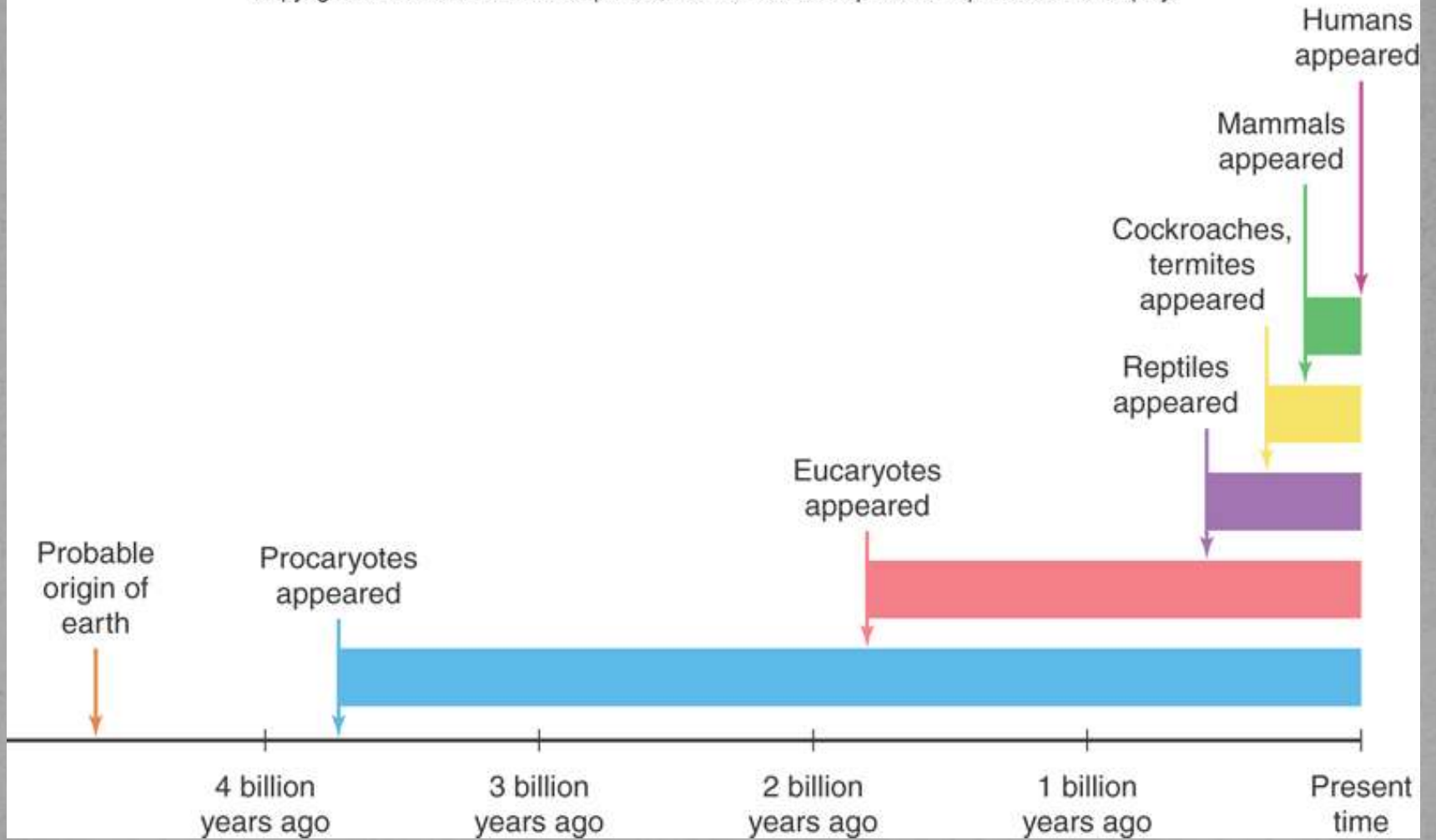


# **Biologija**

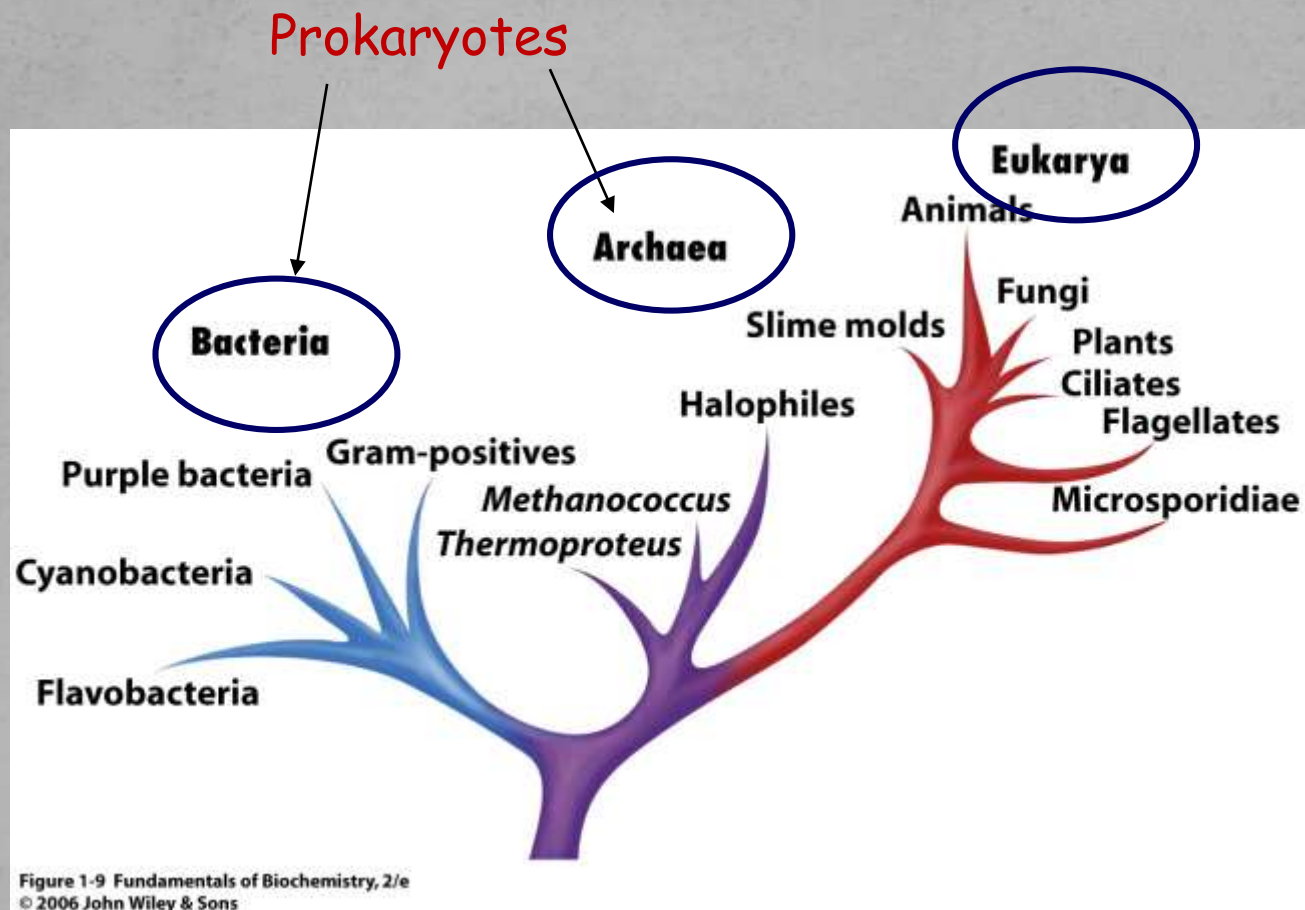
grč. bios = život, logos = govor, riječ

**Znanost o živim bićima i životnim procesima  
upoznaje nas s osnovnim načelima na kojima  
se temelji život**

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

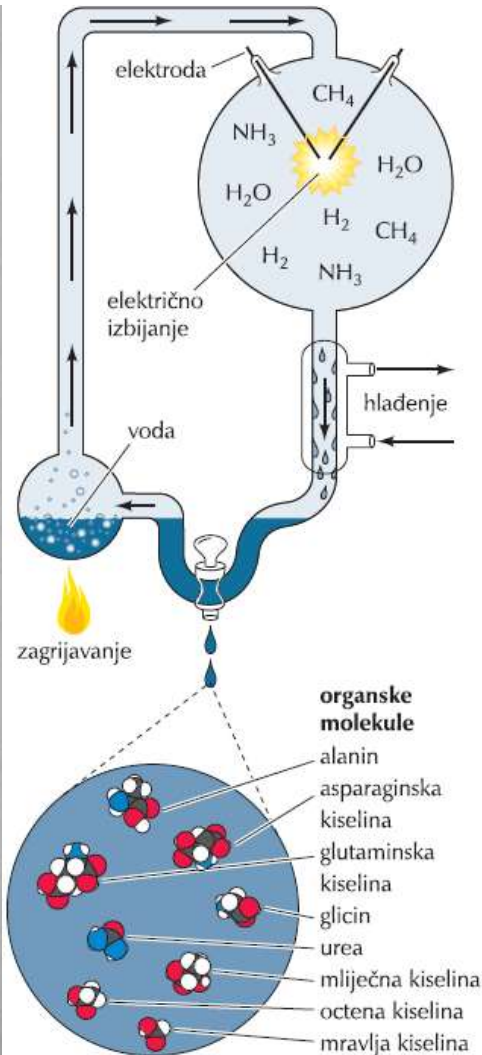


Otkriće molekularne osnove života, DNA, dovodi do nove podjele svih organizama u 3 velike domene - dva tipa stanica

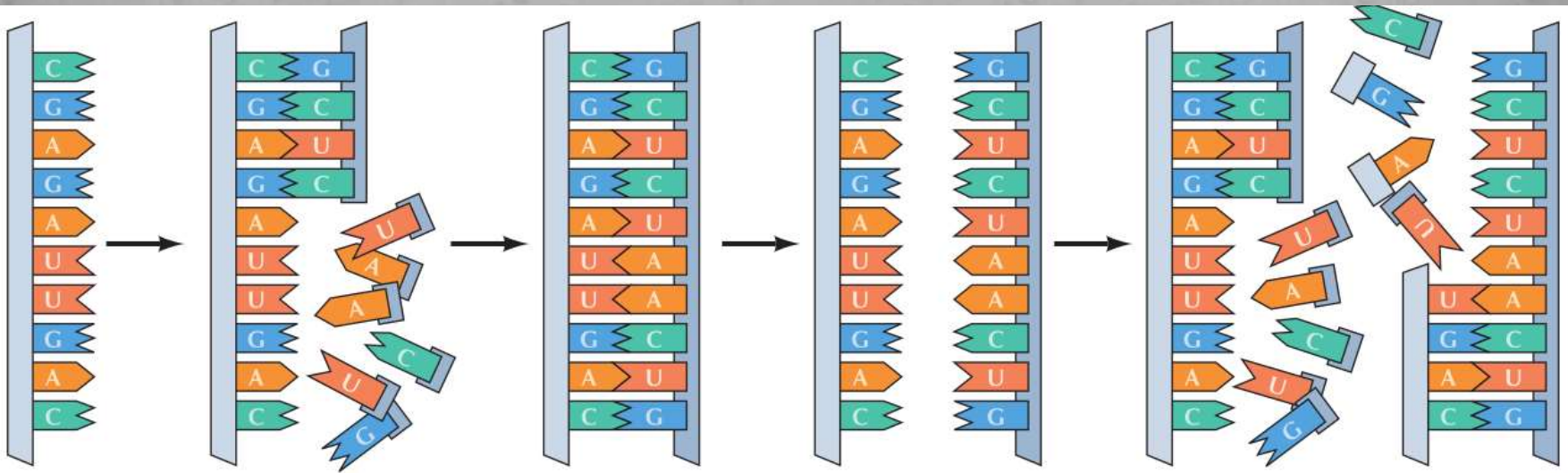


**Slika 1-1. Spontano formiranje organskih molekula.** Vodena para cirkulirala je kroz atmosferu koja je sadržavala  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , i  $\text{H}_2$  i u kojoj je dolazilo do električnog pražnjenja. Analize produkata reakcije otkrile su nastanak različitih organskih molekula, uključujući aminokiseline alanin, asparaginsku kiselinu, glutaminsku kiselinu i glicin.

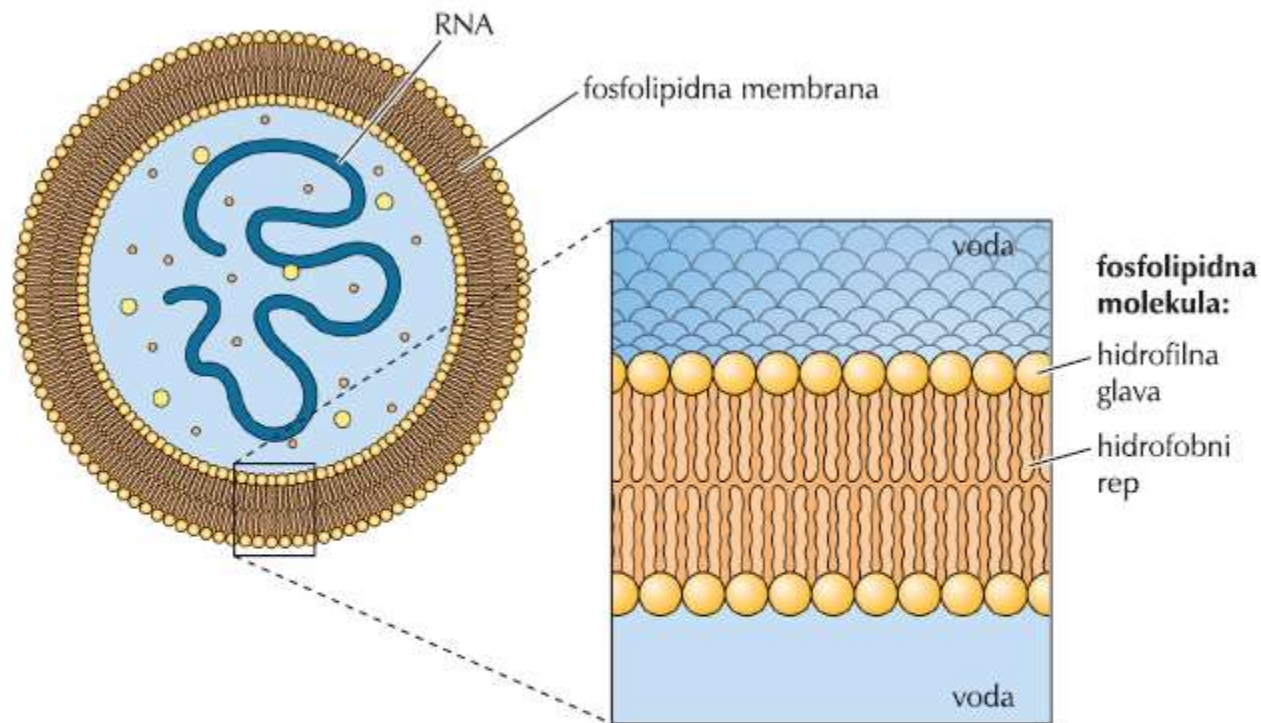
Stanley Miller 1950-ih



# Samounožavanje RNA

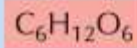


**Slika 1-2. Samounožavanje RNA.** Komplementarno sparivanje između nukleotida (adenina [A] s uracilom [U] i gvanina [G] s citozinom [C]) omogućuje jednom lancu RNA da posluži kao kalup za sintezu novoga lanca s komplementarnim slijedom.

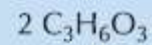


**Slika 1-3. Ograđivanje samounožavajuće RNA fosfolipidnom membranom.** Pretpostavlja se da su se prve stanice razvile ograđivanjem samounožavajuće RNA i pridruženih okolnih molekula membranom građenom od fosfolipida. Svaka fosfolipidna molekula ima dva duga hidrofobna repa vezana za hidrofилnu skupinu. Hidrofobni su repovi ugrađeni u lipidni dvosloj; hidrofилne glave izložene su vodi s obje strane membrane.

### glikoliza



glukoza



mliječna kiselina

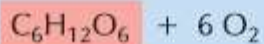
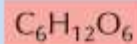
nastaje 2 ATP

### fotosinteza



glukoza

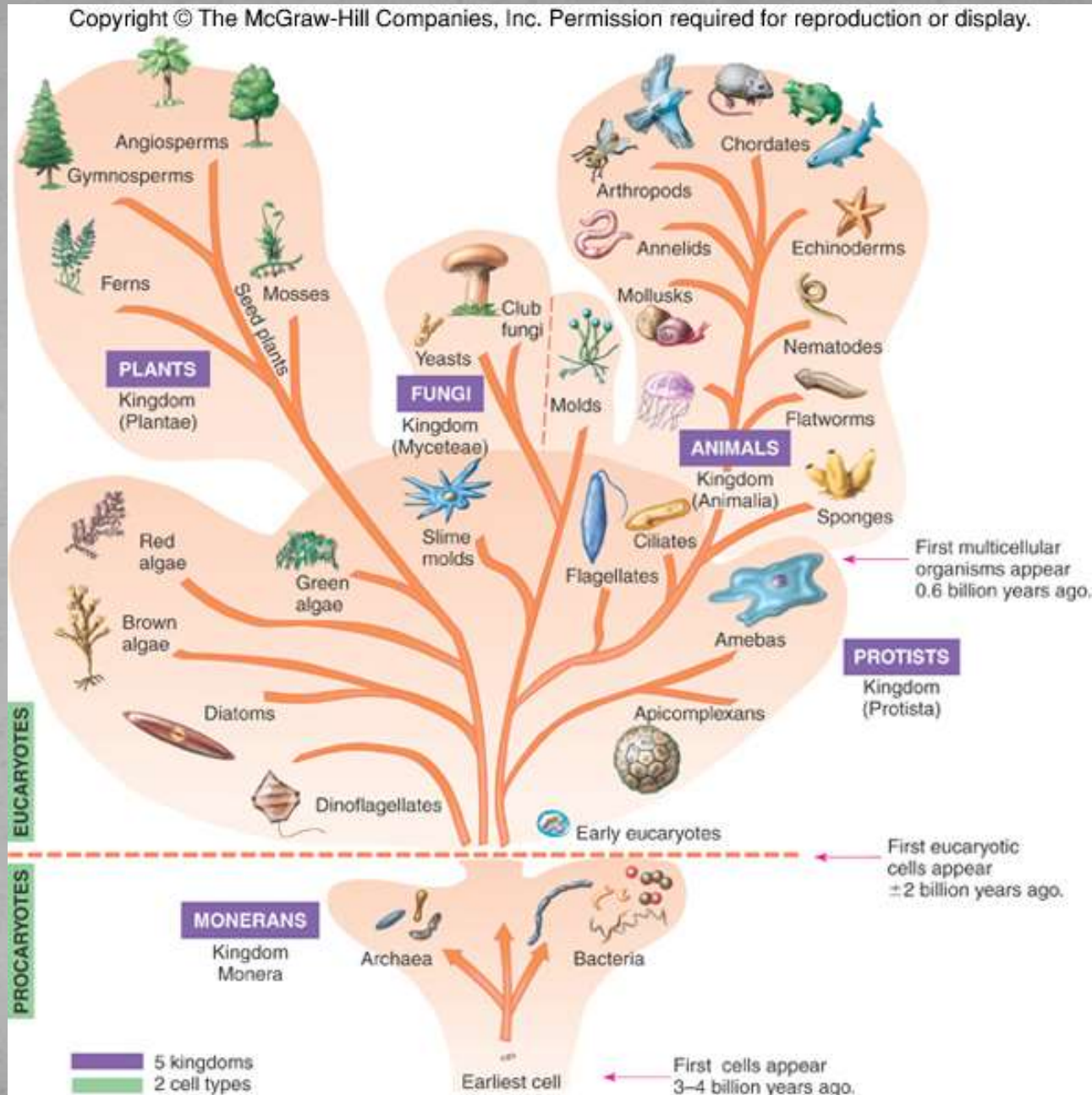
### oksidativni metabolizam



nastaje 36–38 ATP

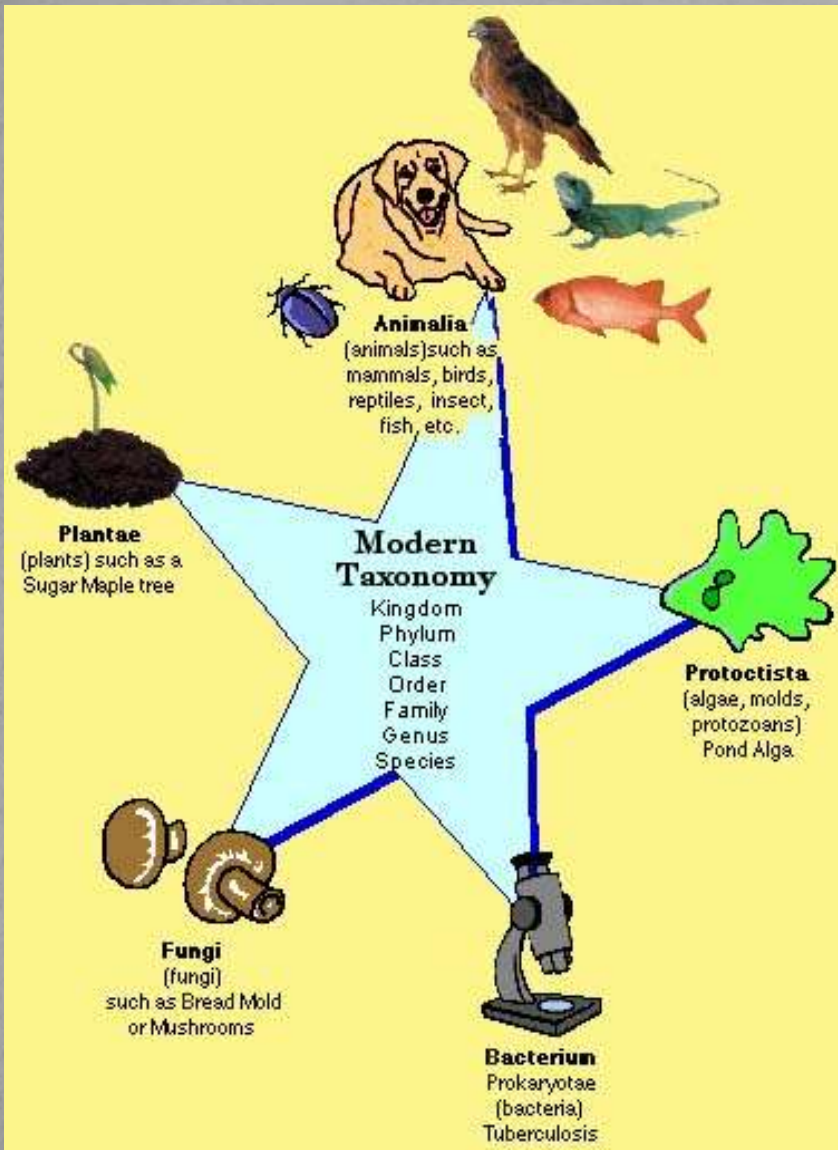
**Slika 1-4. Stvaranje metaboličke energije.** Glikoliza je anaerobna razgradnja glukoze do mliječne kiseline. Fotosinteza iskorištava energiju Sunčeve svjetlosti za sintezu glukoze iz  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , a pri tomu se oslobađa  $\text{O}_2$  kao sporedni produkt.  $\text{O}_2$  oslobođen fotosintezom iskorištava se u oksidativnom metabolizmu, u kojem se glukoza razgrađuje do  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  oslobadajući mnogo više energije nego što se dobije glikolizom.

# Klasifikacija stanica





# Klasifikacija živih bića



- **VRSTA** - skupina organizama sa zajedničkim osobinama, mogu se međusobno pariti, dati plodne potomke.
- Vrste s nekim zajedničkim osobinama združuju se u isti **ROD**.
- Srodni rodovi združuju se u **PORODICU**.
- Srodne porodice u **RED**.
- Srodni redovi u **RAZRED** i **KOLJENO**.
- Najviša i najšira jedinica u raspoređivanju je **CARSTVO**.



