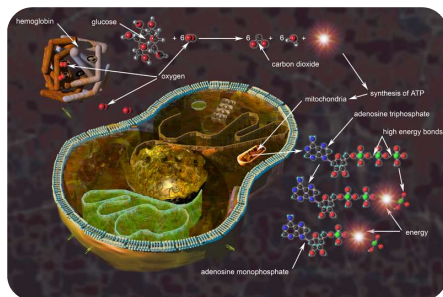


# FIZIOLOGIJA ŽIVALI

## ANIMAL PHYSIOLOGY



### UVOD V FIZIOLOGIJO ŽIVALI



Doc. dr. Vladimir Ivočić

Oddelek za biodiverzitetu  
FAMNIT  
Univerza na Primorskem

### IZVAJALCI

Doc. dr. Vladimir Ivočić

([vladimir.ivoic@famnit.upr.si](mailto:vladimir.ivoic@famnit.upr.si))

Predavanja (30 ur)

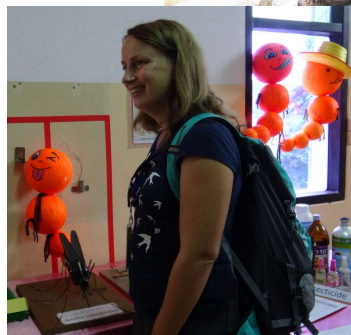
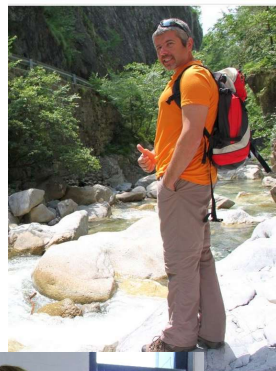
petek, 8:30 – 10:30 (Famnit splet)

asistentka dr. Katja Kalan

([katja.kalan@upr.si](mailto:katja.kalan@upr.si))

Laboratorijske vaje (45 ur)

Zoom potem Rlab UP FAMNIT, Glagoljaška 8

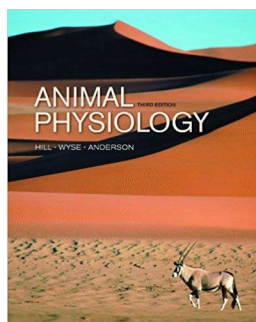


## Učni načrt

- ▶ CELICE, CELICNI SISTEMI IN HOMEOSTAZA
- ▶ KRI IN TELESNE TEKOČINE
- ▶ SRCE IN KRVNA OBTOČILA
- ▶ DIHANJE
- ▶ IZLOČALA
- ▶ ACIDO-BAZNO RAVNOVESJE
- ▶ PREHRANA IN PREBAVA
- ▶ PRESNOVA
- ▶ TELESNA TEMPERATURA IN NJENO URAVNAVANJE
- ▶ ŽIVČEVJE
- ▶ MOTORIČNI SISTEM
- ▶ ŽLEZE Z NOTRANJIM IZLOČANJEM
- ▶ PRESNOVA KALCIJA IN FOSFATOV
- ▶ FIZIOLOGIJA REPRODUKCIJE
- ▶ FIZIOLOGIJA TELESNEGA NAPORA

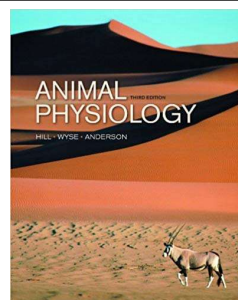


## Temeljni literatura in viri



### Priporočena / Recommended:

Animal Physiology 3rd Ed.. by Richard W. Hill (Author), Gordon A. Wyse (Author), Margaret Anderson (Author)



1. The Life and Death of Proteins 54
2. Light and Color 55
3. Nutritional Physiology in Additional Time Frames 157
4. The Energy Costs of Defined Exercise 210
5. Long-Distance Migration 219
6. Warm-Bodied Fish 268
7. Endothermy and Homeothermy in Insects 270
8. Hibernation as a Winter Strategy: New Directions and Discoveries 285
9. Mechanoreception and Touch 362
10. Biological Clocks 410
11. The Timing of Reproductive Cycles 463
12. Regulating Muscle Mass 563
13. Breathing by Birds 605
14. Oxygen, Carbon Dioxide, and Internal Transport *at Work*: Diving by Marine Mammals 679 celotno poglavje

## Obveznosti

### Naše obveznosti:

- redno izvajanje predavanj in vaj
- biti na razpolago študentom za vsa vprašanja (govorilne ure po dogovoru)
- Vas naučiti (osnove) fiziologije 😊

### Obveznosti študentov:

- 1) prisotnost na predavanjih (najmanj na 60%) → izpit, 10 vprašanj
- 2) prisotnost na vajah (obvezna, največ 2 *opravičena* izostanka)
- 3) preizkus znanja iz vaj → kolokvij
- 4) **samostojno delo** → 14 poglavij iz literature – 2 vprašanja na izpitu
- 5) preizkus znanja iz predavanj → Izpit (min. 60% točk)



## Ocenjevanje

- Kolokvij
  - Računalniške simulacije
  - Samostojno delo
- Pisni izpit
  - 4 roki, 2 v obdobju jun-jul, 2 v obdobju avg-sept
- Zaključna ocena: pisni izpit (70 %) + kolokvij (30%)
  - Ustni izpit: po potrebi določi predavatelj

### Ocenjevalna lestvica:

- 60-67%: zadostno 6
- 68-75%: dobro 7
- 76-83%: prav dobro 8
- 84-90%: prav dobro 9
- 90-100%: odlično 10



## S ČIM SE UKVARJA IN KAKO SE KLASIFICIRA FIZIOLOGIJA ŽIVALI?



## PREDMET FIZIOLOGIJE I NJENE POVEZAVE Z DRUGIMI VEDAMI

Biolška i medicinska veda, ki izučuje:

- delovanje živih bitij,
- spremembe v življenjskih procesih
- mehanizme njihove regulacije

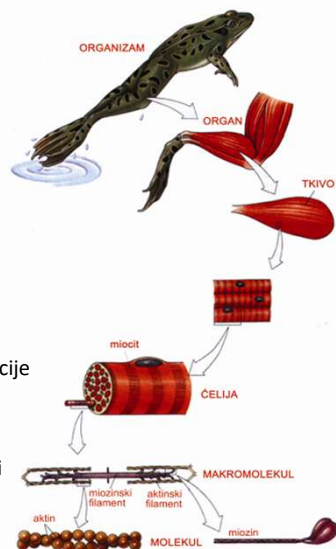
odgovarja na vprašanje KAKO in ZAKAJ?

