

The background features several large, stylized, overlapping swirls in shades of purple, green, and light blue. Interspersed among these swirls are numerous small, yellow, triangular shapes that resemble sun rays or decorative accents. The overall aesthetic is bright and dynamic.

# Општа физиологија



# Опште о Општој

- предавања: доц. Данијела Лакета (Б), проф. Надежда Недељковић (МБФ и Е)
- вежбе: доц. Данијела Лакета, научни сарадник Марија Аџић, истраживачи-сарадници Марина Зарић, Зорица Петровић
- контакт: [danijela@bio.bg.ac.rs](mailto:danijela@bio.bg.ac.rs);  
Катедра за општу физиологију и биофизику,  
тел. 3032-356



# Опште о Општој

- Обавезни курс III семестра
- Предавања 1 x недељно (среда, 8:30-10:30)
- Вежбе 4x2 сата у семестру;
- Литература: Општа физиологија, Надежда Недељковић
- Материјал за теоријску припрему вежби и лабораторијски протоколи:  
([http://www.bio.bg.ac.rs/03\\_predmet.php?id\\_predmeta=134&n=opsta-fiziologija](http://www.bio.bg.ac.rs/03_predmet.php?id_predmeta=134&n=opsta-fiziologija))

# Оцењивање

<b>Активност</b>	<b>Бодови</b>
Вежбе	12
Тест 1	20
Тест 2	18
Усмени испит	50

**Услов** за усмени испит:

- 1. 30 бодова +**
- 2. присуство на 3 вежбе**

**+ АКТИВНОСТ НА ПРЕДАВАЊИМА**

Тест 1 – 10.11.2017

Тест 2 – 8.12.2017



# Вежбе



- 4 вежбе:  $4 \times 3 = 12$  бодова

- Шта је потребно:

- 1) Протоколи

Елиминаторни!

- 2) Свеска

- 3) Мантил

- Бодови: улазни тест + активност на вежби

- Групе до 22 члана

- Термини на сајту, стари студенти се уписују сами (сала 62)

- Пребацивање у другу групу само уз замену!

# Физиологија

- Шта проучава физиологија?



ЖИВИ СВЕТ



грађу вишећелијских организама



функције живих организама



изражавање емоција путем мимике

# Физиологија проучава **функције** живих организама и **процесе** који су у основи тих функција

Ћелијска физиологија

Интегративна физиологија

Системска физиологија

**Општа физиологија**

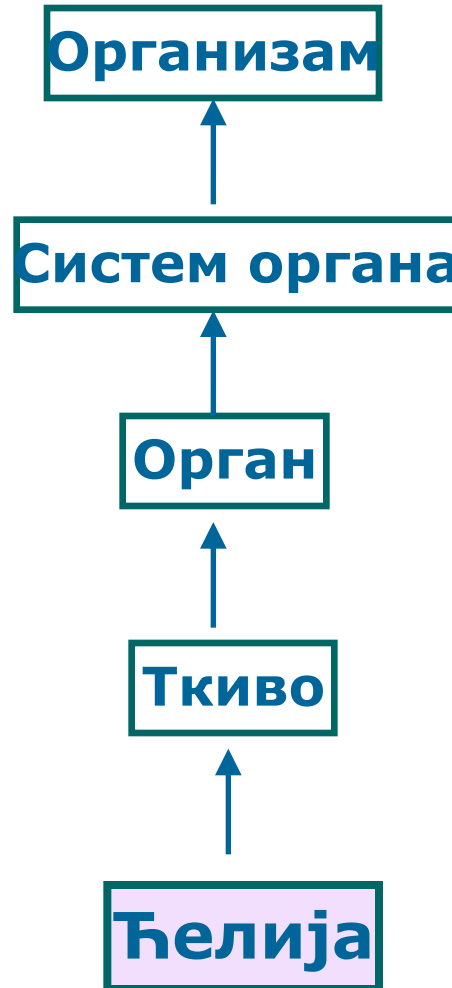
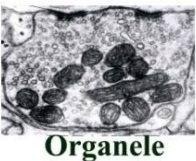
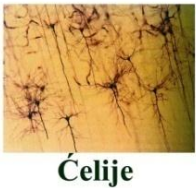
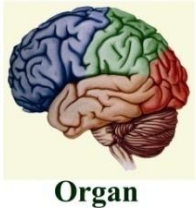
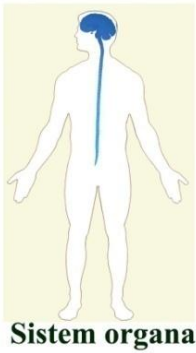
Медицинска физиологија

Екофизиологија

Патофизиологија

# Ћелијска теорија

(Schleiden & Schwann)



**Како процеси у једној ћелији утичу на опстанак организма ???**

# Основни и специјализовани ћелијски процеси

## **Основни**

(фундаментални) процеси – обезбеђују основне потребе ћелије, **једнаки за све ћелије**

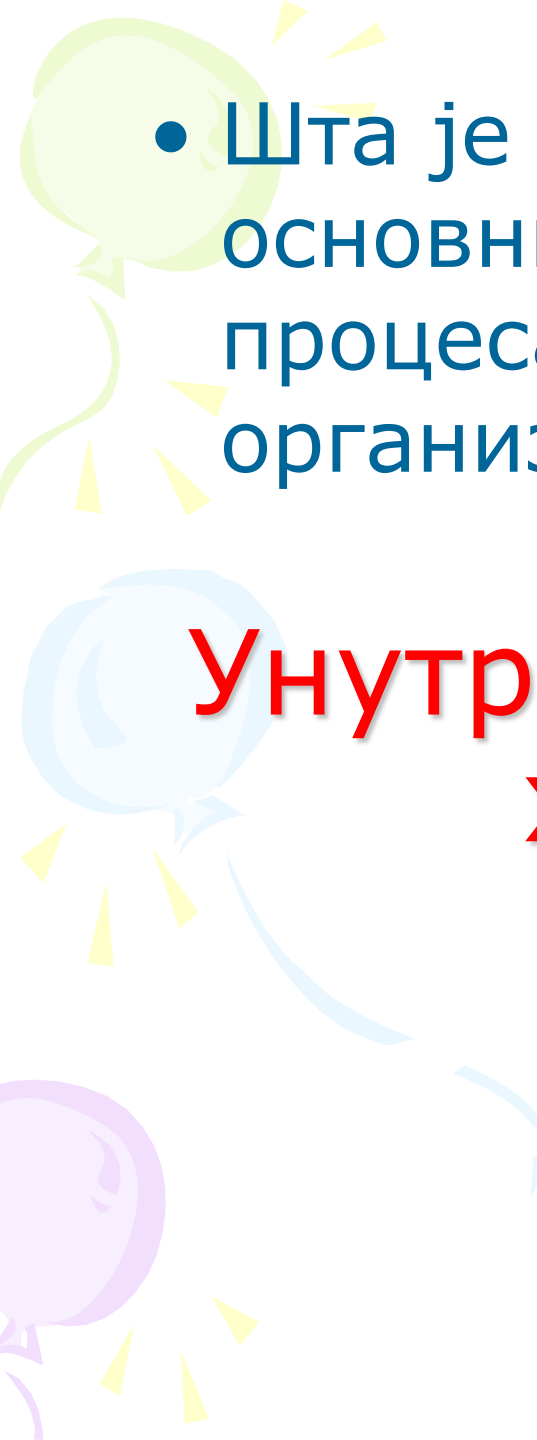
## **Специјализовани**

(посебни) процеси – процеси по којима се ћелије разликују, одвијају се **само у посебним типовима ћелија**, обезбеђују интегритет организма



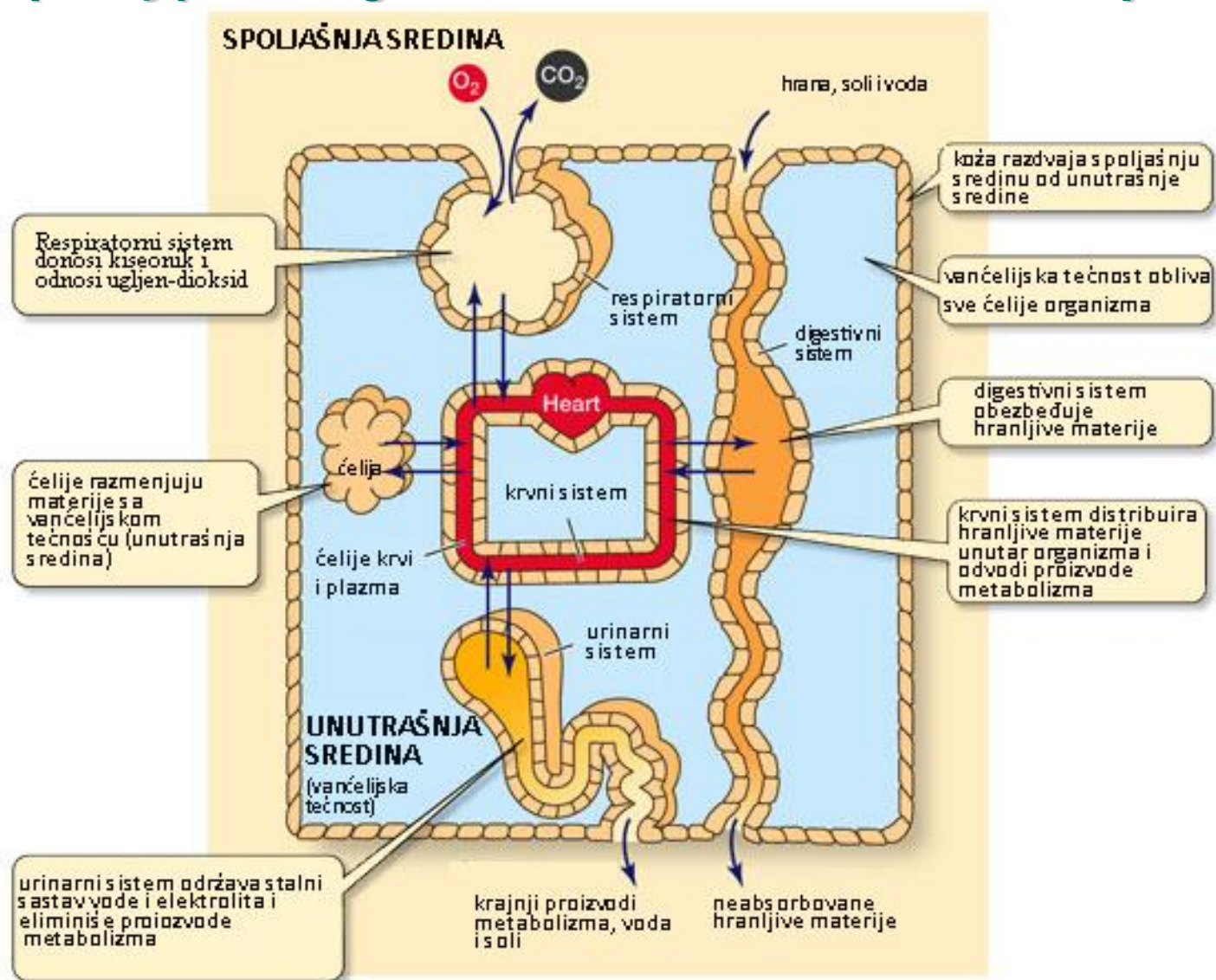
Подигните  за **основне**,  
а  за **специјализоване** процесе:

- Преузимање хранљивих материја и кисеоника
- Екстракција енергије из хранљивих материја
- Фагоцитоза
- Елиминација угљен-диоксида и штетних метаболита
- Синтеза антитела
- Синтеза протеина
- Синтеза инсулина
- Синтеза мијелина
- Синтеза мембранских липида
- Настанак мембранског потенцијала
- Настанак акционог потенцијала
- Покретање материјала унутар ћелије

- 
- Шта је коначни резултат деловања основних и специјализованих процеса у једном вишећелијском организму?

**Унутрашња средина и хомеостаза**

# Унутрашња средина (међућелијска течност + плазма)







# Хомеостаза

- Тенденција одржавања стабилности стања унутрашње средине у коме физиолошки параметри варирају унутар уских граница око оптималних вредности.

# Хомеостатски фактори

- Концентрација  $O_2$
- Концентрација  $CO_2$
- Концентрација хранљивих молекула
- pH
- Температура
- Запремина и притисак телесних течности
- Концентрација крајњих производа метаболизма

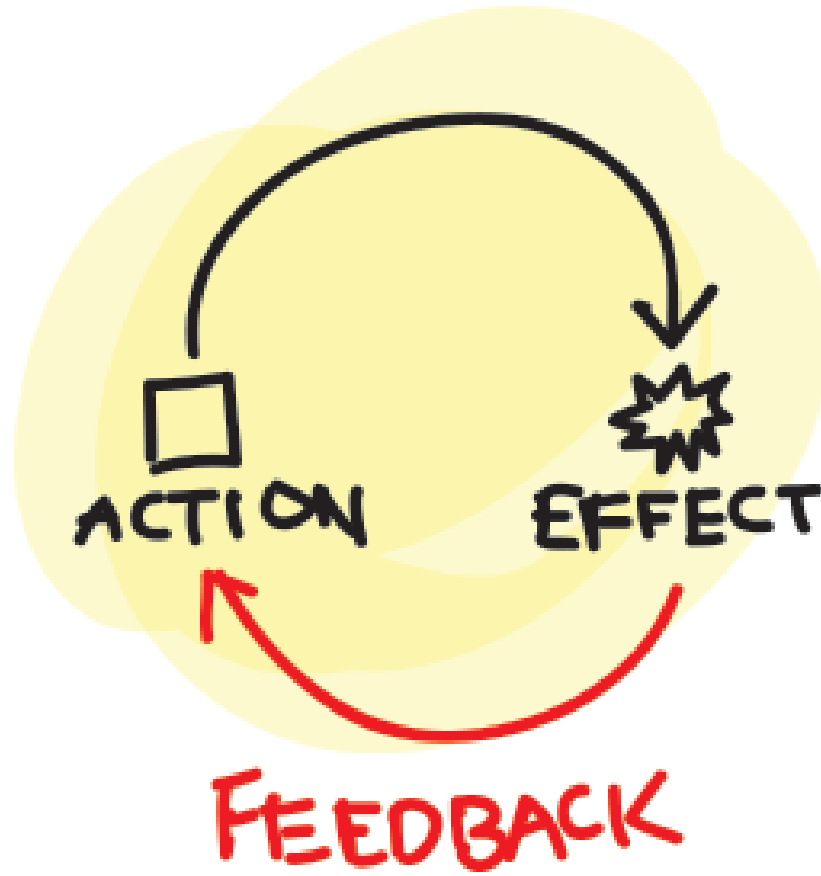
Зашто?



