά μόνο από υπάρχοντες οργανισμούς

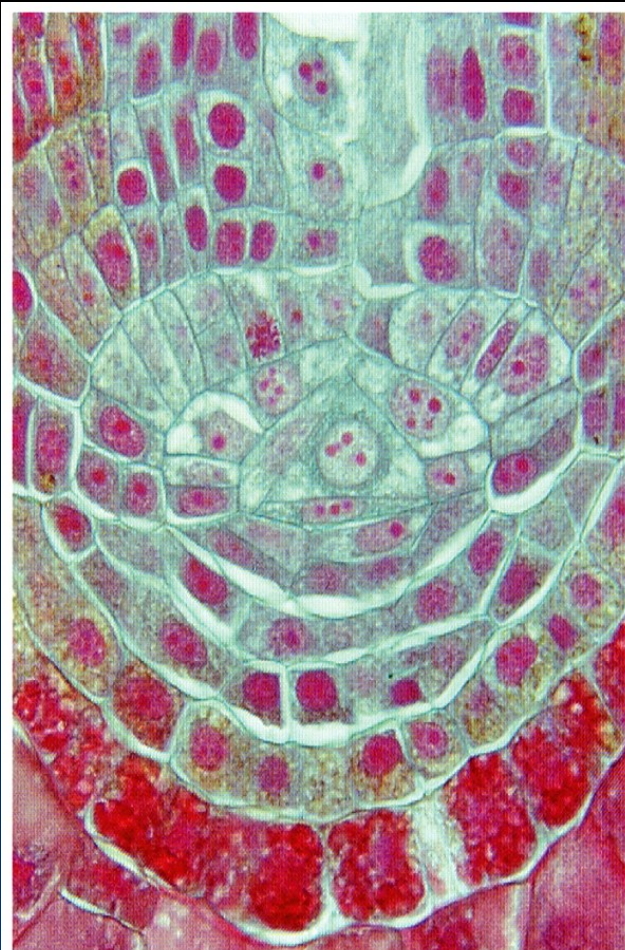
πείραμα Louis Pasteur.....

Τα κύτταρα κάτω από το μικροσκόπιο

- Η εφεύρεση του οπτικού μικροσκοπίου οδήγησε στην ανακάλυψη των κυττάρων
- Με το μικροσκόπιο μπορούν να γίνουν ορατά κύτταρα, οργανίδια ακόμα και μόρια

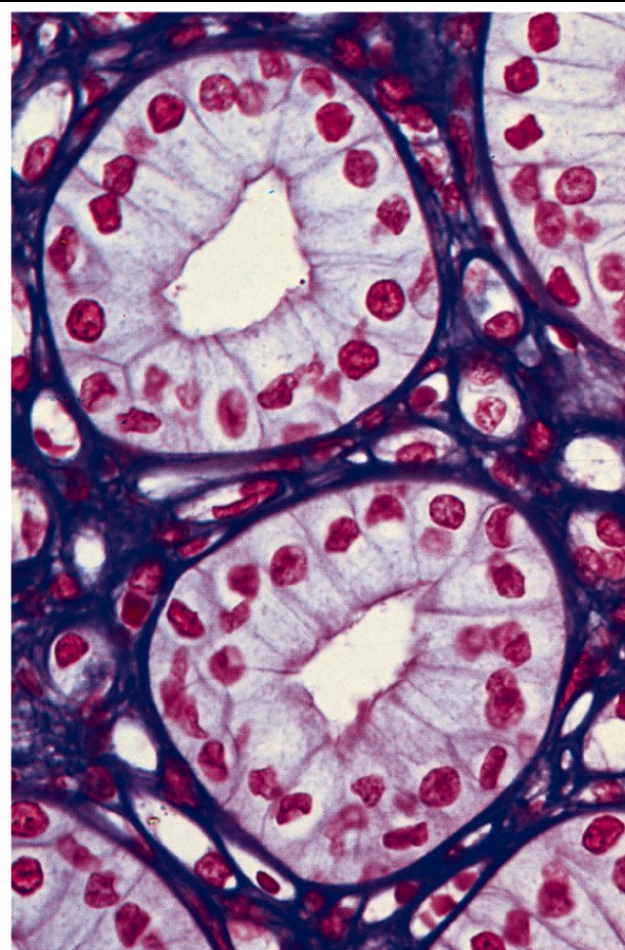
Κύτταρα σε φυτικούς και ζωικούς ιστούς.

- A.** Κύτταρα από το άκρο της ρίζας ενός φυτού. (κυτταρικό τοίχωμα – μπλε)
- B.** Κύτταρα από τα αθροιστικά σωληνάρια του νεφρού. (πυρήνας-κόκκινο, εξωκυττάριο στρώμα-μωβ)



(A)

50 μm



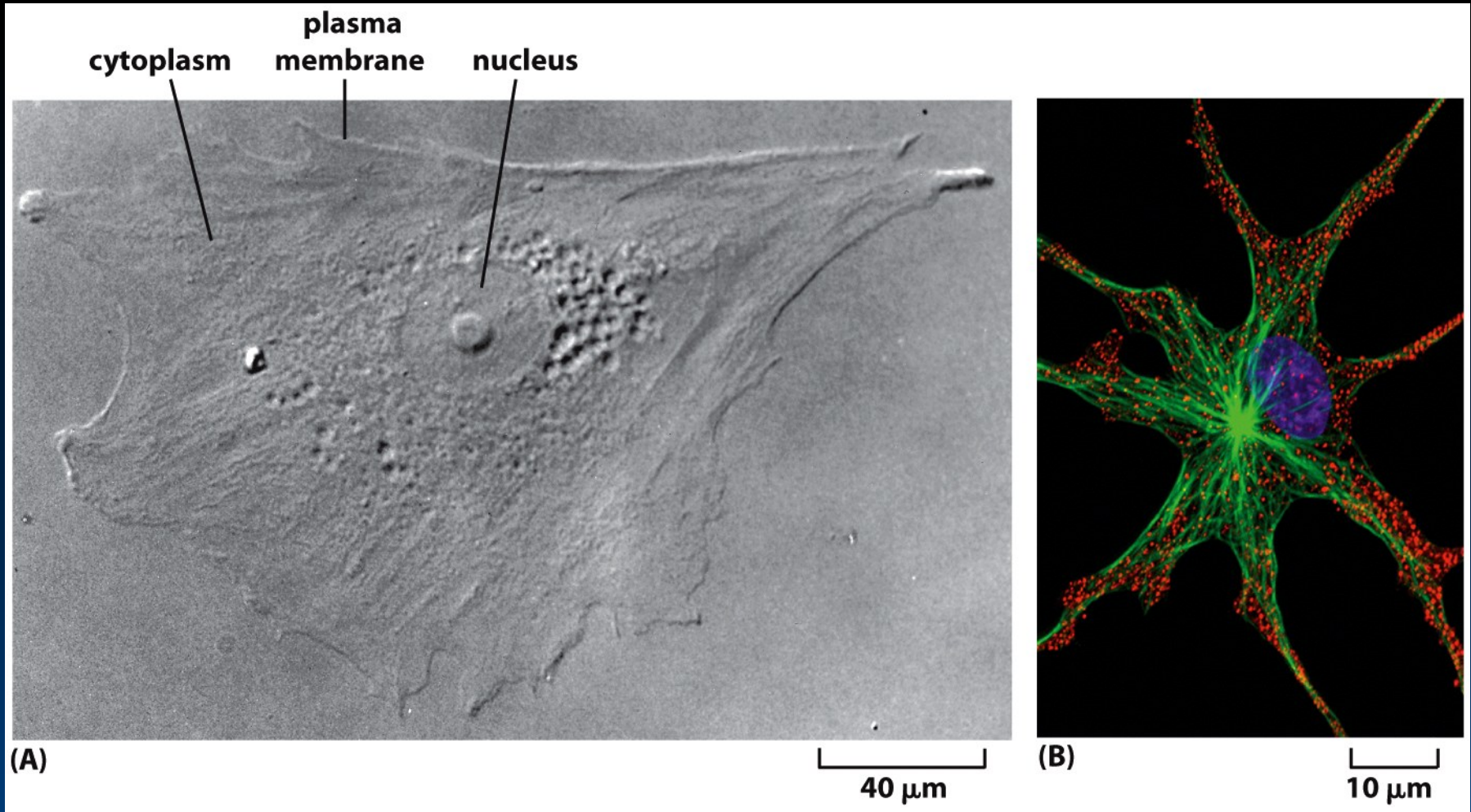
(B)

50 μm

Ένα ζωντανό κύτταρο όπως φαίνεται με το φωτονικό μικροσκόπιο

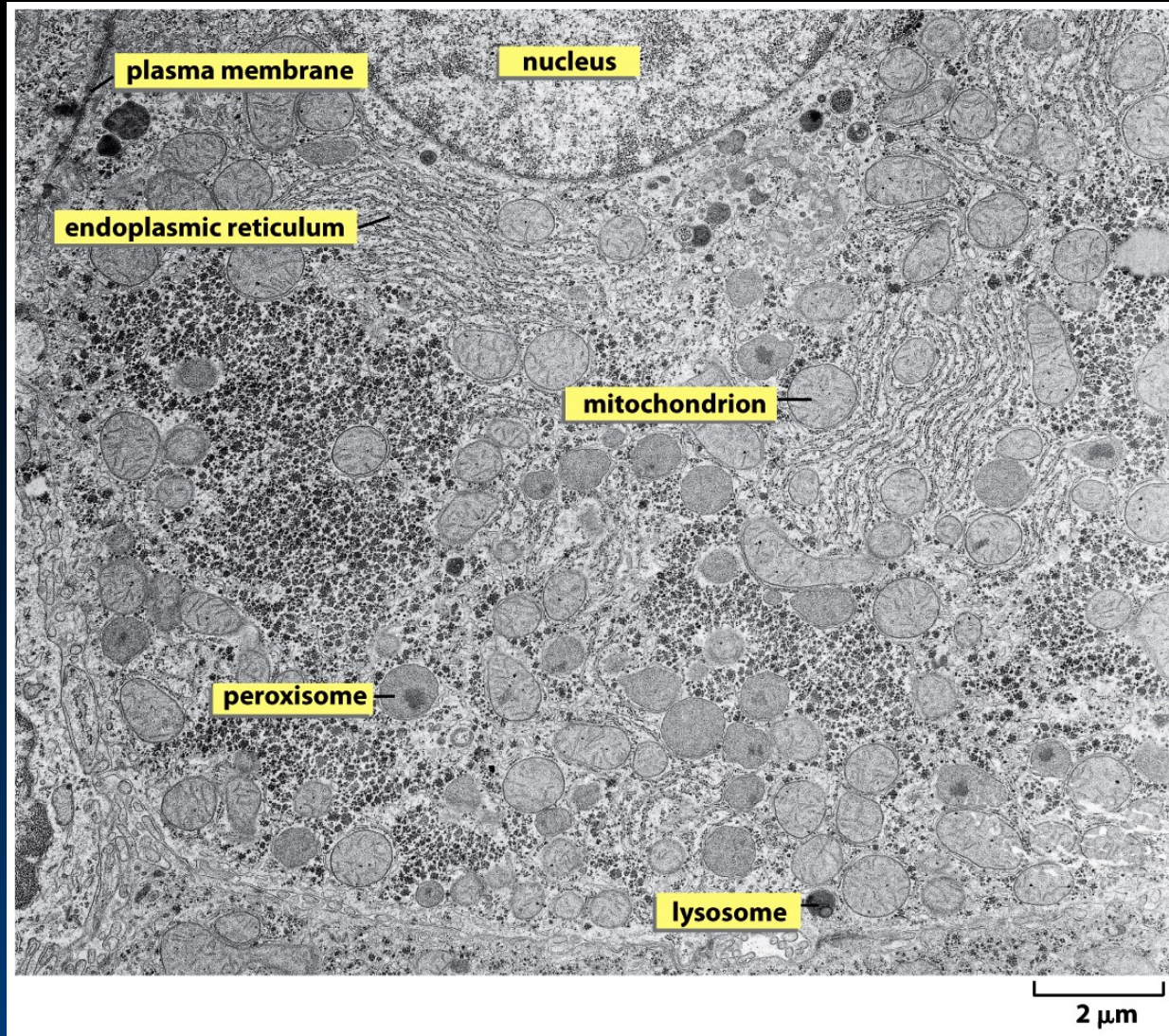
A. Κύτταρο από δέρμα ανθρώπου (φωτονικό μικροσκόπιο).

B. Κύτταρο χρωστικής από βάτραχο (φωτονικό μικροσκόπιο).



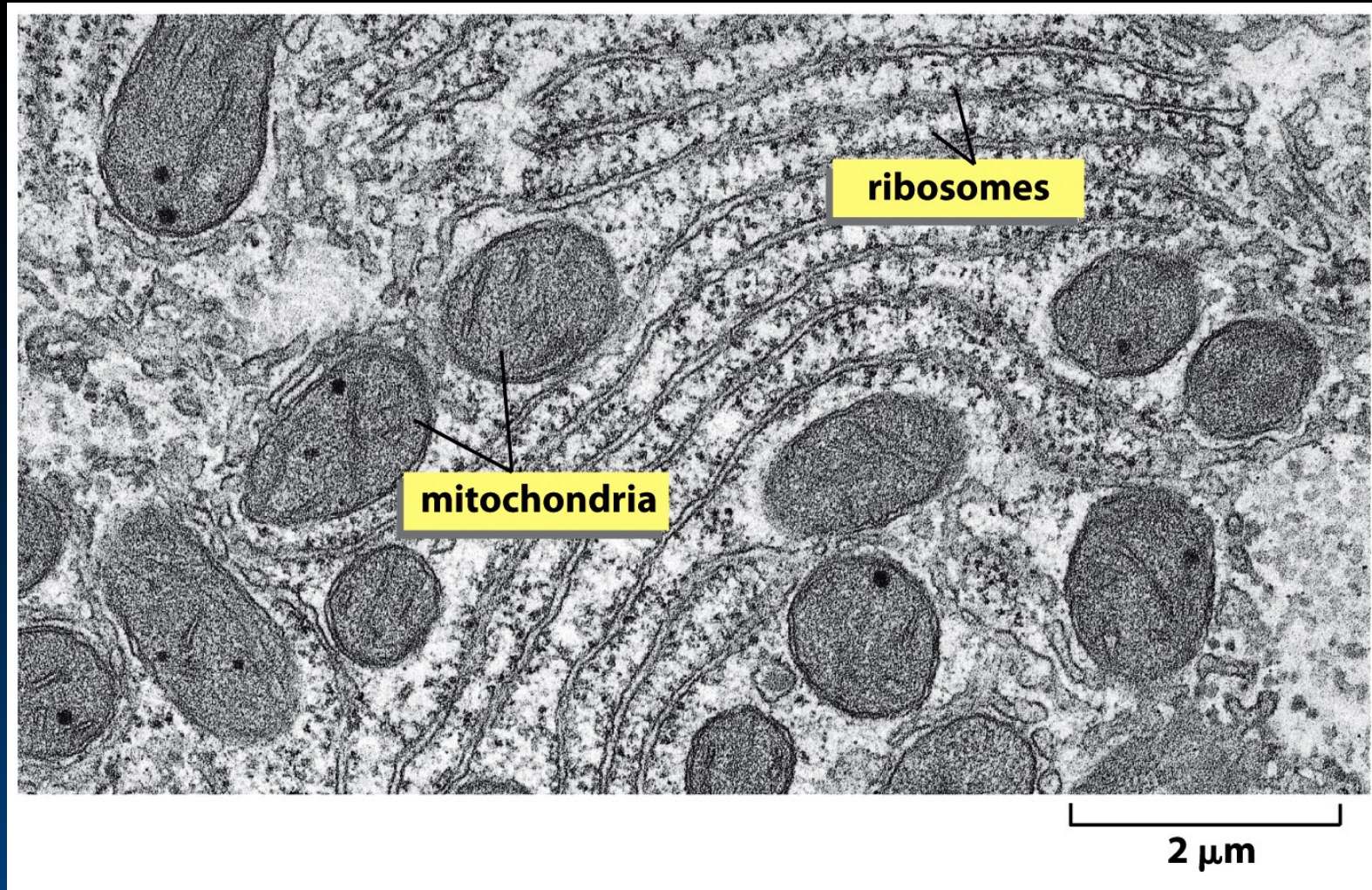
Η λεπτομερής δομή ενός κυττάρου, όπως φαίνεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης.

A. Λεπτή τομή ηπατικού κυττάρου.



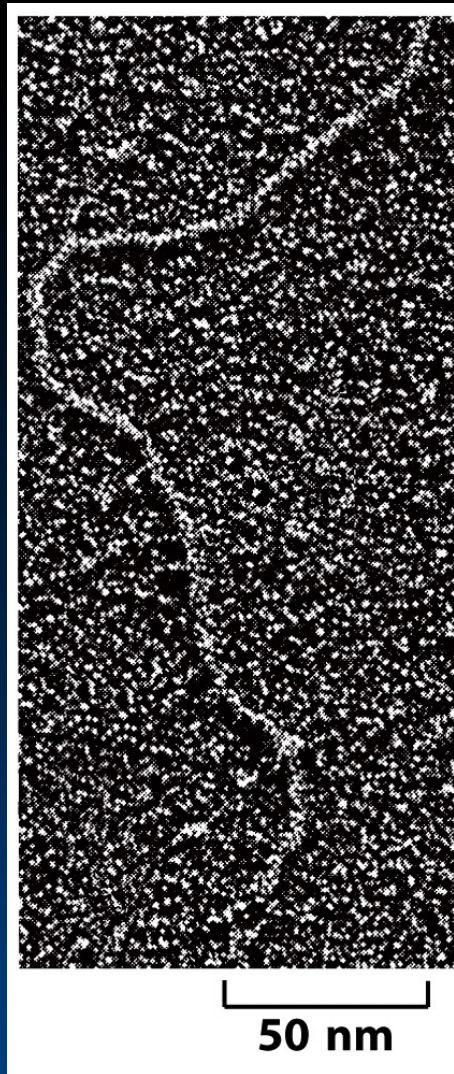
Η λεπτομερής δομή ενός κυττάρου, όπως φαίνεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης.

B. Μικρή περιοχή του κυτταροπλάσματος σε μεγαλύτερη μεγέθυνση. (Κάθε ριβοσωμάτιο αποτελείται περίπου από 80-90 ξεχωριστά μεγάλα μόρια)



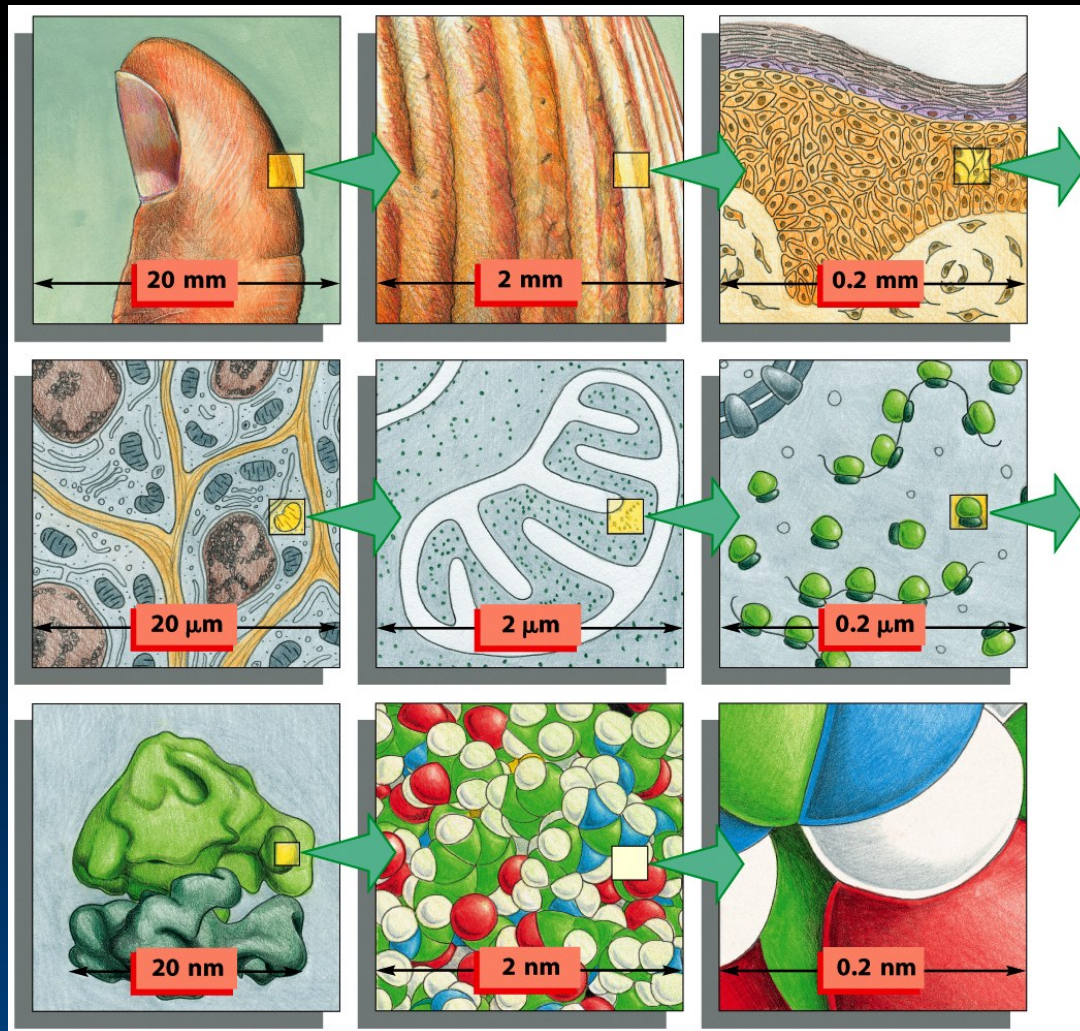
Η λεπτομερής δομή ενός κυττάρου, όπως φαίνεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης.