1830. g. M. J. Schleiden i T. Schwan:

**Stanica je osnovna građevna jedinica svakog živog bića**

Stanična teorija, glavna doktrina biologije:

1. Sva su živa bića građena od 1 ili više stanica
2. Stanice su temeljne žive jedinice organizma i kemijske reakcije života zbivaju se unutar stanica
3. Sve stanice nastaju iz već postojećih stanica

# Jednostanični organizmi - višestanični organizmi

- > višestanični organizmi posebna -> organizacija stanica
- > specijalizacija stanica

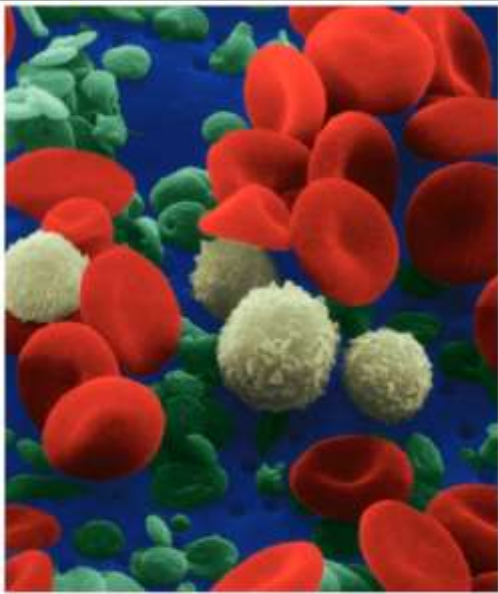


Figure 1-1c  
Molecular Cell Biology, Sixth Edition  
© 2008 W.H. Freeman and Company

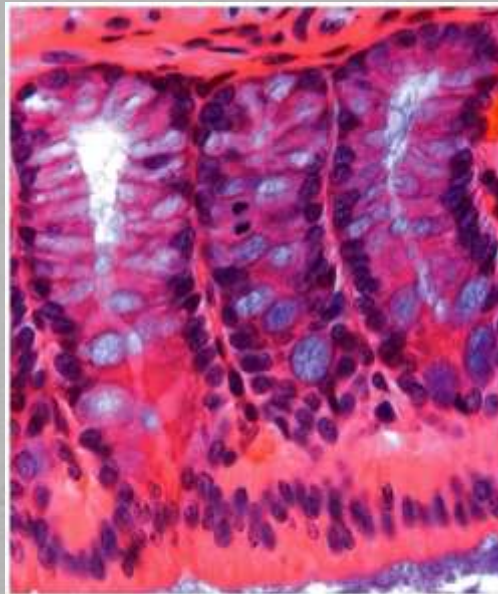


Figure 1-3g  
Molecular Cell Biology, Sixth Edition  
© 2008 W.H. Freeman and Company

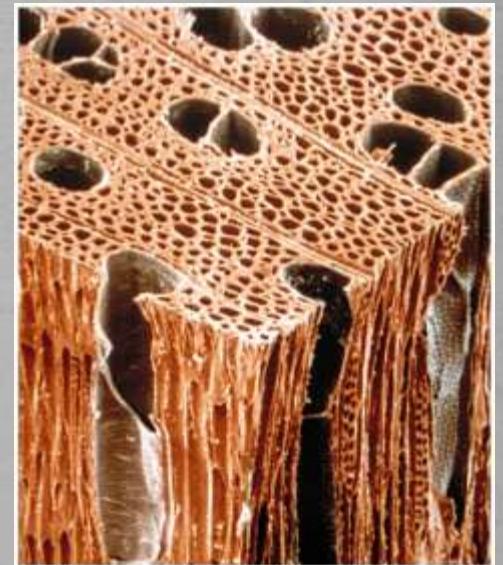


Figure 1-1b  
Molecular Cell Biology, Sixth Edition  
© 2008 W.H. Freeman and Company

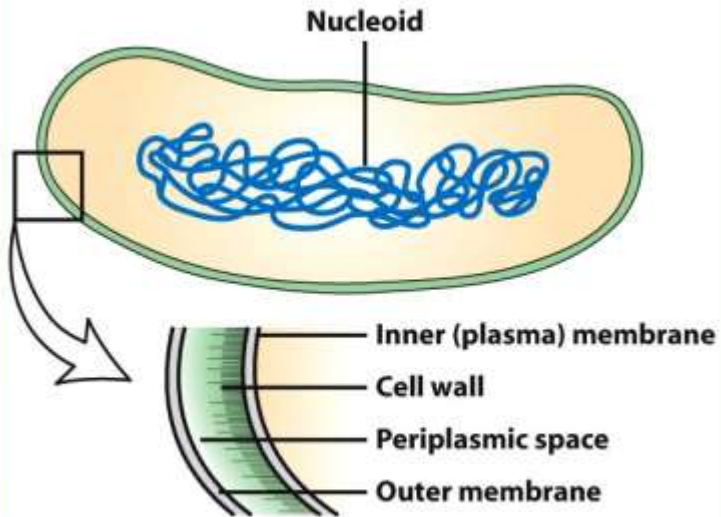
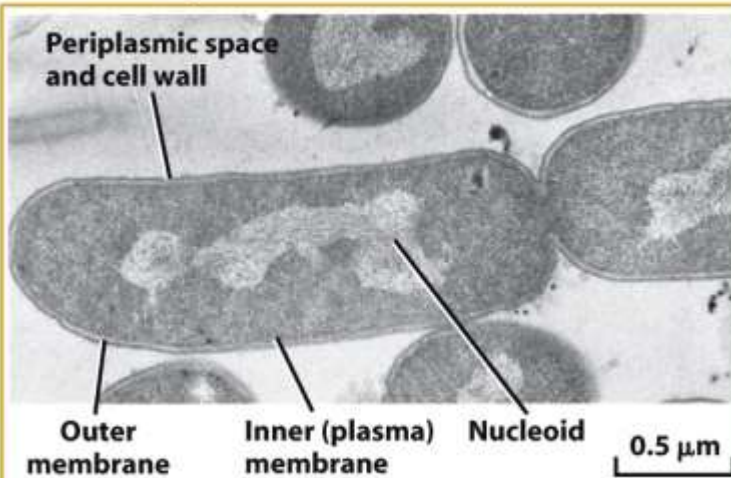
Životinjske stanice

Biljne stanice

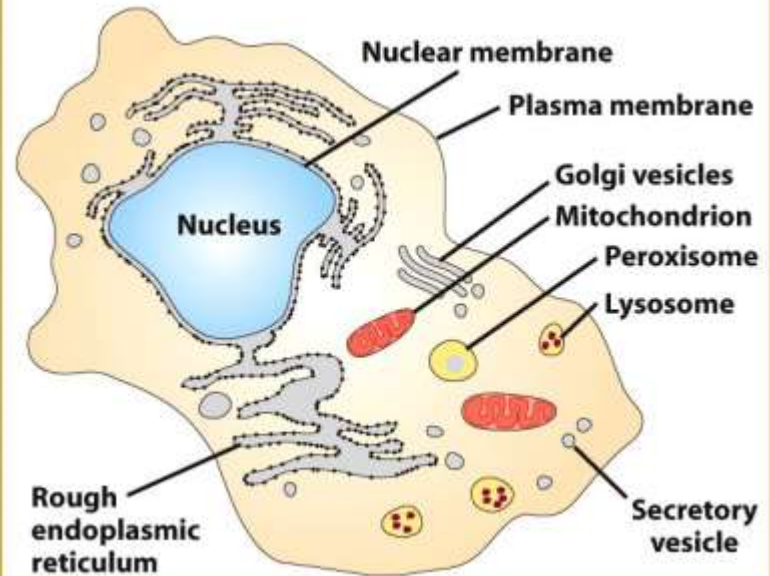
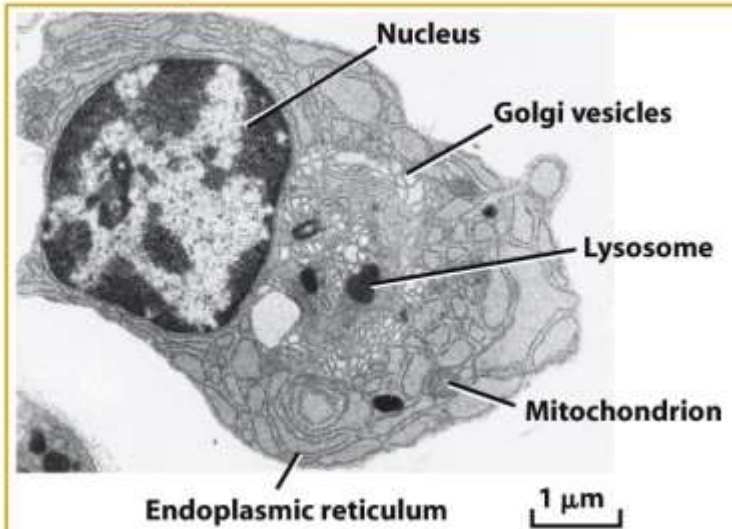
jednostavne stanice bez jezgre

imaju jezgru i organele

(a) Prokaryotic cell



(b) Eukaryotic cell



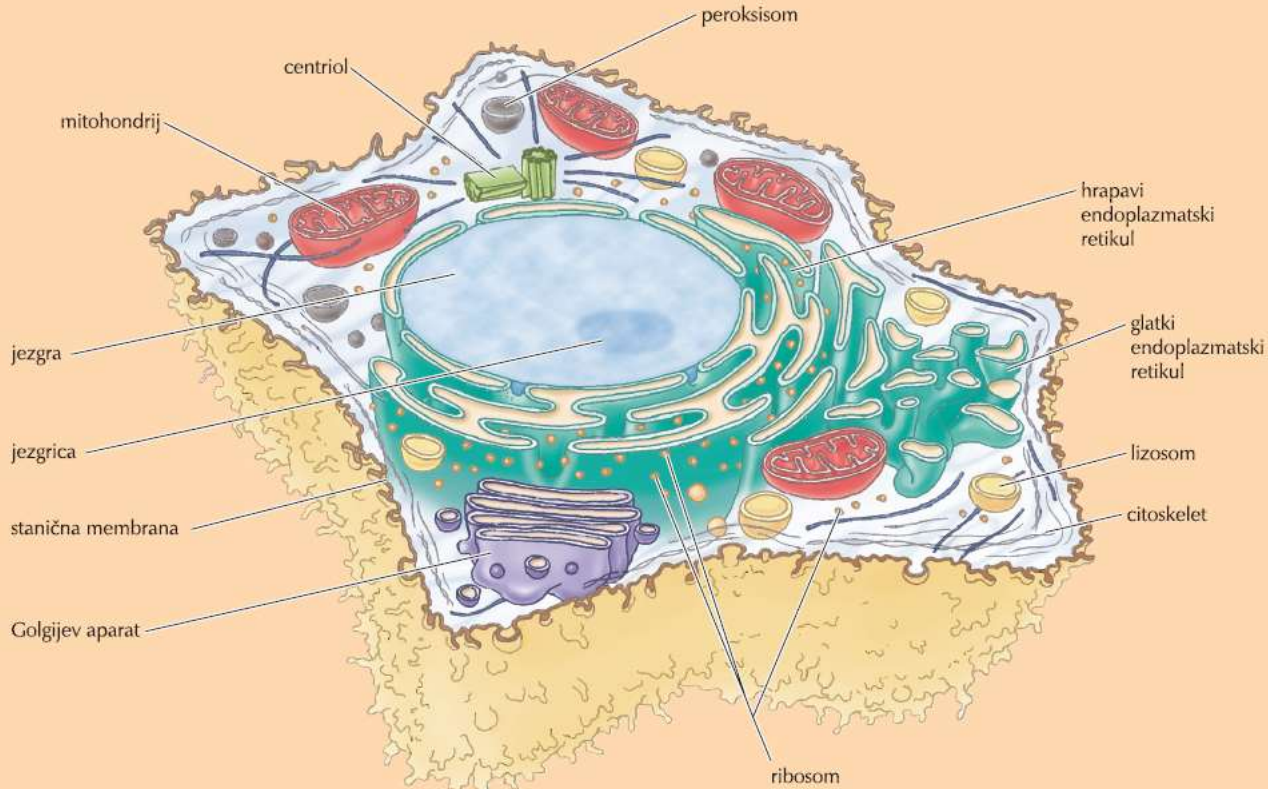
**Veličina** - eukariotske stanice su prosječno deset puta veće od prokariotskih

**Kompozicija genoma** - DNA eukariota znatno je složenija

**Stanična stijenka** - stijenka prokariota građena je od peptidoglikana (polimeri šećera i AK)

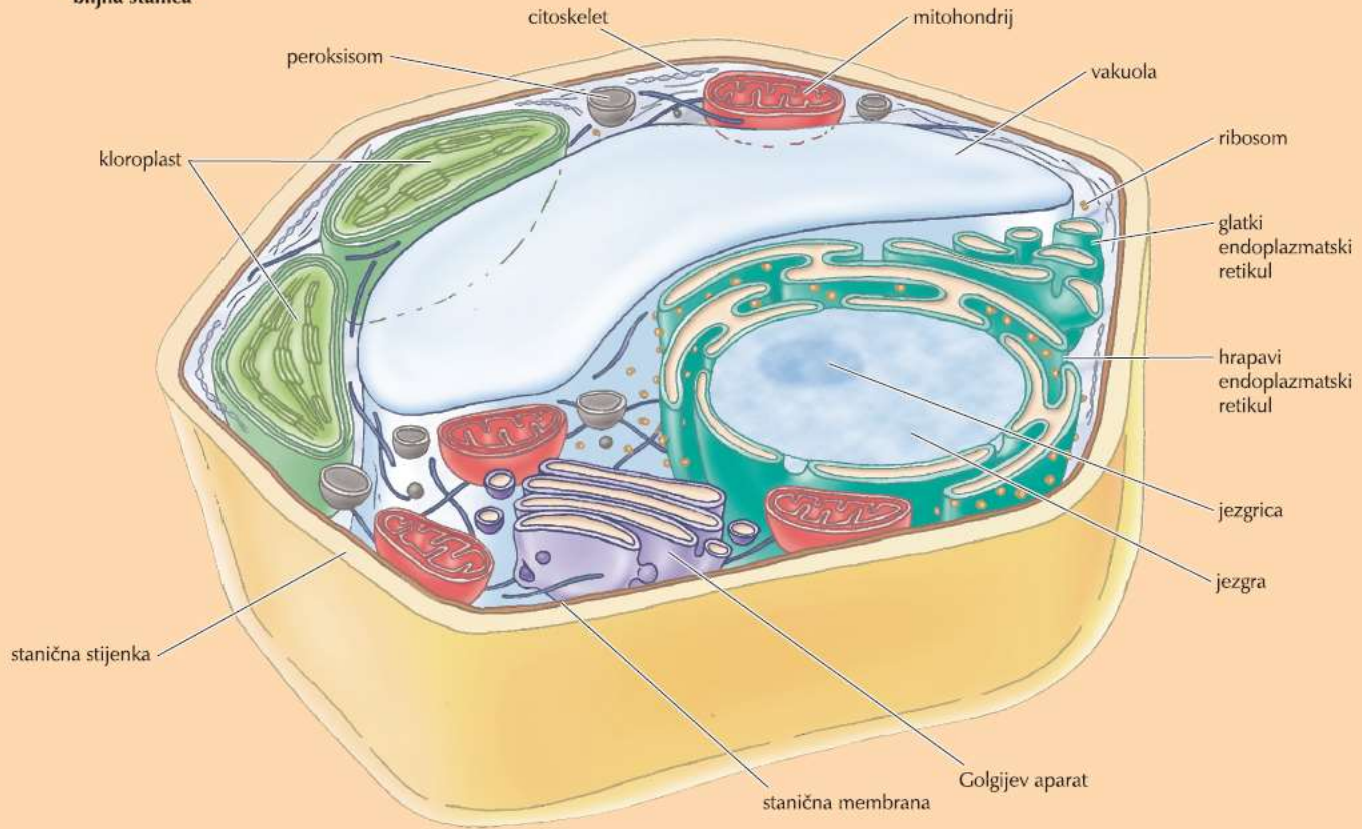
Biljne eukariotske stanice imaju celuloznu stijenku

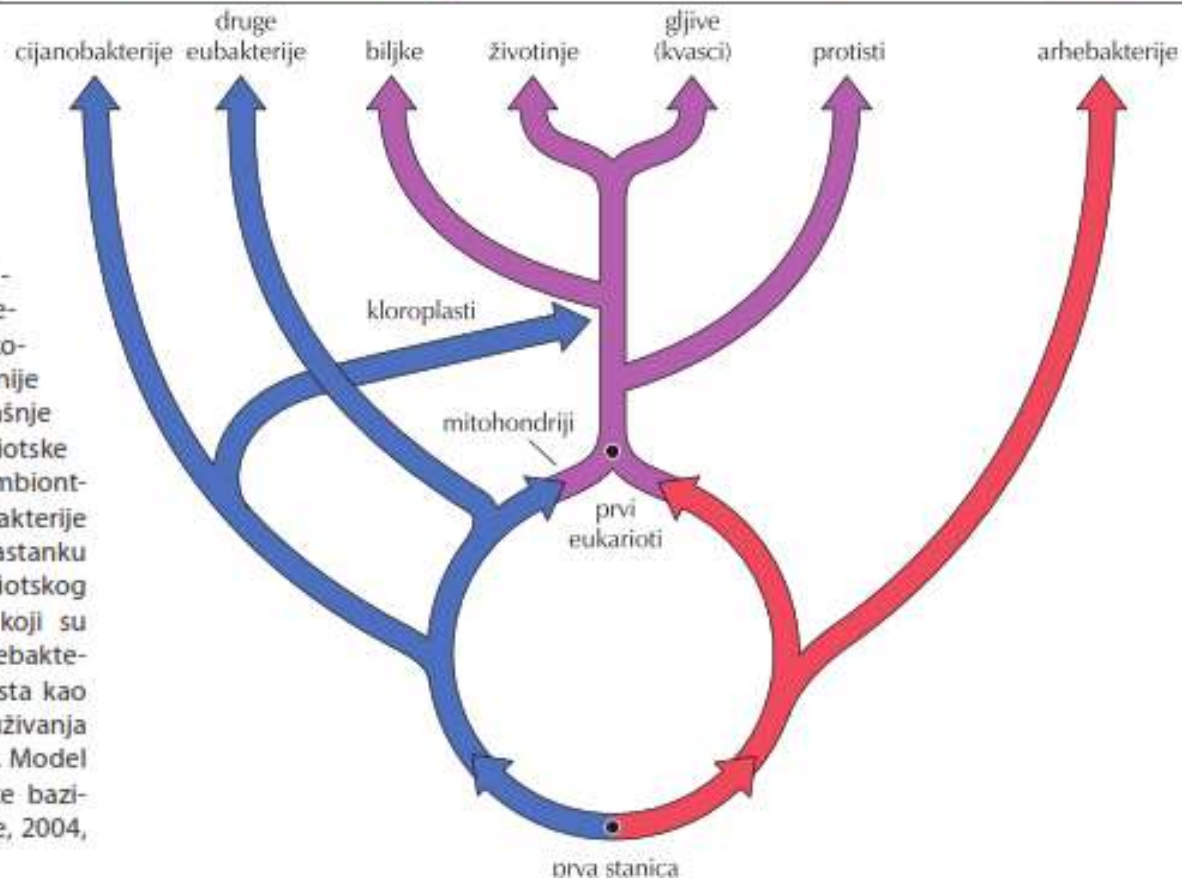
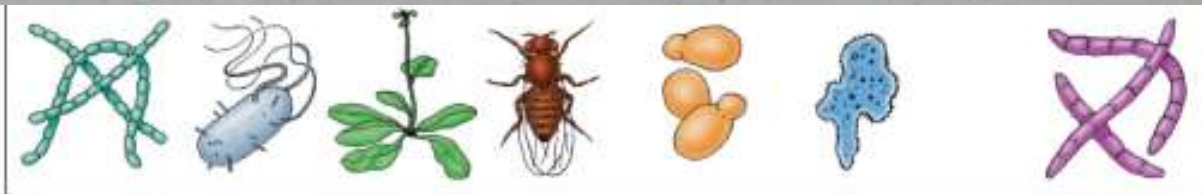
animalna stanica



**Stanična membrana, jezgra,  
citoplazma, stanične organele (odjeljci)**

**biljna stanica**





**Slika 1-7. Evolucija stanica.** Današnje su se stanice razvile iz zajedničkoga prokariotskoga pretka, koji je divergirao u dvije zasebne linije potomaka iz kojih su nastale današnje arhebakterije i eubakterije. Eukariotske stanice mogle su nastati endosimbionskom asocijacijom aerobne eubakterije sa arhebakterijom, vodeći ka nastanku mitohondrija te formaciji eukariotskog genoma sastavljenog od gena koji su podrijetlom od eubakterija i arhebakterija. Slijedila je evolucija kloroplasta kao rezultat endosimbionskog udruživanja cijanobakterija s precima biljaka. Model nastanka prve eukariotske stanice baziran je na M.C. Rivera and J.A. Lake, 2004, *Nature* 431: 152.



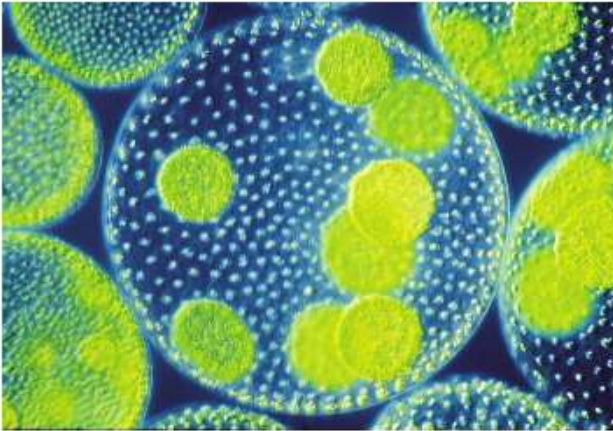
## Evolucija prirodnom selekcijom:

- nastanak slučajnih varijacija u genetskom materijalu i prijenos na potomstvo
- selekcija u korist genetske informacije koja pomaže preživljavanju i napretku

Jedinstvenost stanica - DNA, proizvodnja energije

Različitost stanica - diferencijacija, specijalizacija, proliferacija, komunikacija, udruživanje

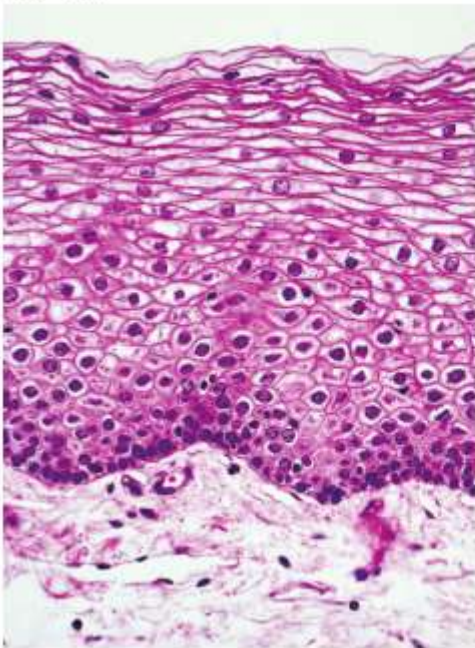
# Višestanični organizmi



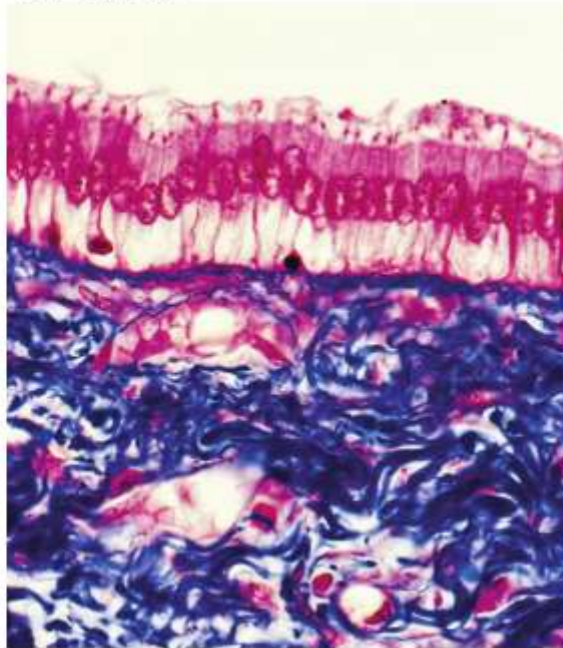
**Slika 1-10. Kolonije zelenih algi.** Pojedinačne stanice alge *Volvox* oblikuju kolonije sastavljene od šupljih lopti u kojima se nalazi stotine ili tisuće stanica uklopljeno u želatinozni matriks. (Cabisco/Visuals Unlimited.)

OSNOVNO, parenhimske, *fotosintezakolenhimske i sklerenhimske* stanice  
KOŽNO I PROVODNO TKIVO

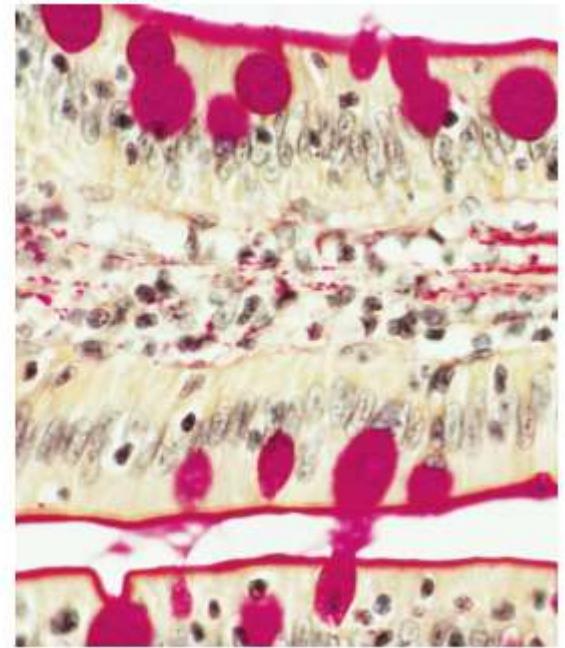
(A)i usta



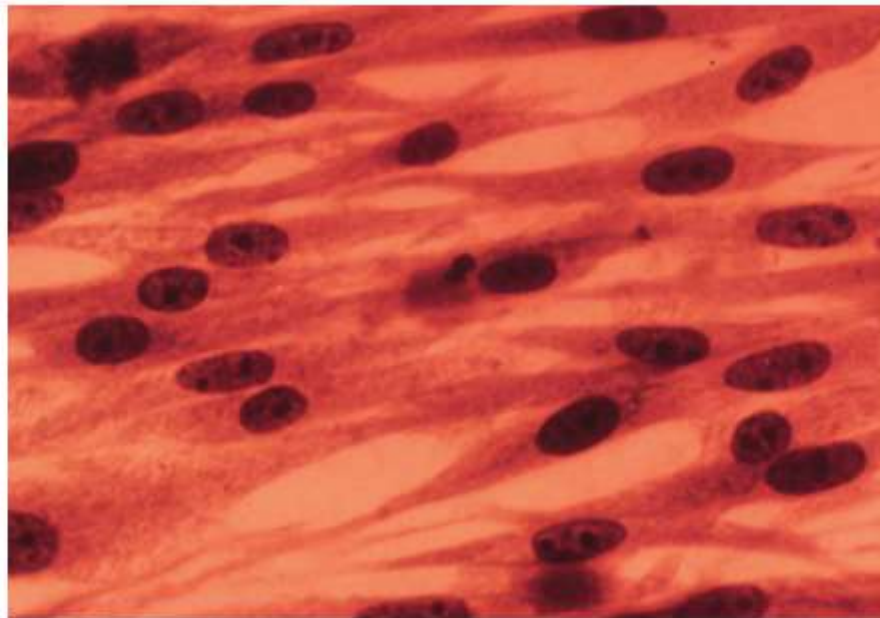
(A)ii žučovod



(A)iii crijevo

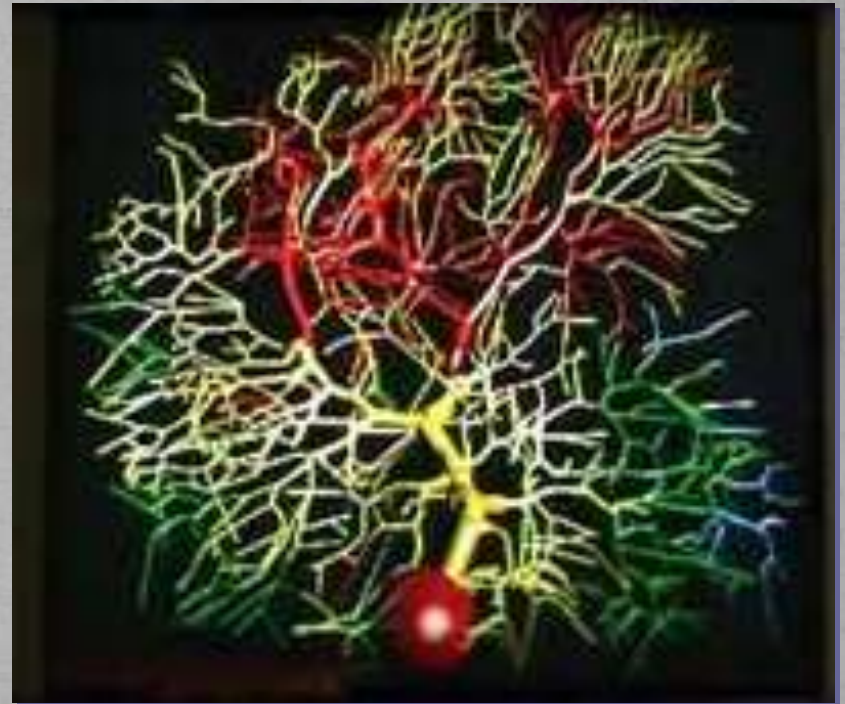
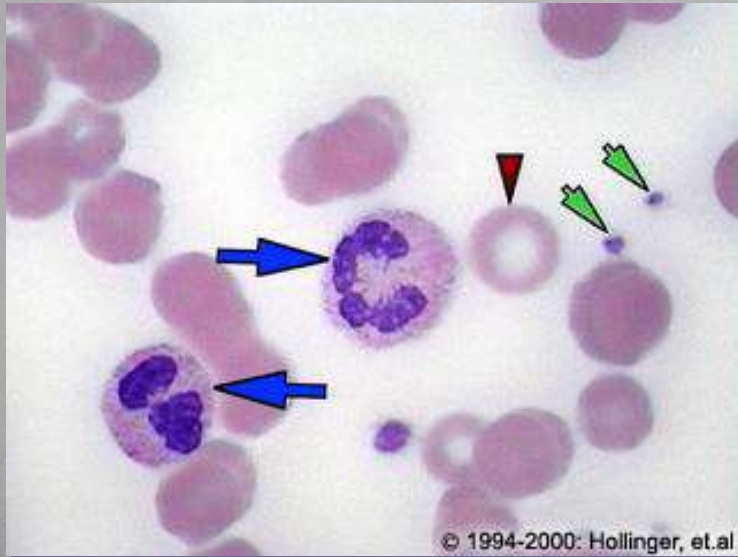
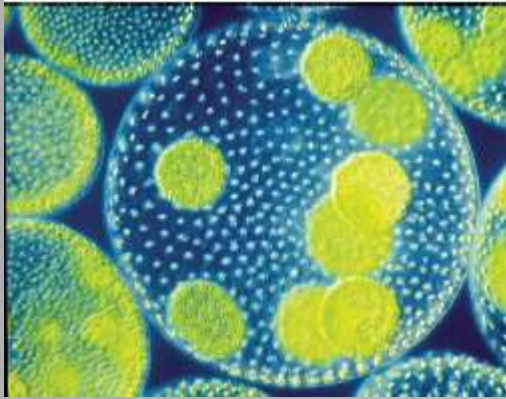


