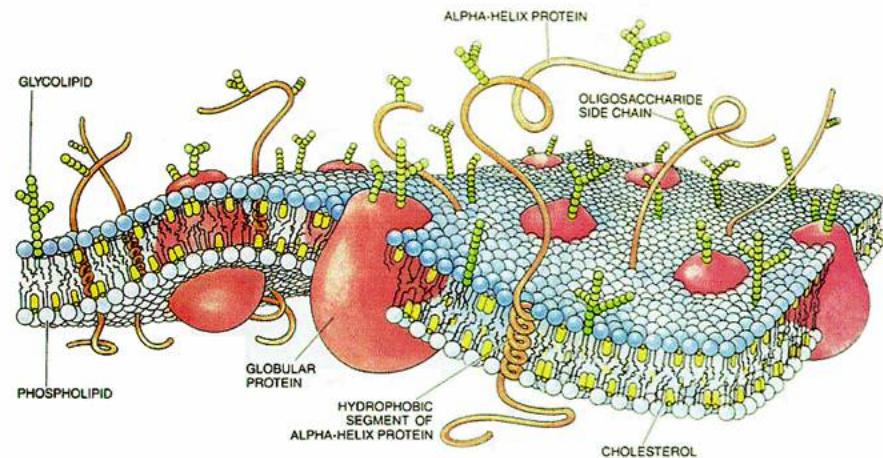
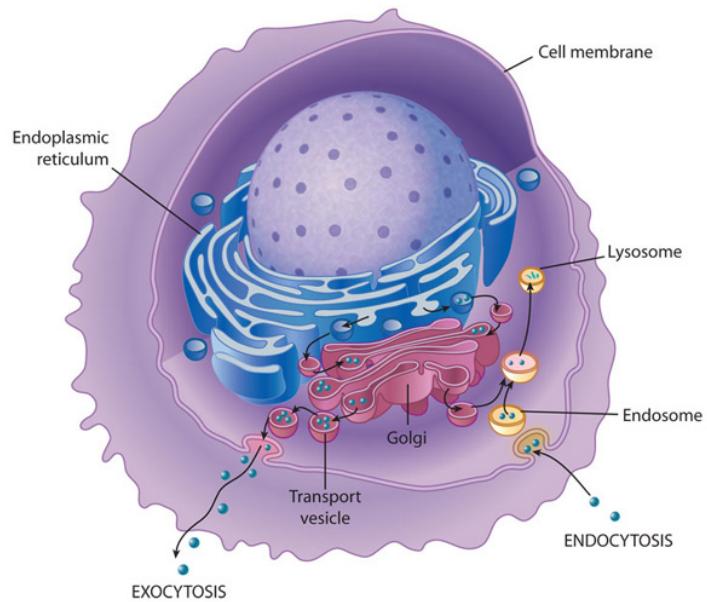


# STANICA, JEZGRA I BIOMEMBRANE



## Stanična teorija u kontekstu

Aktualna teorija je bila vitalizam:

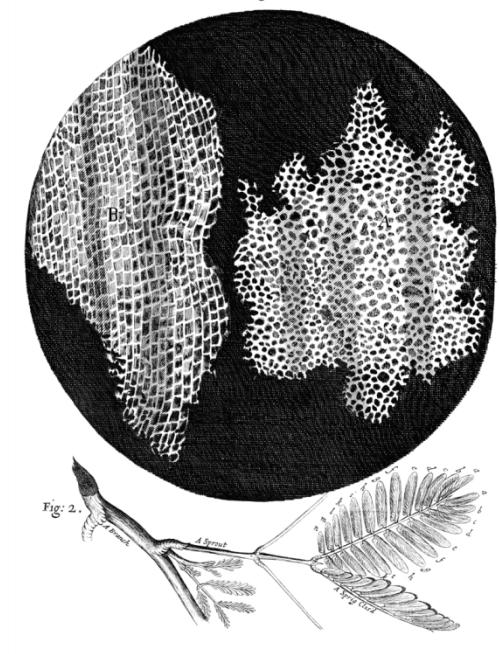
*"living organisms are fundamentally different from non-living entities because they contain some non-physical element or are governed by different principles than are inanimate things"*

Napredak optike i mikroskopija ključna za otkriće:

**Hooke, Leeuwenhoek, Schleiden, Schwann, Virchow**

Njemački biolozi – Matthias Schleiden, Theodor Schwann i Rudolph Virchow osmislili staničnu teoriju 1838.

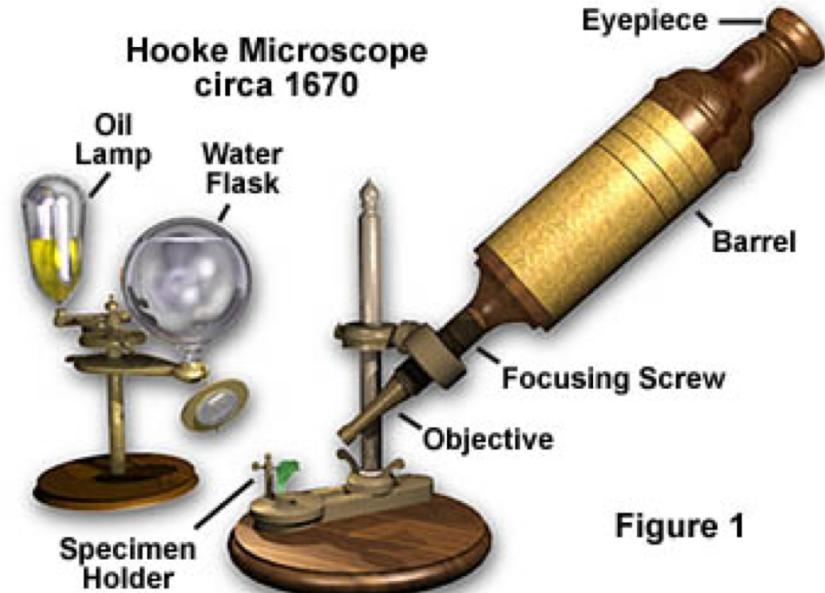
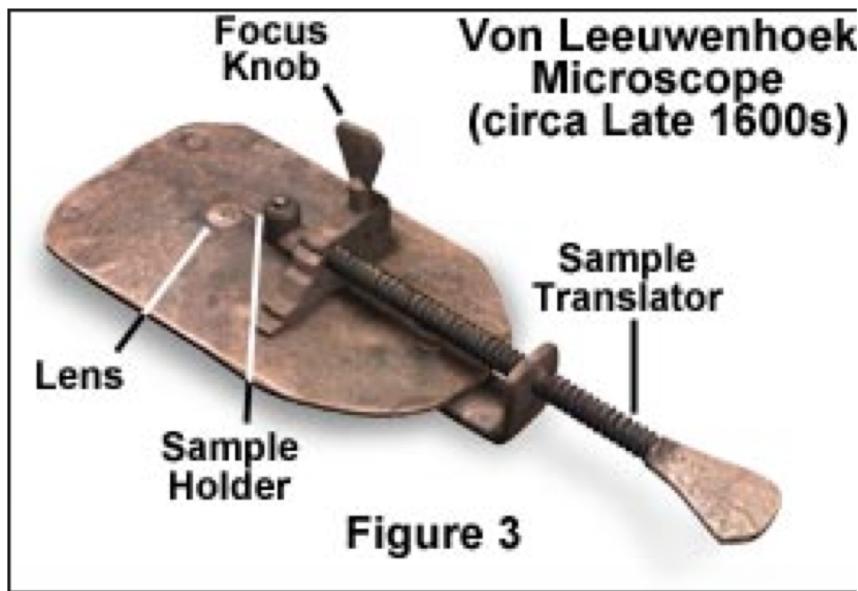
1. Stanice su osnovne jedinice života na Zemlji
2. Svi organizmi su građeni od stanica
3. Osim samog porijekla života, sve stanice nastale su od već postojećih stanica

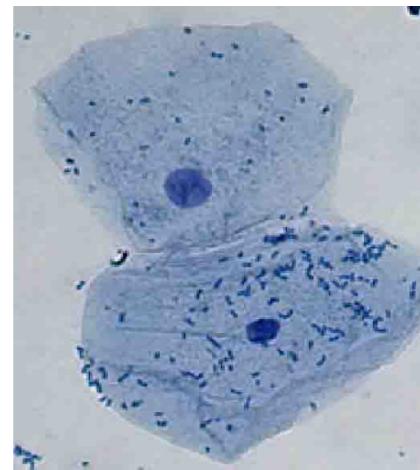
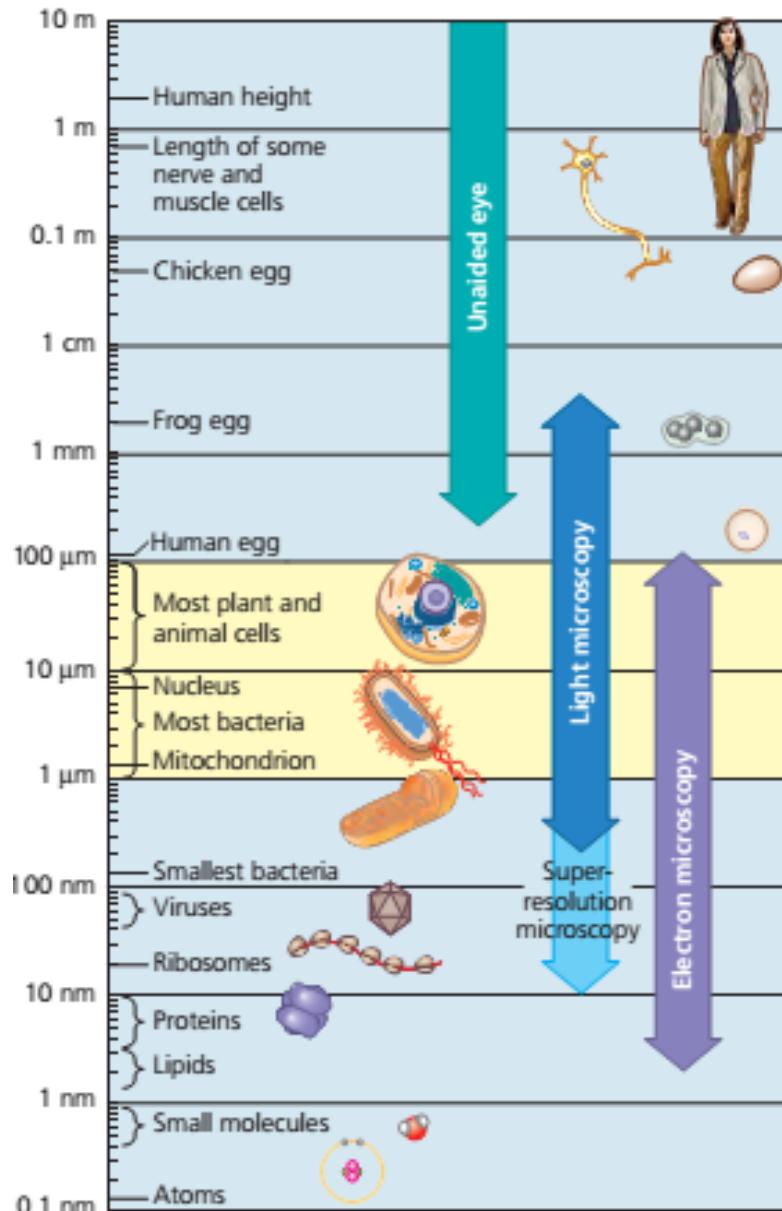


1665 Hooke, stanice pluta

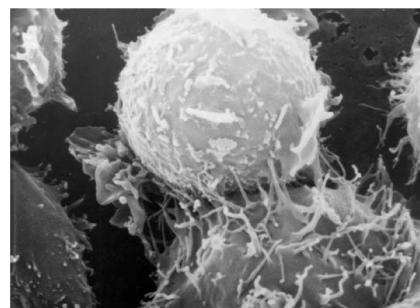
# Mikroskopi

3 ključna parametra: povećanje, rezolucija i kontrast





Svetlosna mikroskopija,  
stanice epitela



Skening elektronska  
mikroskopija,  
T-limfociti napadaju  
stanice raka.



Transmisijska elektronska  
mikroskopija, stanica alge

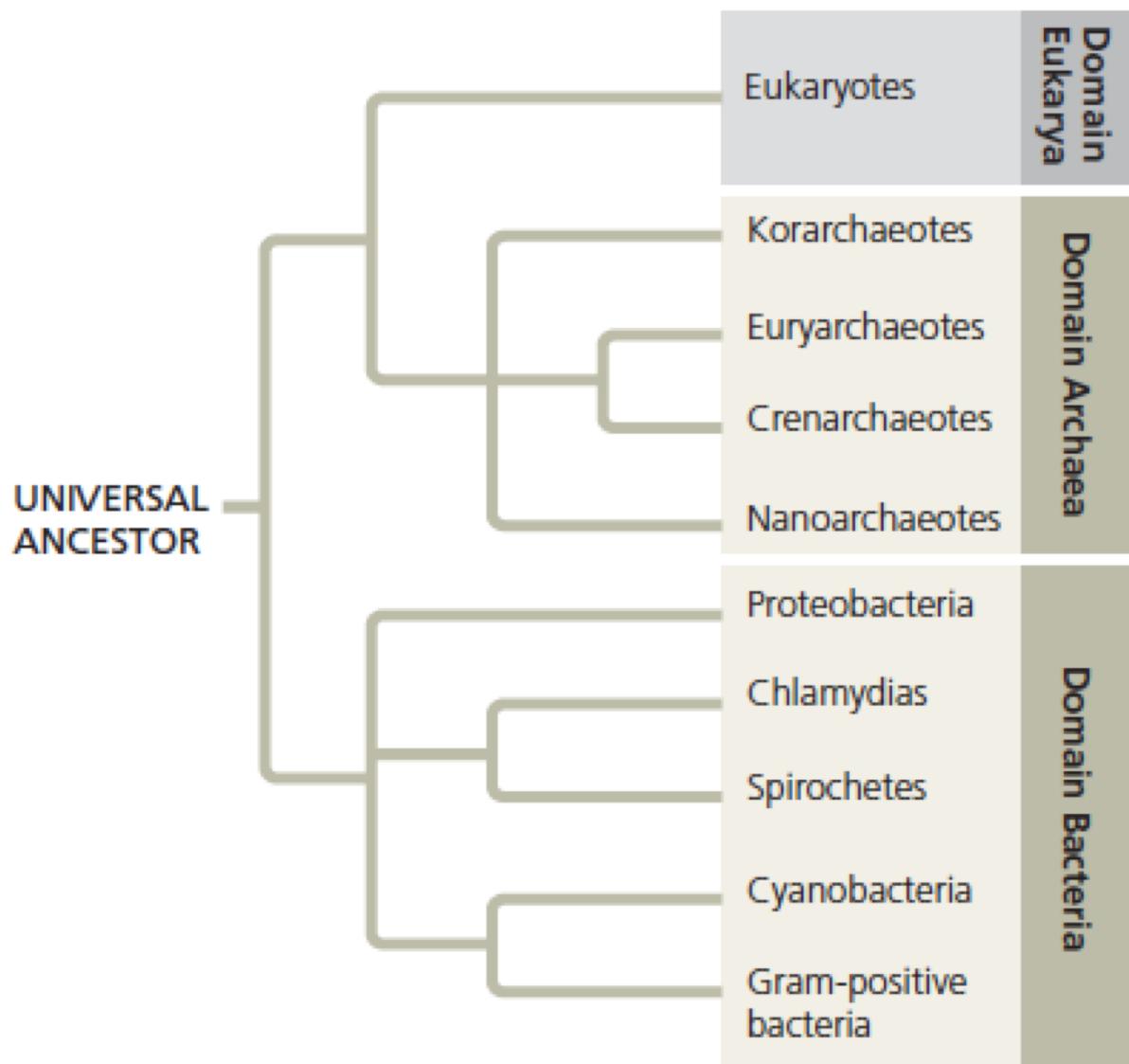
▲ **Figure 6.2 The size range of cells.** Most cells are between 1 and 100 μm in diameter (yellow region of chart) and are therefore

$$\begin{aligned}
 1 \text{ centimeter (cm)} &= 10^{-2} \text{ meter (m)} = 0.4 \text{ inch} \\
 1 \text{ millimeter (mm)} &= 10^{-3} \text{ m} \\
 1 \text{ micrometer (\mu m)} &= 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m} \\
 1 \text{ nanometer (nm)} &= 10^{-9} \text{ \mu m} = 10^{-9} \text{ m}
 \end{aligned}$$