Γ. Παρασκεύασμα DNA που απομονώθηκε από ένα κύτταρο (ακόμα και μεγάλα μόρια μπορεί να γίνουν ορατά με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο).

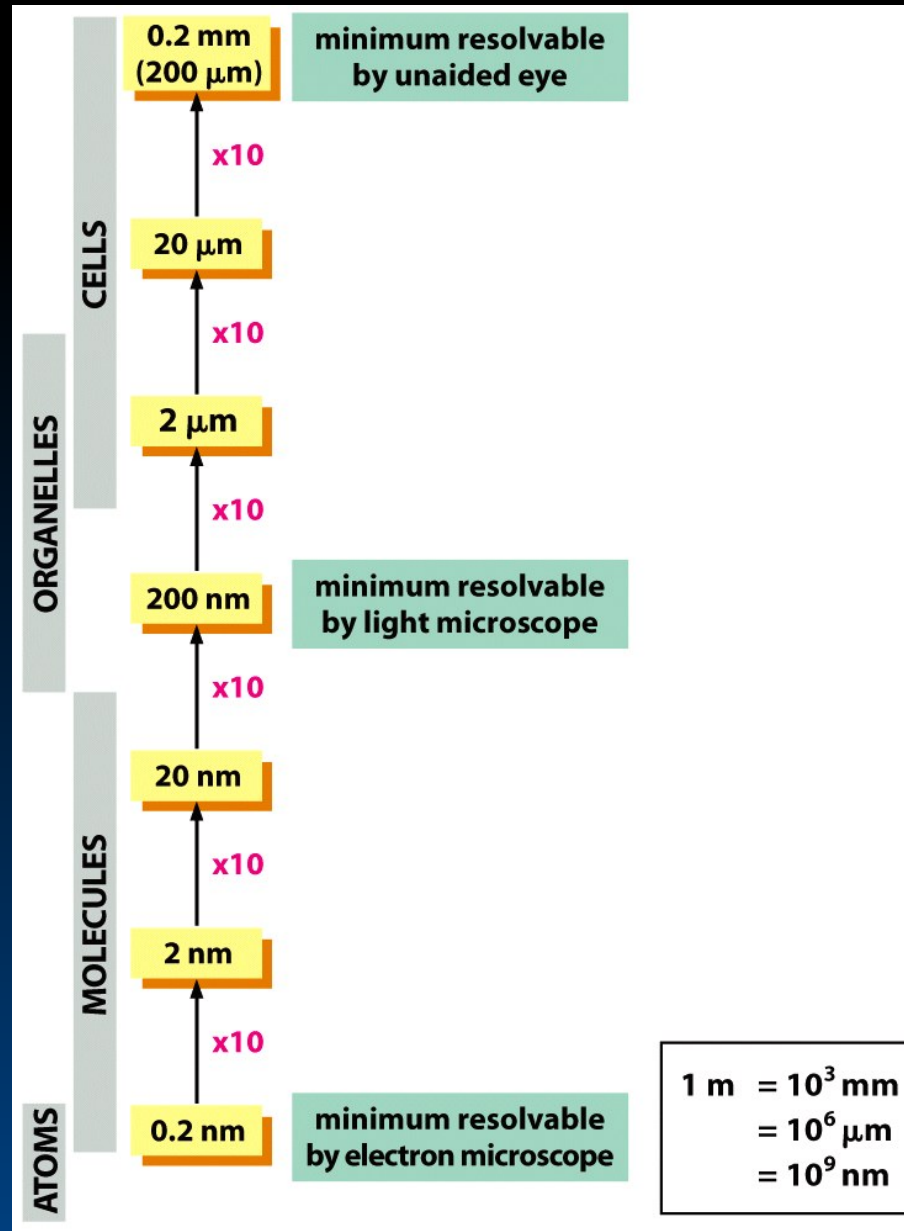


Μια αίσθηση της κλίμακας μεταξύ ζωντανών κυττάρων και ατόμων.

- Μεγέθυνση κατά 10 φορές / εικόνα.
- Αντίχειρας – επιδερμικά κύτταρα – ριβοσωμάτιο – άθροισμα ατόμων



Το μέγεθος των κυττάρων και των συστατικών τους και οι αντίστοιχες μονάδες μέτρησης



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-7 What unit of length would you generally use to measure a typical human cell?

- (a) centimeters
- (b) nanometers
- (c) millimeters
- (d) micrometers

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-9 Cell biologists employ targeted fluorescent dyes or modified fluorescent proteins in both standard fluorescence microscopy and confocal microscopy to observe specific details in the cell. Even though fluorescence permits better visualization, the resolving power is essentially the same as that of a standard light microscope because **the resolving power of a microscope is limited by the _____ of light.**

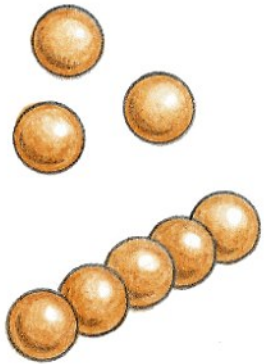
- (a) absorption
- (b) intensity
- (c) filtering
- (d) wavelength

Το προκαρυωτικό κύτταρο

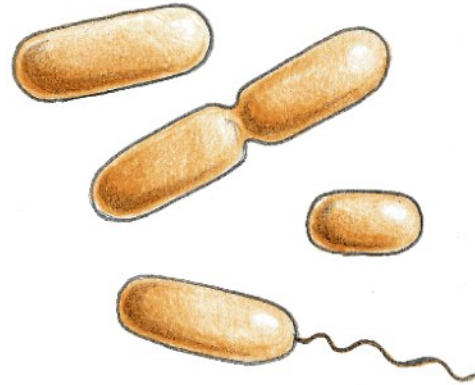
- Οι προκαρυώτες είναι η πιο ετερογενής ομάδα κυττάρων
- Ο κόσμος των προκαρυωτών διαιρείται σε δύο επικράτειες: τα **ευβακτήρια** και τα **αρχαιοβακτήρια**

Μεγέθη και σχήματα βακτηρίων.

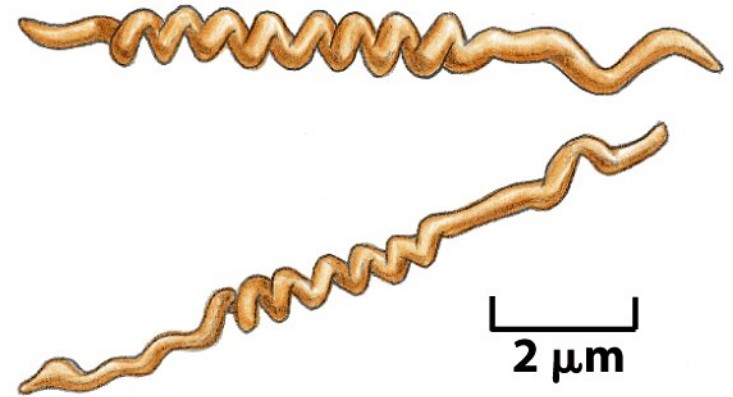
- Τυπικά σφαιρικά, ραβδόσχημα και σπειροειδή βακτήρια (σύφιλη).



spherical cells,
e.g., *Streptococcus*



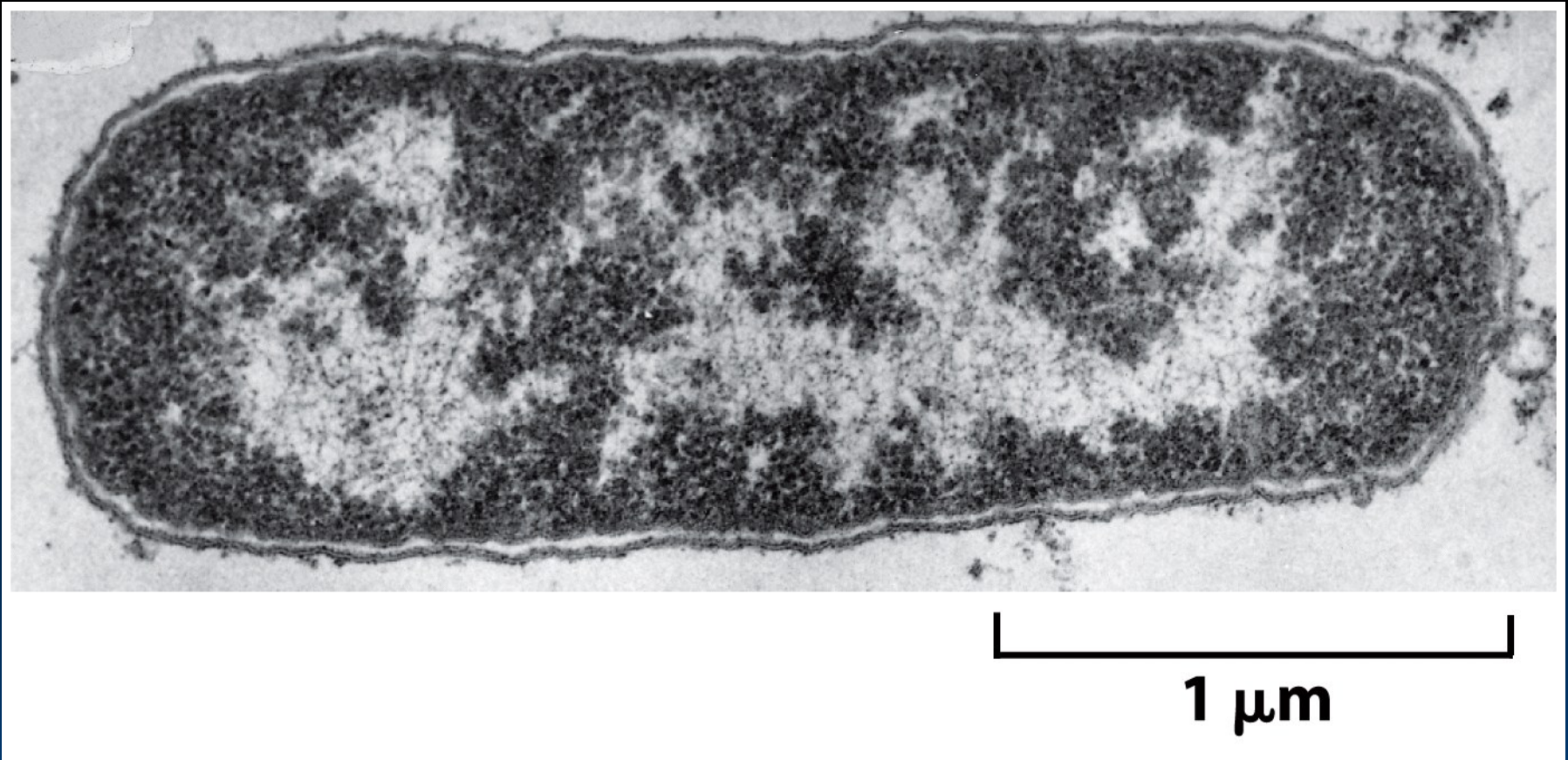
rod-shaped cells,
e.g., *Escherichia coli*,
Salmonella



spiral cells,
e.g., *Treponema pallidum*

Το βακτήριο *Escherichia coli* (*E.coli*) είναι ο καλύτερα μελετημένος και «κατανοητός» ζωντανός οργανισμός.

- Ηλεκτρονική μικρογραφία επιμήκους διατομής. Το DNA είναι στην σκουρόχρωμη περιοχή.



Το προκαρυωτικό κύτταρο

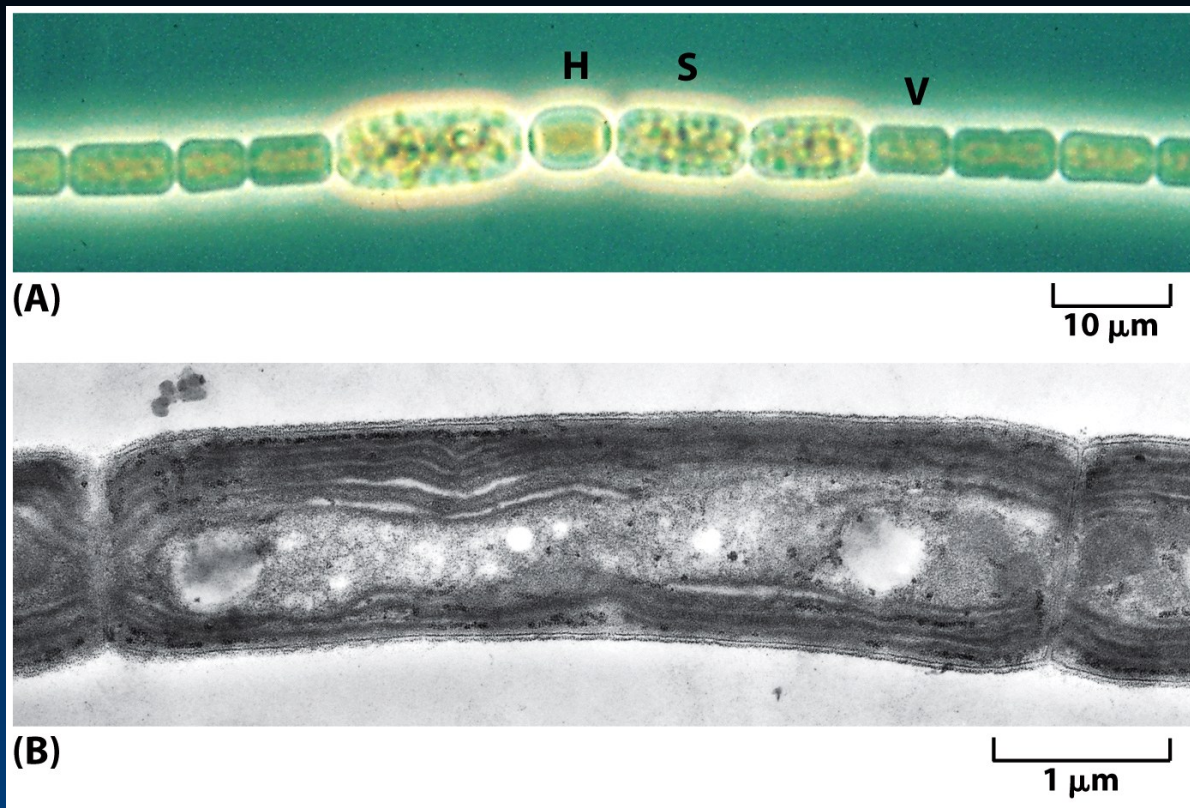
- Οι προκαρυώτες είναι η πιο ετερογενής ομάδα κυττάρων
- Ο κόσμος των προκαρυωτών διαιρείται σε δύο επικράτειες: τα **ευβακτήρια** και τα **αρχαιοβακτήρια**

Οι προκαρυώτες είναι η πιο ετερογενής ομάδα κυττάρων

- **Αερόβια**
- **Αναερόβια**
- **Χρήση ανόργανων ουσιών**
- **Φωτοσυνθετικά βακτήρια**

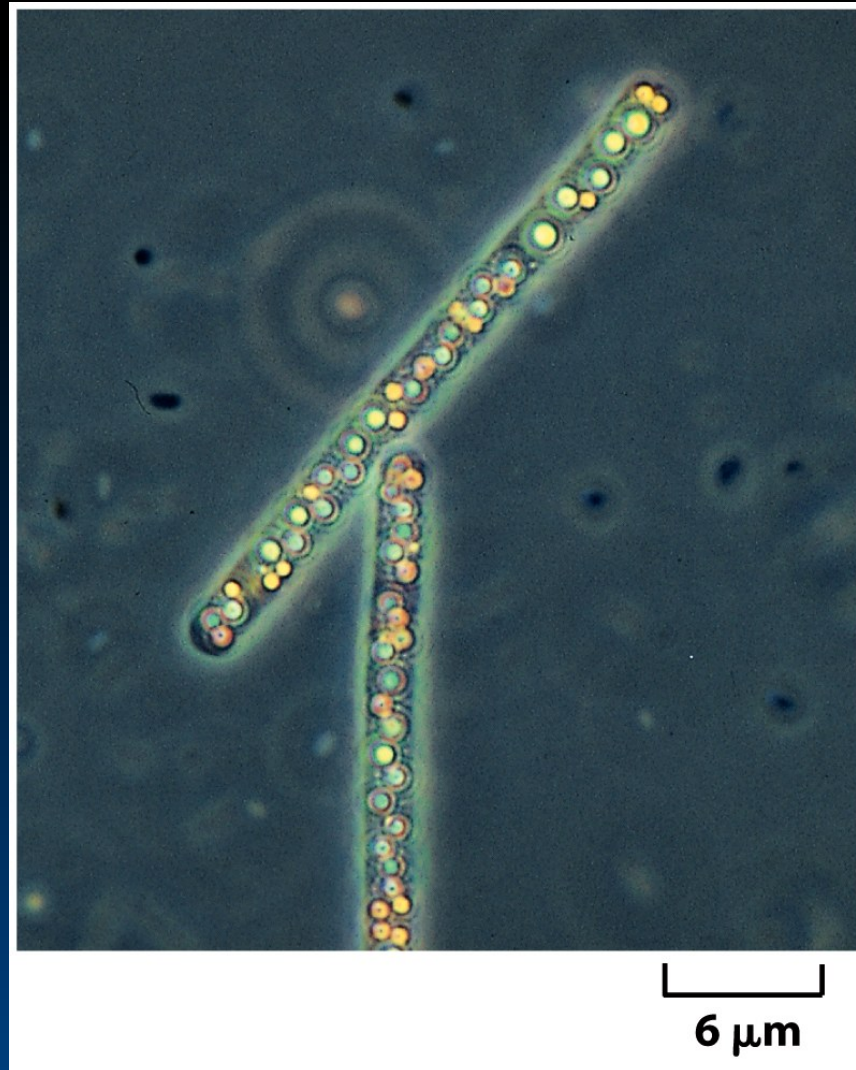
Μερικά βακτήρια είναι φωτοσυνθετικά.

- A.** Η *Anabaena cylindrica*, όπως φαίνεται στο φωτονικό μικροσκόπιο. Επιμήκη πολυκύτταρα νημάτια, στα οποία εξειδικευμένα κύτταρα **(H)** δεσμεύουν **άζωτο**, ενώ άλλα κύτταρα είναι **φωτοσυνθετικά και δεσμεύουν CO₂ (V)** ή καθίστανται **ανθεκτικοί σπόροι (S)**.
- B.** Ηλεκτρονική μικρογραφία του *Phormidium laminosum*, στο οποίο φαίνονται οι ενδοκυττάρειες μεμβράνες του βακτηρίου όπου επιτελείται **φωτοσύνθεση**.



Ένα περιστρεφόμενο θειοβακτήριο.