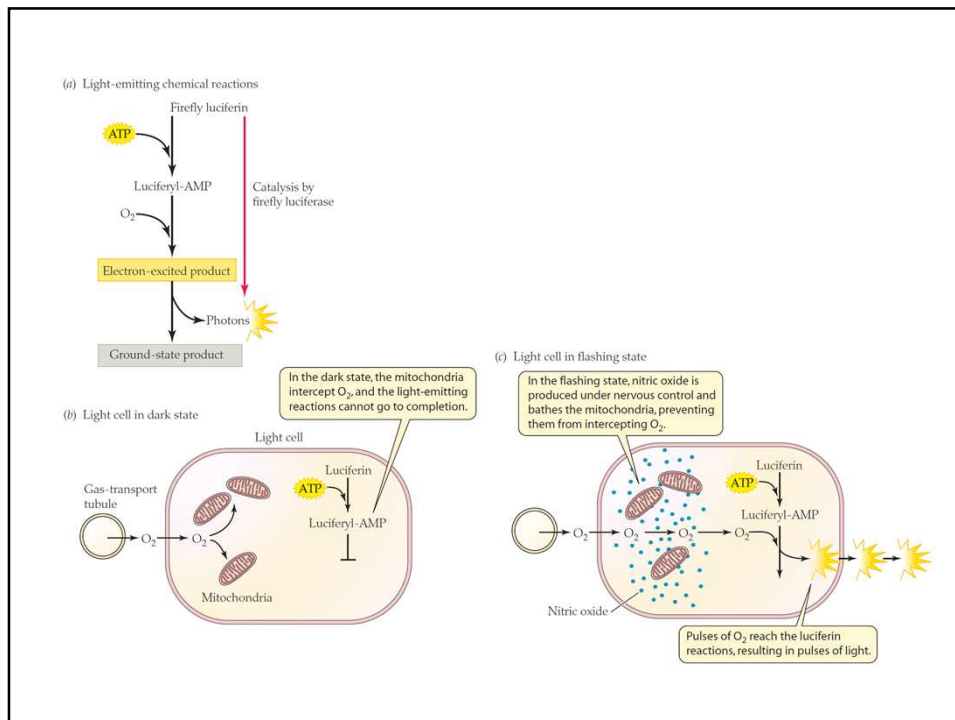
### Analitična veda

Proučuje fiziološke procese na vseh ravni biološke organizacije

### in sintetska veda

Proučuje integrirane životne procese v organizmu kot celini in njegove odnose z okoljem





**1. TEMELJNA FIZIOLOGIJA (Fiziologija celice)** najbolj splošni fenomeni skupni vsem živim bitjem ;

MOLEKULSKA FIZIOLOGIJA - procesi vezani za celico

**2. FIZIOLOGIJA SISTEMATSKIH SKUPIN ŽIVALI** delovanje fizioloških sistemov različnih sistematskih kategorij

FIZIOLOGIJA ČLOVEKA - temelj medicine

**3. SISTEMSKA FIZIOLOGIJA** delovanje posameznih fizioloških sistemov

ENDOKRINOLOGIJA

**4. PRIMERJALNA FIZIOLOGIJA ŽIVALI** preučuje in primerja iste funkcije pri različnih sistematskih kategorijah.

Določa podobnosti in razlike in poskuša interpretirati poti razvoja fizioloških sistemov

EVOLUCIJSKA FIZIOLOGIJA

**5. EKOLOŠKA FIZIOLOGIJA** preučuje odnos med organizmi in okoljem



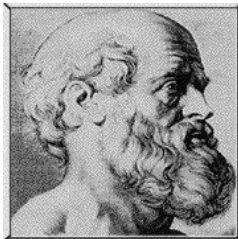
## ZGODOVINA FIZIOLOGIJE

FILOZOFI NARAVE SO NAREDILI PRVE KORAKE  
K ZNANSTVENEMU NAČINU RAZMIŠLJANJA  
IN DALI ZAGON RAZVOJU NARAVOSLOVNIH VED

### Prva filozofska razmišljanja o delovanju živih bitij najdemo v delih Hipokrata, Aristotela, Platona, Galena

Oče humane medicine je ovrigel praznoverje in čarovnije preproste »medicine«

Človeški organizem je bil po Hipokratovem mnenju sestavljen iz štirih telesnih sokov: krvi, sluzi, žolča in črnega žolča



Če so sokovi v pravem razmerju (evkrazija), je posameznik zdrav, v nasprotnem primeru (diskrazija)

*Corpus Hippocraticum – 60 medicinskih študij*

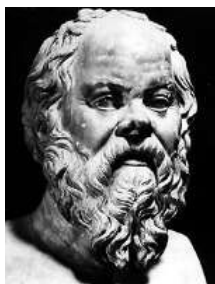
Najpomembnejša: *Aforizmi, O zraku, vodi in tleh, O epidemijah, Prognostika* in druga

Slabo je poznal anatomijo, človeka je gledal kot celoto

**Hipokrat**  
460–377 pr. n. št.

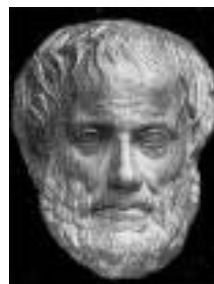
Prvi je spoznal, da misli, čustva in ideje izvirajo iz možganov, ne srca

Verjel je, da izločanje snovi iz možganov vpliva na zdravje



**Sokrat**  
469–399 pr. n. št.

### Pisali so o možganih, umu i zavesti



**Aristotel**  
384–322 pr. n. št.

**Sokrat – grški filozof**, “Drugi ljudje živijo, da jedo, jaz pa jem, da živim”

**Aristotel:** možgani so ohlajevalni sistem za dušo, ki se nahaja v srcu.

Srcu je center intelekta.

Nič ni v zavesti, kar prej ni bilo v čutilih

Po Aristotelu, sperma zagotavlja identiteto otroka, ki bo rojeno

Žensko telo ustvarja materijo



**Galen**  
(129–200(216))

Galen je bil podpornik Hipokratove teorije in tipologije štirih temperamentov pri človeku.

Neravnovesje vsake od tekočin (humorjev) se sklada z določenim človeškim temperamentom:

- kri – sangvinik
- črn žolč – melanholik
- rumeni žolč – kolerik in
- sluz – flegmatik

Kot prvi je ugotovil jasne razlike med vensko (temnejšo) in arterijsko (svetlejšo) krvjo

Verjel je, da venska kri nastaja v jetrih, od koder se pretaka po telesnih organih in, da arterijska kri izvira v srcu, ki jo črpa v organe telesa

V svojem delu »*De motu musculorum*« je pojasnil razliko med motoričnimi in senzoričnimi živci, zasnovo mišičnega tonusa in razliko med agonisti ter antagonisti.





