



CITOLOGIJA I TKIVA

PREDMETNI PROFESORI:
Doc.dr Dragana Petrović
Doc.dr Mijat Božović
saradnik: Msc. Ana Manović

A detailed, colorful illustration of a plant cell in cross-section. The cell is roughly oval-shaped with a thick blue cell wall. Inside, there is a large central vacuole (pinkish-red), a nucleus (blue with purple chromatin), and various organelles like mitochondria (yellow with internal folds) and chloroplasts (green with internal stacks). A light blue arrow points downwards from the title box to the text box.

Oblici provjere znanja i ocjenjivanje:

- **2 kolokvijuma po 15 poena = 30 poena**
- **Praktični ispit = 20 poena**
- **Završni ispit (usmeni) = 50 poena**



Važni datumi

- **Kolokvijum I (VII sedmica)**
- **Kolokvijum II – (XIII sedmica)**
- **Popravni kolokvijum/i – (XIV sedmica)**
- **Praktični ispit:**
- **Konsultacije: ponedjeljak od 11.45-13.45h**



Literatura

OBAVEZNA:

- **Z. Anđelković, Somer Lj., Matavulj M., Lačković, V., Lalošević, D., Nikolić I., Milosavljević Z., Danilović V: Ćelija i tkiva**

DODATNA:

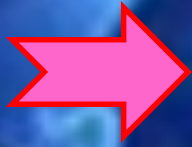
- **V.Lačković, I. Nikolić, V. Todorović: Osnovna i oralna histologija i embriologija**
- **L.C.Junqueira, J. Carneiro: Osnovi histologije (tekst i atlas), Datastatus, Beograd.**

KORISNA:

- **J.Grozdanović Radovanović : Citologija**

A detailed illustration of a cell's internal structure, showing various organelles like the nucleus, mitochondria, and endoplasmic reticulum. A red scroll with a white border is overlaid on the image, containing the text 'I PREDAVANJE'. A white arrow with a red outline points from the left towards the scroll. The background is a blue-tinted microscopic view of the cell.

I PREDAVANJE

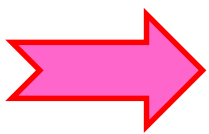


DEFINICIJA

CITOLOGIJA – nauka o ćeliji

Kytos, grč – šupljina, ćelija; *logos* – nauka

Biološka disciplina koja se bavi proučavanjem ćelije, njenog oblika, strukture, organizacije i funkcije.



ISTORIJAT RAZVOJA CITOLOGIJE

- **Mikroskop** – optički instrument koji omogućava posmatranje objekata koji nisu vidljivi golim okom, uvećavajući njihov lik.
- Razvoj citologije je povezan za pronalazak i usavršavanje svjetlosne mikroskopije (Janssen 1590-1610 pronalazak složenog mikroskopa)
- Razvoj raznih tehnika bojenja



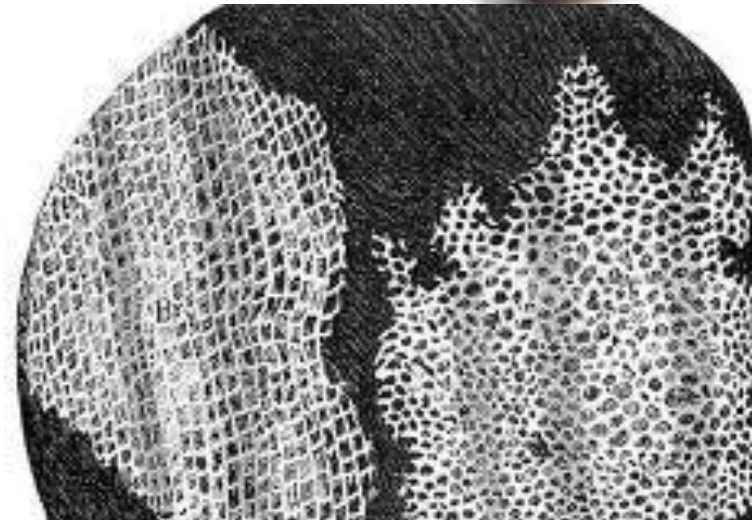
➤ Svjetlosni mikroskop



➤ Elektronski mikroskop – prvi 1931
- Omogućava vizualizaciju unutarćelijskih struktura i strukturu ćelijske membrane

ISTORIJAT RAZVOJA CITOLOGIJE

- Otkriće ćelije i početak razvoja citologije (1655)
- Definicija ćelije (Hook) – šupljina ograničena zidom



1665-te godine Robert Hooke je pomoću jednostavnog mikroskopa posmatrao tanke isečke plute.

Video je prazne komorice i nazvao ih ćelijama (cells).

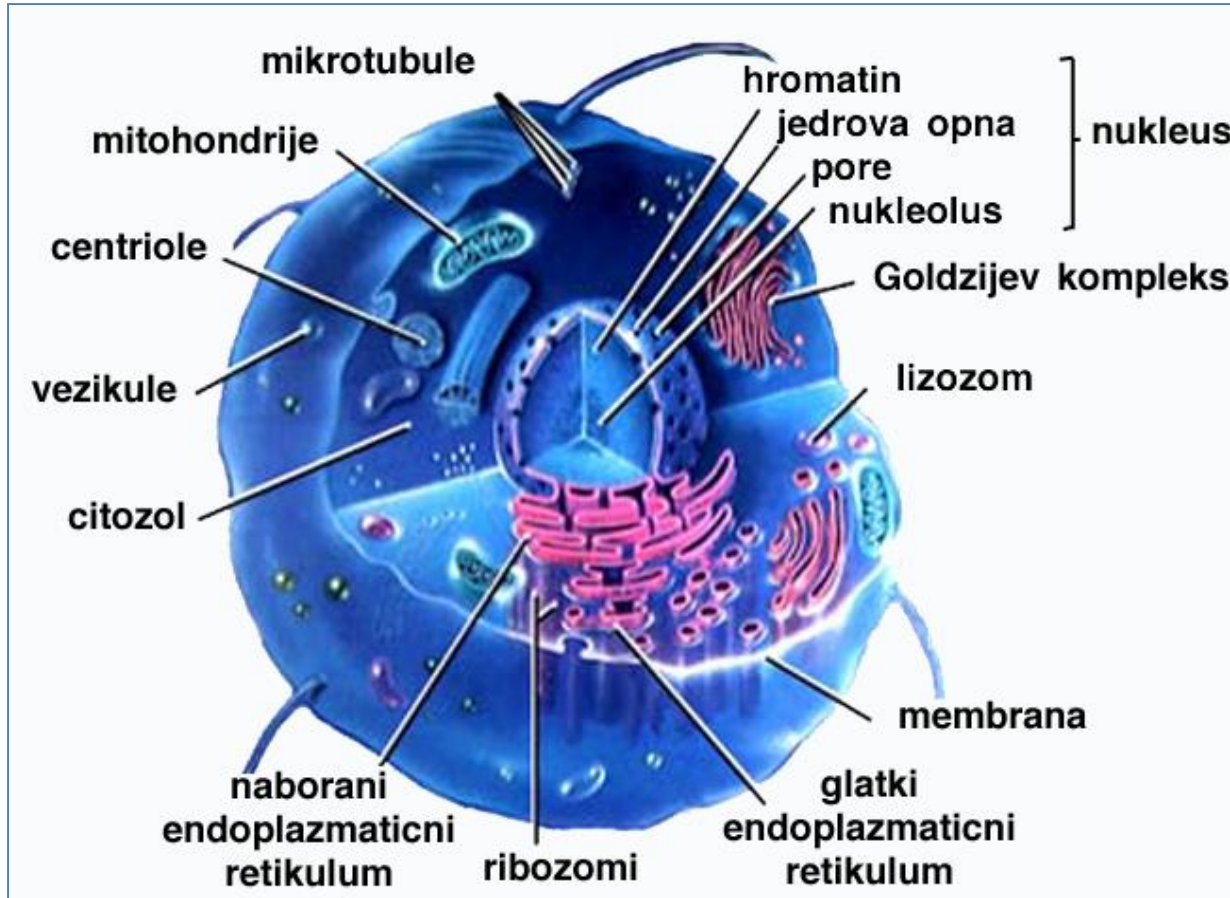
Pošto je pluta mrtvo tkivo, on je ustvari video samo ćelijske zidove biljnih ćelija.

- **Anton van Levenhuk (1632 - 1723)**
- Prvi je posmatrao i opisao **žive** ćelije: prvi posmatrao bakterije, kvasce, protozoe



➔ **Upotrebom ručno rađenih mikroskopa, Levenhuk je bio prva osoba koja je posmatrala i opisala jednoćelijske organizme.**

ĆELIJA



Ćelija je osnovna gradivna i funkcionalna jedinica živih organizama.

Ćelija je najmanji organizovani oblik u kome se može javiti jedno živo biće.

ĆELIJA

U prirodi postoje brojni *organizmi čije se telo sastoji iz jedne ćelije*, kao što su bakterije, praživotinje, neke alge i gljive. Sa druge strane višećelijski organizmi mogu imati *više miliona*, biliona, kvadriliona ćelija. Tako se u organizmu odraslog čoveka nalazi oko 200 različitih ćelijskih vrsta a ukupan broj ćelija iznosi oko 100bilona. **Iako se sve te ćelije međusobno razlikuju postoje neke osobine koje su zajedničke svim ćelijama:**

- **rastenje do veličine koja je karakteristična za datu vrstu ćelije**
- **obavljanje određenih zadataka (funkcija, uloga)**
- **primanje signala iz spoljašnje sredine na koje ćelija na određeni način odgovara**
- **život ćelije završava se ili deobom ili ćelijskom smrću; pri deobi ćelija daje nove ćelije**
- **jedinstven hemijski sastav**
- **jedinstvena građa.**

TIPOVI ĆELIJSKE ORGANIZACIJE

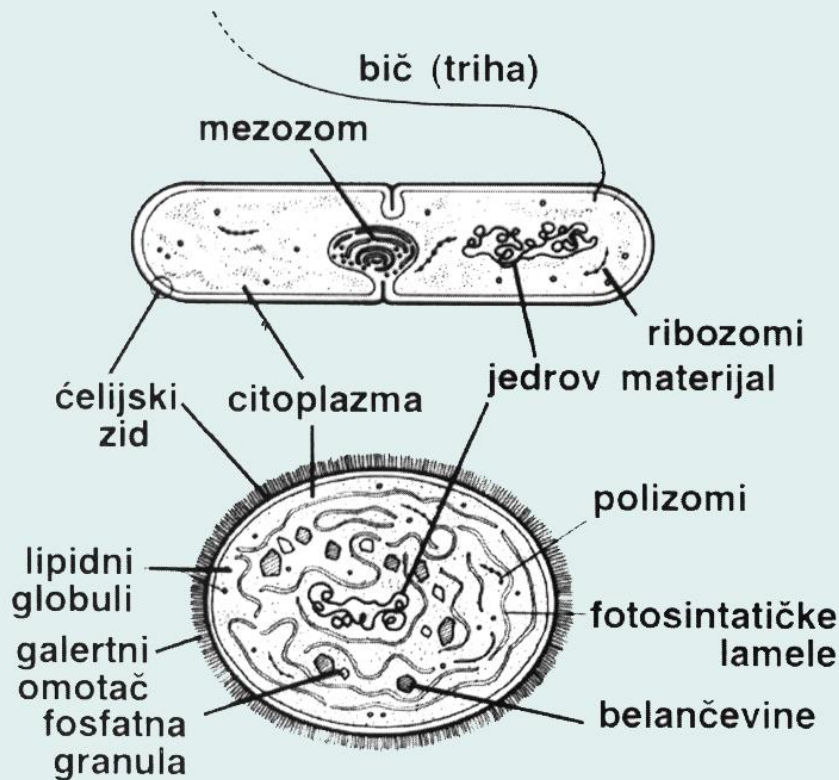
Sve se ćelije dijele na:

- **Prokariote** (grčki *pro* prije i *karyon* orah ili jezgra) u kojima područje koji sadrži genetski materijal, DNK, nije jasno odijeljeno od ostatka ćelije i imaju jednostavniju građu od eukariota.
- **Eukarioti** su druga vrsta ćelija koje imaju jasno definirani odjeljak s genetskim materijalom, posjeduju velik broj organela koje imaju određene funkcije, i morfološki su složenije.

TIPOVI ČELIJSKE ORGANIZACIJE

PROKARIOTSKA ČELIJA

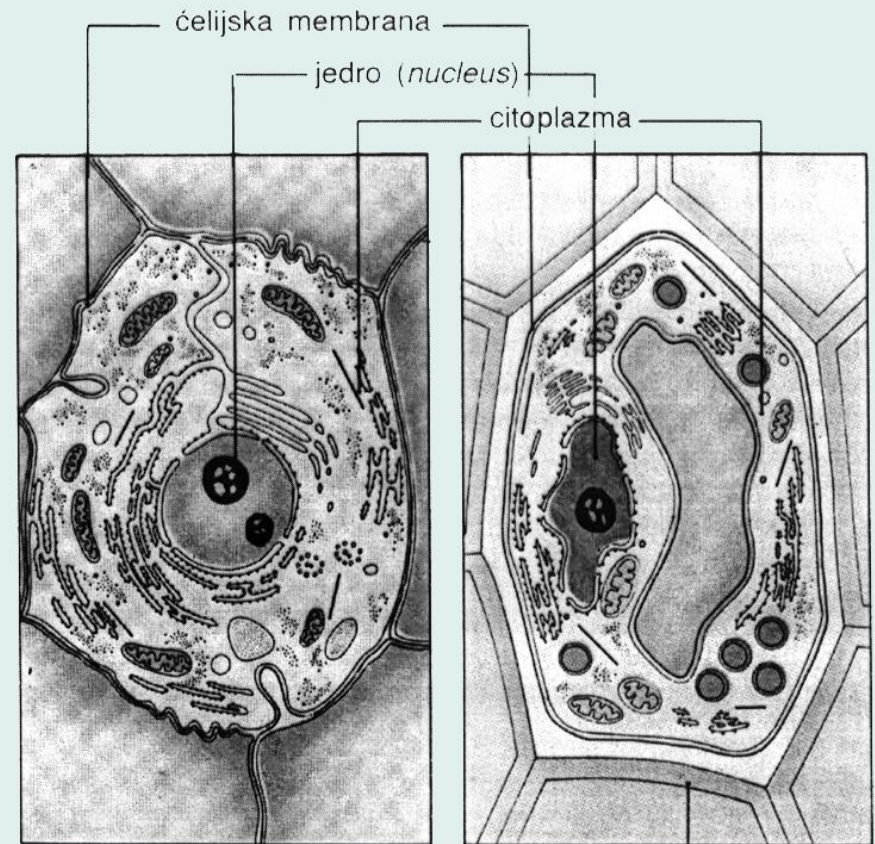
Bakterijska ćelija



Ćelija modrozelenne alge

EUKARIOTSKA ČELIJA

Grada životinjske (a) i biljne ćelije (b)



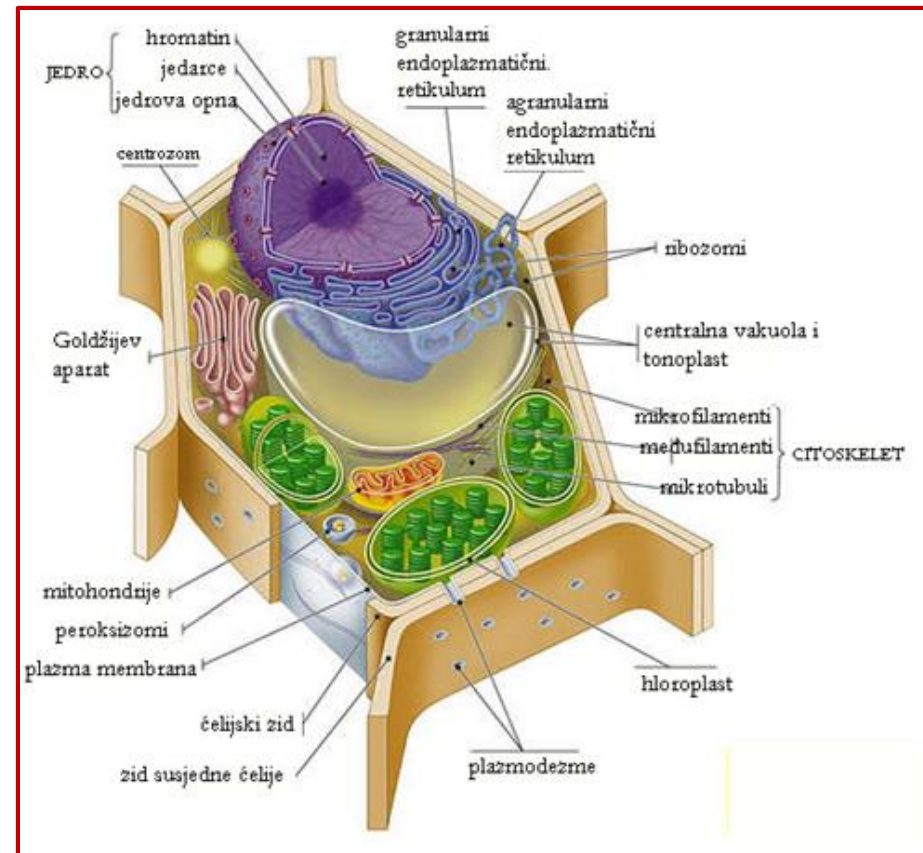
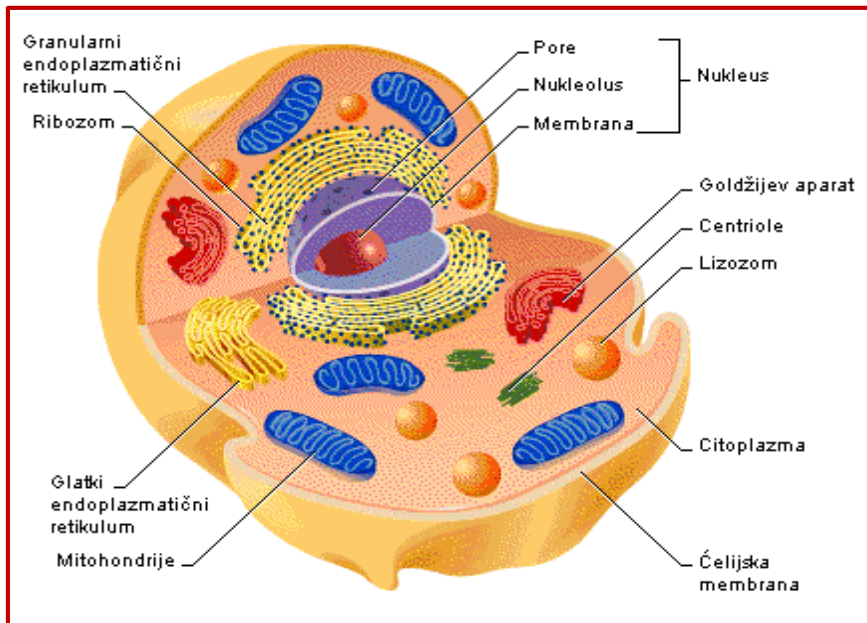
a

b

ćelijski zid

❖ Eukariotska ćelija

- Euciti – *eu*, grč. dobro
- Od praživotinja do višćelijskih životinja
- Kompleksna građa
- Krupnije od prokariotskih i do 1000 puta
- Sadrže brojne unutrašnje membrane; organele; citoskelet