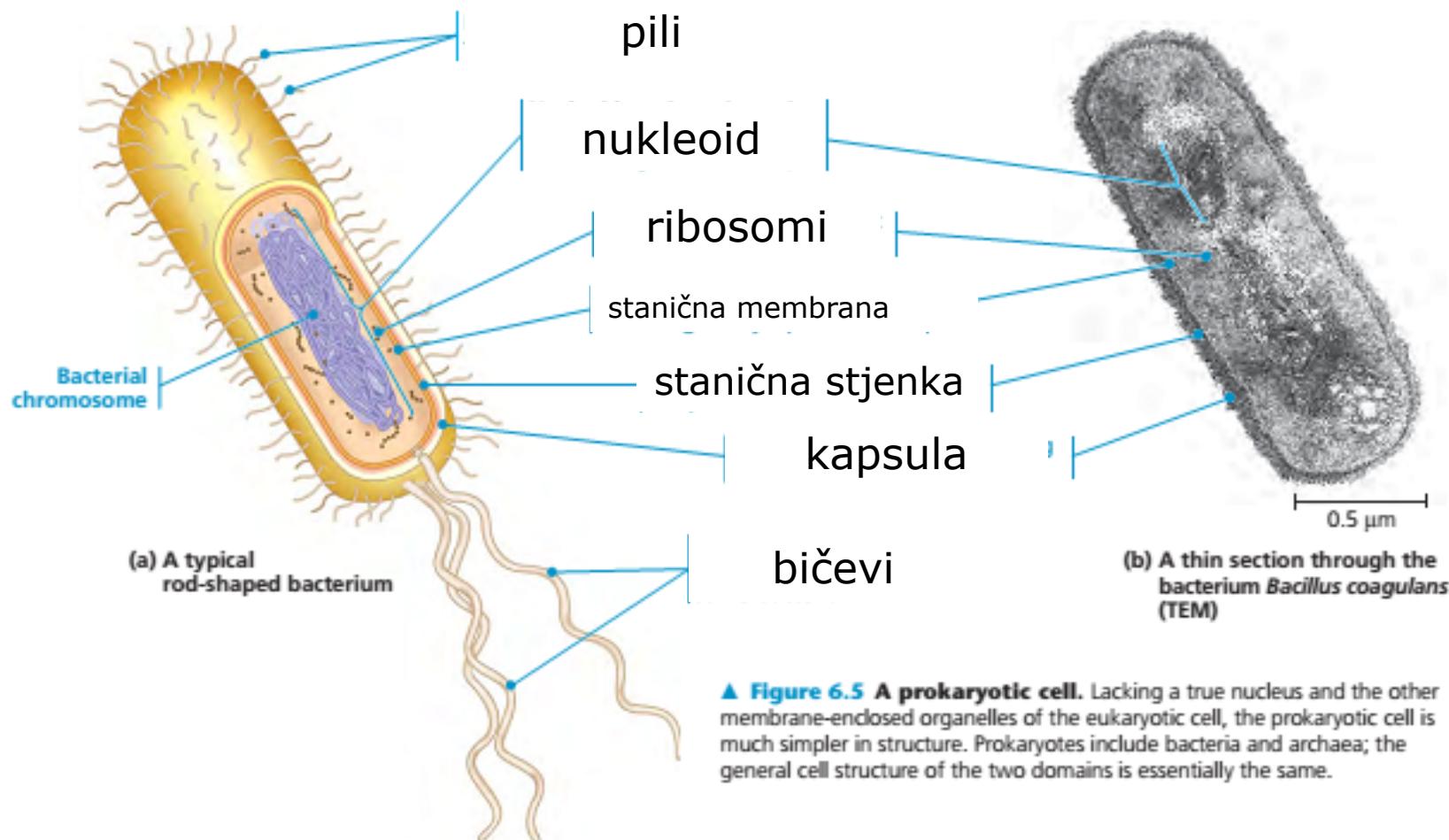
## Podjela stanica

- na temelju osnovnih struktturnih dijelova – **prokariotske (prije jezgre) i eukariotske (prava jezgra)** stanice
- Prokariotske stanice su sitne u prosjeku 0,5-10 mikrometara i nisu raščlanjene na reakcijske prostore različitih funkcija, tj. ne sadrže organele.
- Eukariotske stanice su veće (u prosjeku 20 – 200 mikrometara), a unutrašnjost im je membranama razdijeljna na različite reakcijske prostore (kompartimente) – organele.

- na temelju načina proizvodnje energije – **autotrofne** i **heterotrofne**
  - **autotrofne** – same proizvode potrebnu energiju koristeći svjetlosnu ili kemijsku energiju za metaboliziranje šećera, masti i proteina (neke bakterije i preko 400.000 biljaka)
  - **heterotrofne** – proizvode energiju hraneći se drugim organizmima, njihovim dijelovima ili otpadnim produktima (većina bakterija, životinje i gljive)



# Morfologija prokariotske stanice





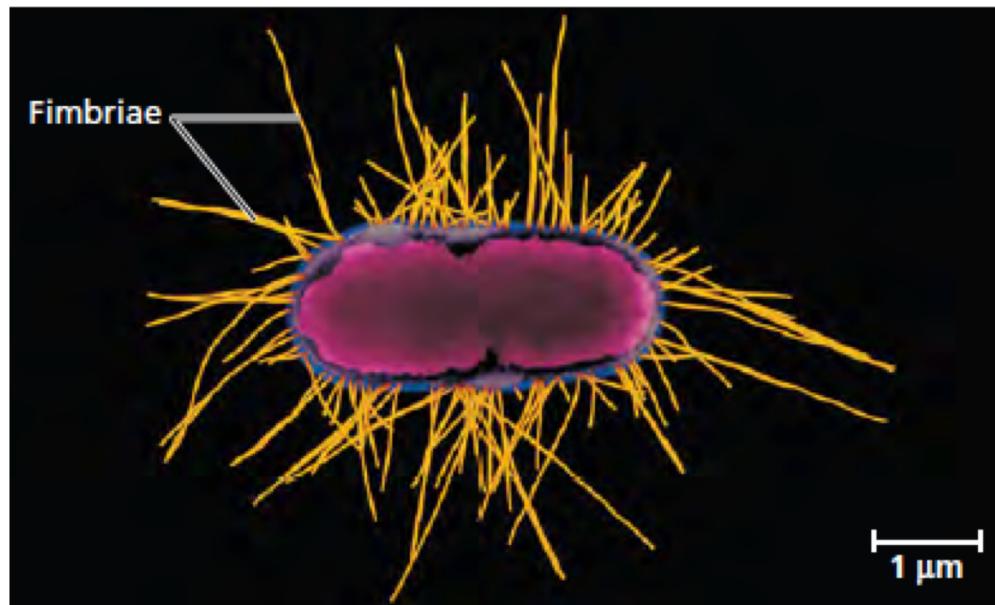
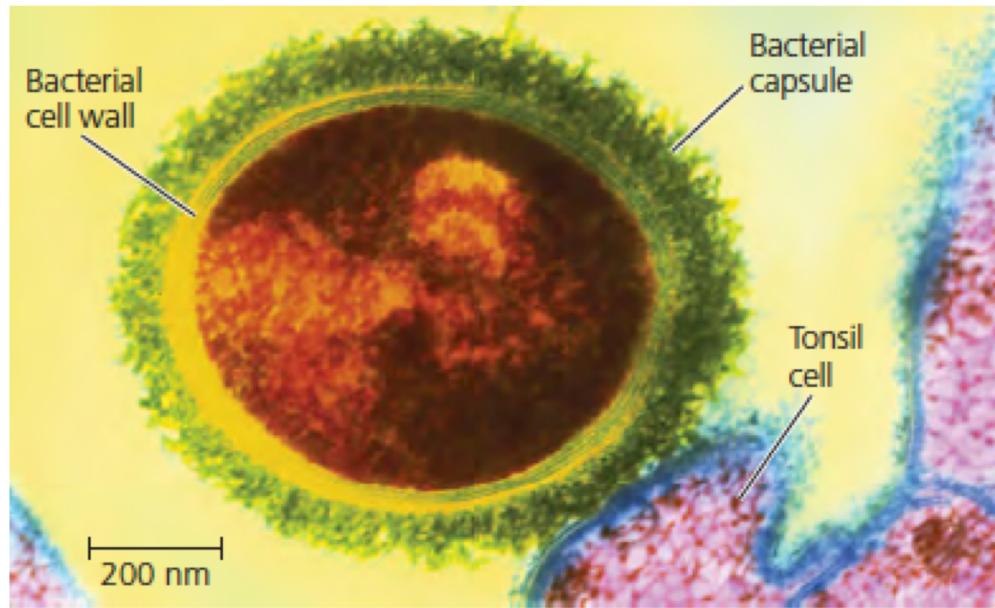
(a) Spherical



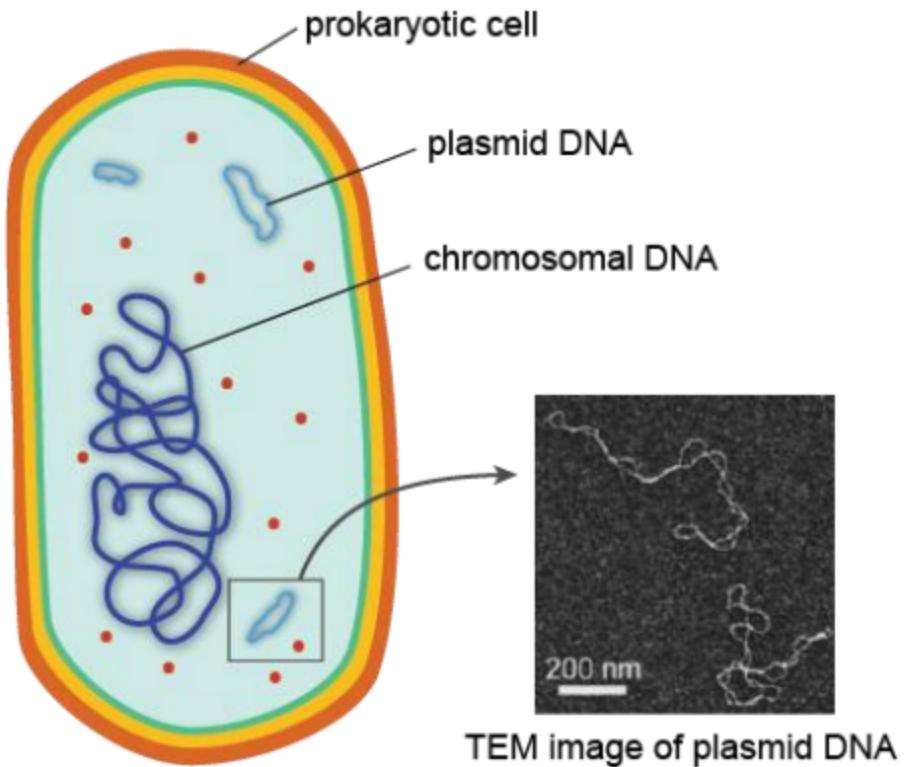
(b) Rod-shaped



(c) Spiral



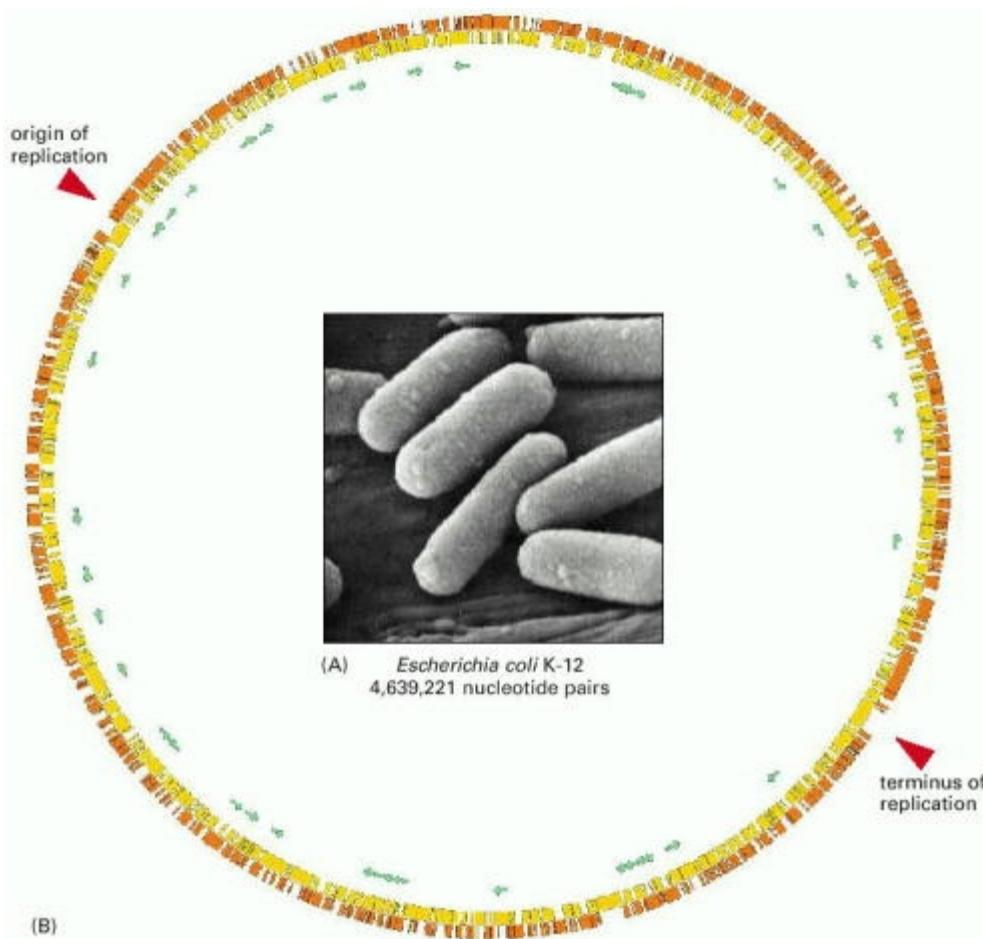
U prokariotskim stanicama nalaze se **plazmidi**.