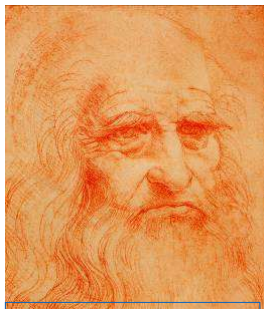
**Avicena, Ibn Sina**  
980–1037



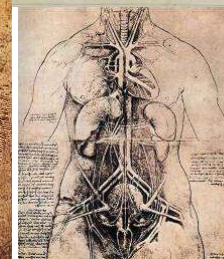
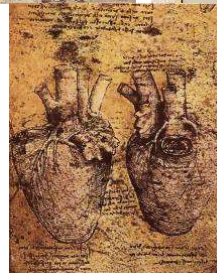
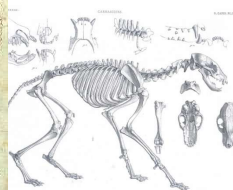
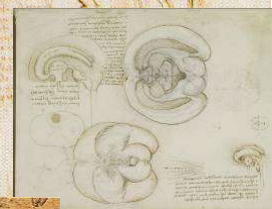
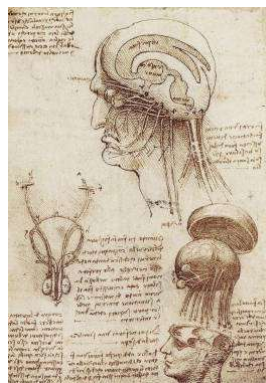
**Ibn Al-Nafis**  
1213–1288

- Opisal je *vermis cerebellum*, repato jedro cerebruma
- ugotovil, da frontalni lobus vpliva na sklepanje

Prvi je pravilno opisal anatomijo srca, pljuč, kot tudi koronarno in pljučno cirkulacijo  
Domneval je obstoj kapilarne cirkulacije



**Leonardo Da Vinci**  
(1452 – 1519)





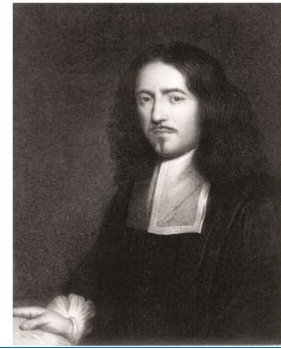
Jean Fernel (1497 – 1558)

uvedel termin FIZIOLOGIJA  
1552. l.



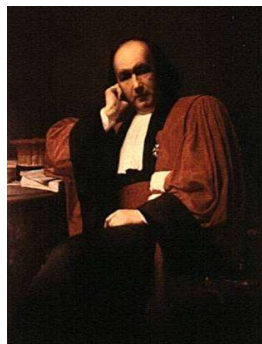
William Harvey (1572 – 1657)

- ustanovitelj raziskovalne fiziologije
- prva sekcija srca v ZS
- odkril funkcijo srčnih zaklopk
- fetalni krvni obtok
- sistem za cirkulacijo zaprt, usmerjen tok krvi
- domneval je obstoj kapilar



Marcello Malpighi (1628 – 1694)

Opazoval kapilare pod  
mikroskopom



Claude Bernard (1813 – 1878)

- Oče sodobne eksperimentalne fiziologije
- Odkril je tudi nekaj temeljnih fizioloških procesov, predvsem t.i. *notranji milje*, danes znan kot **homeostaza**.
- odkril vlogo trebušne slinavke, čigar izločki razgrajujejo maščobe na maščobne kisline in glicerol
- odkril glikogen



Walter Cannon (1871 – 1945)

Razširil koncept HOMEOSTAZE



FIZIOLOŠKI SISTEMI – PUFRI KI  
OHRANJUJEJO HOMEOSTAZO

poskušal je razložiti zakaj ljudje najprej  
začutijo čustva in z zamikom odreagirajo  
- Cannon-Bard theory

Beg ali boj reakcija

THE NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR MEDICINE 2022

Illustration: Niklas Elmehed

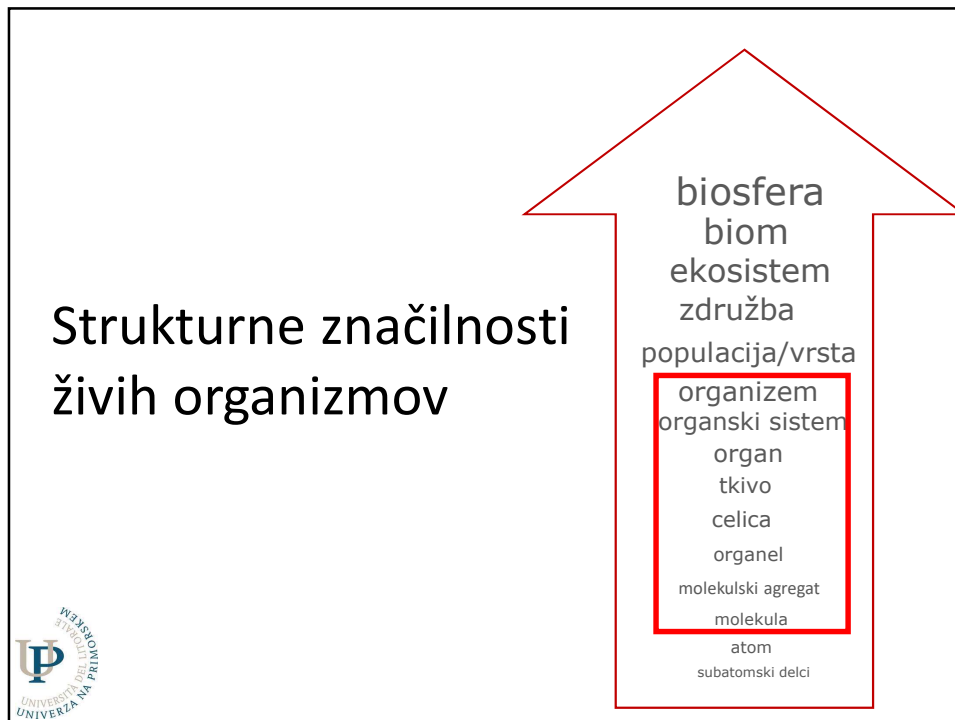



**Svante Pääbo**  
"for his discoveries concerning the genomes of extinct hominins and human evolution"  
THE NOBEL ASSEMBLY AT KAROLINSKA INSTITUTET

Pääbove temeljne raziskave so vzpostavile povsem novo znanstveno disciplino – **paleogenetiko**. "Z odkritjem genetskih razlik, ki razlikujejo današnje ljudi od izumrlih praljudi, njegove raziskave predstavljajo temelj raziskavam, kaj ljudi dela edinstvene," je še zapisal odbor za podelitev nagrade v utemeljitvi.