- Η *Beggiatoa* διαβιεί σε περιβάλλον πλούσιο σε θείο και παράγει ενέργεια οξειδώνοντας H_2S .
- Το βακτήριο αυτό είναι **ικανό να δεσμεύει άνθρακα ακόμα και στο σκοτάδι.**



Το προκαρυωτικό κύτταρο

- Οι προκαρυώτες είναι η πιο ετερογενής ομάδα κυττάρων
- Ο κόσμος των προκαρυωτών διαιρείται σε δύο επικράτειες: τα ευβακτήρια και τα αρχαιοβακτήρια

Ο κόσμος των προκαρυωτών διαιρείται σε δύο επικράτειες: τα ευβακτήρια και τα αρχαιοβακτήρια

- **Ευβακτήρια:** πρόκληση ασθενειών
- **Αρχαιοβακτήρια:** βρίσκονται σε περιβάλλον εχθρικό για τα περισσότερα κύτταρα
 - πολύ αλμυρό νερό,
 - θερμές όξινες ηφαιστειακές πηγές,
 - πυθμένα θάλασσας,
 - εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων,
 - όξινο αναερόβιο περιβάλλον του στομάχου

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-10 By definition, prokaryotic cells do not possess _____.

- (a) a nucleus
- (b) replication machinery
- (c) ribosomes
- (d) membrane bilayers

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-11 Although there are many distinct procaryotic species, most have a small range of shapes, sizes, and growth rates. Which of the following characteristics are *not* observed in procaryotes?

- (a) a highly structured cytoplasm
- (b) endoplasmic reticulum
- (c) the ability to divide rapidly
- (d) a cell wall

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-12 Indicate whether the following statements are true or false. If the statement is false, explain why it is false.

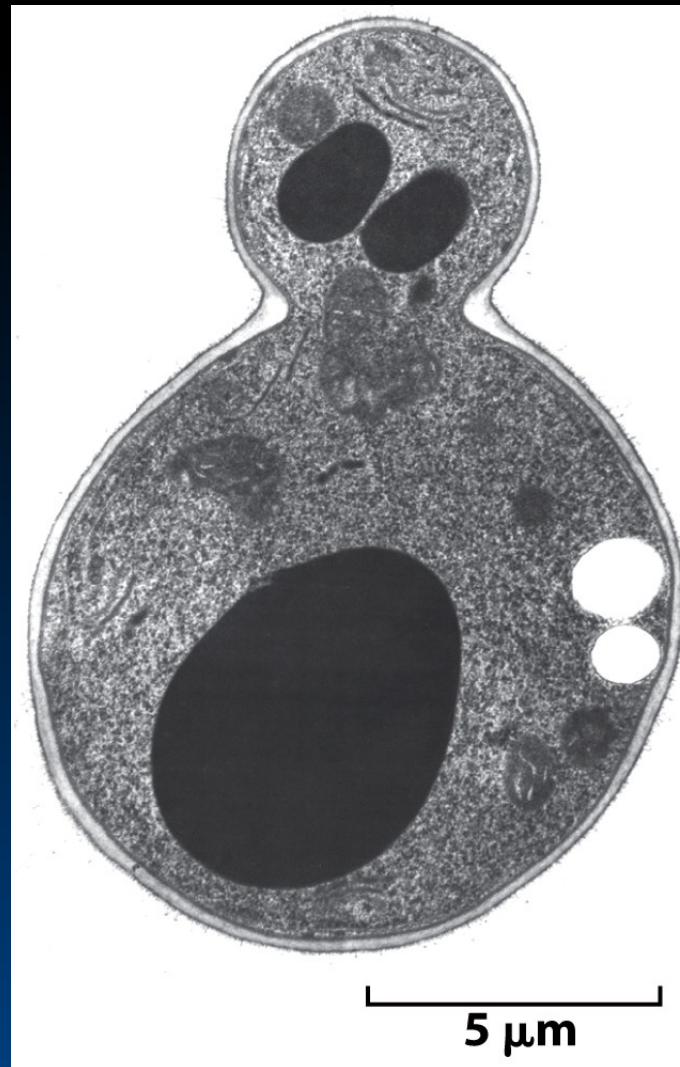
- A. Oxygen is toxic to certain prokaryotic organisms.
- B. Mitochondria are thought to have evolved from anaerobic bacteria.
- C. Although bacteria use a variety of organic substances as food, bacteria are not able to live on inorganic substances.

Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Οι ζυμομύκητες είναι απλοί, αυτόνομοι ευκαρυώτες.

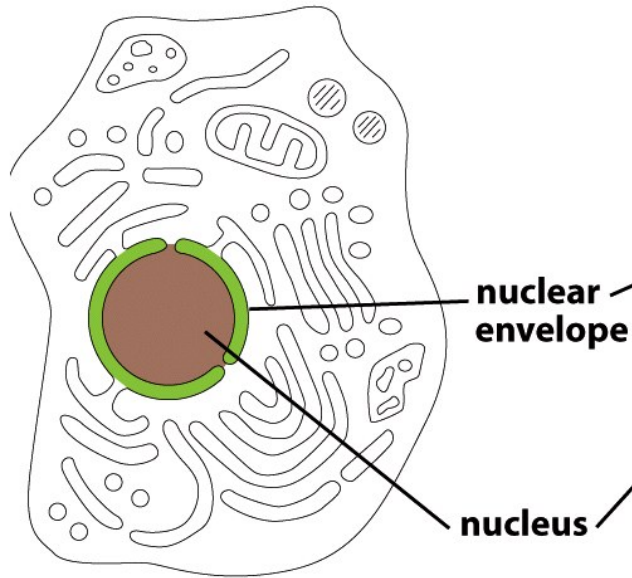
- Μονοκύτταροι οργανισμοί
- Κύτταρα μαγιάς μπύρας.
- Αναπαράγονται σχηματίζοντας μια προεκβολή και διαιρούνται ασύμμετρα.



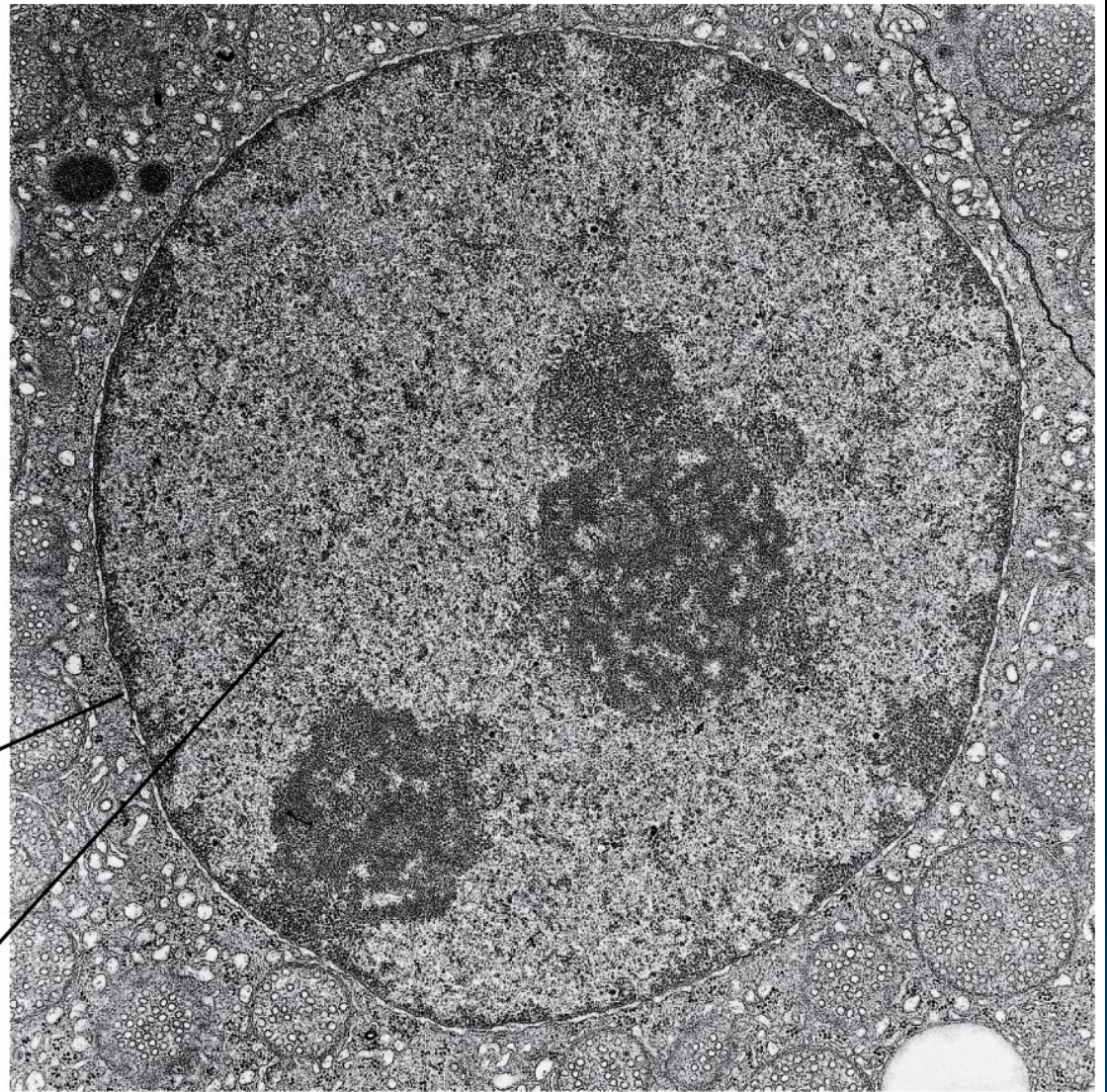
Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Ο πυρήνας περιέχει το μεγαλύτερο μέρος του DNA ενός ευκαρυωτικού κυττάρου.



(A)



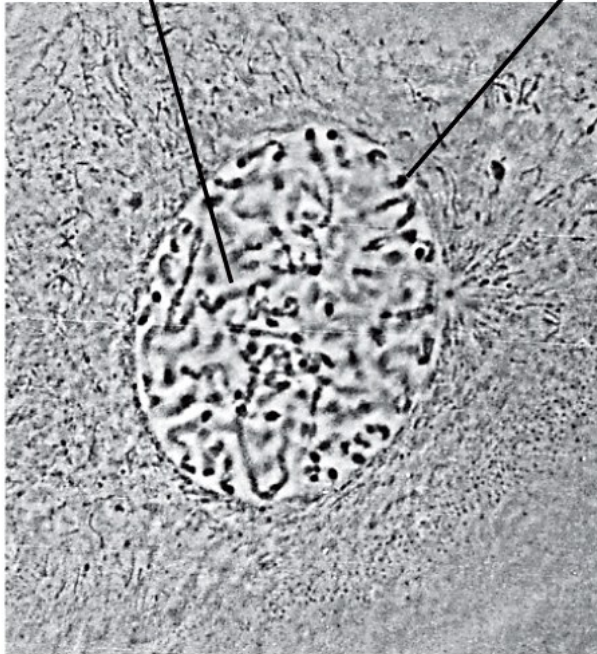
(B)

2 μm

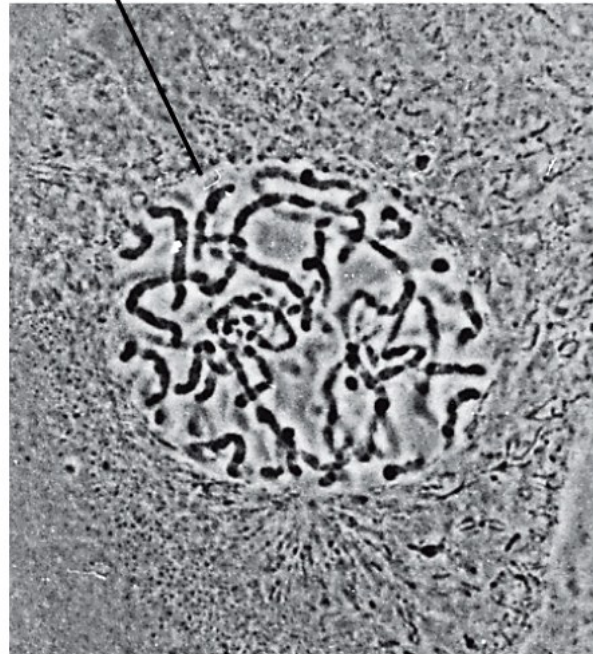
Τα χρωμοσώματα γίνονται ορατά όταν το κύτταρο πρόκειται να διαιρεθεί.

Καθώς ένα κύτταρο προετοιμάζεται να διαιρεθεί, το DNA του συμπυκνώνεται σε νηματοειδή χρωμοσώματα που είναι ορατά με το φωτονικό μικροσκόπιο. (κύτταρα από πνεύμονα σαλαμάνδρας)

nucleus



nuclear envelope



condensed chromosomes



25 μ m

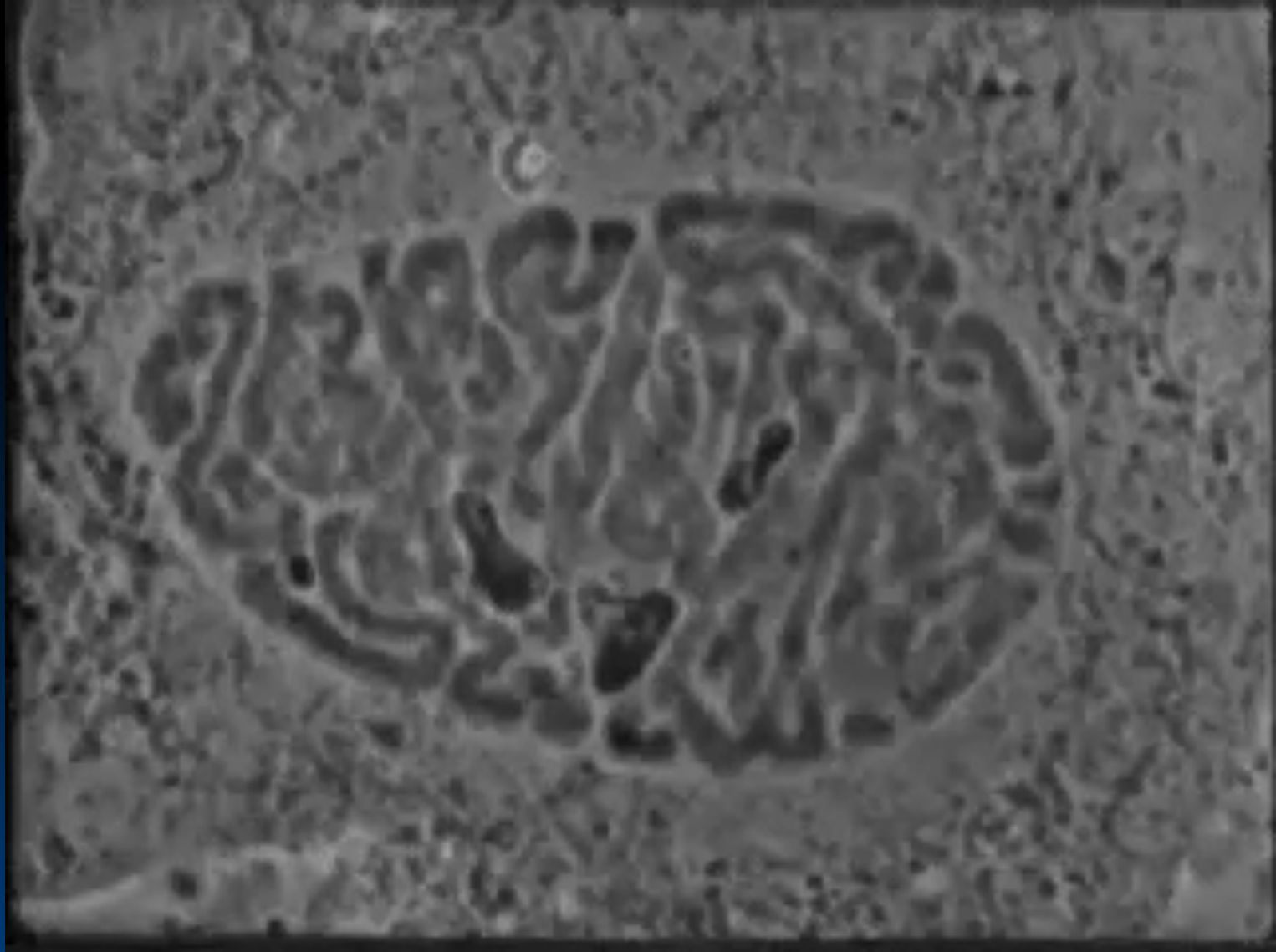
Κυτταρική διαίρεση στα ζώα

Κυτταρική διαίρεση στα ζώα



Κυτταρική διαίρεση στα φυτά

Κυτταρική διαίρεση στα φυτά

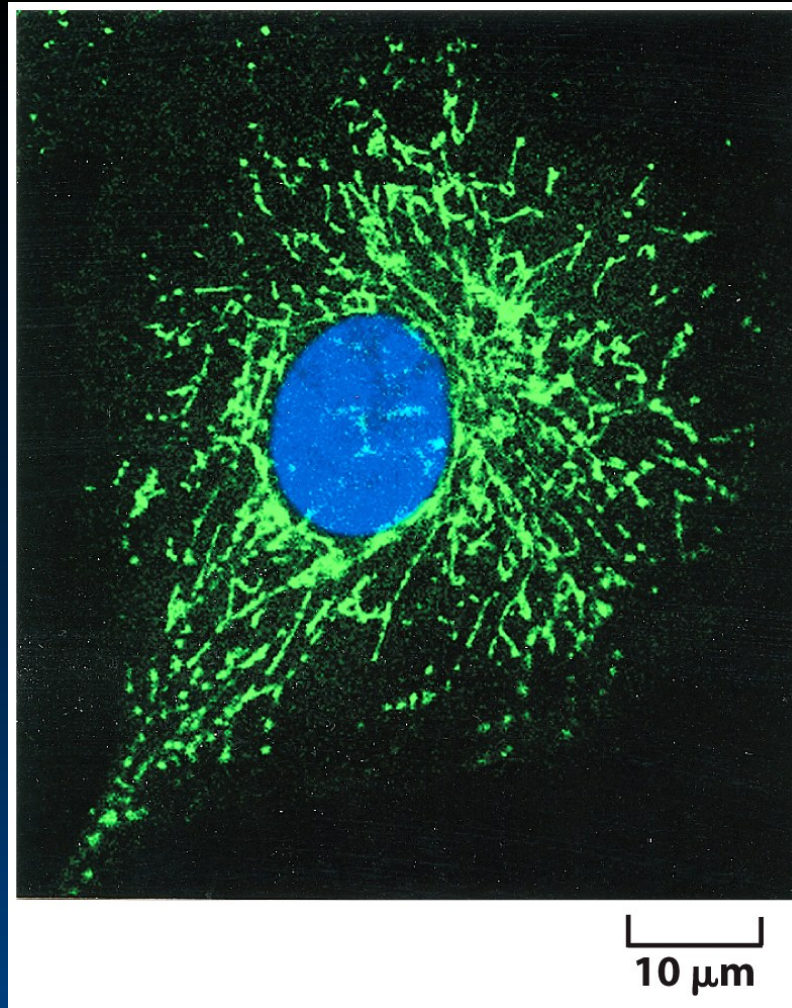


Το ευκαρυωτικό κύτταρο

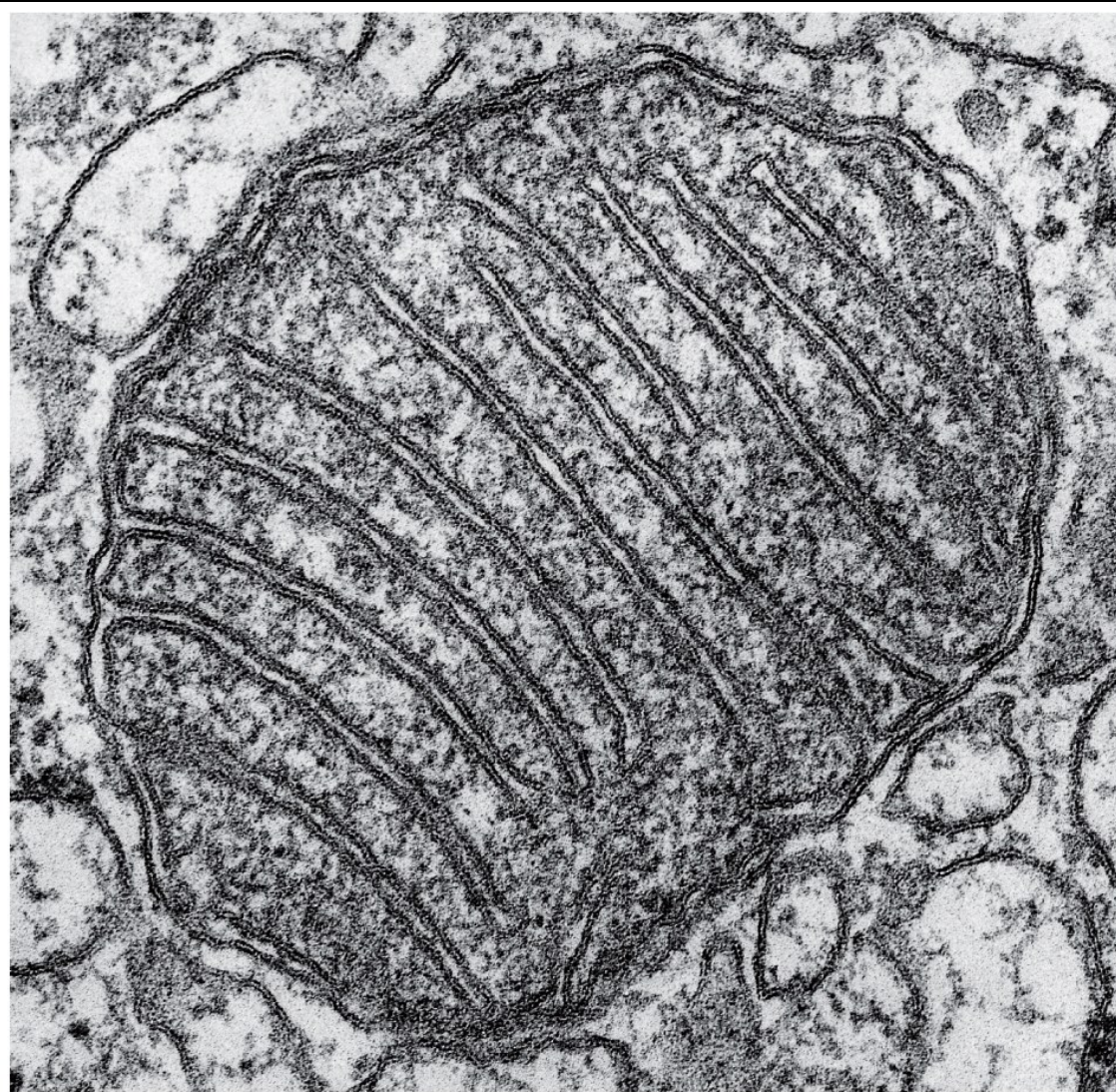
- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Τα μιτοχόνδρια είναι «γεννήτριες» παραγωγής ενέργειας.