**Plazmidi** su male kružne molekule DNA koje nisu dio bakterijskog kromosoma. Sadržavaju gene koji daju bakteriji neka korisna svojstva (npr. rezistentnost na antibiotike), ali nisu nužni za njezino preživljavanje. Plazmidi se prenose konjugacijom. Vrlo se uspješno koriste kao vektori za prijenos gena u genetičkom inženjerstvu.

Izvor: <http://www.shmoop.com/biology-cells/prokaryotic-cells.html>

# Genom prokariota i veličina



*Haemophilus influenzae* 1.8Mb  
*Escherichia coli* 4.6Mb

*Sulfolobus islandicus* 2,7Mb  
*Halobiformalacisalsi* 4,3Mb

*Carsonella ruddii* 160kb  
• Najmanji neviralni genom

Ljudski genom: 3.3 Gb

Figure 1-30 The genome of *E. coli*.

(A) Stanice *E. coli*. (B) Diagram genoma *E. coli* od 4,639,221 nukleotidnih parova. The diagram je kružni jer DNA *E. coli*, kao i drugih prokariota čini petlju. Geni koji kodiraju proteine su u žutom; geni koji kodiraju RNA molekule su označene zelenim strelicama

# Reprodukcia

- Binarna fizija (generacijsko vrijeme 1-3h)
- Konjugacija - horizontalni prijenos plazmida
- Brza evolucija zbog kratkog generacijskog vremena
- Stvaranje endospora

# Metaboličke adaptacije

-Podjela na osnovu izvora energije i ugljika:

1.fototrofi

2.kemotrofi

3.autotrofi

4.Heterotrofi



- Fotoautotrofi
- Kemoautotrofi
- Fotoheterotrofi
- Kemoheterotrofi

-Podjela ovisno o potrebi za kisikom:

Aerobi, anaerobi i fakultativni anaerobi

-Fiksacija dušika iz N<sub>2</sub> i NH<sub>3</sub>

# Morfologija eubakterijske stanice

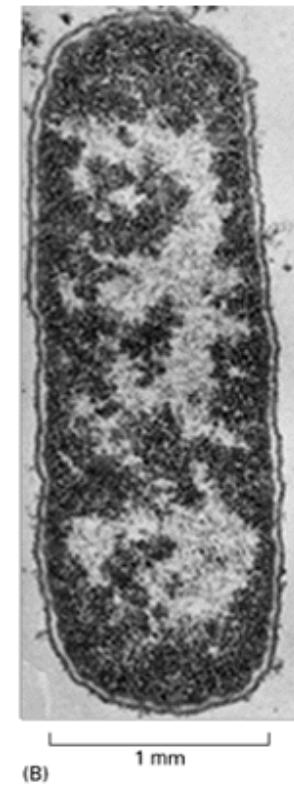
Prokariotska stanica je ujedno i organizam



koki

bacili

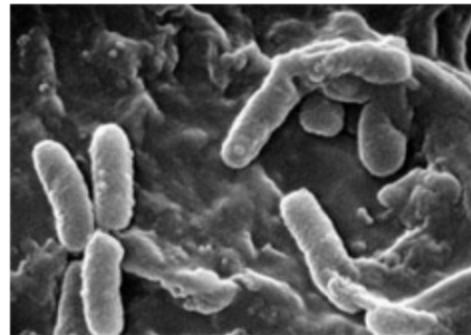
spirile



Morfologija bakterija (lijevo),  
elektronskomikroskopska snimka (desno)  
2002 Alberts.

# Bakterije

Neki primjeri:



*Escherichia coli* – model u molekularno-genetičkim istraživanjima

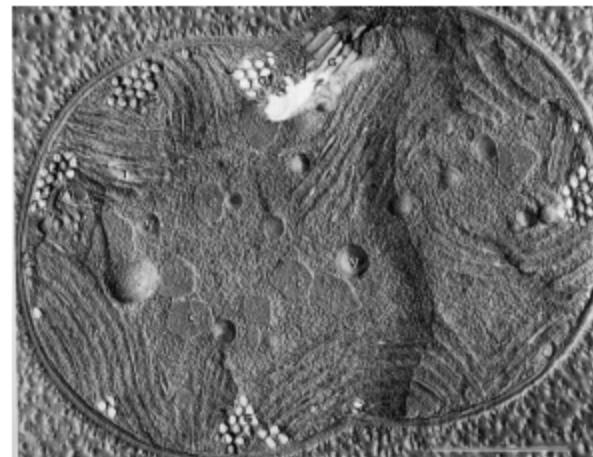
← *Mycoplasma genitalium*. (A) – slika dobivena pretražnim (scanning) elektronским mikroskopom, (B) – slika dobivena transmisijskim elektronskim mikroskopom.

To su najsitnije i najjednostavnije stanice, bez stanične stijenke.

**Cijanobakterije** – za život su im dovoljni i minimalni uvjeti: voda, mineralne soli i svjetlost. To su fotosintetski organizmi, koji mogu vezati dušik iz atmosfere. Iako prokarioti u citoplazmi imaju membrane na kojima se zbivaju fotosintetske reakcije.

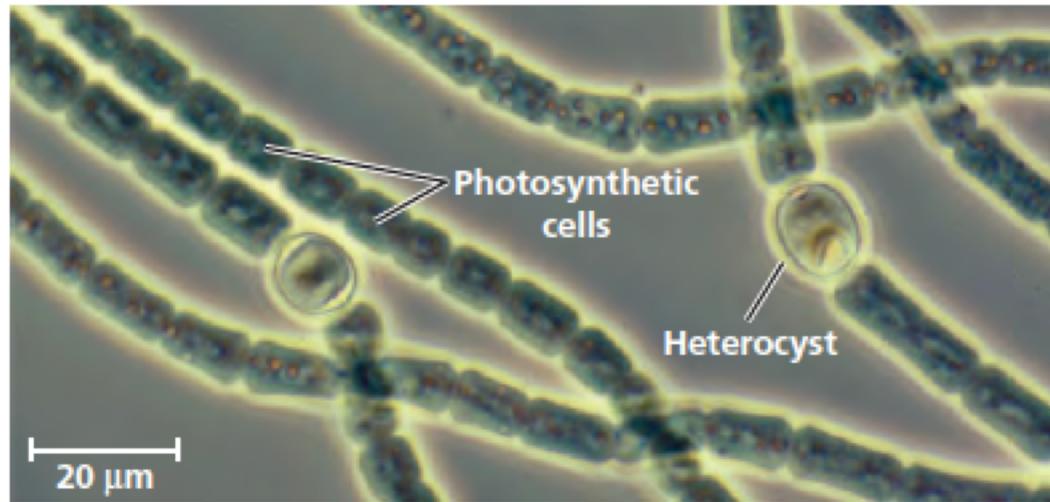


*Anabaena sp.*



Cyanobacteria, *Microcystis aeruginosa*, membrane unutar stanice T- tilakoidi, V vakuola

## Bakterije žive solitarno ALI i u koloniji



▲ Figure 27.14 Metabolic cooperation in a prokaryote. In

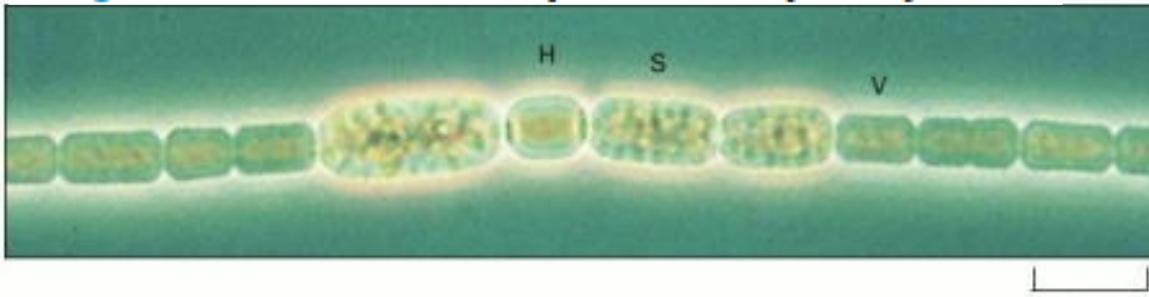
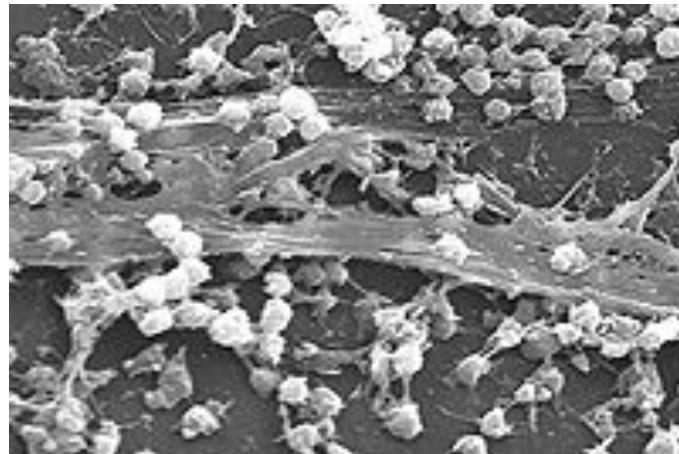


Figure 1-19 fototrofna bakterija *Anabaena cylindrica* viđena pod svjetlosnim mikroskopom

Stanice ove vrste čine duge, višestanične filamente. Najveći broj stanica (označeno V) fotosintetiziraju, dok se druge specijaliziraju za fiksaciju dušika (H), ili se razviju u otporne spore (S). (Ljubaznošću of Dave G. Adams.)

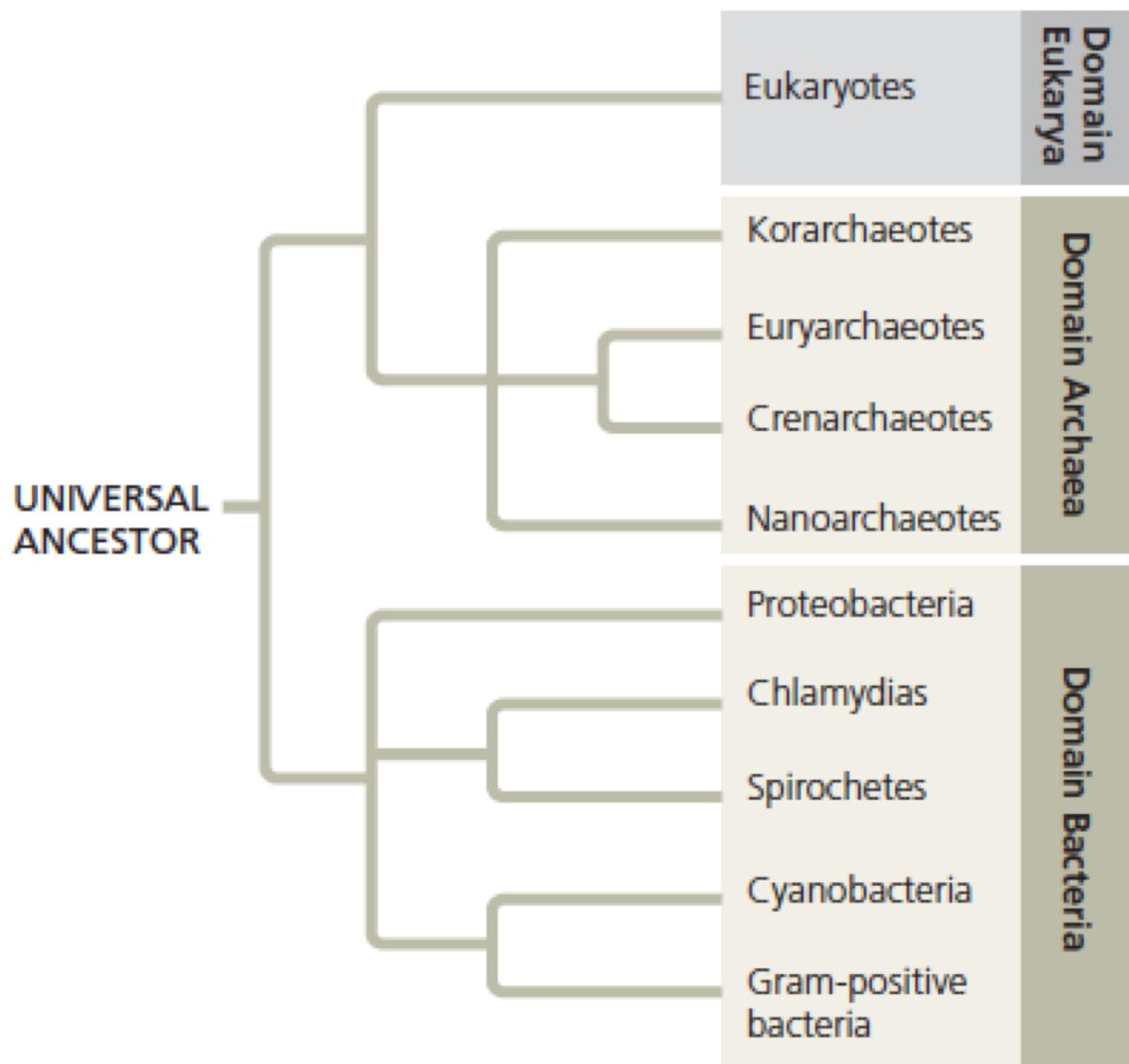
## Bakterije tvore biofilmove

- Pojedinačne bakterije se udružuju na živoj ili neživoj površini
- Udruživanjem poprimaju drugačija svojstva nego solitarne
- Izlučuju polisaharide, DNA i proteine i čine izvanstanični polimer
- Obraštaj kamenja u rijekama i jezerima
- U tuševima, na zubima
- Problemi u medicini ili u industriji, brodogradnji



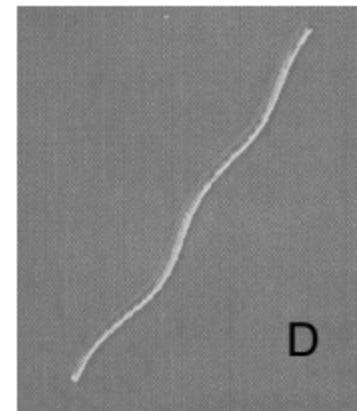
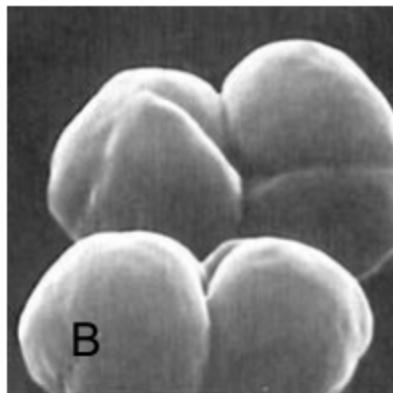
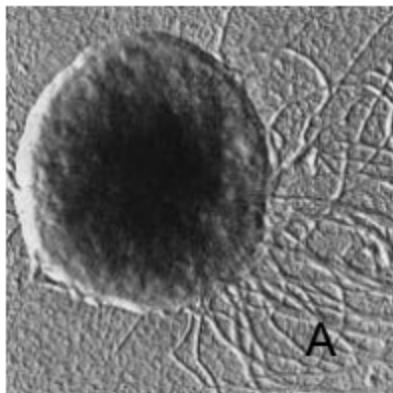
Detekcija biofilma na zubima

Biofilm bakterije *Staphylococcus aureus* na kateteru



# Arheje

Neki primjeri: Metanogene arheje



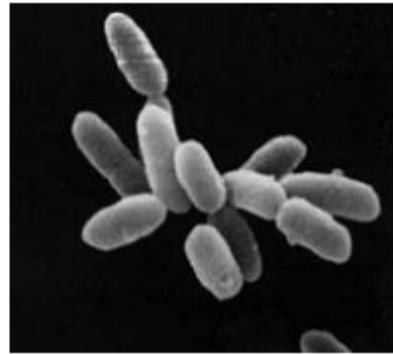
**Morfologija arheja.** (A) *Methanococcus janaschii*, oblik koka s bičevima. (B) *Methanosaarcina barkeri*, oblik koka bez bičeva. (C) *Methanothermus fervidus*, oblik bacila, (D) *Methanobacterium thermoautotrophicum*, oblik izduženog bacila.