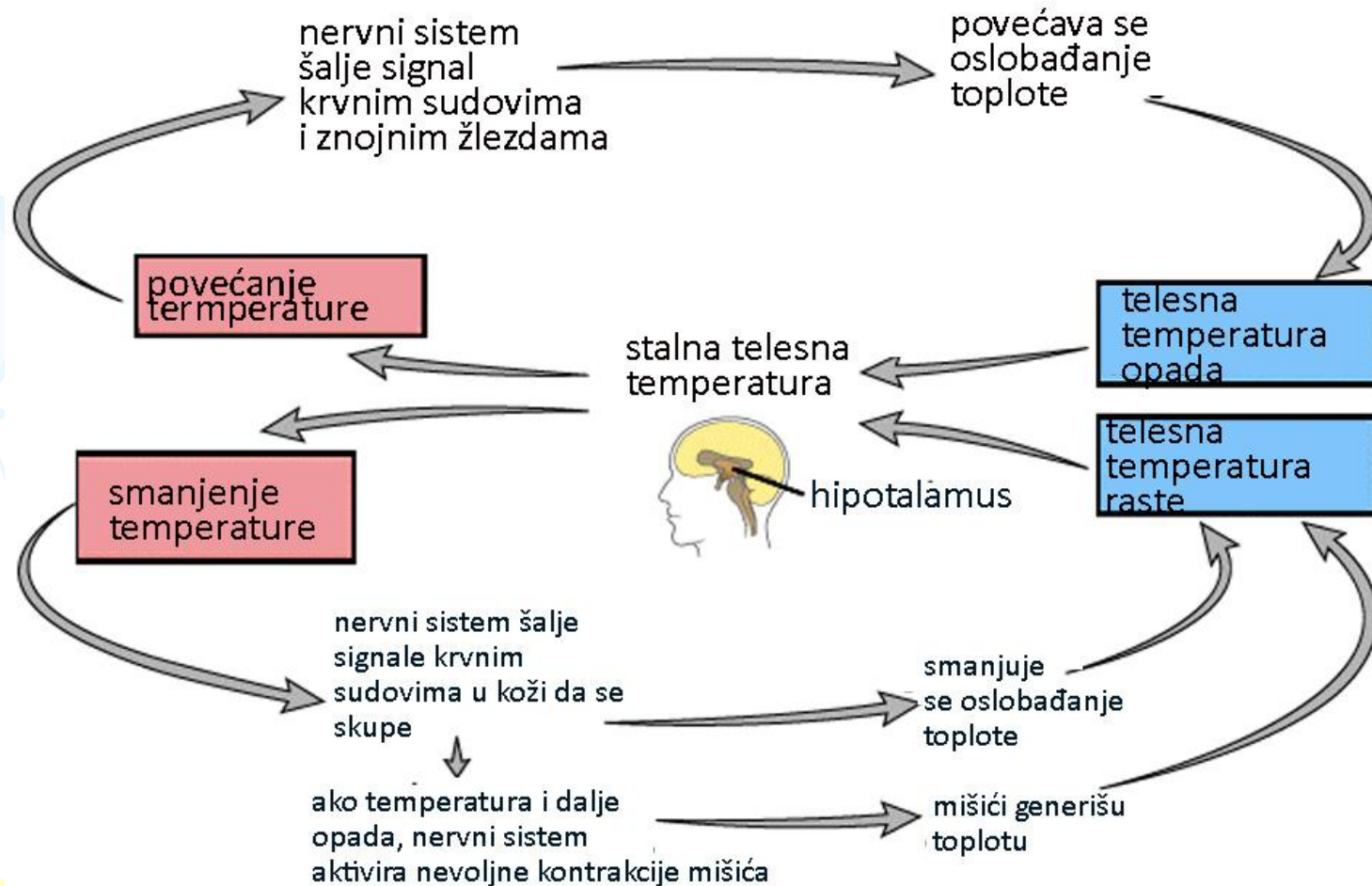
# Хомеостатска контрола

- I ниво – локална контрола, унутар одређеног органа – хомеостаза на нивоу појединачног органа
- II ниво – спољна – нервно-ендокрини систем – контрола на нивоу читавог организма

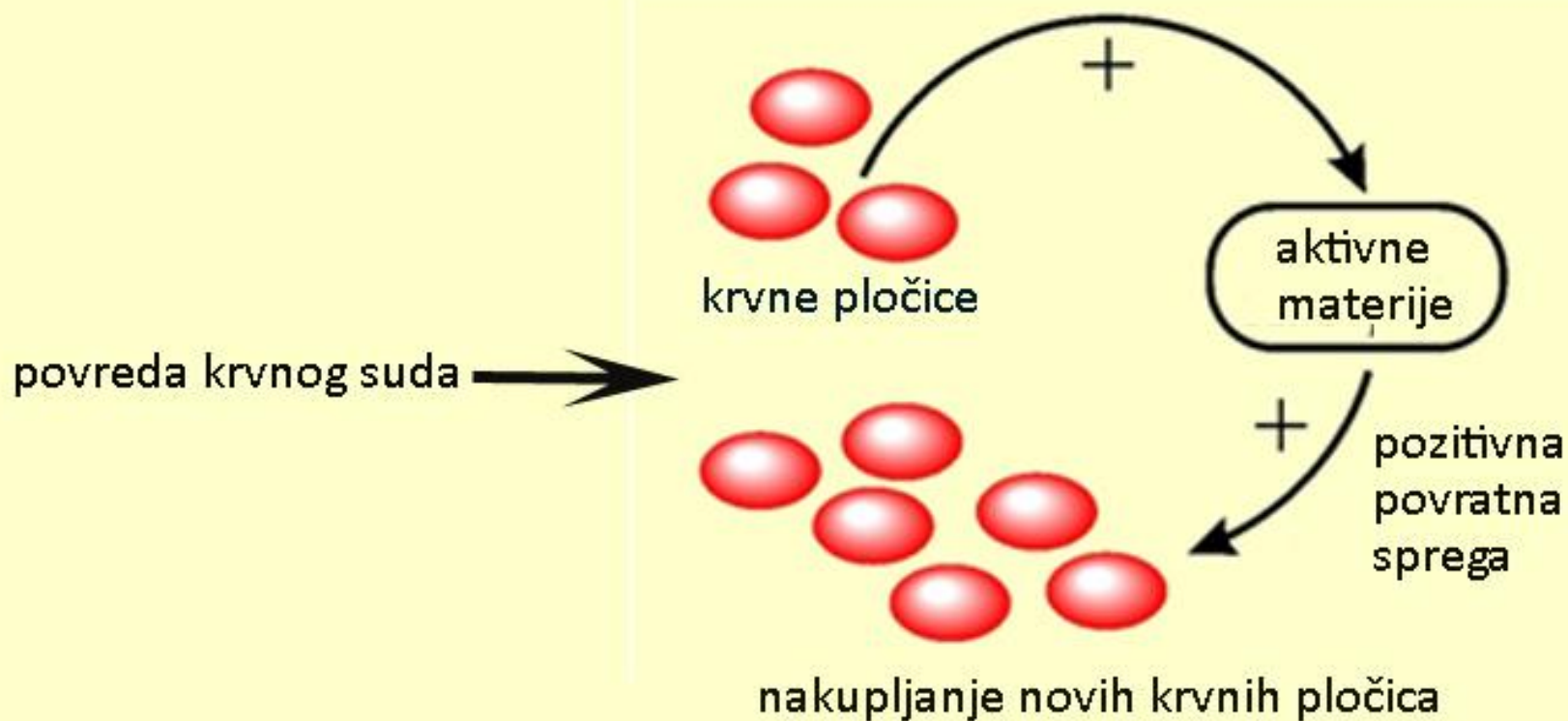
# Хомеостатска контрола ПРИНЦИП!



# Негативна повратна спрега



# Позитивна повратна спрега





# Ћелијска мембрана

# Ћелијска мембрана

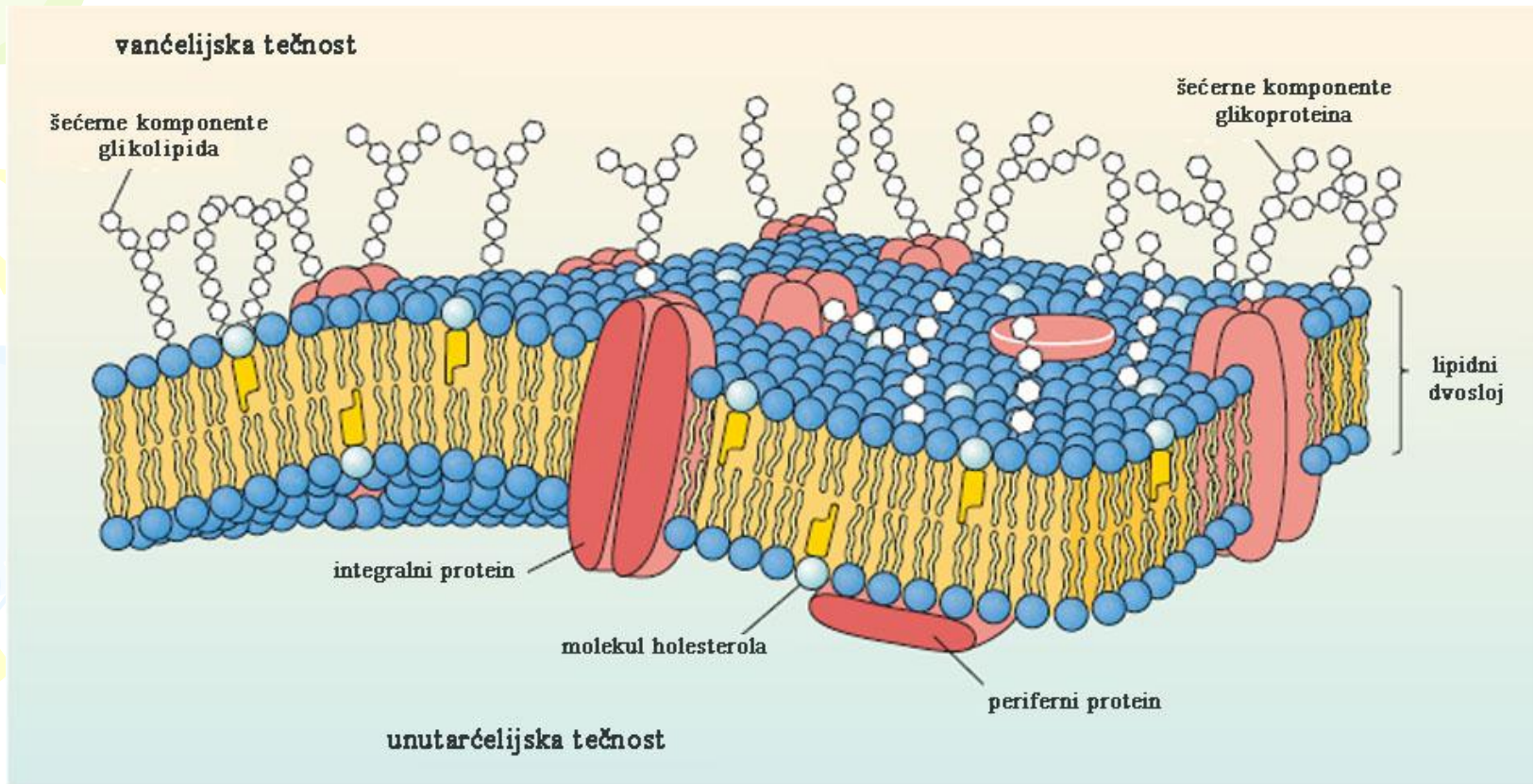
1. Зашто је важна?

2. Од чега се састоји?





# Флуидно-мозаични модел ћелијске мембране (Singer & Nicolson, 1972)



Singer SJ, Nicolson GL (Feb 1972).  
"The fluid mosaic model of the structure of cell membranes". *Science* **175** (4023): 720–31

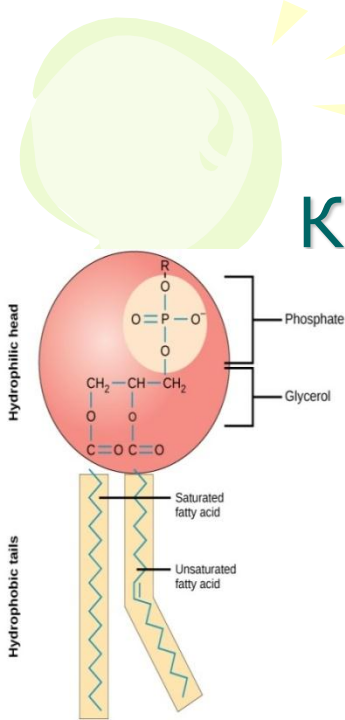
# Функције ћелијске мембране

Кључни концепт: Функција је заснована на структури!

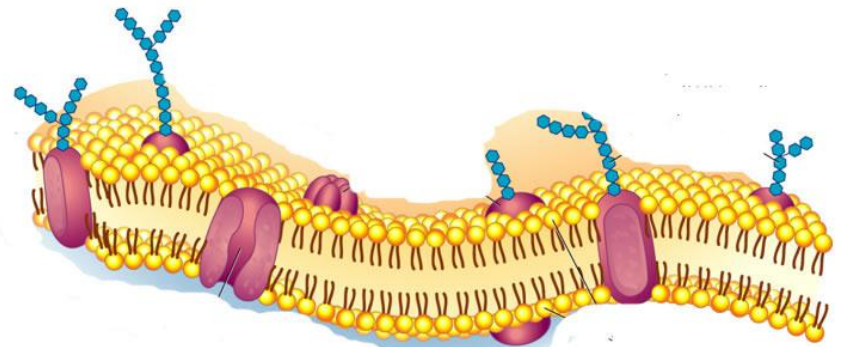
Фосфолипиди:

Хидрофилни + хидрофобни =  
АМФИПАТИЧНИ

- Физичка баријера;
- Селективно пропустљива баријера – транспорт;
- Међућелијска адхезија;
- Комуникација;
- Препознавање;
- Претварање енергије;
- Платформа за каскадне процесе...