(B)



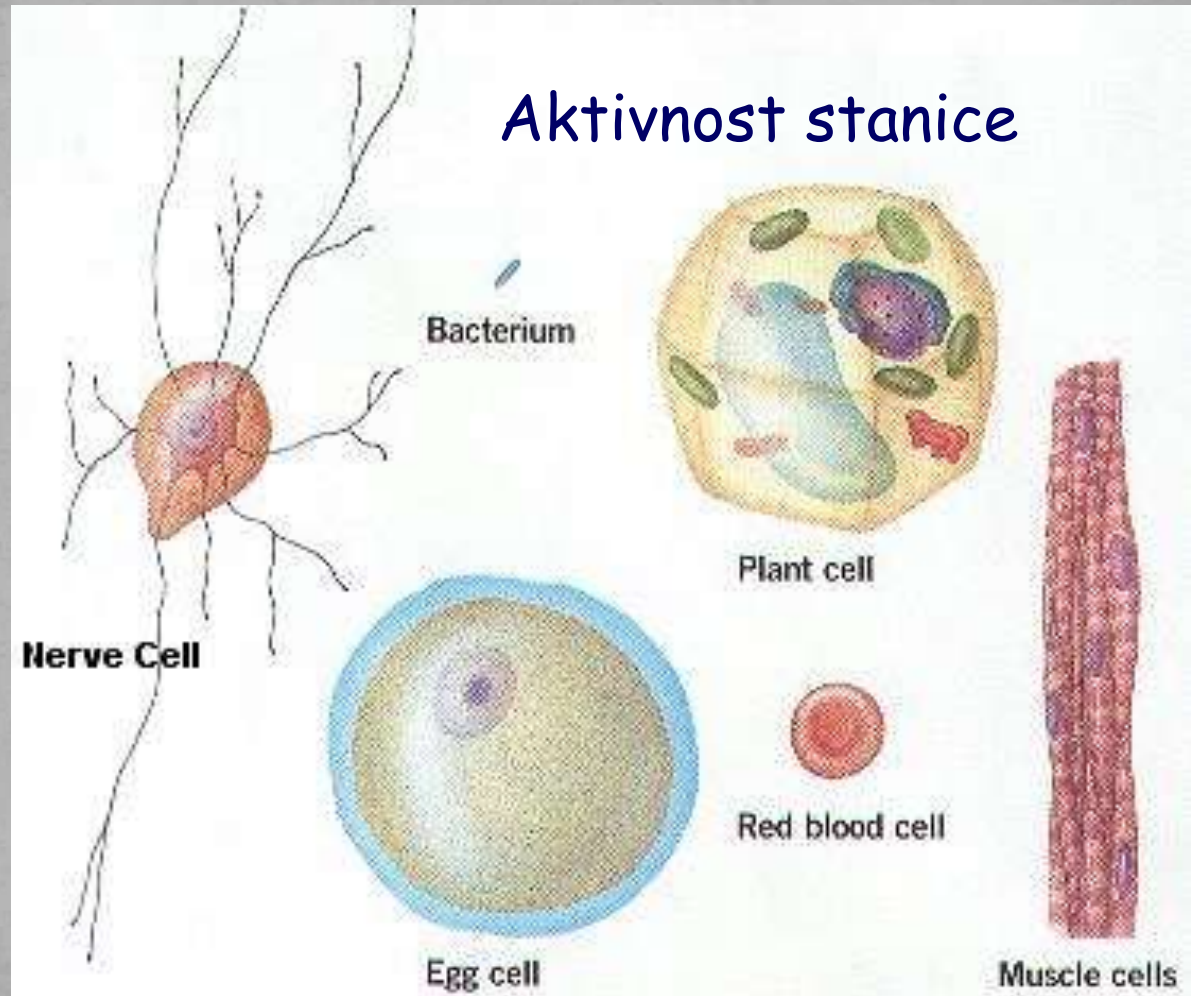
**Slika 1-12. Slike tipičnih životinjskih stanica dobivene svjetlosnim mikroskopom.** Epitelne stanice ustiju (debeli, mnogoslojni pokrov), žučovoda i crijeva. (B) Fibroblasti su stanice vezivnoga tkiva karakterističnog izduženog, vretenastog oblika. (C) Eritrociti, granulociti, limfociti i monociti 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/Visuals Unlimited; C, G. W. Willis/Biological Photo Service.]

# Evencija višestaničnih organizama i specijalizacija stanica

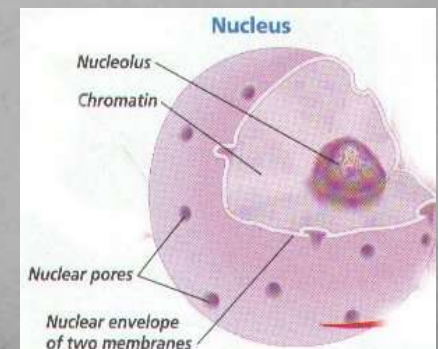
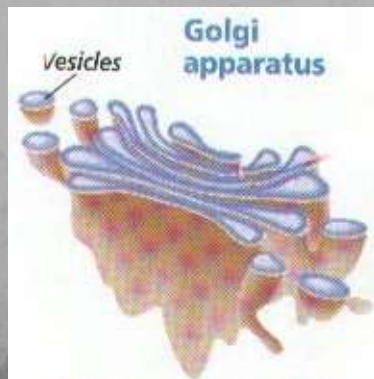
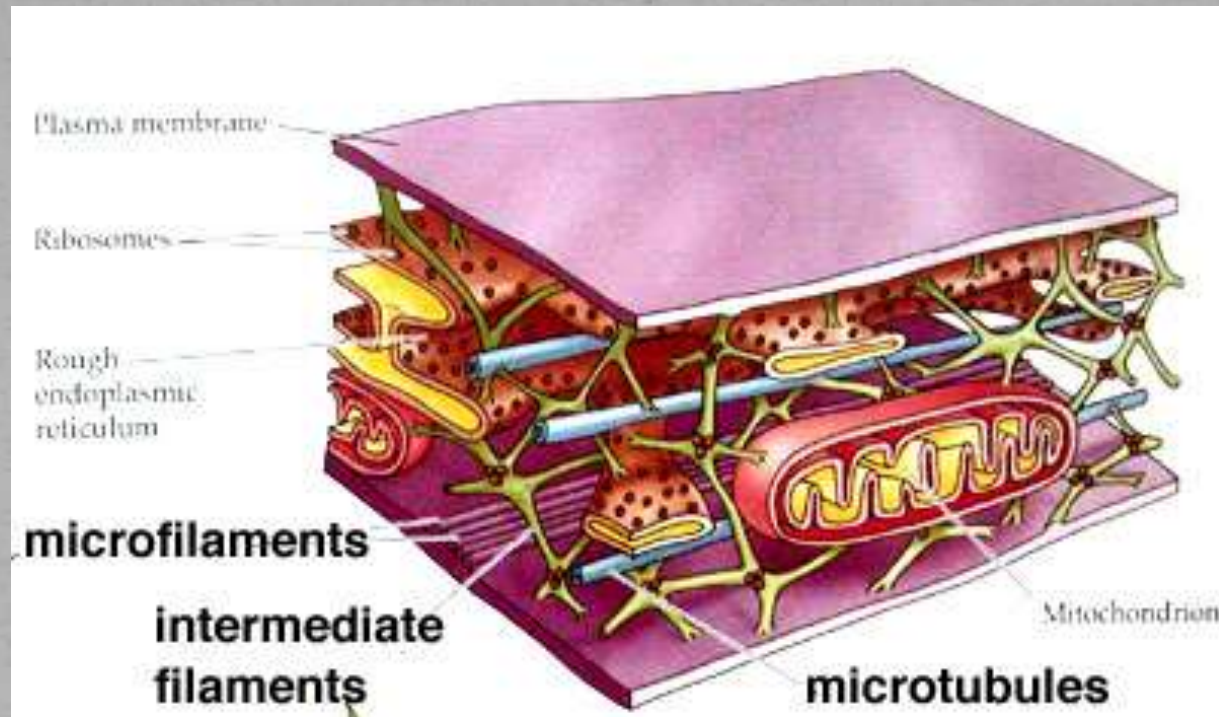


Stanice se međusobno razlikuju ovisno o funkciji koju vrše

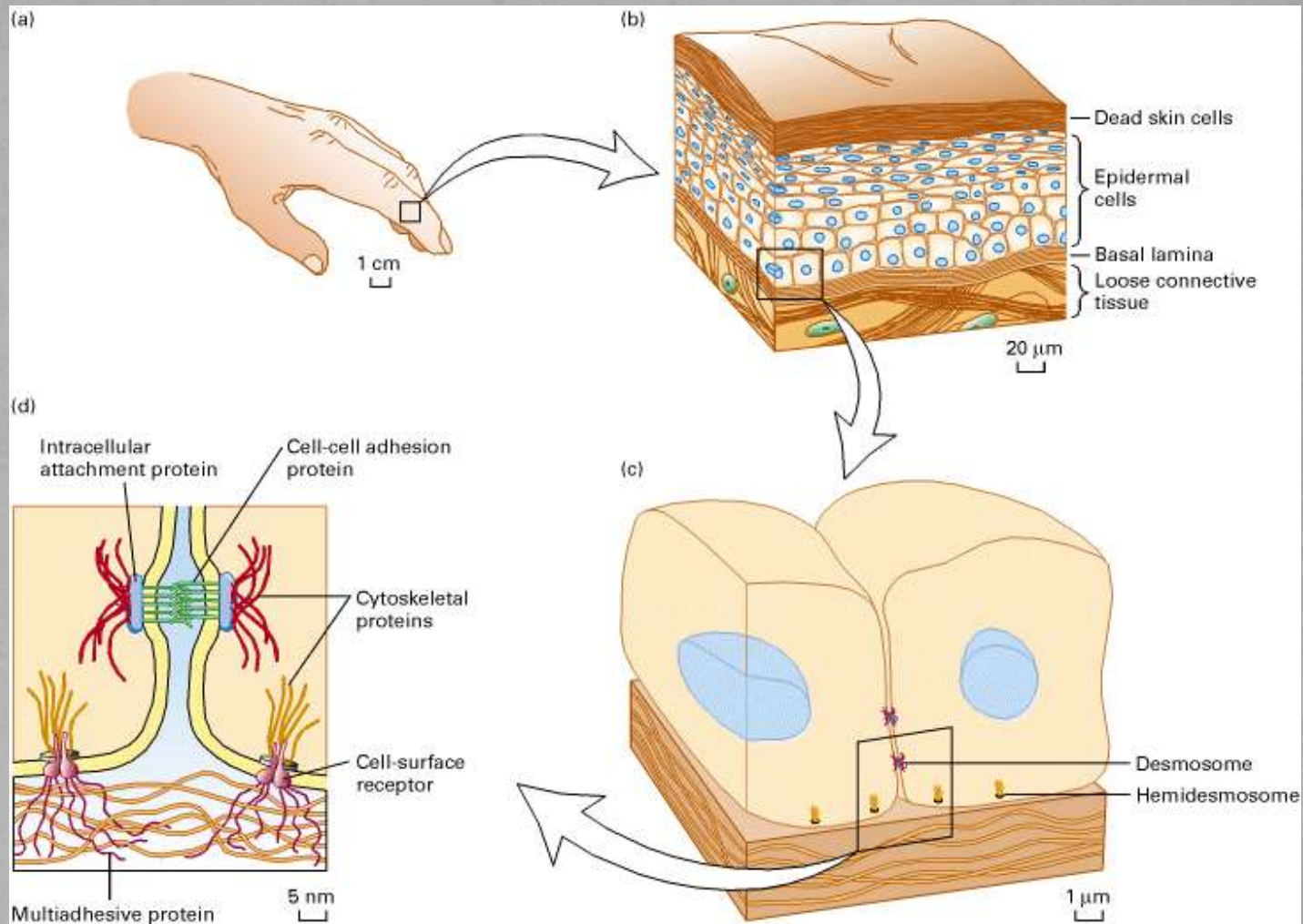
Vanjski oblik  
Diferencijacija



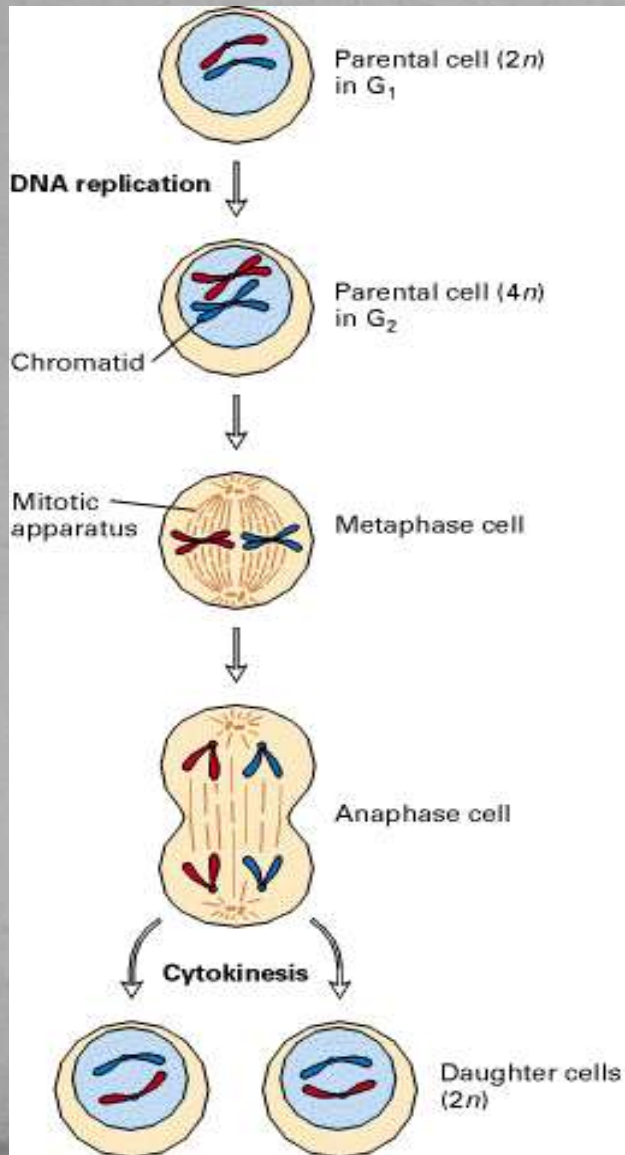
# Unutrašnja organizacija



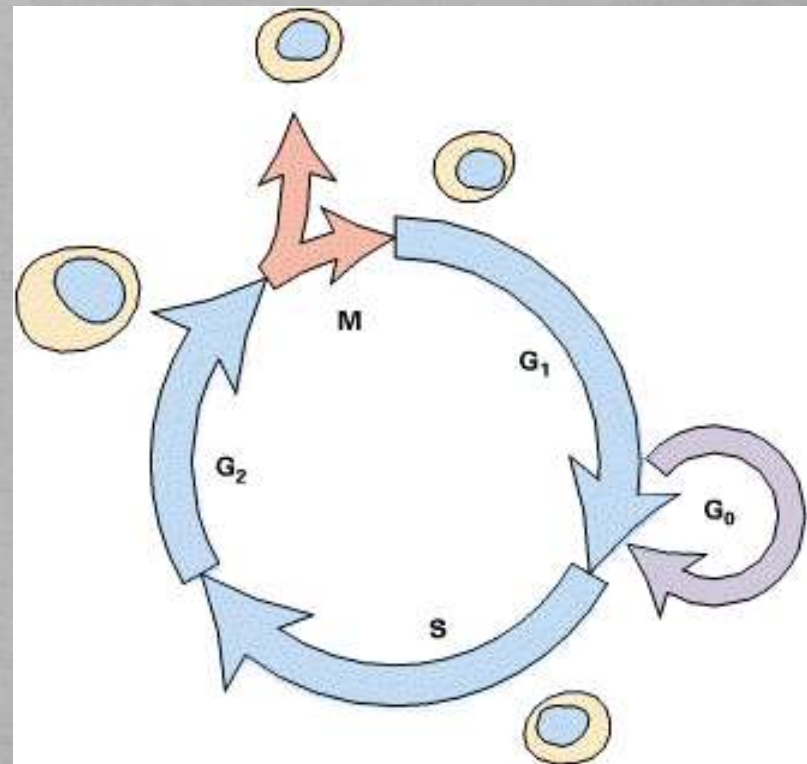
# Tkiva - organi - organski sustavi



# Dioba stanice

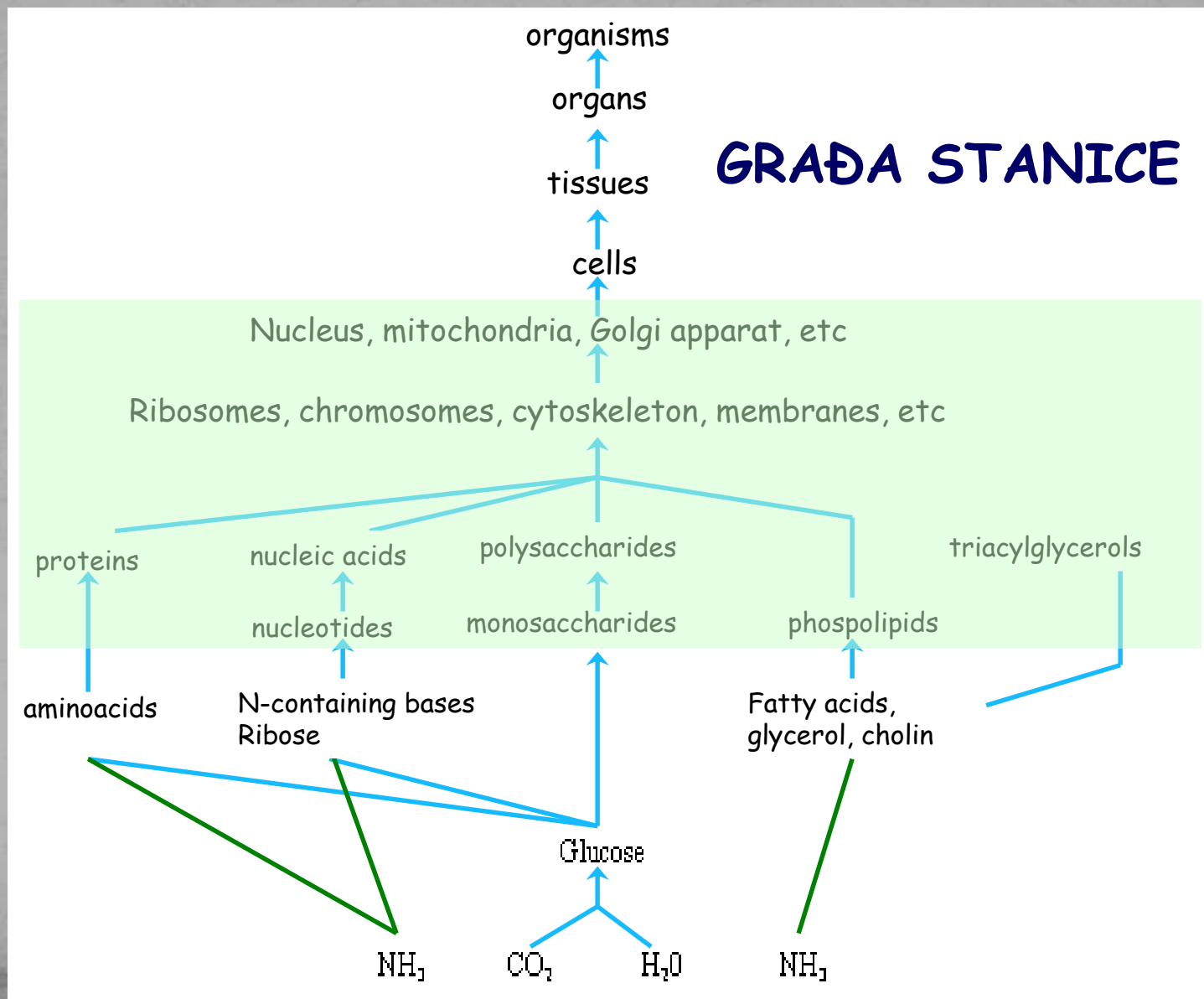


# Stanični ciklus





# Hijerarhija organizacije struktura u živom svijetu



# Stanica i stanični sastav

Građa - makromolekule

Uloga enzima

Biosinteza staničnih sastojaka

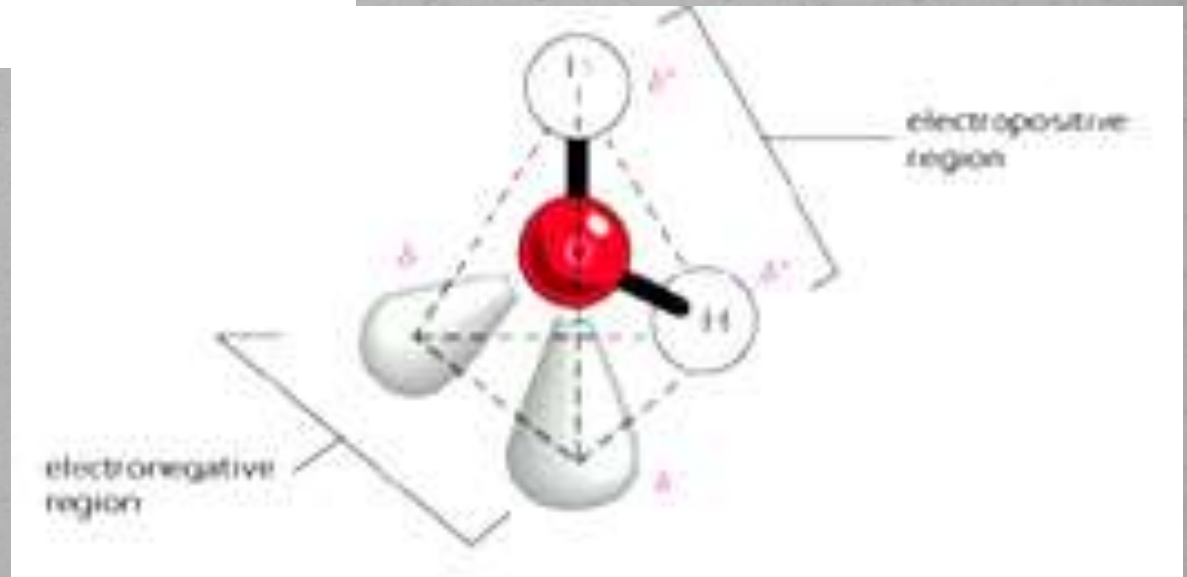
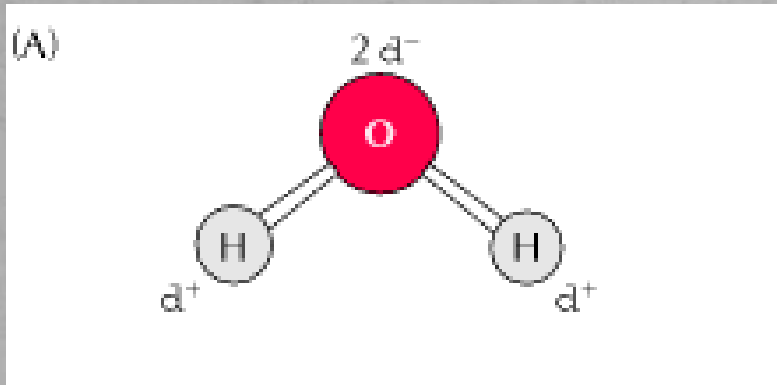
Metabolička energija

Biološke membrane

## Stanica:

- 70% mase voda
- 1 % mase anorganski ioni (Na, K, Mg, Ca,  $\text{HPO}_4$ , Cl,  $\text{HCO}_3$ )
- organski spojevi s C (H, N, O) - NK, UH, AK, proteini, masti

**Voda** je polarna molekula zbog asimetričnog rasporeda elektrona

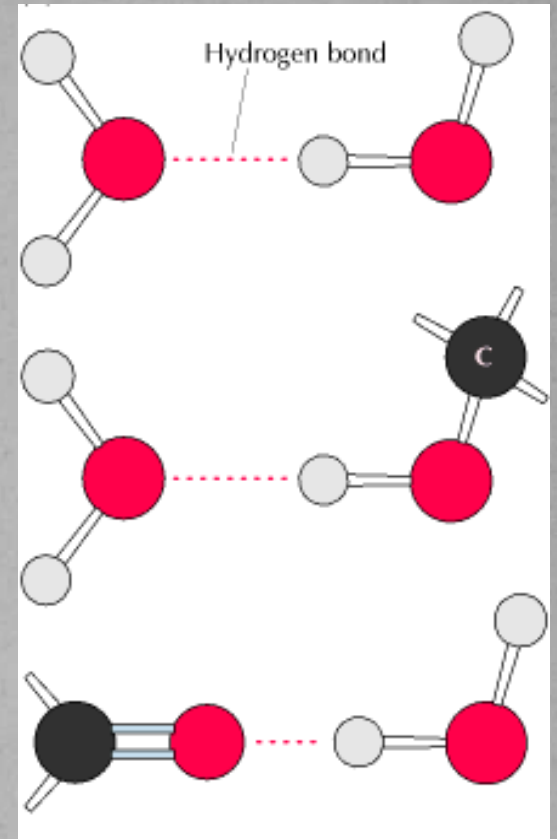


# Vodikove veze



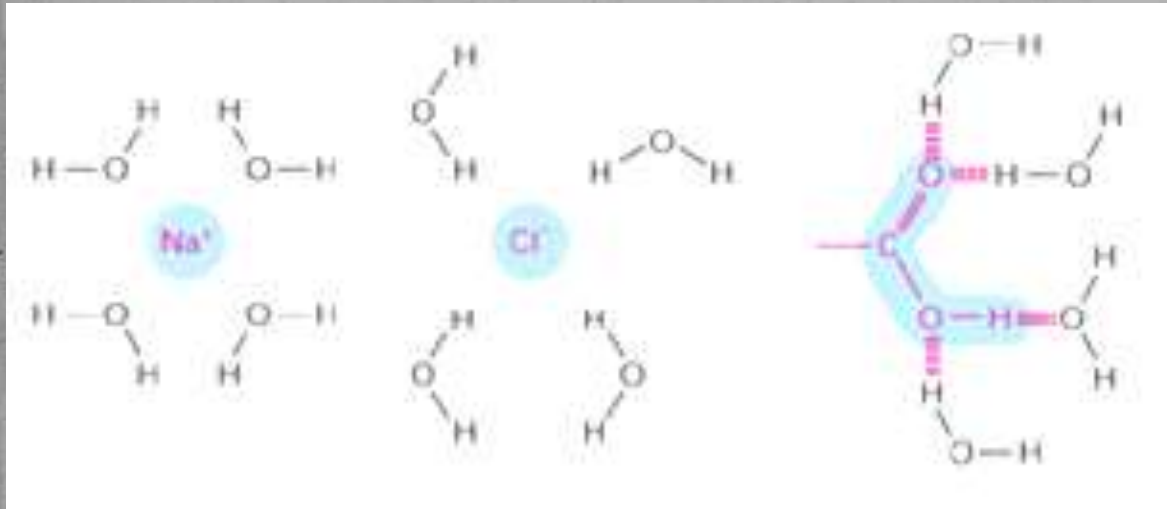
Veze između mol. vode

Veze između mol. vode i polarnih mol.