*Methanobacterium thermoautotrophicum* → za život treba: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> i mineralne soli, ~ 65 °C, anaerobni uvjeti.



Proizvodnja bioplina pomoću kulture arheja (CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O)

- **Halofilne arheje**, žive u okolišu s visokom koncentracijom soli (1-10x višom od koncentracije soli u moru)



*Halobacterium* sp. strain NRC-1, duljina stanice oko 5 µm. Izvor:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Halobacterium>

- **Termoacidofilne arheje**, žive na toplim i kiselim staništima (70-80 °C, pH 2-3) bogatim sumporom

Hipertermofilne žive pri temperaturama višim od 100 °C.



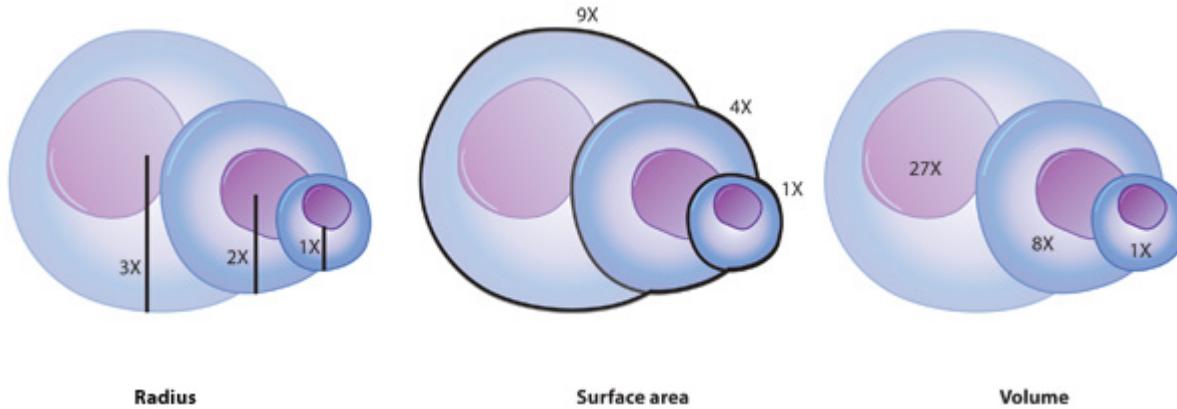
# Pink salt lake, Utah



# Prokarioti u biotehnologiji

- Prehrambena industrija
- Farmaceutska industrija
- Agronomija
- Proizvodnja bioplastike
- Bioremedacija

Zašto su stanice ostale male?

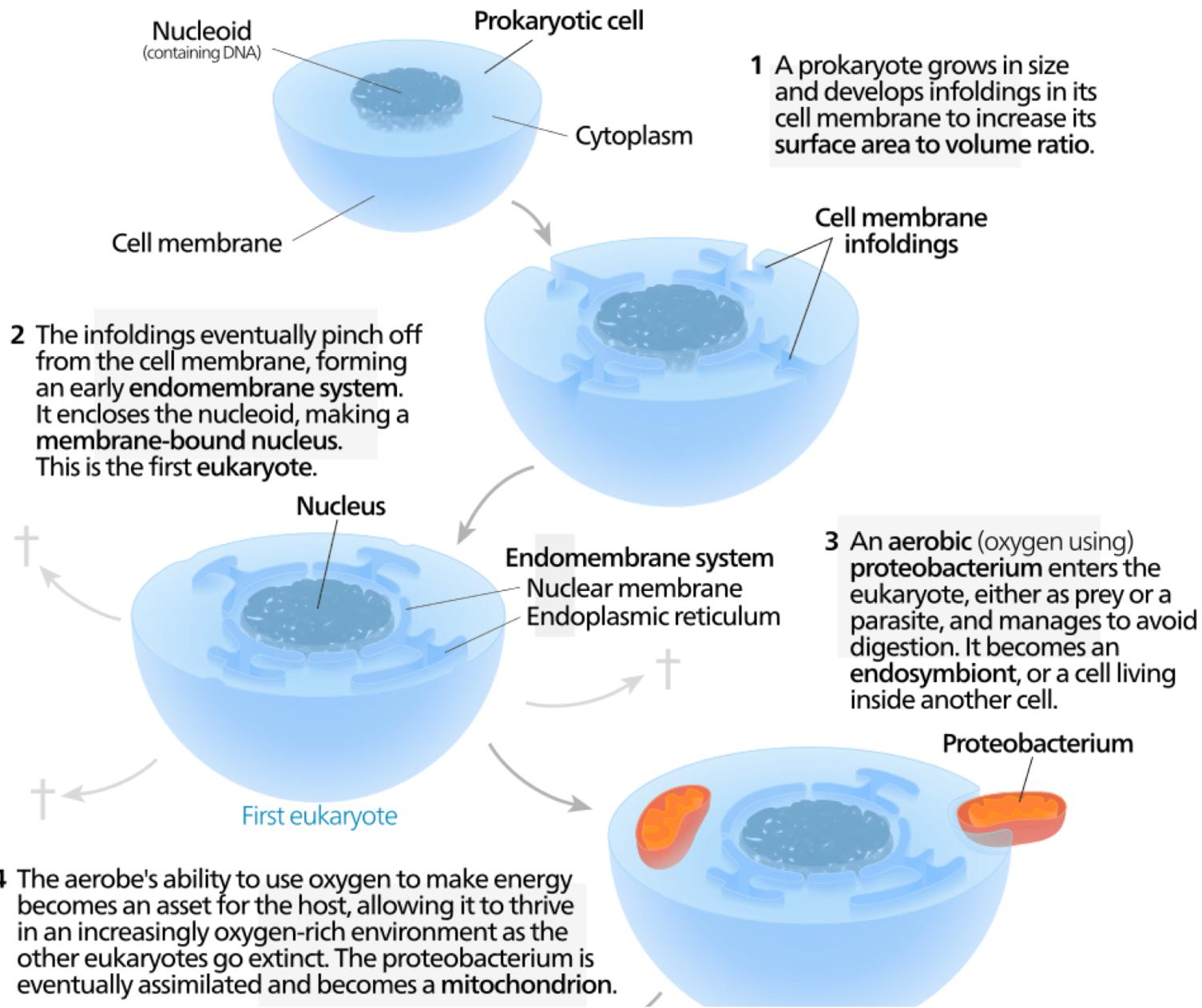


Odnos radijusa stanice, površine i volumena.

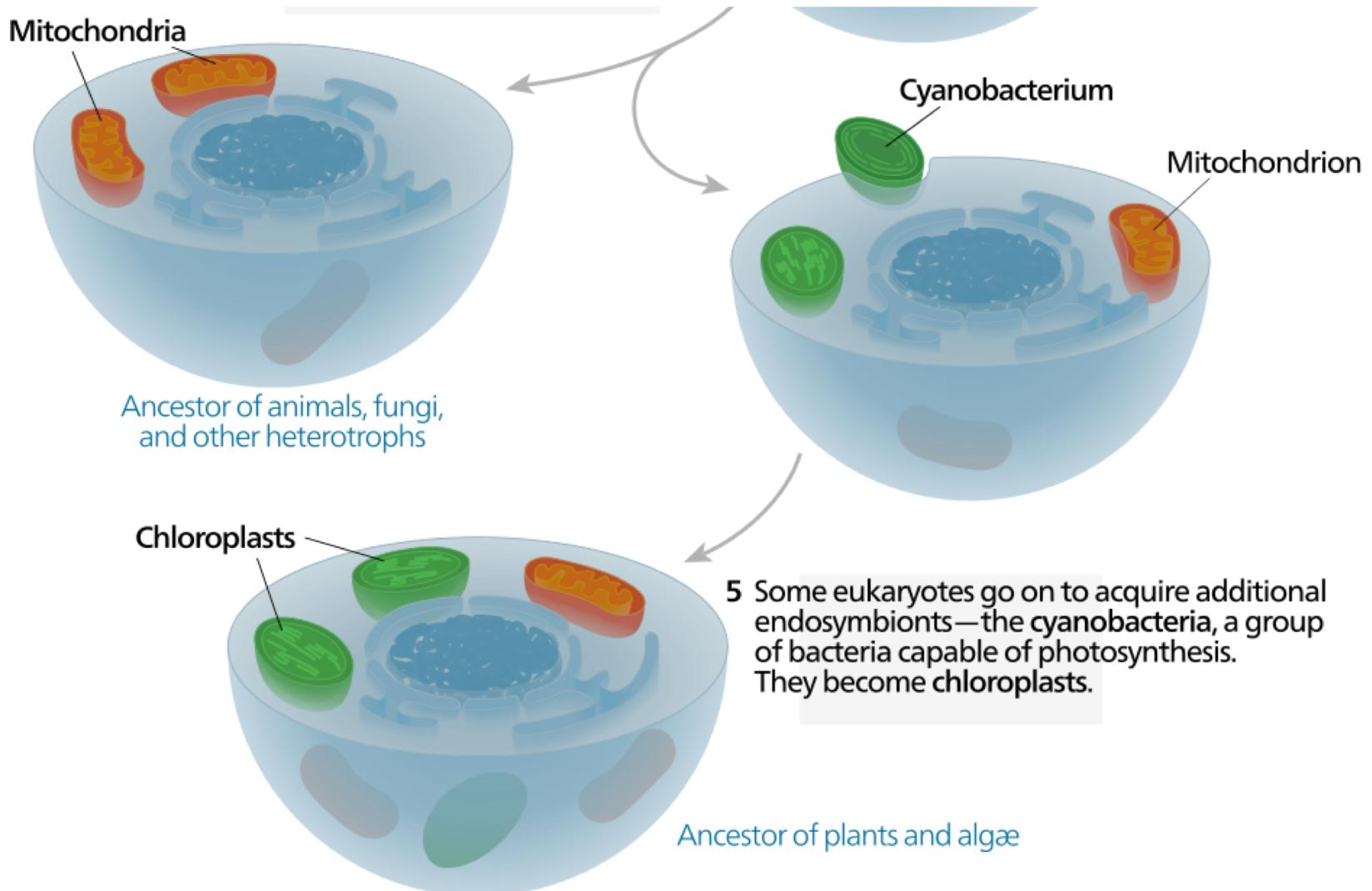
Kako se radius stanice povećava od 1x do 3x, površina se povećava do 9x a volumen do čak 27x.

Značajno povećanje volumena smanjuje iskoristivost energije i brzinu metabolizma

# Postanak eukariota

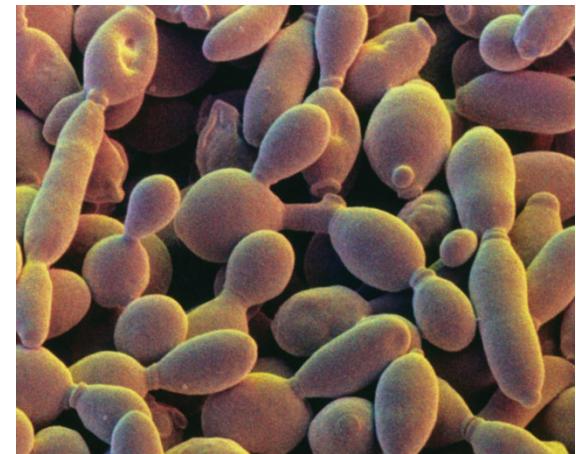


# Postanak eukariota

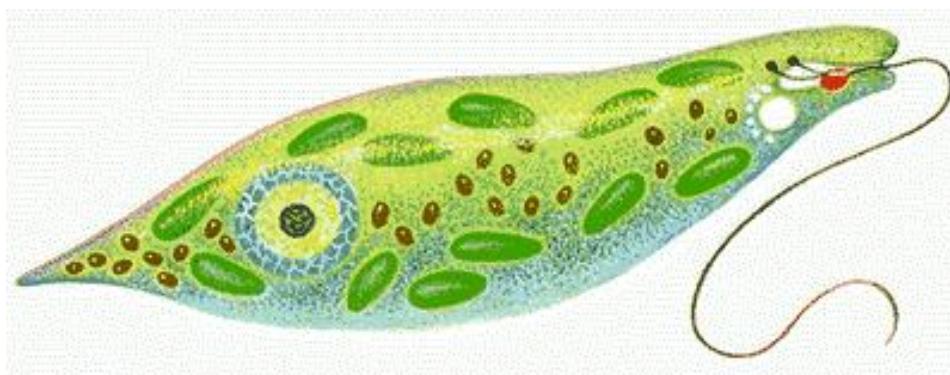


# Eukariotska stanica - jednostanični organizmi

Amoeba



kvasac *Saccharomyces cerevisiae*



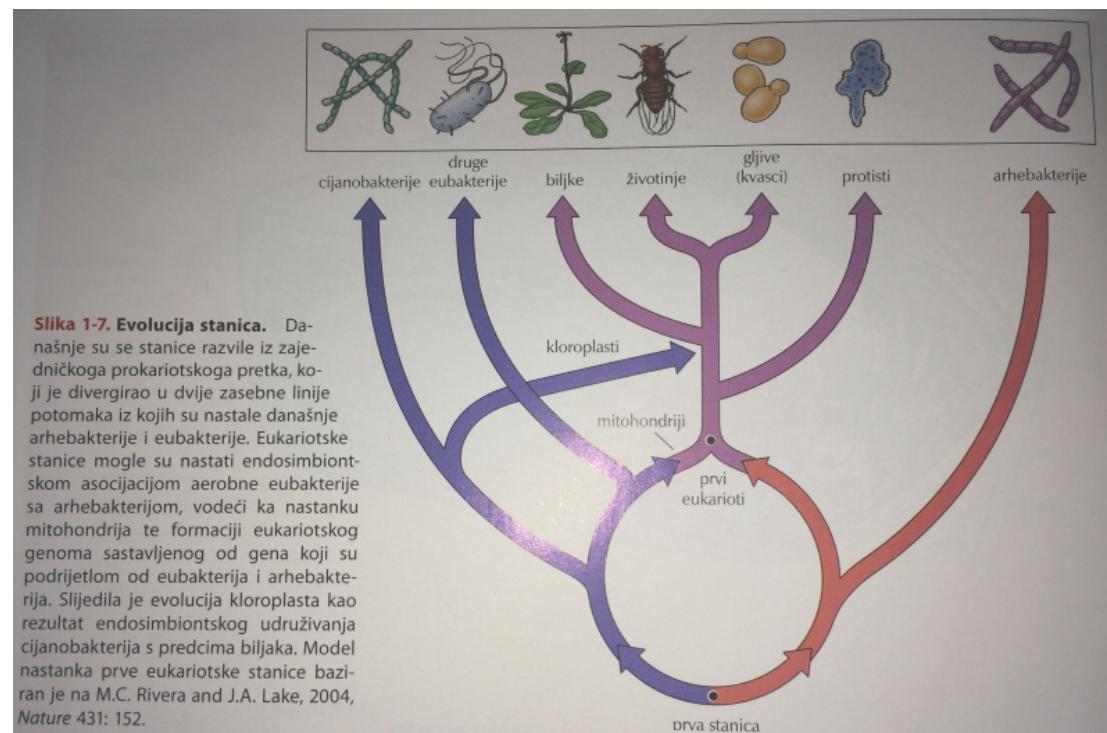
Euglena - rod mikroskopskih jednostaničnih organizama iz carstva protista (protoctista), ima oko 150 različitih vrsta ovog roda. Živi u vodi i pokreće se bičem. Može fotosintetizirati, ali također uzimati gotovu hranu iz svoga okoliša.