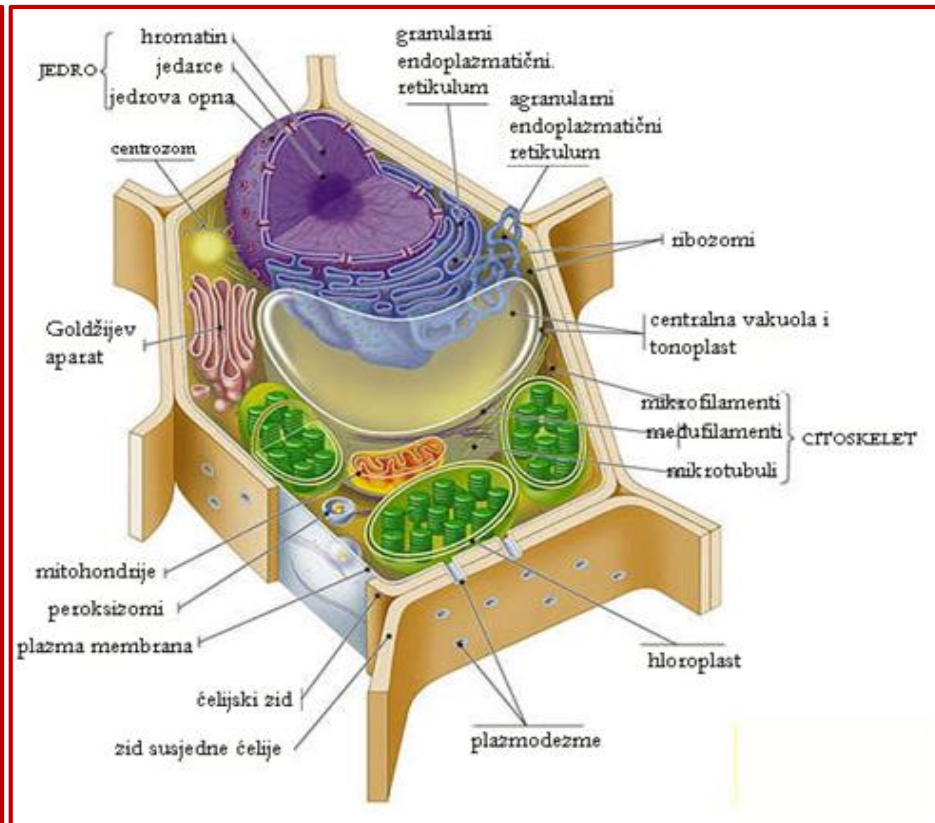
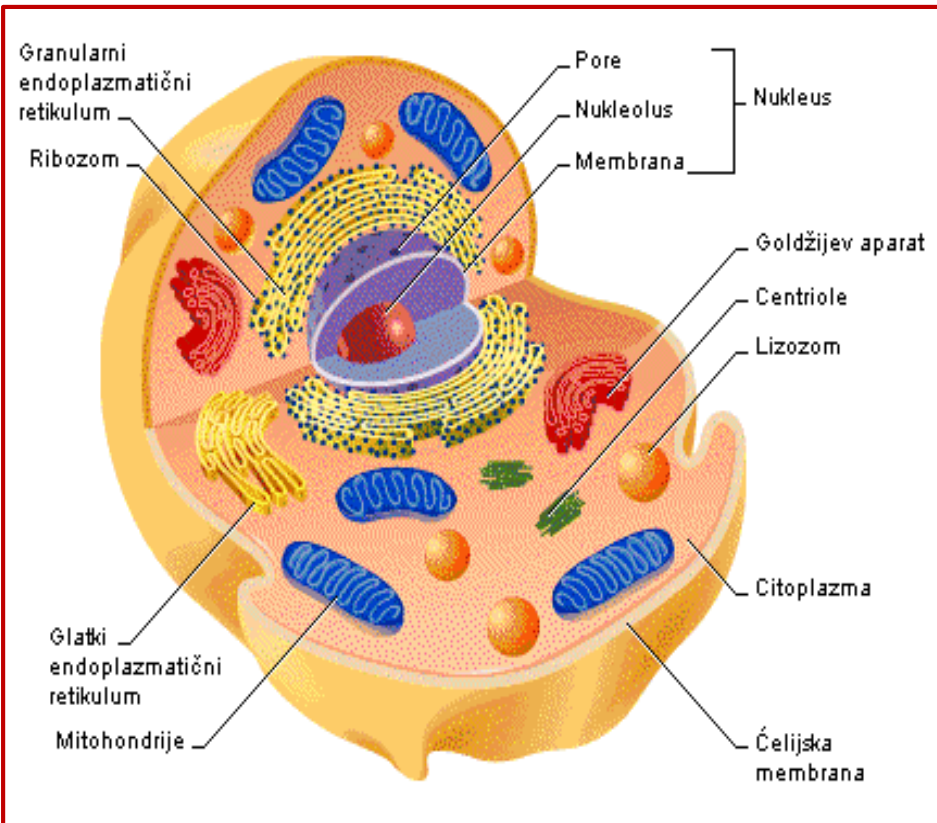


Biljna ćelija

Životinjska ćelija

❖ Eukariotska ćelija

Biljna ćelija ≠ Životinjska ćelija

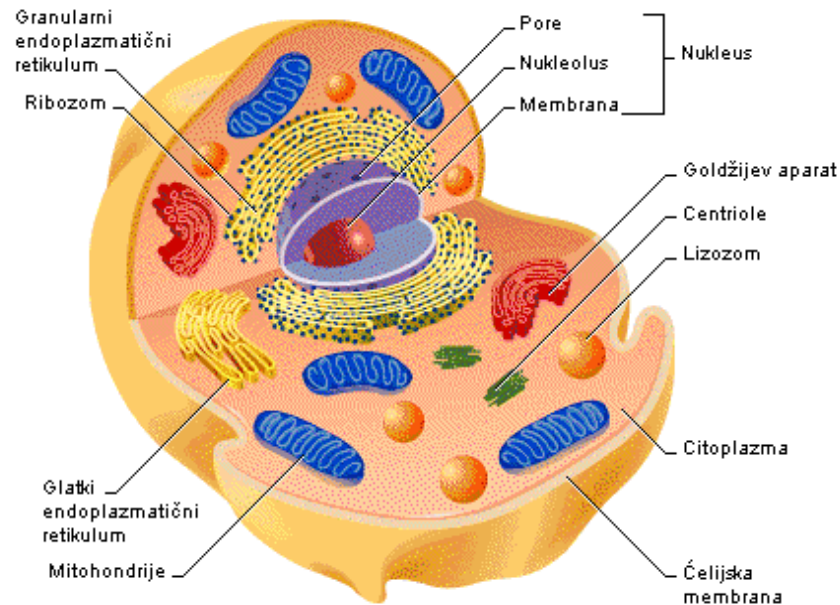


Biljna ćelija:

1. Čelijski zid
2. Plastidi (hloroplasti, hromoplast...)
3. Vakuola

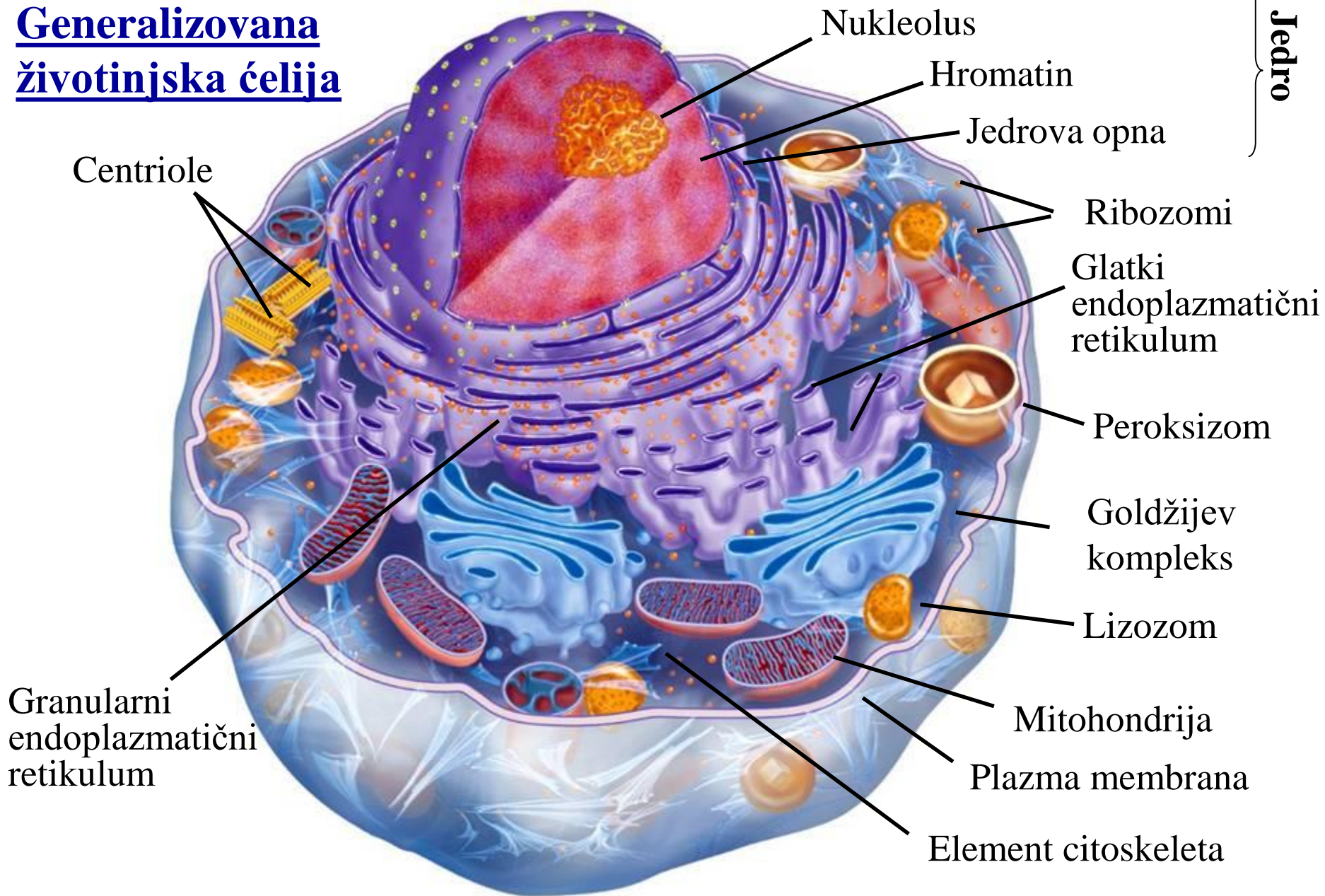
STRUKTURA ŽIVOTINJSKE ČELIJE

- Osnovni strukturni elementi eukariotskih ćelija su **protoplazma i ćelijska ili protoplazmatična membrana.**
- Protoplazma je diferencirana na **jedro i citoplazmu.** Citoplazmu čine **citoplazmatični matriks i ćelijske organele.**



Generalizovana životinjska ćelija

Jedro



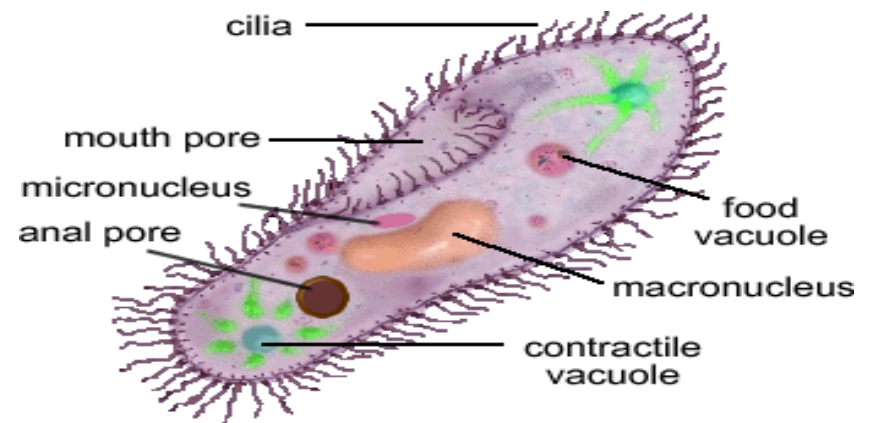
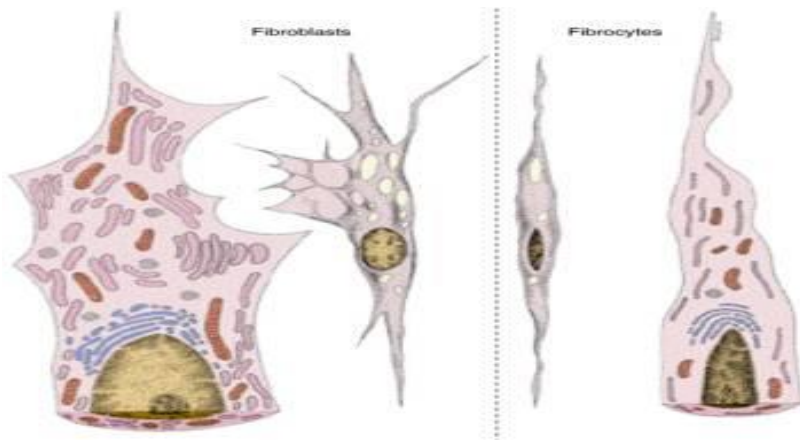
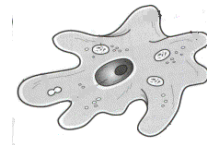
OBLIK ĆELIJE

Po obliku ćelije mogu biti:

- **okrugle**, kao što je [jajna ćelija](#);
- **pljosnate**, ćelije krvnih i limfnih sudova;
- **cilindrične**, ćelije epitela creva, materice i jajovoda;
- **kockaste**, ćelije tireoidne žlezde ([štitna žlezda](#));
- **vretenaste**, ćelije glatkih mišića;
- **poligonalne**, ćelije jetre;
- ćelije nepravilnog oblika kao što su [nervne ćelije](#) čije telo može da ima različite oblike (zvezdast, ovalan, kruškolik i dr.)

➤ **Zavisi od niza činilaca:**

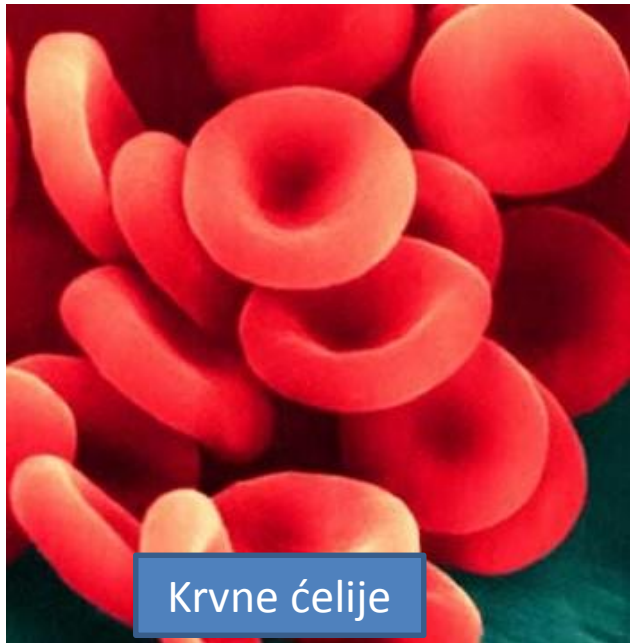
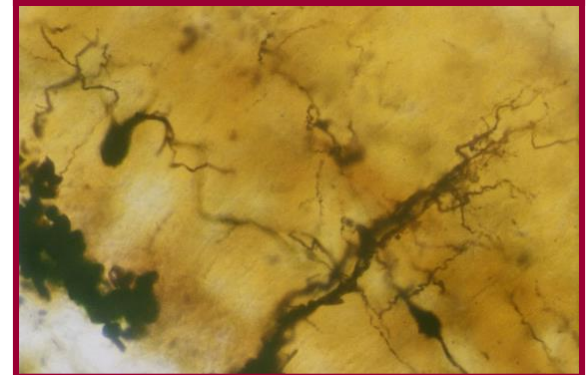
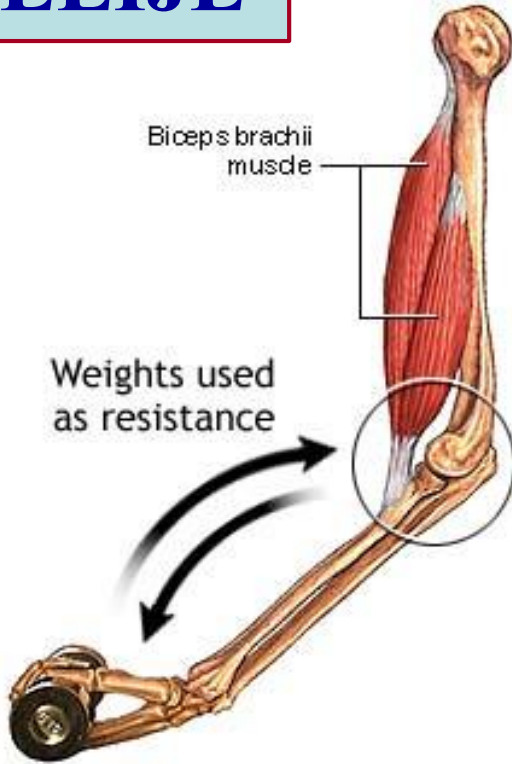
- pozicije
- funkcije
- jedra
- mehaničkog dejstva ostalih ćelija



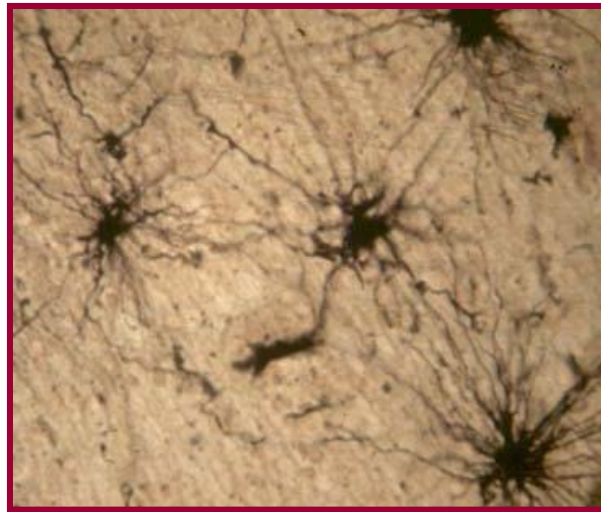
OBLIK ĆELIJE



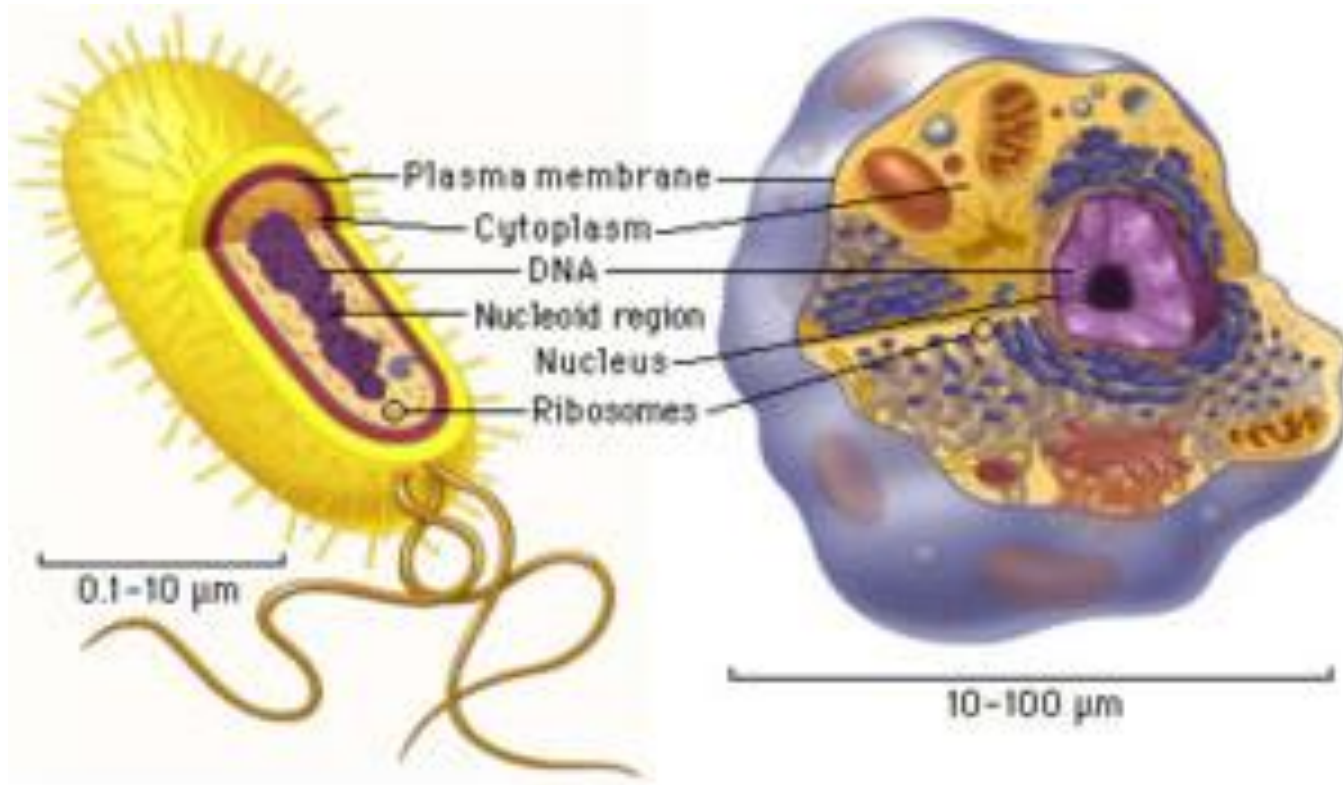
Jajna ćelija



Krvne ćelije



VELIČINA ĆELIJE



- 10-30 μm (mikrometar)
- manje od 5 μm- granulozne ćelije u kori malog mozga
- jajne ćelije sisara 120-200 μm