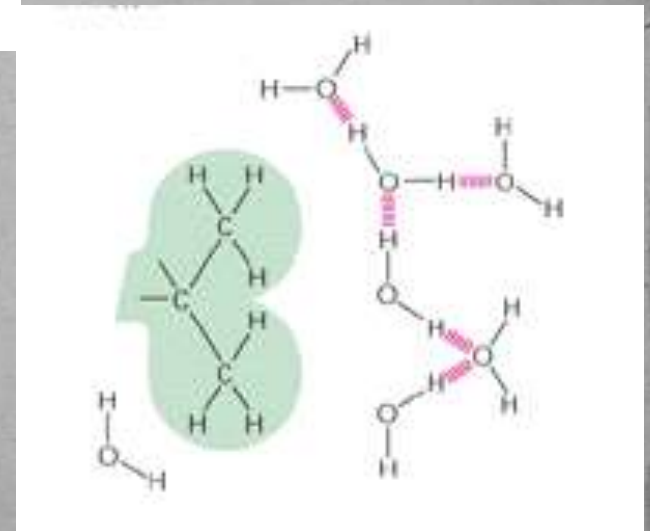


Polarne molekule

Hidrofilne tvori - ioni, polarne molekule  
Hidrofobne tvori - nepolarne molekule



Hidrofobne tvori razaraju vodikove  
veze između molekula vode  
Vezuju se međusobno



# Male molekule

Grupe nastale kombinacijom atoma:

methyl -  $\text{CH}_3$  - u UH

hydroxyl -  $\text{OH}$  u alkoholu

carboxyl -  $\text{COOH}$  u kiselinama

amino -  $\text{NH}_2$  u amidima

Težina od 100 - 1000 i do 30 C atoma

Slobodne u tekućini

Osnova za izgradnju makromolekula

10% mase stanice

Grupe nalazimo u

**MALIM MOLEKULAMA:**

šećera

masnih kiselina

nukleotida

aminokiselina

**MAKROMOLEKULE:**

ugljikohidrati

lipidi

nukleinske kiseline

proteini

**Polimerizacija**



# MAKROMOLEKULE

Bez limitirane veličine

Čvrste kovalentne veze (DNA) - razbijaju se pomoću definiranih uvjeta - enzima

Nekovalentne veze (aktin) za udruživanje dijelova makromolekula i više makromolekula zajedno

Težina od 10000 do 1 mil.

Konformacija - 3D oblik makromolekula  
tijekom evolucije nastao najbolji oblik  
oblik HELIKSA - minimalna slobodna  
energija

## Uloga makromolekula:

Visoko svrsishodne i konzervirane - adaptacija tijekom evolucije za specifične funkcije

Katalizatori kemijskih reakcija

Izgrađuju kompleksne strukture

Omogućuju pokretanje

Čuvaju i prenose nasljedne informacije

# UGLJIKOHIDRATI

## Jednostavni šećeri - monosaharidi

razgradnjom daje energiju i materijal za sintezu tvari u stanici

glukoza

## Složeni šećeri - polisaharidi

zalihe šećera

gradivni dio stanice

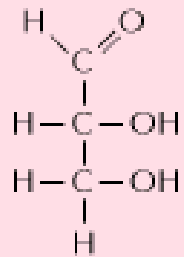
prepoznavanje stanica

adhezija

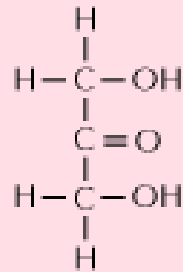
transport proteina u stanicu i iz nje

glikogen

**Triose sugars (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)**



Glyceraldehyde



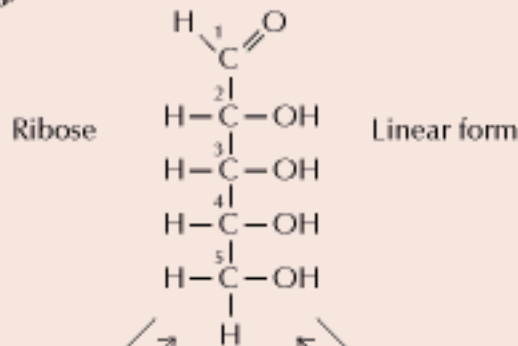
Dihydroxyacetone

# Jednostavni šećeri

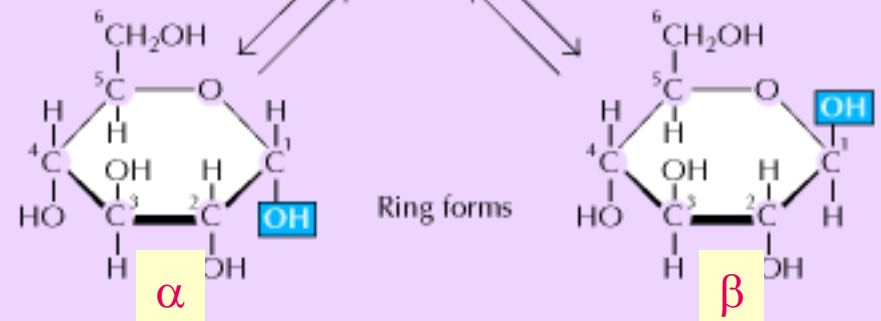
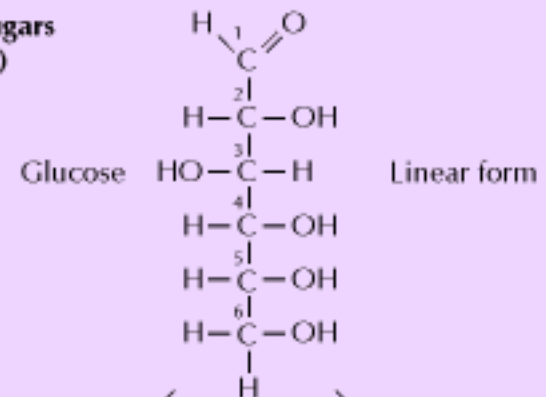
Trioze, pentoze, heksoze

Ciklički oblici - ↑ 5 C

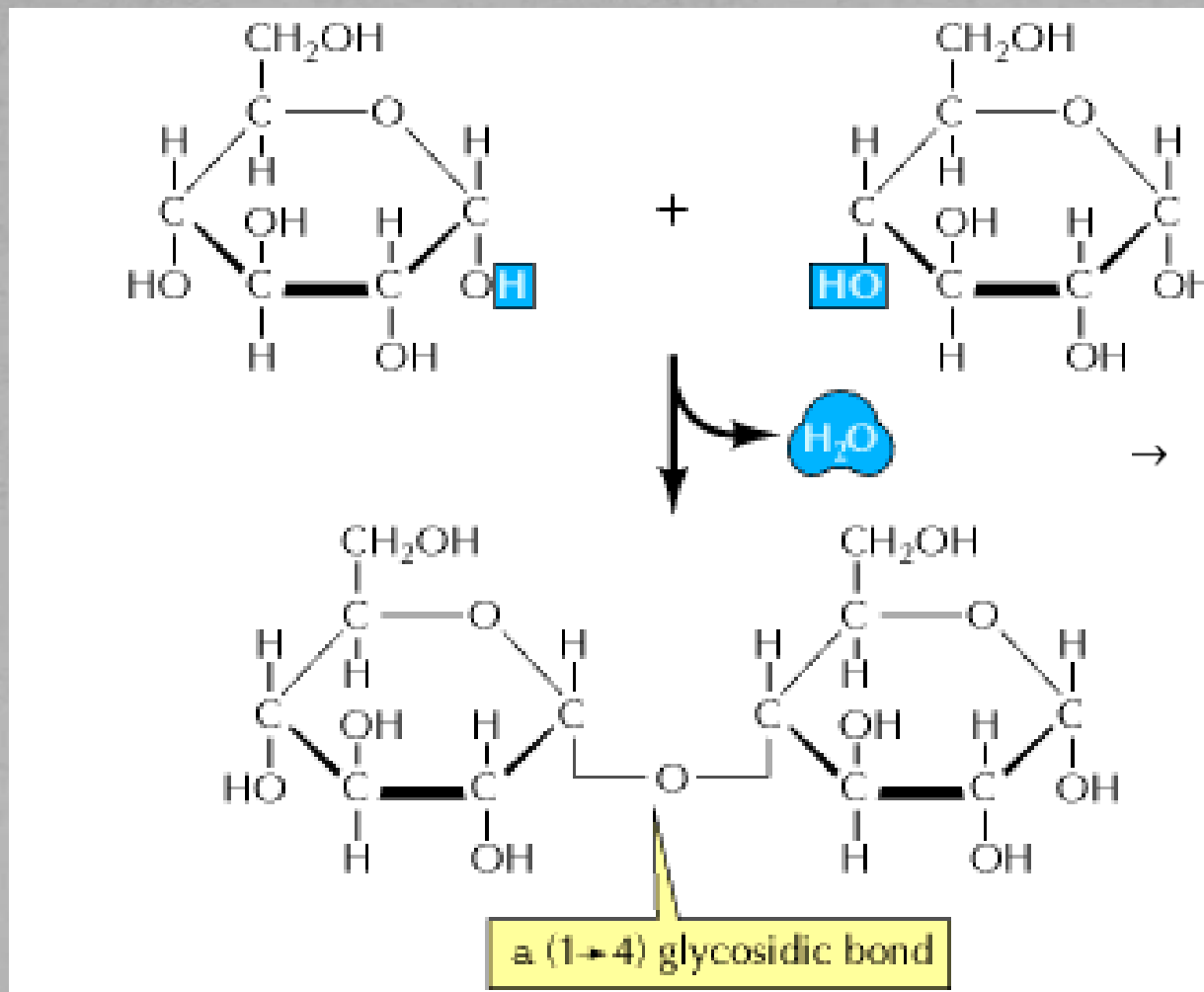
**Pentose sugars (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)**



**Hexose sugars (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)**

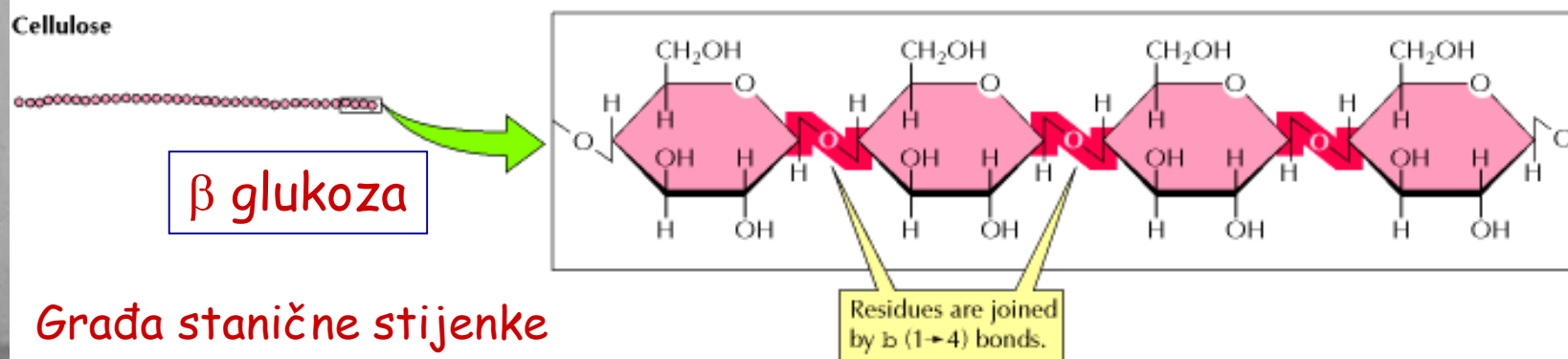
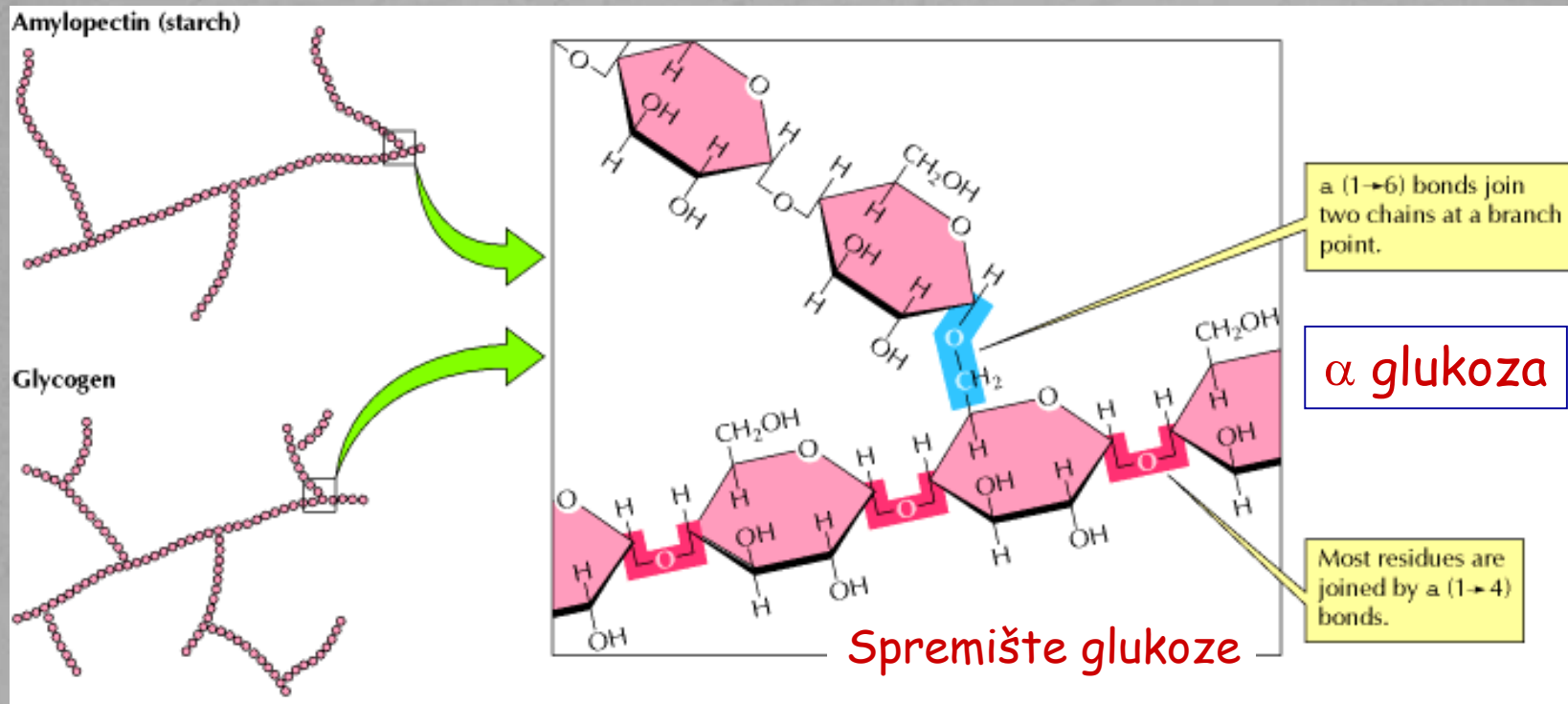


## Glikozidna veza - oligosaharidi, polisaharidi



Reakcija dehidracije

# Polisaharidi s pobočnim lancima (amilopektin, glikogen) bez pobočnih lanaca (celuloza)



Ugljikohidrati se kovalentno vežu :

za proteine - GLIKOPROTEINI

za lipide - GLIKOLIPIDI

# LIPIDI

1. Glavni sastojak stanične membrane
2. Rezervna energija - 2x više energije nego šećeri
3. Signaliranje - steroidni hormoni, prenose impulse sa stanične membrane u njenu unutrašnjost

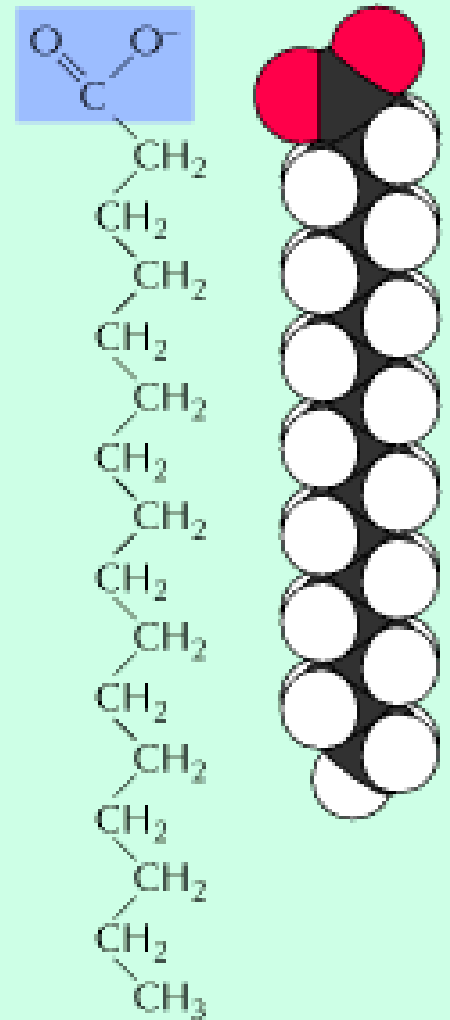


# Jednostavni lipidi - masne kiseline

Hidrofilni dio  $\text{COO}^-$ -  
karboksilna skupina

Hidrofobni dio - lanac nepolarnih  
ugljikovodika  $\text{CH}_2$  (16-18 C atoma)

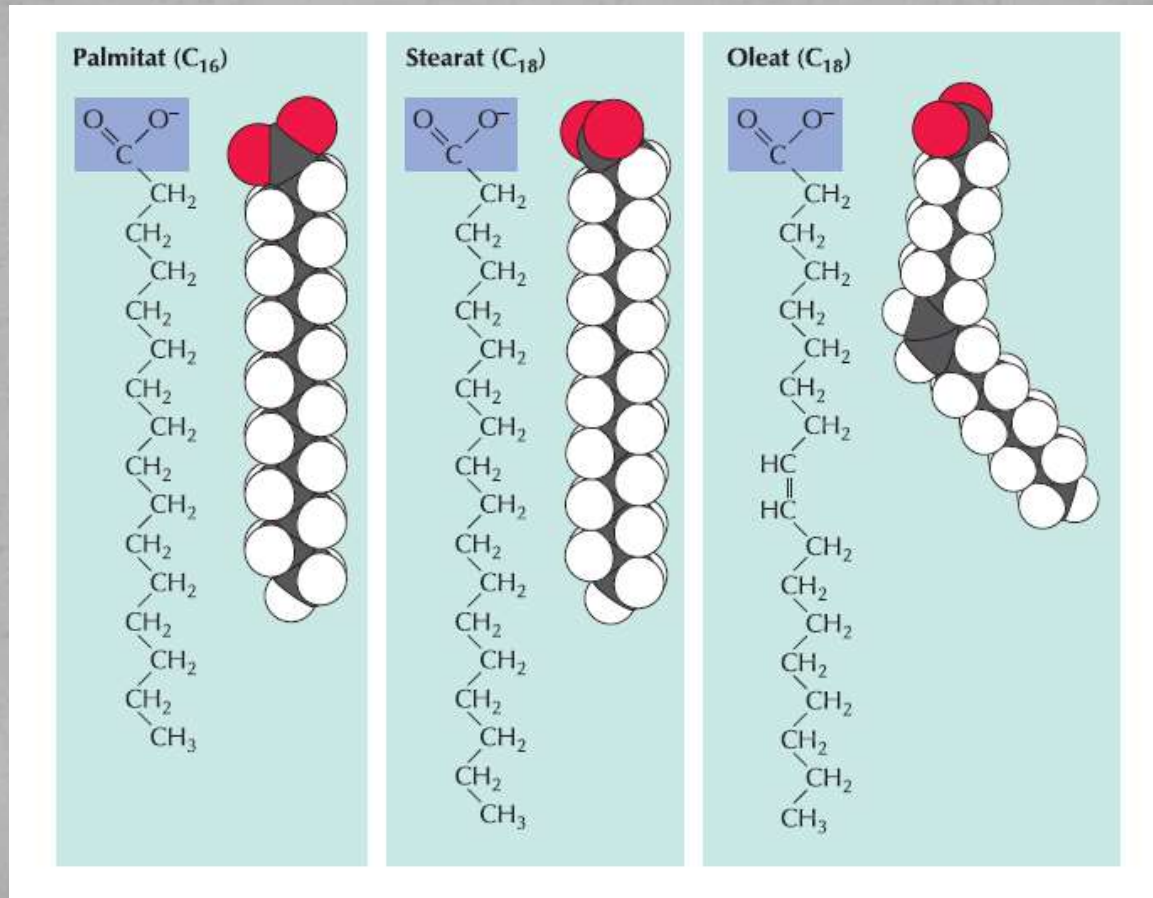
Često reagiraju s hidroksilnim ili amino  
grupama - esteri i amidi



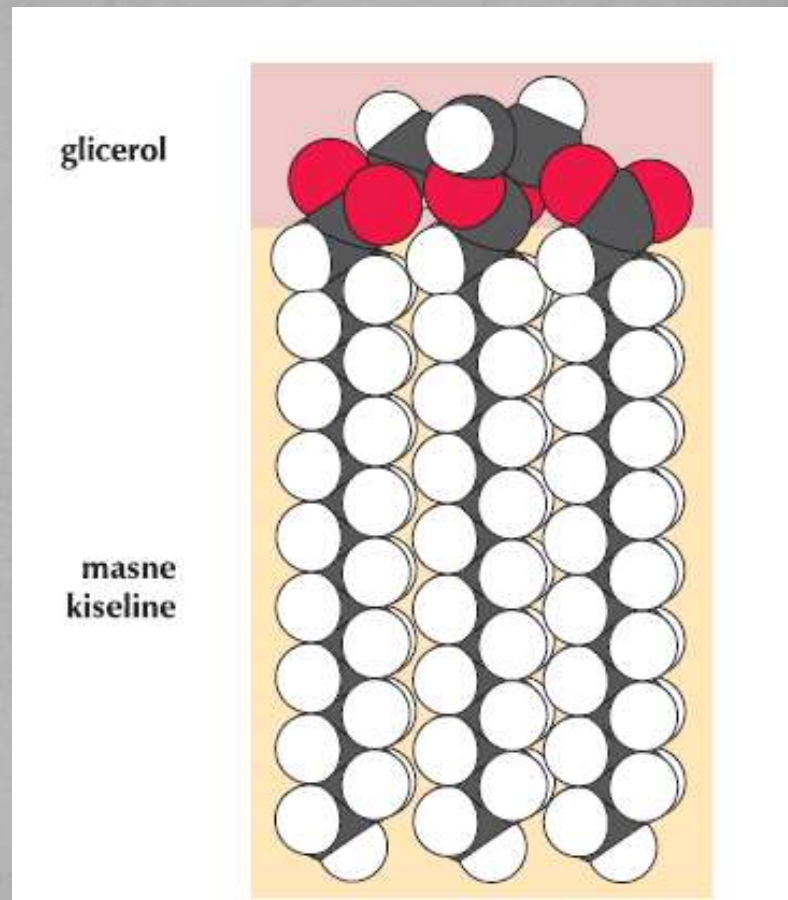
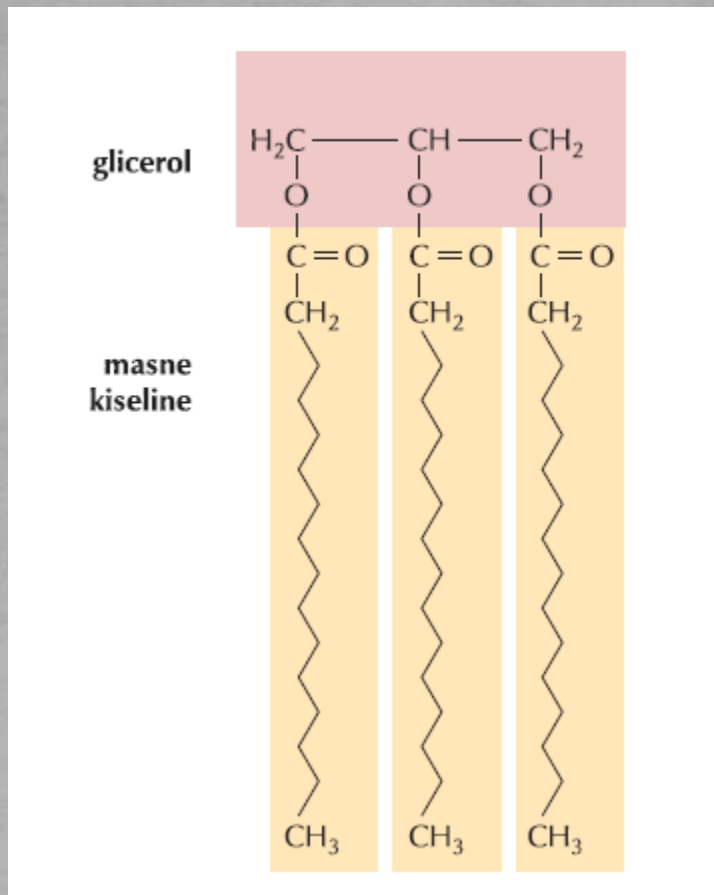
# Masne kiseline

Palmitinska, stearinska - zasićene

Oleinska - nezasićena (dvostruka veza između C atoma)