- Οξειδώνουν τα μόρια των τροφών (σάκχαρα) για να παράγουν χρήσιμη χημική ενέργεια σε όλα σχεδόν τα ευκαρυωτικά κύτταρα.
- Το σχήμα τους είναι αρκετά μεταβλητό.
(μπλε-πυρήνας, πράσινα-μιτοχόνδρια)

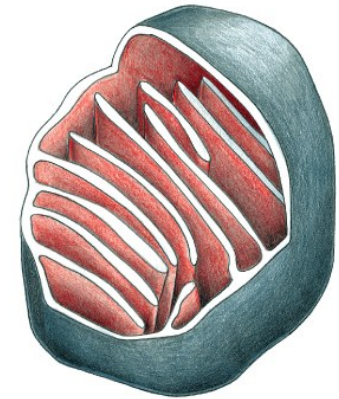


Ένα μιτοχόνδριο όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

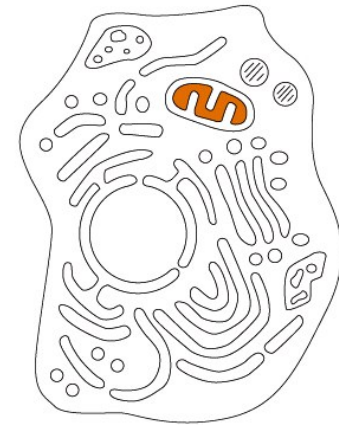


(A)

100 nm



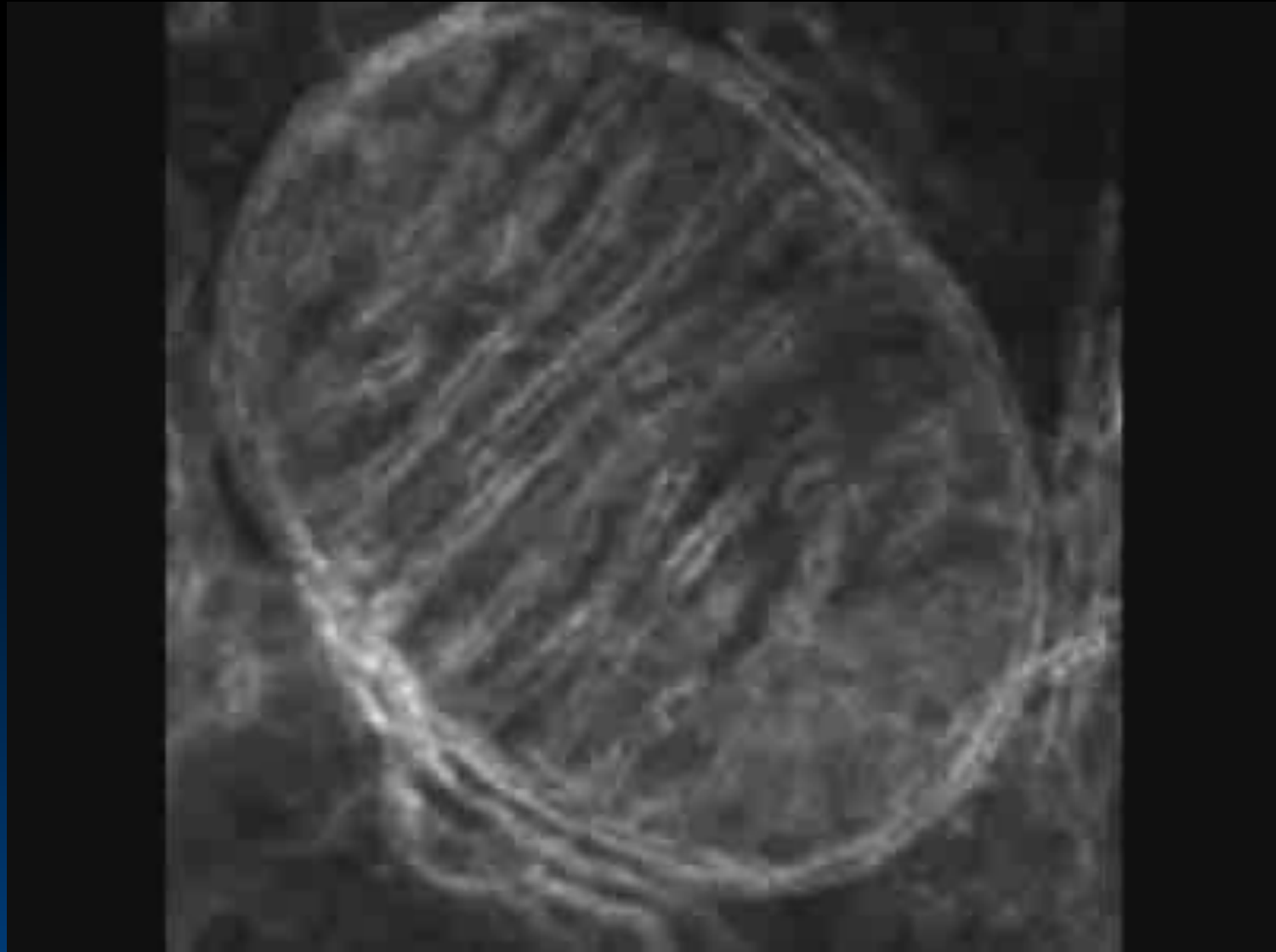
(B)



(C)

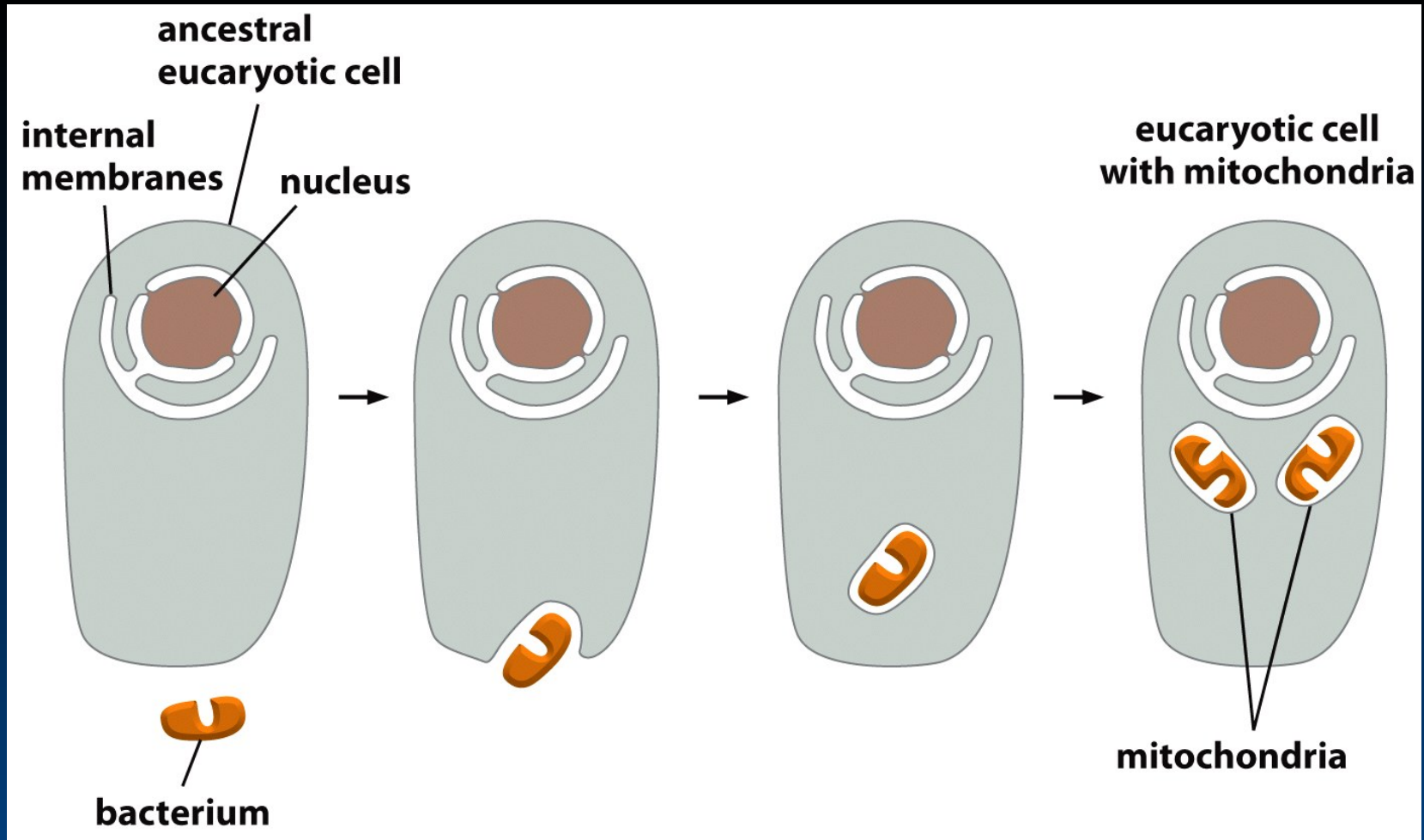
Τομόγραμμα μιτοχονδρίου

Τομόγραμμα μιτοχονδρίου



Τα μιτοχόνδρια πιθανότατα προήλθαν από εγκολπωμένα βακτήρια.

Είναι σχεδόν βέβαιο ότι τα μιτοχόνδρια προήλθαν από βακτήρια τα οποία καταβροχθίστηκαν από ένα αρχέγονο ευκαρυωτικό κύτταρο και επέζησαν στο εσωτερικό του, συμβιώνοντας με τον ξενιστή τους.

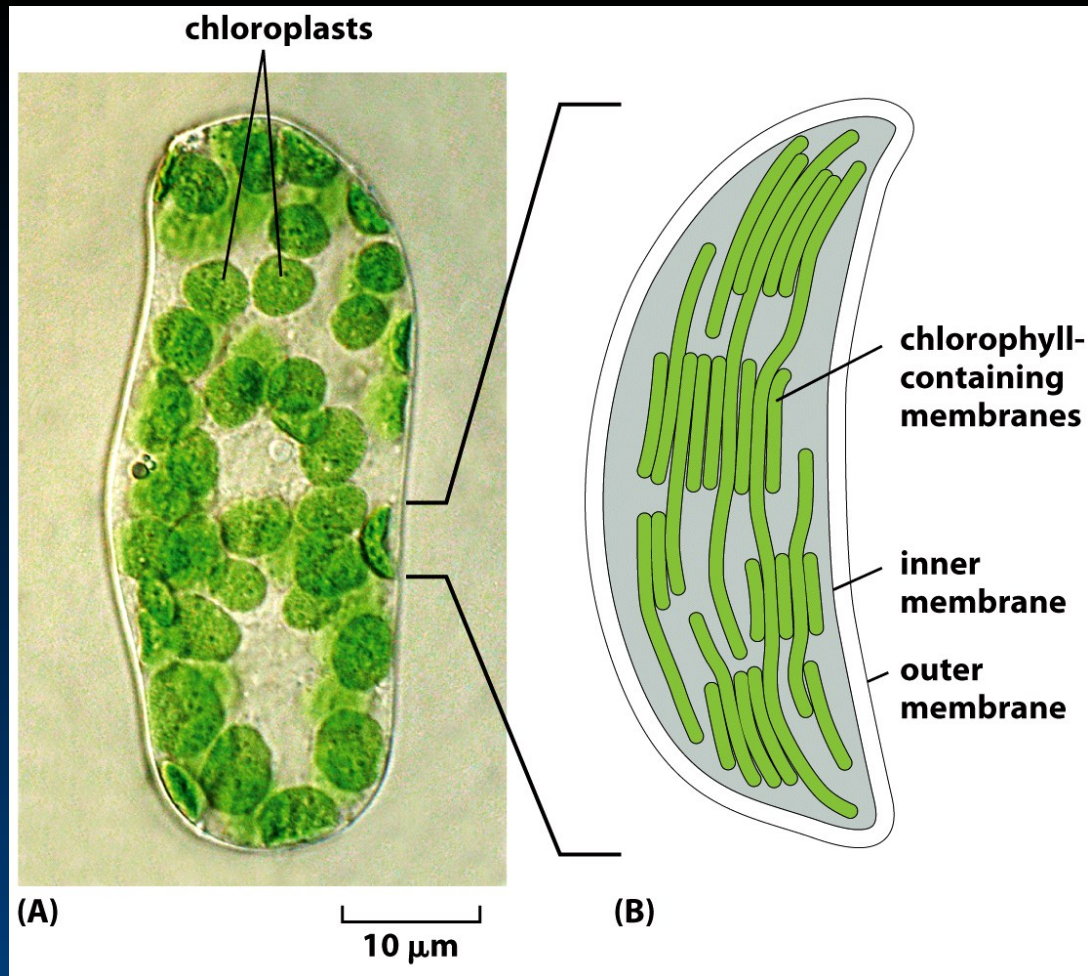


Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Χλωροπλάστες

- Τα οργανίδια αυτά αιχμαλωτίζουν την ενέργεια του ηλιακού φωτός στα φυτικά κύτταρα.
- Οι επιπεδωμένοι μεμβρανικοί σάκοι περιέχουν χλωροφύλλη και διατάσσονται σε στοίβες.



Απορρόφηση φωτός

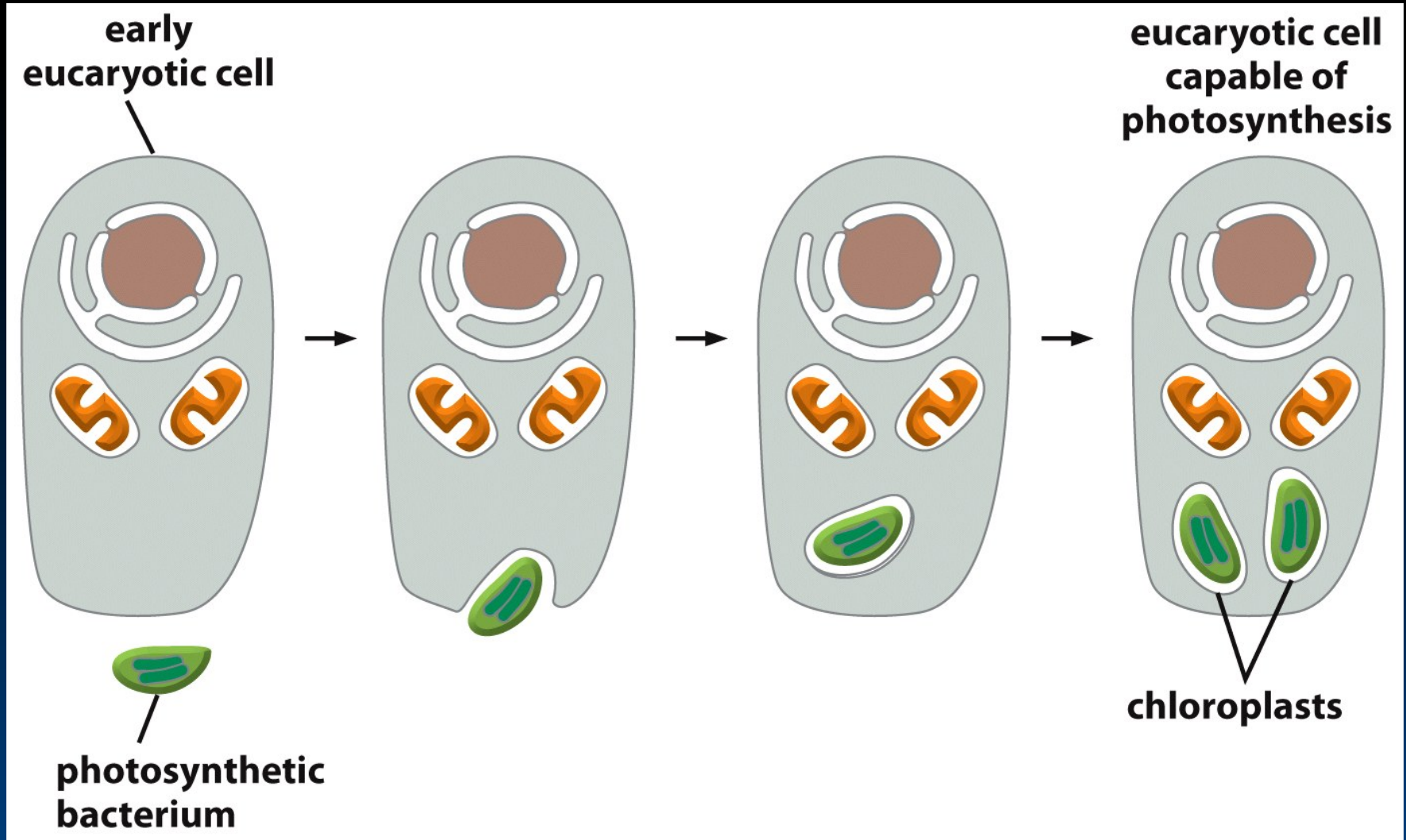
Απορρόφηση φωτός



PLANT CELL

Η προέλευση των χλωροπλαστών.

Θεωρείται ότι προήλθαν από συμβιωτικά φωτοσυνθετικά βακτήρια, τα οποία προσλήφθηκαν από πρώιμα ευκαρυωτικά κύτταρα που ήδη περιείχαν μιτοχόνδρια.