- Boja ćelije – prozračne ili sivkaste boje; pigmentske ćelije

HEMIJSKI SASTAV ĆELIJE

JEDINJENJE	SASTAV U %
Voda	> 70
Bjelančevine	18
Masti	5
Ugljeni hidrati	2
RNK	1.1
DNK	0.25
Neorganske soli	1-1.5

Zastupljenost jedinjenja u ćeliji sisara

Jedinjenja ćelije:

- 1. Neorganska**
- 2. Organska**

- **Sadržaj vode zavisi od:**
- Stepena evolutivnog razvitka
 - Ekoloških uslova sredine
 - Metaboličke aktivnosti ćelije
 - Vrste tkiva
 - Od uzrasta

Neorganska jedinjenja se javljaju u obliku **vode i mineralnih soli.**

HEMIJSKI SASTAV ĆELIJE

❖ Elementarni hemijski sastav

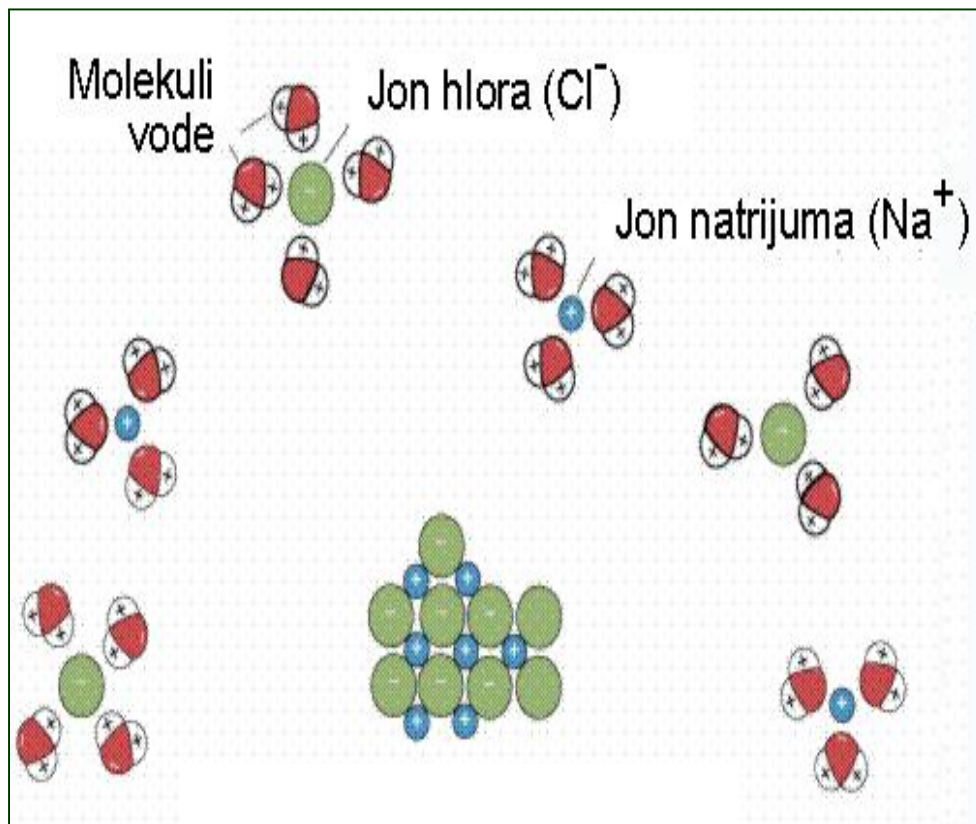
Makroelementi

Ugljenik
Kiseonik
Vodonik
Azot

Natrijum
Magnezijum
Kalijum
Kalcijum

Mikroelementi

Mangan
Gvožđe
Kobalt
Bakar
Cink
Molibden



Hemijski elementi u ćelijama se rijetko javljaju slobodni, uglavnom su vezani u različita neorganska i organska jedinjenja.

HEMIJSKI SASTAV ĆELIJE

- **Mineralne materije-** čine veoma važan sastojak organizma koji se u njega mogu unijeti
- **Fe (gvožđe)** je veoma važan sastojak hemoglobina; nedostatak gvožđa u organizmu ometa normalno stvaranje crvenih krvnih zrnaca, što prouzrokuje malokrvnost – anemiju (mada za ovu bolest postoje i drugi uzroci)
- **Ca i P** grade kalcijum-fosfate koji su glavni sastojci kostiju
- **S** ulazi u sastav nekih aminokiselina
- **Na, K i Cl** učestvuju u osmoregulaciji
- **F** sprečava karijes zuba;
- **Co** je sastavni deo vitamina B, K, A itd.

Esencijalni

```
graph TD; A[Esencijalni] --> B[Makrometabolički]; A --> C[Mikrometabolički]; B --> D["C, H, O, N, S, P, K, Mg, Ca, Fe"]; C --> E["Mn, Cu, Zn, Mo, Cl"]
```

Makrometabolički

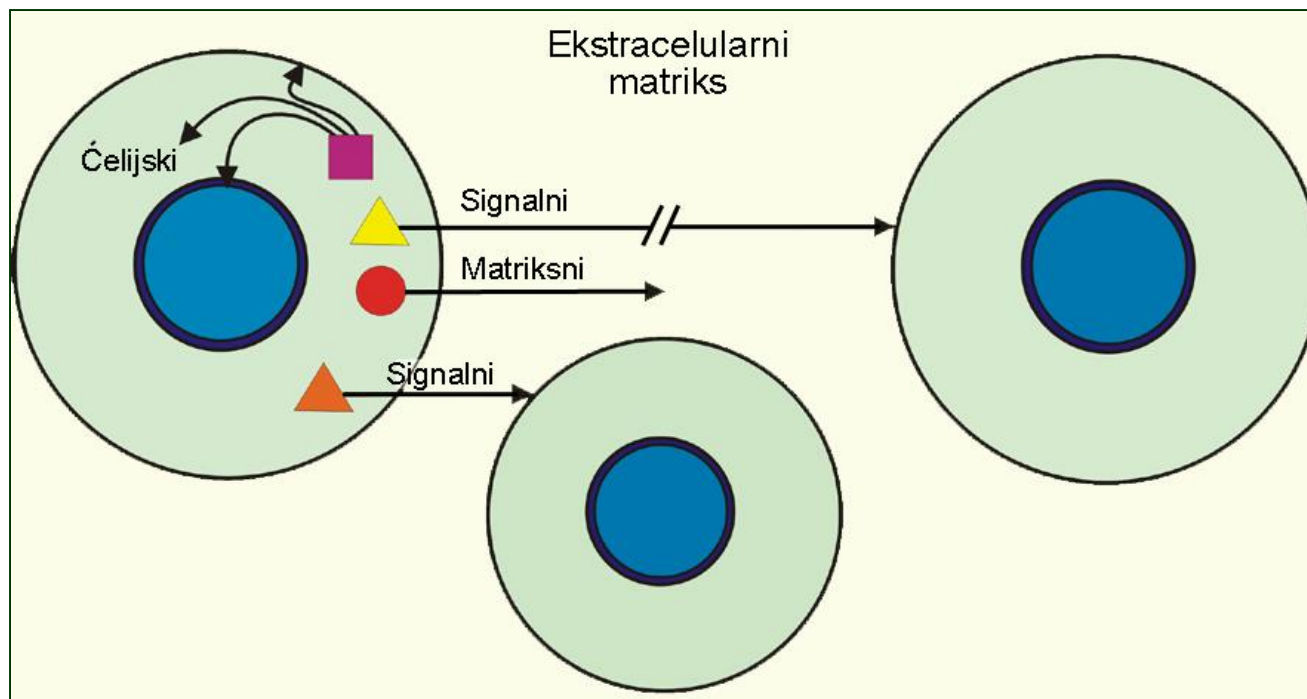
C, H, O, N, S, P, K,
Mg, Ca, Fe

Mikrometabolički

Mn, Cu, Zn, Mo, Cl

ORGANSKE MATERIJE U ĆELIJI

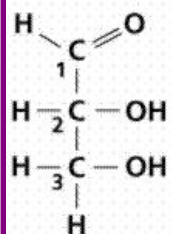
- Organske materije se u ćeliji javljaju u obliku **ugljenih hidrata, masnih materija, bjelančevina i nukleinskih kiselina**.
- Amino kiseline, nukleotidi, masne kiseline i prosti šećeri su **MALI MOLEKULI**.
- Bjelančevine, nukleinske kiseline, polisaharidi i masti nazivaju se **MAKROMOLEKULI**.
- U ćelijama mogu imati **gradivnu, energetska, ulogu rezervnih materija, katalitičku i zaštitnu** ulogu.



BIOMOLEKULI se sintetišu u samim ćelijama

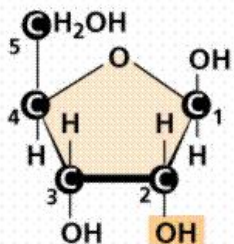
UGLJENI HIDRATI

Trikarbonski monosaharidi

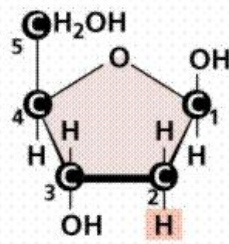


Glicerinaldehid

Petokarbonski monosaharidi

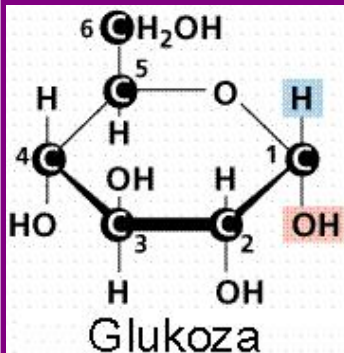


Riboza

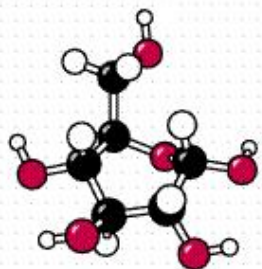
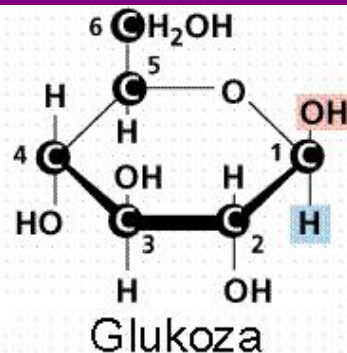


Dezoksiriboza

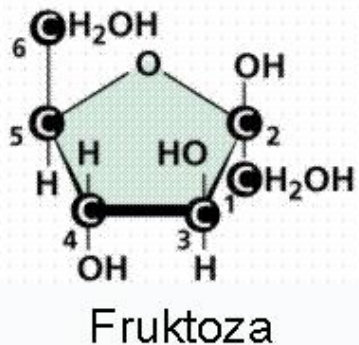
Monosaharidi



or



Glukoza



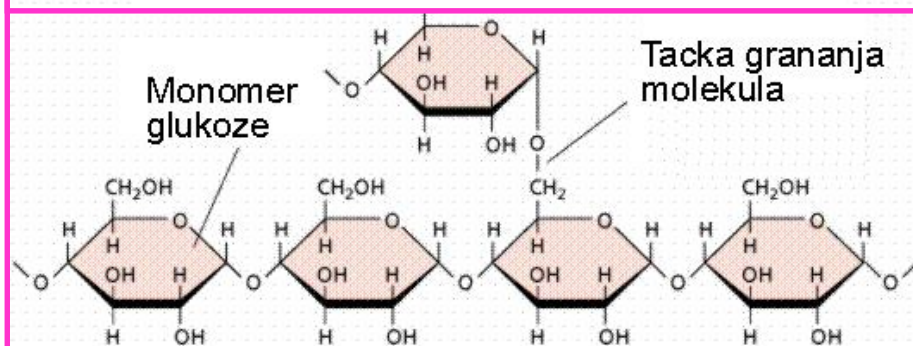
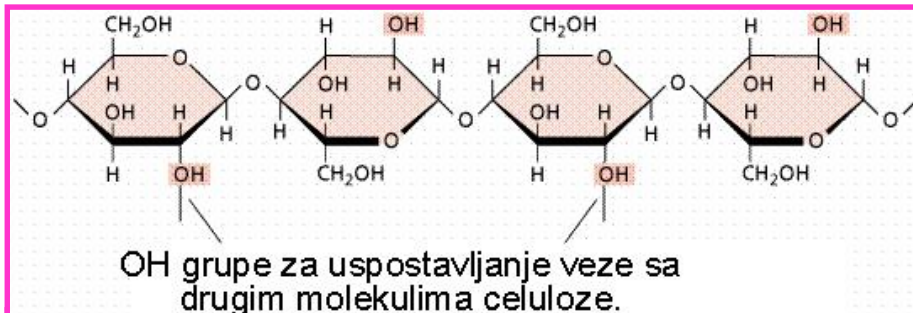
Glukoza

Fruktoza

Saharoza

Laktoza

Disaharidi



Polisaharidi

UGLJENI HIDRATI

- **Monosaharidi i disaharidi** (šećeri), rastvaraju se u vodi, rastvori prelaze preko bioloških membrana
- **Polisaharidi su makromolekuli**, nisu rastvorljivi u vodi i njihovi rastvori ne prelaze preko bioloških membrana

Uloga: energetska i gradivna

Monosaharidi

Riboza
Dezoksiriboza
Glukoza
Galaktoza
Manoza

Disaharidi

Laktoza (galaktoza i glukoza)
Maltoza
Saharoza (glukoza i fruktoza)

Polisaharidi

Skrob
Celuloza
Tunicin
Glikogen
Hitin
Heparin

BJELANČEVINE - PROTEINI

- Bjelančevine imaju gradivnu, katalitičku i rijetko ulogu rezervnih materija (aleuronska zrna u ćelijama plodova nekih biljaka).
- Čine glavnu masu protoplazme
- Izgrađene su od monomera – aminokiselina.
- Prema obliku molekula mogu biti **globularne** (loptaste) i **fibrilarne** (končaste).

Struktura proteina



Primarna struktura
(Aminokiselinska sekvenca)



Sekundarna struktura
(α -helix)



Tercijarna struktura



Kvaternarna struktura
(agracija dva ili više peptida)

Prema strukturi mogu biti proste i složene (proteidi).

Proteini koji podstiču hemijske reakcije tokom metabolizma ćelije i utiču da se one odvijaju brzo i efikasno nazivaju se **enzimi**.

NUKLEINSKE KISELINE

➤ Osnovna strukturna jedinica nukleinskih kiselina je **nukleotid**

➤ **Uloga:**

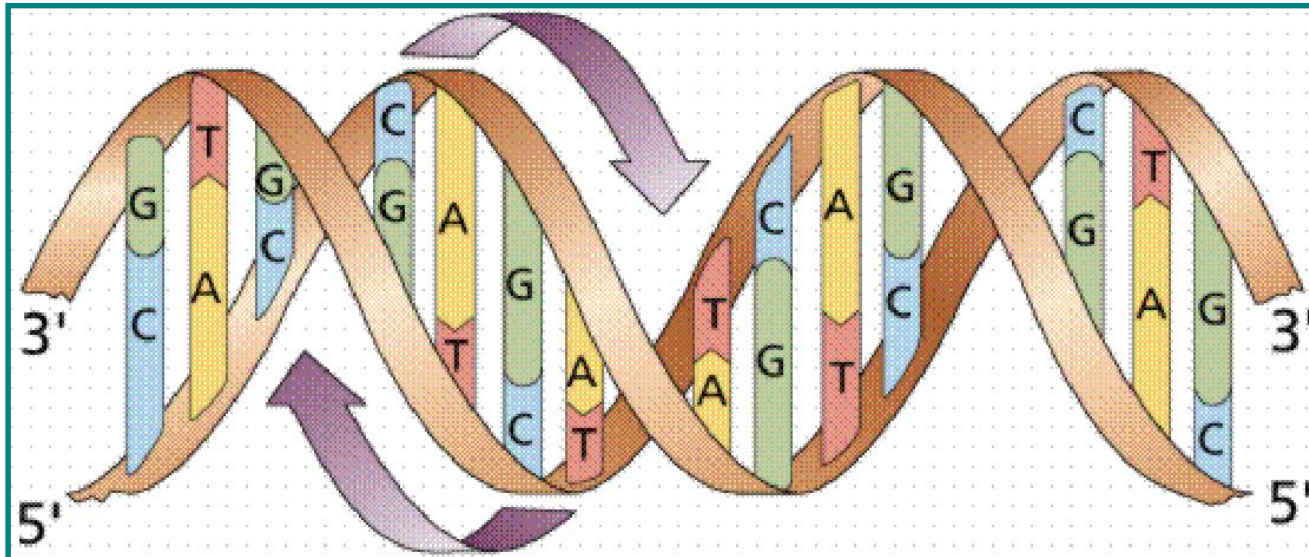
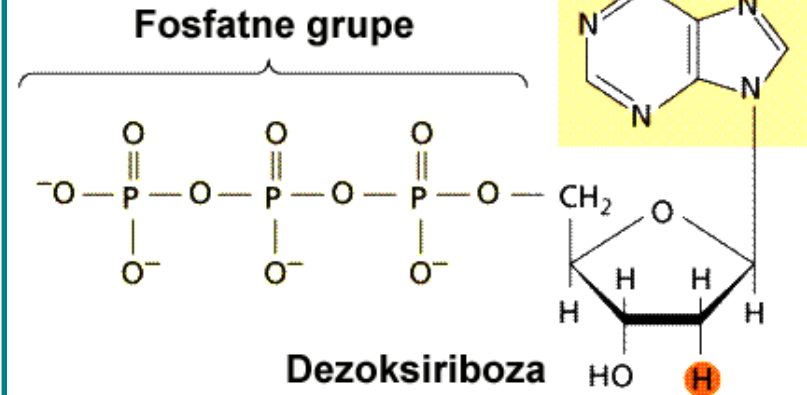
- upravljaju biosintezom proteina
- nosioci naslednog materijala