U stanici masne kiseline dolaze kao **trigliceridi** ili masti



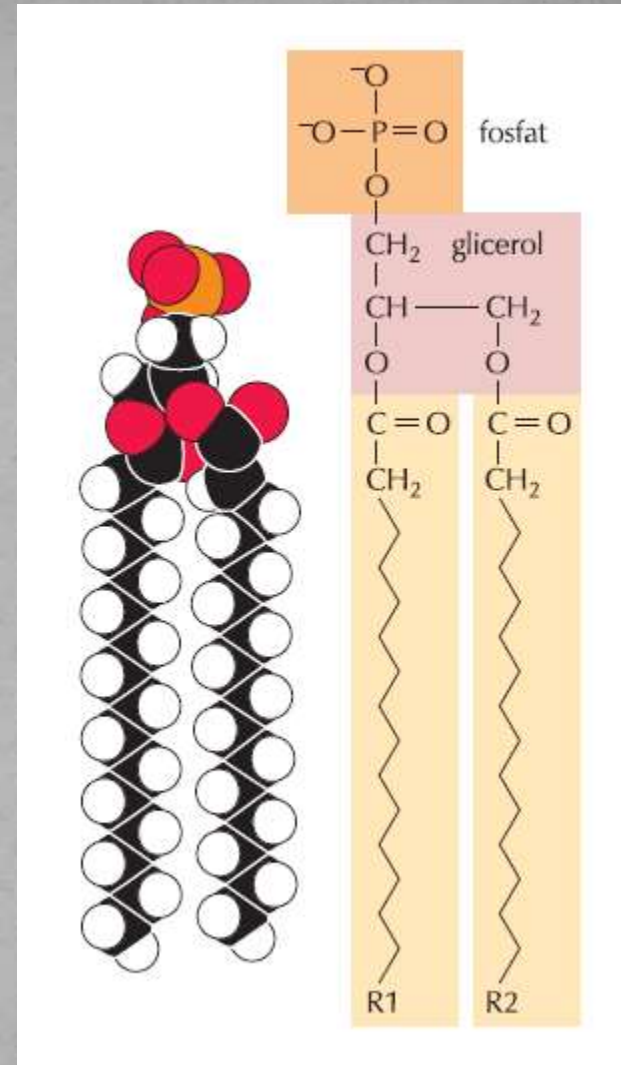
Tri masne kiseline + glicerol

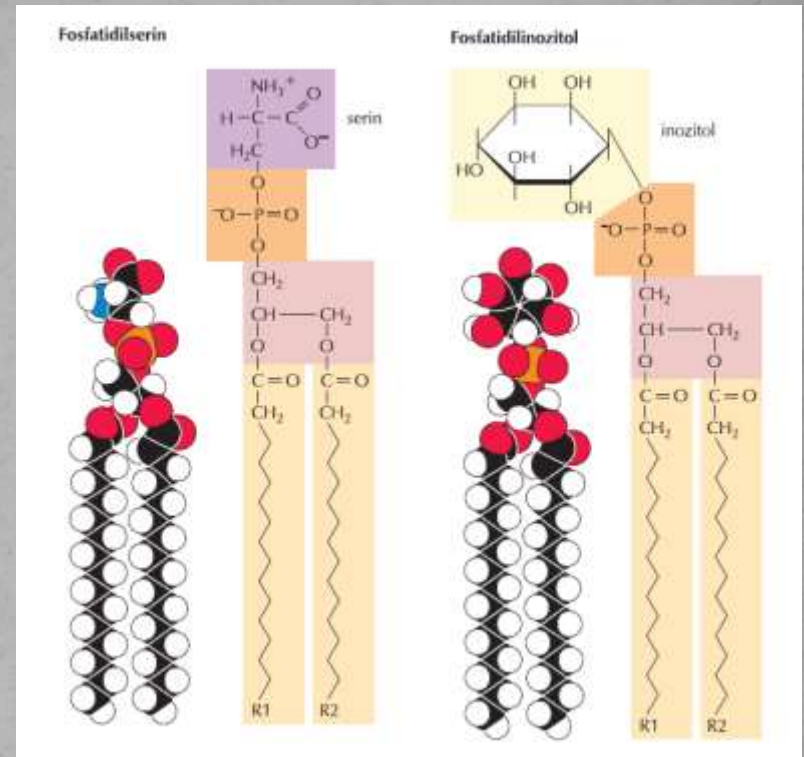
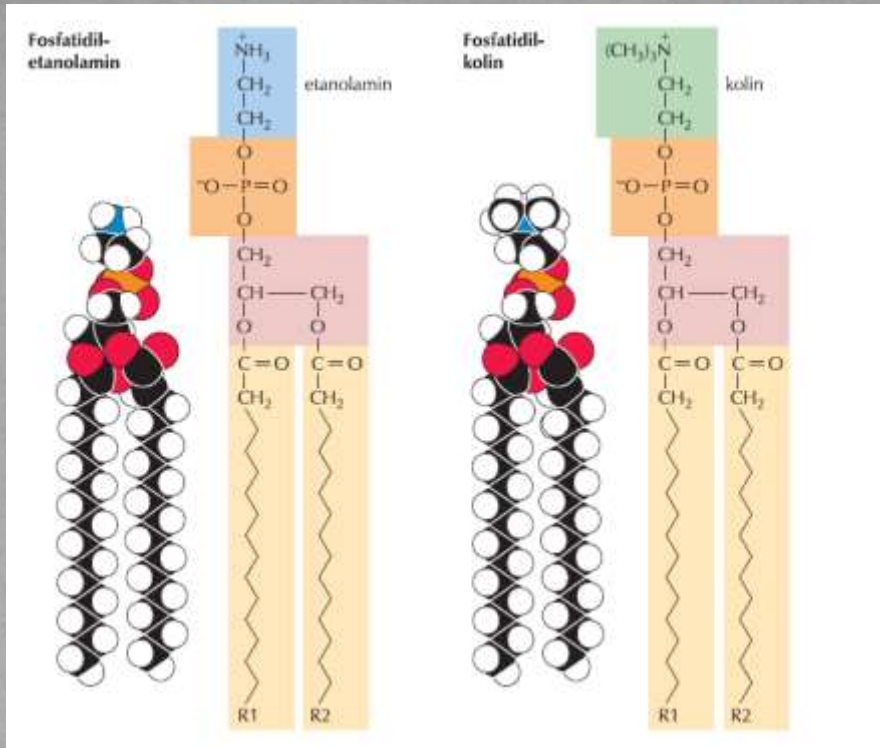
Netopivi u vodi, rezervna energija

# Fosfolipidi

dvije masne kiseline (hidrofobni dio)  
+ glicerol  
+ fosfatna skupina  
+ hidrofilna polarna glavica (serin, holin, inozitol, etanolamin)

Glavni sastojak staničnih membrana  
**Amfipatične molekule (+ i -)**  
Djelom topive, djelom netopive u vodi





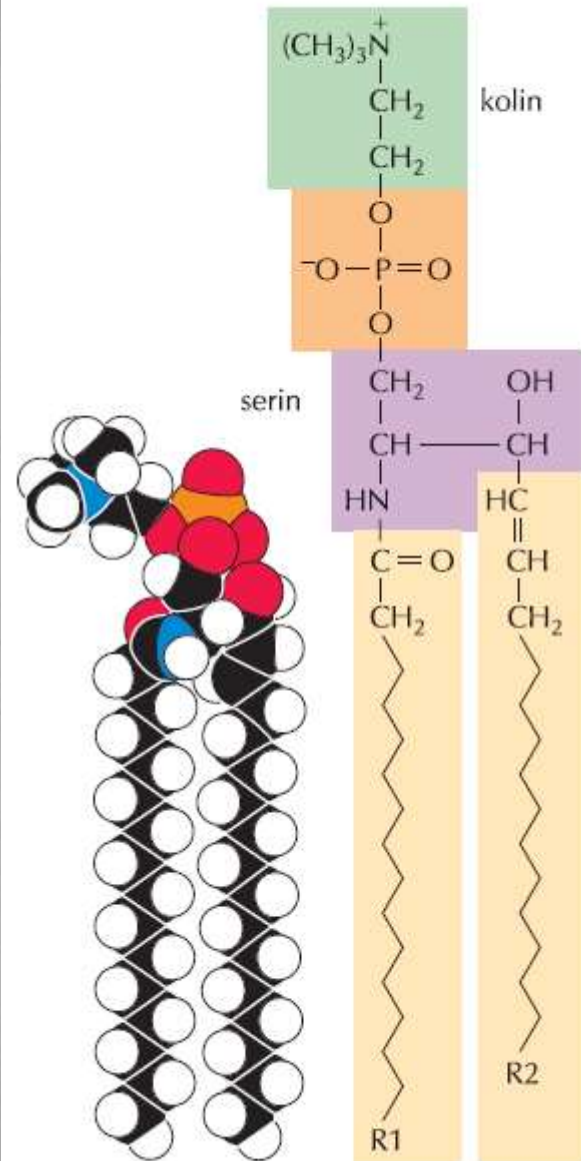
dvije MK + glicerol + fosfatna skupina + polarna glavica

(kolin, etanolamin)

dvije MK + glicerol + fosfatna skupina + polarna glavica  
(serin, inozitol)

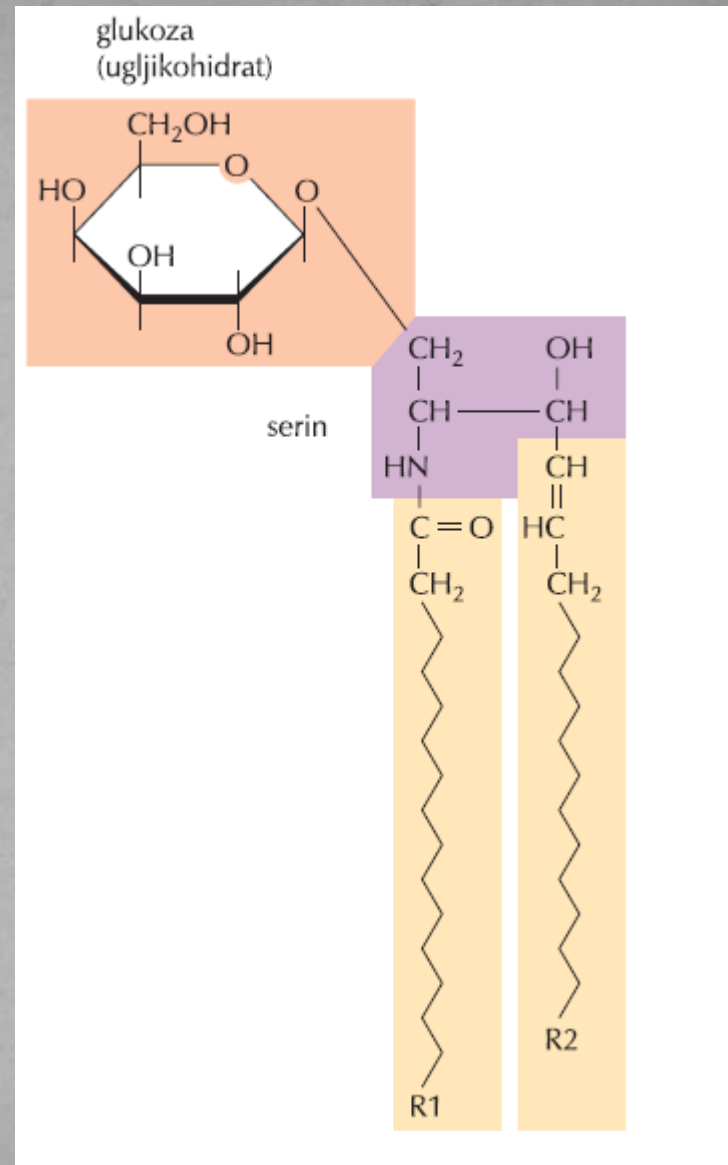
dvije MK + serin + fosfatna skupina  
+ polarna glavica

### Sfingomijelin



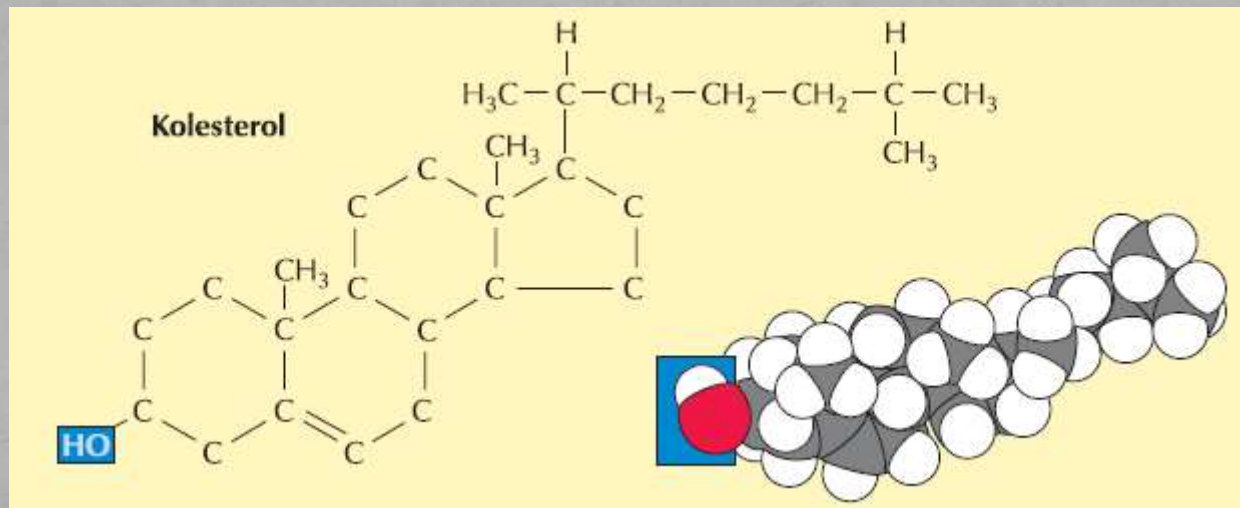
# Glikolipidi

- dio stanične membrane
- dva lanca ugljikovodika vezana na polarne glavice serina
- sadrže ugljikohidrate (**glukoza**)



# Kolesterol

- četiri prstena ugljikovodika - jako hidrofobni dio
- polarna hidroksilna grupa - hidrofilni dio
- amfipatična mol.
- dio stanične mebrane
- osnova za steroidne hormone (testosteron, estrogen)





# NUKLEINSKE KISELINE

Informacijske molekule u stanici

DNA - genetski materijal koji je kod eukariota u jezgri

mRNA - nosi informacije od DNA do ribosoma

rRNA - uključena u sintezu proteina

tRNA - uključena u sintezu proteina

Dorada i prijenos RNA, proteina

# Nukleinske kiseline - polimeri nukleotida

Purinske baze A,G

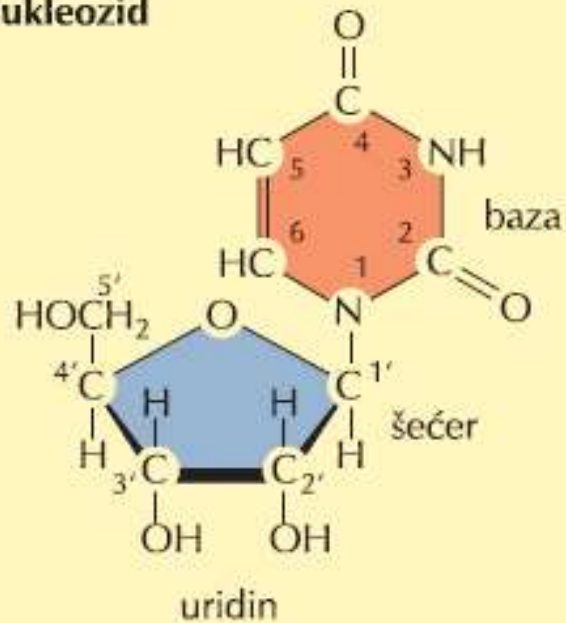
Pirimidinske baze C,U,T

Fosforilirani šećeri (riboza, dezoksiriboza)

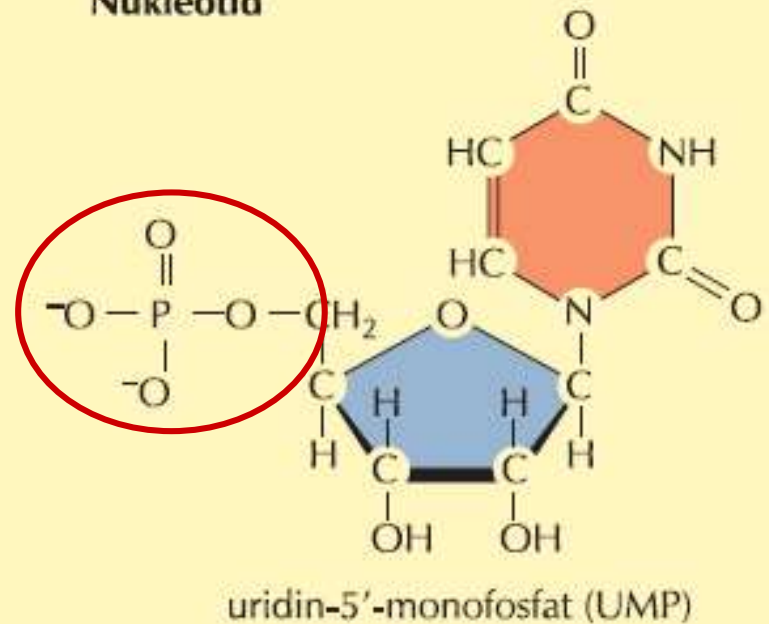
DNA - A,G  
C,T

RNA - A,G  
C,U

Nukleozid

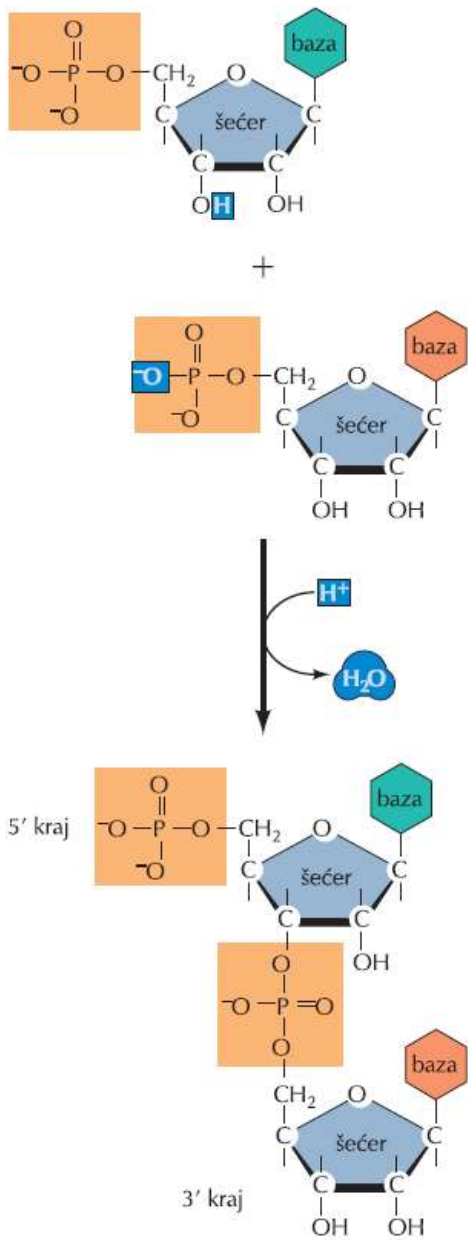


Nukleotid



**Nukleozidi** - baze vezane na ribozu (RNA) ili deoksiribozu (DNA)

**Nukleotidi** - nukleozid + jedna ili više fosfatnih grupa



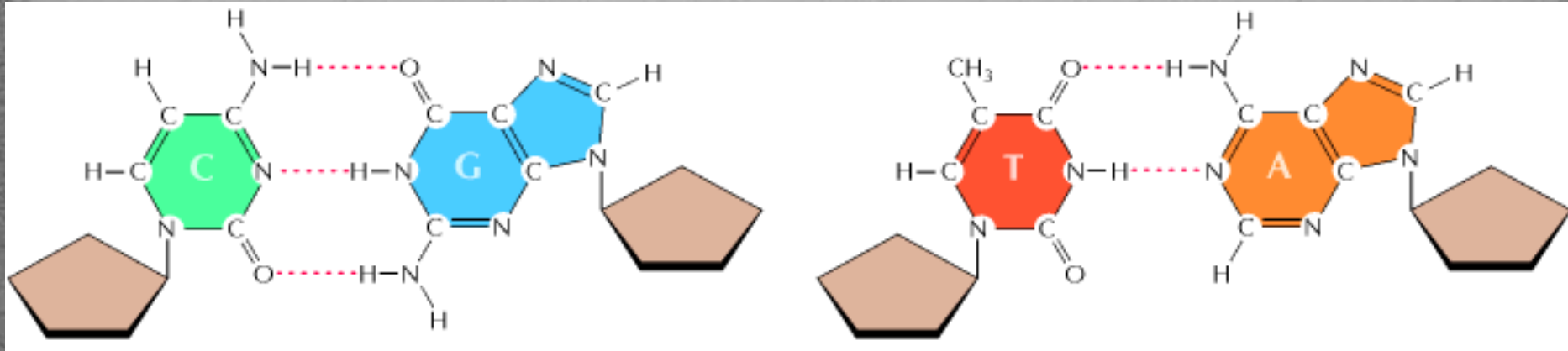
Polimerizacija nukleotida stvaranjem **fosfodieterske veze** između 5 fosfatnog kraja i 3 hidroksilnog kraja dva nukleotida

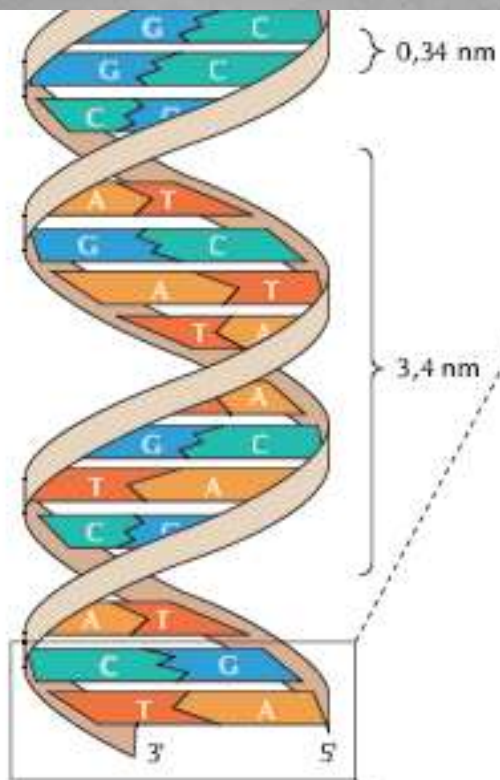
Sinteza uvijek ide od 5' prema 3' (tako se piše i sekvenca NK)

# DNA - dvostruka uzvojnica

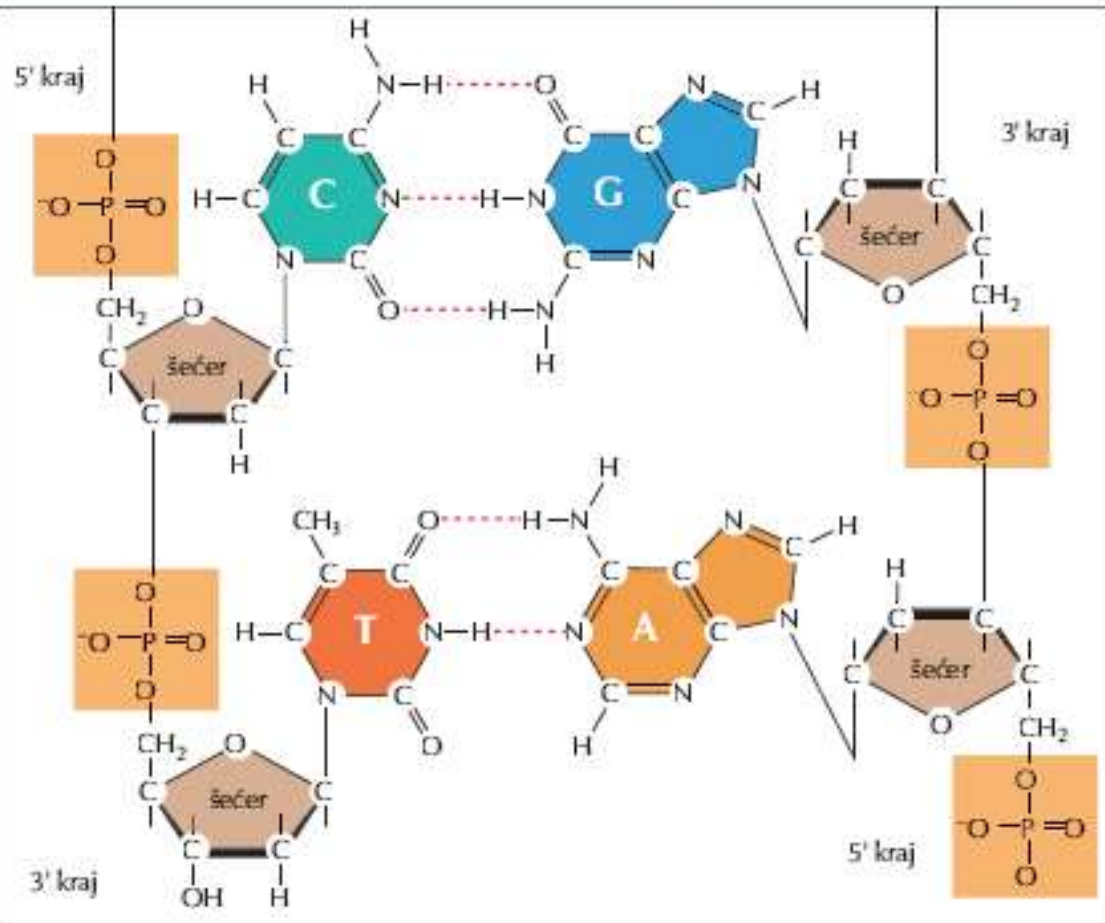
Komplementarno sparivanje - stvaranje vodikovih veza između baza suprotnih lanaca DNA

A - T  
G - C





Baze na suprotnim lancima povezuju se vodikovim vezama između adenina (A) i timina (T), te između gvanina (G) i citozina (C). Dva lanca u molekuli DNA su antiparalelni (usmjereni su u suprotnim smjerovima određenim slobodnim 5' odnosno 3' skupinama deoksiriboze).