# Razvoj višestaničnih organizama

Tijekom povijesti, višestaničnost se pokušala nezavisno razviti najmanje 46 puta, čak i iz prokariota cijanobakterija

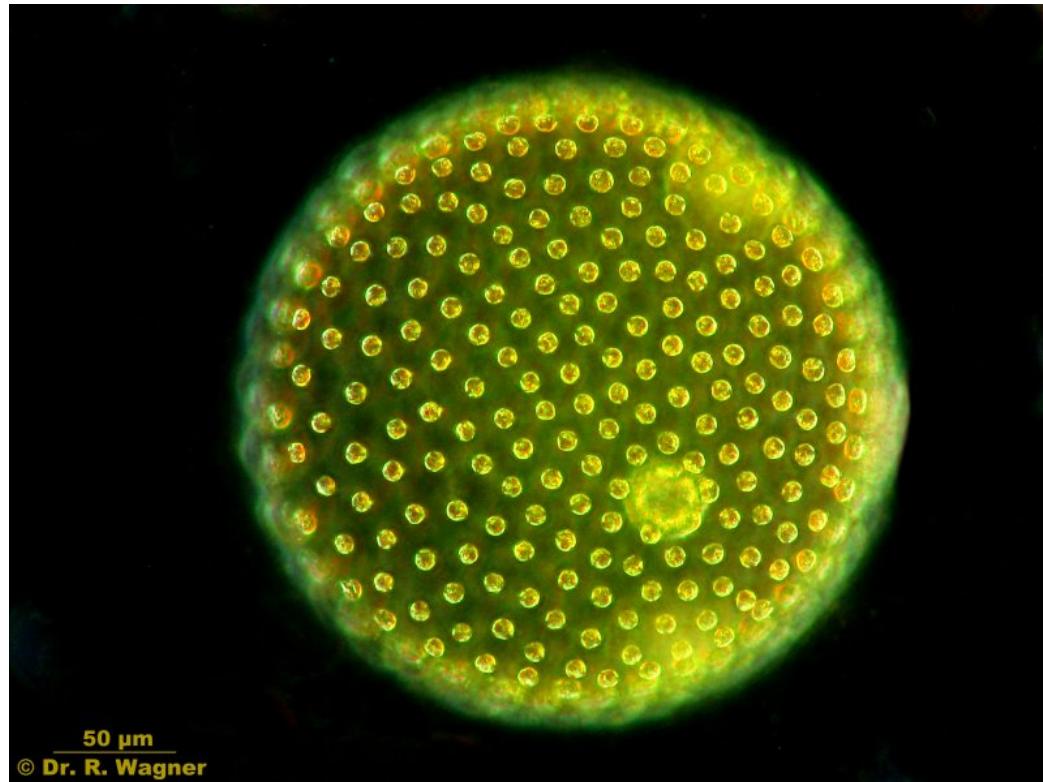
Složeni višestanični organizmi su se razvili u šest eukariotskih grupa: životinje, gljive, smeđe alge, crvene alge, zelene alge, i biljke.<sup>[1]</sup>

Fosil nađen iz stijene u Gabonu, datiran na 2.1 Mrd godina, je najstariji fosil višestaničnog eukariota



## Prijelazni oblici od jednostaničnih ka višestaničnim eukariotima

- Zelena alga Volvox
- pojedine st. oblikuju kolonije – u želatinozni matriks uklopljeno stotine ili tisuće st.
- st. sadrže kloroplaste → fotosinteza
- kolonije → evolucijske preteče današnjih biljaka



Nastavljanje st. specijalizacije i podjela rada između st. jednog organizma dovela do složenosti različitosti današnjih organizama

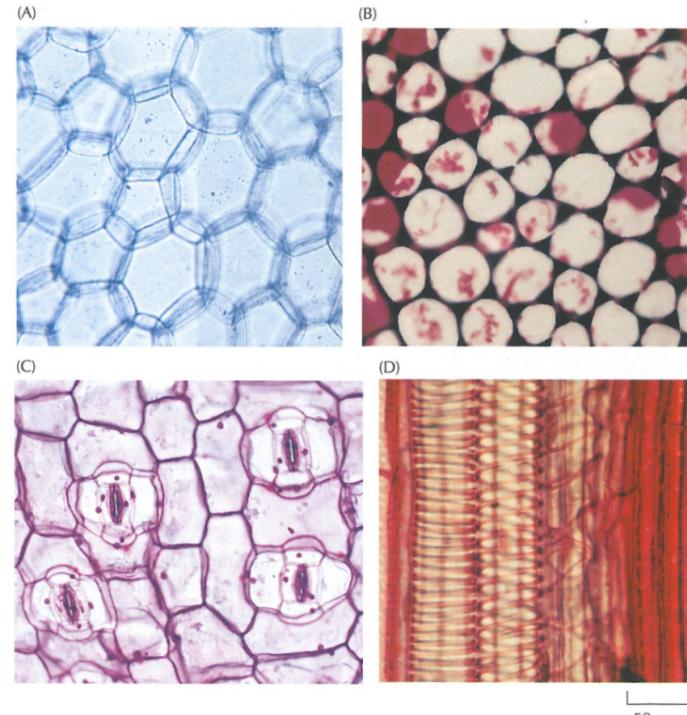
# Biljke

- Manji broj tipova stanica
- Visoko specijalizirane stanice

- **Osnovno tkivo, epidermalno tkivo i provodno tkivo**
- **Osnovno tkivo**
  - parenhimske stanice – najviše funkcija – fotosinteza
  - kolenhim i sklerenhim - debele stjenke – potporanj biljkama

- **Kožno tkivo:**
  - pokriva površinu stanica epidermalne stanice - zaštita i apsorpcija
- **Provodno tkivo:**
  - Ksilem i floem raznose vodu i hranjive tvari kroz biljku.

**Slika 1-11.** Slike tipičnih biljnih stanica dobivene svjetlosnim mikroskopom. (A) Parenhimske stanice koje su odgovorne za fotosintezu i druge metaboličke reakcije. (B) Kolenhimske stanice, specijalizirane su potporne stanice s debelim stjenčnim stijenkama. (C) Epidermalne stanice na površini lista. Sićušne pore (stome, pući) okružene su specijaliziranim stanicama koje se zovu zaštitne stanice. (D) Provodni elementi i trahide su izdužene stanice poredane u nizu s jednog kraja biljke na drugi, te oblikuju žile ksilema. (A, Jack M. Bastsack/Visuals Unlimited; B, A. J. Karpoff/Visuals Unlimited; C, Alfred Owczarzak/Biological Photo Service; D, Biophoto Associates/Science Source/Photo Researchers Inc.)



# Životinje

Ljudsko tijelo više od 200 tipova stanica

5 vrsta tkiva:

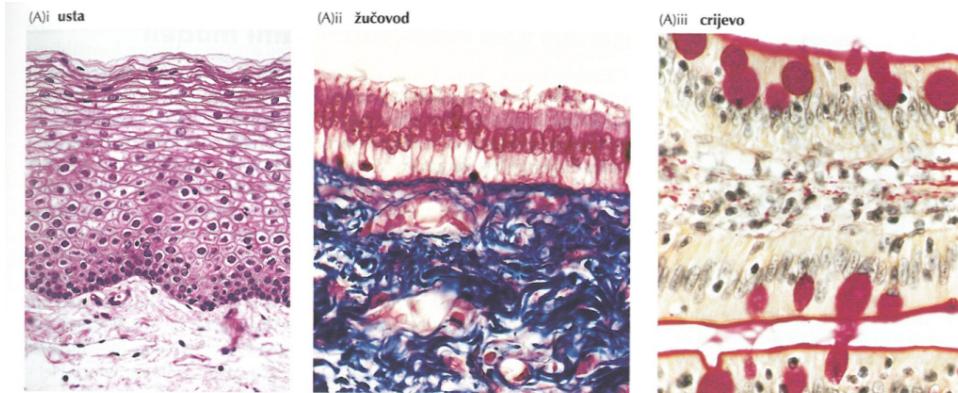
**Pokrovno tkivo** – prekiva površinu tijela i organa

**Vezivno tkivo** – kost, hrskavica, masno tkivo, fibroblasti

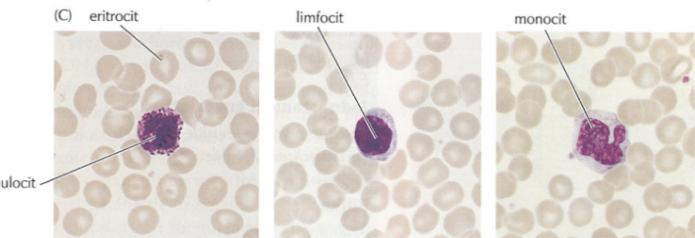
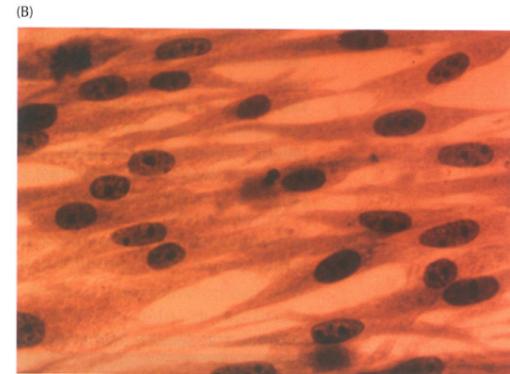
**Krv** – crvene stanice, limfociti, granulociti, makrofagi itd.

**Živčano tkivo** – stanice u oku, uhu, mozgu i živci

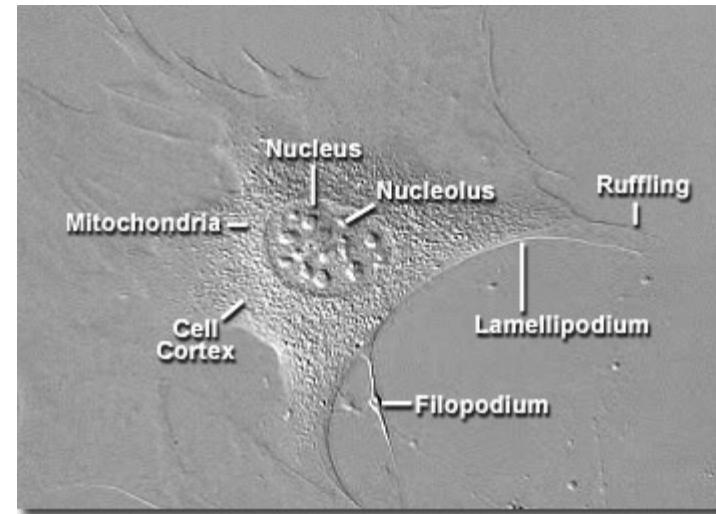
**Mišićno tkivo** – poprečno prugasto, glatko...



**Slika 1-12.** Slike tipičnih životinjskih stanica dobivene svjetlosnim mikroskopom. Epitelne stanice ustiju (debeli, mnogoslojni pokrov), žučovoda i crijeva. (B) Fibroblasti su stanice vezivnoga tkiva karakterističnog izduženog, vretenastog oblika. (C) Eritrociti, granulociti, limfociti i monociti u ljudskoj krvi. [(A)i i (A)ii, G. W. Willis/Biological Photo Service; (A)iii, Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.; B, Don W. Fawcett/Vi-suals Unlimited; C, G. W. Willis/Biological Photo Service.]