DNK → **dezoksiriboza**
RNK → **riboza**

Purinske baze
adenin i guanin

Pirimidinske baze
citozin, timin i uracil

Dezoksiadenozin trifosfat



DNK-helix
Watson, Crick 1953

A = T
G ≡ C

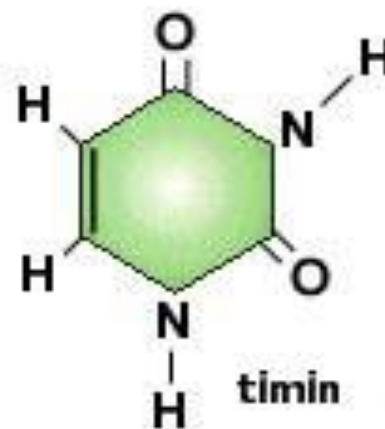
azotne baze



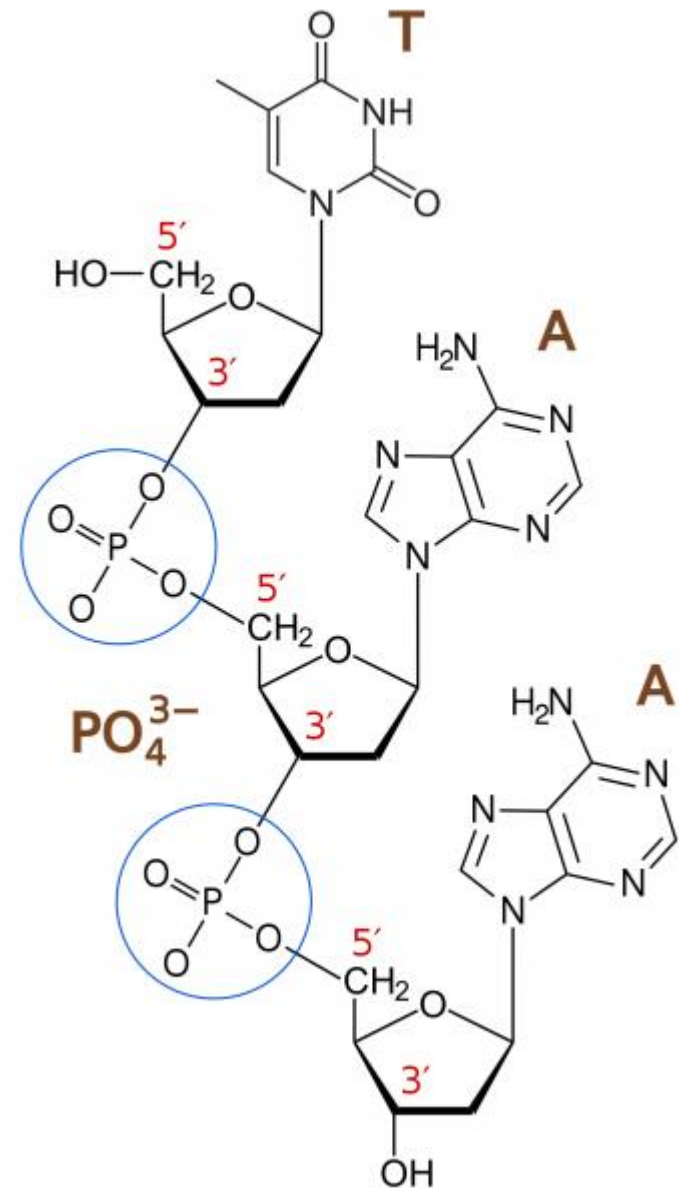
purinske



pirimidinske

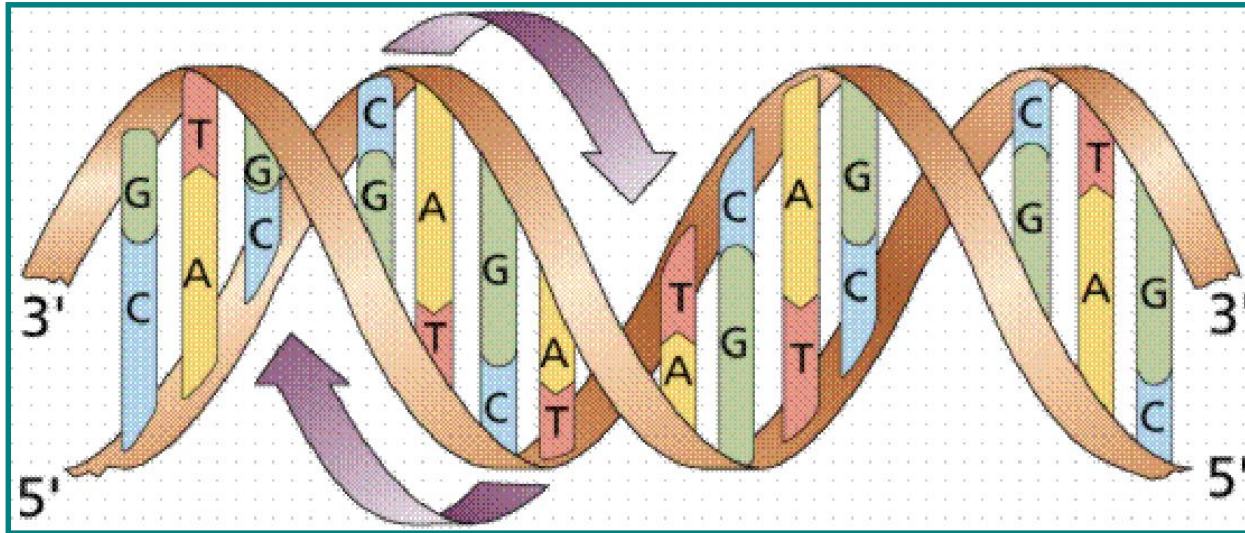


Jedinjenje koje nastaje od azotne baze i šećera pentoze naziva se nukleozid. Azotna baza i pentoza su u **nukleozidu** vezane N-glikozidnom vezom (veza između N9 atoma purina (odn. N1 pirimidina) i C1' atoma pentoze). Kada se za nukleozid veže fosfatna grupa onda nastaje nukleotid. **Nukleotidi su međusobno povezani gradeći polinukleotidni lanac**. Veze između nukleotida u tom lancu su **fosfodiesterne** i ostvaruju se tako što se treći C-atom (**C3'**) pentoze jednog nukleotida veže za peti C-atom (**C5'**) pentoze narednog nukleotida u lancu. Takvim povezivanjem na jednom kraju lanca ostaje slobodna hidroksilna grupa vezana za C3' (taj kraj se naziva **3' kraj**), a na drugom fosfatna grupa vezana za C5' atom (to je **5' kraj**). Početak polipeptidnog lanca je 5' kraj.



Fosfodiesterne veze

SEKUNDARNA STRUKTURA DNK



DNK-helix
Watson,
Crick 1953

Osnovu te strukture čini dvolančana zavojnica (spirala). Dva polinukleotidna lanca, koja čine ovu zavojnicu, su **antiparalelna** što znači da se naspram 5' kraja jednog lanca nalazi 3' kraj drugog, i obrnuto. Lanci su uvijeni jedan oko drugog tako da se duž dvolančane zavojnice prostiru dva žljeba: veliki i mali. DNK zavojnica ima celom dužinom isti prečnik

BIOLOŠKE MEMBRANE

- Skup membranskih sistema u ćeliji
- Dinamične, tečne semipermeabilne strukture
- Neophodne za normalno funkcionisanje i aktivnost ćelije

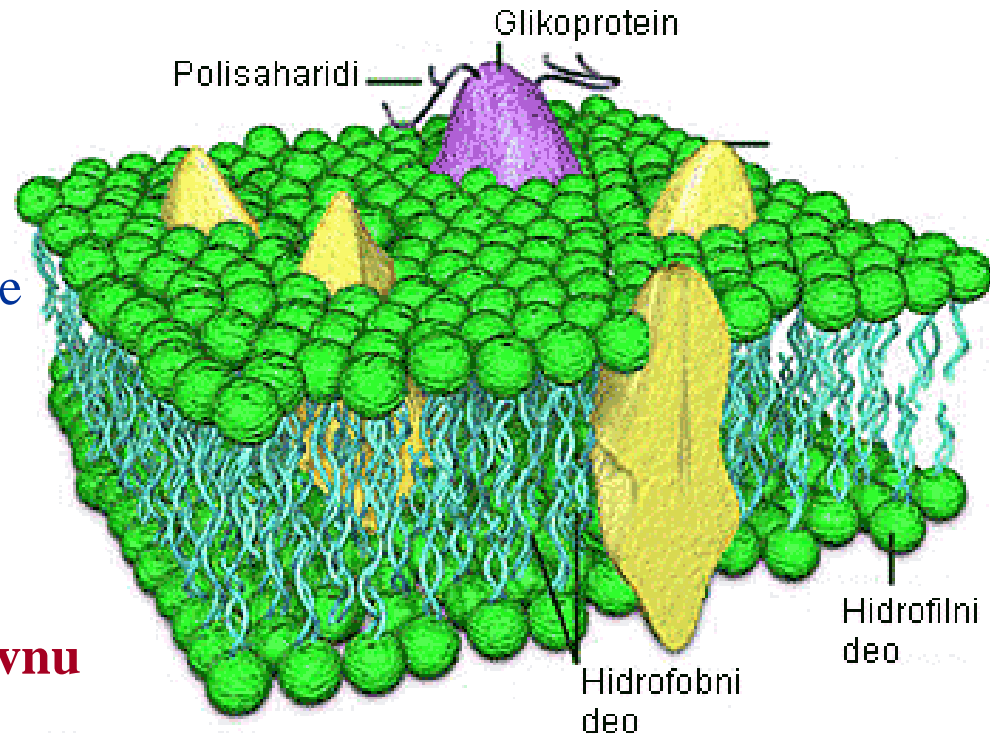
▪ Građa:

lipoproteinske prirode + ugljeni hidrati

- **Fosfolipidni dvosloj predstavlja osnovnu strukturu svih bioloških membrana**

▪ Uloge:

- Odvajaju ćelije i organele od okolnog prostora
- Povećavaju unutrašnju površinu ćelije, komunikacija, metabolički procesi



**Tečno-mozaični model membrane
Singer-Nicolson, 1972**

ĆELIJSKA MEMBRANA

- **Plazmalema** je biološka membrana koja odvaja cjelokupnu živu supstancu od okolne sredine.
- ✓ Važno svojstvo: **PERMEABILNOST! (selektivna)**
- **Uloga:**
 - reguliše transport iz ćelije i u ćeliju
 - nosi receptore za spoljašnje hemijske signale
 - preko nje se vrši kontakt sa drugim ćelijama
 - kontroliše rastenje i diferencijaciju ćelija
 - održavanje unutrašnjeg sadržaja ćelije - homeostaza
- **Građa:**
 - lipidi i proteini (50%:50%)
 - lipidi imaju pretežno gradivnu ulogu
 - lipidna komponenta od dva sloja FOSFOLIPIDA
 - ugljeni hidrati 2-10%

❖ Lipidi membrane

Osnovni gradivni elementi membrane – **strukturalna uloga**

Grupe:

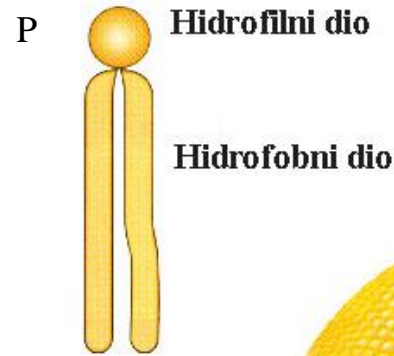
➤ **Fosfolipidi** (fosfatidilholin, fosfatidiletanolamin, fosfatidilserin, sfingomijelin)

➤ **Glikolipidi** (lipidi+oligosaharidi)

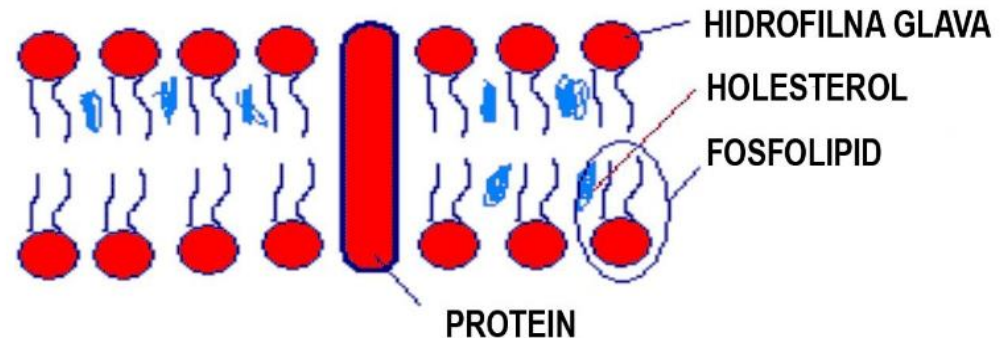
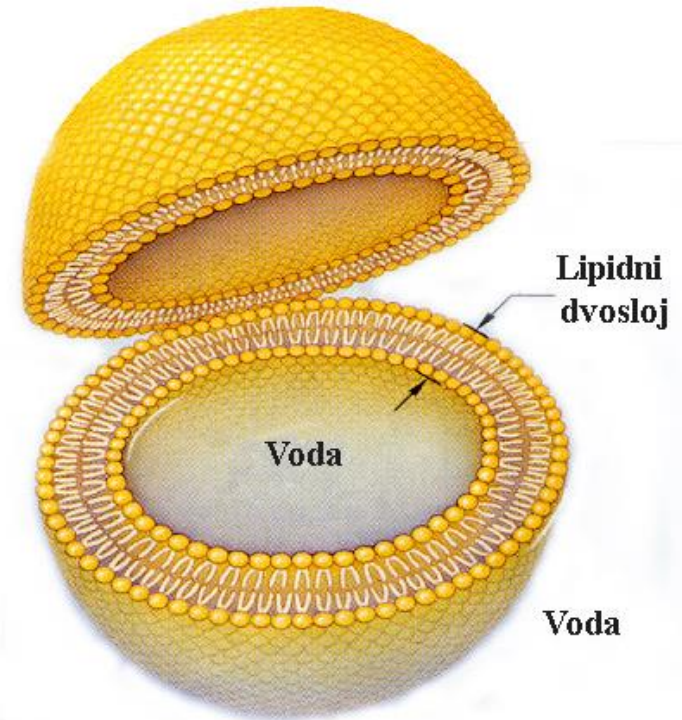
➤ **Holesterol**

Uloge holesterola:

➤ **Povećava viskoznost plazmaleme**



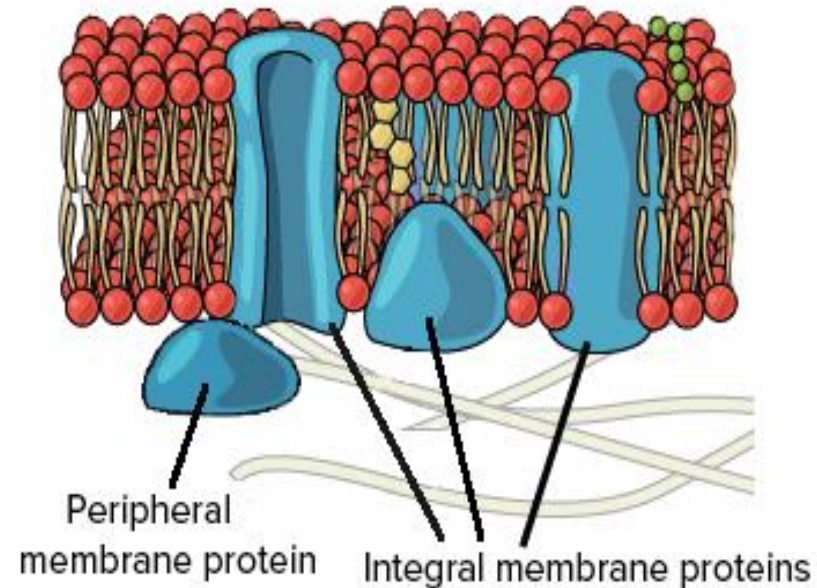
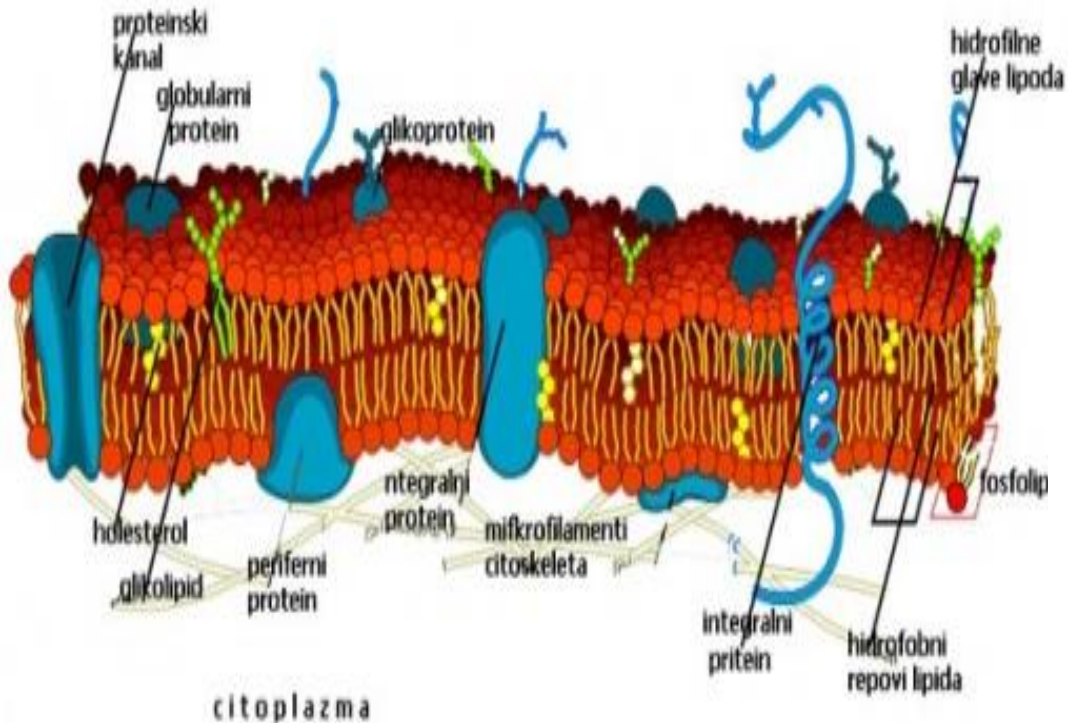
Fosfolipid