## Nekatere funkcionalne značilnosti organizmov

- **celična zgradba**
  - vsi organizmi so zgrajeni od celica
- **avtoreprodukcija**
  - spolno in nespolno razmnoževanje
- **odziv na dražljaje**
  - živa bitja se odzivajo na dražljaje, iz notranjega ali zunanjega okolja (hrana, dihanje, svetloba, temperatura...)
- **prilagoditve in adaptacije/aklimatizacije**
- **evolucijska kontinuiteta**
  - osnova: dedovanje (DNA, RNA) – spremembe v generacijah
- **smrt**

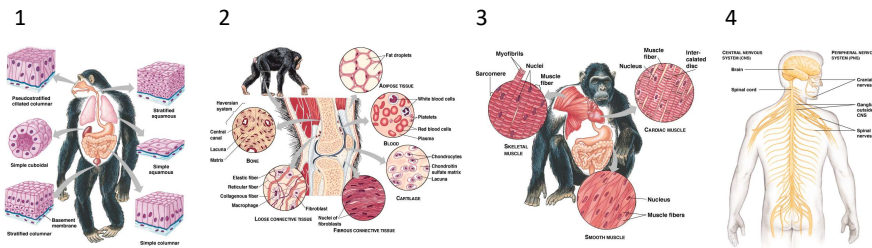


- enostavne kemijske spojine (molekule amonijaka, metana in vode) nastale iz anorganskih elementov (H, O, C, N) → nastanek kompleksnih **molekul** (aminokislina, ogljikovi hidrati), ki s spajanjem dajo osnovo za nastanek molekulskih agregatov (*kemijska evolucija*)
- **molekulski agregati**
  - virusi, prioni, viroidi
  - na meji živega in neživega – nimajo osnovne značilnosti živih sistemov (ni izmenjave snovi, ne smatramo jih kot organizme)
- **organeli**
  - strukture na subcelularni ravni
- **celice**
  - enocelični organizmi
  - večcelični organizmi: *diferenciacija* in *integracija celic* na osnovi zgradbe in funkcije in principa delitve dela v *edinstveno celoto*

## Tkiva

- skupina enako diferenciranih, organiziranih celic, ki delujejo usklajeno, imajo enako funkcijo in enako ali podobno zgradbo

1. **Epitelno tkivo:** vključuje **krovni** (obdaja organe in celotni organizem), **žlezni** in **čutilni epitel**
2. **Tkiva z bogato medceličnino** (veziva, skelet, kri, limfa): daje obliko organizmu in organom + zaščita + povezava
3. **Mišično tkivo:** sposobnost krčljivosti, premikanje organov in organizma
4. **Živčno tkivo:** sposobnost sprejemanja in prevajanja dražljajev, koordinacija v organizmu



## Organi

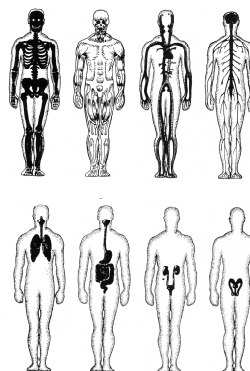
- del telesa specifične oblike ali zgradbe
- zgrajena iz ene ali več vrst tkiv
- *enostavni organi:* eno tkivo
- *sestavljene organi:* več različnih tkiv (eno tkivo glavno) → omogočajo uspešno fiziološko aktivnost
- *multifunkcionalni organi* (npr. škrge pri mehkužcih, ribah in rakah): dihanje, filtracija, izločanje, izmenjava ionov, osmoregulacija



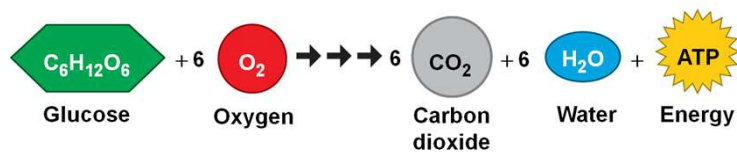
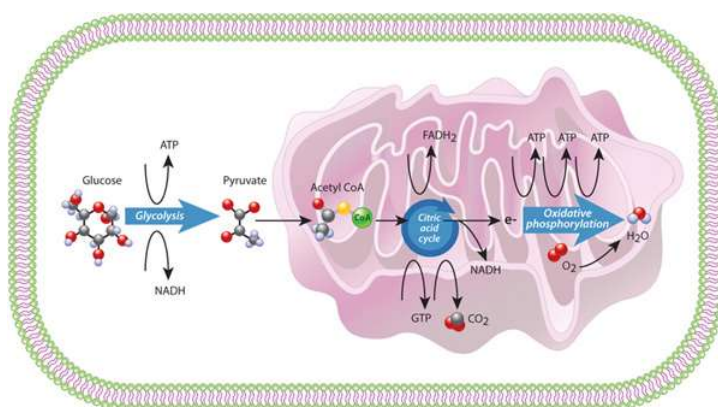
## Organski sistemi

- zootomija – proučuje organske sisteme v živalskem telesu:

- 1) Krovni sistem ali integument
- 2) Podporni sistem ali skelet
- 3) Mišični sistem ali muskulatura
- 4) Živčni sistem (živčevje)
- 5) Čutilni ali receptorni sistem
- 6) Dihalni ali respiracijski sistem
- 7) Obtočilni ali cirkulacijski sistem
- 8) Prebavni ali digestivni sistem
- 9) Izločala ali ekskrecijski sistem
- 10) Razmnoževalni ali reprodukcijski sistem
- 11) Hormonski ali endokrini sistem



## Celična elektrarna





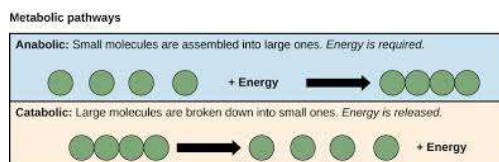
## Metabolne reakcije v celici

### Celično dihanje ali celična respiracija

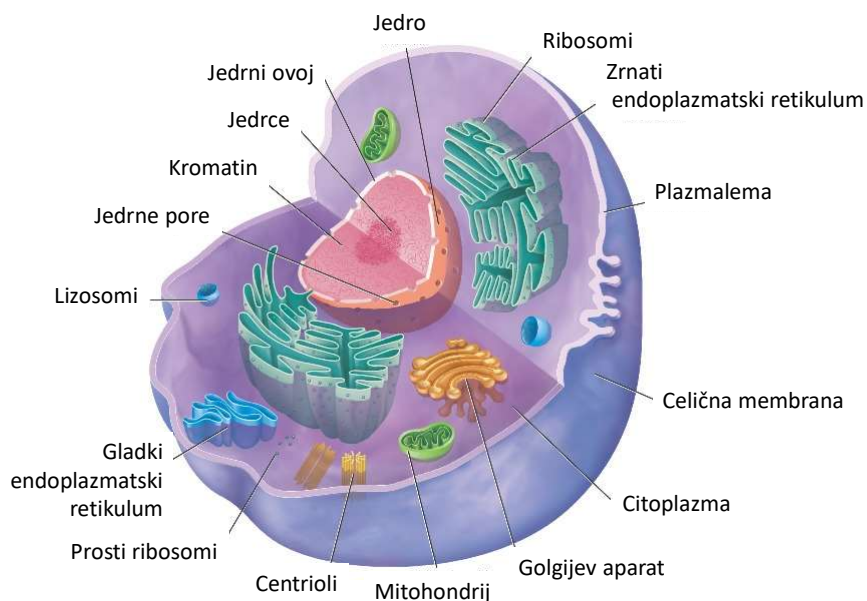
pridobivanje biokemijske energije iz organskih molekul