# ТРАНСПОРТ КРОЗ ЋЕЛИЈСКУ МЕМБРАНУ



# Типови транспорта

## Непосредован (нерегулисан)

Кроз фосфолипидни двослој  
-мали, неполарни /  
/ненаелектрисани  
молекули

## Посредован (регулисан)

Путем јонских канала или  
мембранских транспортера  
- јони, поларни/  
наелектрисани молекули

## Везикуларни транспорт

### Пасиван

Низ хемијски  
градијент,  
**без утрошка АТП**

### Пасиван

Низ хемијски /  
електрохемијски  
градијент,  
**без утрошка АТП**

### Активан

Насупрот хемијском  
/ електрохемијском  
градијенту ,  
**уз утрошак АТП**



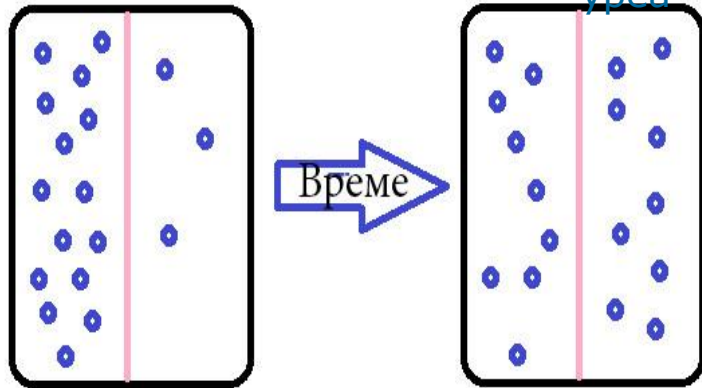
# **НЕПОСРЕДОВАН ТРАНСПОРТ**

# ПРОСТА ДИФУЗИЈА

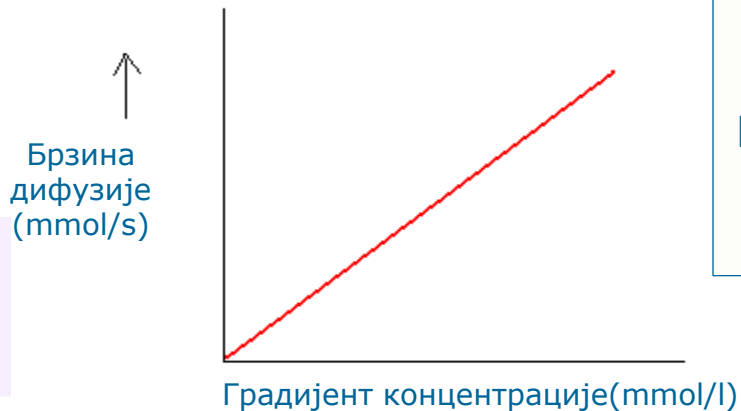
## – непосредован, пасиван транспорт

Неполарни ненаелектрисани мали молекули - гасови, стероидни хормони

Мали поларни ненаелектрисани- вода, етанол, глицерол, уреа



By Elizabeth2424 - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=196>



Однос површина/запремина ћелије:

$$4r^2\pi / 4/3 r^3 \pi = 3/r$$

Трајање дифузије

$$\tau = L^2/4D$$

Протеин 30 kDa у цитоплазми ( $D=10 \mu\text{m}^2/\text{s}$ )

$$L = 1 \mu\text{m} \rightarrow \tau = 1 \text{ ms}$$

$$L = 20 \mu\text{m} \rightarrow \tau = 10 \text{ ms}$$

$$L = 1 \text{ cm} \rightarrow \tau = 10 \text{ dana}$$

**Фиков закон**

$$F = -DA \frac{C_e - C_i}{x}$$

$$F = -D_m A_m \beta_m \frac{C_o - C_i}{x_m}$$

$$\beta_m = \frac{C_m}{C_v}$$

$$P = \frac{D_m \beta_m}{x_m}$$

$$F = -PA_m (C_o - C_i)$$

**F** – брзина дифузије; **D<sub>m</sub>** – дифузиони коефицијент; **A<sub>m</sub>** – површина мембране кроз коју се одвија дифузија; **C** – концентрација раствора; **C<sub>o</sub>** и **C<sub>i</sub>**; **x<sub>m</sub>** – дебелина мембране; **β<sub>m</sub>** – коефицијент раслојавања; **P** – коефицијент пермеабилности

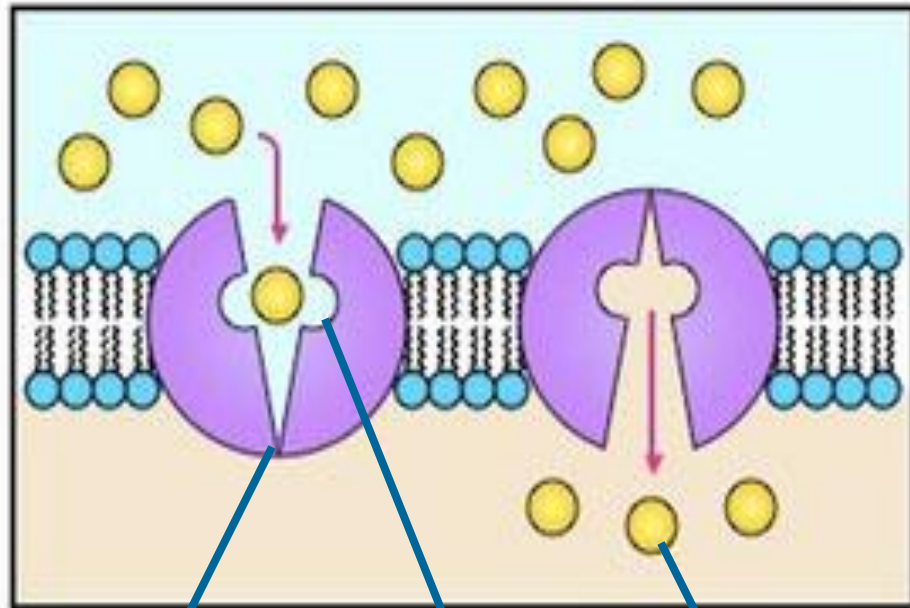


**ПОСРЕДОВАН ТРАНСПОРТ**

**(Пасиван)**

# ОЛАКШАНА ДИФУЗИЈА

## посредована носачем



GLUT – Везујуће место  
GLUcose Transporter  
(Унипортер)      глюкоза

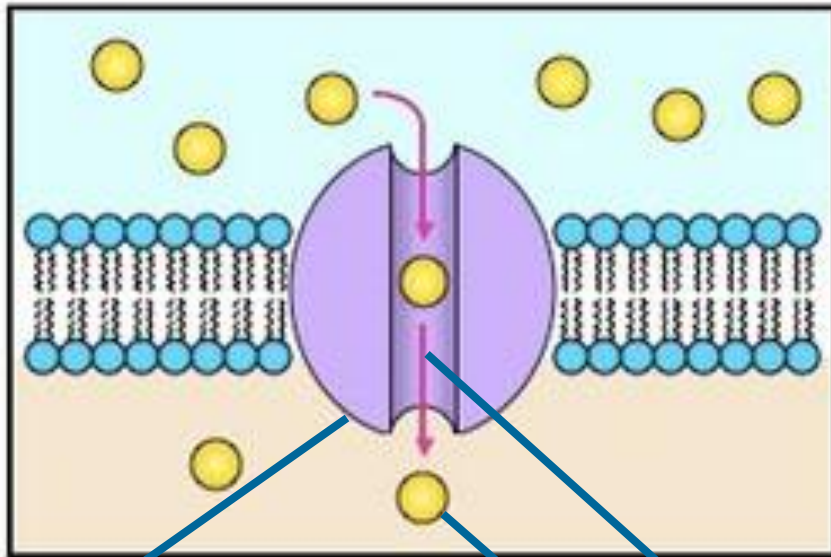


- **Специфичност** мембранског траснпортера – везујуће место
- Транспорт **низ градијент** концентрације
- **Кинетика засићења**
- **Контакт** мебранског транспортера са молекулом који транспортује



# ОЛАКШАНА ДИФУЗИЈА

## посредована јонским каналом



Јонски канал

Јон

Хидрофилна пора

Типови јонских канала:

2. Нерегулисани

- Мембранске поре

1. Регулисани

- Лиганд-зависни

- Волтажно-зависни

- TRP- канали пролазних рецепторских потенцијала

- **Специфичност** јонског канала - "филтер" (  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  )

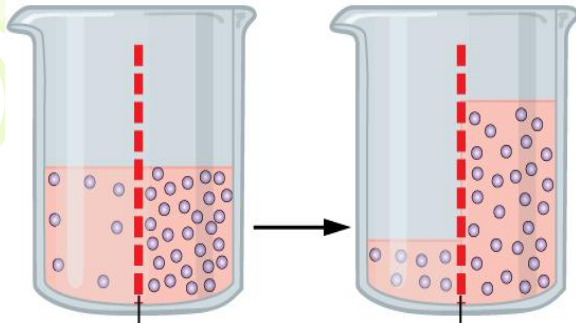
- Транспорт **низ градијент** концентрације (електрохемијски градијент)

- **Кинетика засићења**

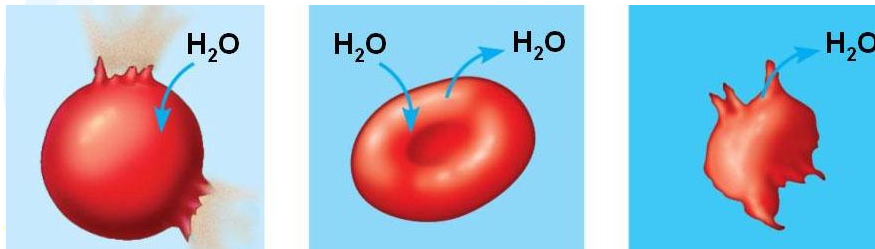
- **Нема контакта** – јони пролазе кроз хидрофилну пору ( $n \times 10^6/\text{s}$ )

# ОСМОЗА-

## пасиван транспорт воде

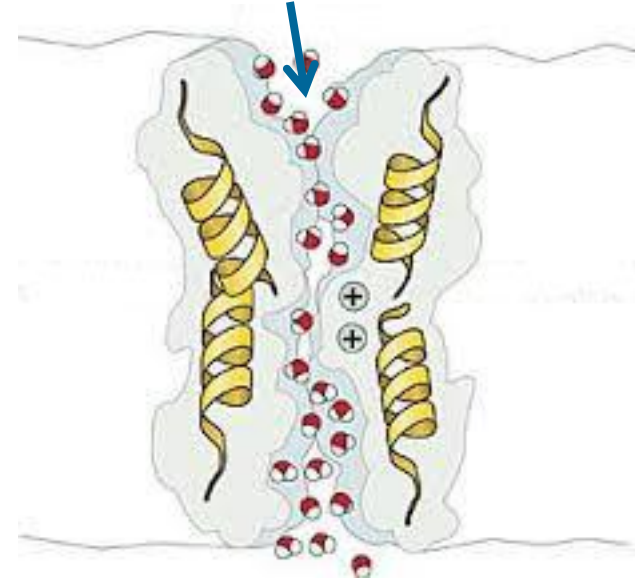


Полупропустљива



Приређено из: <http://bio1151.nicerweb.com>

“Водена” пора



Аквапорин – канал за воду – Нобелова награда за хемију 2003. Peter Agre & Roderick Mc Kinnon (Приређено из: [aquaporins.org](http://aquaporins.org))

- Покретачка сила осмозе - градијент “концентрације воде” (осмотски притисак);
- **Осмотски притисак** [kPa] - **Морзова једначина:**  $\pi = nRTC$
- **Реалан осмотски притисак:**  $\pi = nRT\gamma C$
- **Осмотска концентрација** – осмоларност [Osmol/l], тј. осмолалност



**ПОСРЕДОВАН ТРАНСПОРТ**

**(Активан)**



# Активан транспорт

## Примарно активан

(пумпе, транспортне АТРазе)

1. **P** :  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТРаза ,  $\text{Ca}^{2+}$ -АТРазе
2. **V** :  $\text{H}^+$ -АТРаза (протонска пумпа)
3. **F – Fo-F1 АТРаза** (АТР-синтаза)
4. **ABC** :  $\text{Cl}^-$ , ретинал, холестерол

## Секундарно активан

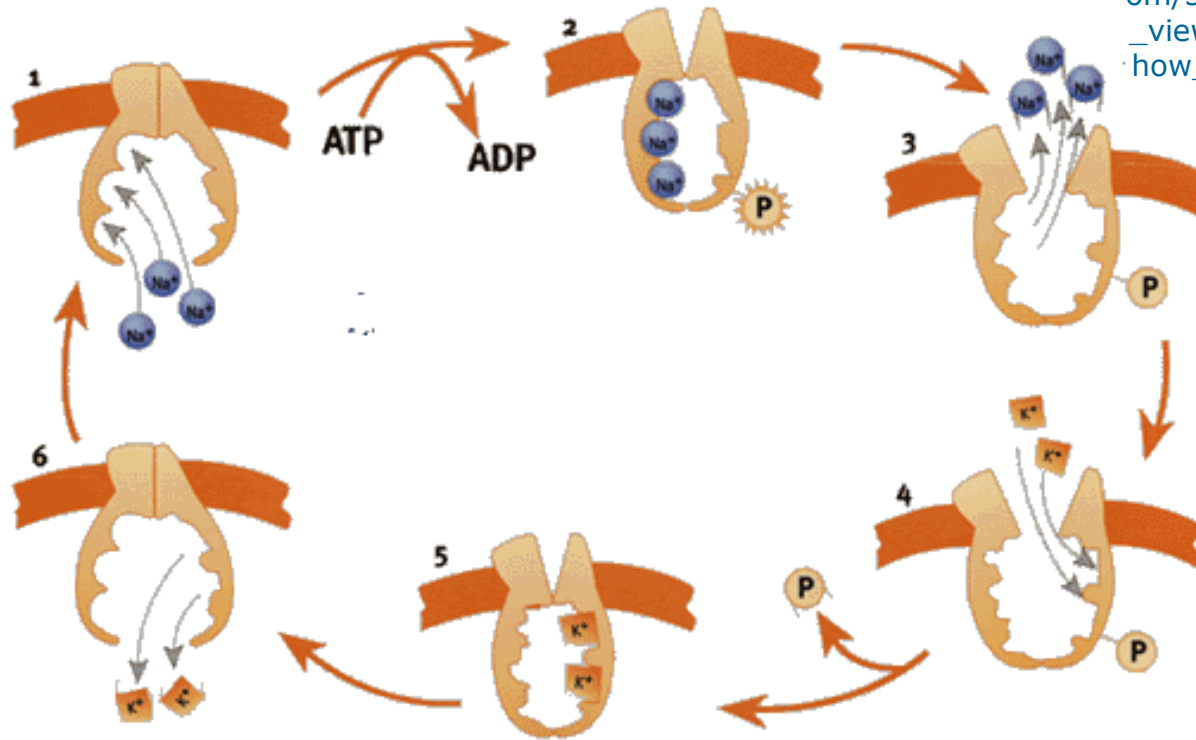
Везани транспорт -  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$

1. **КО-ТРАНСПОРТ (симпорт)**:  
 $\text{SGLT}$ ,  $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$
2. **ИЗМЕЊИВАЧ (антипорт)**:  
 $\text{Na}^+/\text{H}^+$ ,  $3\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ , аминокиселине/ $\text{H}^+$