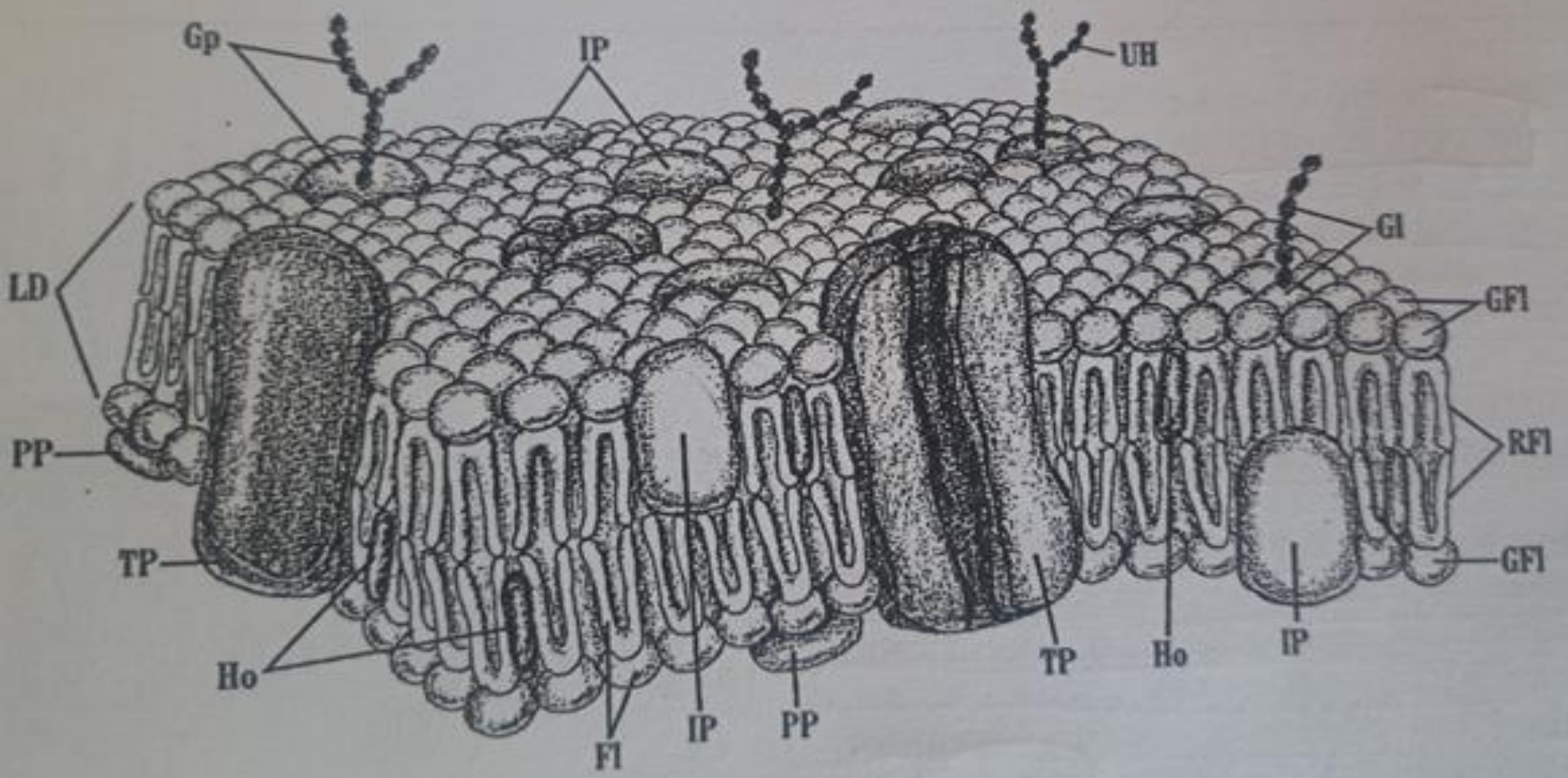
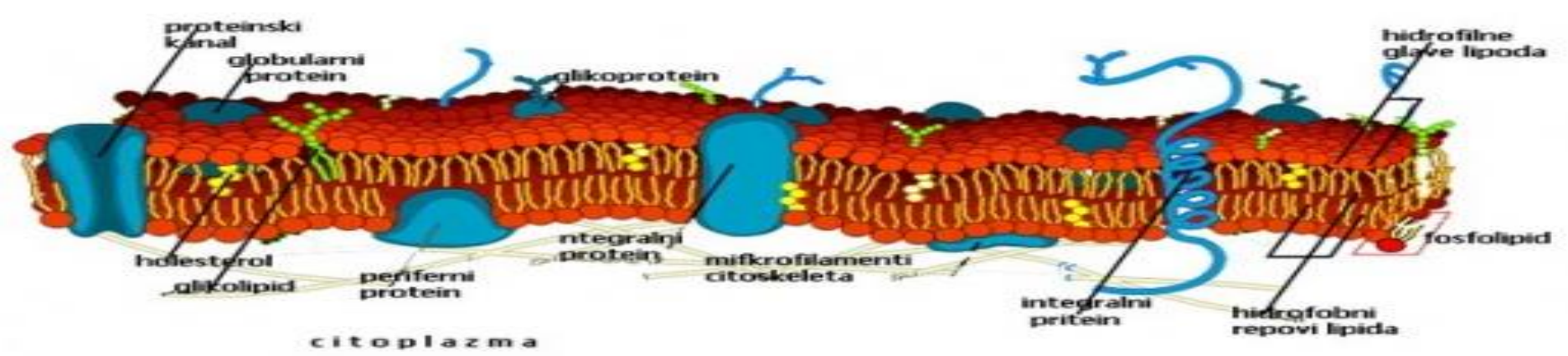


❖ Proteini membrane

➤ Klase membranskih proteina:

- **transmembranski** (integralni), pružaju se duž cijele membrane, uronjeni direktno u lipidni dvosloj
- **periferni**, vezani na periferiji membrane za lipide ili transmembranske proteine

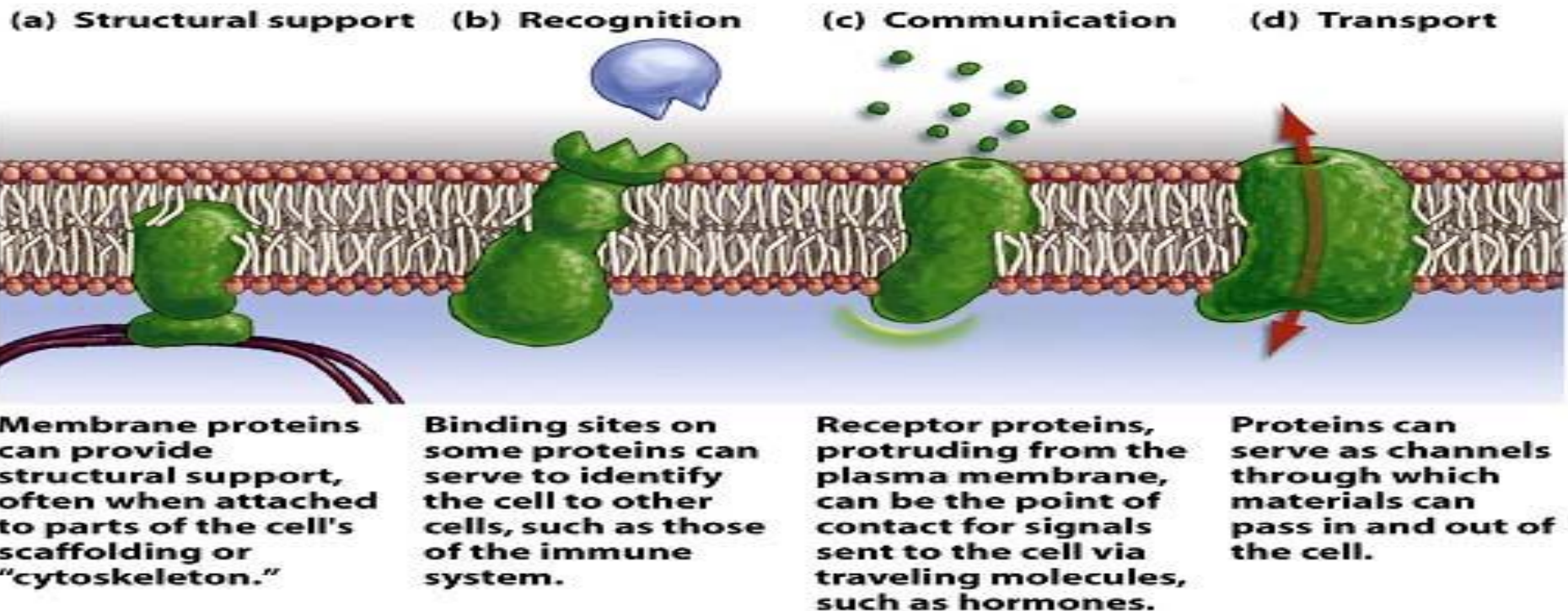




❖ Proteini membrane

➤ Uloge:

- transport materija preko membrane
- kataliza za membranu vezanih hemijskih reakcija
- receptorna
- strukturna



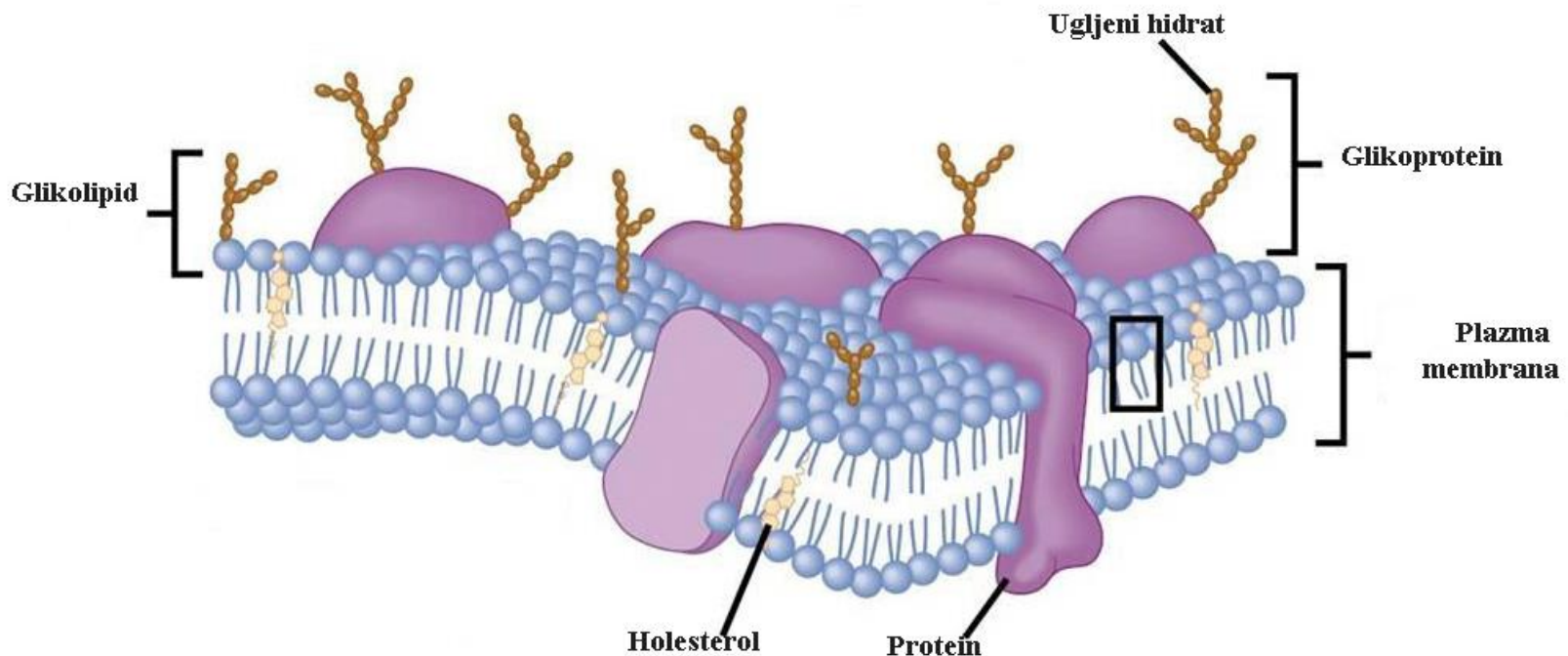
❖ Ugljeni hidrati membrane (glikokaliks)

- Oligo i polisaharidi
- Uvijek su vezani za spoljašnju površinu membrane

Glikokaliks (glikoproteini + glikolipidi)

Uloga:

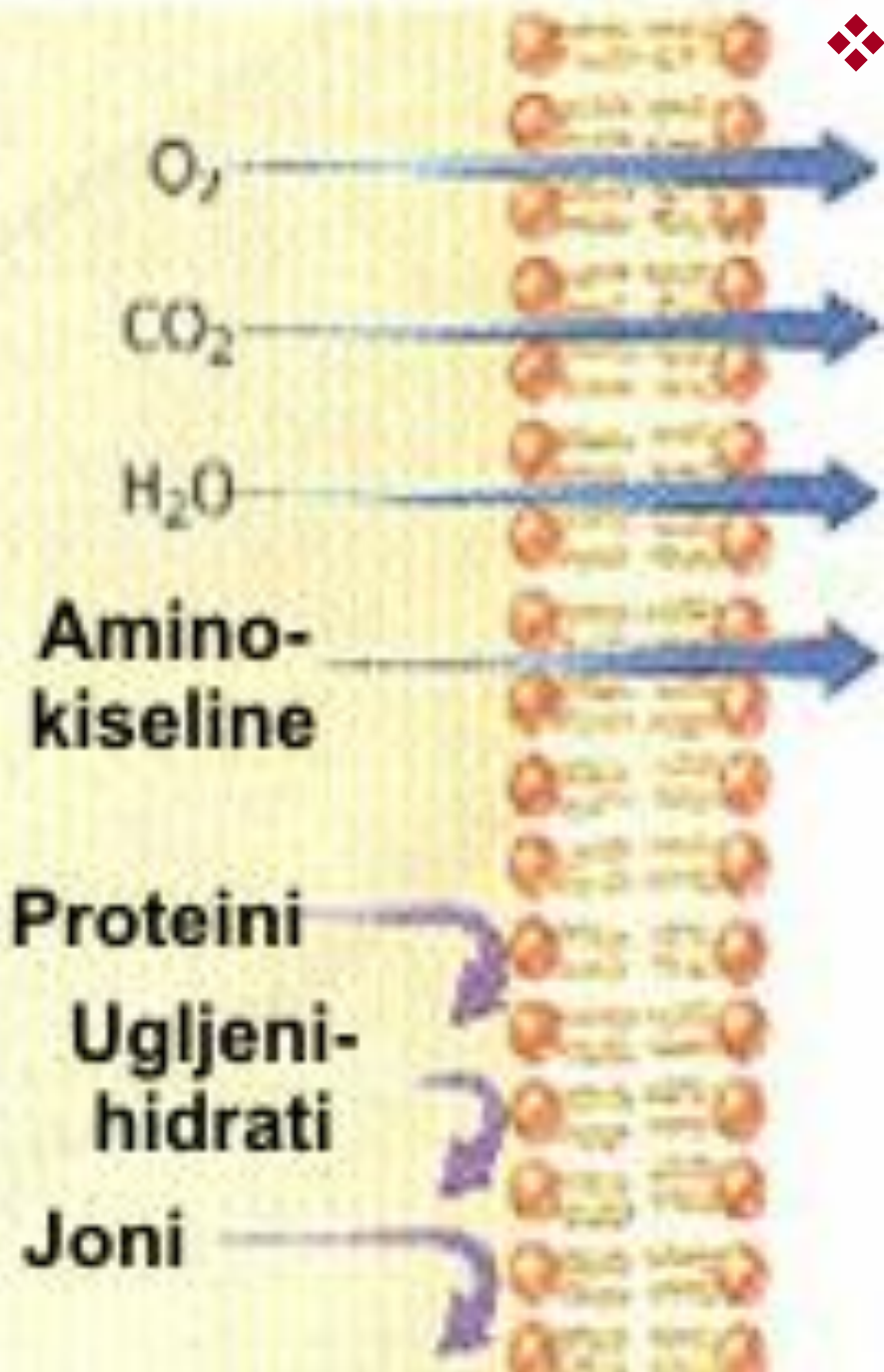
- Komunikacija između ćelija
- Komunikacija između ćelija i ekstracelularnog matriksa



❖ Transport preko membrane

- **Membrana** - glavna osmotska barijera preko koje se vrši razmjena materije sa okolnom sredinom:
 - **ishrana ćelije**
 - **izbacivanje krajnjih nepotrebnih proizvoda metabolizma**
- Preko membrane se vrši kontrola transporta
- Način transport zavisi od prirode supstance, njene veličine

❖ Transport preko membrane



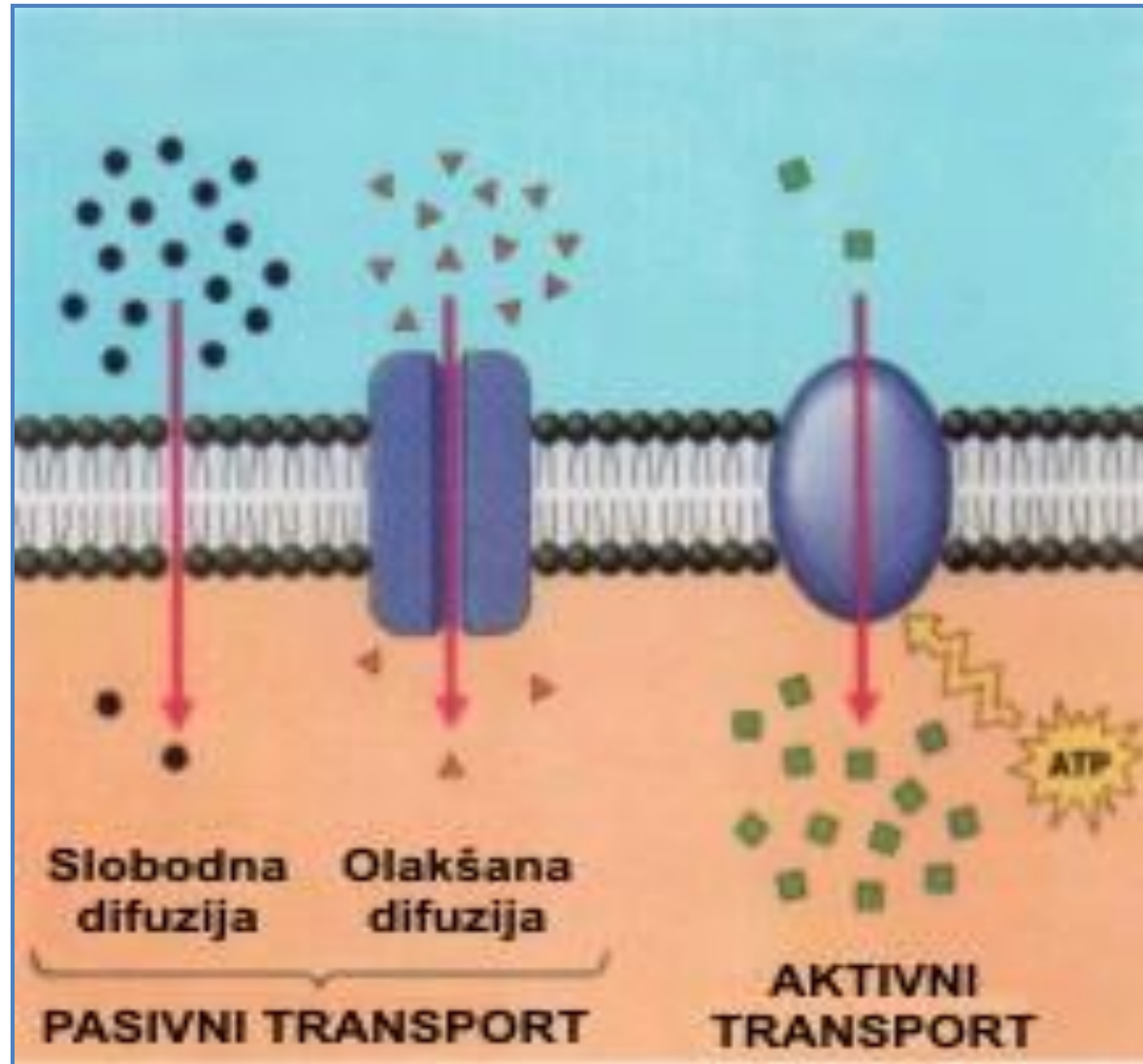
- Kroz membranu slobodnom difuzijom prolaze samo
 - **niskomolekularna nenaelektrisana jedinjenja:**
 - nedisosovani molekuli vode
 - **nedisosovani molekuli slabih kiselina**
 - **gasovi**
 - **Ostala jedinjenja značajna za metabolizam ulaze posebnim transportnim sistemima !!!**