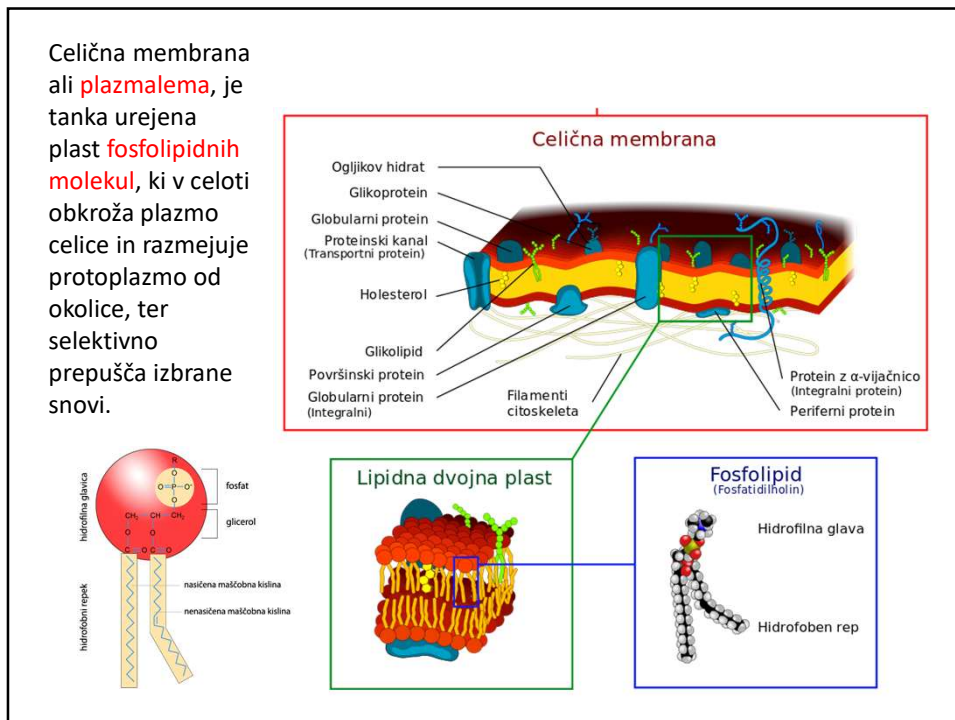
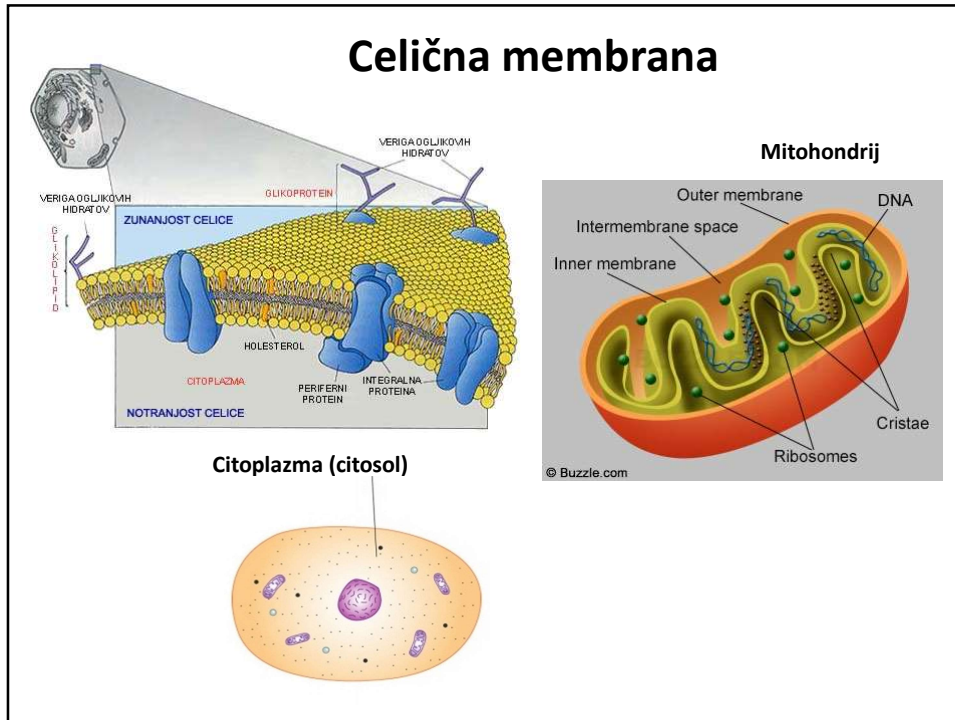
Energija se sprošča v procesu **oksidacije** organskih molekul in se porablja za **sintezo** energetsko bogatih prenašalcev (ATP)

Reakcije, udeležene pri celičnem dihanju, sodijo med **katabolne**

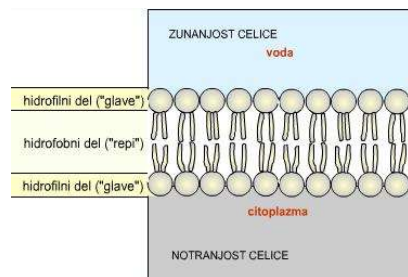


## Zgradba živalske celice









Ker je zunaj celice voda, se fosfolipidi orientirajo tako, da so **polarne glave** zunaj membrane, **nepolarni repi** pa znotraj