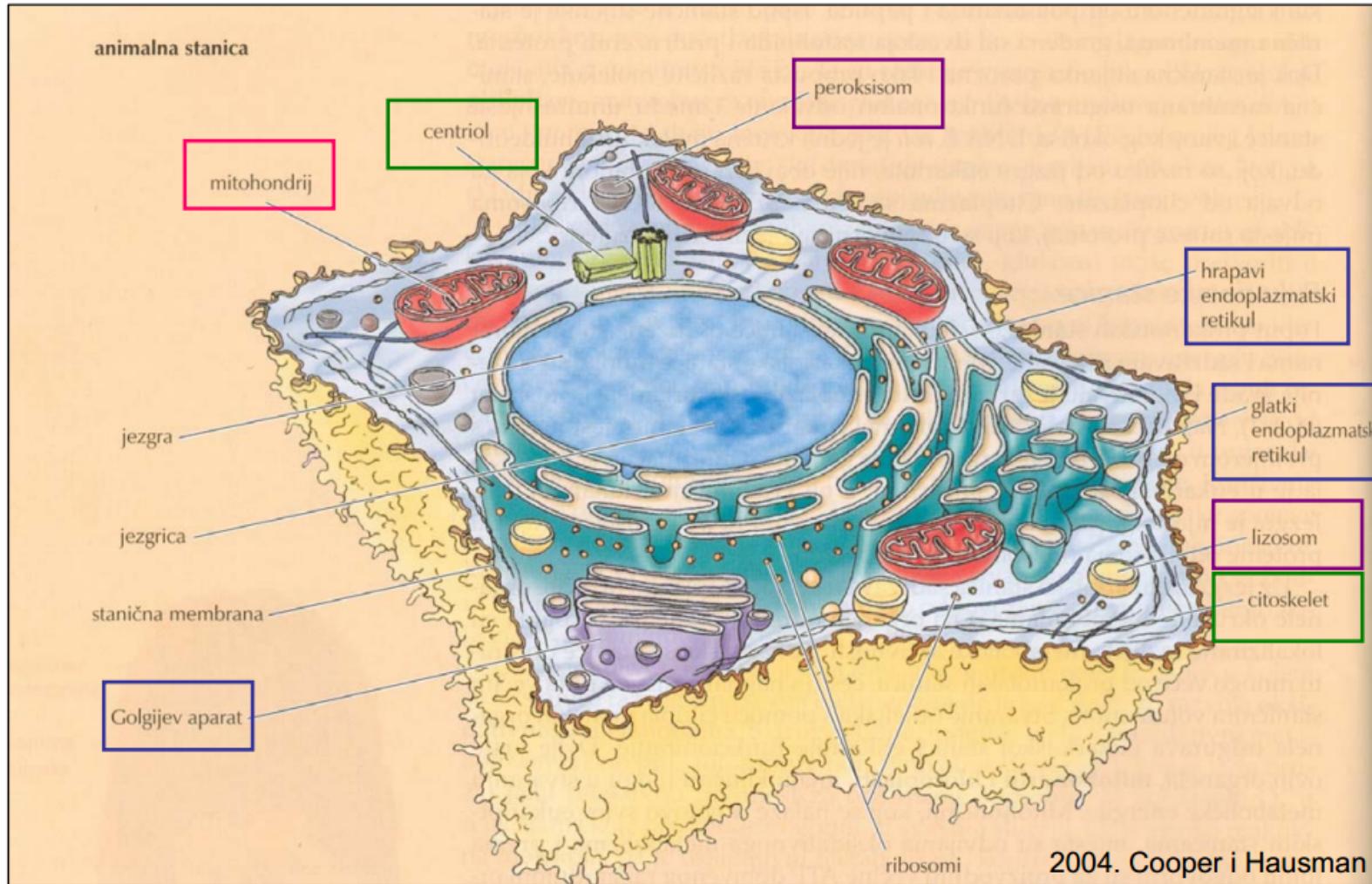
## Primjeri eukariotskih stanica viđeni pod svjetlosnim mikroskopom



Stanica miša (fibroblast 3T3 stanična linija) u kulturi

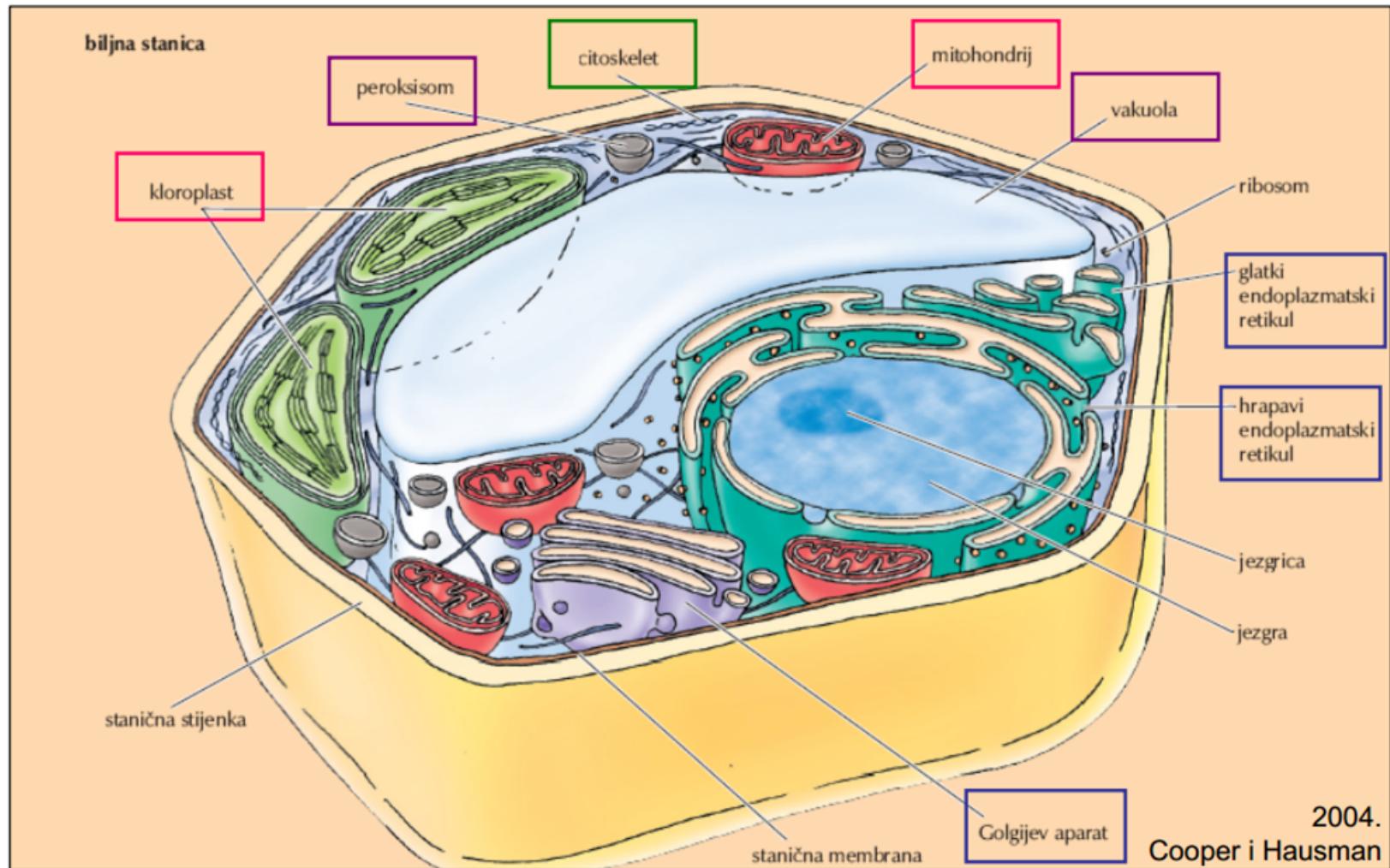
Mikroskopska snimka stanica lista.

# Animalna stanica



- Metabolička energija
- Probava i oks. reakcije
- Raspoređivanje, pakiranje i transport
- Struktorna osnova i pokretanje st. i staničnih struktura

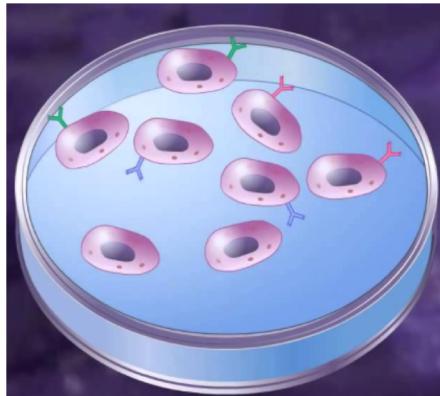
# Biljna stanica



- Metabolička energija
- Probava i oks. reakcije
- Raspoređivanje, pakiranje i transport
- Struktorna osnova i pokretanje st. i staničnih struktura

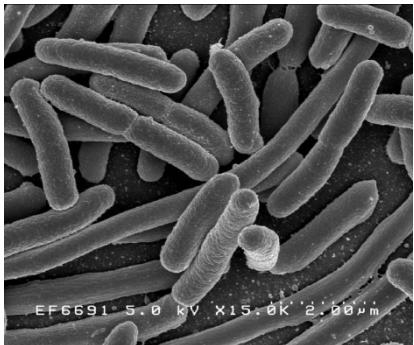
# Eukarioti u biotehnologiji

- Farmaceutska industrija
- Prehrambena industrija

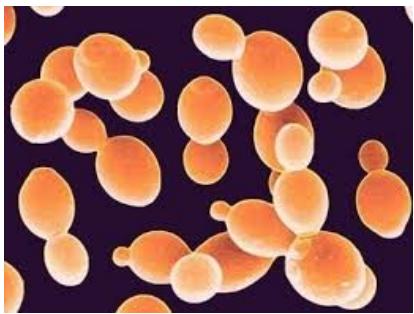


## Cell structure

# Stanice su modelni organizmi u istraživanjima



*E. coli* - mali genom, molekularna genetika



*Saccharomyces cerevisiae* –biologija jednostavnog eukariota

*Caenorhabditis elegans* – 959 stanica



*Arabidopsis thaliana* – biljna biologija



*Caenorhabditis elegans* – 959 stanica



*Drosophila melanogaster* - genetika

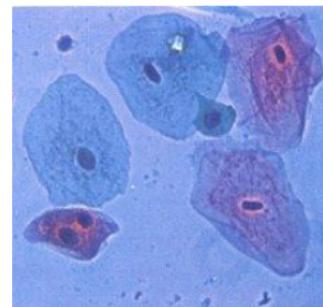
# Razlike između prokariotskih i eukariotskih stanica

<b>prokariotske stanice</b>		<b>eukariotske stanice</b>
1.	jednostanični organizmi	jednostanični (protozoa, neke alge i gljive) i višestanični organizmi (gljive, biljke, životinje)
2.	nukleoid	jezgra omeđena jezgrinom ovojnicom
3.	veličina 0,1-10 $\mu\text{m}$	10-100 $\mu\text{m}$ ili više
4.	nema staničnih organela (kompartimenata)	stanični organeli (membranom obavijeni kompartimenti)
5.	nema staničnog kostura (citoskeleta)	stanični kostur (citoskelet)
6.	dioba binarnim cijepanjem	mitoza, mejoza

# PITANJA

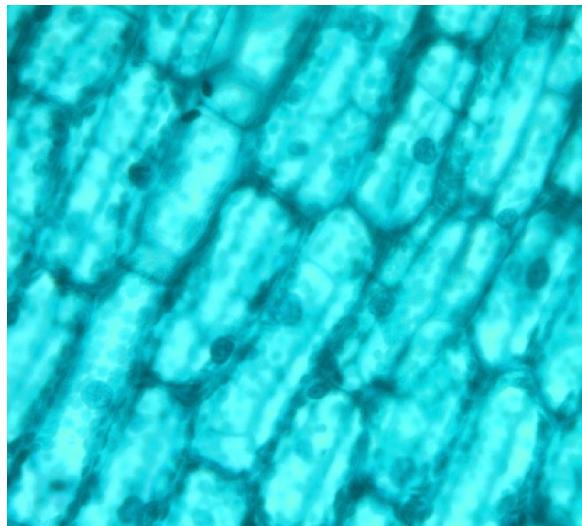
- 1. Kako se spuštamo po organizacijskoj ljestvici živoga svijeta tako razlike među organizmima
  - a) postaju sve očitije
  - b) sve se više gube
  - c) jasne su sve do razine makromolekula
  - d) na svim su razinama jednakomjerne izražene
- 2. jesu li carstva i domene živoga svijeta jedno te isto?
- 3. Koja razina organizacije živoga svijeta je temelj razvrstavanja organizama u carstva, a koja za razvrstavanje u domene.
- 4. Ključna razlika između prokariotskih i eukariotskih stanica je u tome što
  - a) prve nemaju, a druge imaju jezgru
  - b) su prve autotrofne, a druge heterotrofne
  - c) su eukariotske membranama raščlanjene na različite reakcijske prostore
  - d) što se prve dijeli binarnim cijepanjem, a druge mitozom.

## Stanična jezgra



- Uloga stanične jezgre
- Organizacija jezgre (svjetlosnomikroskopska i elektronskomikroskopska slika)
- Što se nalazi u jezgri
- Kromatin i kromosomi
- Udvostručenje (replikacija) DNA i dioba stanice
- Stanični ciklus (mitoza i interfaza)
- Mejoza i genetička rekombinacija
- Oogeneza i spermatogeneza

# Stanična jezgra



## Uloga stanične jezgre

- Genetička informacija (nasljedna uputa) u DNA
- Reduplikacija (udvostručenje) DNA
- Transkripcija (prepisivanje)
- RNA-obrada (“RNA splicing”)
- Dioba (mitoza, mejoza)
- Izgradnja ribosomskih podjedinica

## Slika jezgre dobivena elektronskim mikroskopom

### Jezgrina ovojnica:

vanjska i unutarnja membrana,  
perinuklearni prostor (50-100nm)pore

Na jezgrinu ovojnicu se nastavlja ER –  
kontinuitet sinteze proteina

### Unutrašnjost jezgre:

Lamin – intermedijarni filamenti

### Kromatin

Heterokromatin – gusto pakiran DNA materijal

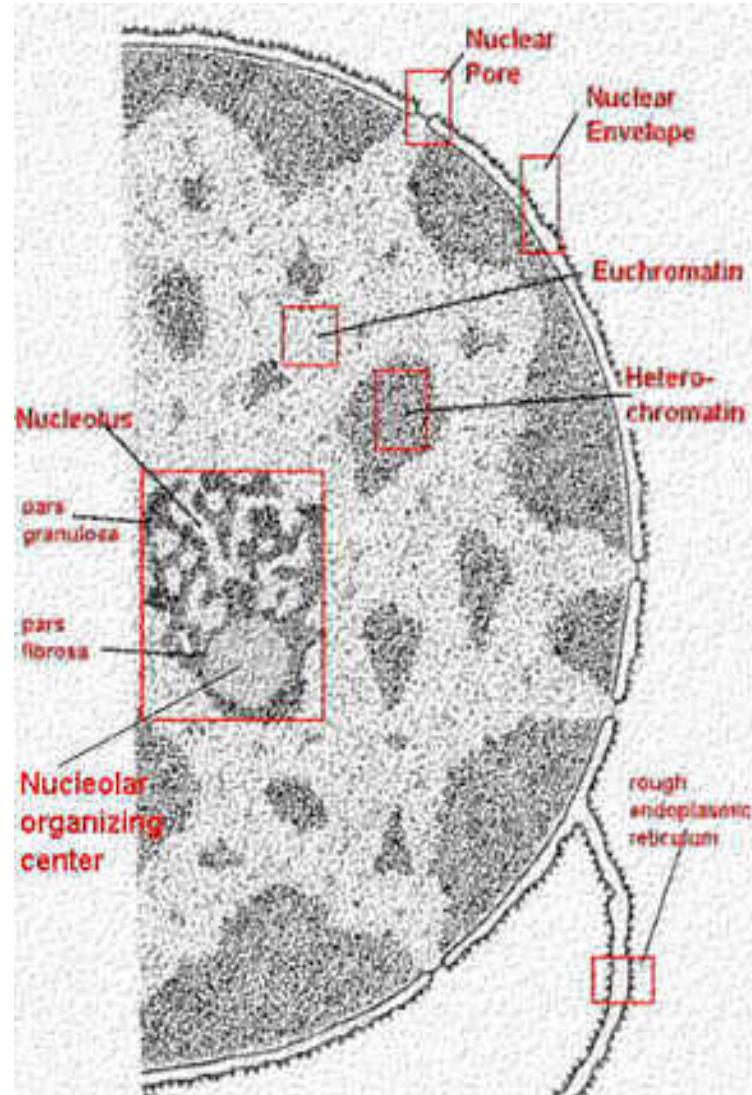
Eukromatin – rjeđe pakiran DNA materijal