❖ Transport preko membrane

➤ Pasivni transport

- slobodna difuzija
- olakšana difuzija

➤ Aktivni transport



❖ Transport preko membrane

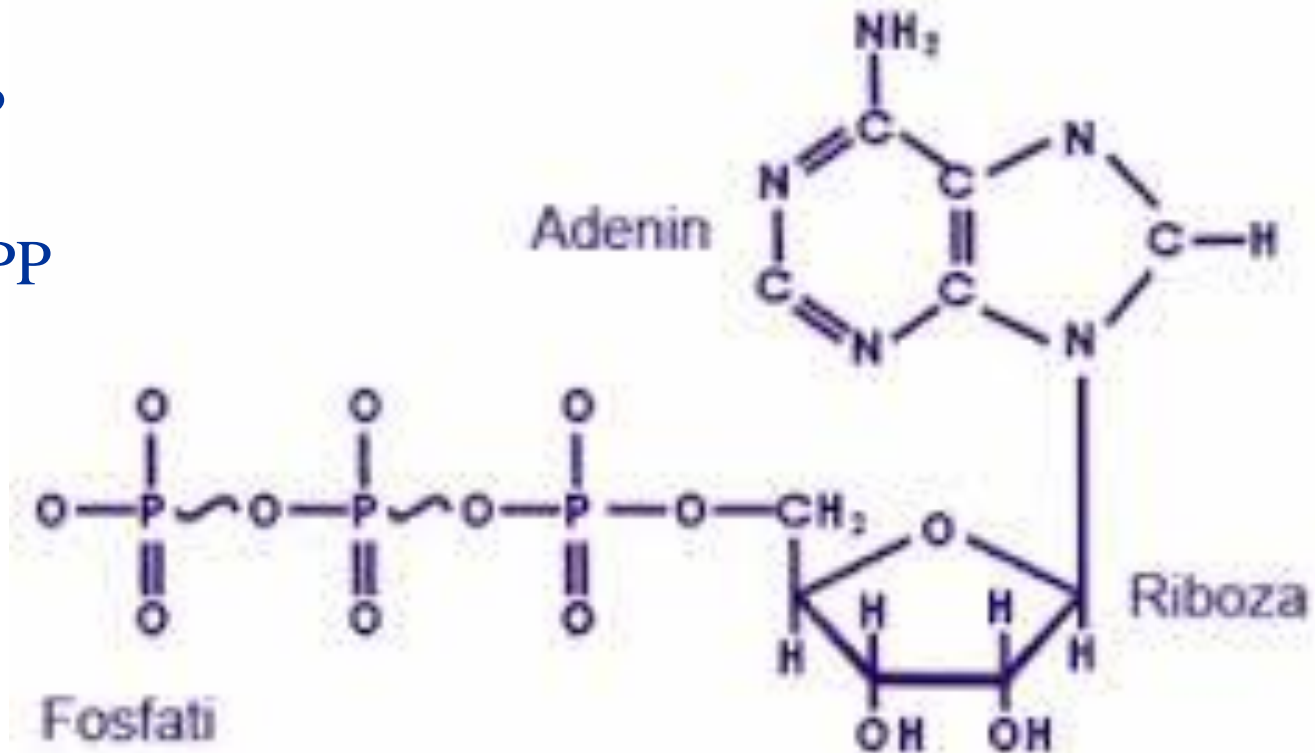
✓ Obezbjeđivanje energije

ATP (adenozin trifosfat) – nukleotid sa visokoenergetskim vezama između fosfata

➤ Ima centralnu ulogu u metabolizmu ćelije

➤ $ATP \longrightarrow ADP + P$

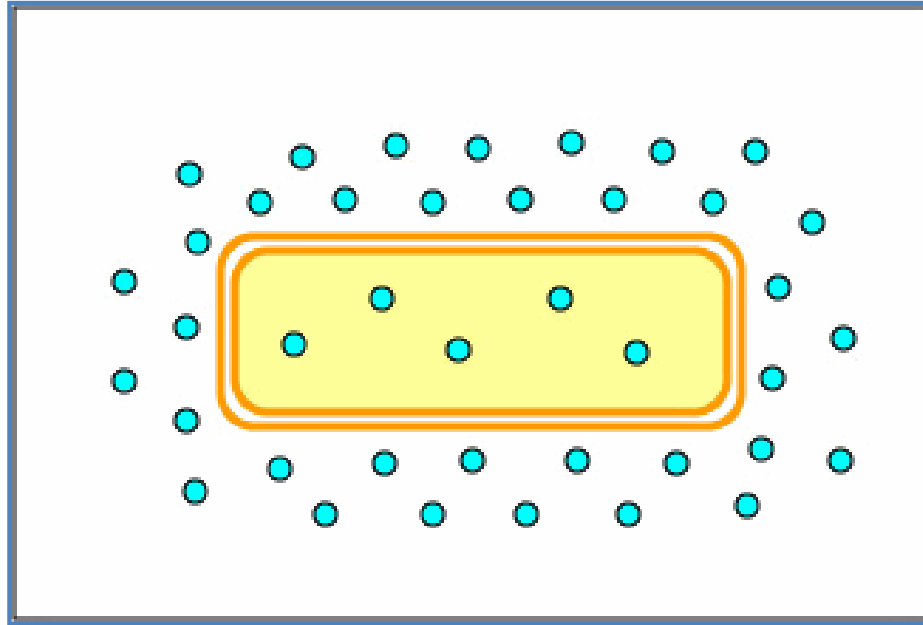
➤ $ATP \longrightarrow AMP + PP$



❖ Transport preko membrane

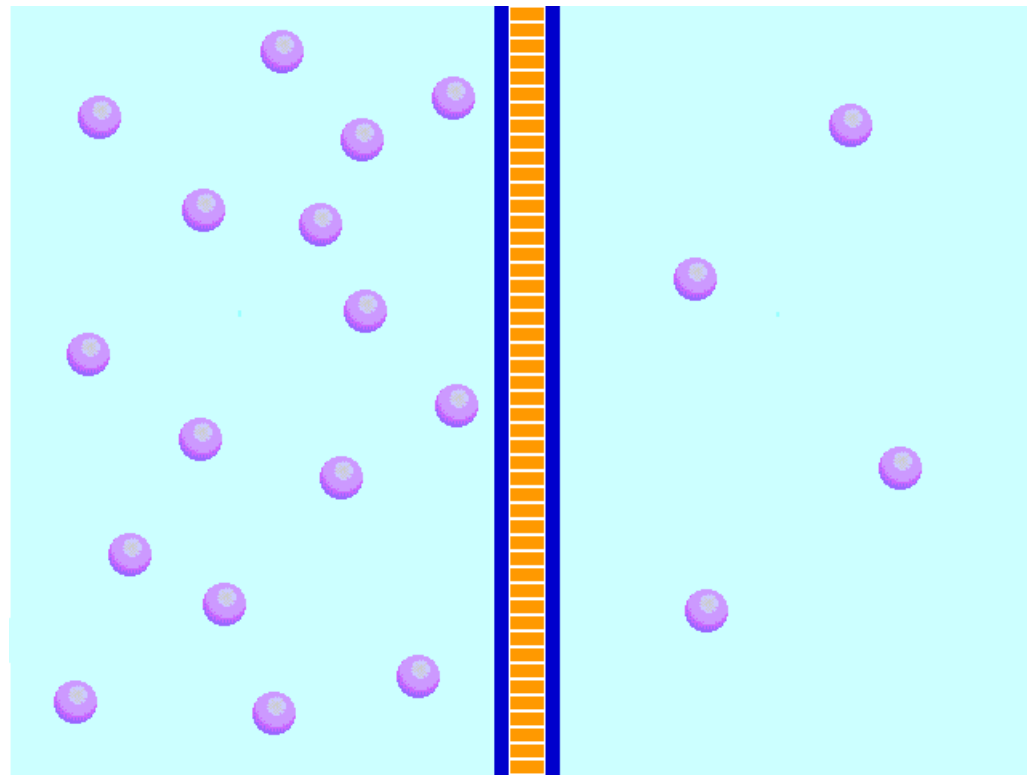
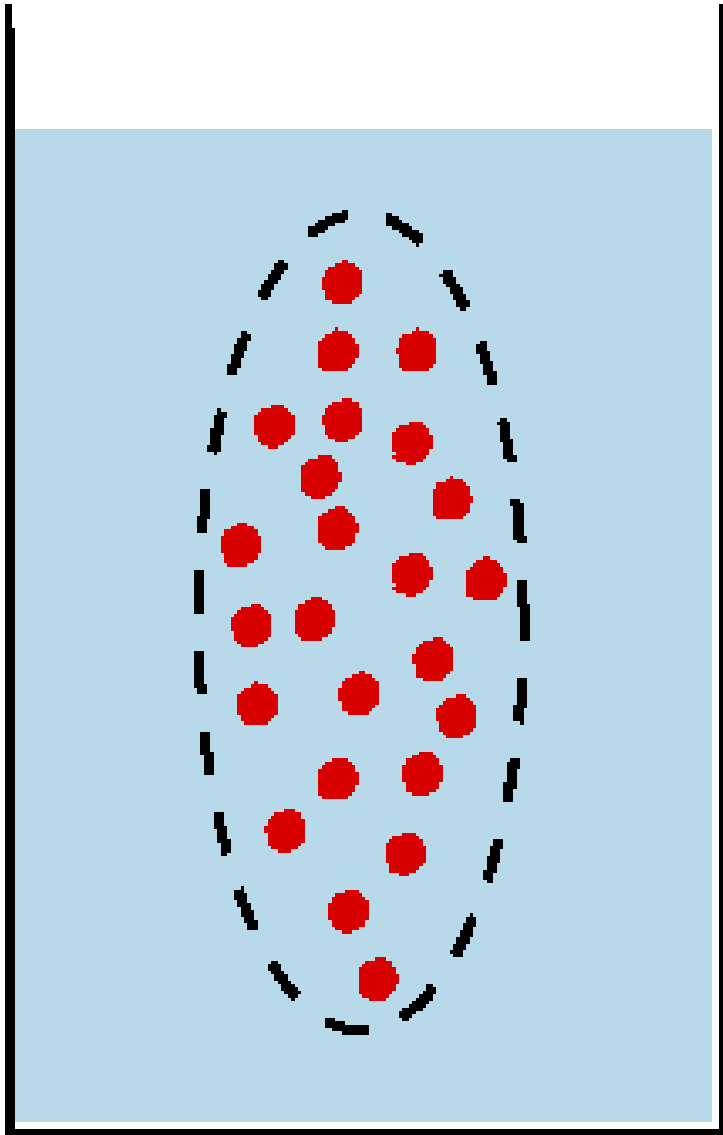
Osobina	Pasivna difuzija	Olakšana difuzija	Aktivni transport
Prisustvo nosača	-	+	+
Koncentracija nasuprot gradijentu	-	-	+
Specifičnost	-	+	+
Utrošak energije	-	-	+
Modifikacija rastvora tokom transporta	-	-	-

❖ Pasivna difuzija

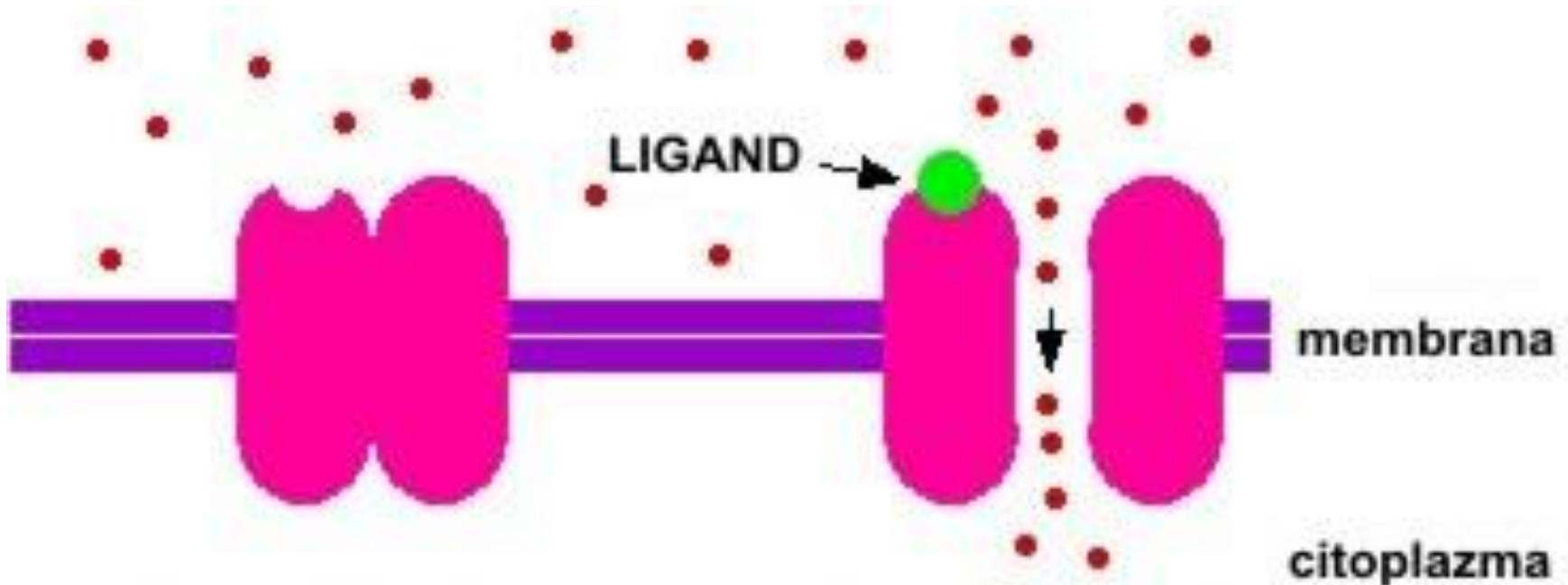


- **Kretanje malih polarnih molekula ili gasova** iz oblasti sa većom ka oblasti sa nižom koncentracijom (**niz elektrohemijski gradijent!!!**)
- Neselektivan proces (membrana nije prepreka za molekule koji su rastvorljivi u fosfolipidnom sloju)
- Ne učestvuju transportni proteini, nespecifična i nije potrebna energija za odvijanje
- Smier transporta je određen koncentracijom molekula u i van ćelije

❖ Pasivna difuzija



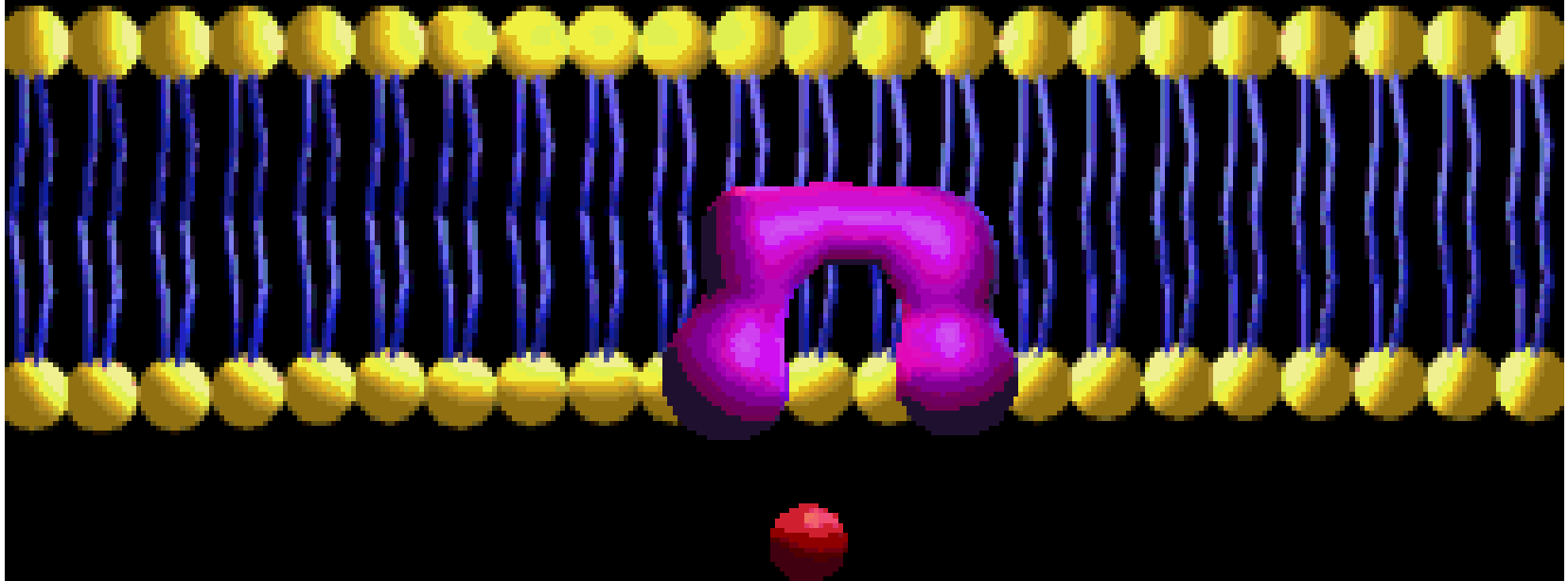
❖ Olakšana difuzija



- Selektivni transport supstance kroz membranu preko specifičnih proteinskih transportera iz oblasti sa većom koncentracijom ka oblasti sa nižom koncentracijom (**niz elektrohemijski gradijent!!!**)
- **Pasivna ≠ Olakšana difuzija** – molekuli se ne rastvaruju u fosfolipidnom sloju
- Nije neophodna energija ali su potrebni **transportni proteini**
- **Transportuju se ugljeni hidrati, aminokiseline...**