# Примарно активан транспорт:

## Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> -ATPaza

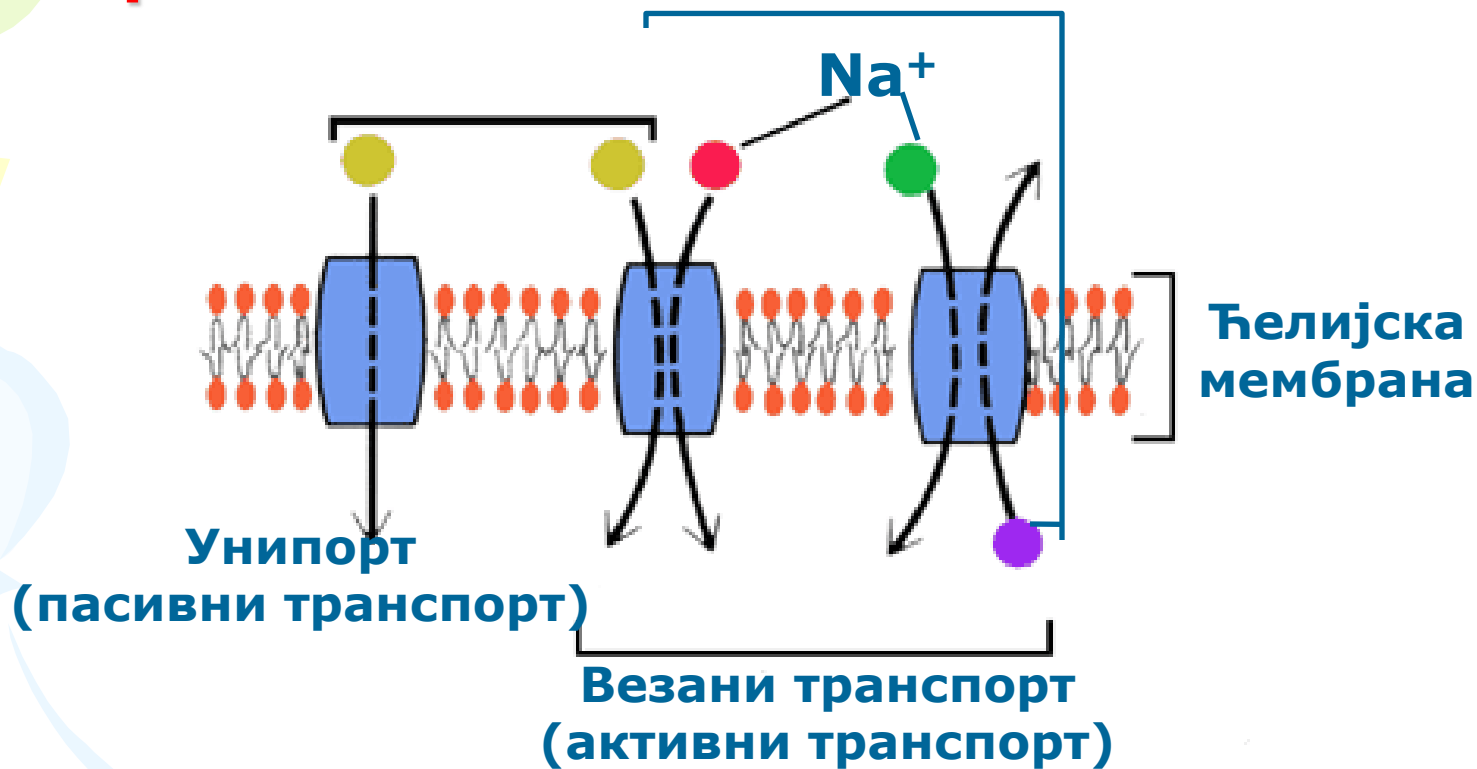
[http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student\\_view0/chapter2/animation\\_how\\_the\\_sodium\\_potassium\\_pump\\_works.html](http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student_view0/chapter2/animation_how_the_sodium_potassium_pump_works.html)



Циклус активности Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPaze – Нобелова награда за хемију 1997 (Jens C. Skou).  
(Преузето из: [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org))

- Транспорт **на супрот** концентрационог градијента (3 Na<sup>+</sup> / 2 K<sup>+</sup>)
- Директна **хидролиза АТФ**
- **Функција:** одржавање стабилног градијента Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>
- Инхибиција активности → смрт ћелије!

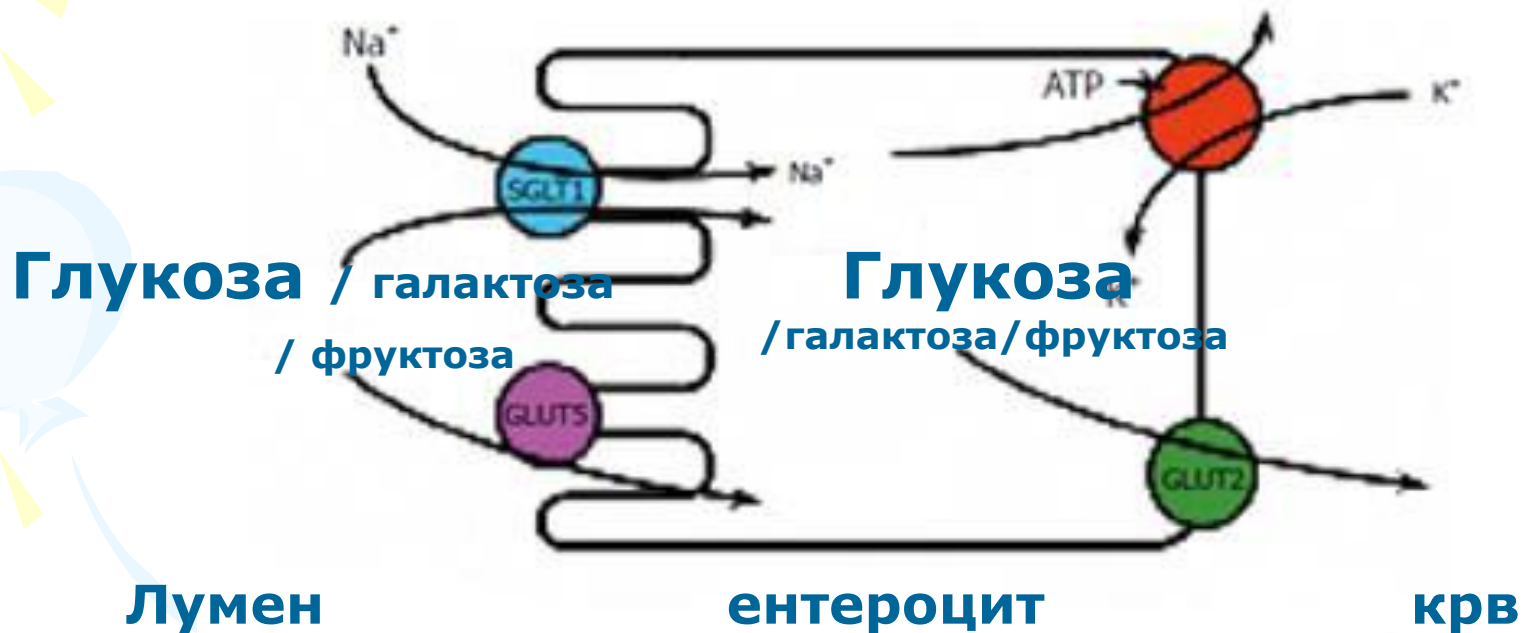
# Типови секундарно активног транспорта: **симпорт** (ко-транспорт) и **антипорт** (измењивач)



Приређено из: <http://qeoweeks.blogspot.rs>

- **Везани (купловани) транспорт**
- **Транспорт молекула насупрот градијента концентрације (активан) везан са транспортом Na<sup>+</sup> низ градијент**
- **Енергија за транспорт - градијент Na<sup>+</sup> (настао радом Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> - ATPaze)**
- **Транспорт молекула у истом смеру са Na<sup>+</sup> - симпорт (SGLT, Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>,**

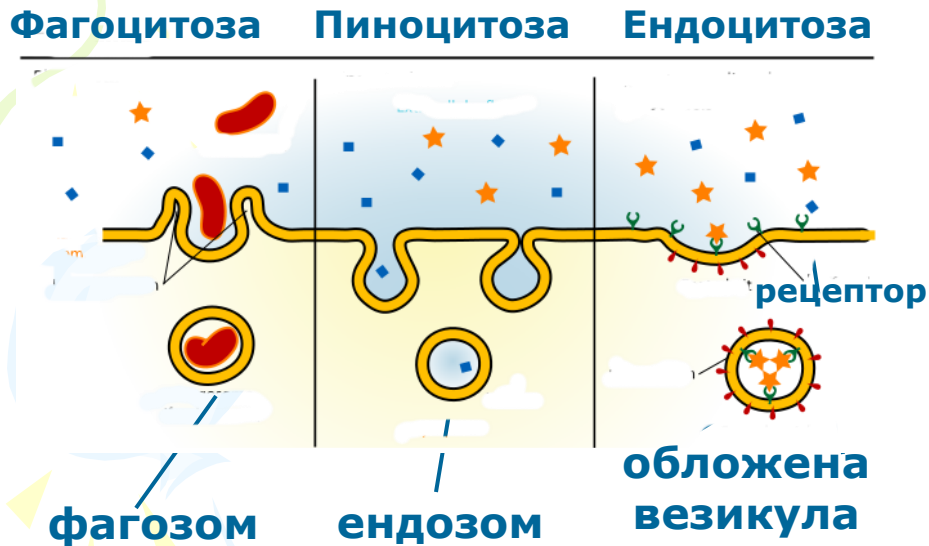
# Секундарно активни транспорт: Na<sup>+</sup>-зависни глюкозни транспортер (**SGLT** – **S**odium-**d**eependent **G**Lucose **T**ransporter



Модел транспорта глукозе у цревима. **SGLT1**-Na<sup>+</sup> -везани транспорт глукозе (и галактозе), **GLUT5**- глукозу (и фруктозу), **GLUT2**-глукозу (галактозу, фруктозу). Приређено из: Drozdowski L, Thomson L. World J Gastroenterol. Mar 21, 2006; 12(11): 1657-1670

# Везикуларни транспорт

## Ендоцитоза



Приређено из: <http://www.cherrybiotech.com>

## Егзоцитоза



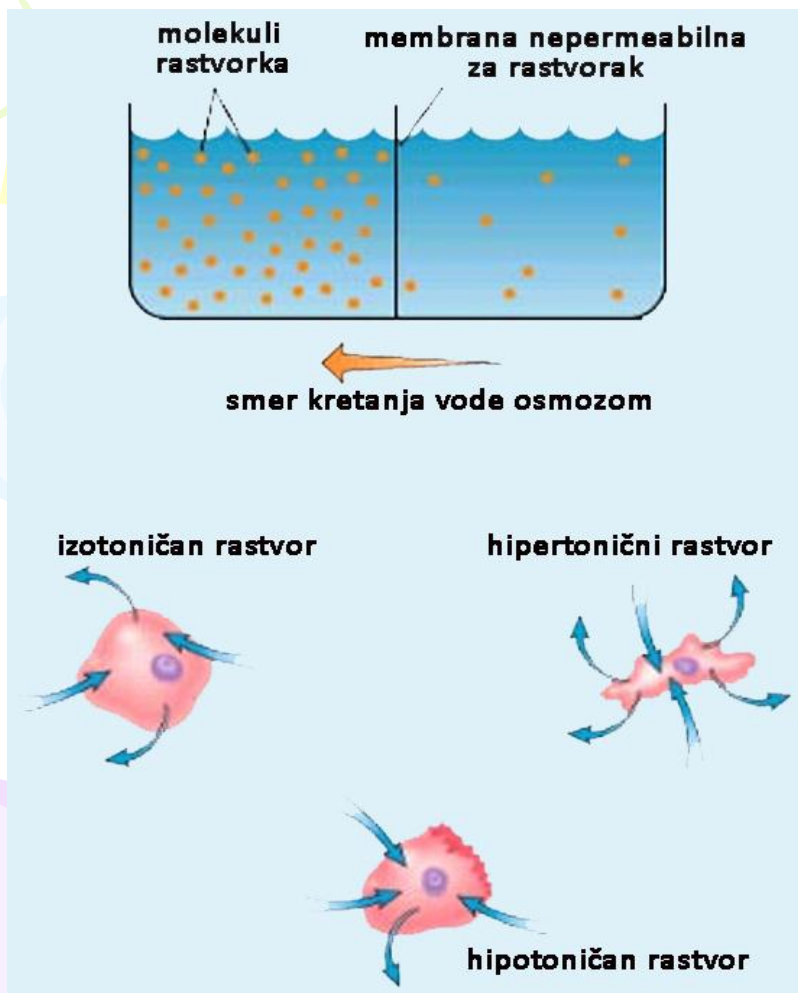
Приређено из: <http://www.open.edu>

- **Ендоцитозом** ћелија уноси **крупне честице (фагоцитоза)**, **ванћелијску течност (пиноцитоза)** и **велике молекуле (ендоцитоза)**
- **Егзоцитозом** се ослобађају гликозаминогликани, протеоглици, компоненте мембране (**конститутивна**), протеини, неуротрансмитери (**регулисана**)

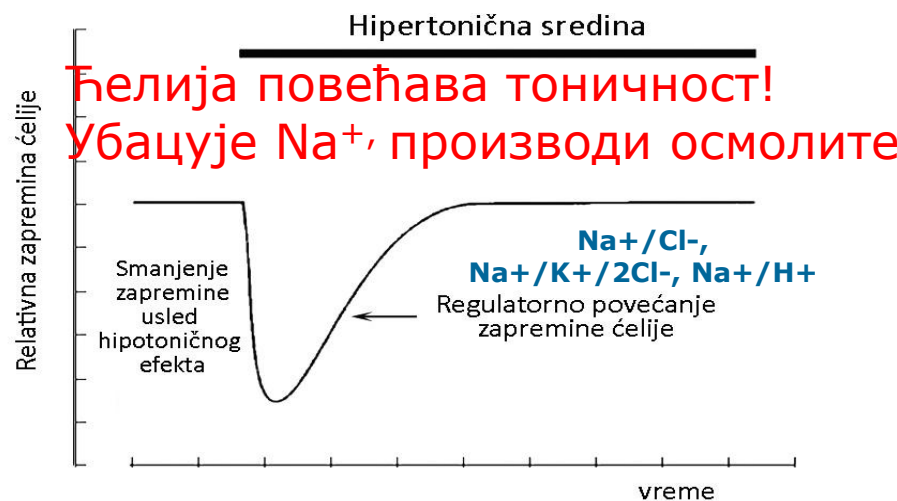


# Регулација запремине ћелије

Тоничност- зависи само од молекула који не могу да прођу кроз ћелијску мембрану  
Пролазе: неполярни ненаелектрисани мали молекули - гасови, стероидни хормони  
мали поларни ненаелектрисани- вода, етанол, глицерол, уреа



Ћелија смањује тоничност!  
Изацује  $K^+$ , аминокиселине



Ћелија повећава тоничност!  
Убацује  $Na^+$ , производи осмолите

# Регулација киселости унутрашње средине (pH 7.3- 7.5)

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

## Пуферски системи:



$$K_a = ([\text{A}^-] [\text{H}^+]) / [\text{HA}]$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a$$

$$K_a = 10^{-\text{p}K_a}$$

## Ванћелијска течност- бикарбонатни пуфер



$$\text{p}K_a = 6.35$$



## Цитосол – фосфатни пуфер

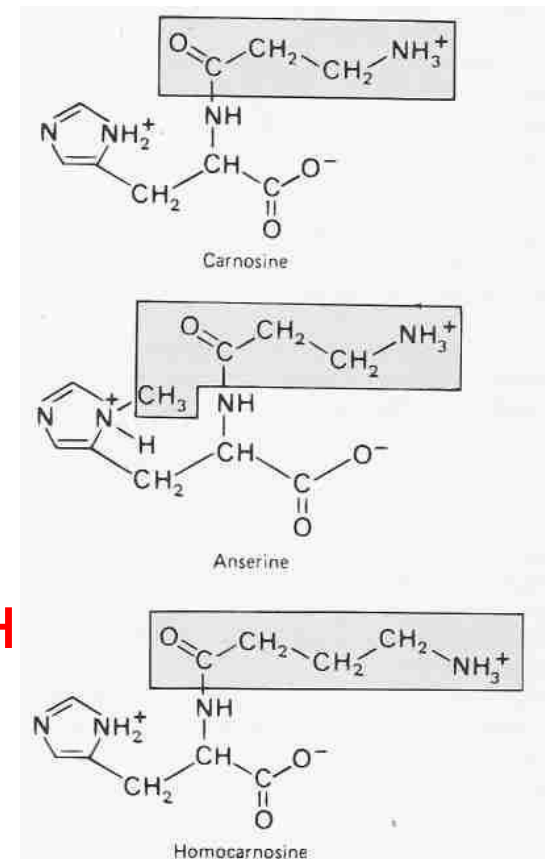


$$\text{p}K_a = 7.21$$



# Регулација киселости унутрашње средине (pH 7.3- 7.5)

1. Главни пуферски системи :  
бикарбонатни (*ex*) и  
фосфатни (*in*)
2. Транспортни системи:  
регулаторно повећање-  
 $\text{Na}^+/\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$   
регулаторно смањење-  
 $\text{H}^+$ -АТРаза,  $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$
3. Унутарћелијски пуферски  
систем: **Имидазолски прстен**  
хистидина