### Jezgrica

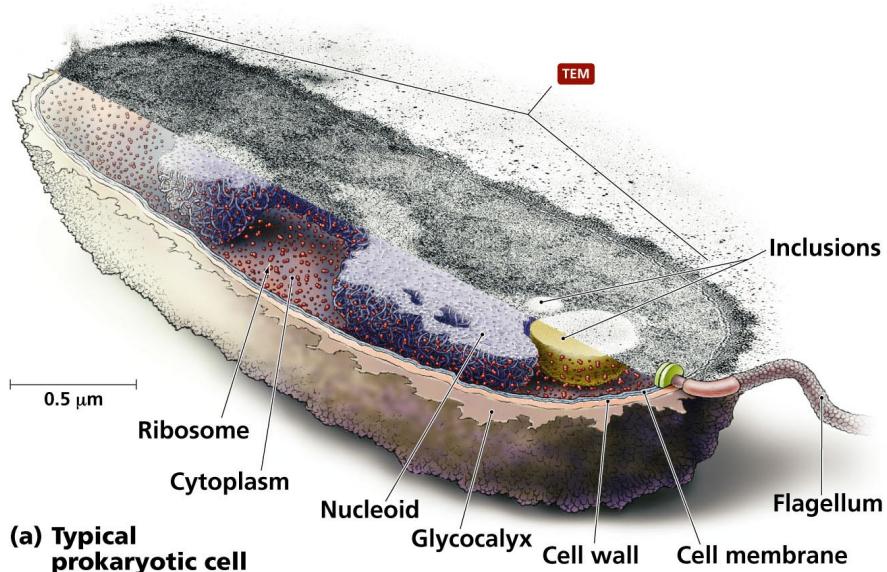
Mjesto sinteze i sklapanja ribosoma

Centar organizacije jezgrice (NOC)

Dijelovi kromosoma sa rRNA genima



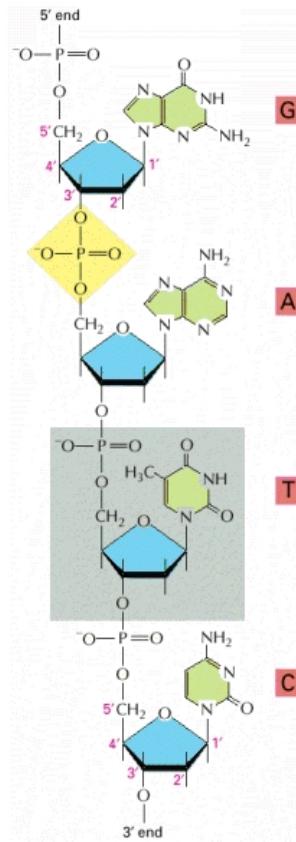
Prokarioti nemaju jezgru, ali je DNA organizirana u području „nukleoid”



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

# Pohrana i prijenos informacija – glavna uloga DNA

Figure 2-28A small part of one chain of a deoxyribonucleic acid (DNA) molecule



nukleotidi – građevne jedinice nukleinskih kiselina

Fosfodiesterska veza – između fosfatne skupine na šećeru jednog nukleotida i hidroksilne skupine drugog (slijedećeg) nukleotida

Dva tipa nukleinskih kiselina:

- RNA –riboza+ A, G, C i U; pretežno jednolančana
- DNA –deoksiribozna+ A, G, C i T; dvolančanazavojnica

Čitanje DNA započinje s 5' kraja.

NOMENCLATURE		
The names can be confusing, but the abbreviations are clear.		
BASE	NUCLEOSIDE	ABBR.
adenine	adenosine	A
guanine	guanosine	G
cytosine	cytidine	C
uracil	uridine	U
thymine	thymidine	T

Nucleotides are abbreviated by three capital letters. Some examples follow:

AMP = adenosine monophosphate  
dAMP = deoxyadenosine monophosphate  
UDP = uridine diphosphate  
ATP = adenosine triphosphate

BASE + SUGAR = NUCLEOSIDE

BASE + SUGAR + PHOSPHATE = NUCLEOTIDE

S DNA se udružuju proteini koji ju pakiraju i stabiliziraju - histoni

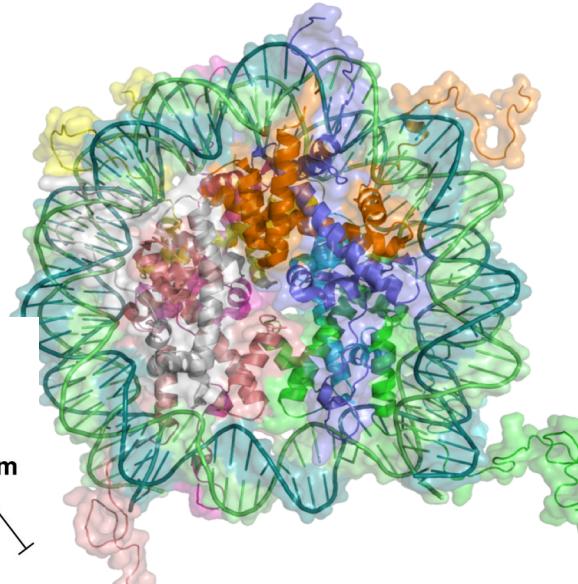
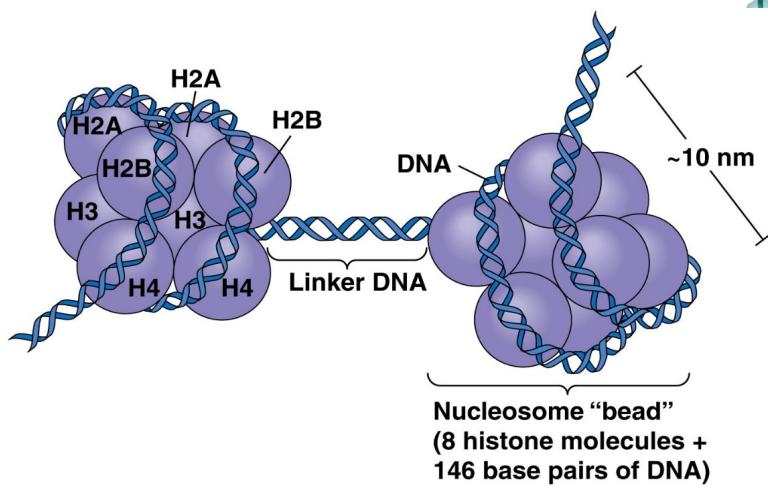
Nukleosom (1974.):

2 namotaja DNA oko histonskog  
oktamera + DNA spona (linker DNA)

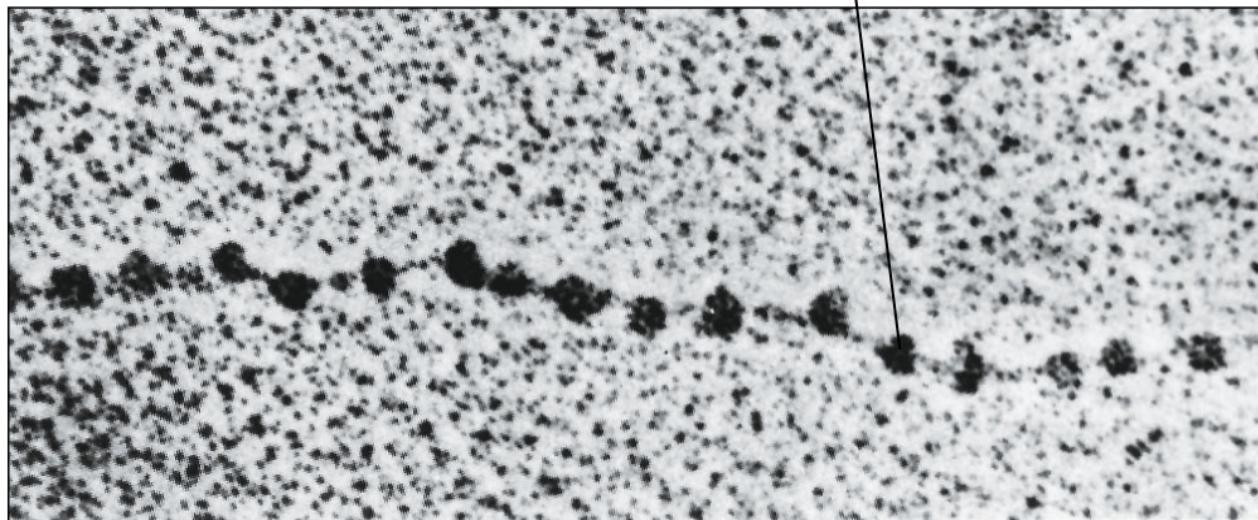
Nukleosom - ukupno oko 200

parova nukleotida ( $\sim 146 + \sim 60$ )

Tipičan gen: 10 000 nukleotidnih parova = 50  
nukleosoma



**Nucleosome core particle**



0.05  $\mu\text{m}$

© 2012 Pearson Education, Inc.

uočava se struktura nukleosoma (poput perlica naogrlici “beads on a string”)

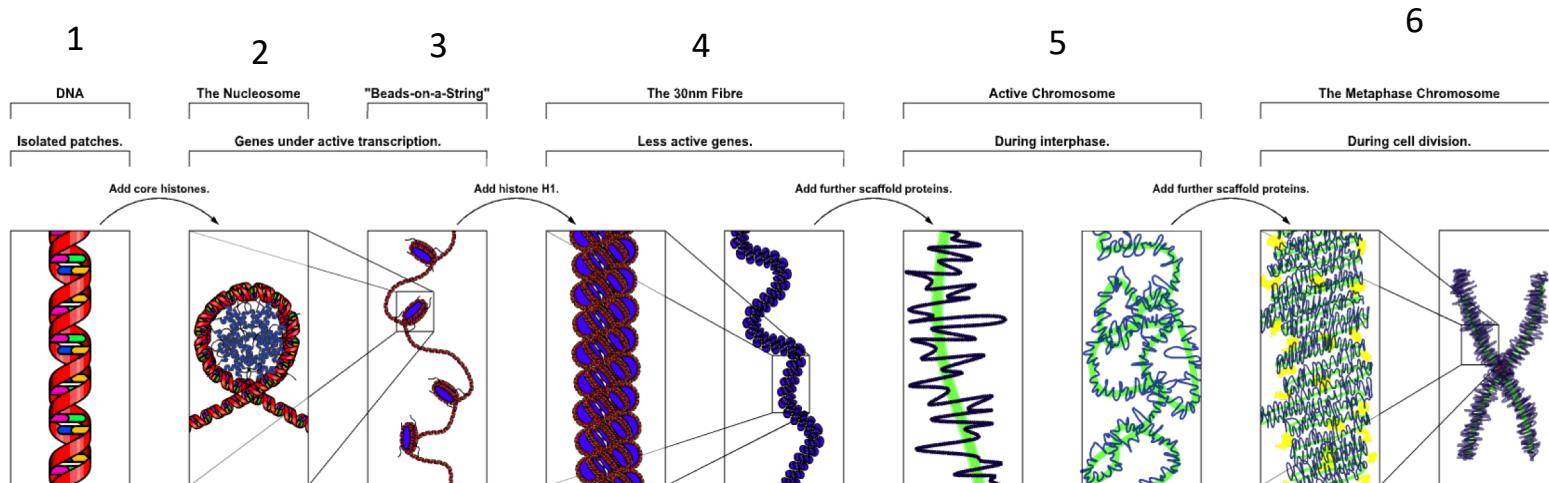
# Stupnjevi kondenzacije DNA

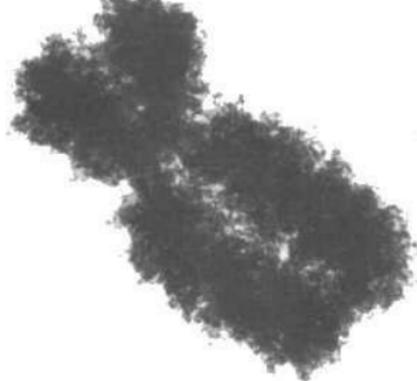
Model pokazuje neke od mnogih razina presavijanja i nabiranja kromatina što omogućuje formiranje vrlo kondenzirane strukture kromosoma. Odozgo prema dolje:

1. kratak isječak dvostrukе zavojnice DNA
2. struktura ogrlice („beads on a string“)
3. kromatinsko vlakno debljine 30 nm
4. dio kromosoma u razvučenom obliku
5. dio kromosoma u kondenziranom obliku
6. cijeli mitotski kromosom (2 kromatide i 2 molekule DNA) 10 000 puta kraći nego njegova DNA u ispruženom obliku.

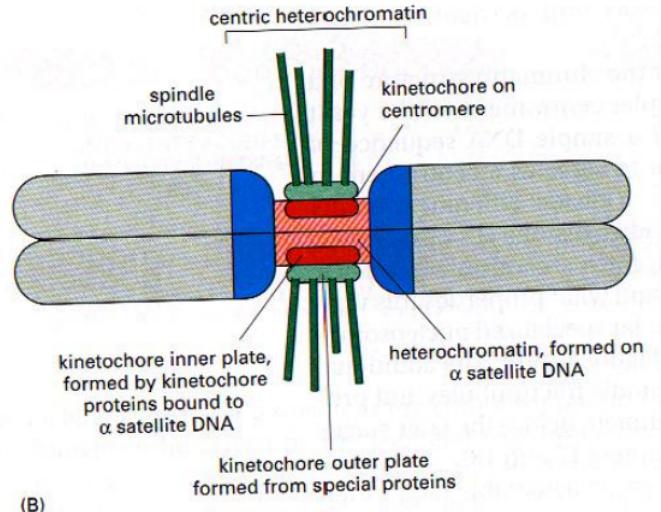
Ukupna DNA je duga **2 m**  
Stane u staničnu jezgru veličine **6 µm**  
 **$2 \text{ m} / 6 \mu\text{m} = 333\,333 \times$**

Broj stanica u tijelu =  $3.72 \times 10^{13}$   
Duljina DNA =  $2.0 \times 10^{13}$  metara  
Ili 70 x putovanje Zemlja - Sunce





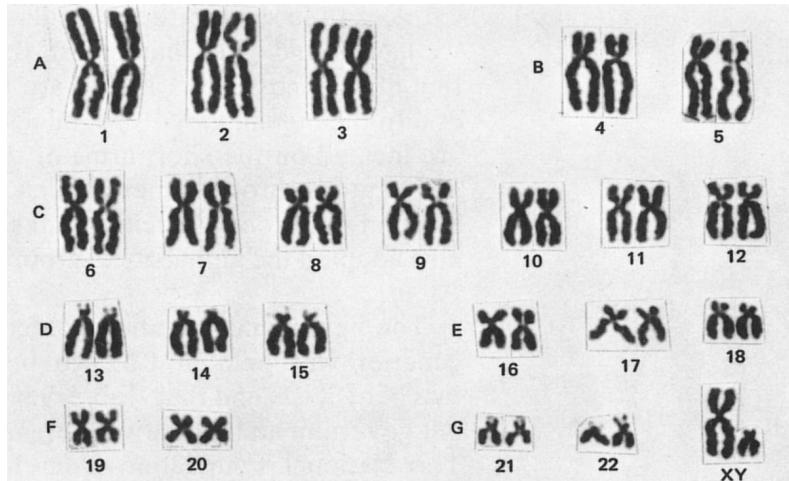
(A)



(B)

Kromosom u metafazi mitoze. Dvije sestrinske kromatide, svaka ima svoju DNA koja je identična onoj sestrinskoj DNA. Centromer dijeli kromosom na dva kraka.