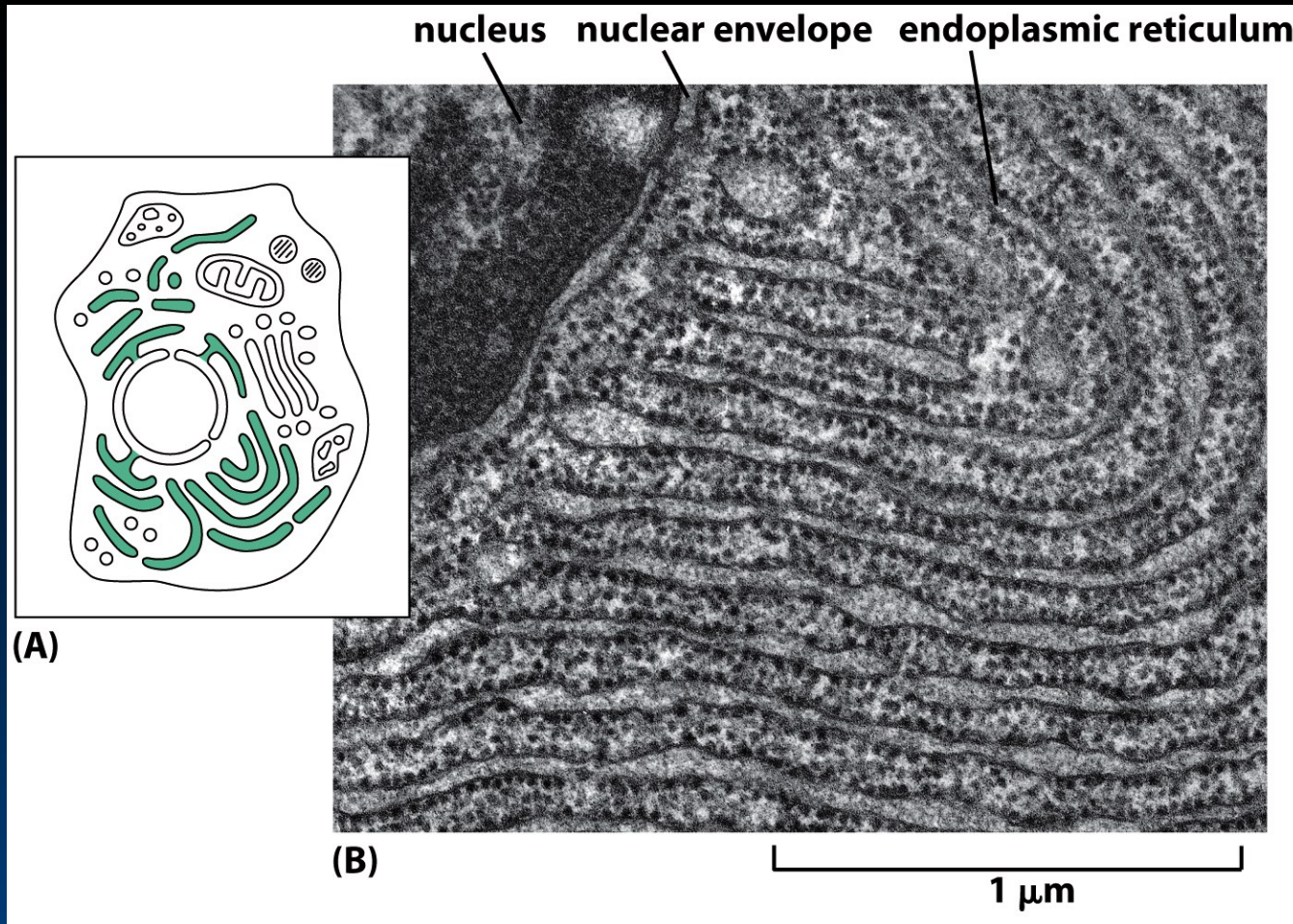


Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

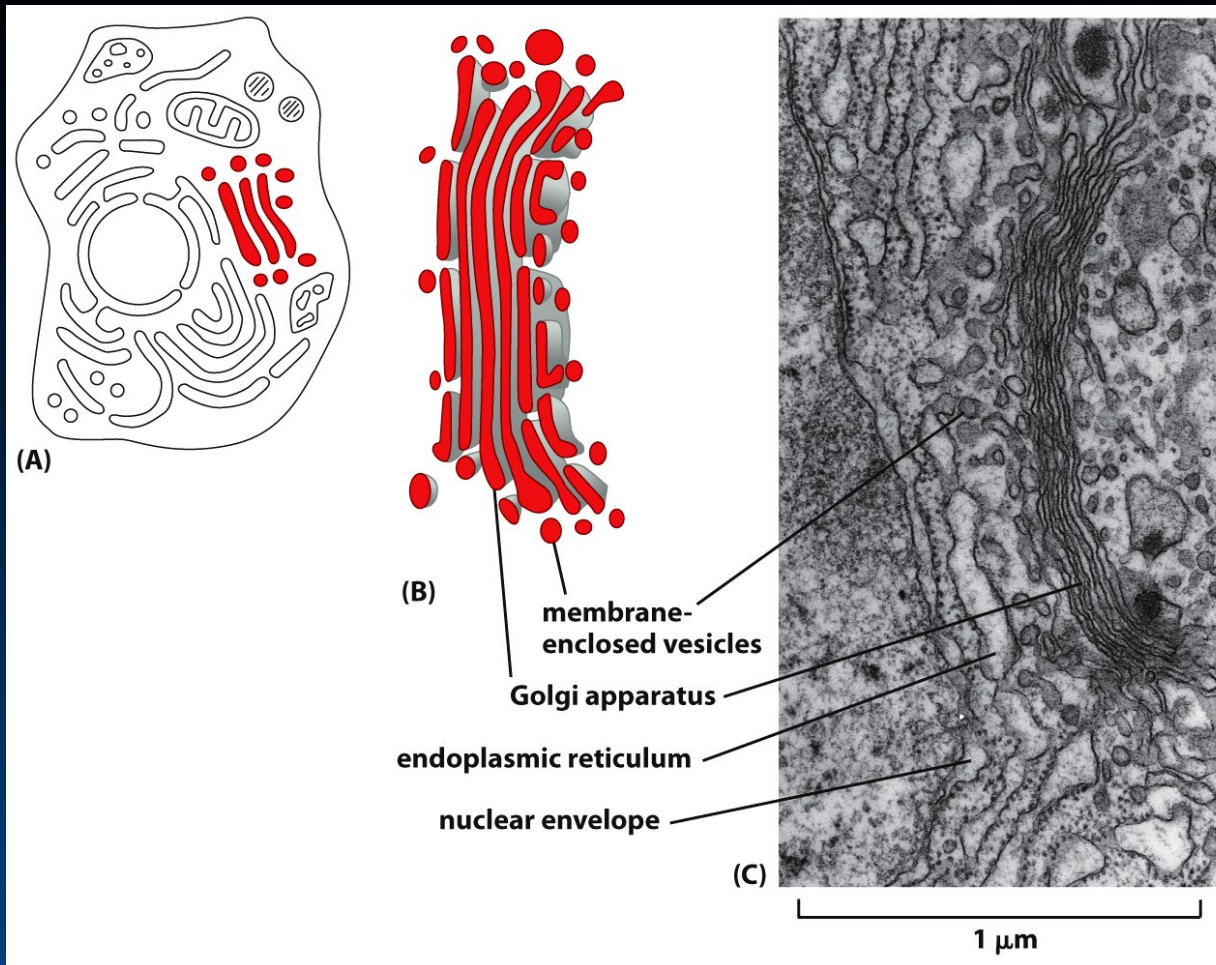
Στο ενδοπλασματικό δίκτυο (ΕΔ) παράγονται πολλά κυτταρικά συστατικά.

ΕΔ (συντίθενται τα περισσότερα συστατικά της κυτταρικής μεμβράνης όπως και υλικά που προορίζονται να εξαχθούν από το κύτταρο), ριβοσωμάτια (πρωτεϊνοσύνθεση), αδρό ΕΔ.



Η συσκευή Golgi μοιάζει με μια στοίβα επιπεδωμένων δίσκων.

- Δεν είναι συνήθως ορατή με το φωτονικό μικροσκόπιο.
- Εμπλέκεται στη σύνθεση και συσκευασία μορίων που προορίζονται για **έκκριση** όπως επίσης και στην καθοδήγηση νεοσυντεθειμένων πρωτεϊνών στα **κατάλληλα κυτταρικά διαμερίσματα**.

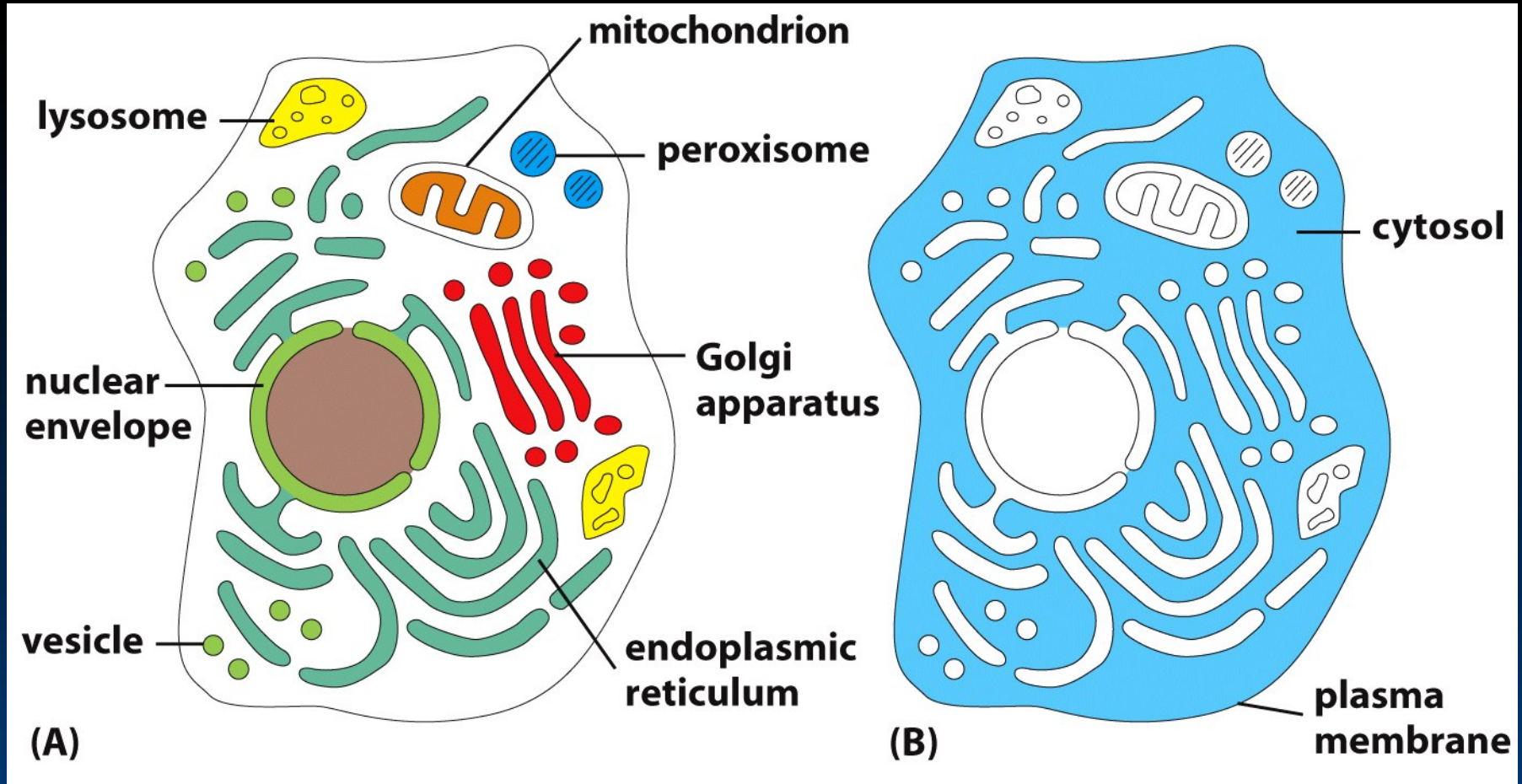


Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Οργανίδια περικλειόμενα από μεμβράνες κατανέμονται σε όλη την έκταση του κυτταροπλάσματος.

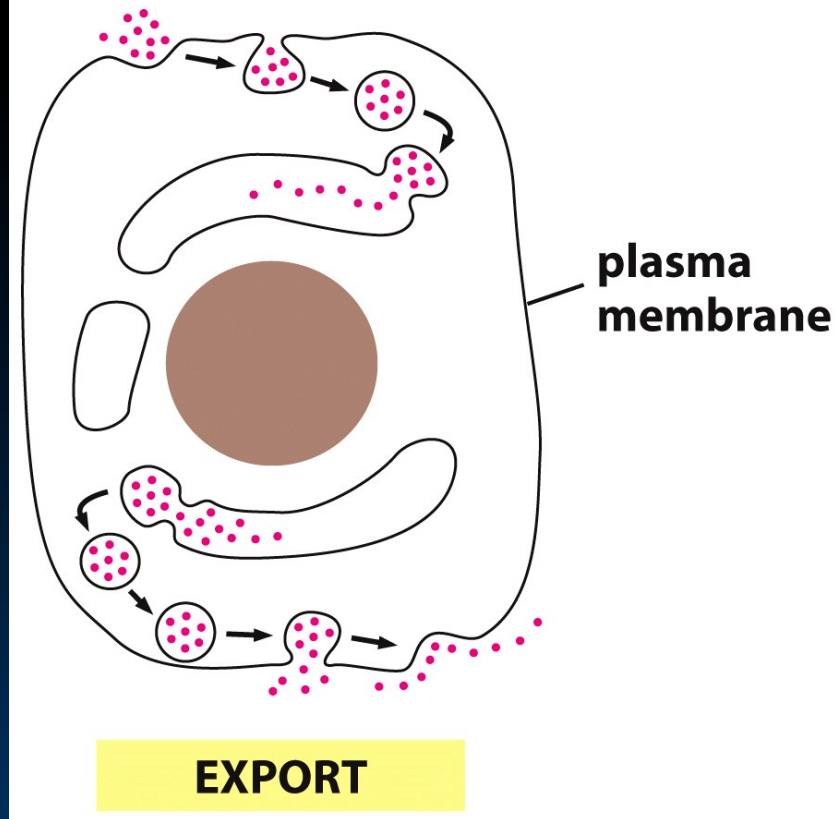
- Ότι απομένει σε ένα κύτταρο αν εξαιρεθούν τα οργανίδια αποκαλείται **κυτταροδιάλυμα**.



Εισαγωγή και εξαγωγή υλικών.

ενδοκύττωση

IMPORT



EXPORT

εξωκύττωση

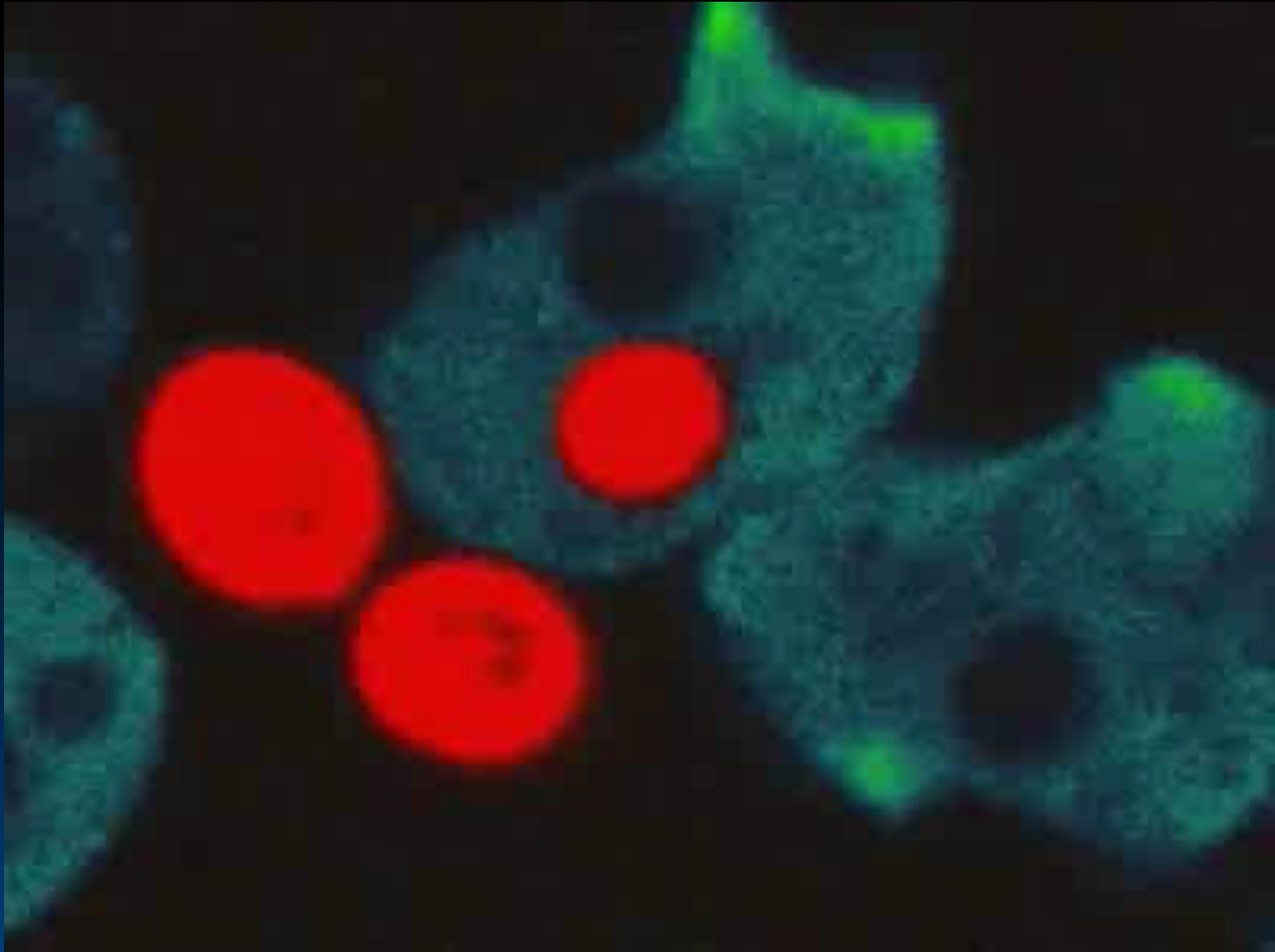
Εξωκυτταρική μεταφορά

Εξωκυτταρική μεταφορά



Φαγοκυττάρωση

Φαγοκυττάρωση



Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

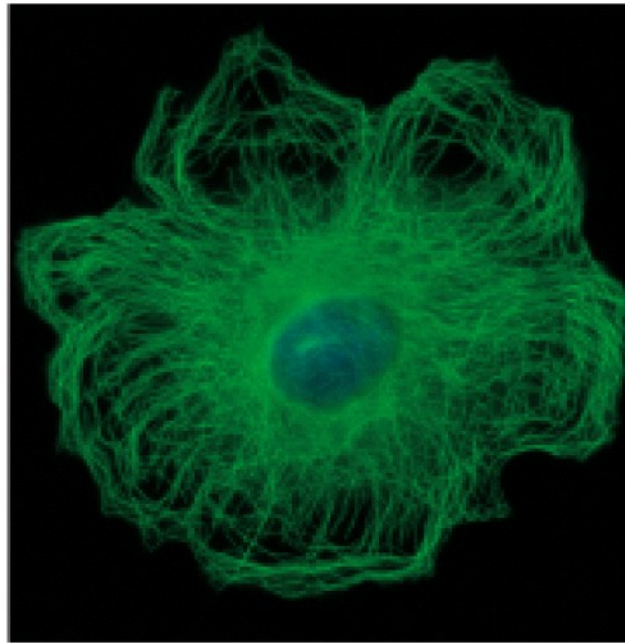
Ο κυτταροσκελετός είναι ένα πλέγμα ινιδίων που συμβάλλουν στον καθορισμό του σχήματος ενός κυττάρου.