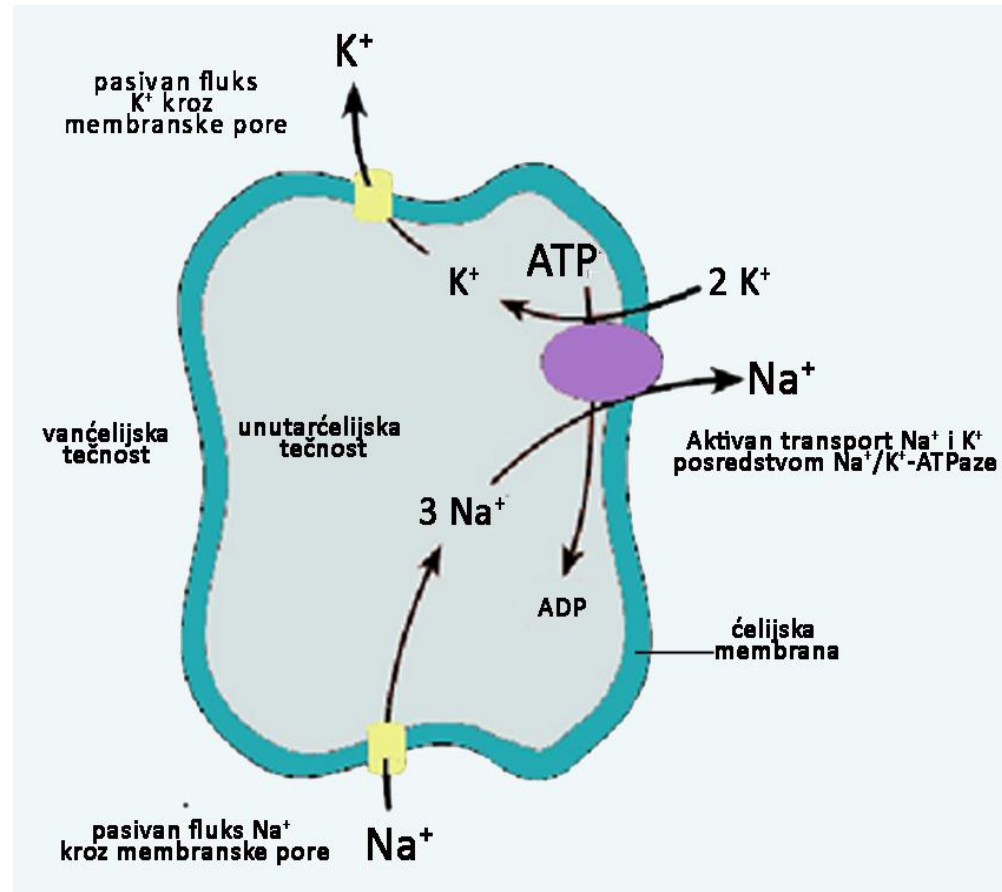
Функције ћелијске  
мембране:

**Мембрански потенцијал**

# Узроци постојања мембранског потенцијала:

1. Селективна пермеабилност мембране за јоне
2. Неравномерна дистрибуција јона у ванћелијском и унутарћелијском одељку

јон	mmol/l	
	Унутарћелијска концентрација	Ванћелијска концентрација
Na <sup>+</sup>	12	145
K <sup>+</sup>	155	5
Cl <sup>-</sup>	4	110
Mg <sup>2+</sup>	15	2
Ca <sup>2+</sup>	0.02	2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	27



Мобилни јони : Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>

Стационарни јони: сви остали (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>...)



# Електрохемијска разлика потенцијала

$$\mu_c = RT \ln C \quad \mu_e = zFE$$

$$\mu = \mu_c + \mu_e$$

$$\mu = RT \ln C + zFE$$

$$\Delta\mu = \mu_i - \mu_e \longrightarrow \Delta\mu = RT \ln \frac{C_i}{C_o} + zF(E_i - E_e)$$

Услов равнотеже  $\longrightarrow \Delta\mu = 0$

$$-RT \ln \frac{C_i}{C_o} = zF(E_i - E_e)$$

$$E_i - E_e = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_o}{C_i}$$

**Нернстова  
једначина**

$$\Delta E = E_j = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_o}{C_i}$$



# Утицај равнотежних потенцијала мобилних јона на мембрански потенцијал

$$V_m = -65 \text{ mV}$$

$$E_K = -75 \text{ mV}$$

$$E_{Na} = +52 \text{ mV}$$

$$E_{Cl} = -62 \text{ mV}$$

**$V_m - E_j$  Ефективни потенцијал**

Компензација флуксева:

$$M_K + M_{Na} - M_{Cl} = 0$$

$$M_{Kp} + M_{Ka} = 0$$

Goldman – Hodgkin – Katz једначина мембранског потенцијала

$$V_m = \frac{RT}{zF} \ln \frac{P_K [K]_e + P_{Na} [Na]_e + P_{Cl} [Cl]_i}{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_e}$$

$$P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0.04 : 0.45$$



# Утицај стационарних јона на мембрански потенцијал – Џибс-Донанова равнотежа

1. Услов равнотеже:  $E_K = E_{Cl} \rightarrow$

$$[K^+]_e / [K^+]_i = [Cl^-]_i / [Cl^-]_e$$

$$[K^+]_e [Cl^-]_e = [K^+]_i [Cl^-]_i$$

2. Услов електронеутралности:

$$[K^+]_e = [Cl^-]_e$$

$$[K^+]_i = [A^-]_i + [Cl^-]_i$$

Односно,  $[Cl^-]_i = [K^+]_i - [A^-]_i$

Следи:

- $[Cl^-]_e^2 = [Cl^-]_i^2 + [Cl^-]_i [A^-]_i$

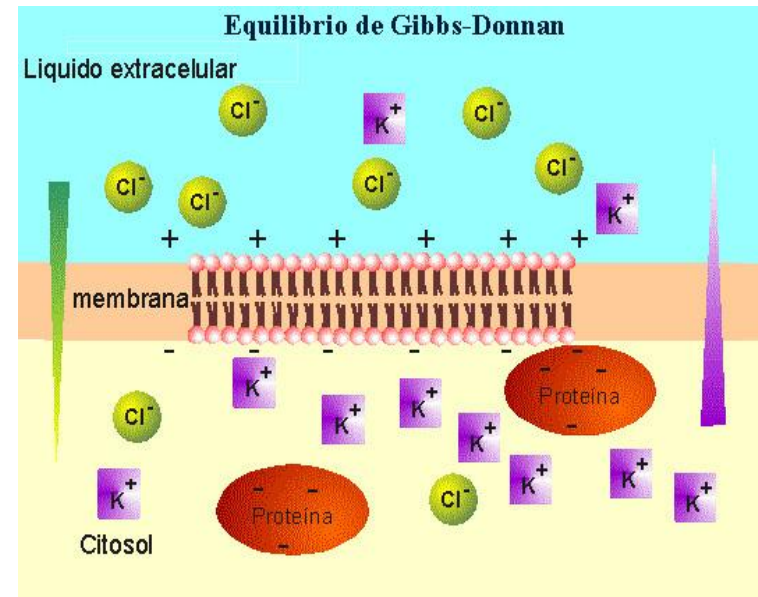
- $[K^+]_e^2 = ([K^+]_i - [A^-]_i) [K^+]_i$

Из чега следи Џибс-Донаново правило:

- $[Cl^-]_e > [Cl^-]_i$

- $[K^+]_i > [K^+]_e$

- $[K^+]_i + [A^-]_i + [Cl^-]_i > [K^+]_e + [Cl^-]_e$





Функције ћелијске  
мембране

Међућелијска адхезија

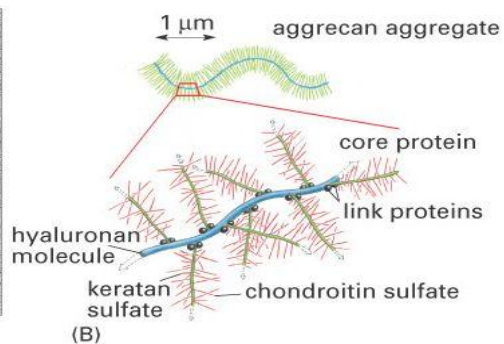
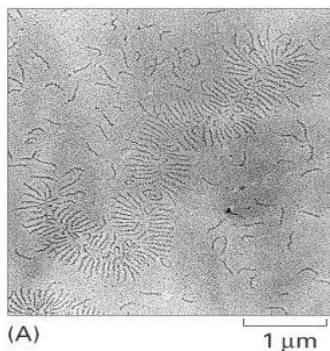


# Шта учествује у међућелијској адхезији?

1. Ванћелијски матрикс
2. Ћелијски адхезиони молекули
3. Специјализоване међућелијске везе

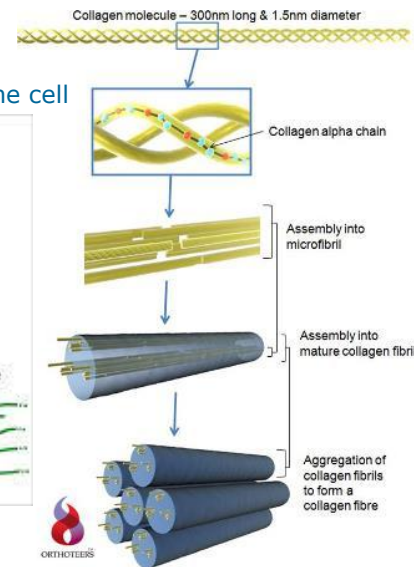
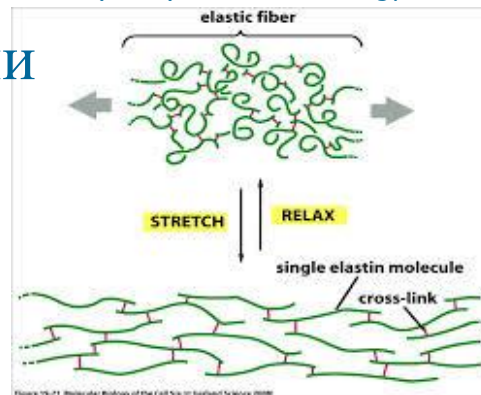
# Ванћелијски матрикс КОЛАГЕН

## Протеоглигани и гликозаминогликани



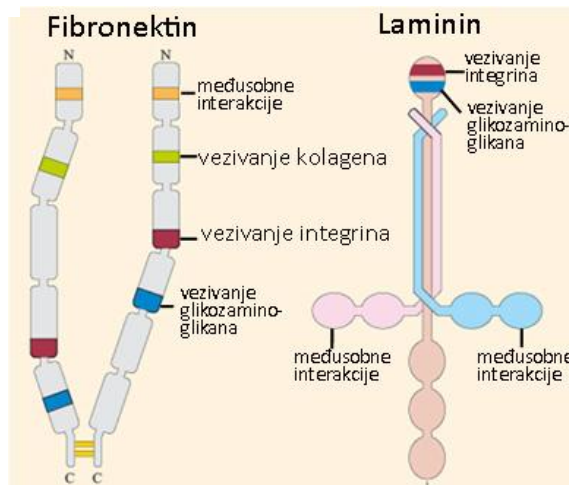
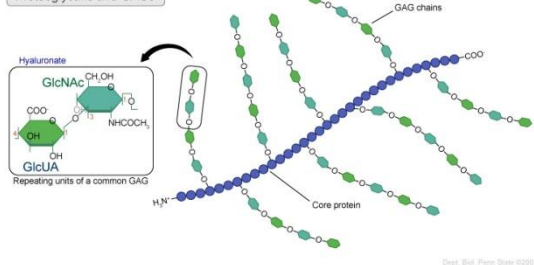
## ЕЛАСТИН

Alberts et al (1994) Molecular biology of the cell

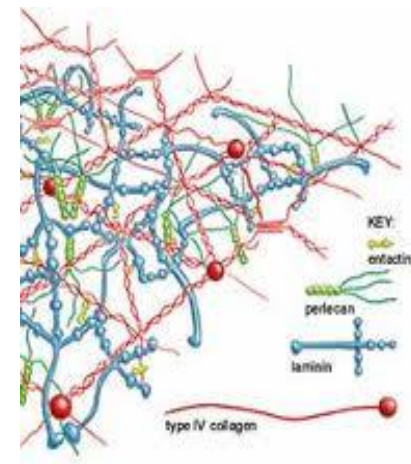


## Фибронектин и ЛАМИНИН

Proteoglycans and GAGs



## Базална ламина

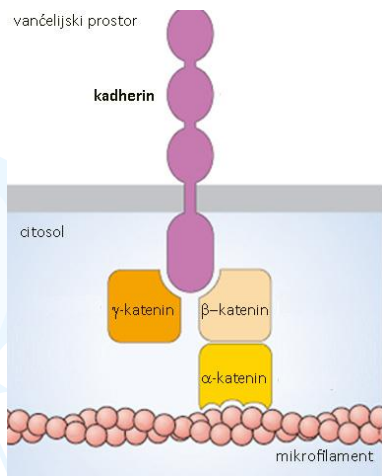


Alberts et al (1994) Molecular biology of the cell

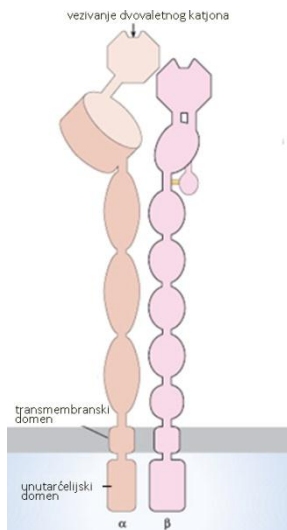
Н. Недељковић, 2012. "Општа физиологија",

# Ћелијски адхезиони молекули

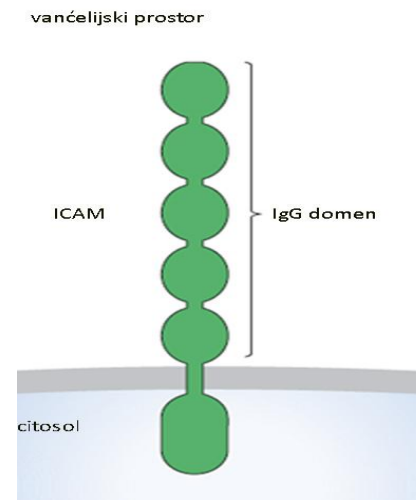
## Кадхерини



## Интегрини

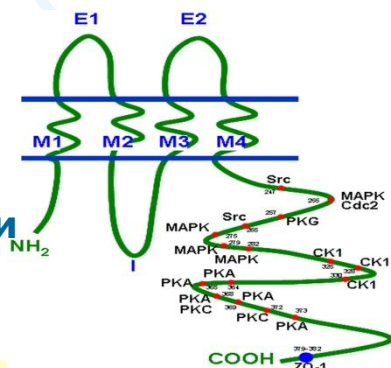


## Имуноглобулински ћелијски адхезиони молекули



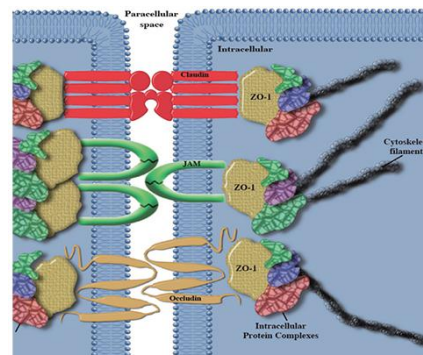
Н. Недељковић, 2012. "Општа физиологија",