Celična membrana je **IZBIRNO PREPUSTNA/ SELEKTIVNO PERMEABILNA:**

Nekatere snovi lažje prehajajo skozi membrano, nekatere pa težje

- polarne molekule => težje
- nepolarne molekule => lažje

Ena glavnih nalog membrane je **vzdrževanje membranskega potenciala**

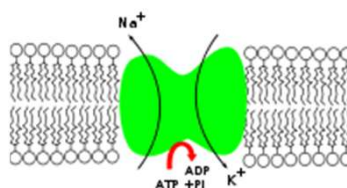
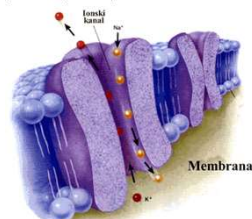
Membranski ali transmembranski potencial je električna napetost oz. razlika električnega potenciala med notranjostjo in zunanostjo celice

$$V_{\text{znotraj}} - V_{\text{zunaj}}$$

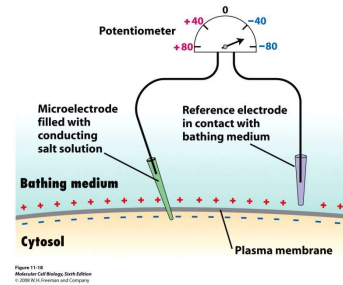
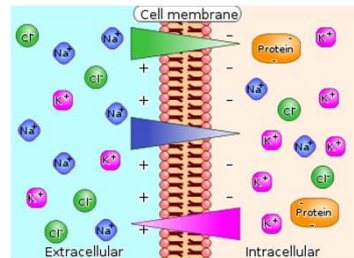
Ta količina je posledica razlike v koncentracijah različnih nabitih ionov na obeh straneh celične membrane, ki sicer prepušča le nenabite snovi.

Razliko uravnavata dva tipa membranskih beljakovin:

- **ionski kanalčki** prepuščajo nabite ione v smeri elektrokemijskega gradienta,
- **ionske črpalke** pa s porabo kemične energije (v obliki ATP) črpajo ione v nasprotni smeri.



Najbolj prispevajo k membranskemu potencialu natrijevi ( $\text{Na}^+$ ) in kloridni ( $\text{Cl}^-$ ) ioni z višjo koncentracijo v zunajceličnem prostoru in kalijevi ( $\text{K}^+$ ) ioni ter negativno nabite beljakovine v citosolu, v nekaterih priložnostih pa igrajo pomembno vlogo tudi kalcijevi ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ioni.

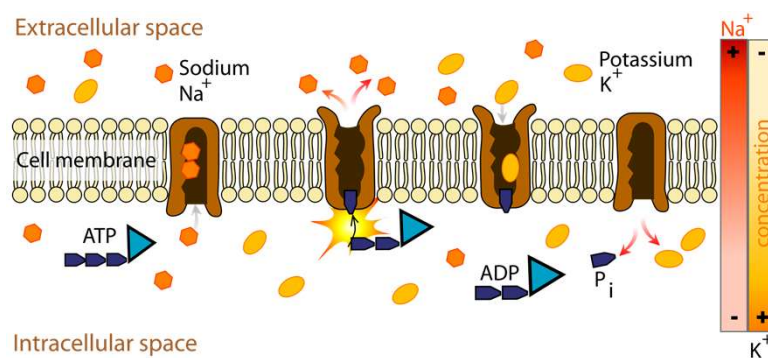


V seštevku je notranjost celice v normalnih okoliščinah negativno nabita v primerjavi z zunanostjo, konkretna vrednost potenciala pa je odvisna od tipa celice.

Tej osnovni vrednosti pravimo **mirovni membranski potencial** in znaša pri različnih tipih celic med -20 in -100 milivoltov.

#### Pojav ima v živih celicah dve osnovni vlogi:

- Povzroči, da membrana deluje kot kondenzator in zagotavlja energijo za delovanje različnih molekularnih procesov (v ta namen se številne beljakovine, ki katalizirajo biokemijske reakcije, nahajajo v membrani).
- Prenos informacij



Obstajajo posebni tipovi celic, ki jim pravimo **vzdražne celice**:

1. *nevroni,*
2. *mišične celice in*
3. *elektrocite (v električnih organih nekaterih rib)*

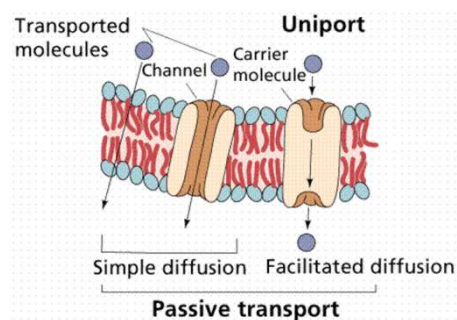
Pri vzdražnih celicah dovolj velika sprememba mirovnega membranskega potenciala sproži množično odprtje napetostno odvisnih ionskih kanalčkov.

To povzroči razmeroma velik električni tok preko membrane in **depolarizacijo** - približanje razlike napetosti ničli.

V nevronih in miocitah je to kratkotrajna sprememba, ki se zgodi po načelu vse-ali-nič in ji pravimo **akcijski potencial**, služi pa za prenos signalov preko celice.

Skozi membrano neprestano poteka prenos snovi. Poglavitni načini prehajanja so:

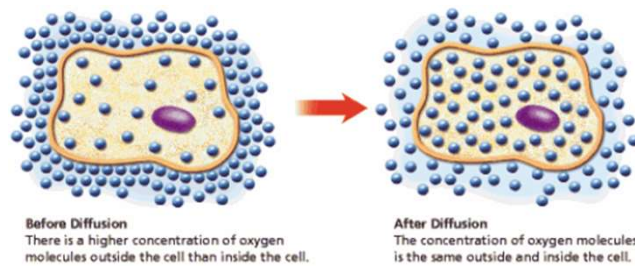
- Difuzija
- Transport s prenašalci
- Osmoza
- Prenos z membranskimi mešički



## DIFUZIJA

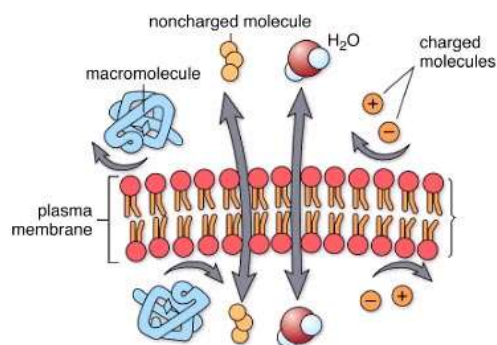
Difuzija skozi membrano poteka pretežno v smeri od področja z večjo koncentracijo proti področju z manjšo koncentracijo snovi.