- A. Νημάτια ακτίνης (πλούσια στα μυϊκά κύτταρα)
- B. Μικροσωληνίσκοι (διαχωρισμός χρωμοσωμάτων)
- Γ. Ενδιάμεσα ινίδια (προσδίδουν στο κύτταρο μηχανική ισχύ)

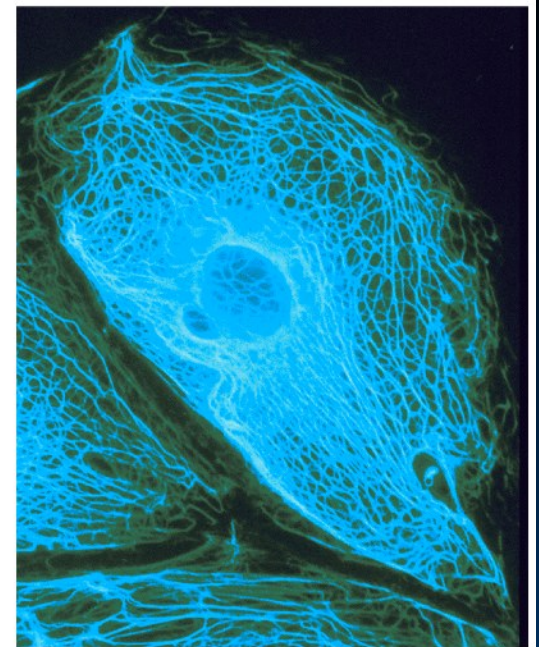


(A)

50 μm



(B)

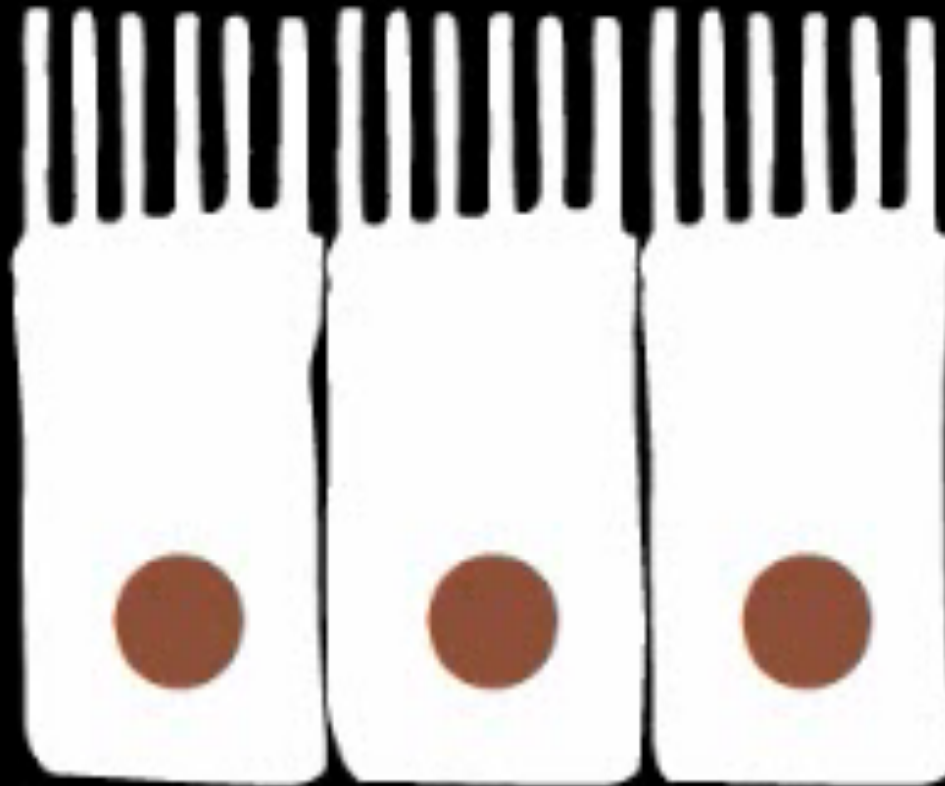


(C)



Ενδιάμεσα ινίδια

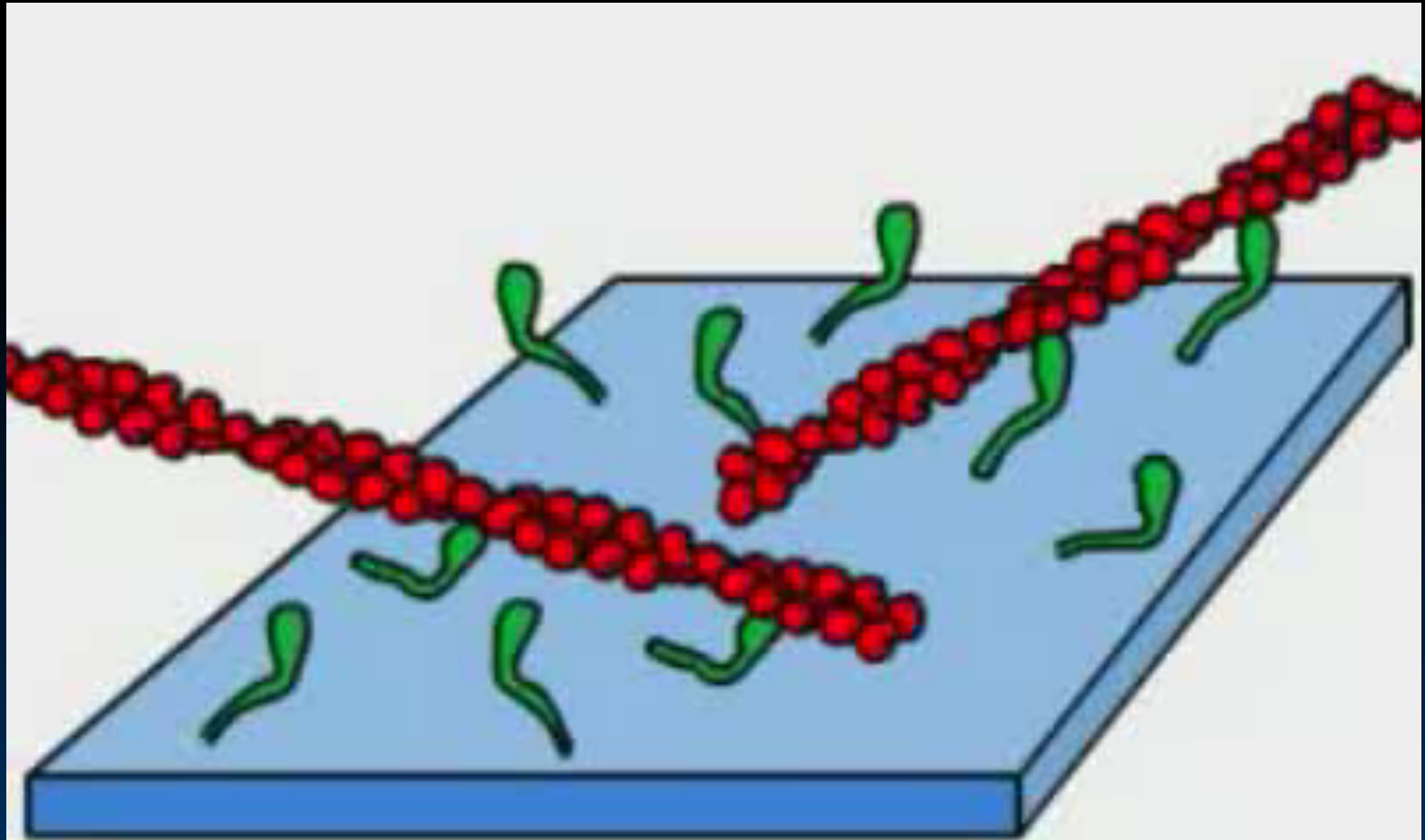
Ενδιάμεσα ινίδια



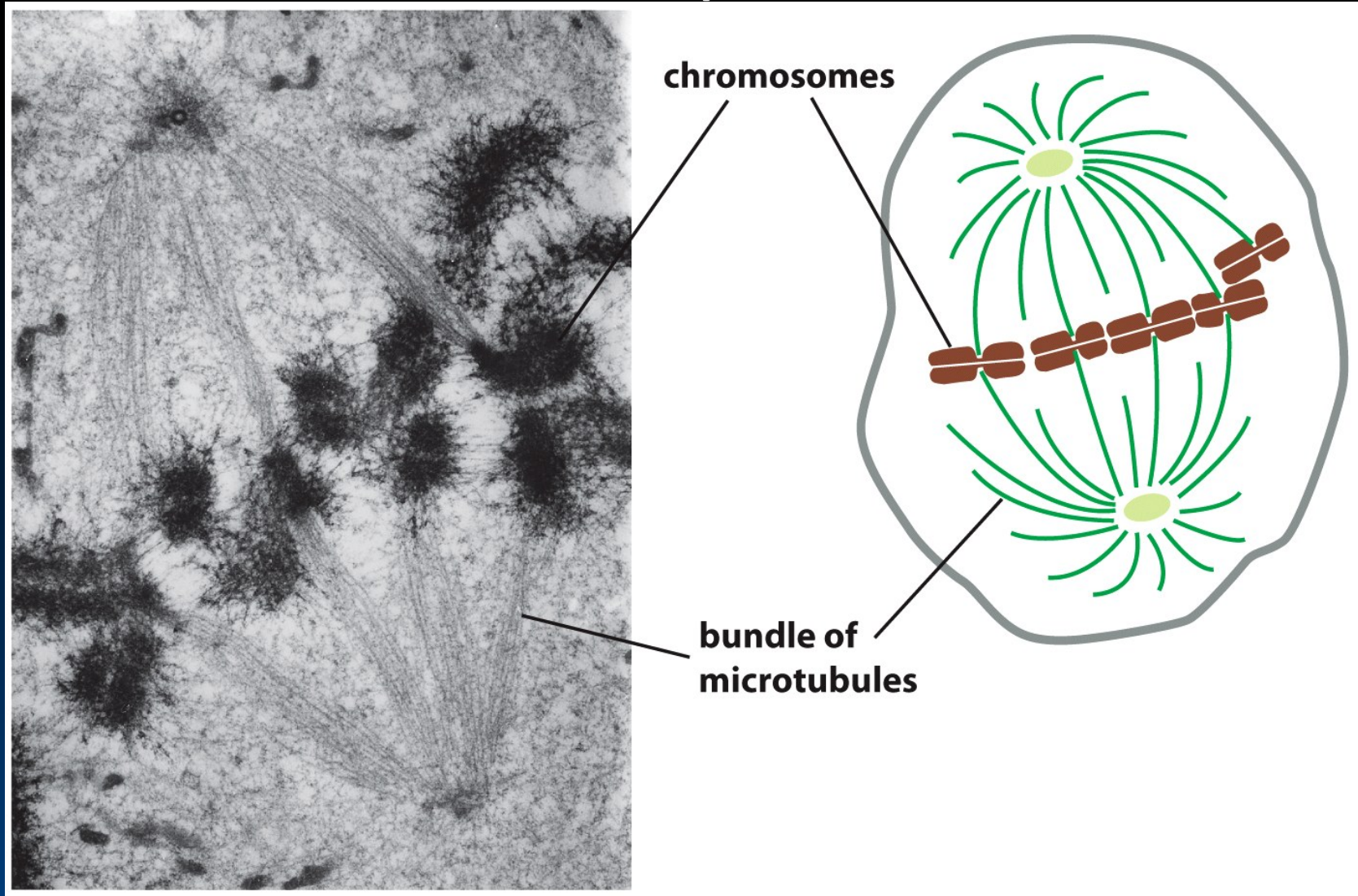


Συρρόμενη ακτίνη

Συρρόμενη ακτίνη

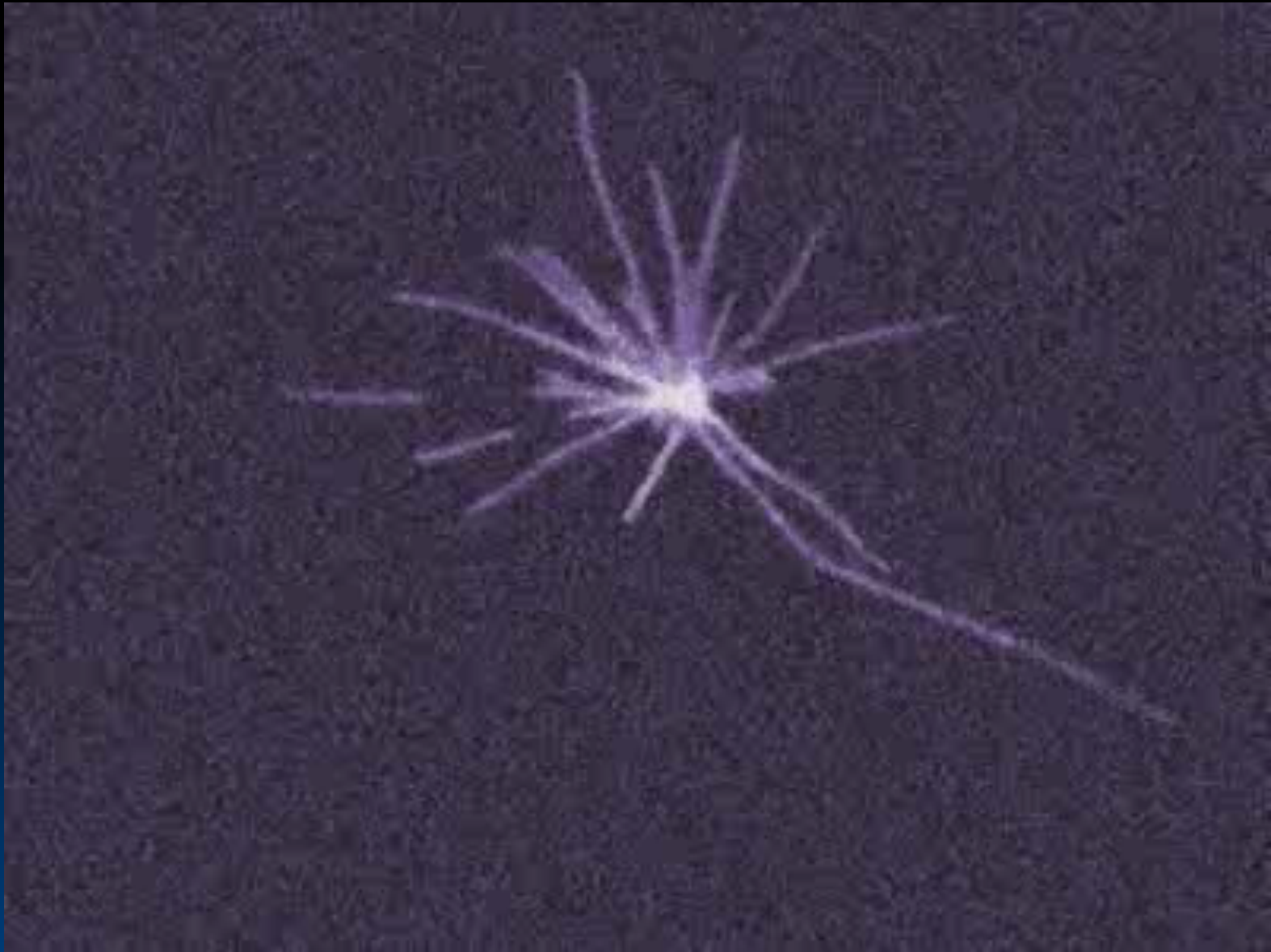


Ο κυτταροσκελετός είναι ένα πλέγμα ινιδίων που συμβάλλουν στον καθορισμό του σχήματος ενός κυττάρου.