## КОНЕКСИНИ



Front. Pharmacol., 03 June 2013

| <http://dx.doi.org/10.3389/fphar.2013.00070>

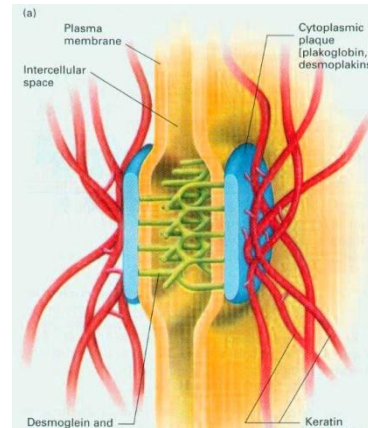
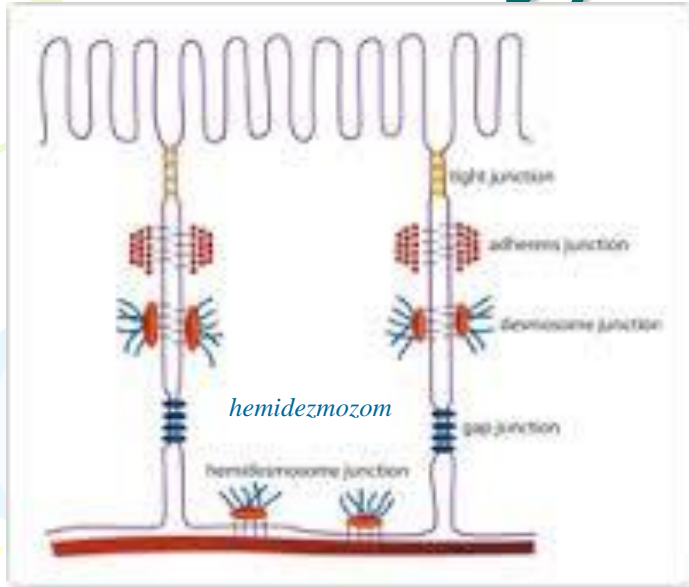


## Протеини тесних веза (оклудини, клаудини, ЈАМ)

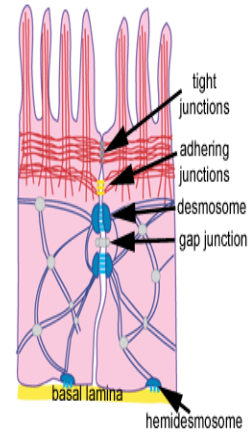
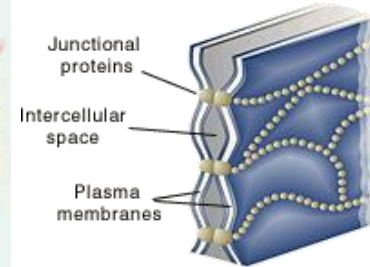
<https://doi.org/10.5415/apallergy.2013.3.4.257>



# Специјализоване међућелијске везе



## Tight Junctions



## Gap junctions create gaps that connect animal cells.

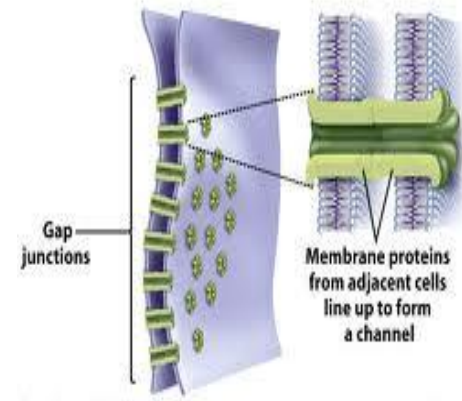
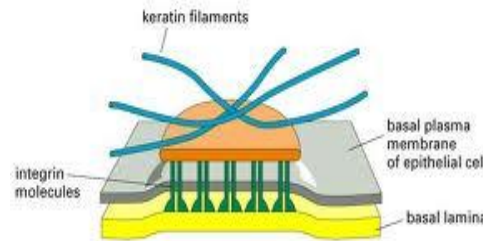
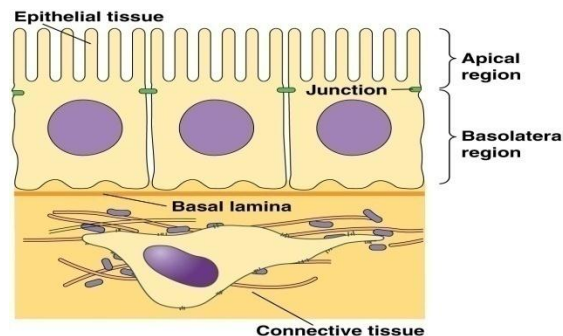
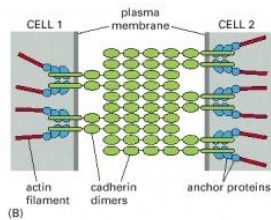
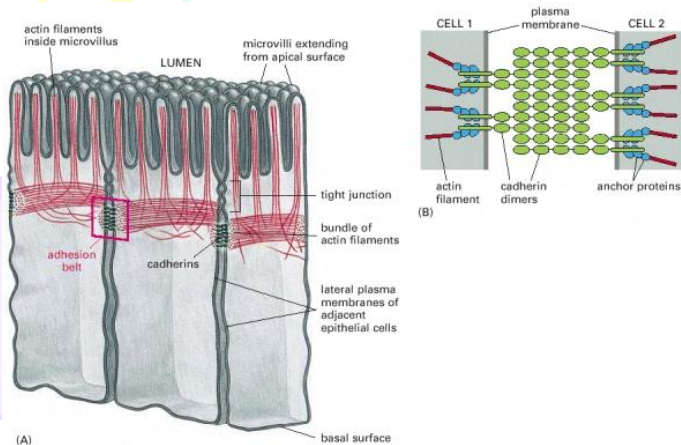


Figure 8.11b part 2, Biological Science, 2/e

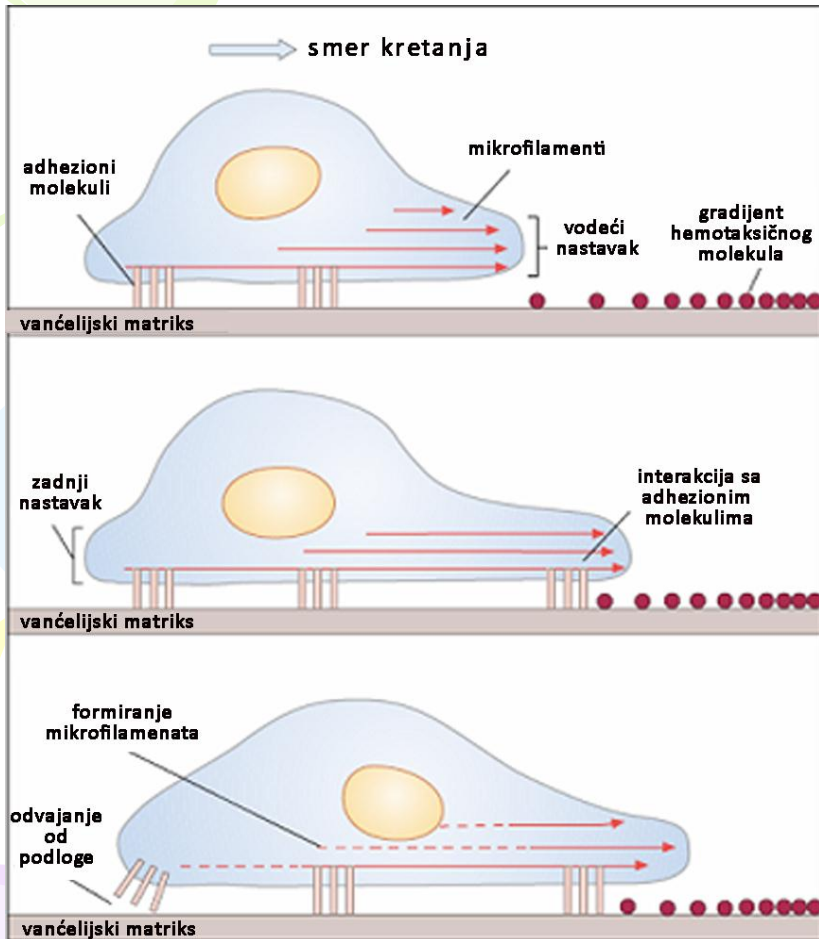
© 2005 Pearson Education, Inc.



A decorative graphic on the left side of the slide features three balloons: a light green one at the top, a light blue one in the middle, and a light purple one at the bottom. Each balloon is attached to a thin, curved string and has several small, yellow, triangular shapes radiating from its base, resembling light rays or streamers.

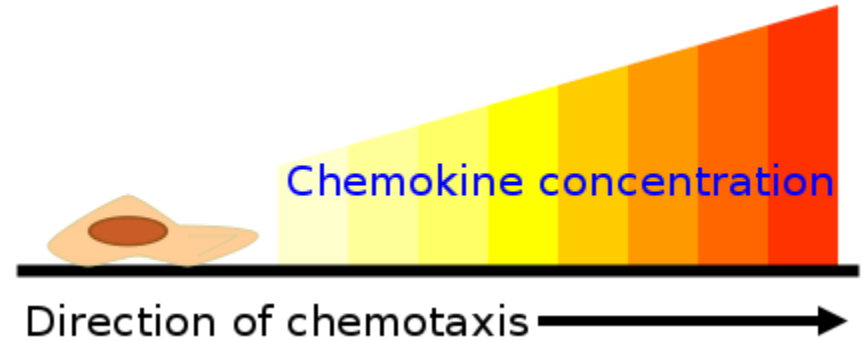
# Функције ћелијске мембране Кретање ћелија

# Кретање ћелија

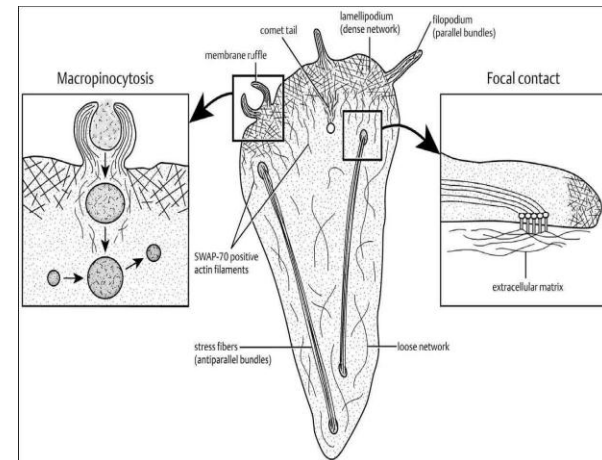


Н. Недељковић, 2012. "Општа физиологија",

## Хемотаксичко кретање



## Филоподије, ламелиподије, псеудоподије



**Матриксне металопротеиназе (ММП) и**  
**Металопротеазни дисинтегрини (A disintegrin and metalloprotease – АДАМ)**



## Figure 2. Actin structures involved in endothelial cell migration.

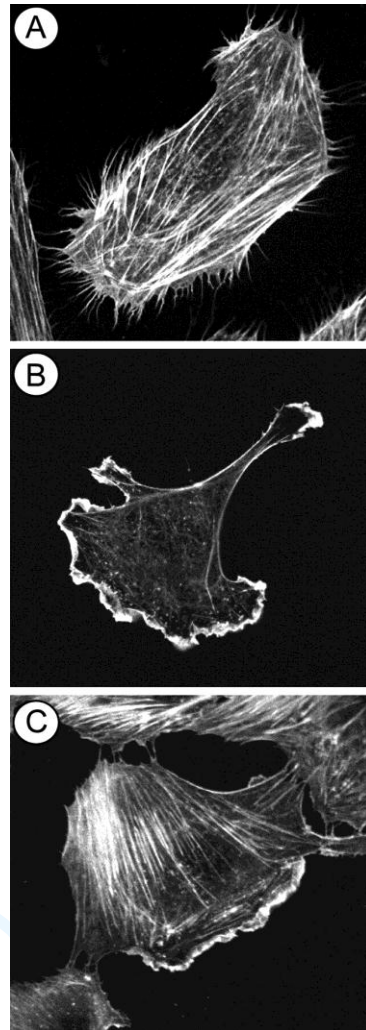
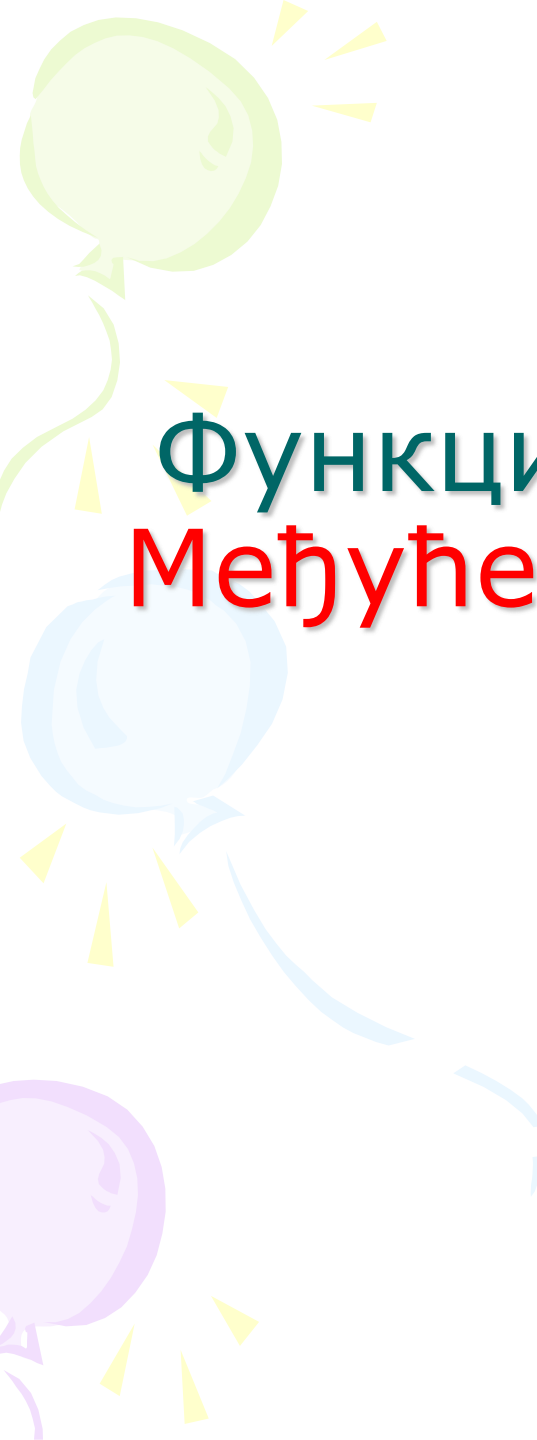


Figure 2. Actin structures involved in endothelial cell migration. HUVECs treated with VEGF form actin structures involved in endothelial cell migration (Houle François and J.H., unpublished observations, 2006). A, The filopodia are filamentous membrane projections that contain long parallel actin filaments arranged in tight bundles. These structures act as sensors of motile stimuli. B, The lamellipodia are cytoplasmic protrusions that contain a thick cortical network of actin filaments. They are found at the leading edge of migrating cells allowing their swimming-like motility. C, Stress fibers are bundles of actin filaments associated with myosin II and accessory proteins such as tropomyosins. These structures are anchored at focal adhesions and are required for the traction of the rear of the cells toward the leading edge during migration.