Lanci su antiparalelni

## Uloga nukleotida

Građevne jedinice nukleinskih kiselina DNA, RNA

Kemijska energija u stanici - ATP

Donosioci energije ili aktiviranih kemijskih skupina

Signalne molekule c-AMP

# **Makromolekule:**

**Ugljikohidrati** - glikozidna veza - oligosaharidi,  
polisaharidi

**Lipidi** - masne kiseline dolaze kao trigliceridi ili masti,  
fosfolipidi, glikolipidi

**Nukleinske kiseline** - polimerizacija nukleotida  
stvaranjem fosfodiesterske veze

## **PROTEINI**



# PROTEINI

Struktura - građa

Transport - hemoglobin

Obrana - protutijela

Prijenos informacija - hormoni

Kataliza - enzimi

Polimeri 20 aminokiselina

# Aminokiseline

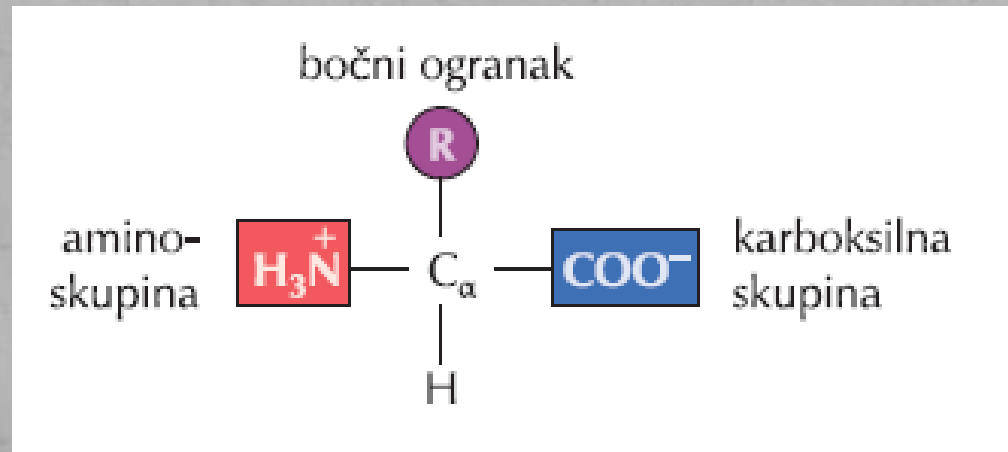
Centralni C atom

Vodikov atom

Karboksilna skupina  $\text{COO}^-$

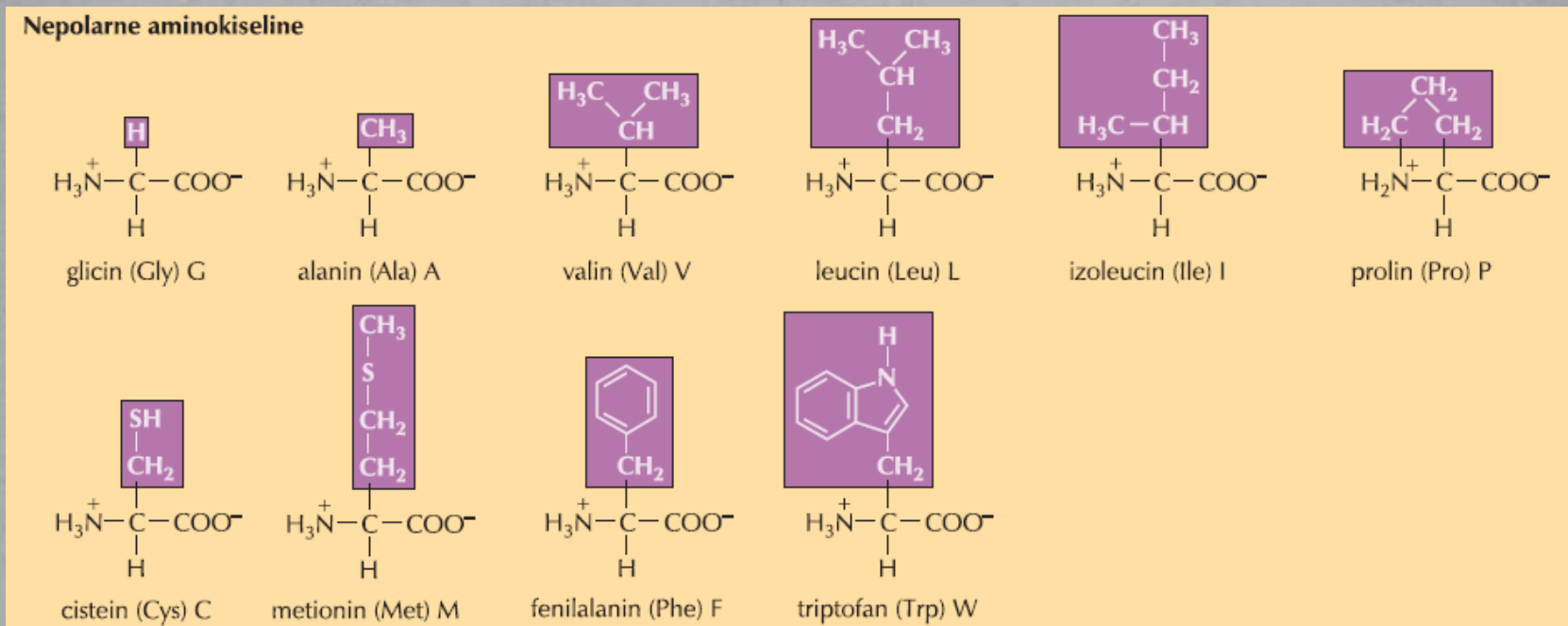
Amino grupa  $\text{NH}_3^+$

Specifični bočni lanac



Amfoterne molekule

# Nepolarne AK -u bočnom lancu imaju H -hidrofobne (u centru proteina)



1 - 1H atom - Gly

4 - do 4C atoma u bočnom lancu - Ala, Val, Leu, Ile

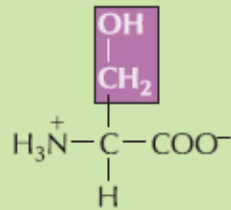
1 - ciklička AK - Pro

2 - sa S - Cys, Met

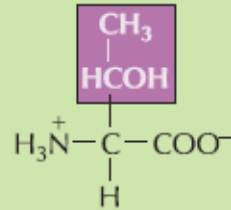
2 - aromatski prsten - Phe, Trp

# Polarne AK - hidrofилne na površini proteina

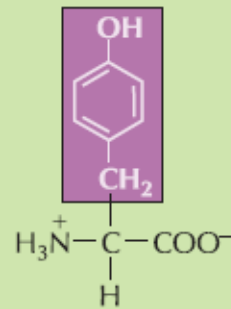
## Polarne aminokiseline



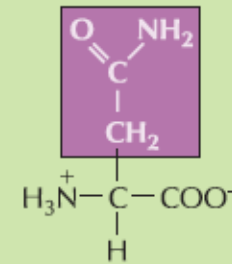
serin (Ser) S



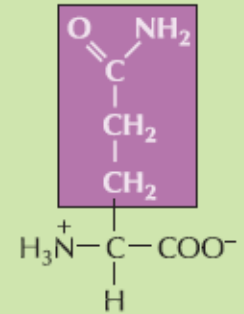
treonin (Thr) T



tirozin (Tyr) Y



asparagin (Asn) N



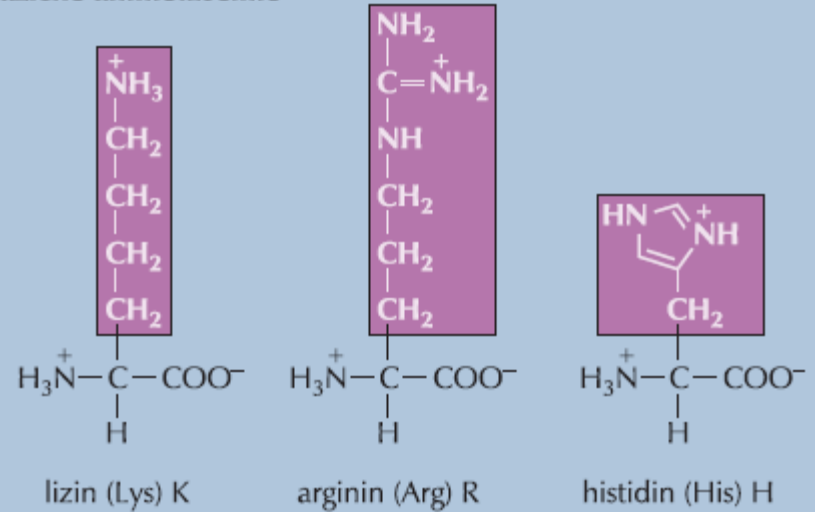
glutamin (Gln) Q

3 - hidroksilna grupa - Ser, Thr, Tyr  
2 - amino grupa - Asn, Gln

## Bazne AK

- 2 hidrofилne - Lys, Arg
  - 1 neutralna ili (-) His
- enzim u procesima vezanim za izmjenu H iona

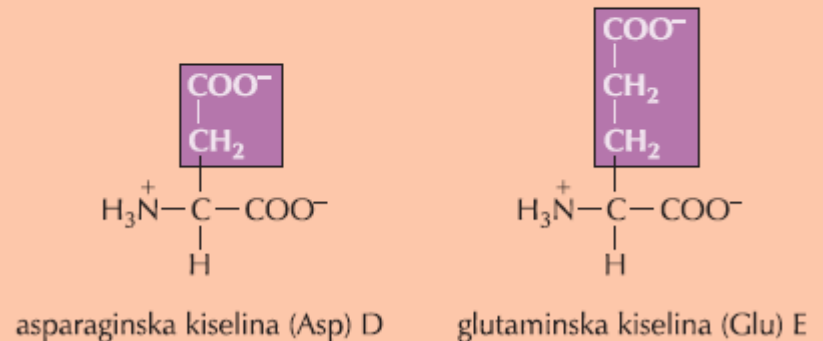
### Bazične aminokiseline



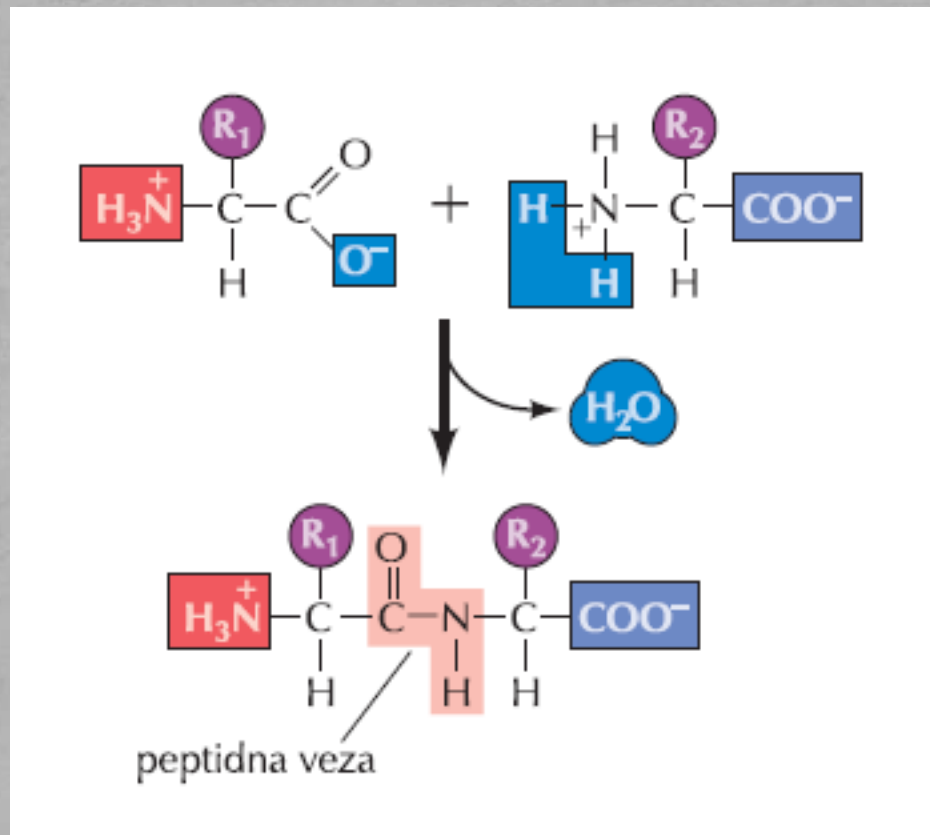
## Kisele AK

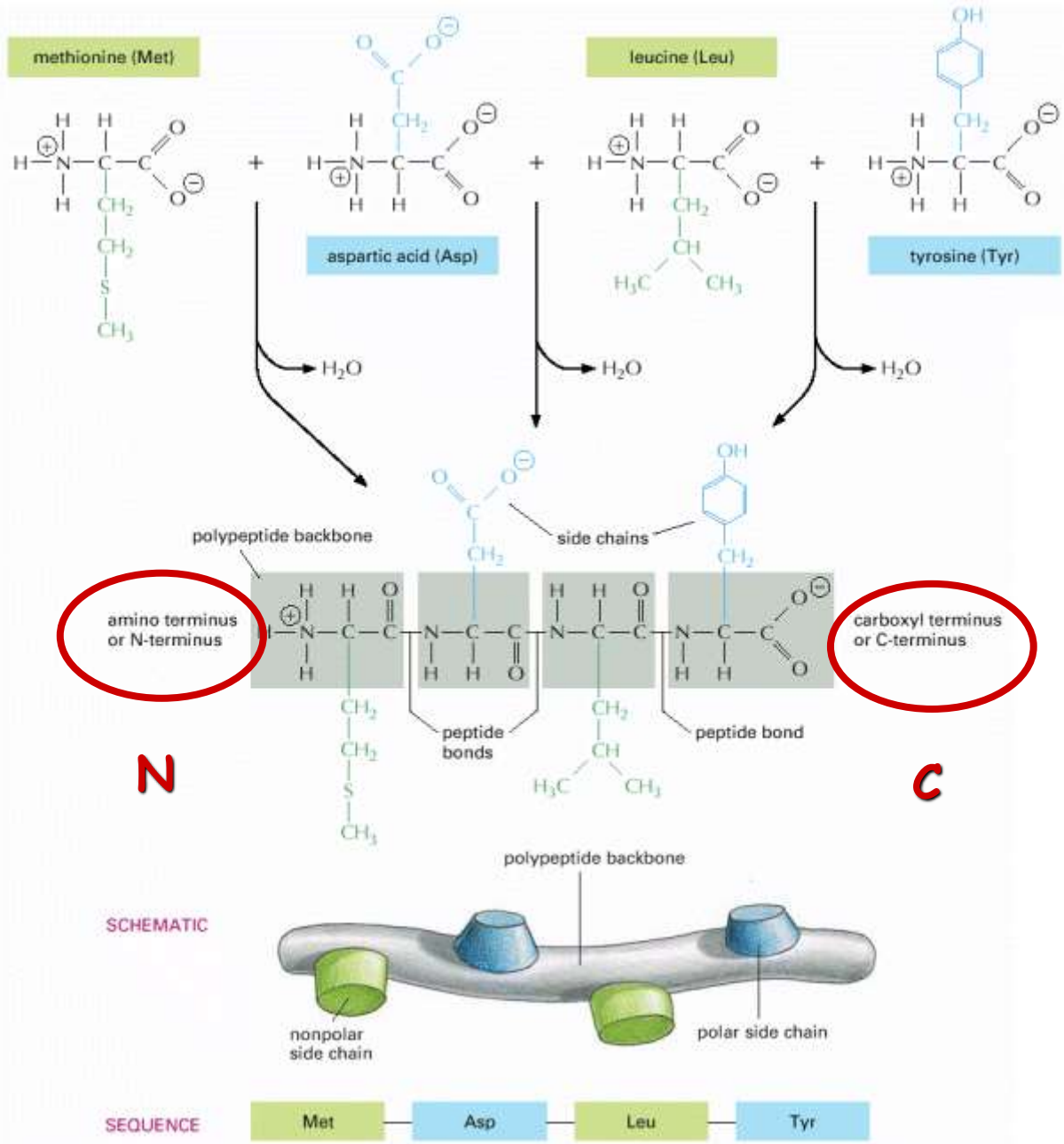
- 2 negativno nabijene, hidrofилne - Asp, Glu

### Kisele aminokiseline



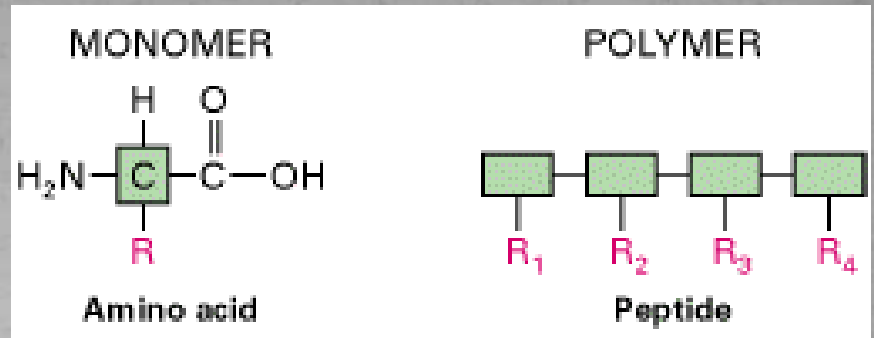
Aminokiseline se **peptidnim vezama** vezuju u polipeptide  
- karboksilna skupina jedne na amino skupinu druge AK



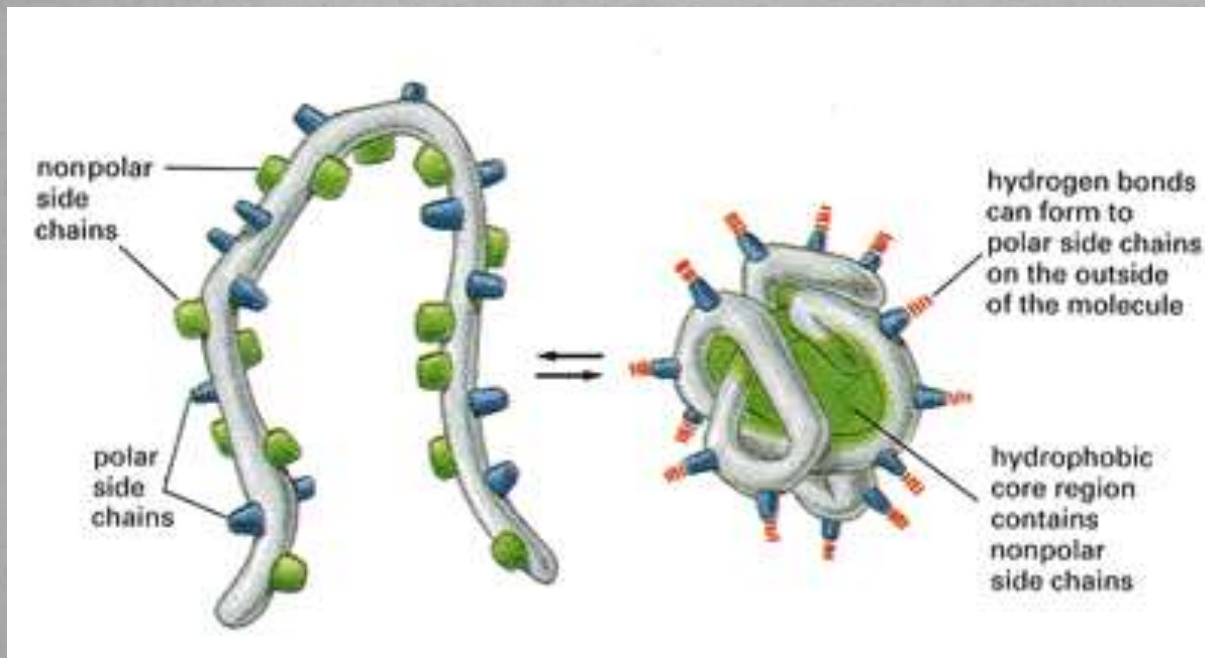


Dodavanje novih AK na C-kraju

# Proteini - struktura



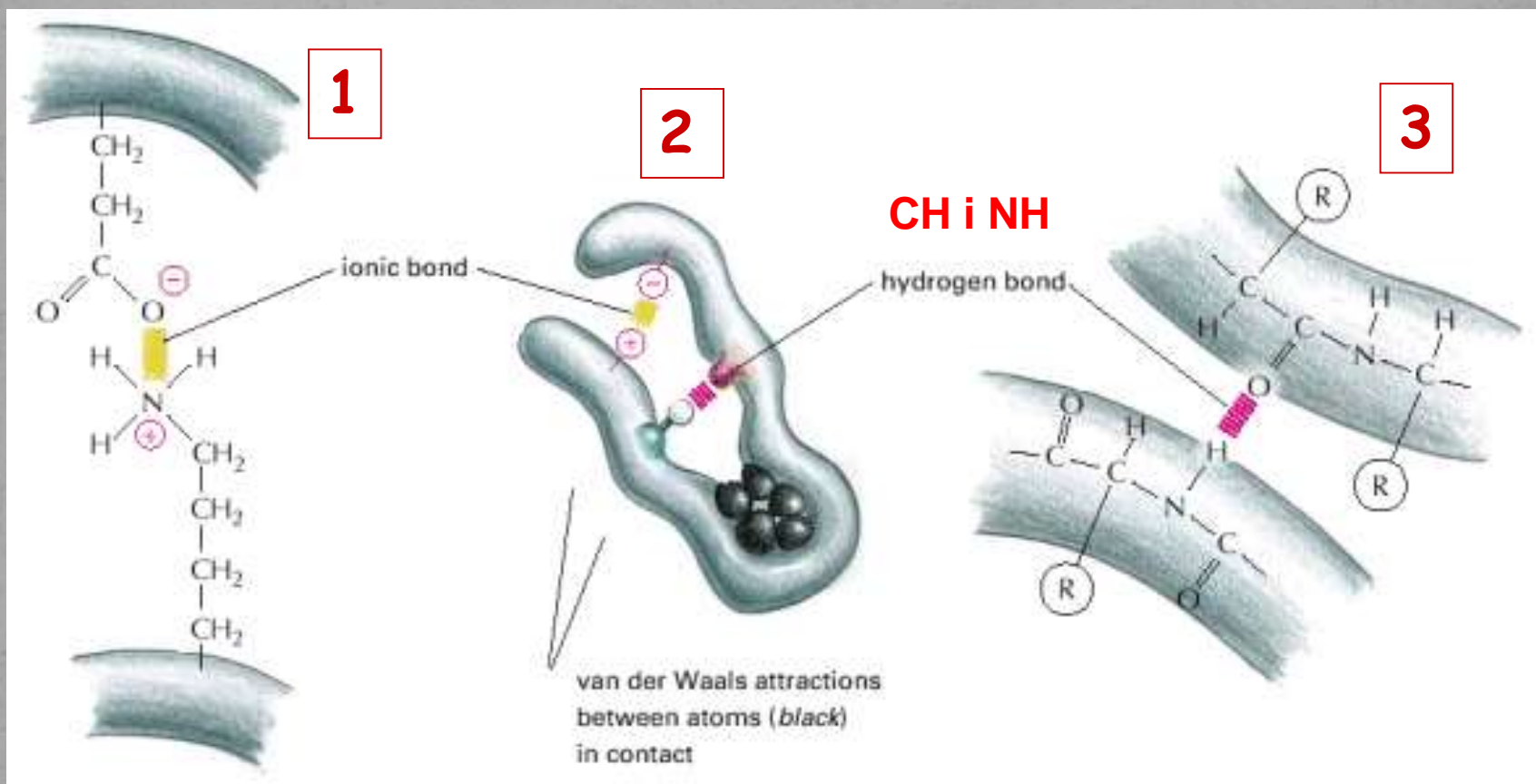
## Primarna struktura - raspored AK u lancu



## Sekundarna struktura - organizacija dijelova lanca



# Nekovalentne veze koje drže lanac AK u određenom položaju



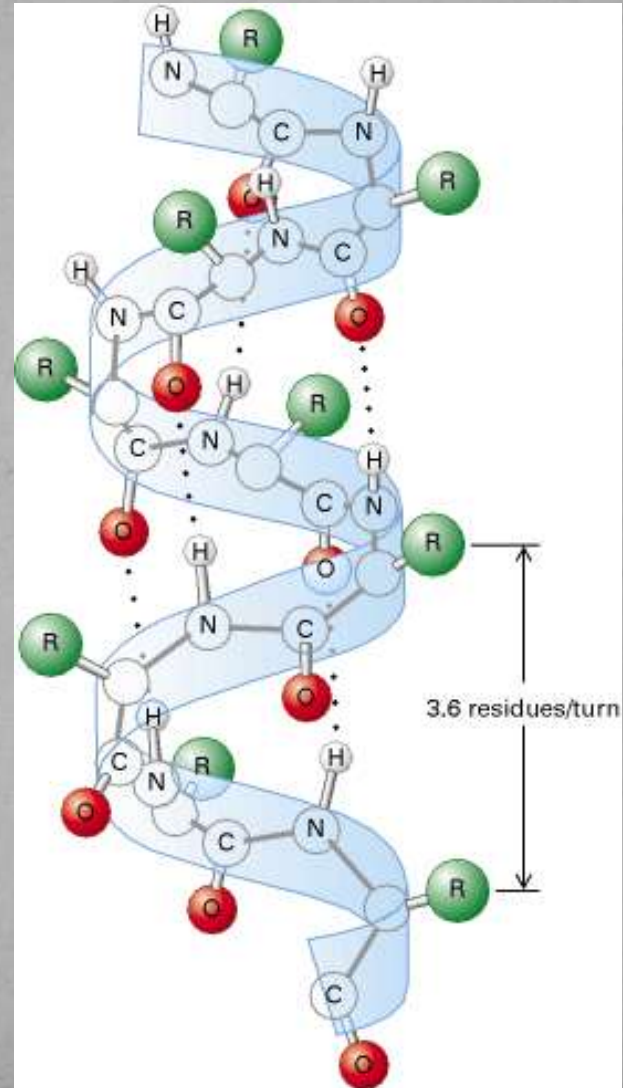
**4**

Raspored hidrofилnih i hidrofobnih AK

# Sekundarna struktura - organizacija dijelova lanca

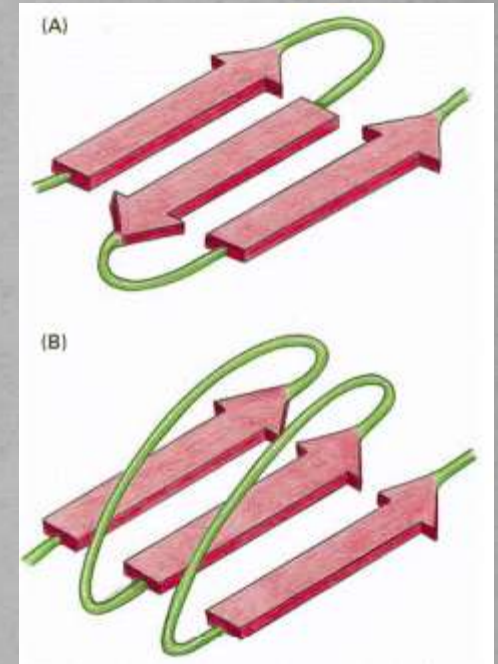
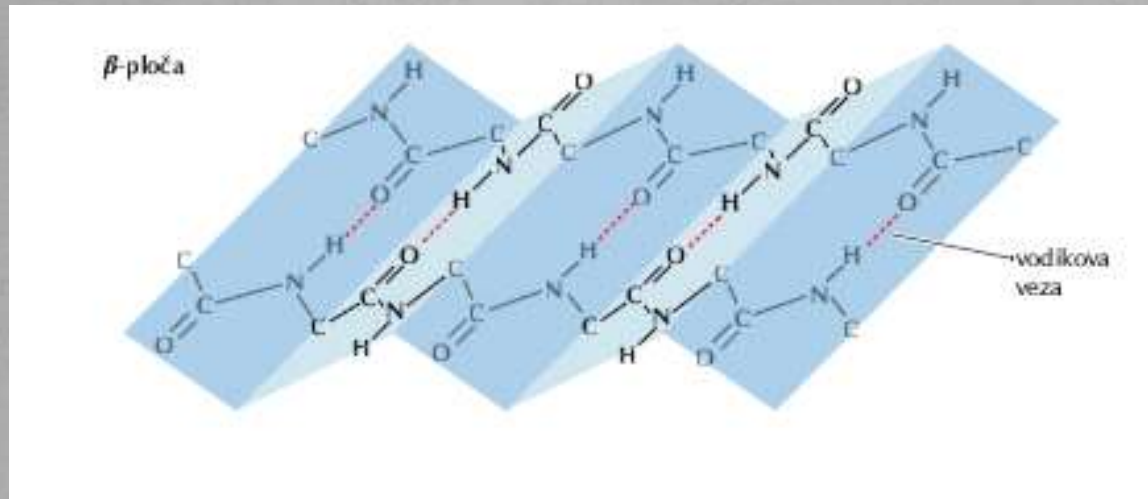
$\alpha$  - uzvojnica (heliks)

Vodikove veze između CO i NH grupa peptidnog lanca udaljena 4 AK ostatka



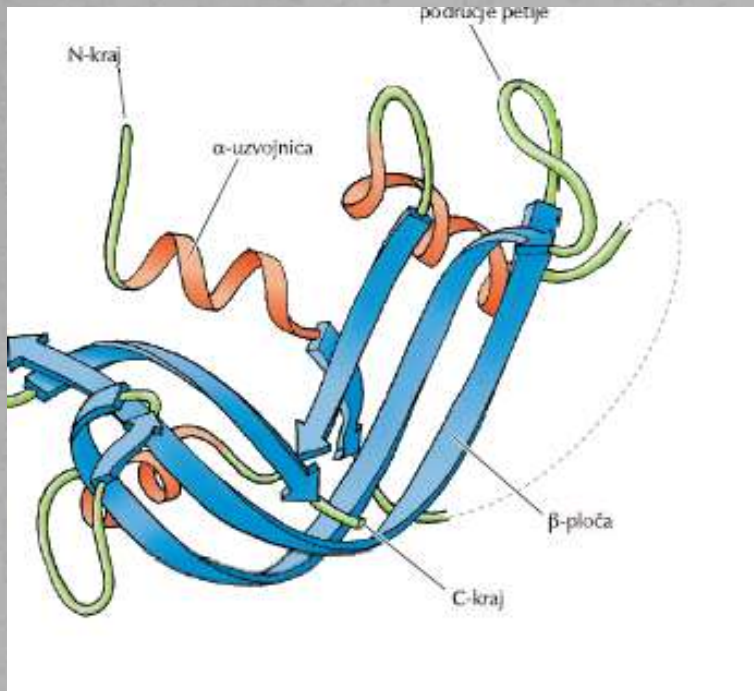
# Sekundarna struktura - organizacija dijelova lanca

## $\beta$ - nabrana ploča (sheet)



Vodikove veze između CO i NH grupa dvaju paralelnih ili antiparalelnih peptidnih lanaca