Pri difuziji se energija v obliki temeljne energetske bogate molekule **adenozin trifosfata (ATP)** **NE** porablja neposredno in zato tak prenos prek celične membrane imenujemo **pasivni transport**



Na difuzijo skozi celično membrano vplivajo naslednji dejavniki:

- razlika v koncentracijah topljenca (*koncentracijski gradient*)
- prepustnost membrane za topljenec
- molekulska masa topljenca
- difuzijska razdalja
- površina membrane

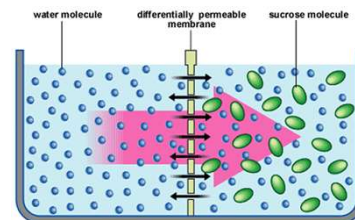


## OSMOZA

Osmoza označuje prehajanje vode med biološkimi predelki, ki jih ločuje delno prepustna (*semipermeabilna*) membrana, zaradi razlik v koncentraciji topljencev med predelki

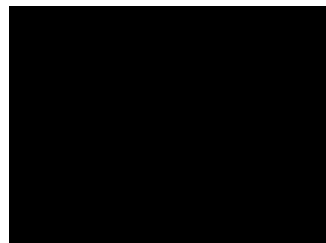
Do osmoze pride, kadar imamo:

- osmotski gradient
- koncentracijski gradient topljenca prek membrane
- *semipermeabilno* membrano, ki je prepustna za vodo, ne pa za topljenca

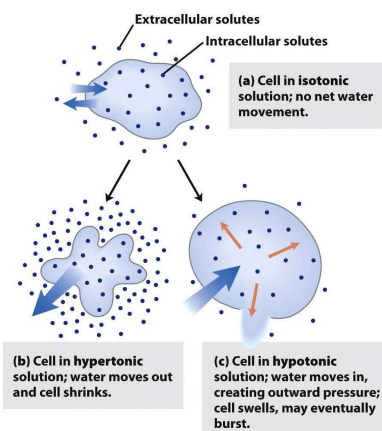


### Osmotske lastnosti raztopine lahko opišemo na več načinov:

- **osmolarnost** odseva skupno število delcev v litru raztopine
- **toničnost**
- **osmotski tlak raztopine**



[https://www.youtube.com/watch?v=w3\\_8FSrqc-I](https://www.youtube.com/watch?v=w3_8FSrqc-I)



## Prenos snovi prek celične membrane s prenašalci

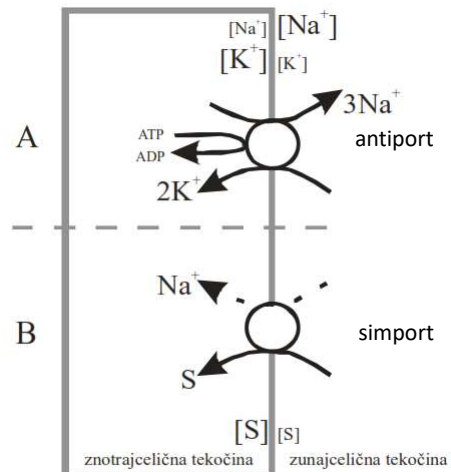
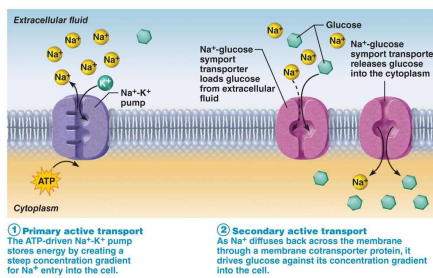
membranske beljakovine delujejo kot prenašalci – *specifičnost*

Olajšana (*facilitirana*) difuzija - prestop glukoze iz krvi v mišična vlakna / brez ATP

Aktivni transport

*primarni aktivni transport*

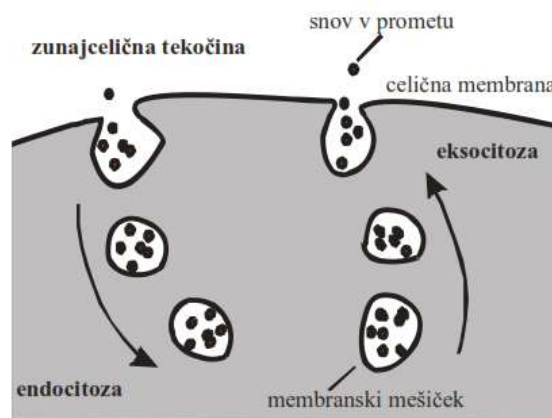
*sekundarni aktivni transport*



## Prenos snovi z membranskimi mešički

*eksocitoza*

*endocitoza*



## MEHANIZMI SPOROČANJA MED CELICAMI

Temeljna načina sporočanja med različnimi deli celice in različnimi celicami v organizmu sta **električno in kemično** sporočanje

### Mirovni membranski potencial

$$E_m = \frac{RT}{zF} \times \ln \left( \frac{P_K [K^+]_o + \frac{P_{Na} [Na^+]_o}{z}}{P_K [K^+]_i + \frac{P_{Na} [Na^+]_i}{z}} \right)$$

R tlak idealnega plina  
z valenca iona  
T absolutna temperatura  
F Faradayeva konstanta  
P prepustnost za določen ion  
o outside, i inside

Konstanta na 37°C je 61.5 mV za X<sup>+</sup> (oz. -61.5 mV za X<sup>-</sup>)

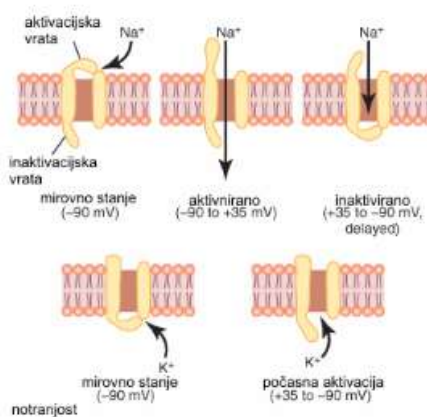
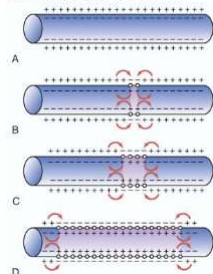
## Električno sporočanje

### Depolarizacija in akcijski potencial

Napetost prek membrane se lahko

- poveča (*hiperpolarizacija*) ali
- zmanjša (*depolarizacija*)
- repolarizacija

Širjenje akcijskega potenciala.