Laurent Lamallice et al. *Circ Res.* 2007;100:782-794



# Функције ћелијске мембране

## Међућелијска комуникација и сигнализација




# Општи принципи сигнализације

- Фазе сигнализације:
  - I. Међућелијска сигнализација (ван ћелије)
  - II. Сигнална трансдукција (унутар ћелије)

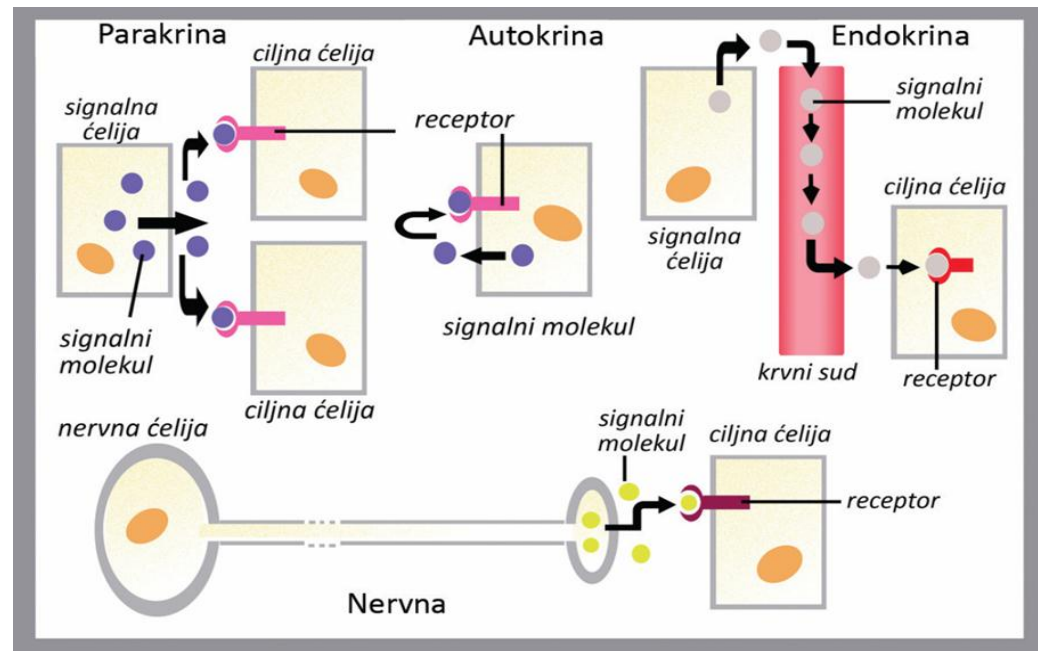
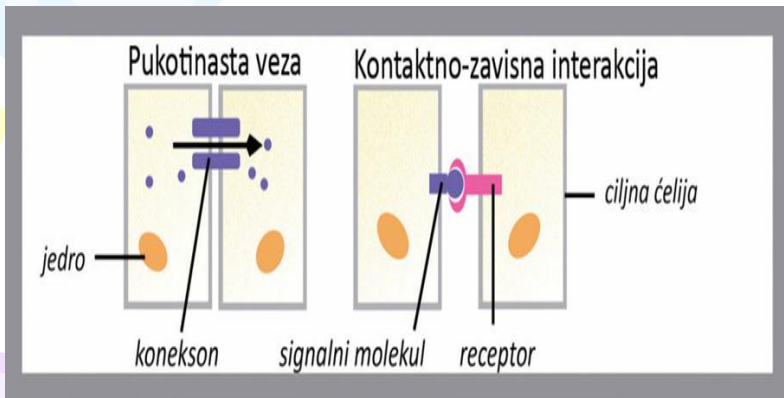
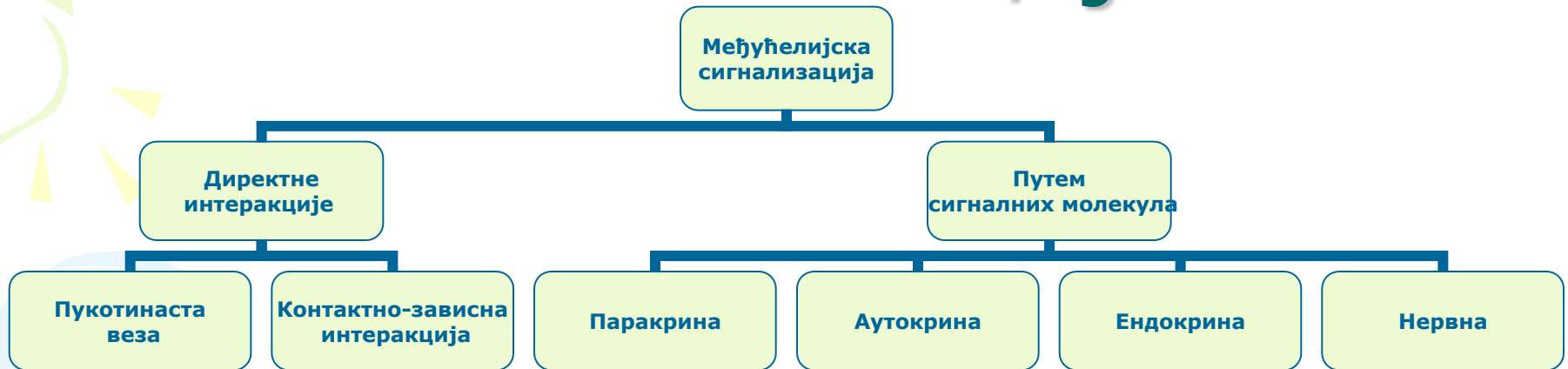
Шта је неопходно у сигнализацији?

- Сигнални молекул
- Рецептор

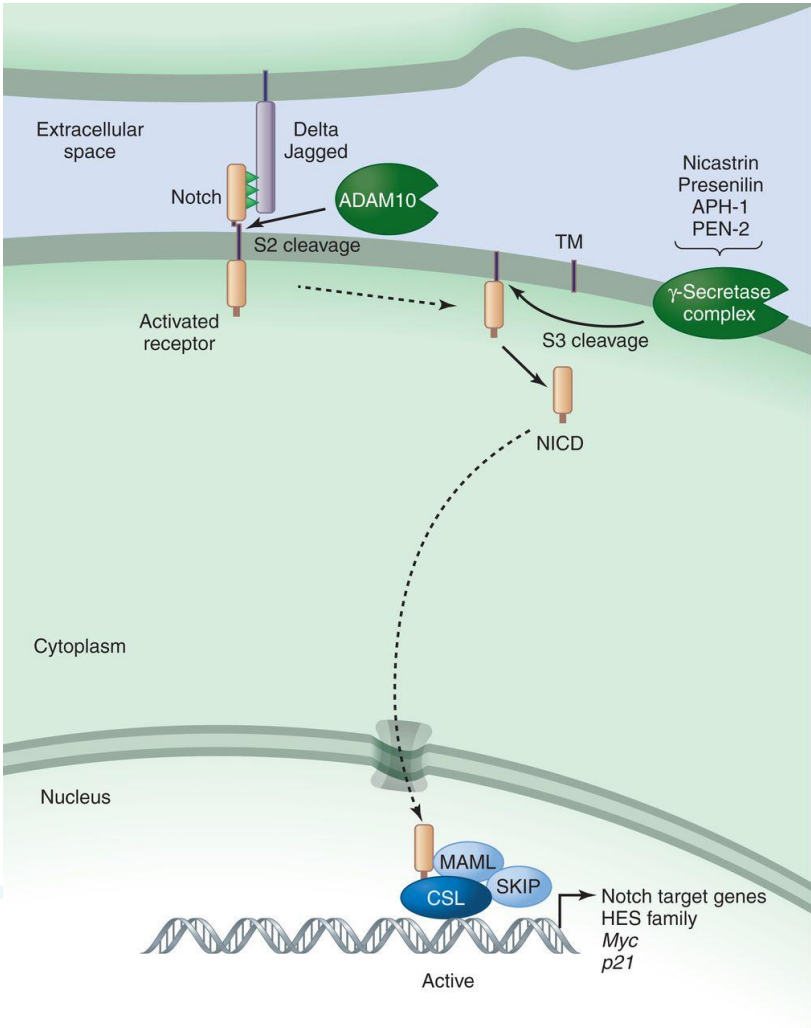
У неким видовима сигнализације учествују и:

3. Адаптери
  4. Ефектори
  5. Секундарни гласници
- 

# Типови међућелијске сигнализације



# Notch signaling (simplified view).



Raphael Kopan Cold Spring Harb Perspect Biol  
2012;4:a011213

# Рецептори

## Површински (мембрански)

## Унутарћелијски

Према начину преношења сигнала

Према локализацији

Спрегнути са  
јонским каналом

Спрегнути са  
протеином G

Спрегнути са  
ензимом

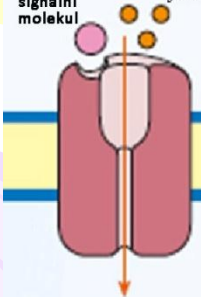
Цитосолни

Једарни

Receptor spregnut  
sa jonskim kanalom

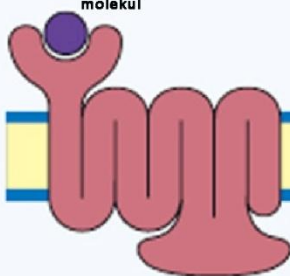
signalni  
molekul

joni



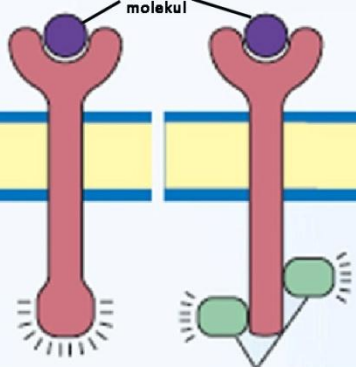
Receptor spregnut sa  
G proteinom

signalni  
molekul



Receptori spregnuti sa  
enzimom

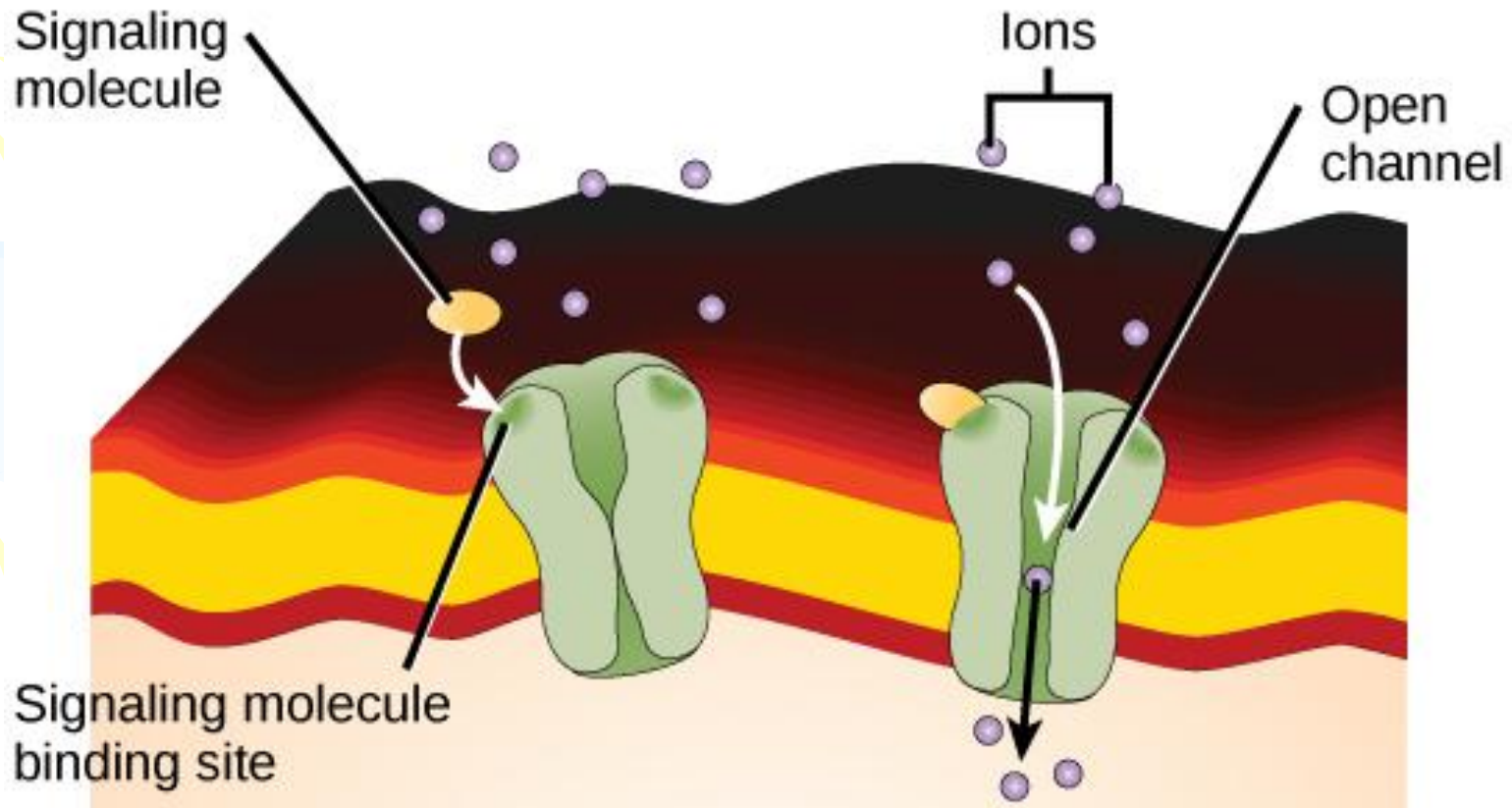
signalni  
molekul



enzim je sastavni  
deo receptorskog  
molekula

enzim nije sastavni  
deo receptorskog  
molekula

# Рецептори спрегнути са јонским каналом

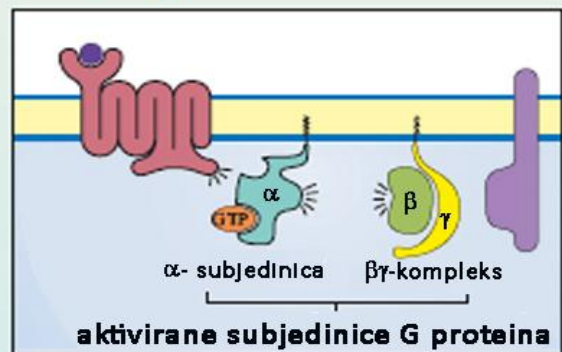
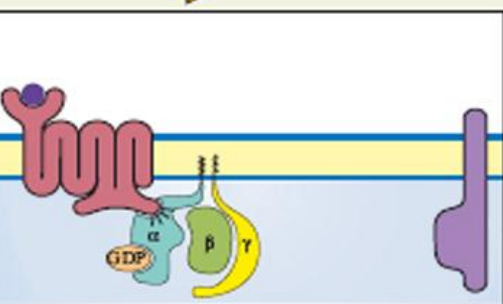
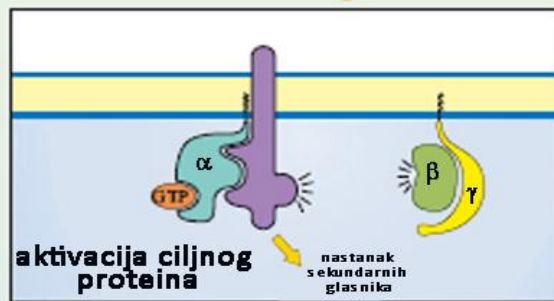
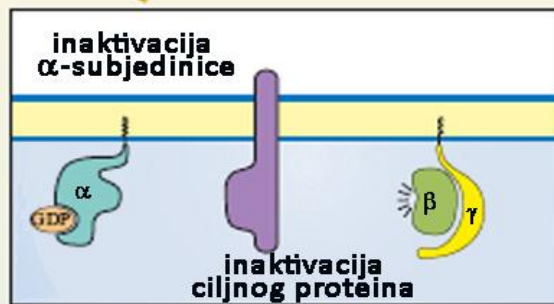
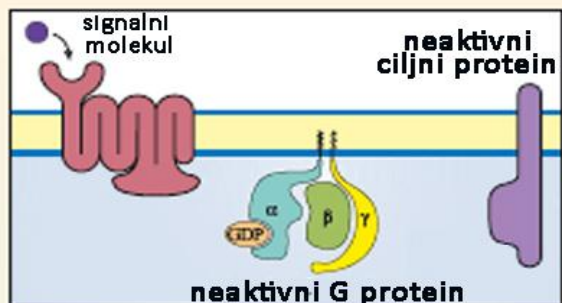