# Tercijarna struktura - interakcija AK različitih regija primarnog lanca

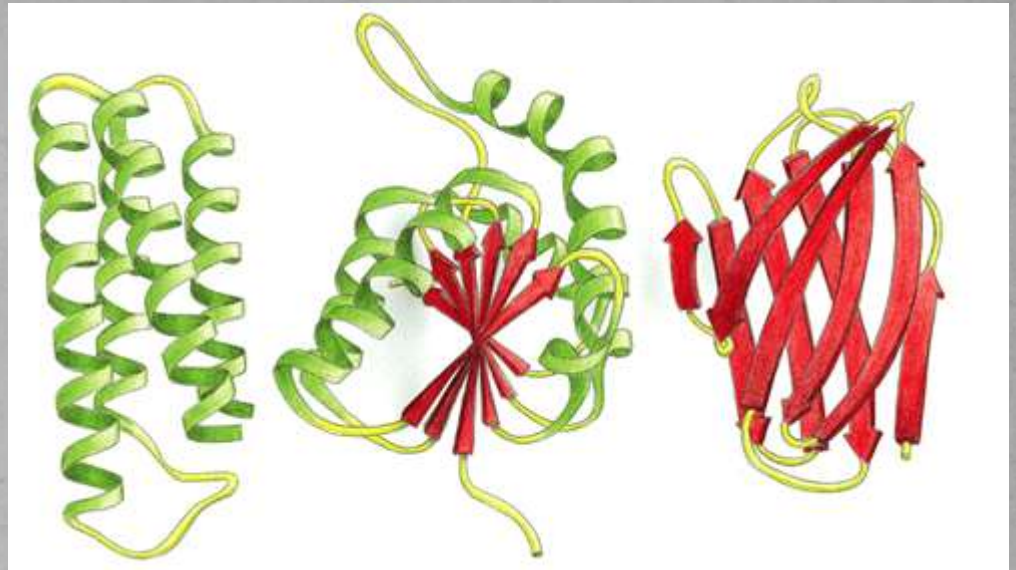


petlja  
 $\alpha$  - uzvojnica  
 $\beta$  - ploča

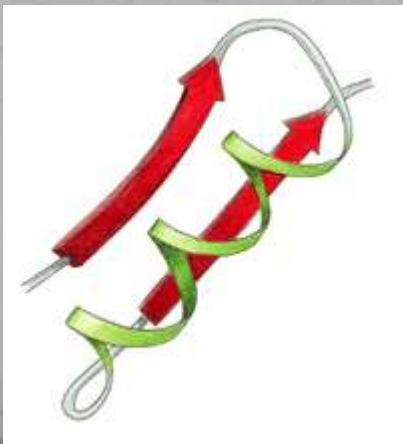
Položaj hidrofobnih AK u unutrašnjosti i hidrofилnih AK na površini proteina - vodikove, ionske veze na površini  
Kovalentne disulfidne veze cisteinskih ostataka u unutrašnjosti - stabilizacija

# Osnova tercijarne strukture

**Domena** -  
kompaktana  
globularna  
struktura  $\alpha$   
uzvojnica, petlji i  $\beta$   
ploča



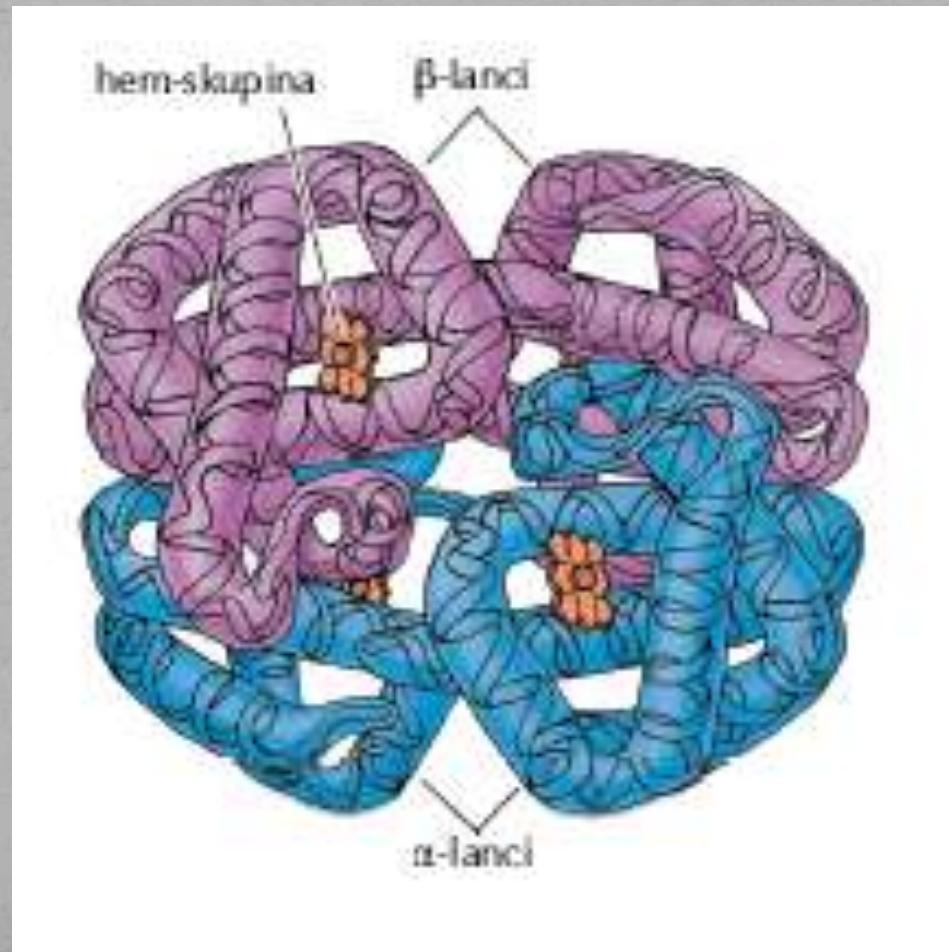
**Motif** - kombinacija  $\alpha$  - uzvojnice i  $\beta$ - ploče

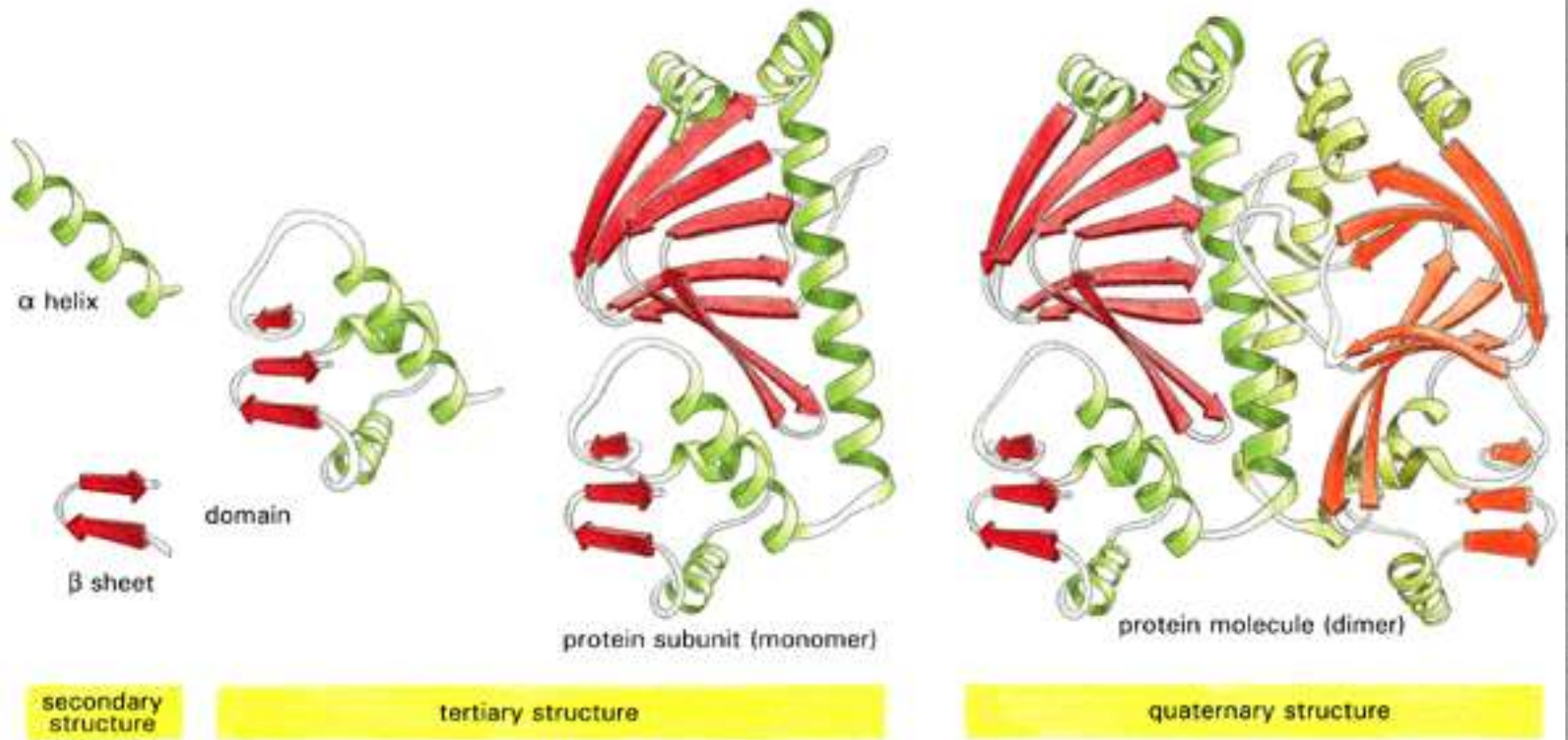


$\beta - \alpha - \beta$

# Kvartarna struktura - interakcija različitih lanaca polipeptida

## Hemoglobin

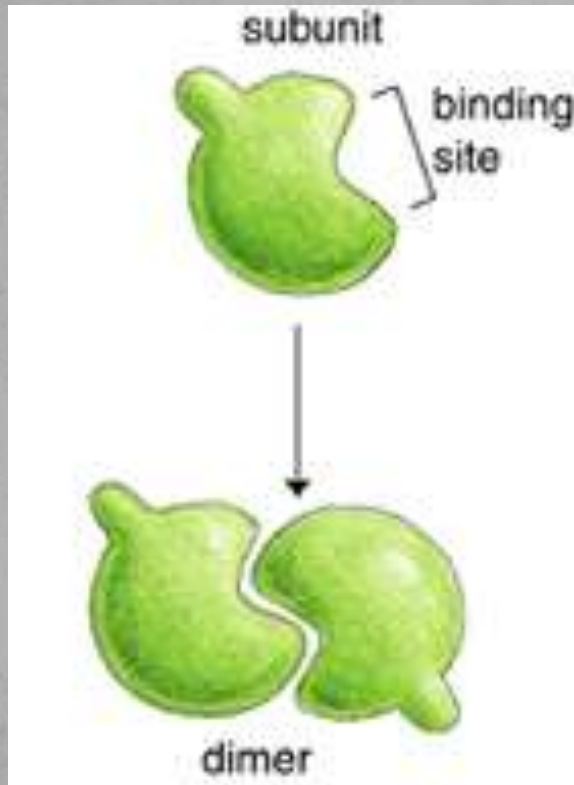




Monomeri - polimeri

# Polimerizacija istovrsnih globularnih podjedinica

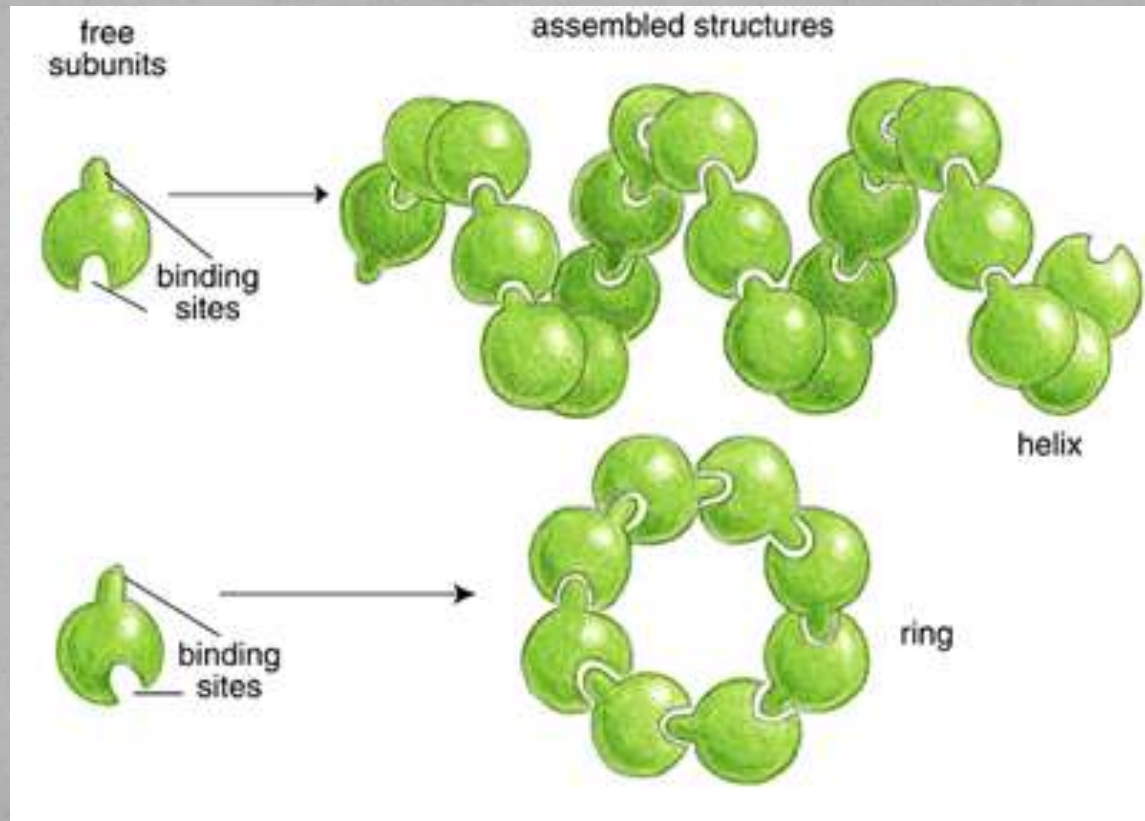
## DIMERI





# Polimerizacija istovrsnih globularnih podjedinica

## LANCI, PRSTENI



## Tri načina kako proteini mogu biti specifični za stanicu:

- prisutan samo u tom tipu stanica
- prisutan u nekoliko tipova stanica ali modificiran (primjer: alkalna fosfataza crijeva i placente - izoformni oblici)
- prisutan u više tipova stanica, ali u nekima znatno više (kvantitativna specifičnost)

# Funkcija proteina

Grada

Transport - hemoglobin

Obrana - protutijela

Prijenos informacija - hormoni

Kretanje - aktin, miozin

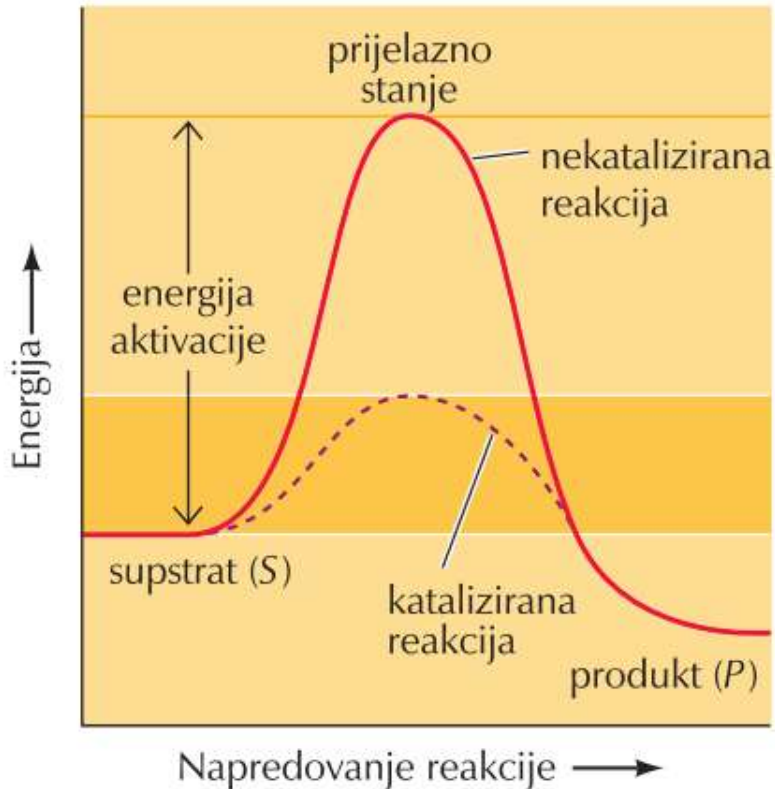
**Kataliza - enzimi**

## Enzimi - katalizatori kemijskih reakcija

Ubrzanje kemijskih reakcija  $10^6 - 10^{12} \times$

- bez trošenja enzima
  - bez trajnog mijenjanja enzima
  - bez mijenjanja položaja ravnoteže supstrata i produkta
- 
- 1000 - 4000 u svakoj stanici, neki specifični za stanicu, drugi ubikvitarni
  - u stanicama i van njih - crijeva, krv, međustanična tvar

# Kemijska ravnoteža



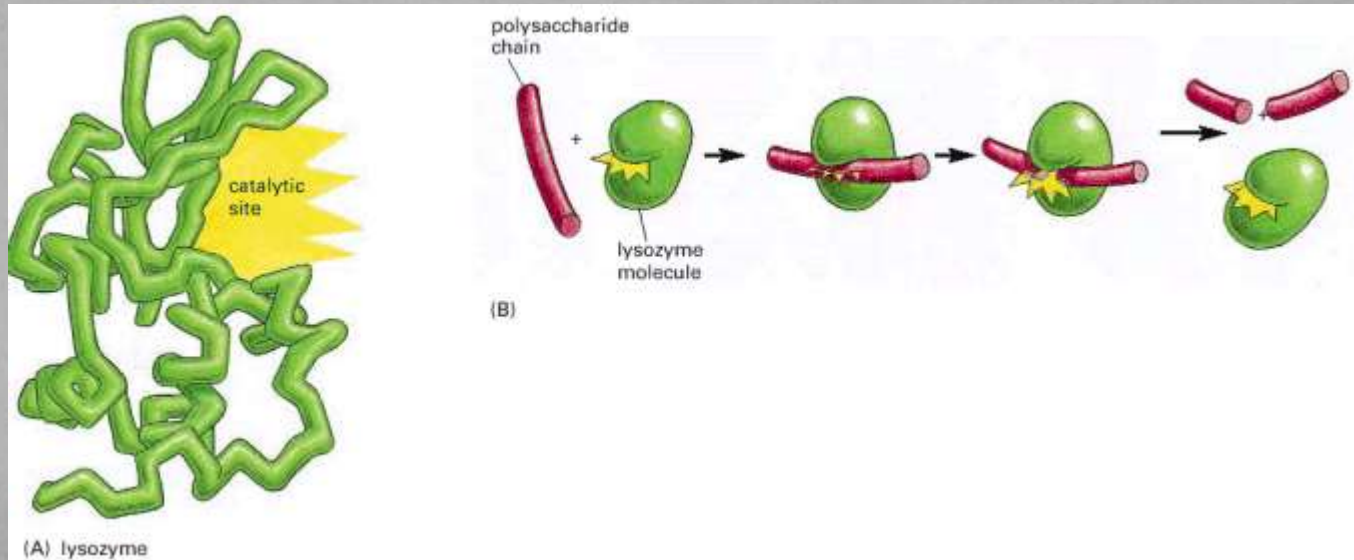
Treba postići  
energiju aktivacije

Enzimi smanjuju energiju aktivacije

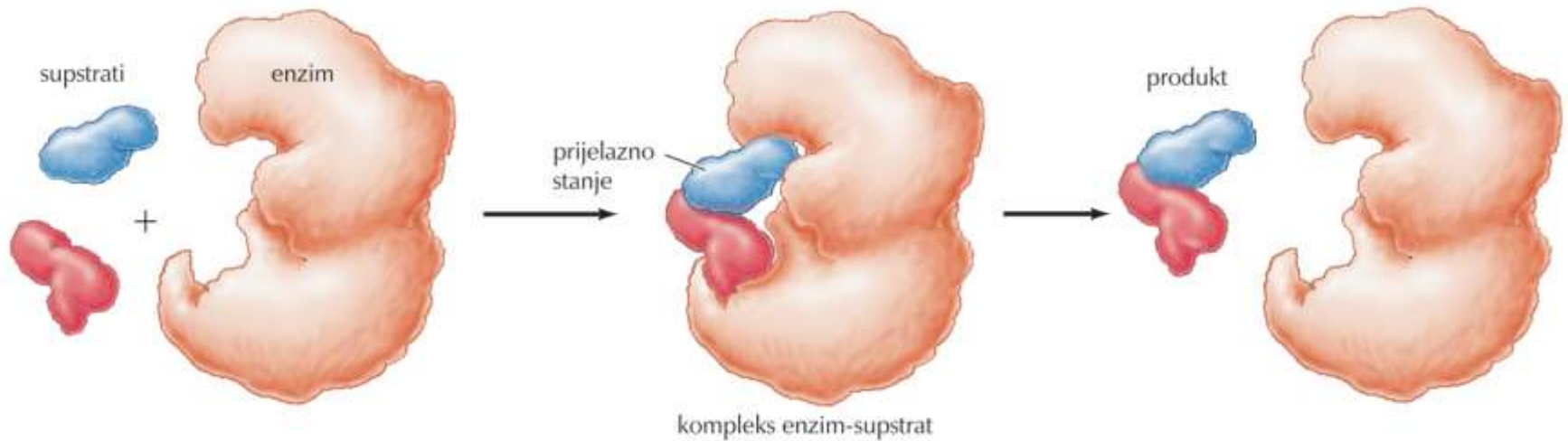
Vezivanje enzima i supstrata je visoko specifično

**Aktivno mjesto enzima** - bočni lanci AK, utori na površini  
- dio koji prepoznaje supstrat (LIGAND) i veže ga  
(vodikove, ionske, hidrofobne interakcije)

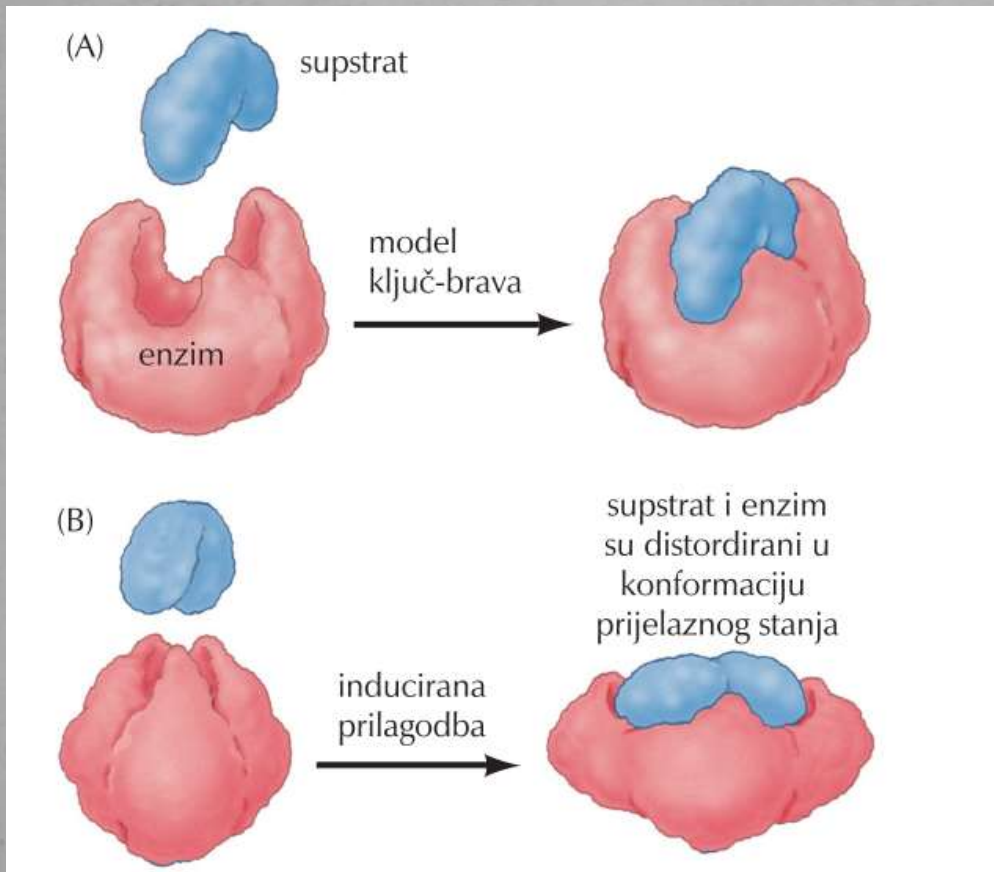
- dio koji katalizira reakciju



# 1. Enzimi - stabilizacija prijelaznih oblika dovođenje 2 supstrata u poziciju za djelovanje



## 2. Enzimi - mijenjanje konformacije supstrata i enzima radi bržeg postizanja prijelaznog stanja



**Ključ - brava**

**Izazvana prilagodba**

Distorzija supstrata -  
promjena konformacije E i S  
olakšavanje postizanja  
prijelaznog stanja



### 3. Enzimi - direktno sudjelovanje u katalitičkim procesima

AK (kisele i bazične) iz aktivnog mjesta enzima reagiraju sa supstratom - nastanak intermedijalnih spojeva

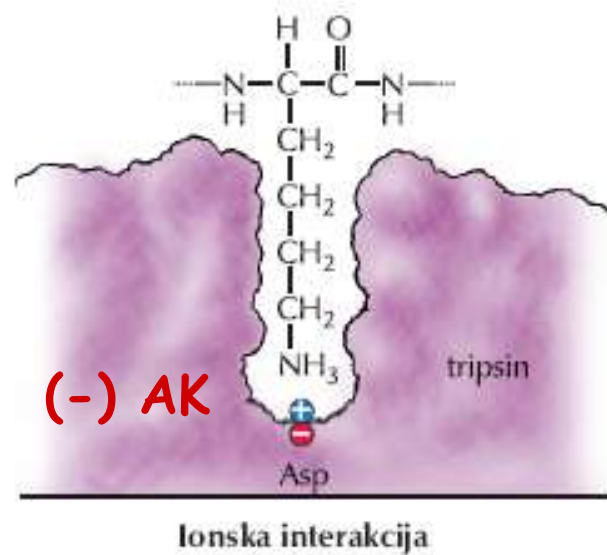
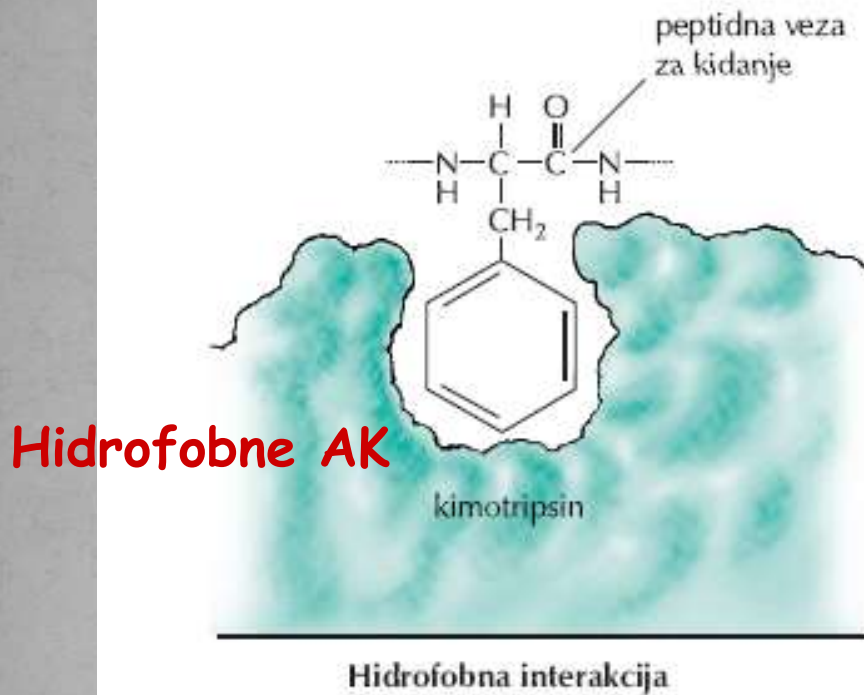
**Serinske proteaze** razgrađuju proteine kidajući peptidne veze