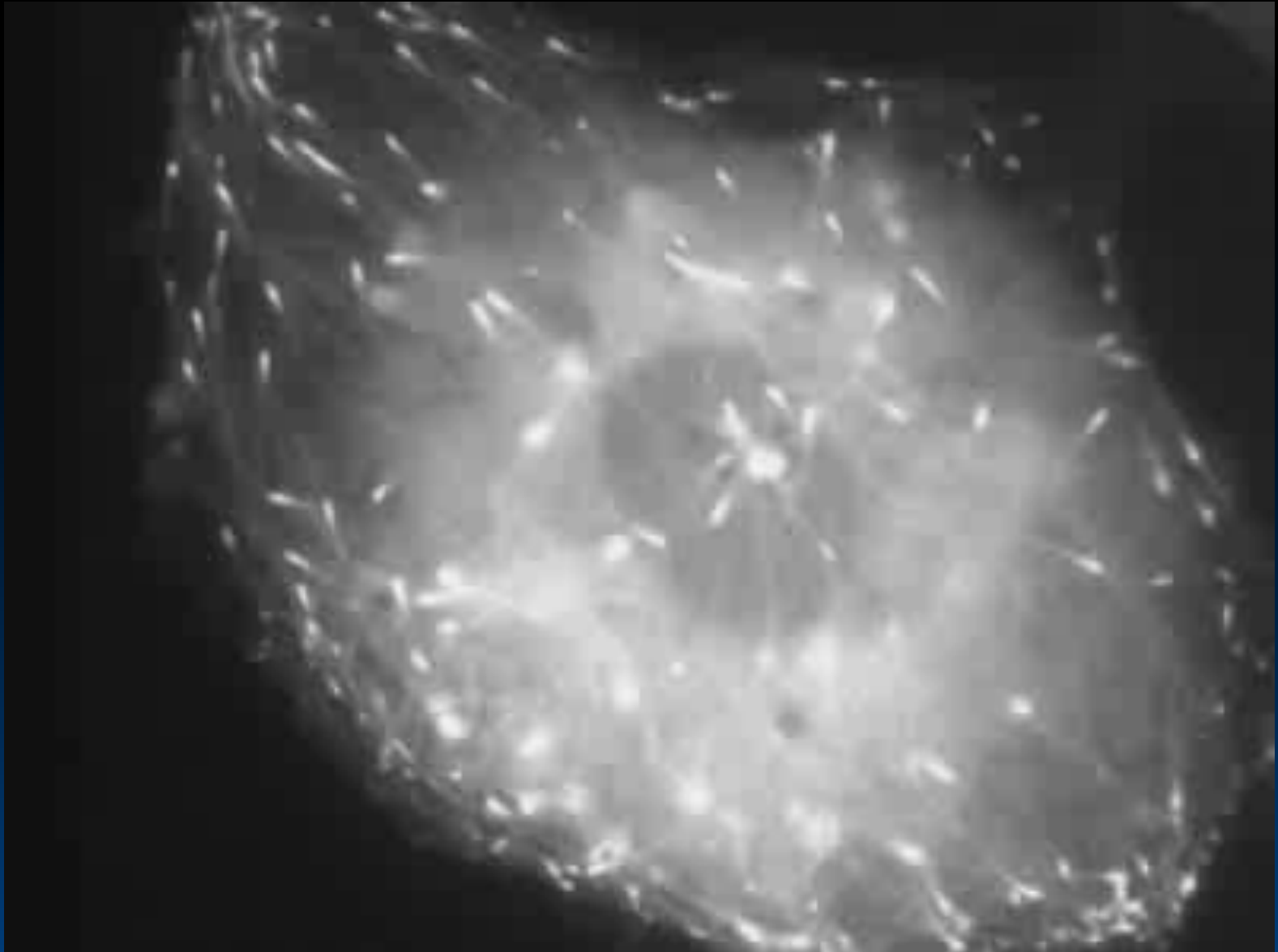
Αστάθεια μικροσωληνίσκων

Αστάθεια μικροσωληνίσκων



Δυναμικότητα μικροσωληνίσκων

Δυναμικότητα μικροσωληνίσκων



Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

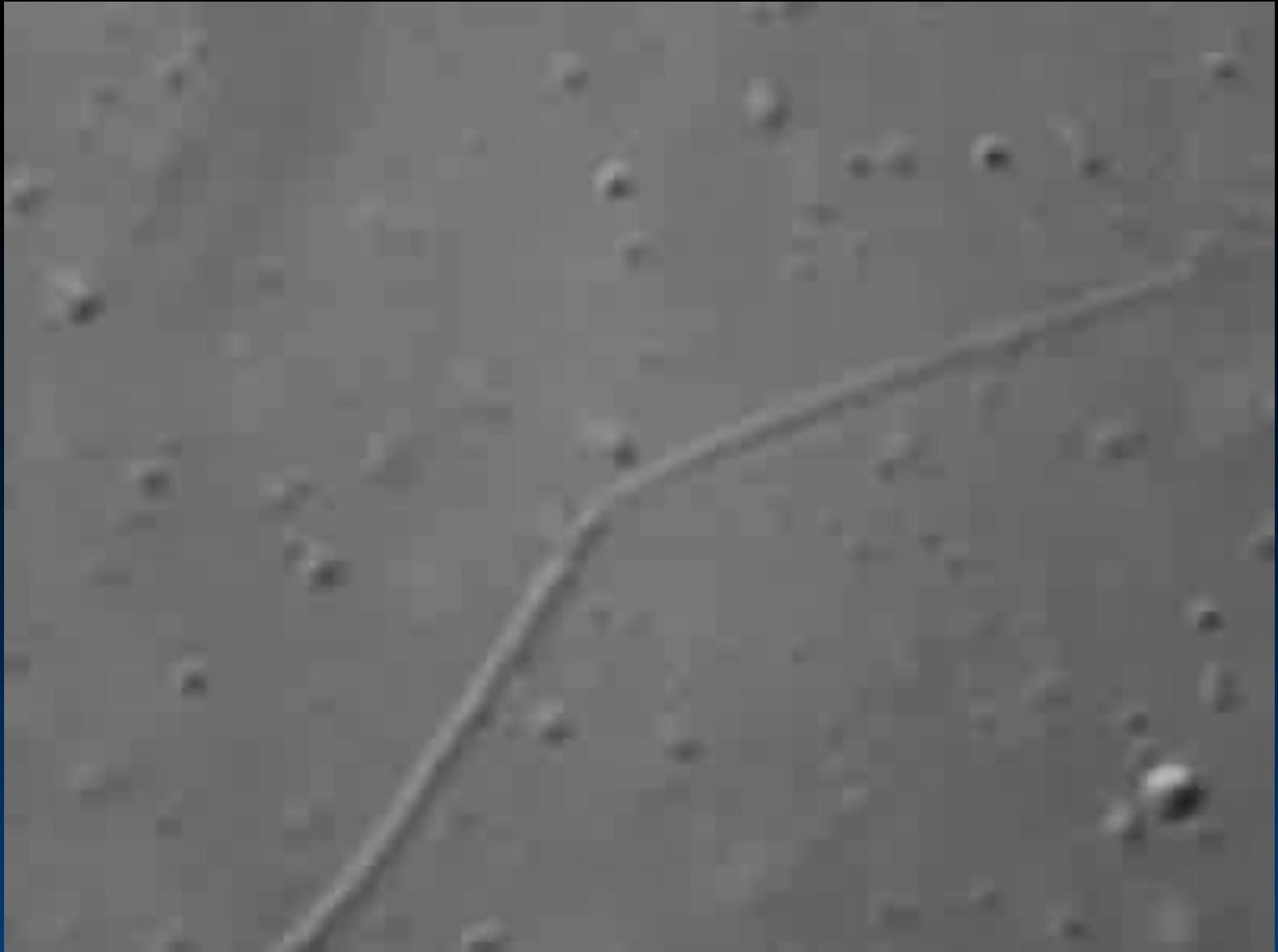
Μικροσωληνίσκος - ΕΔ

Μικροσωληνίσκος - ΕΔ



Κίνηση οργανιδίων

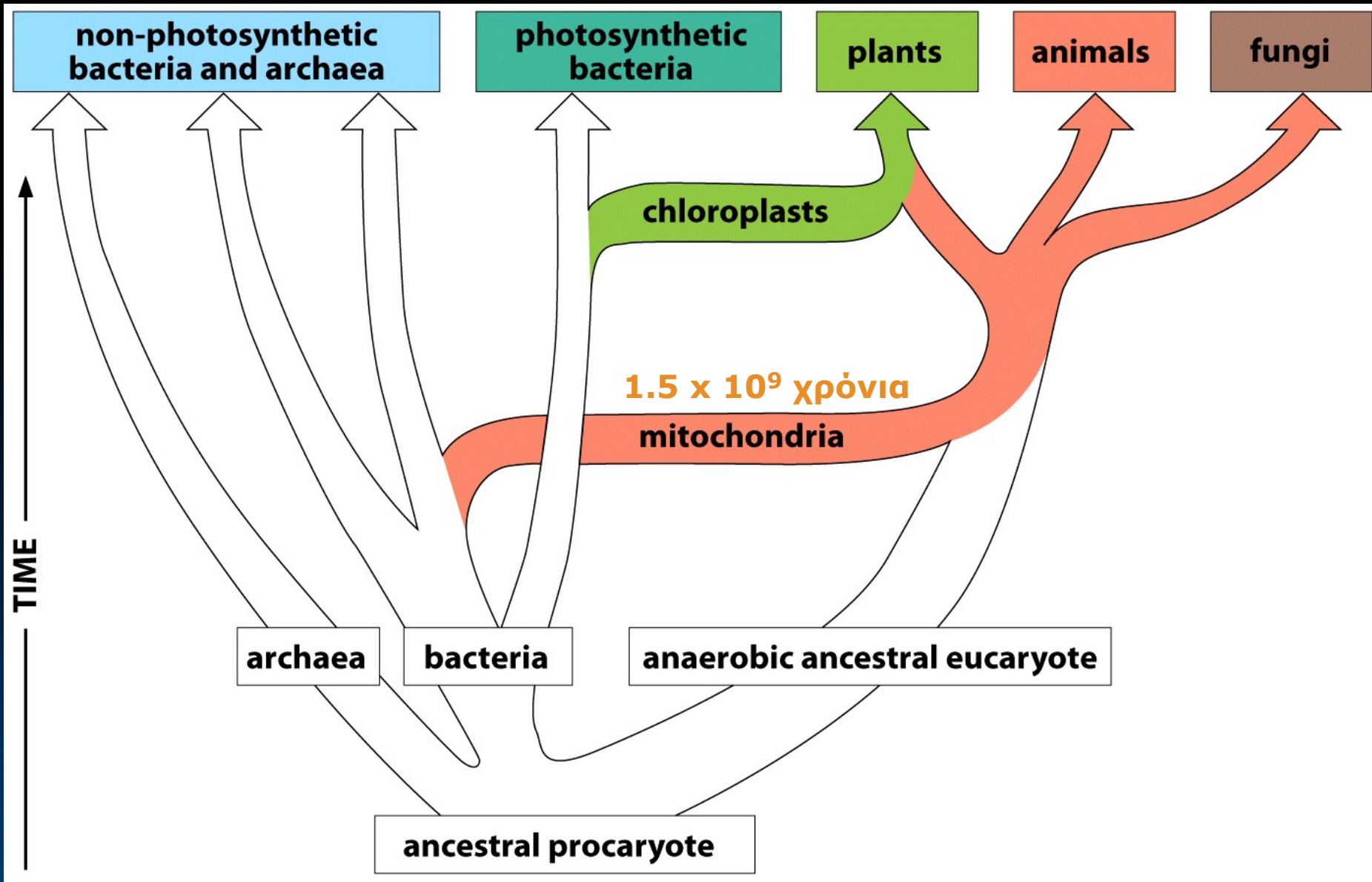
Κίνηση οργανιδίων



Το ευκαρυωτικό κύτταρο

- Ο πυρήνας είναι η αποθήκη πληροφοριών του κυττάρου
- Τα μιτοχόνδρια παράγουν ενέργεια από τις τροφές για τις ανάγκες του κυττάρου
- Οι χλωροπλάστες παγιδεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως
- Οι εσωτερικές μεμβράνες δημιουργούν ενδοκυττάρια διαμερίσματα με διαφορετικές λειτουργίες
- Το κυτταροδιάλυμα είναι ένα πυκνό υδατικό διάλυμα μεγάλων και μικρών μορίων
- Ο κυτταροσκελετός είναι υπεύθυνος για τις κινήσεις του κυττάρου
- Το κυτταρόπλασμα δεν είναι καθόλου στατικό
- Τα ευκαρυωτικά κύτταρα ίσως αναπτύχθηκαν ως θηρευτές

Από πού προήλθαν οι ευκαρυώτες;



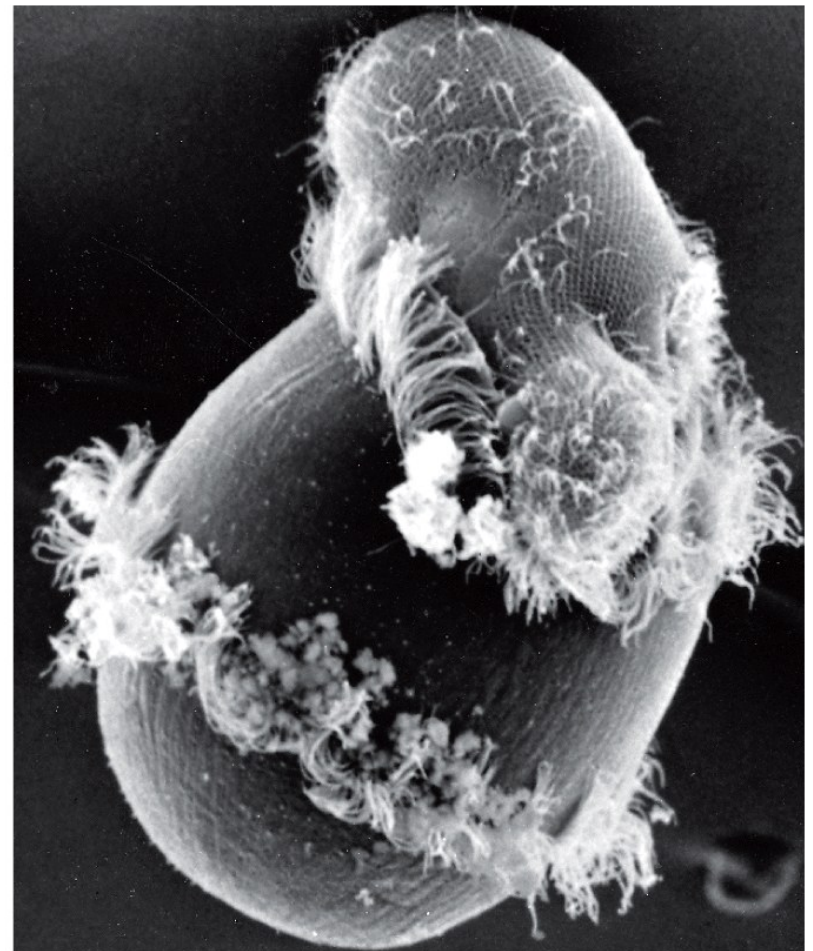
Ένα πρωτόζωο καταβροχθίζει ένα άλλο

- A.** Κύτταρο *Didinium* (περιφερικούς δακτυλίους βλεφαρίδων και ρύγχος στην κορυφή).
- B.** Κύτταρο *Didinium* καταβροχθίζει ένα κύτταρο *Paramecium* (βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο).



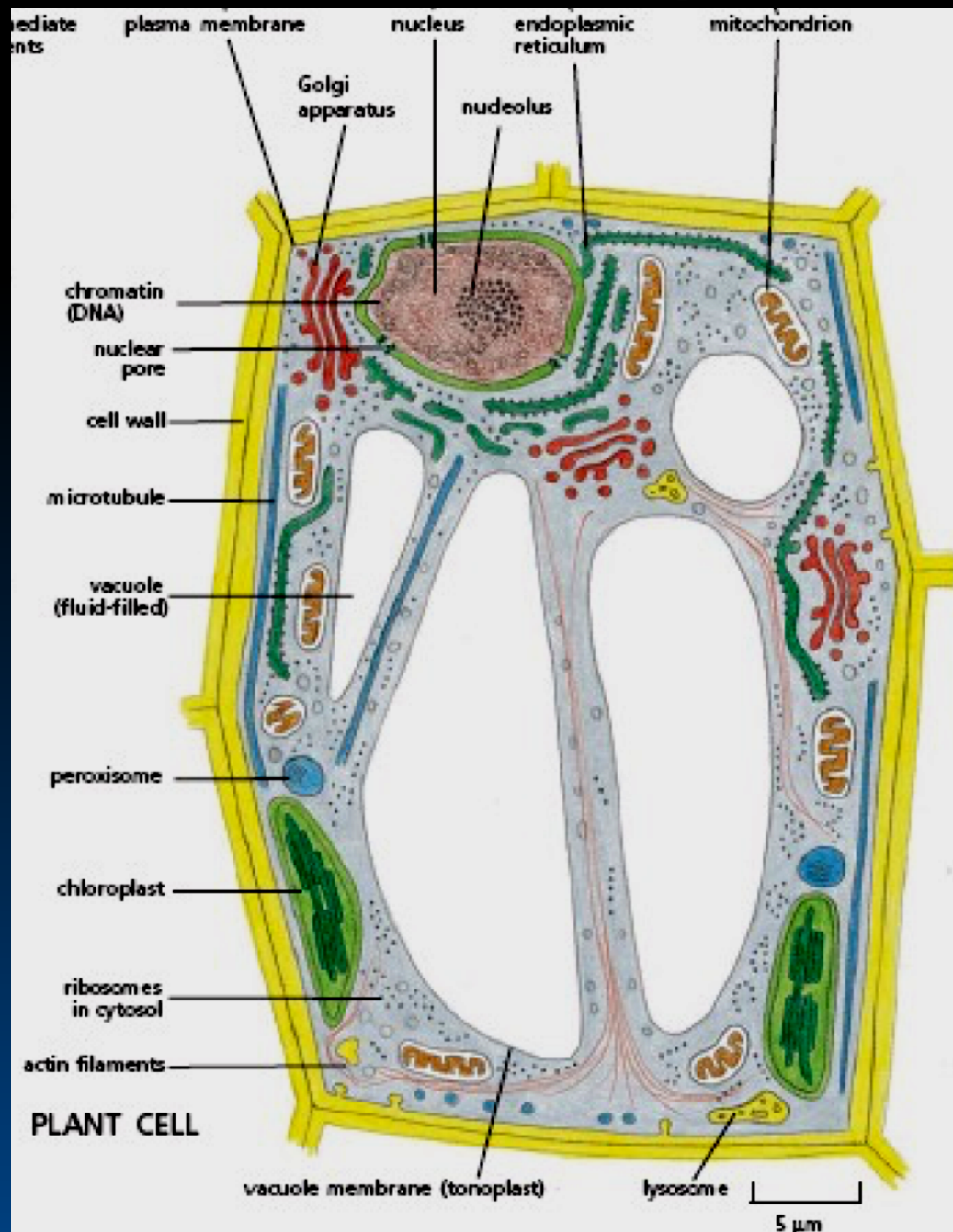
(A)

100 μm

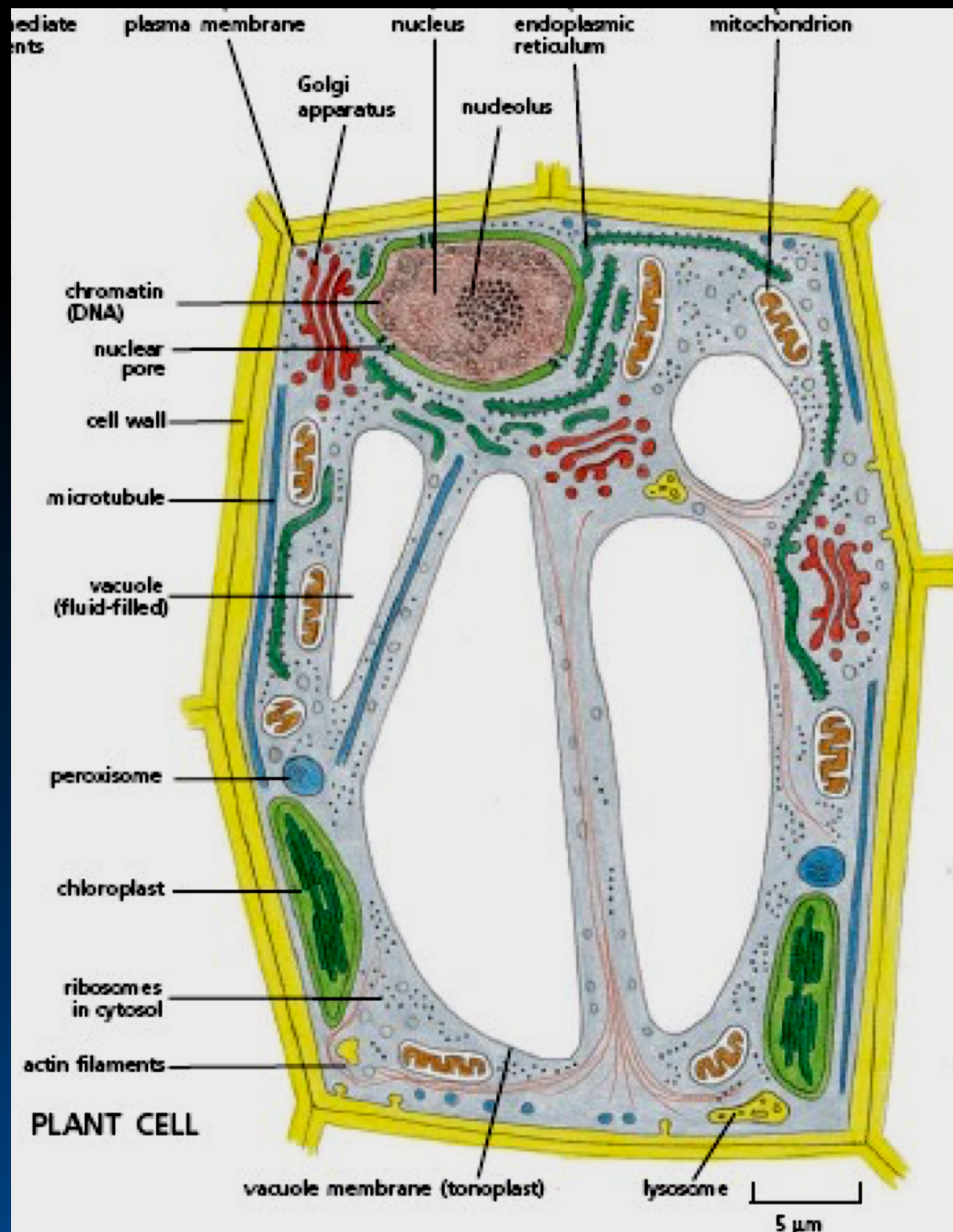


(B)

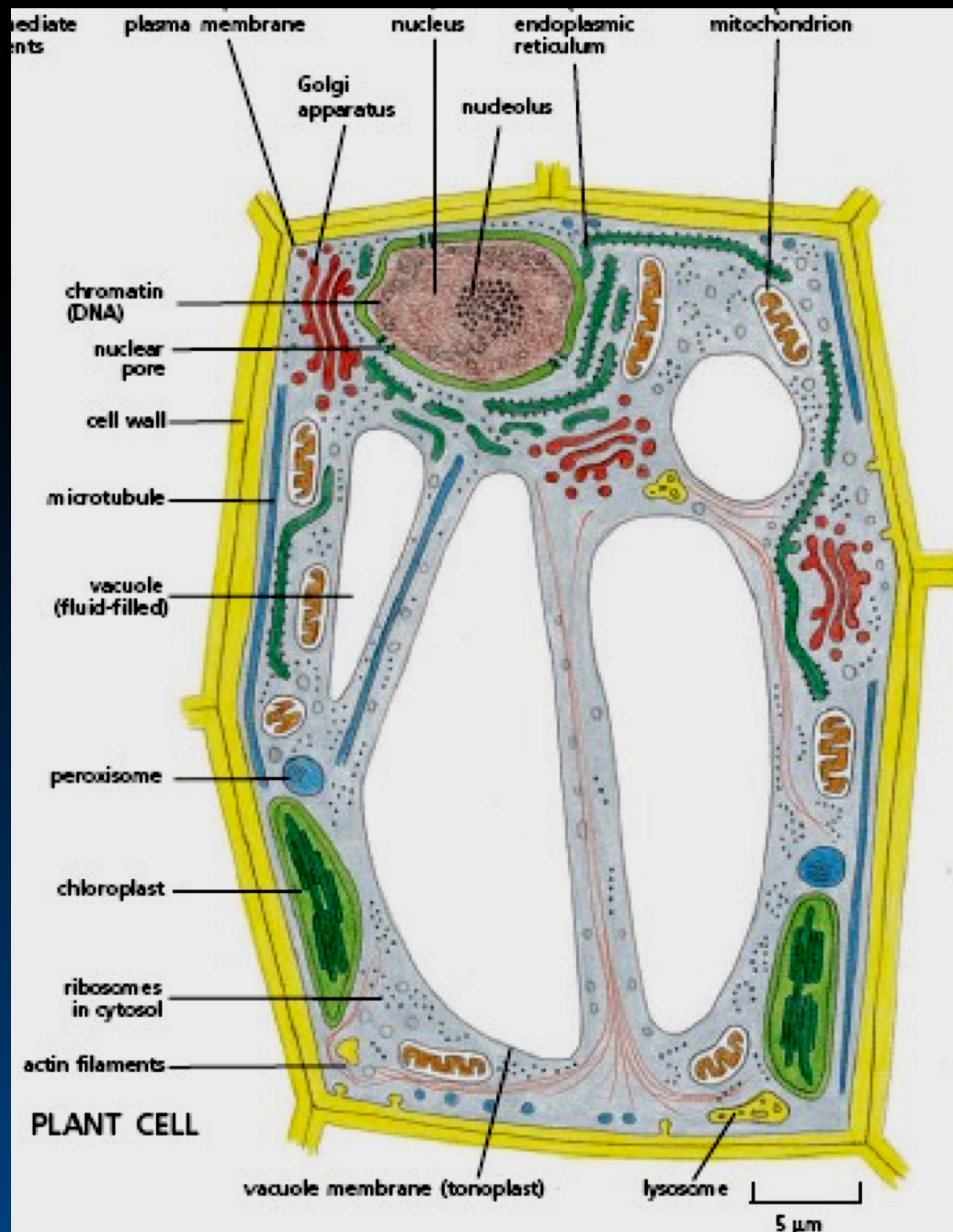
Ζωικό κύτταρο



ΦΥΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



Βακτηριακό κύτταρο



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-15 The _____ is made up of two concentric membranes and is continuous with the membrane of the endoplasmic reticulum.