❖ Klase transportnih membranskih proteina

1. proteini nosači
2. proteini kanali

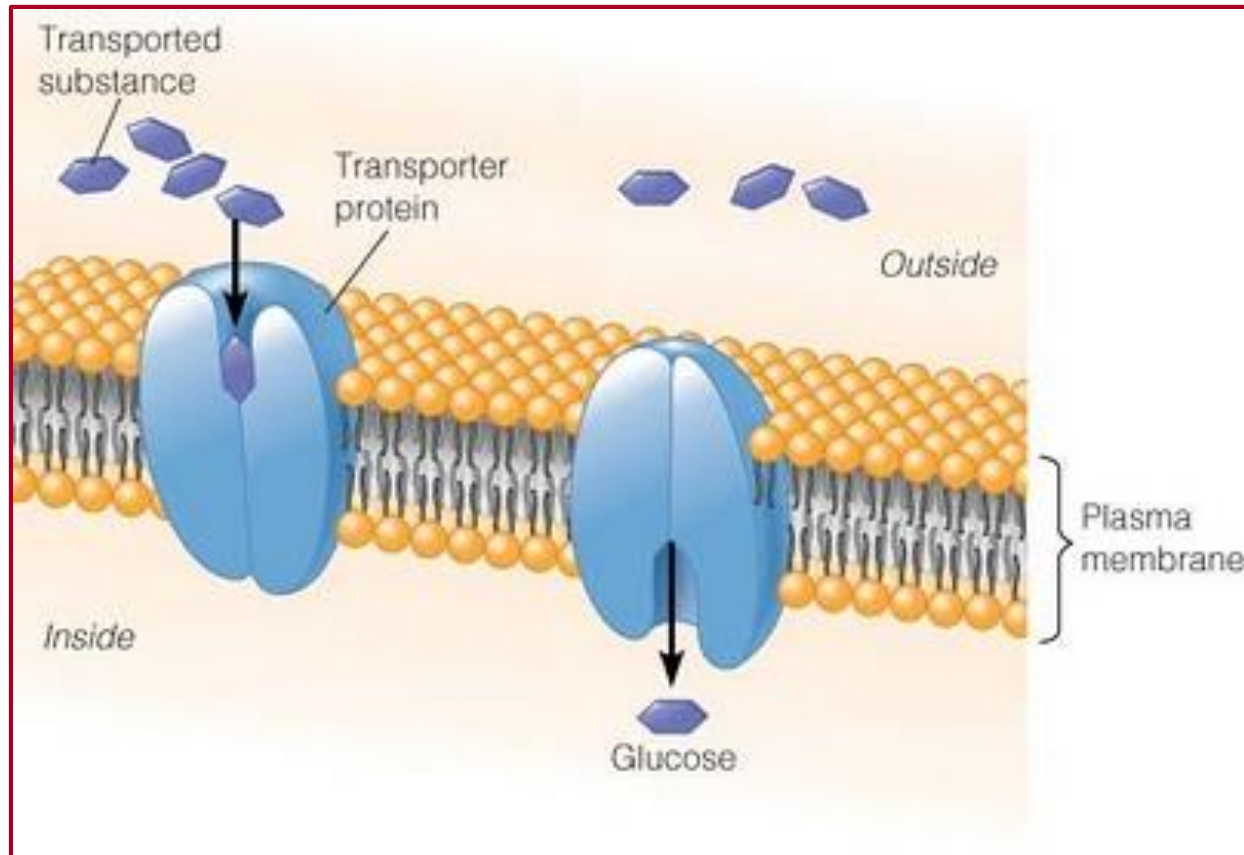


❖ TRANSPORT POSREDOVAN NOSAČEM

- Strukturne promjene proteina
- Djeluju kao enzimi

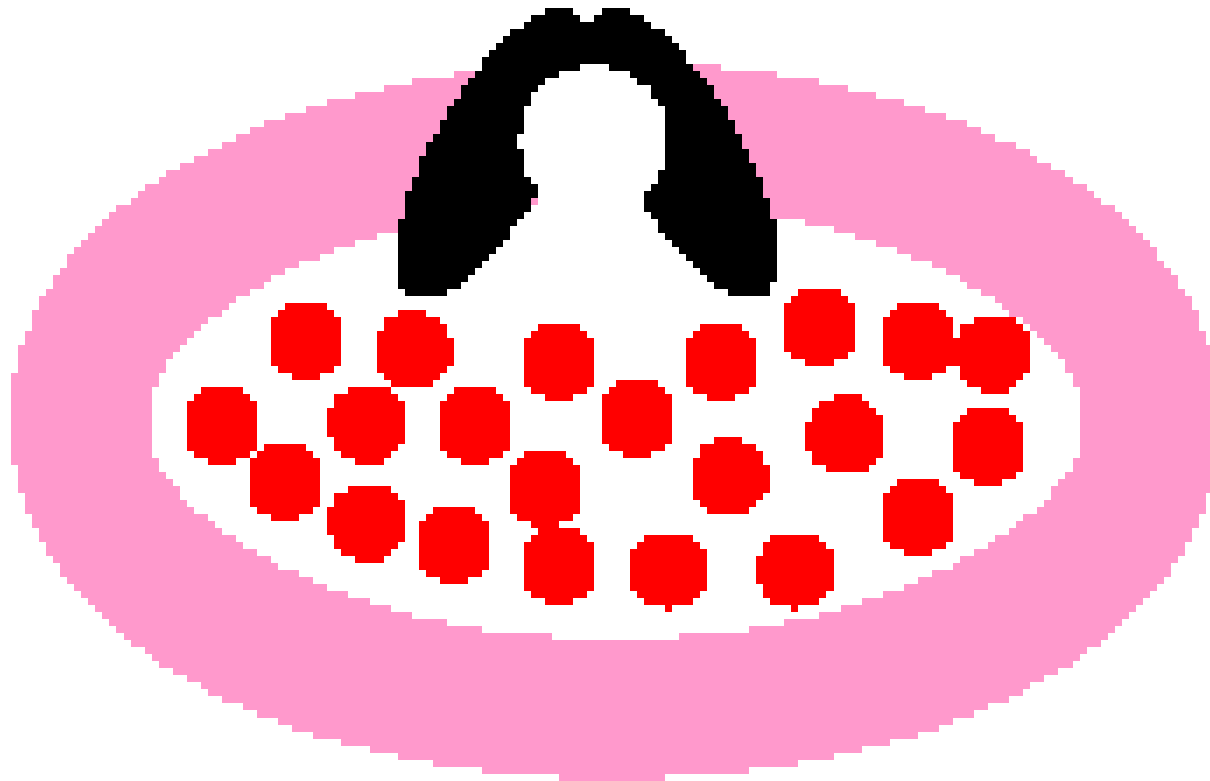
Primjer: transporter glukoze

- Promjena dva konformaciona stanja proteina

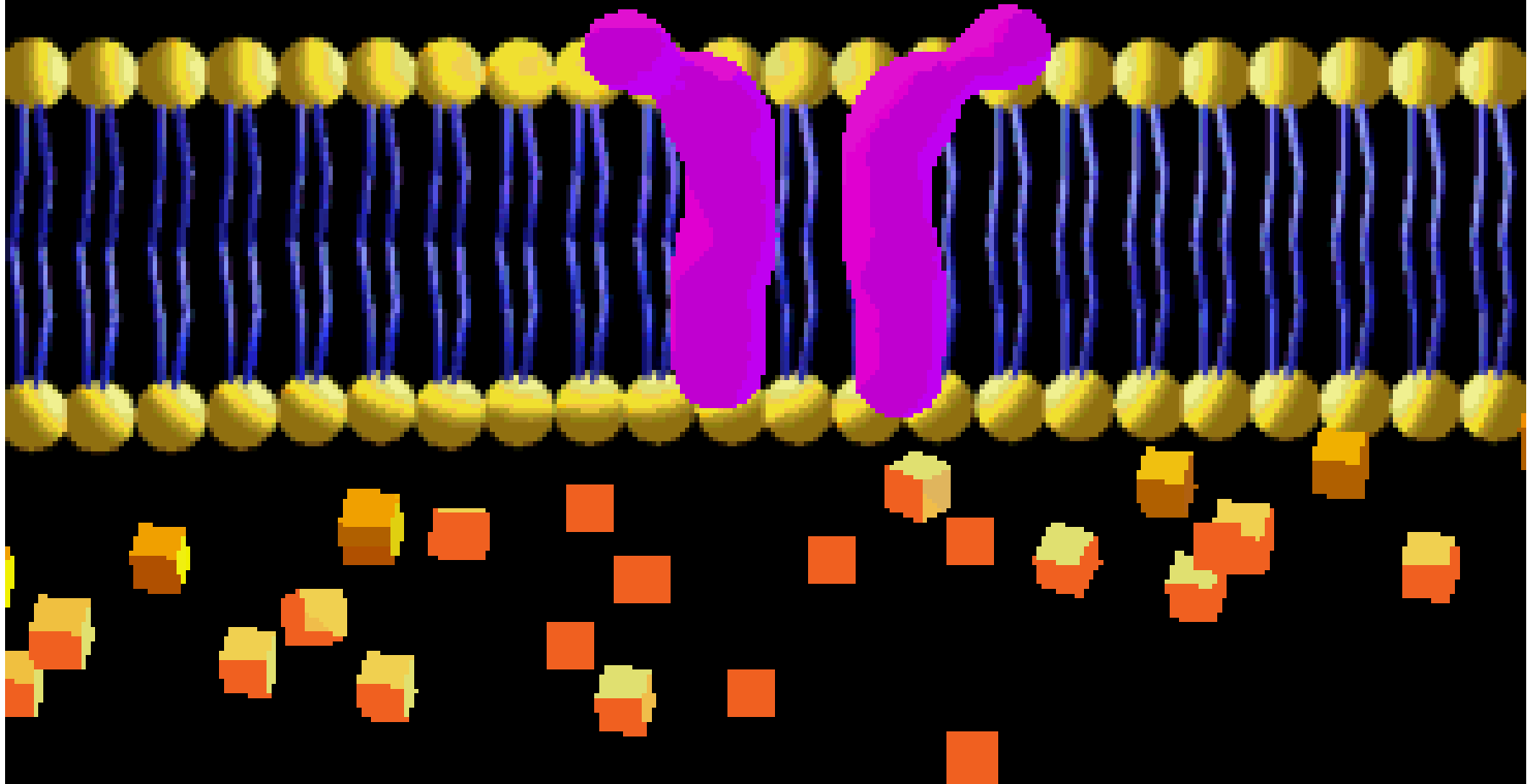


Olakšana difuzija glukoze

❖ TRANSPORT POSREDOVAN NOSAČEM



- Transport pomoću jonskih kanala-
proteinske strukture koje izgrađuju „kanale“

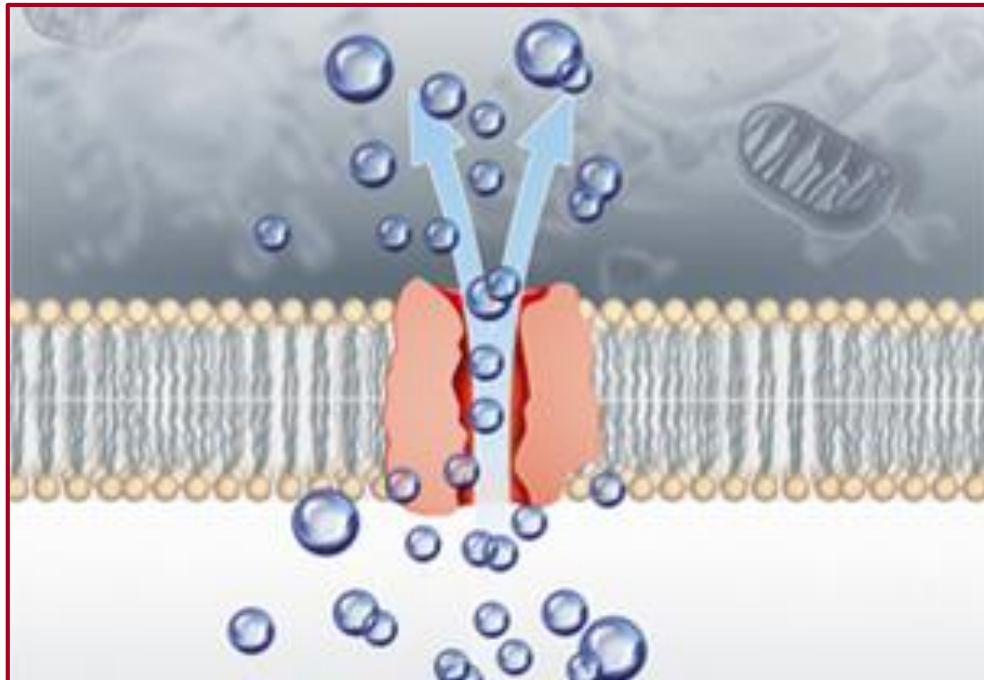


❖ TRANSPORT POSREDOVAN PROTEINIMA KANALIMA

➤ Formiraju otvorene pore za prolaz malih molekula

Proteini kanali:

- Porini (joni i mali polarni molekuli)
- Proteini kanali koji grade "gap" veze između ćelija
- Akvaporini (proteinski kanali za vodu)
- Jonski kanali (omogućavaju prolaz jona)



❖ Aktivni transport

- Supstanca se prenosi **nasuprot elektrohemijском gradijentu!!!**
- Energija se dobija razgradnjom ATP ili usled kretanja vodonikovih jona
- **UNIPORT** – jedna supstanca u ili izvan ćelije
- **SINPORT** - dvije supstance istovremeno u istom smjeru
- **ANTIPORT** - dvije supstance istovremeno u suprotnom smjeru

❖ Aktivni transport

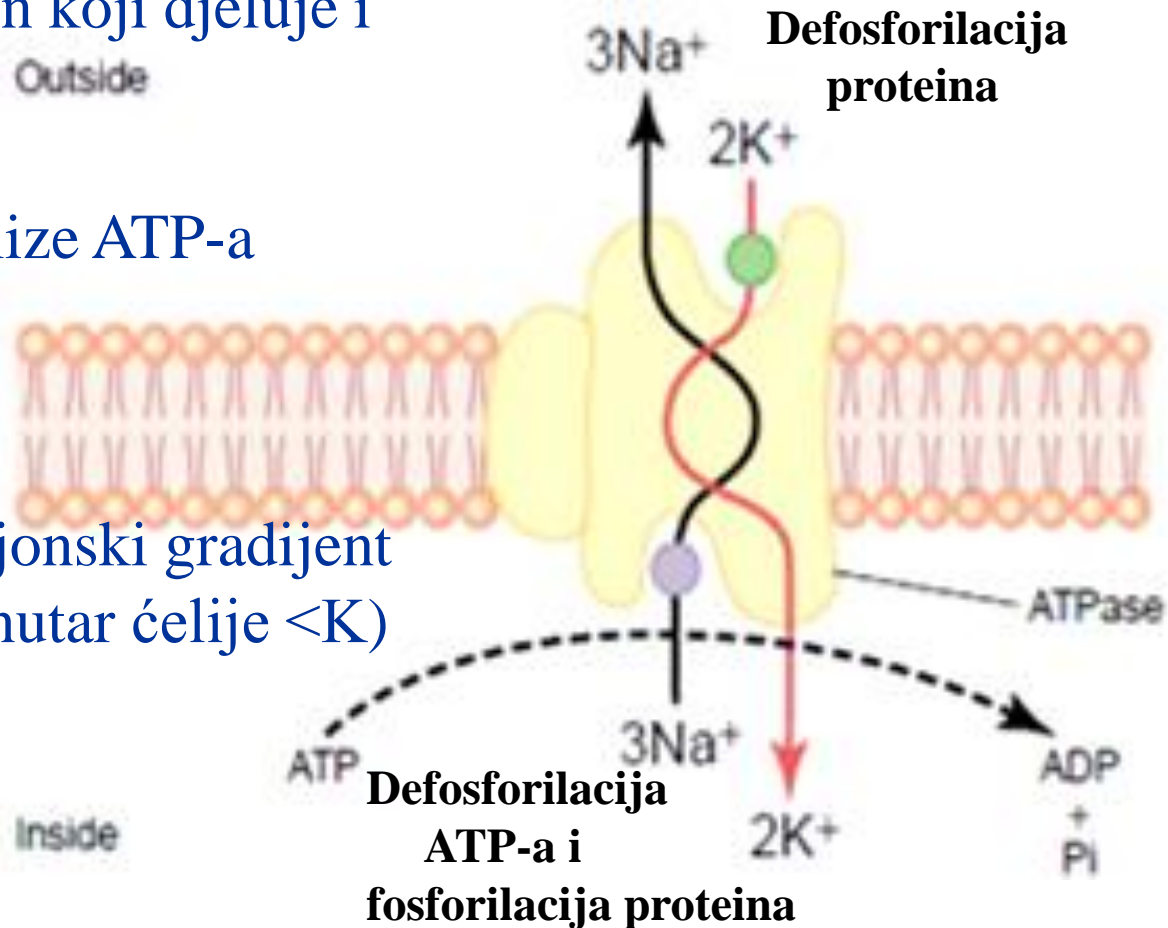
Jonske pumpe

➤ Transmembranski protein koji djeluje i kao ATP-aza

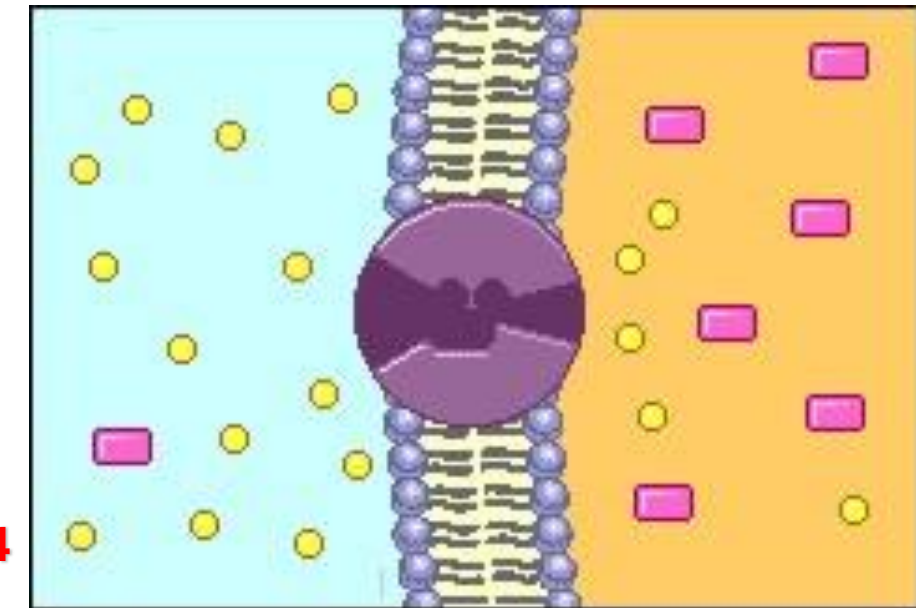
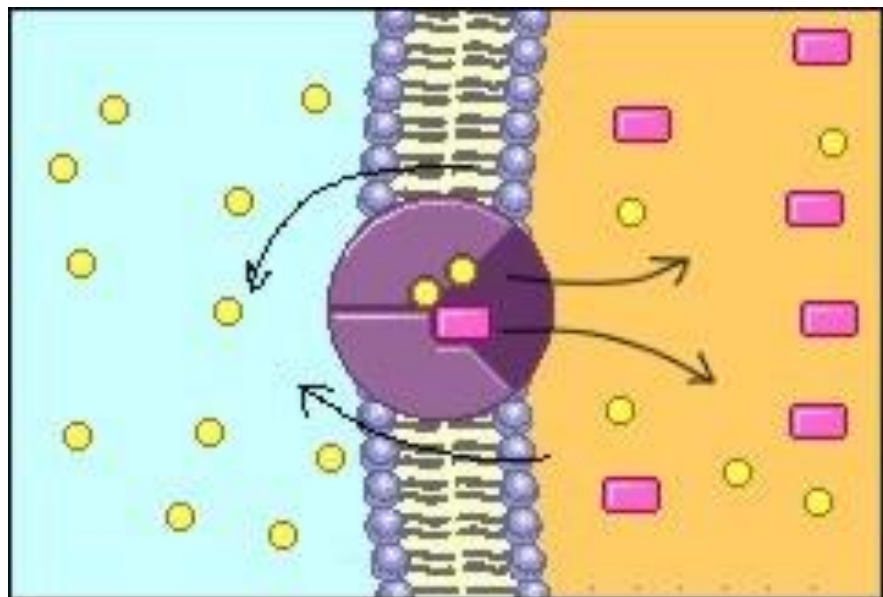
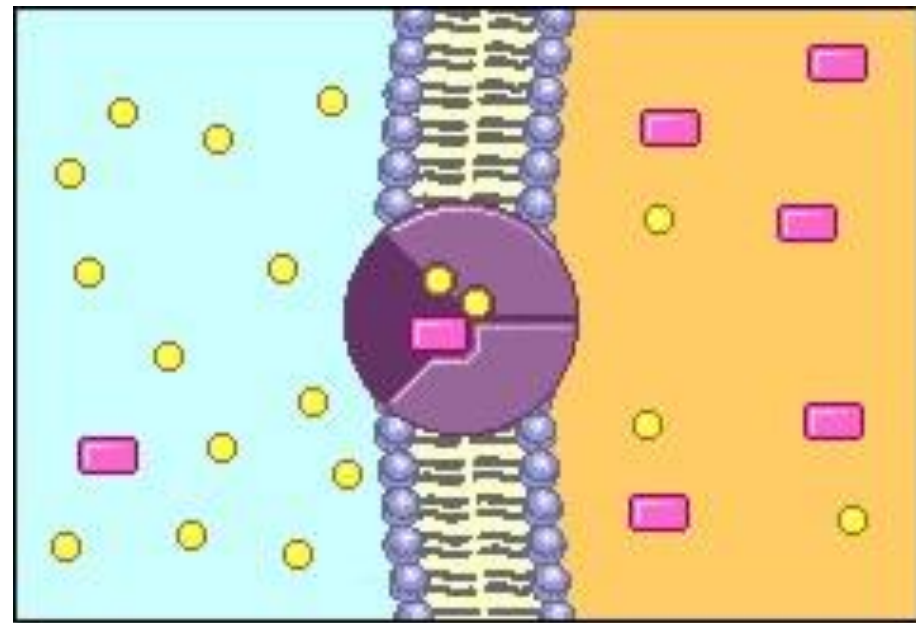
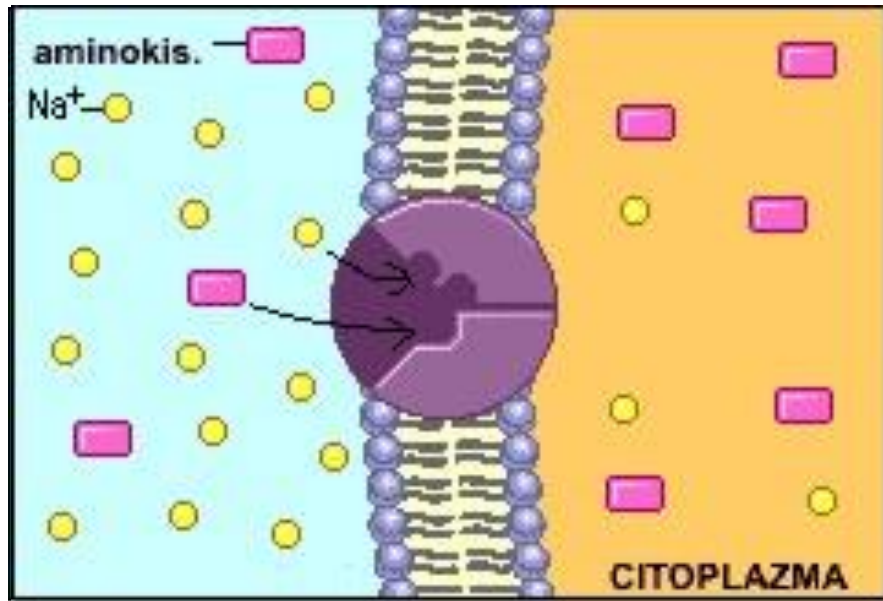
➤ Koriste energiju iz hidrolize ATP-a