Aktivno mjesto proteaza sadrži serin, histidin, aspartat - pokreću hidrolizu peptidne veze

**KIMOTRIPSIN** - uz hidrofobne AK (triptofan, fenilalanin)

**TRIPSIN** - uz bazične AK (lizin, arginin)

# Džep aktivnog mjesta



Razgradnja uz hidrofobne AK

Razgradnja uz bazne AK

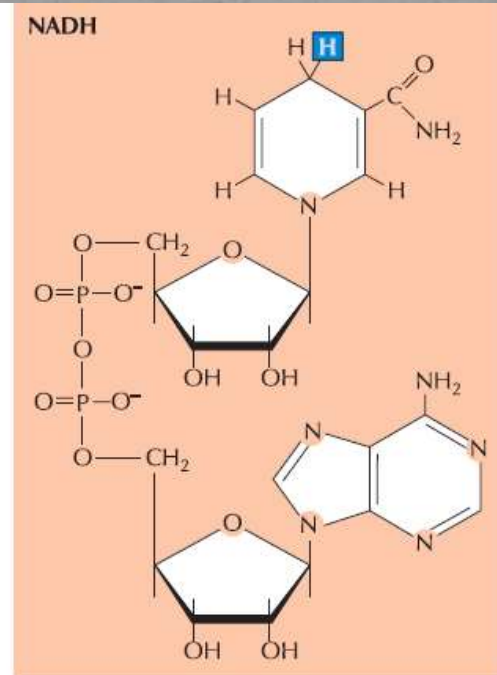
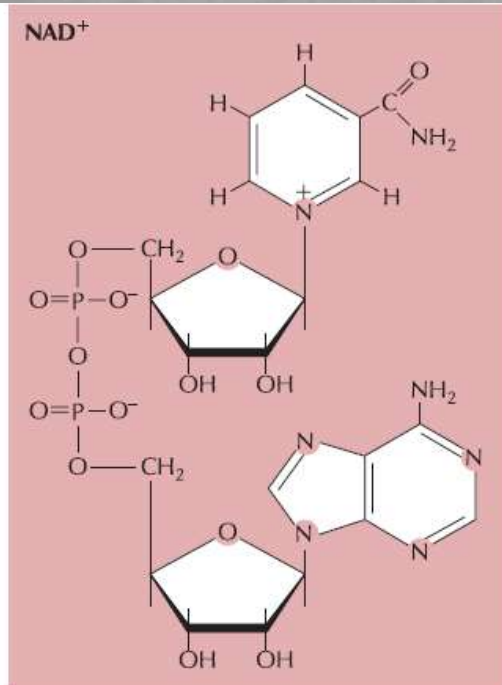
# Prostetičke skupine

## Koenzimi

- organske mol. male mase
  - surađuju s enzimima na ubrzanju reakcija
  - recikiraju se (za veći broj reakcija)
  - "trajni dio" su enzima
- prenose kemijske skupine - karboksilne (biotin), acilne (koenzim A), elektrone (NAD<sup>+</sup>)

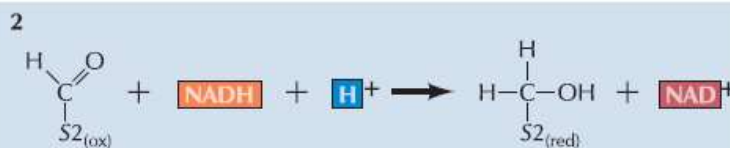
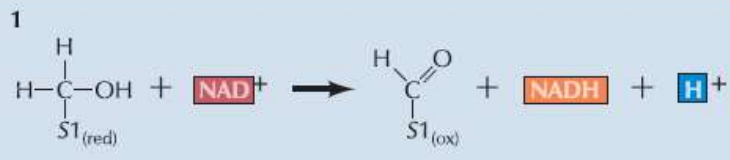
Tablica 2-1. Primjeri koenzima i vitamina

Koenzim	Srodni vitamin	Kemijska reakcija
NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup>	niacin	oksidoredukcija
FAD	riboflavin (B <sub>2</sub> )	oksidoredukcija
tiaminpirofosfat	tiamin (B <sub>1</sub> )	prijenos aldehidne skupine
koenzim A	pantotenat	prijenos acilne skupine
tetrahidrofolat	folat	prijenos IC-skupine
biotin	biotin	karboksilacija
piridoksal fosfat	piridoksal (B <sub>6</sub> )	transaminacija



**Slika 3-6. Uloga NAD<sup>+</sup> u oksido-redukcijskim reakcijama.** (A) Nikotina-mid-adenin-dinukleotid (NAD<sup>+</sup>) djeluje kao nosač elektrona u oksido-redukcijskim reakcijama: primajući elektrone (e<sup>-</sup>) prelazi u NADH. (B) NAD<sup>+</sup> može primjerice preuzeti elektrone supstrata (S1) pri čemu nastaje oksidirani S1 i NADH. NADH nastao tom reakcijom prenosi elektrone na drugi supstrat (S2) pa nastaje reducirani S2 uz regeneraciju NAD<sup>+</sup>. Stvarni učinak je prijenos elektrona (prenesenih pomoću NADH) od S1 (koji se oksidira) na S2 (koji se reducira).

(B)



**Zbroj:**

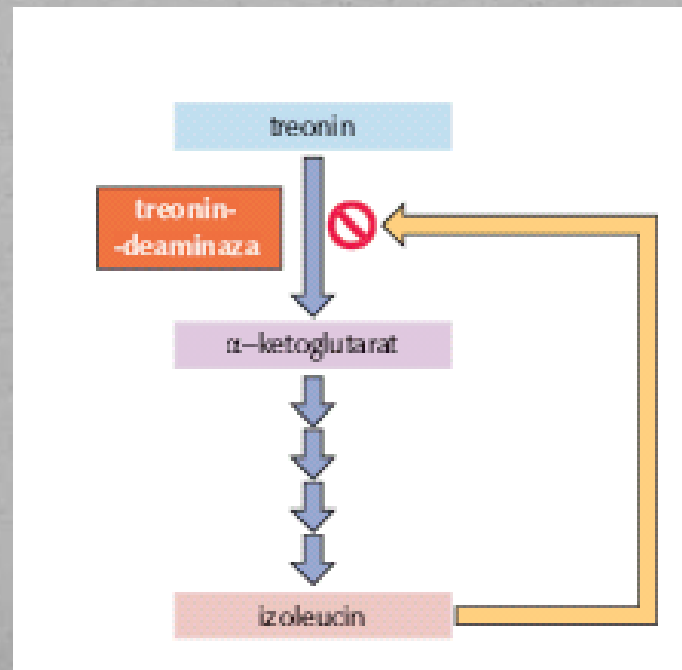


# Kontrolni mehanizmi enzimске aktivnosti

## 1 - Inhibicija povratnom spregom

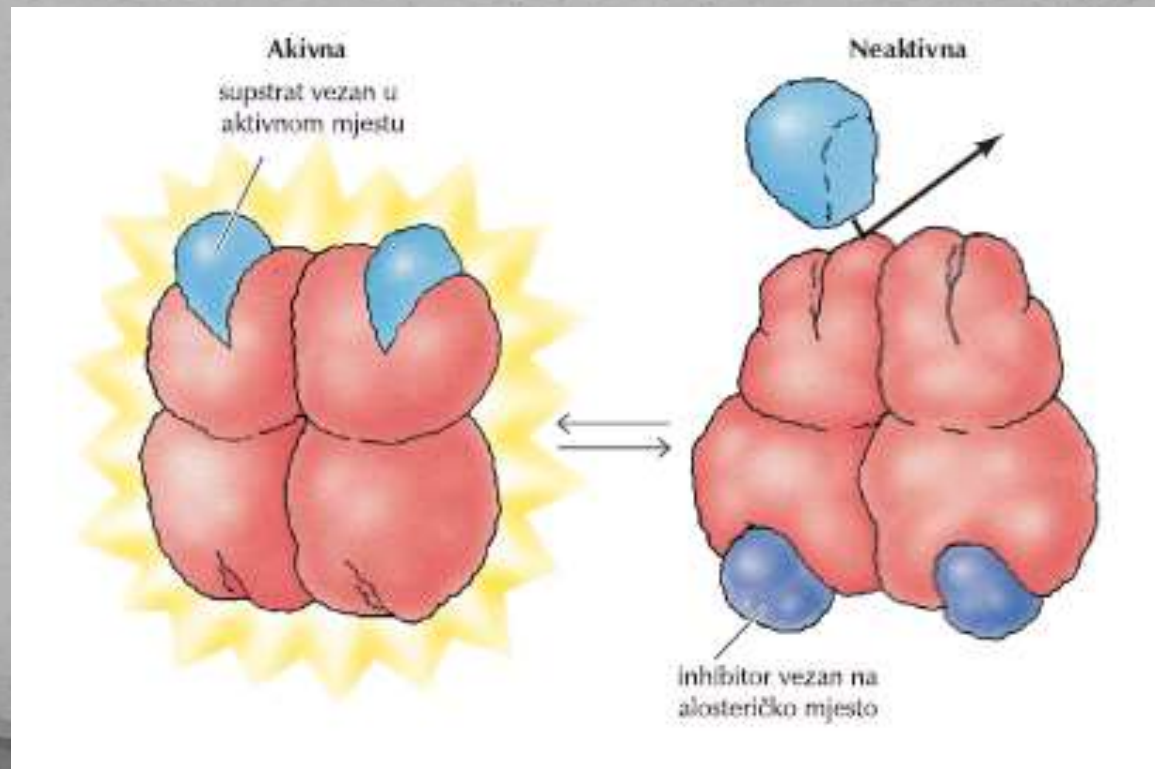
produkt inhibira aktivnost enzima

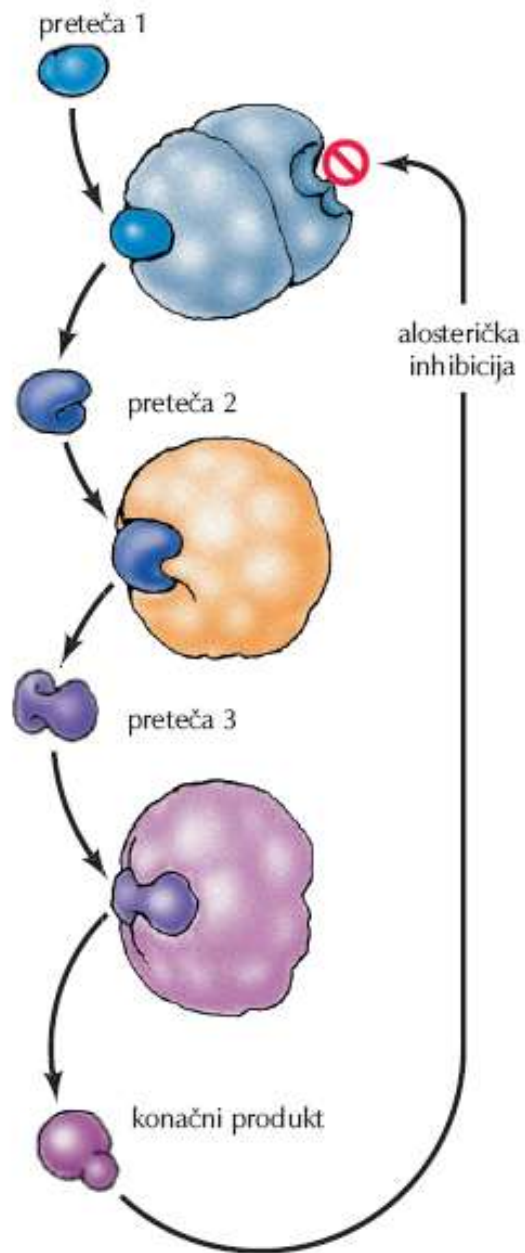
Inhibicija izoleucina



## 2 - Alosterička regulacija

- promjene u terciarnoj ili/i kvartarnoj strukturi proteina nastale vezivanjem malih regulacijskih mol.
- ali ne na katalitičko mjesto enzima
- inhibicija, aktivacija





Inhibicija povratnom spregom +  
alosterička inhibicija

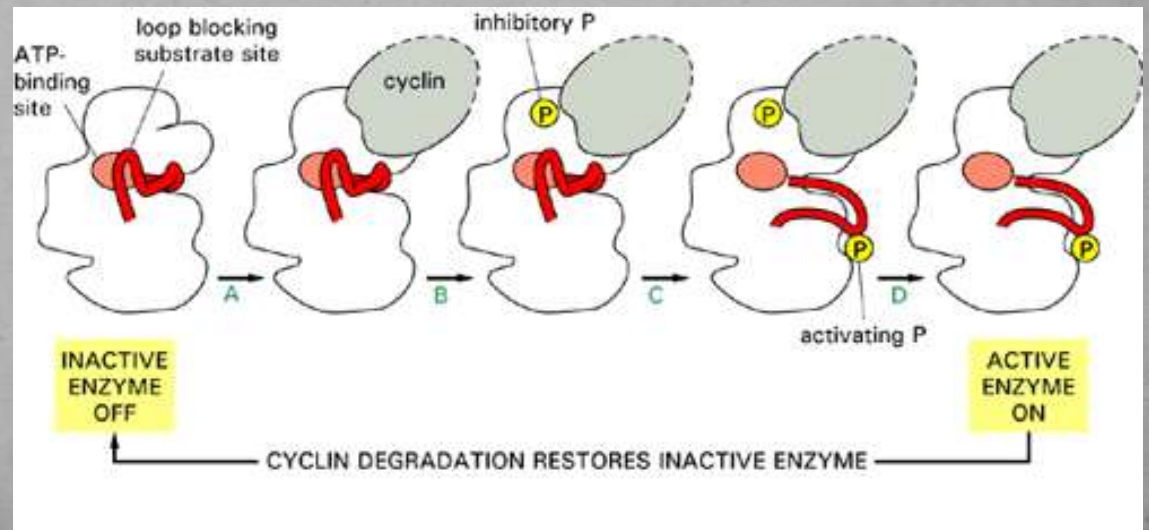
### 3 - Fosforilacija i defosforilacija

- kod 10% proteina
- dodavanje i skidanje fosfatnih skupina serina, treonina i tirozina

**Kinaze** - kataliziraju fosforilaciju - prenose P grupu s **ATP**-a na hidroksilnu grupu serina, treonina ili tirozina - oslobađa se energija

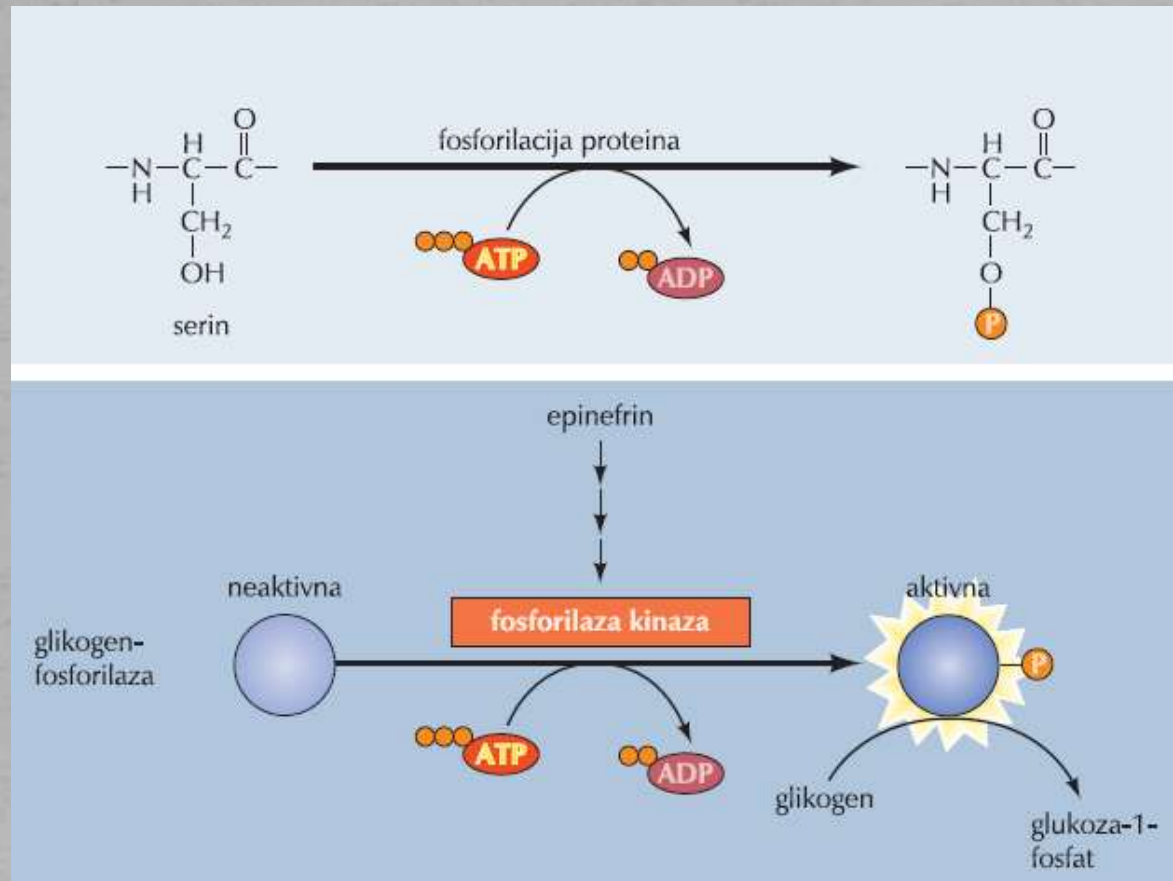
Stanično signaliranje, stanični ciklus  
250 enzima - sinhrono djelovanje

Stanični ciklus





**Kinaze** - kataliziraju fosforilaciju - prenose P grupu s **ATP**-a na hidroksilnu grupu serina, treonina ili tirozina - oslobađa se energija

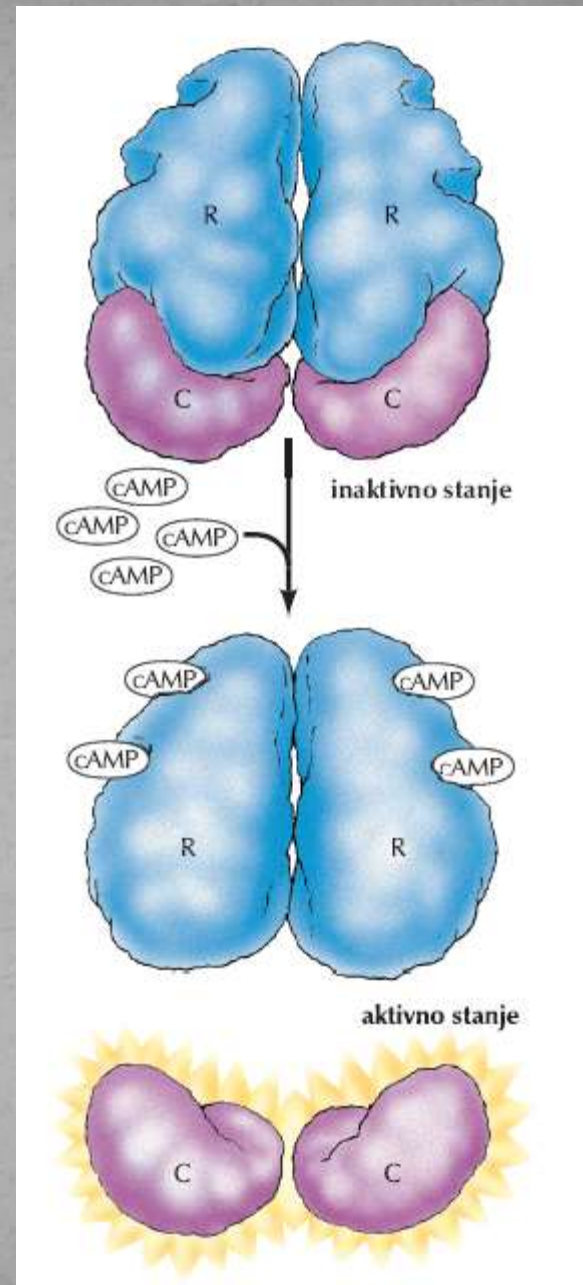


**Fosfataze** - kataliziraju defosforilaciju - uklanjaju P s proteina

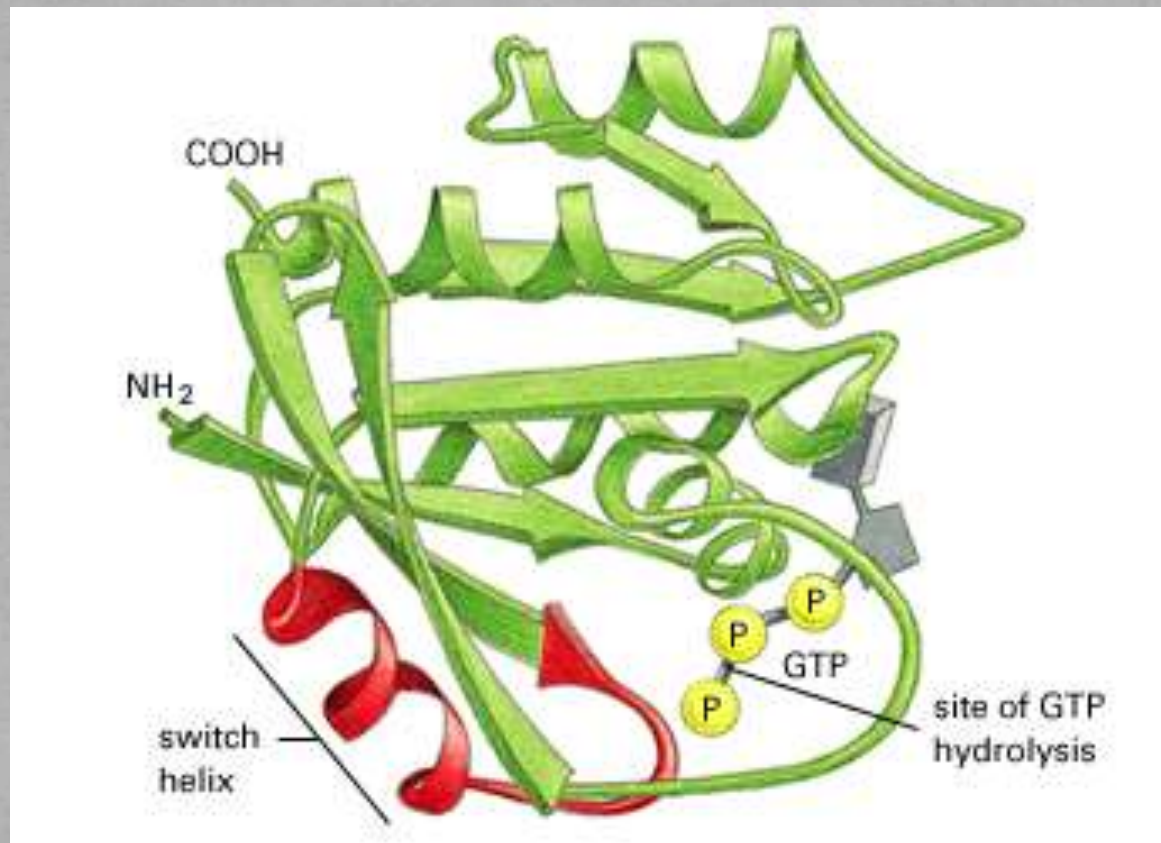
## 4. Interakcije protein - protein

Kod alosteričkih enzima -  
vezivanje regulatorne mol. mijenja  
konformaciju

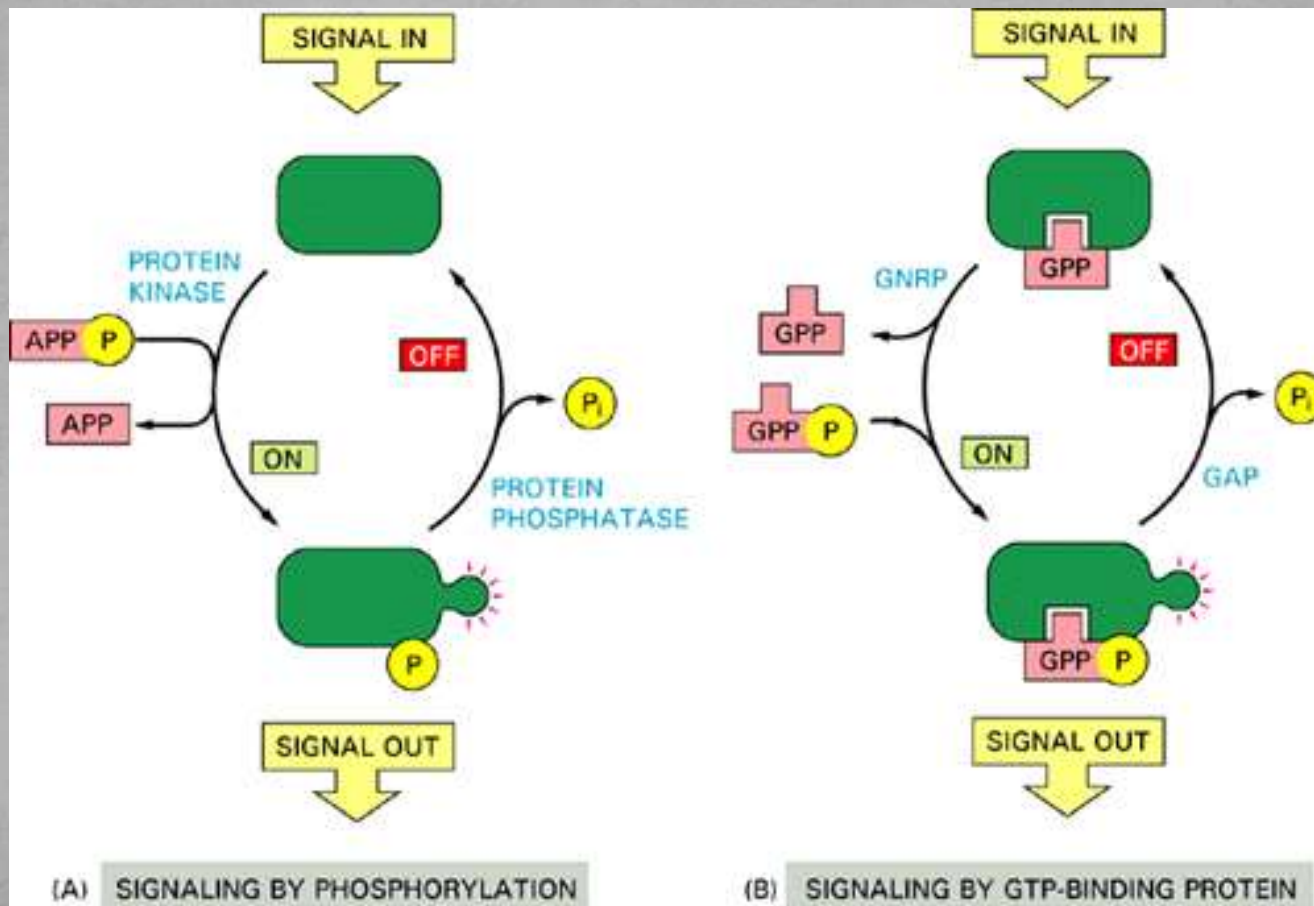
Enzim + **cAMP** → promjena konformacije  
→ aktivacija



5. **GTP** (guanin trifosfat) vezujući proteini  
- za dodavanje i oduzimanje P



GTP se hidrolizira u GDP - enzim je aktivan  
GTP-aze kataliziraju GTP hidrolizu



## 6. Proteini koji hidroliziraju ATP → mehanički rad u stanici

Alosterički proteini - bez utroška energije

Motorni proteini - ireverzibilna promjena strukture  
Uz utrošak energije ATP-a i GTP-a

Npr. Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>ATP-aza