# Ljudski kariogram

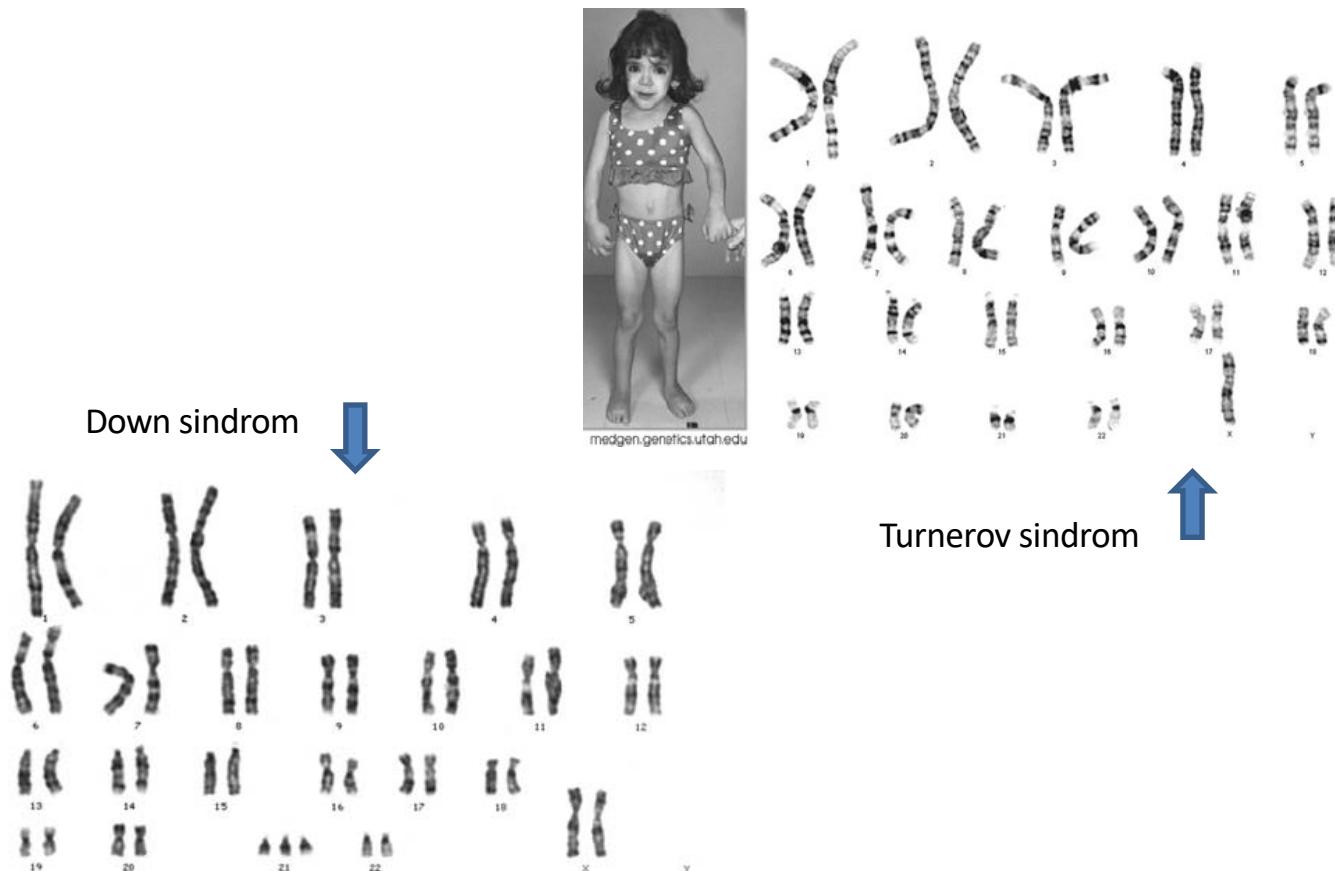


- 46 kromosoma
- 18 u kupusu, 48 u čimpanzama, 56 u slonu, 90 u dikobrazu, a 148 u jednoj vrsti alge

**KARIOTIP** – kompletna garnitura svih kromosoma neke vrste,

**KARIOGRAM** – prikaz kromosoma neke vrste poredanih prema veličini i položaju centromera.

Kromosomske aberacije dovode do velikih promjena kod ljudi



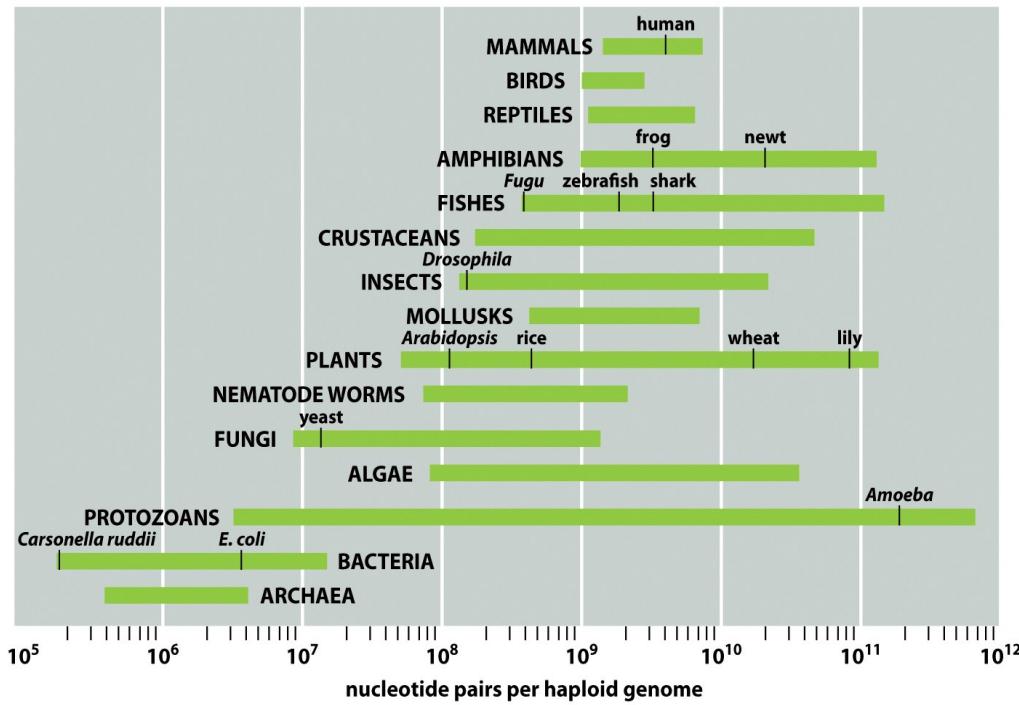
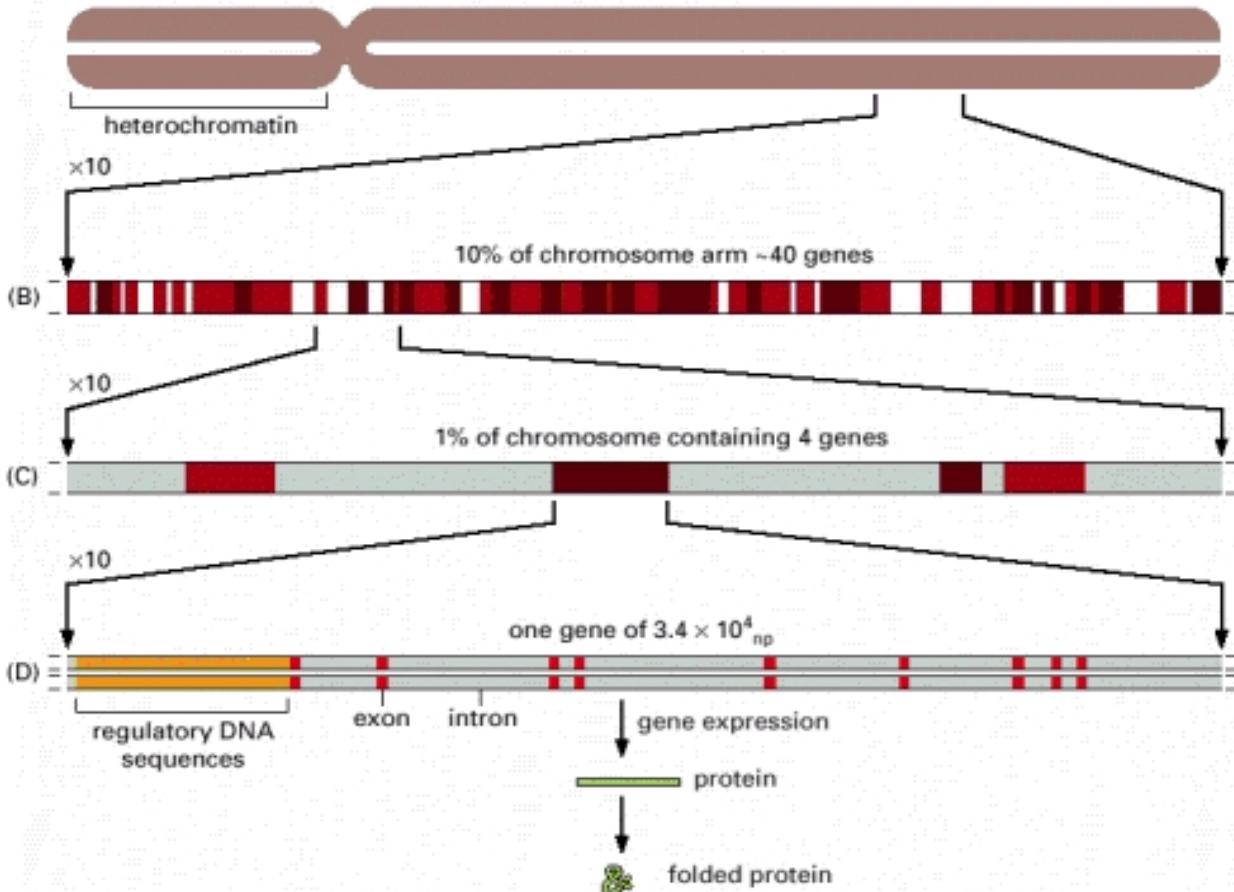


Figure 1-41 Essential Cell Biology 3/e (© Garland Science 2010)

**Figure 1-38. Veličine genoma izražene u broju nukleotidnih parova DNA u haploidnoj stanici. Srodni organizmi mogu biti vrlo različiti po količini DNA u genomu, iako imaju podjednak broj funkcionalnih gena. (Alberts et all. 2002)**

(A) human chromosome 22— $48 \times 10^6$  nucleotide pairs of DNA



**Figure 4-15. Organizacija gena na ljudskom kromosomu.** Primjer kromosoma 22, jednog od najmanjih kromosoma u ljudskome genomu.

## Sažetak (1. dio)

Stanična jezgra je organel u kojem se nalazi genetički materijal stanice, tj. DNA. U jezgri se DNA udvostručuje, tu započinje aktivnost gena prepisivanjem genetičke informacije s DNA na manje molekule mRNA. U jezgri se primarni transkript (prijepis), tj. mRNA još obrađuje (RNA splicing). Jezgra i njezin sadržaj dijele se vrlo pravilno na stanice kćeri tijekom mitoze, a tijekom mejoze smanjuje se broj kromosoma i rekombiniraju se očinski i majčinski geni.

U svjetlosnom mikroskopu jezgra se opaža kao okruglo ili ovalno tijelo nešto gušćeg sadržaja nego što je citoplazma. Dobro se boji različitim bojama (karmin i sl.). Elektronskomikroskopska slika pokazuje da je jezgra obavijena s dvije membrane, koje su međusobno odvojene perinukelarnim prostorom i koje čine jezgrinu ovojnici. Na ovojnici postoje brojne pore koje služe komunikaciji s citoplazmom. Vanjska membrana jezgrine ovojnica direktno se nastavlja na membrane endoplazmatskog retikuluma (ER), pa se j. ovojnica smatra dijelom ERa. Posebno područje jezgre – jezgrica, mjesto je gdje se ribosomska RNA (rRNA) sintetizira i slaže zajedno s proteinima (ovi pristižu iz citoplazme) u ribosomske podjedinice.

Biokemijski gledano sadržaj jezgre tzv. kromatin sastoji se od DNA, proteina (histonskih i nehistonskih) i RNA. DNA je zajedno s proteinima organizirana u obliku kromatina iz kojeg se tijekom diobe stanice oblikuju kromosomi. Osnovna jedinica organizacije kromatina i kromosoma je nukleosom. On se sastoji od srži koju čini 8 histonskih podjedinica (H2A, H2B, H3 i H4), oko kojih se DNA namata čineći 2 nepotpuna namotaja. Histon H1 pripada sponama između nukleosoma. Duljina DNA koja se namata oko srži nukleosoma sa sponom DNA do sljedećeg nukleosoma iznosi oko 200 parova baza (pb). Struktura sliči ogrlici u kojoj su kuglice nukleosomi i oko njih omotana DNA, a nit između nukleosoma je dio DNA koji nije omotan oko histona. Dalnjim spiraliziranjem strukture ogrlice nastaje kromatinsko vlakno i konačno kromosom koji je u metafazi mitoze maksimalno kondenziran. U usporedbi s njegovom ispruženom DNA kromosom je oko 10.000 puta kraći.

Broj kromosoma karakterističan je za vrstu organizma. Mikroskopskim analizama stanica u diobi može se dobiti jasna slika svih kromosoma. Svi kromosomi neke jedinke čine njezin kariotip, a slika tih kromosoma na kojoj su oni razvrstani u parove i poredani po veličini naziva se kariogram. Kariogram se rutinski izrađuje u prenatalnim analizama kod trudnica starije dobi.

Geni su dijelovi molekule DNA koji sadrže informaciju za sintezu nekog proteina ili neke molekule RNA (npr. rRNA ili tRNA). Prema tome geni se nalaze na kromosomima, ali oni nisu tik jedan do drugoga, već su razdvojeni sekvencama DNA koje nisu geni (nekodirajuća DNA). I sam gen se sastoji od sekvenci koje nose informaciju o sintezi proteina – ekzona (exon) i onih koje su umetnute tzv. introna. Tijekom obrade mRNA introni će se izrezati, te ih zrela mRNA ne sadrži.

Funkcionalno važni dijelovi kromosoma su: pričvrsnica (centromer), regija početka replikacije (origin of replication) i krajevi kromosoma - telomere. Svaki od spomenutih dijelova sačinjava specifična sekvenca nukleotida u DNA za koju se vežu specifični proteini, koji upravljaju replikacijom DNA i razdvajanjem repliciranih molekula u stanice kćeri.