- (a) plasma membrane
- (b) Golgi network
- (c) mitochondrial membrane
- (d) nuclear envelope

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-16 The nucleus, an organelle found in eucaryotic cells, confines the _____, keeping them separated from other components of the cell.

- (a) lysosomes
- (b) chromosomes
- (c) peroxisomes
- (d) ribosomes

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-17 Which of the following organelles has both an outer and an inner membrane?

- (a) endoplasmic reticulum
- (b) mitochondrion
- (c) lysosome
- (d) peroxisome

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-19 Mitochondria contain their own genome, are able to duplicate, and actually divide on a different timeline from the rest of the cell. Nevertheless, mitochondria cannot function for long when isolated from the cell because they are

- (a) viruses.
- (b) parasites.
- (c) endosymbionts.
- (d) anaerobes.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-20 The mitochondrial proteins found in the inner membrane are involved in the conversion of ADP to ATP, a source of energy for the cell. This process consumes which of the following substances?

- (a) oxygen
- (b) nitrogen
- (c) sulfur
- (d) carbon dioxide

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-26 The cell constantly exchanges materials by bringing nutrients in from the external environment and shuttling unwanted by-products back out. Which term describes the process of by which external materials are captured inside vesicles and brought into the cell?

- (a) degradation
- (b) exocytosis
- (c) phagocytosis
- (d) endocytosis

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-27 _____ are fairly small organelles that provide a safe place within the cell to carry out certain biochemical reactions that generate harmful, highly reactive oxygen species. These chemicals are both generated and broken down in the same location.

- (a) nucleosomes
- (b) lysosomes
- (c) peroxisomes
- (d) endosomes

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1-28 The cytoskeleton provides support, structure, motility, and organization, and it forms tracks to direct organelle and vesicle transport. Which of the cytoskeletal elements listed below is the thickest?

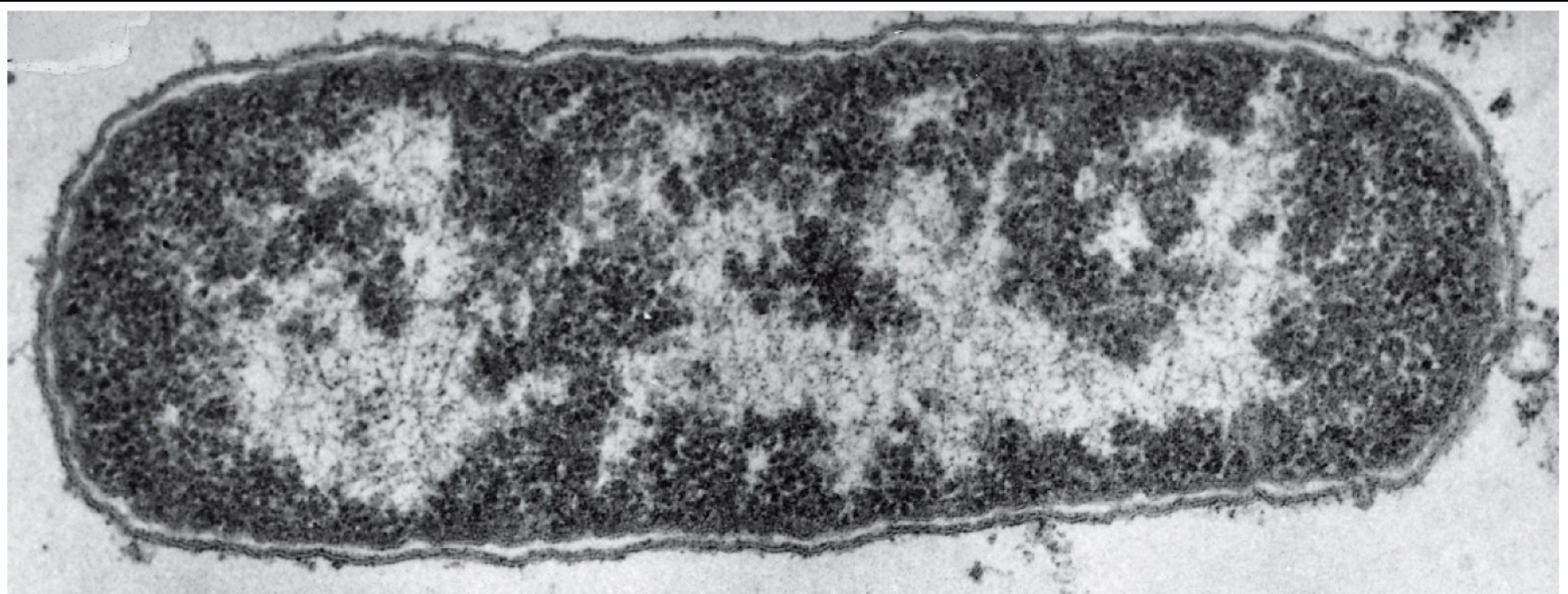
- (a) actin filaments
- (b) microtubules
- (c) intermediate filaments
- (d) none of the above (all the same thickness)

Πρότυποι οργανισμοί

- Οι μοριακοί βιολόγοι έχουν επικεντρωθεί στο *E.coli*
- Η μαγιά της μπύρας είναι ένα απλό ευκαρυωτικό κύτταρο
- Το *Arabidopsis* έχει επιλεγεί μέσα από 300.000 είδη ως πρότυπο φυτό
- Ο κόσμος των ζώων αντιπροσωπεύεται από μια μύγα, ένα σκουλήκι, έναν ποντικό και το *Homo sapiens*
- Η σύγκριση της αλληλουχίας του γονιδιώματος διαφορετικών οργανισμών αποκαλύπτει την κοινή καταγωγή της ζωής

Escherichia coli

- Μικρό, ραβδόμορφο ευβακτηριακό κύτταρο (έντερο θηλαστικών)
- Ικανό να αναπτύσσεται σε ποικίλες χημικές συνθήκες
- Γρήγορη αναπαραγωγή
- DNA. 4.6×10^6 ζεύγη βάσεων
- 4300 διαφορετικές πρωτεΐνες



1 μm

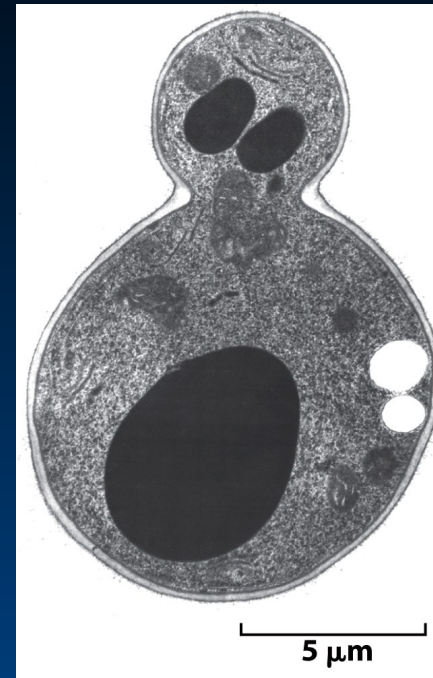
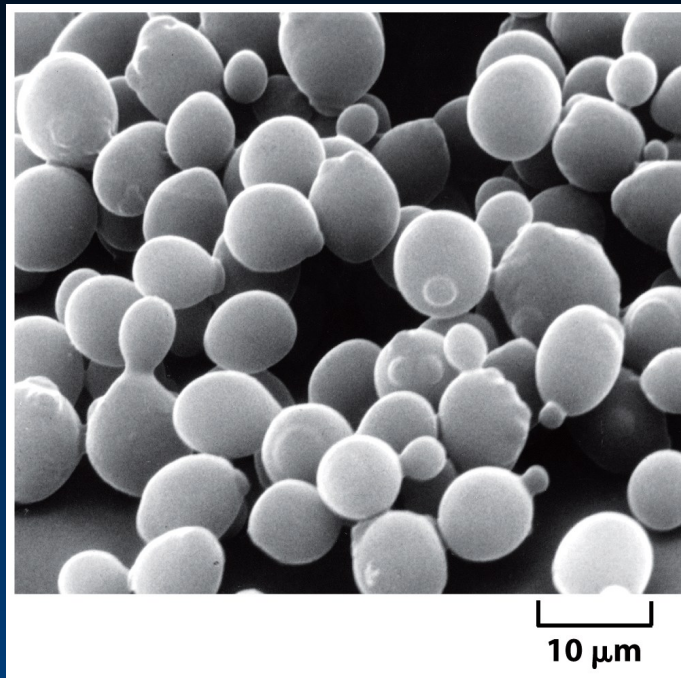
Πρότυποι οργανισμοί

- Οι μοριακοί βιολόγοι έχουν επικεντρωθεί στο *E.coli*
- Η μαγιά της μπύρας είναι ένα απλό ευκαρυωτικό κύτταρο
- Το *Arabidopsis* έχει επιλεγεί μέσα από 300.000 είδη ως πρότυπο φυτό
- Ο κόσμος των ζώων αντιπροσωπεύεται από μια μύγα, ένα σκουλήκι, έναν ποντικό και το *Homo sapiens*
- Η σύγκριση της αλληλουχίας του γονιδιώματος διαφορετικών οργανισμών αποκαλύπτει την κοινή καταγωγή της ζωής

Ο ζυμομύκητας *Saccharomyces cerevisiae* είναι ένας πρότυπος ευκαρυώτης

- Αναπαράγεται γρήγορα
- x2.5 περισσότερο DNA από το *E.coli*
- Προσφέρεται για γενετική ανάλυση
- Μελέτη κύκλου κυτταρικής διαίρεσης

"Αν ένα μεταλλαγμένο κύτταρο ζύμης χάσει ένα γονίδιο απαραίτητο για την κυτταρική διαίρεση, ο εφοδιασμός του με το αντίστοιχο ανθρώπινο γονίδιο διορθώνει τη βλάβη και επιτρέπει στη ζύμη να διαιρεθεί κανονικά."



Πρότυποι οργανισμοί

- Οι μοριακοί βιολόγοι έχουν επικεντρωθεί στο *E.coli*
- Η μαγιά της μπύρας είναι ένα απλό ευκαρυωτικό κύτταρο
- Το *Arabidopsis* έχει επιλεγεί μέσα από 300.000 είδη ως πρότυπο φυτό
- Ο κόσμος των ζώων αντιπροσωπεύεται από μια μύγα, ένα σκουλήκι, έναν ποντικό και το *Homo sapiens*
- Η σύγκριση της αλληλουχίας του γονιδιώματος διαφορετικών οργανισμών αποκαλύπτει την κοινή καταγωγή της ζωής

Arabidopsis thaliana, το κοινό αναρριχώμενο ζιζάνιο: το πρότυπο φυτό



Πρότυποι οργανισμοί

- Οι μοριακοί βιολόγοι έχουν επικεντρωθεί στο *E.coli*
- Η μαγιά της μπύρας είναι ένα απλό ευκαρυωτικό κύτταρο
- Το *Arabidopsis* έχει επιλεγεί μέσα από 300.000 είδη ως πρότυπο φυτό
- Ο κόσμος των ζώων αντιπροσωπεύεται από μια μύγα, ένα σκουλήκι, έναν ποντικό και το *Homo sapiens*
- Η σύγκριση της αλληλουχίας του γονιδιώματος διαφορετικών οργανισμών αποκαλύπτει την κοινή καταγωγή της ζωής

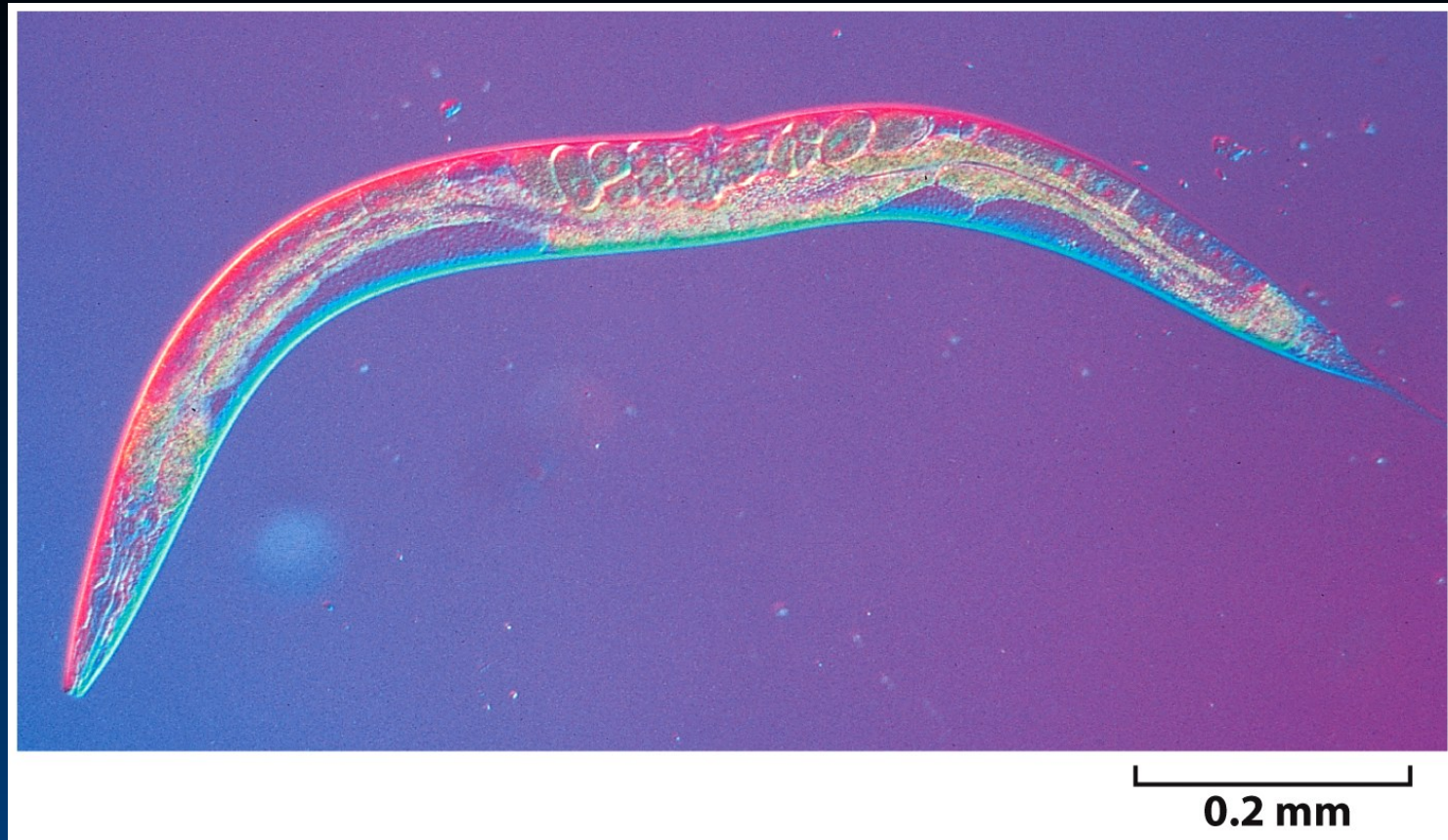
Η *Drosophila melanogaster* είναι δημοφιλής στους αναπτυξιακούς βιολόγους και τους γενετιστές.



1 mm

Caenorabditis elegans: το γονιδίωμά του ήταν το πρώτο πλήρως αναλυμένο γονιδίωμα ενός πολυκύτταρου οργανισμού

- Μικρός νηματώδης σκώληκας
- 959 κύτταρα, 19.000 γονίδια
- Ερμαφρόδιτα άτομα
- Το 70% των ανθρώπινων πρωτεϊνών έχουν κάποια ομόλογη στο σκουλήκι



Διαφορετικά έμβια όντα χρησιμοποιούν τους ίδιους μοριακούς μηχανισμούς

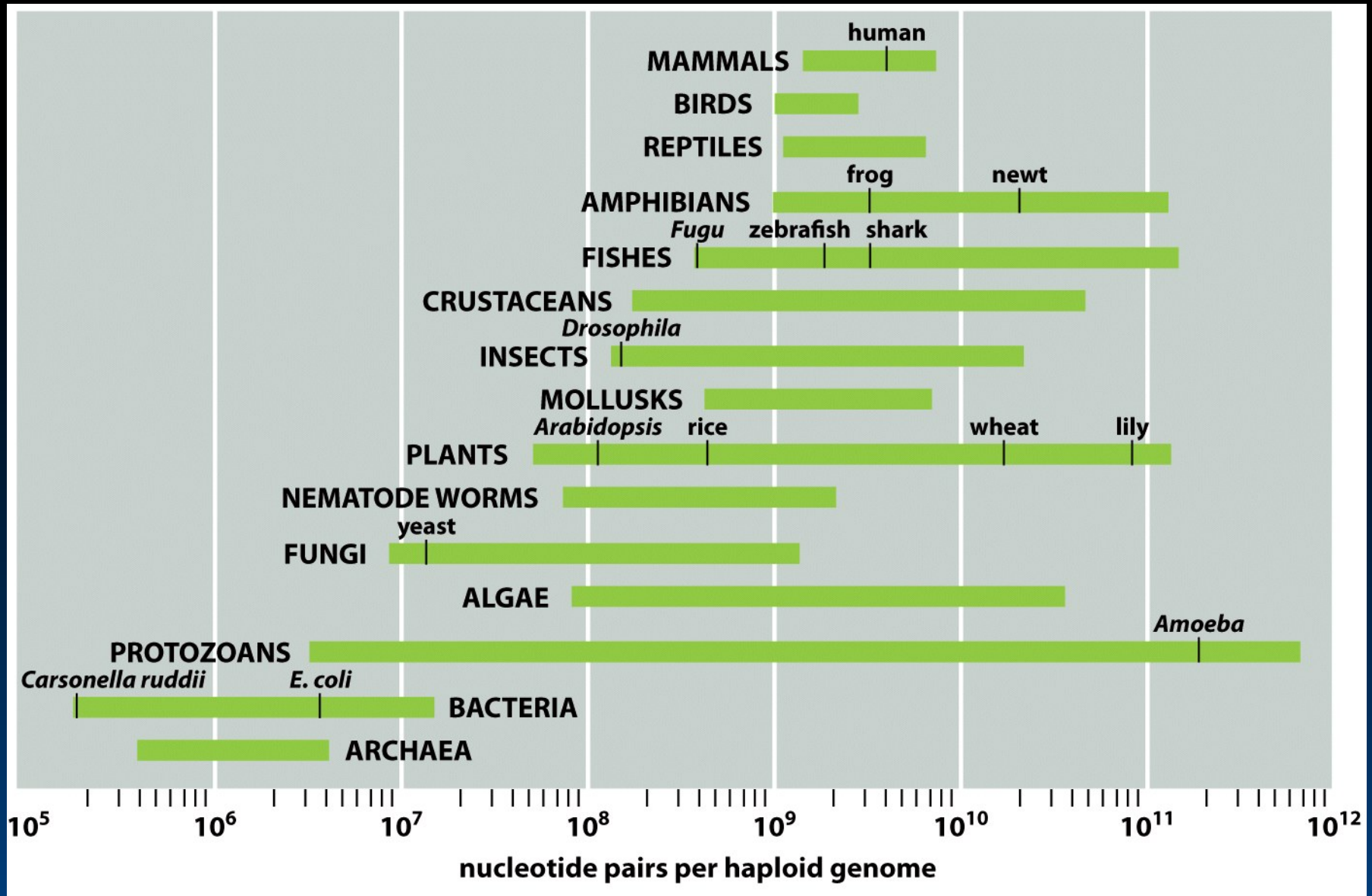
- Διαταραχή στο γονίδιο *kit* που απαιτείται για την ανάπτυξη και διατήρηση των μελανοκυττάρων



Πρότυποι οργανισμοί

- Οι μοριακοί βιολόγοι έχουν επικεντρωθεί στο *E.coli*
- Η μαγιά της μπύρας είναι ένα απλό ευκαρυωτικό κύτταρο
- Το *Arabidopsis* έχει επιλεγεί μέσα από 300.000 είδη ως πρότυπο φυτό
- Ο κόσμος των ζώων αντιπροσωπεύεται από μια μύγα, ένα σκουλήκι, έναν ποντικό και το *Homo sapiens*
- Η σύγκριση της αλληλουχίας του γονιδιώματος διαφορετικών οργανισμών αποκαλύπτει την κοινή καταγωγή της ζωής

Το μέγεθος του γονιδιώματος ποικίλει εντυπωσιακά από οργανισμό σε οργανισμό



Σας ευχαριστώ πολύ!!!