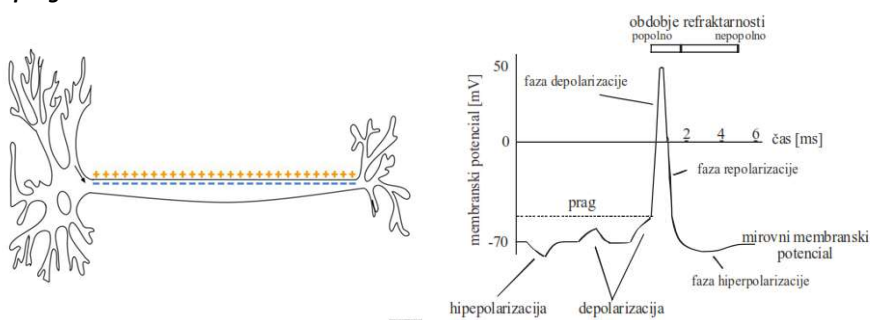


## Akcijski potencial

Zadostno zmanjšanje napetosti prek celične membrane (depolarizacija) lahko pri vzdražnih celicah povzroči prehodni pojav, ki ga imenujemo **akcijski potencial**

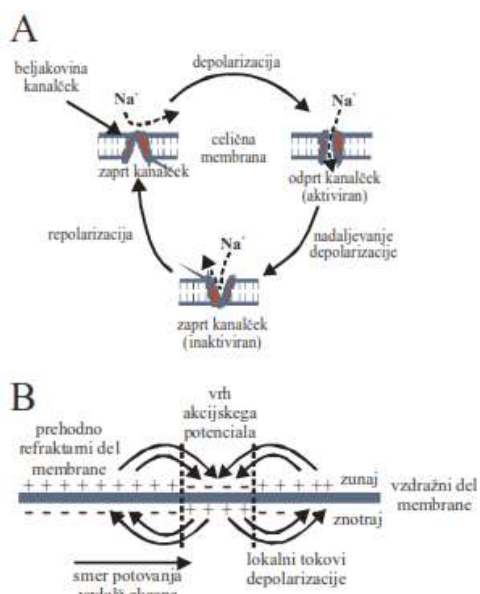
Zmožnost celice, da sproži akcijski potencial, je osnovna lastnost vzdražnih celic (živčne in mišične celice), ki omogoča prenos impulza po živčnih celicah ter kontrakcijo mišičja

Akcijski potencial se sproži, ko depolarizacija doseže vrednost **pražne napetosti** ali **praga**



Membrana je **refraktarna** zato, ker se ob depolarizaciji odprti  $\text{Na}^+$  kanalčki začasno inaktivirajo. V vzdražno (začetno) stanje se  $\text{Na}^+$  kanalčki vrnejo šele po repolarizaciji membrane (A).

Refraktarnost membrane omogoča **enosmerno** prevajanje akcijskega potenciala vzdolž živčnega vlakna (B)



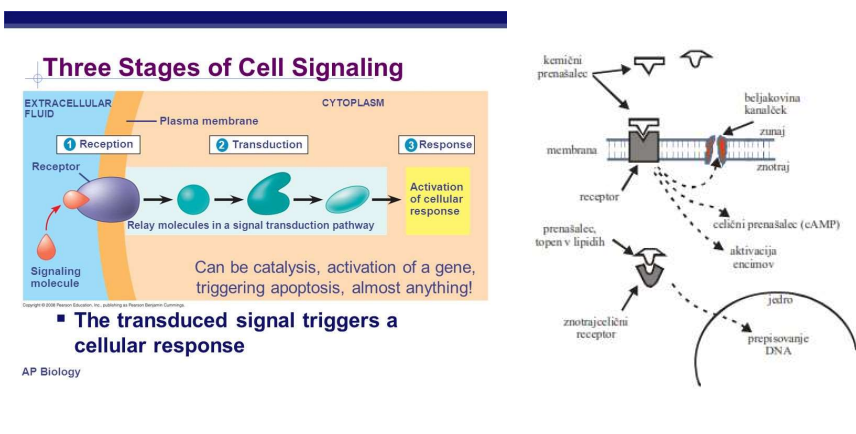
Slika 1.8 Odvisnost propustnosti membranskih kanalčkov od membranskega potenciala. A) Inaktivacija  $\text{Na}^+$  kanalčka. B) Refraktarnost vzdražne membrane.



## Kemični signali (sporočanje)

Celice komunicirajo med sabo tudi z izločanjem posebnih snovi, kakršne so živčni prenašalci ali *nevrotransmiterji*, *hormoni* in *citokini*

informacijski molekul → receptor

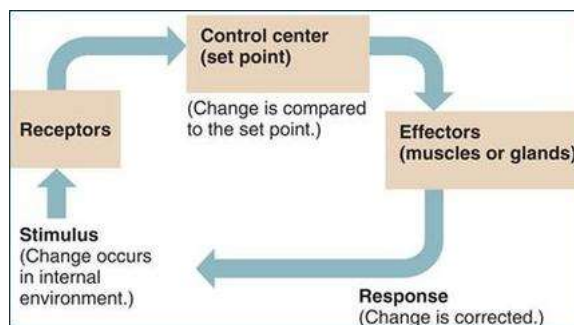


## HOMEOSTAZA

Uravnavanje stalnosti notranjega okolja v organizmu imenujemo **homeostaza**

Vsak homeostatski sistem ima vsaj tri pglavitne elemente:

- detektor ali receptor
- primerjalec ali integracijski center
- efektor



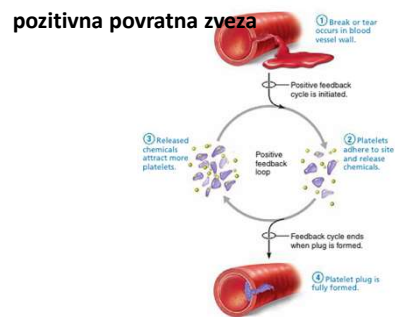
Homeostazo načeloma nadzirajo dva kontrolna sistema:

**mehanizem negativne povratne zanke**

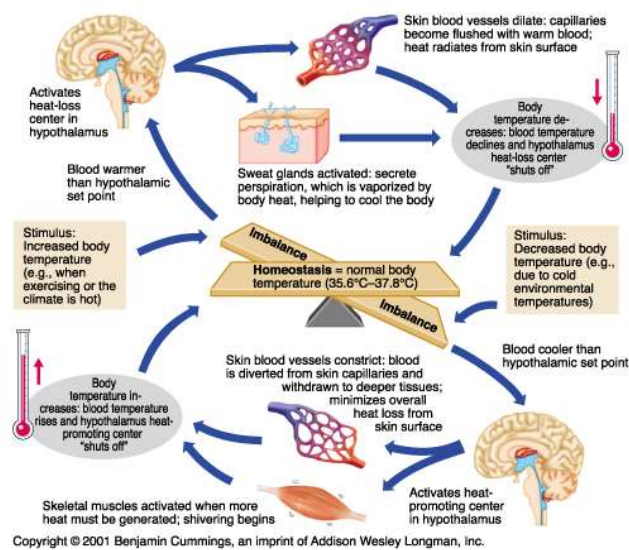
- deluje zaviralno na tiste procese, ki v organizmu sprožijo njegov nastanek (npr. vpliv temperature okolice na telesno temperaturo)

**mehanizem pozitivne povratne zanke**

- pospešuje tiste procese v organizmu, ki so sprožili nastanek



**Primer homeostatske zveze – uravnavanje telesne temperature**



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.