[www.boundless.com](http://www.boundless.com)

Везивање лиганда → Отварање јонског канала → Проток јона →  
→ Промена мембранског потенцијала



# Рецептори спрегнути са протеином G



Везивање лиганда



Активација рецептора



Активација G-proteina



Активација ефекторног протеина



Настанак секундарних гласника

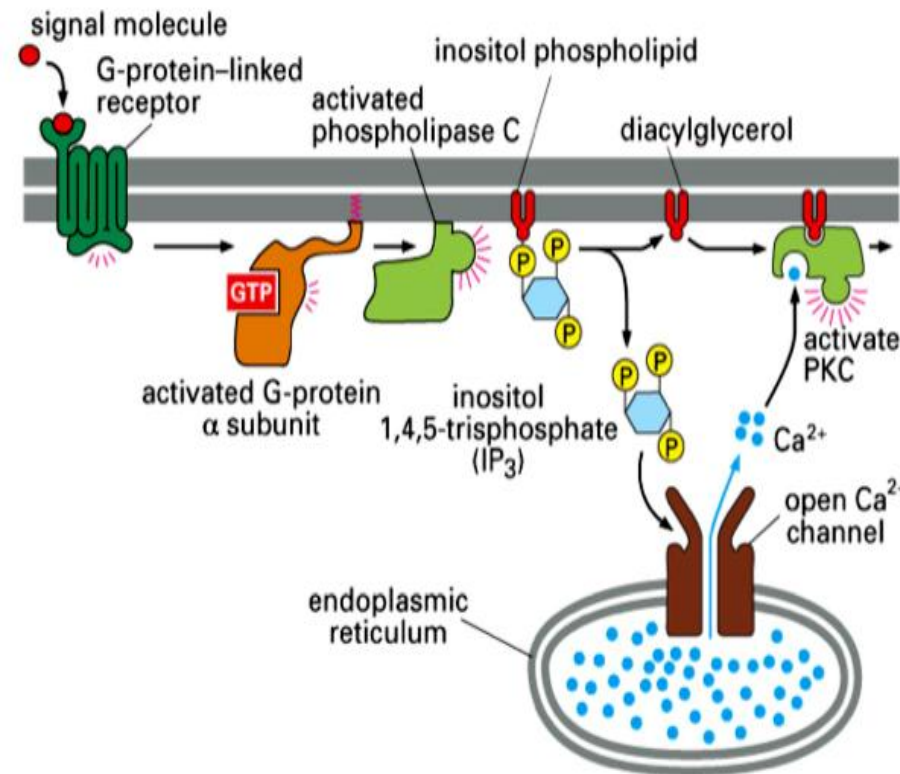
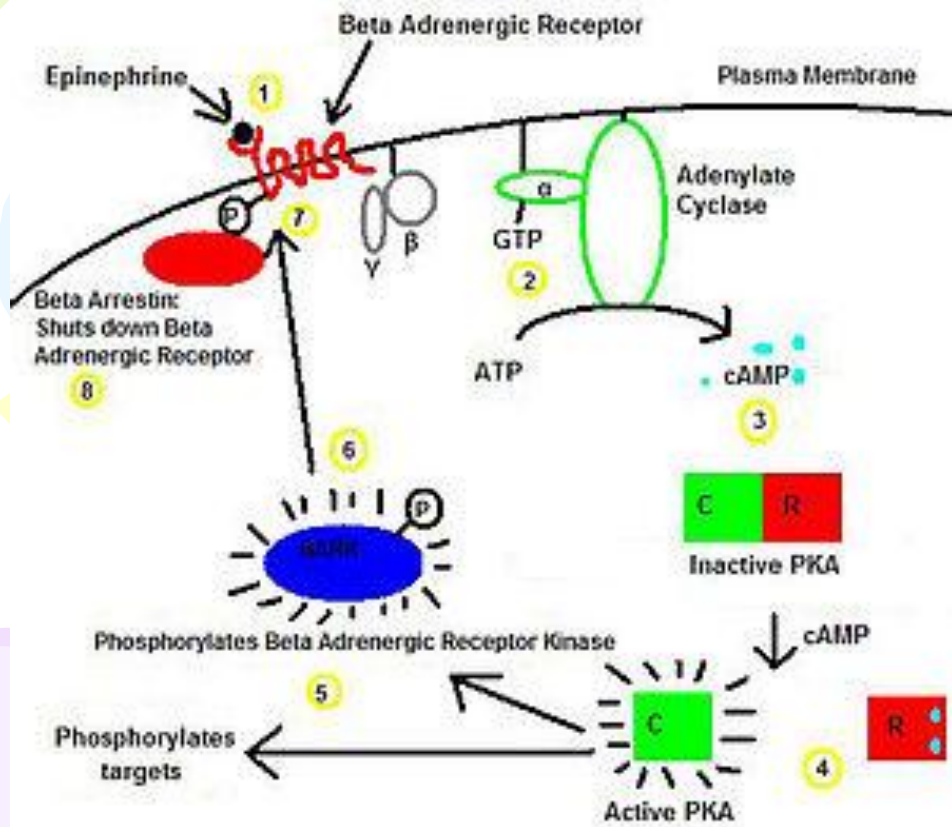


Регулација активности ензима, јонских канала, транскрипције

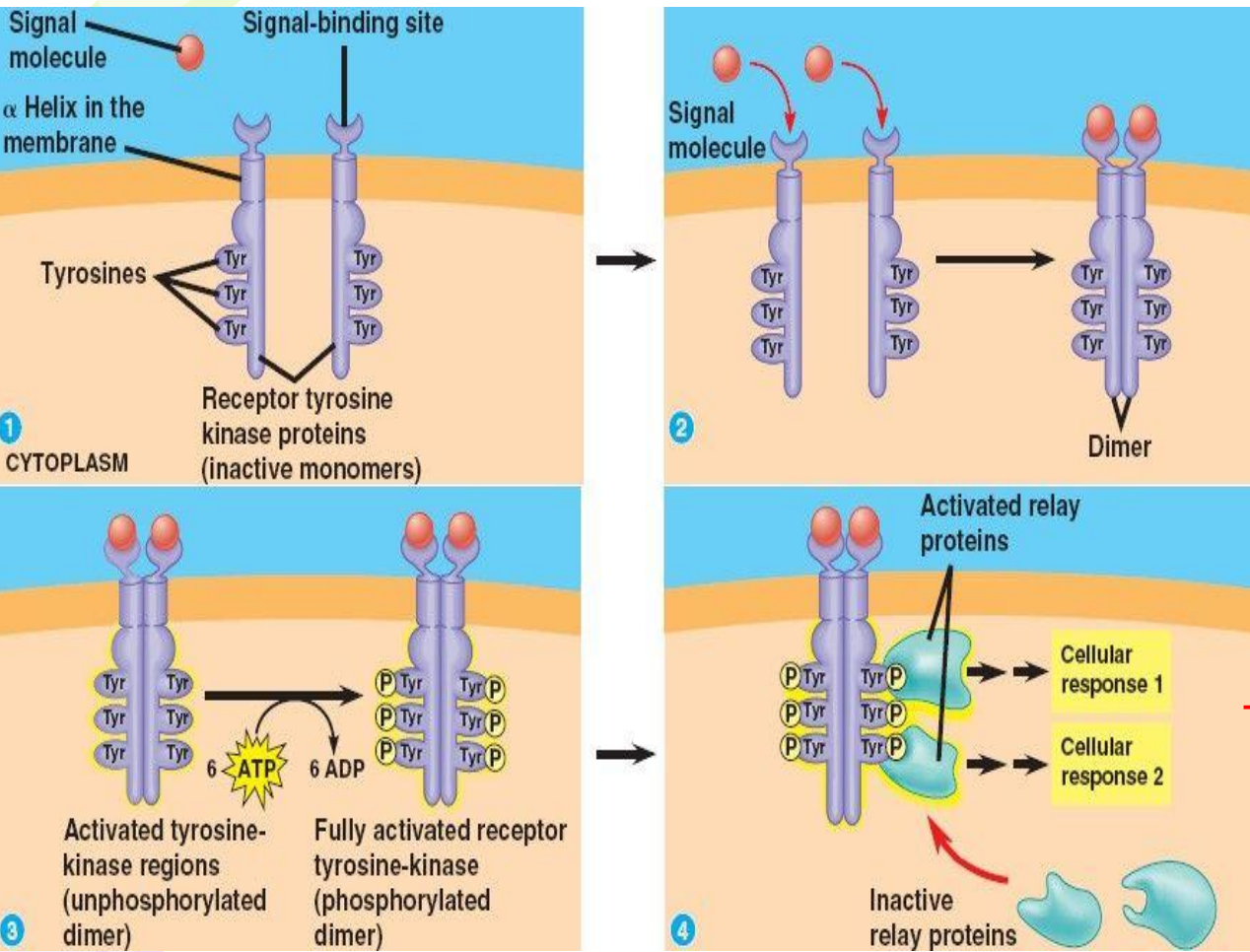


# Рецептори спрегнути са протеином G

Ефектор: Аденил циклаза Ефектор: Фосфолипаза Ц  
Секундарни гласник: cAMP Секундарни гласници: IP<sub>3</sub>, DA, Ca<sup>2+</sup>



# Рецептори спрегнути са ензимском активношћу



Везивање лиганда

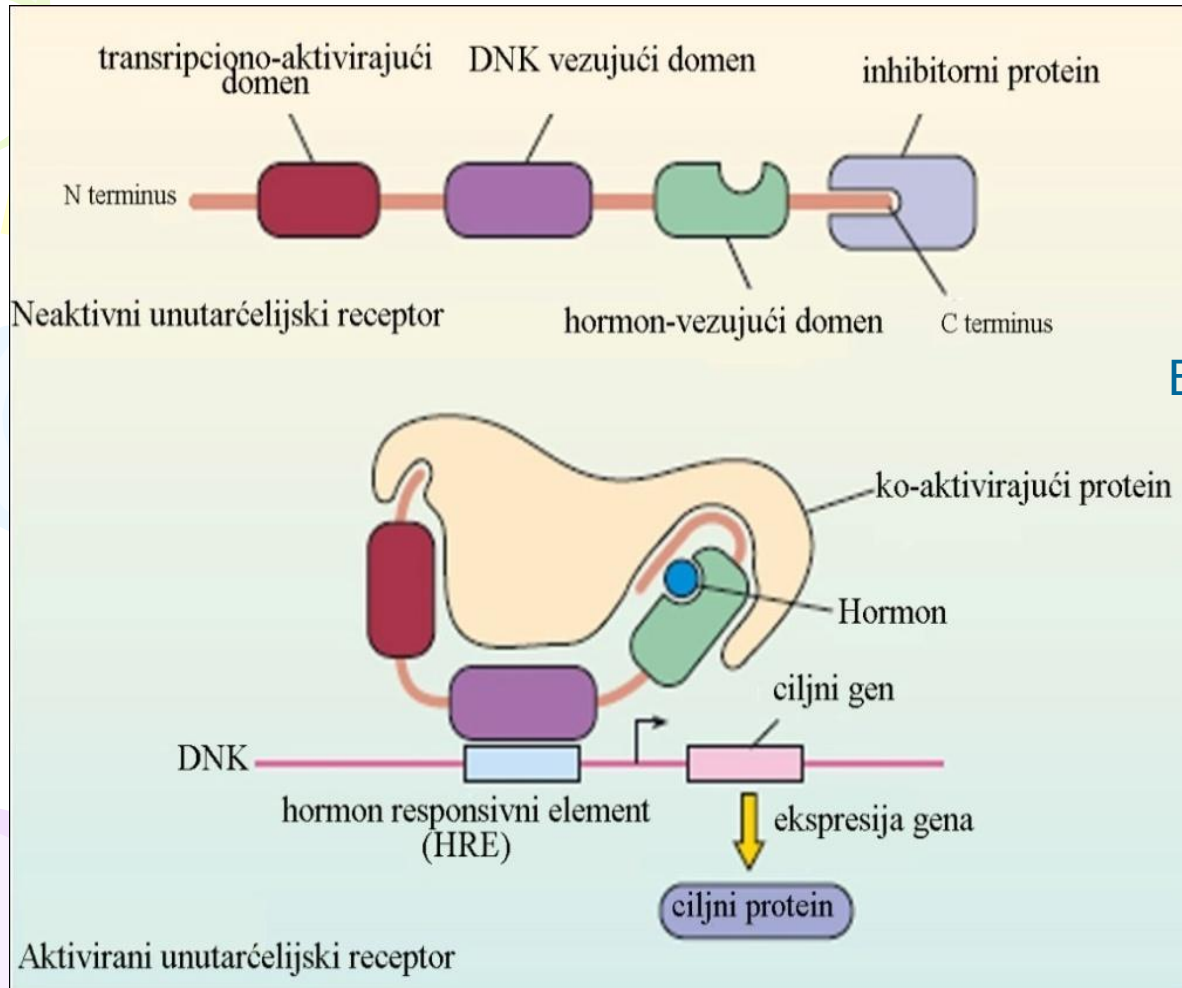
Димеризација рецептора

Аутофосфорилација рецептора

Активација транскрипционих фактора

Промена експресије гена

# Унутарћелијски рецептори



Н. Недељковић, 2012. "Општа физиологија"

Везивање лиганда

Промена конформације  
рецептора

Везивање ко-активирајуће  
протеина

Пребацивање рецептора  
у једро

Активација транскрипције

Промена експресије  
гена