➤ Na – K pumpa (održava jonski gradijent Na i K – van ćelije <Na; unutar ćelije <K)

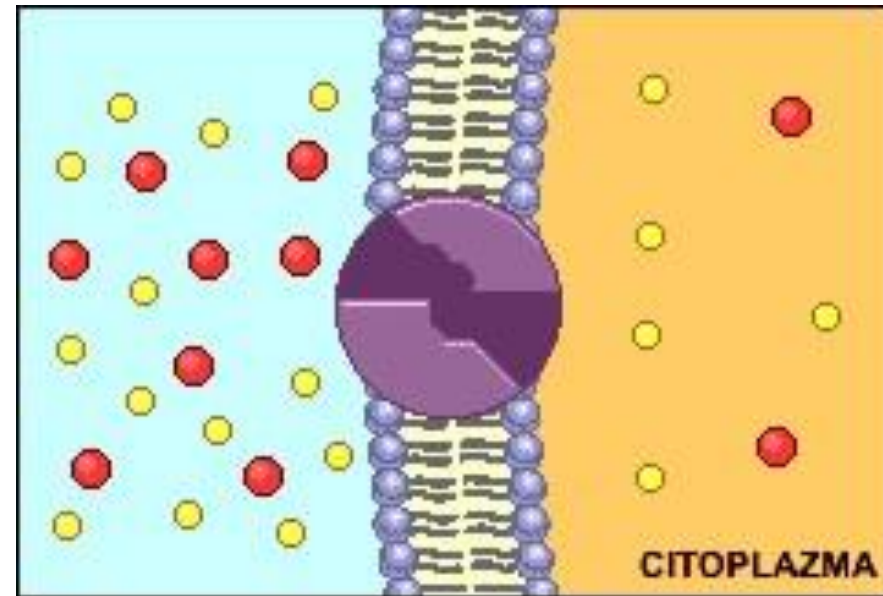
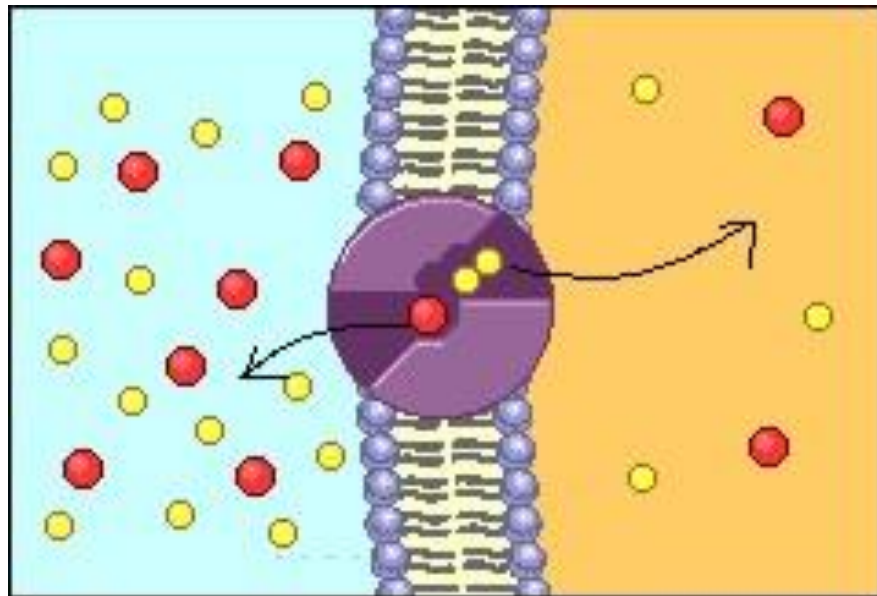
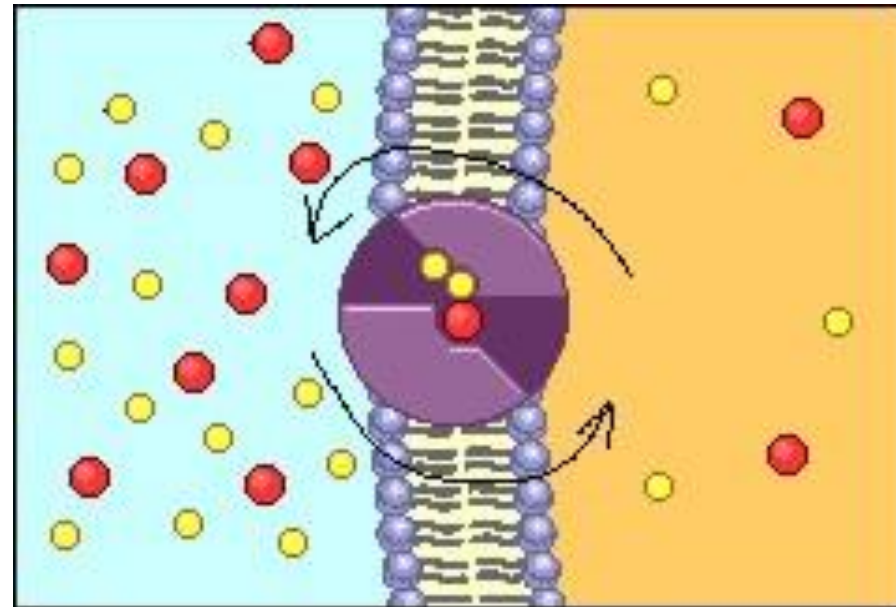
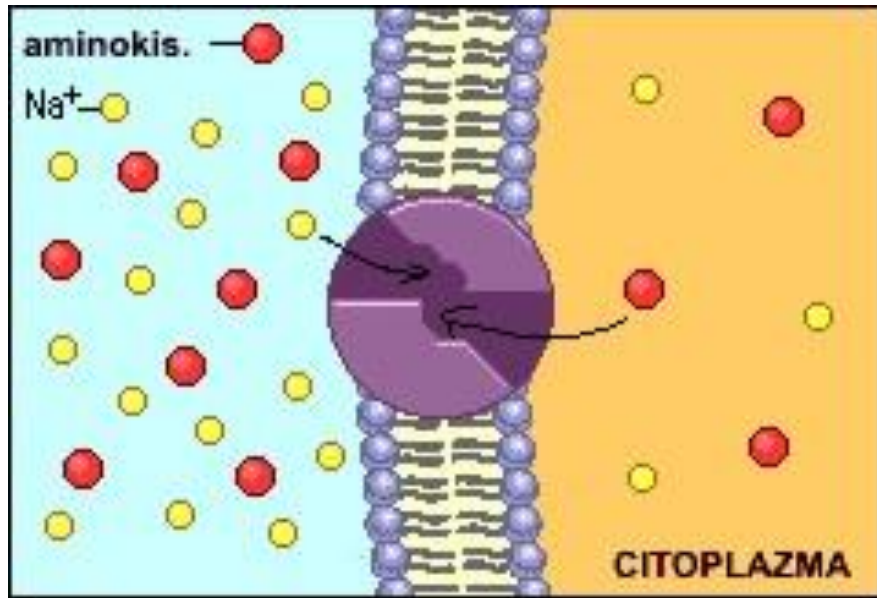
➤ Kalcijumova pumpa



■ SINPORT



■ ANTIPOORT

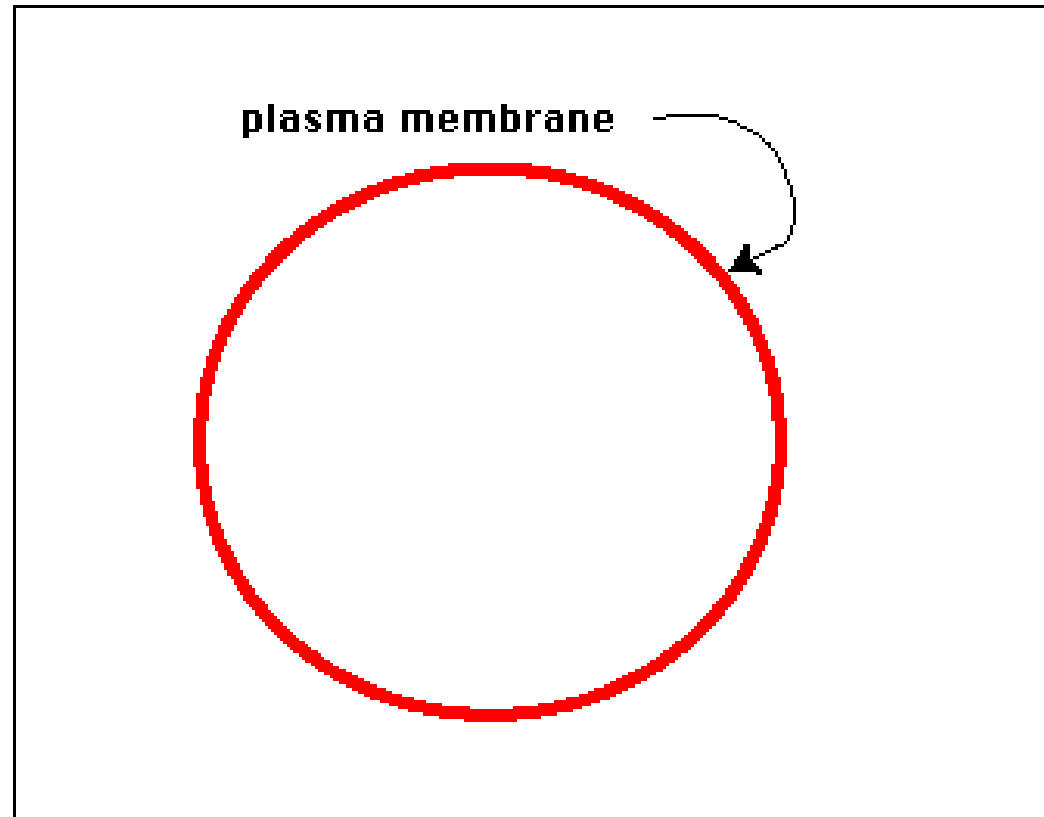


❖ Endocitoza

- **Unošenje makromolekula (proteini, polisaharidi...)**
- Oblik aktivnog transporta u kome ćelija stezanjem (invaginacijom) citoplazmatične membrane zatvara rastvor ili čestice u mjehurić ili vezikulu

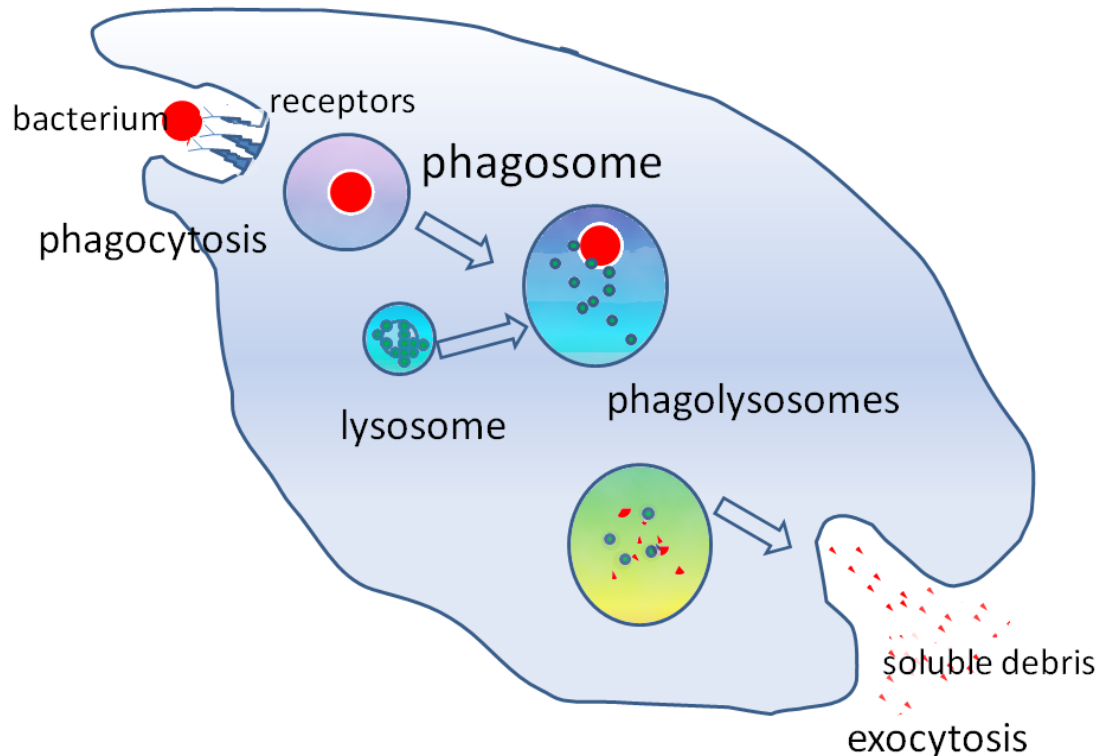
Tri oblika endocitoze:

- **Fagocitoza**
- **Pinocitoza**
- **Posredstvom receptora (kod životinjskih ćelija)**



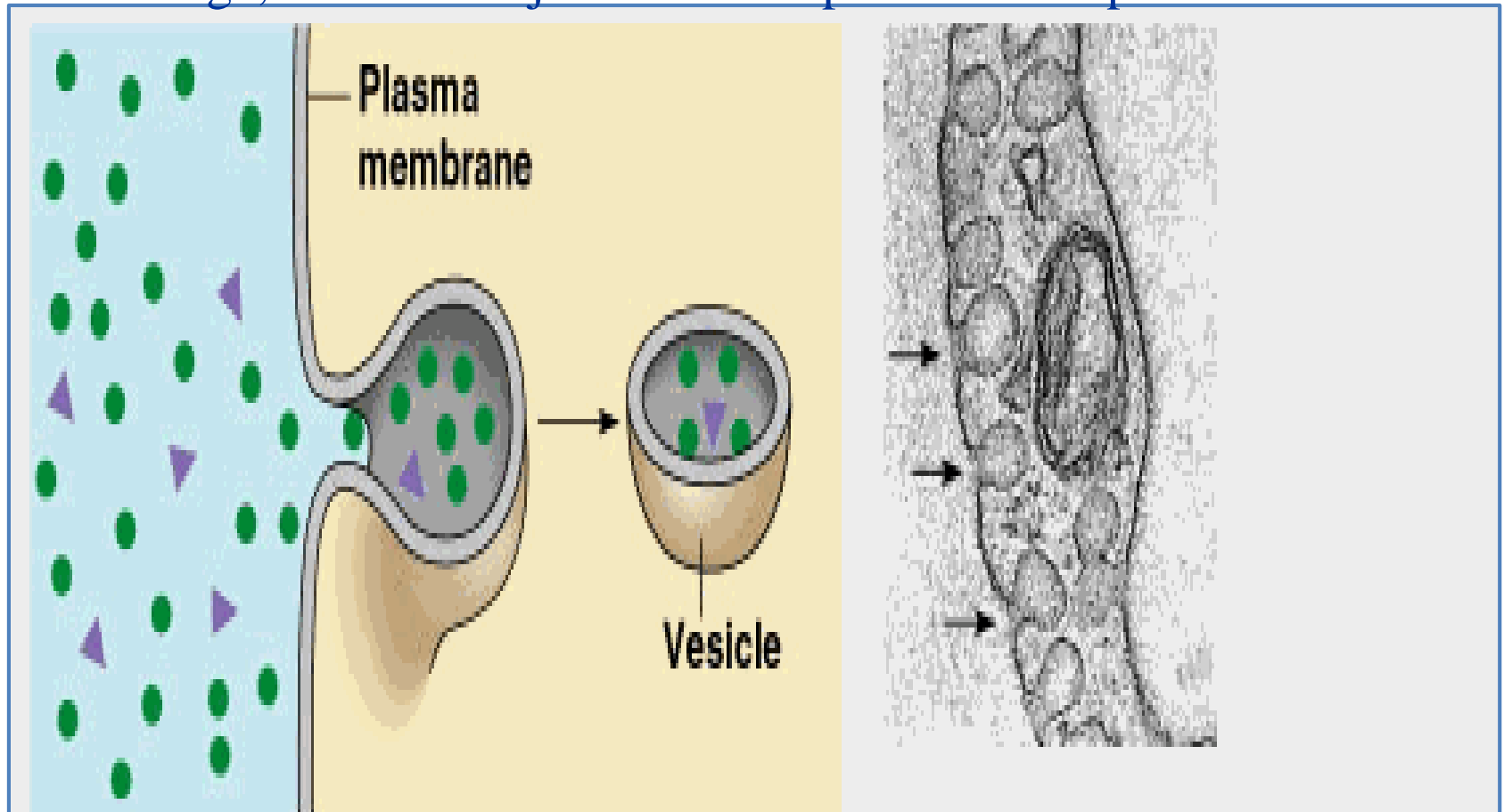
❖ Fagocitoza *fagos*, grč-jesti

- Unošenje **čvrstih** čestica pomoću endocitoze
- **Dvije faze**: adsorpcija čestica i unošenje u ćeliju
- **Fagozom** (vezikula sa zarobljenom česticom)
- Fagozomi se spajaju sa lizozomom obrazujući **fagolizozome** u kojima dolazi do razgradnje čvrste materije



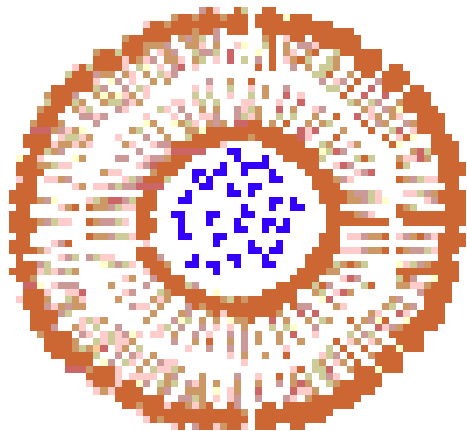
❖ Pinocitoza (*pinos*, grč-piti)

- Unošenje rastvornih materija preko endocitoze
- Invaginacijom citoplazmatske membrane i njenim stezanjem kapljice tečnosti se smestaju u **pinocitne mehuriće**
- Nakon toga, tečni sadržaj mehurića se prenosi u citoplazmu



❖ Egzocitoza

- Izbacivanje čestica iz ćelije
- Oštećenje ćelijske membrane trenutno



VESICLE



PLASMA
MEMBRANE